



ESID DE RENNES

Bâtiments techniques modulaires

DGA-MI / La Roche Marguerite
à BRUZ (35)

Rapport d'étude OVA2.J5001-007 Version A

Etude géotechnique préalable phase Principe Généraux de Construction
(G1 PGC)

Le 17/12/2021



Agence de Rennes

6 rue de l'Aiguillage - ZA Beauséjour
35520 LA MEZIERE
Téléphone +33 (0)2 99 27 51 10
cebtp.rennes@groupeginger.com

Contacts Bretagne

Brest : + 33 (0)2 98 30 67 20 – Quimper : + 33 (0)2 98 10 12 11 – Vannes : + 33 (0)2 97 40 25 65





*ESID de Rennes
Quartier Margueritte
BP 14*

35998 RENNES Cedex 9

BATIMENTS TECHNIQUES MODULAIRES

DGA-MI / La Roche Marguerite à BRUZ (35)

RAPPORT - étude géotechnique préalable phase Principe Généraux de Construction (G1 PGC)

Dossier : OVA2.J5001-007			Contrat : OVA2.L.1478 Version A			Marché : n°2020RNSSAI0012	
Version	Date	Rédigé par	Visa	Vérifié par	Visa	Contenu	Observations
A	07/12/21	Isold ROUDOT		Bertrand CAUDAL		28 pages 4 annexes	-

A compter du paiement intégral de la mission, le client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser à condition de respecter et de faire respecter les limites d'utilisation des résultats qui y figurent et notamment les conditions de validité et d'application du rapport.

Sommaire

1. Plans de situation	4
1.1. Extrait de carte IGN	4
1.2. Image aérienne	4
2. Contexte de l'étude.....	5
2.1. Données générales.....	5
2.1.1. Identification du projet et des principaux interlocuteurs.....	5
2.1.2. Documents communiqués	5
2.2. Description du site	5
2.2.1. Topographie, occupation du site et avoisinants	5
2.2.2. Contextes géotechnique, hydrogéologique et sismique	5
2.3. Caractéristiques du projet	7
2.3.1. Description de l'ouvrage	7
2.3.2. Sollicitations appliquées aux fondations et aux niveaux bas	8
2.3.3. Terrassements prévus.....	8
2.3.4. Voiries	8
2.4. Mission Ginger CEBTP.....	9
3. Investigations géotechniques.....	10
3.1. Préambule.....	10
3.2. Implantation et nivellement	10
3.3. Sondages, essais et mesures in situ	10
3.3.1. Investigations in situ - essais géotechniques	10
3.3.2. Piézométrie	11
3.3.3. Investigations in situ - mesures géophysiques.....	11
4. Synthèse des investigations.....	13
4.1. Modèle géologique général	13
4.1.1. Lithologie	13
4.1.2. Mesures géophysiques	15
4.2. Contexte hydrogéologique général.....	16
4.2.1. Contexte hydrogéologique.....	16
4.2.2. Piézométrie et niveaux d'eau	17
4.2.3. Inondabilité	18

4.3. Risque sismique.....	18
4.3.1. Données parasismiques réglementaires.....	18
4.3.2. Liquéfaction	18
5. Principes généraux de construction	19
5.1. Analyse du contexte et principes d'adaptation.....	19
5.2. Adaptations générales	20
5.2.1. Remarques préalables.....	20
5.2.2. Mise à nu du terrain.....	20
5.2.3. Réalisation des terrassements	21
5.3. Niveau-bas - dallage.....	23
5.3.1. Solutions retenues	23
5.3.2. Principes généraux.....	24
5.4. Fondation de la structure.....	24
5.4.1. Type de fondation et conditions d'ancrage	24
5.4.2. Dispositions constructives pour un horizon d'ancrage dans le terrain naturel	25
5.4.3. Dispositions constructives pour un horizon d'ancrage dans les remblais de compensation altimétrique.....	26
5.5. Protection des ouvrages vis-à-vis de l'eau.....	28
5.6. Voiries	28
6. Observations majeures	29

Annexes

ANNEXE 1 – NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES

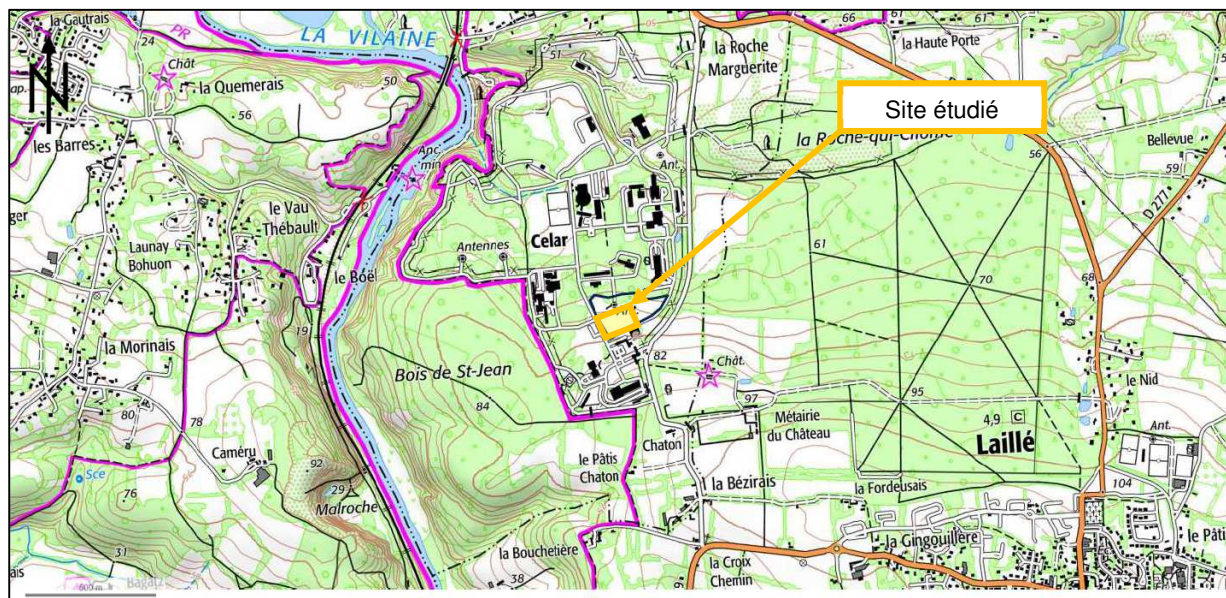
ANNEXE 2 – PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

ANNEXE 3 – COUPES DES SONDAGES ET ESSAIS IN SITU

ANNEXE 4 –SISMIQUE REFRACTION - RAPPORT GEOSCOPIQUE

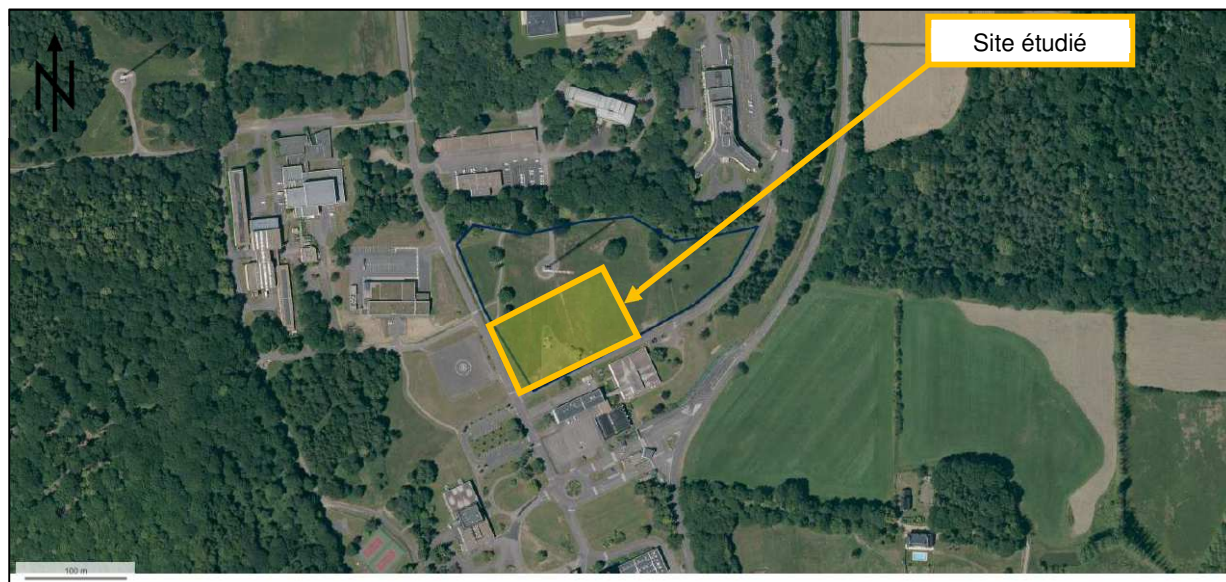
1. Plans de situation

1.1. Extrait de carte IGN



Source : site Géoportail

1.2. Image aérienne



Source : site Géoportail

2. Contexte de l'étude

2.1. Données générales

2.1.1. Identification du projet et des principaux interlocuteurs

Nom de l'opération :	Bâtiment tertiaire
Localisation :	DGA-MI / La Roche Marguerite
Commune :	BRUZ (35)
Demandeur de la mission et client :	ESID de Rennes

2.1.2. Documents communiqués

Document	Origine	Format
Plan de situation	ESID de Rennes	fichier PDF
Plan topographique		fichier DWG
Plan d'emprise du projet		fichier PDF

De plus, la majorité des informations relatives aux ouvrages envisagés nous a été transmise dans le courriel du 04/10/2021.

2.2. Description du site

2.2.1. Topographie, occupation du site et avoisinants

Le site concerné par les investigations présente une pente de l'ordre de 6 % orientée vers le Nord. Son altitude varie d'environ 68.0 à 74.5 m NGF, d'après le fond topographique fourni.

Lors de notre intervention, le terrain correspondait à une parcelle enherbée (type prairie), accueillant dans son voisinage immédiat une antenne et les voiries associées.

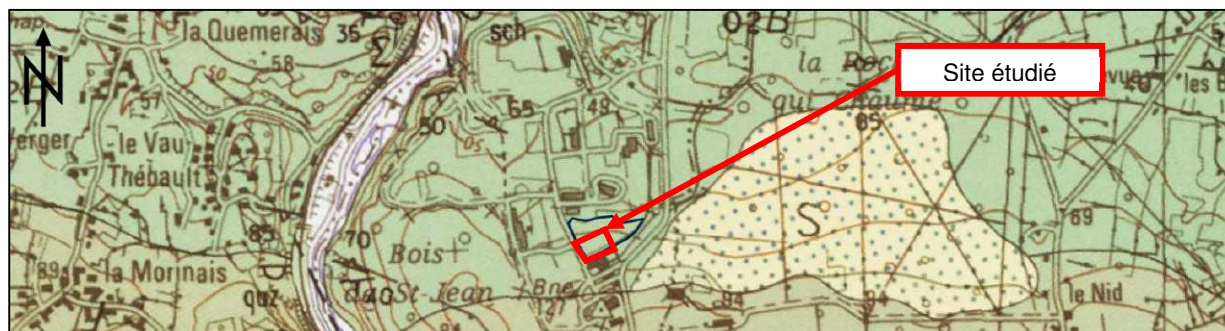
L'emprise de l'ouvrage projeté est libre de toute mitoyenneté.

2.2.2. Contextes géotechnique, hydrogéologique et sismique

2.2.2.1. Géologie prévisionnelle

D'après la carte géologique de Janzé au 1/50 000 et les études géotechniques que nous avons réalisées à proximité, les terrains du secteur sont constitués de haut en bas par :

- des remblais d'aménagements généraux et/ou des formations de couverture,
- le substratum (siltstones micacées pourpres, assimilées à des schistes gréseux) plus ou moins altéré en tête, puis rapidement très peu altéré à sain.



2.2.2.2. Contexte hydrogéologique

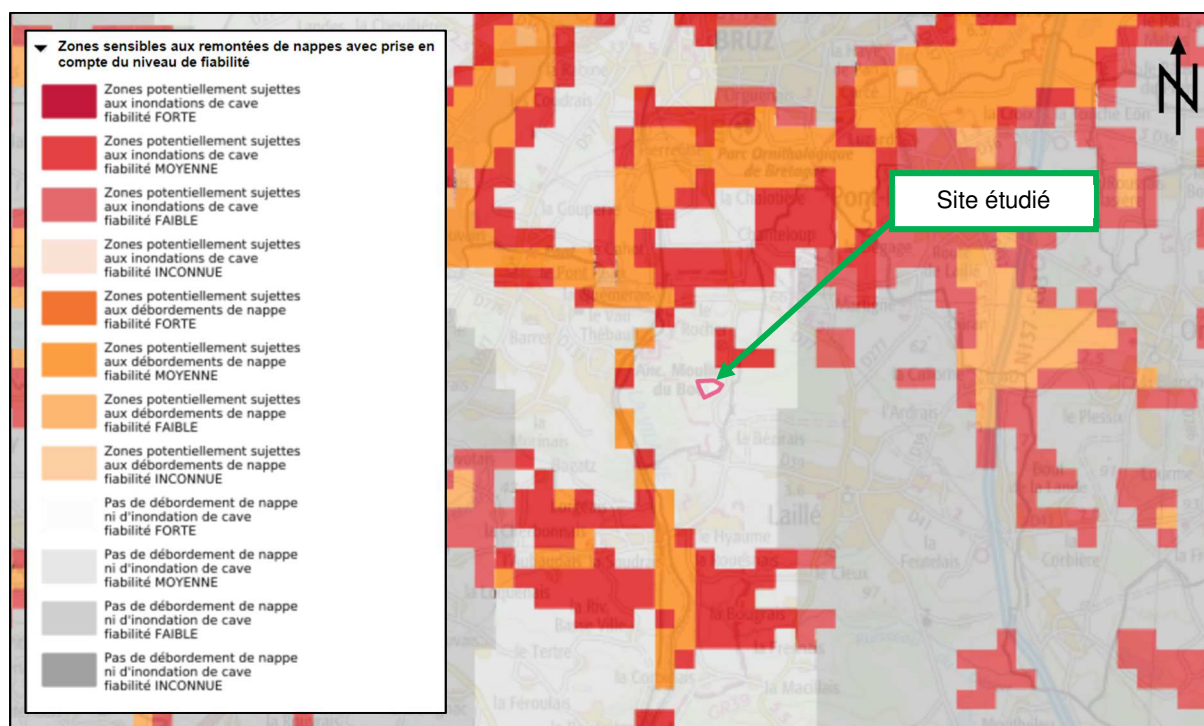
D'après notre expérience locale et la carte géologique, les venues d'eau attendues s'apparentent à des rétentions dans les formations superficielles et/ou des circulations anarchiques au sein du massif rocheux.

2.2.2.3. Risques naturels et sismicité

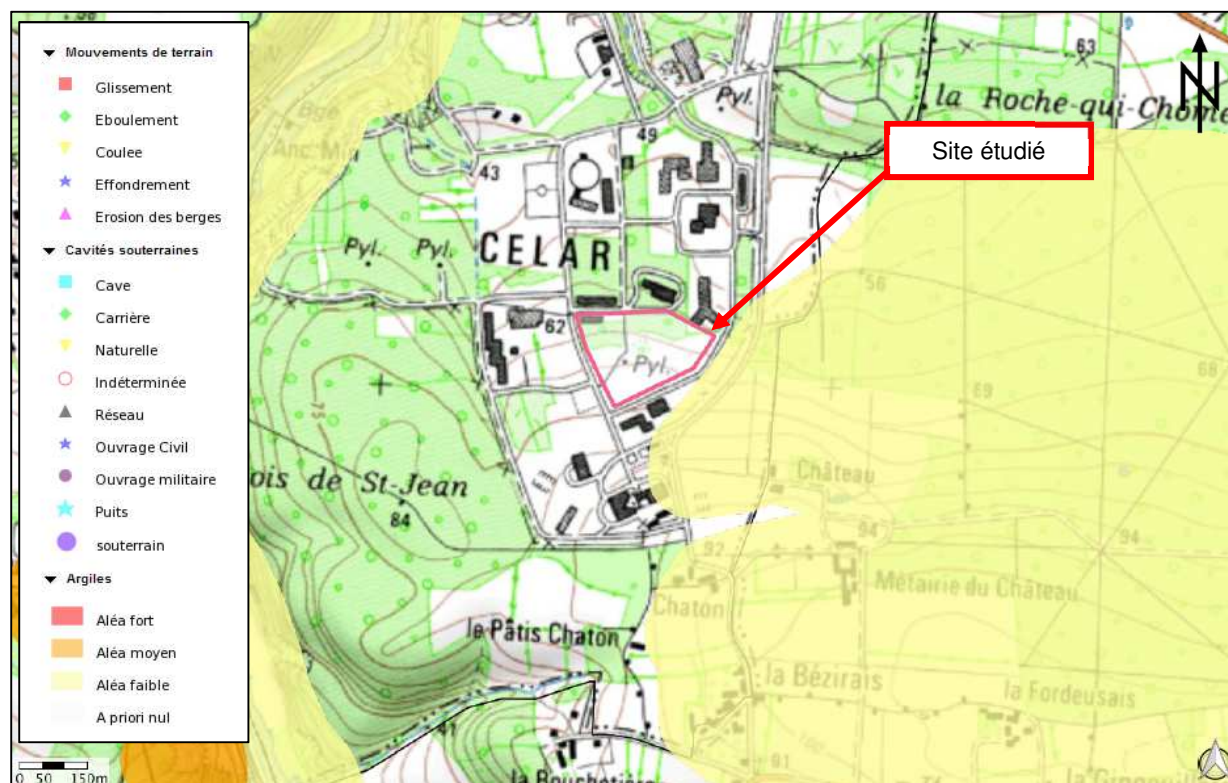
Les informations recueillies sur les sites internet consultés (www.georisques.gouv.fr, www.ille-et-vilaine.gouv.fr) sont consignées dans le tableau ci-dessous.

Risques naturels	Sensibilité
Inondations/débordement de cours d'eau	Hors zone inondable
Débordement de nappe / inondation de caves	Pas débordement de nappe (fiabilité moyenne)
Argiles (retrait/gonflement)	Aléa a priori nul *
Cavités naturelles ou anthropiques	Pas de présence de cavités connues à proximité du projet *
Mouvements de terrains	Pas de présence de mouvements de terrains connus à proximité du projet *
Potentiel radon	Potentiel de catégorie 3 (élevé)
Amiante environnemental	Susceptibilité nulle à faible

* cf. illustrations ci-après



Risque de débordement de nappe / inondation de caves (source : site Georisques)



Risques liés aux phénomènes de retrait et gonflement des argiles, et à la présence de cavités et/ou de mouvements de terrain (source : site Georisques)

Selon le zonage sismique de la France en vigueur (décret n°2010-1255 du 22/10/2010 et l'arrêté du 15 septembre 2014 modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010), la commune de BRUZ est classée en zone de sismicité 2 (aléa faible). Nous rappelons que dans le cas de bâtiments de catégorie d'importance III ou IV, l'application des règles parasismiques est obligatoire et il faut se reporter à l'Eurocode 8 (Norme NF EN 1998 – Calcul des structures pour leur résistance au séisme).

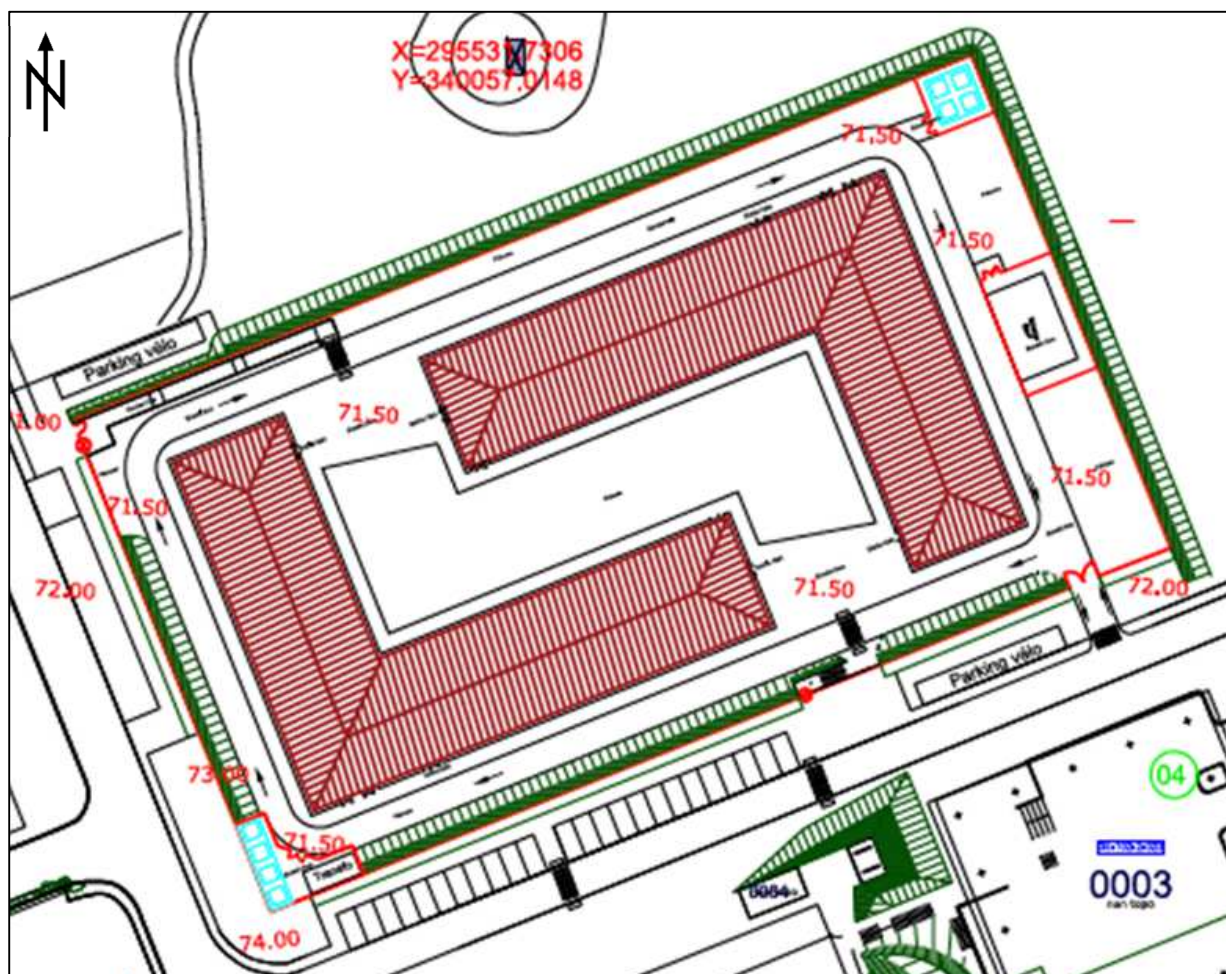
2.3. Caractéristiques du projet

2.3.1. Description de l'ouvrage

Le projet de bâtiments techniques modulaires n'est pas complètement défini à ce jour. D'après les informations communiquées, il est envisagé de construire deux bâtiments modulaires « durables » de type R+3, sans niveau de sous-sol, mais avec ascenseurs, en structure bois ou métal. On envisage également de gérer les eaux pluviales par rejet au réseau existant.

Les bâtiments sont de catégorie d'importance II vis-à-vis du risque sismique.

Le projet étant amené à évoluer, l'étude de conception (mission G2 phase AVP et/ou phase PRO) devra tenir compte des modifications.



Emprise du projet (source : ESID)

2.3.2. Sollicitations appliquées aux fondations et aux niveaux bas

Les sollicitations appliquées aux fondations ne sont pas connues au stade actuel de l'étude. Il conviendra donc de s'assurer que les systèmes de fondations préconisés et les dispositions retenues sont compatibles avec les charges réellement apportées et les caractéristiques de l'ouvrage.

2.3.3. Terrassements prévus

Compte-tenu de la topographie du site variant entre 68.0 et 74.0 m NGF et la plateforme envisagée à la cote 71.5 m NGF, les terrassements consisteront en la création d'une plateforme mixte en déblais de l'ordre de 2.5 m de profondeur et en remblais de l'ordre de 3.5 m de hauteur.

2.3.4. Voiries

Il est envisagé la création de voiries en périphérie du bâtiment, d'aires de stationnement en partie Sud du site et de parkings vélo en parties Nord-Ouest et Sud-Est. Nous ne disposons pas d'information quant à ces ouvrages.

2.4. Mission Ginger CEBTP

La mission de Ginger CEBTP est conforme au contrat n°OVA2.L.1478 Version A daté du 05/11/2021 (marché subséquent n°6 de l'accord-cadre n°2019RNSSAI0109).

Il s'agit d'une étude géotechnique préalable phase Principe Généraux de Construction (G1 PGC) selon la norme AFNOR NF P 94-500 de novembre 2013 sur les missions d'ingénierie géotechnique, ayant pour but de :

- définir un programme d'investigations géotechnique spécifique, le réaliser, en assurer le suivi technique et en exploiter les résultats,
- donner une première approche de la zone d'influence géotechnique (ZIG), horizons porteurs potentiels,
- donner certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, amélioration de sols).

La présente étude faite suite au rapport géotechnique G1 PGC, référencée OVA2.J5001-002 Version B du 15/05/2020, dont il reprend les investigations situées au droit de l'actuel projet. En effet, la parcelle concernée par l'étude est identique, mais le projet a évolué.

3. Investigations géotechniques

3.1. Préambule

Les moyens de reconnaissance et d'essais avaient été définis par Ginger CEBTP en accord avec le client, sur la base d'un précédent projet aujourd'hui abandonné. Seuls les sondages situés dans l'emprise de l'actuel projet sont présentés par la suite.

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 Ginger CEBTP en fonction du projet.

L'altitude des têtes de sondages correspond au niveau du terrain au moment des investigations (Terrain Actuel – TA). L'altimétrie des sondages a été relevée au moyen d'un GPS de précision infra-décimétrique dans le plan et en altitude (référentiels CC48 et NGF).

3.3. Sondages, essais et mesures in situ

3.3.1. Investigations in situ - essais géotechniques

Les investigations suivantes ont été réalisées en 2019 dans l'emprise de l'actuel projet :

Type de sondage	Quantité	Noms	Profondeur (m/TA)	Altitude de la tête (en m NGF)	Essais pressiométriques (NF EN ISO 22476-4)
Sondage semi-destructif à la tarière hélicoïdale continue Ø 63 mm	4	SP3 SP5 SP7 SP12	8,0 m 8,0 m 8,0 m 8,0 m	69,8 72,6 70,2 70,3	6 6 6 6
Puits au tractopelle menée au refus ®	3	PM4 PM6 PM11	1,4 m ® 1,4 m ® 1,0 m ®	72,0 72,1 68,8	
Essai au pénétromètre dynamique de type DPSH-B Norme NF EN ISO 22476-2 mené au refus	2	PDB4 PDB6	1,7 m 1,3 m	72,0 72,1	

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

- **Sondages semi-destructifs à la tarière continue :**

- 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^*

- **Essais au pénétromètre dynamique lourd de type DPSH-B :**
 - diagramme donnant la résistance dynamique q_d en fonction de la profondeur, calculée selon la formule des Hollandais,
 - éventuel niveau d'eau en fin de sondage.
- **Puits de reconnaissance au tractopelle :**
 - coupe détaillée des sols,
 - venue d'eau éventuelle,
 - photographies de la fouille et des sols extraits.

3.3.2. Piézométrie

Les équipements suivants ont été mis en place :

Equipement piézométrique	Sondage de référence	Profondeur (m/TA)
Tube piézométrique avec protection par capot métallique cadenassé	SP5	8.0 m

Les relevés des niveaux d'eau effectués ainsi que le détail des équipements mis en place sont indiqués sur la coupe de forage correspondante.

Ce dispositif a été équipé d'une sonde d'acquisition automatique du 06/05/2020 au 01/04/2021.

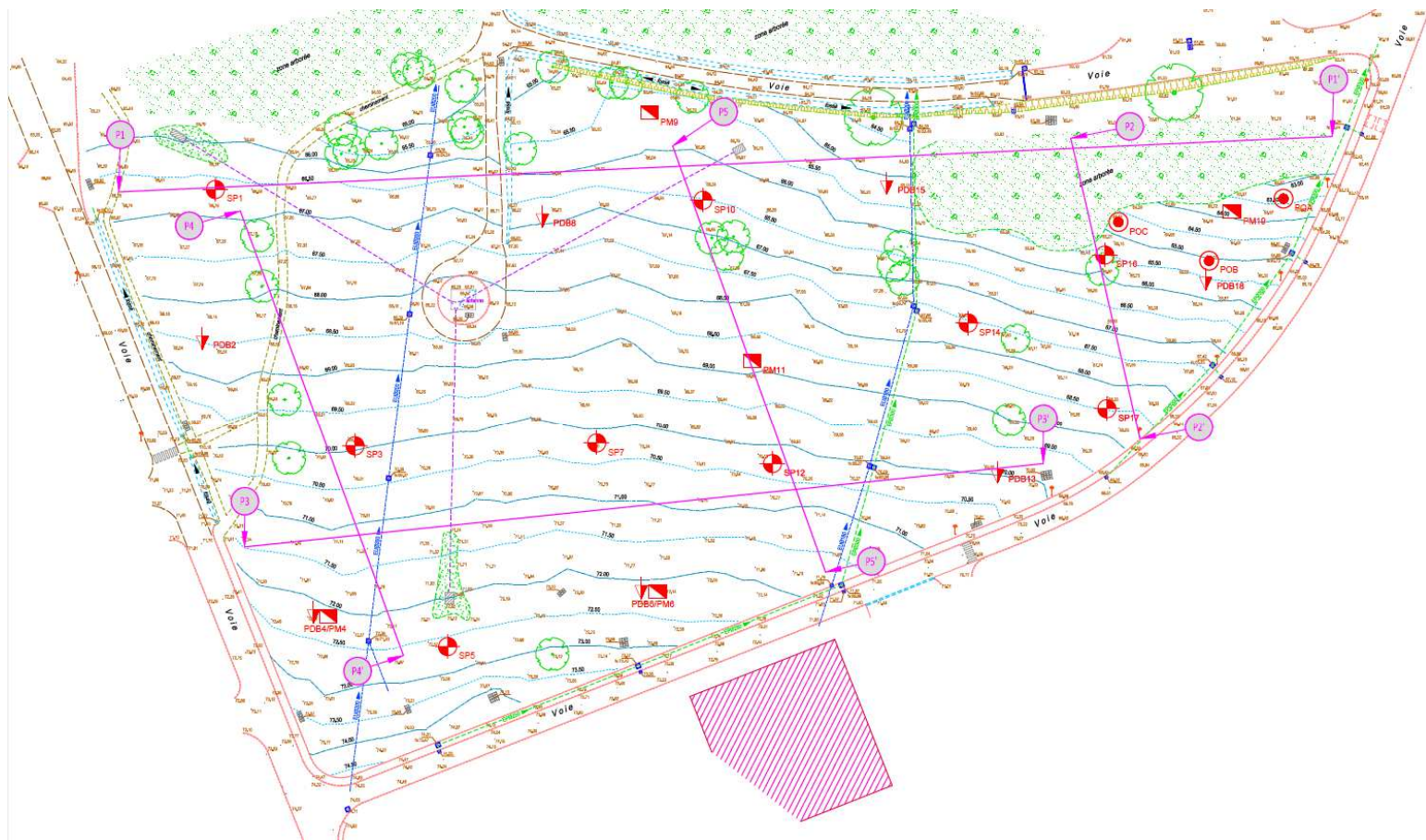
3.3.3. Investigations in situ - mesures géophysiques

Une campagne de cinq profils de mesures par sismiques réfraction, dont trois au droit de l'actuel projet, a été réalisée (source = masse de 8 kg). Le linéaire total investigué dans l'emprise de l'actuel projet correspond à 420 m :

Profil	Nbre de dispositif/profil		Longueur du profil
P3	2	-1 dispositif de 24 traces + -1 dispositif de 16 traces	195 ml
P4	1	-1 dispositif de 24 traces	115 ml
P5	1	-1 dispositif de 23 traces	110 ml

** Profils au droit de l'actuel projet.*

L'implantation des différents profils est présentée page suivante.



Le rapport comprenant les mesures effectuées et leur interprétation est présenté en annexe 4.

4. Synthèse des investigations

4.1. Modèle géologique général

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

4.1.1. Lithologie

A noter que la profondeur des formations est donnée par rapport au terrain tel qu'il était au moment de la reconnaissance (février 2020).

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

Formation n°1 : **Formation de couverture** correspondant à de la terre végétale.

Profondeur de la base : de 0.2 à 0.4 m/TA.

Formation n°2 : **Limon** +/- sableux et/ou graveleux correspondant vraisemblablement à l'altération ultime du substratum schisto-gréseux.

Profondeur de la base : de 0.5 à 1.1 m.

Caractéristiques géotechniques :

- Résistance dynamique de pointe (q_d) : 2 à 8 MPa

Formation n°3a : **Schiste gréseux altéré** se présentant sous forme de graves de schiste gréseux friables à matrice limono-sableuse.

Profondeur de la base : de 1.0 à 1.7 m/TA, horizon non identifié en SP3, SP5 et SP12.

Caractéristiques géotechniques :

- Pression de fluage (p_f^*) : 0.98 MPa (un seul essai)
- Pression limite (p_l^*) : 1.65 MPa (un seul essai)
- Module pressiométrique (E_M) : 18.2 MPa (un seul essai)
- Résistance dynamique de pointe (q_d) : 8 à 25 MPa

Commentaire : du fait de la faible épaisseur de la formation, elle n'a pas été identifiée dans 8 des 9 sondages pressiométriques.

Formation n°3b : **Schiste gréseux très peu altéré à sain.**

Profondeur de la base : supérieure à la base des sondages.

Caractéristiques géotechniques :

- Pression de fluage (p_f^*) : 3.89 à > 4.92 MPa (23 essais)
- Pression limite (p_l^*) : > 4.89 MPa (23 essais)
- Module pressiométrique (E_M) : 98.5 à > 500 MPa (23 essais)
- Résistance dynamique de pointe (q_d) : > 25 MPa

Pour une meilleure analyse, il a été établi ci-après une classification des formations décrites ci-dessus au droit de chaque sondage (en bleu : zone de l'actuel projet / en gris : hors emprise).

Sondage (cote NGF de la tête en m)	SP3 (69.8)	PM/PDB4 (72.0)	SP5 (72.6)	PM/PDB6 (72.1)	SP7 (70.2)	PM11 (68.8)	SP12 (70.3)
Formation	Profondeur de la base en mètres par rapport au TA (altitude NGF correspondante en m)						
n°1 : Terre végétale	0.2 (69.6)	0.4 (71.6)	0.2 (72.4)	0.4 (71.7)	0.2 (70.0)	0.4 (68.4)	0.2 (70.1)
n°2 : Limon	0.8 (69.0)	1.0 (71.0)	0.5 (72.1)	1.1 (71.0)	0.7 (69.5)	0.8 (68.0)	0.8 (69.5)
n°3a : Schiste gréseux altéré	non identifié	1.7 (70.3)	non identifié	1.3 (70.8)	1.6 (68.6)	1.0 (67.8)	non identifié
n°3b : Schiste gréseux très peu altéré à sain	> 8.0 (< 61.8)	> 1.7 (< 70.3)	> 8.0 (< 64.6)	> 1.3 (< 70.8)	> 8.0 (< 62.2)	> 1.0 (< 67.8)	> 8.0 (< 62.3)

Remarques :

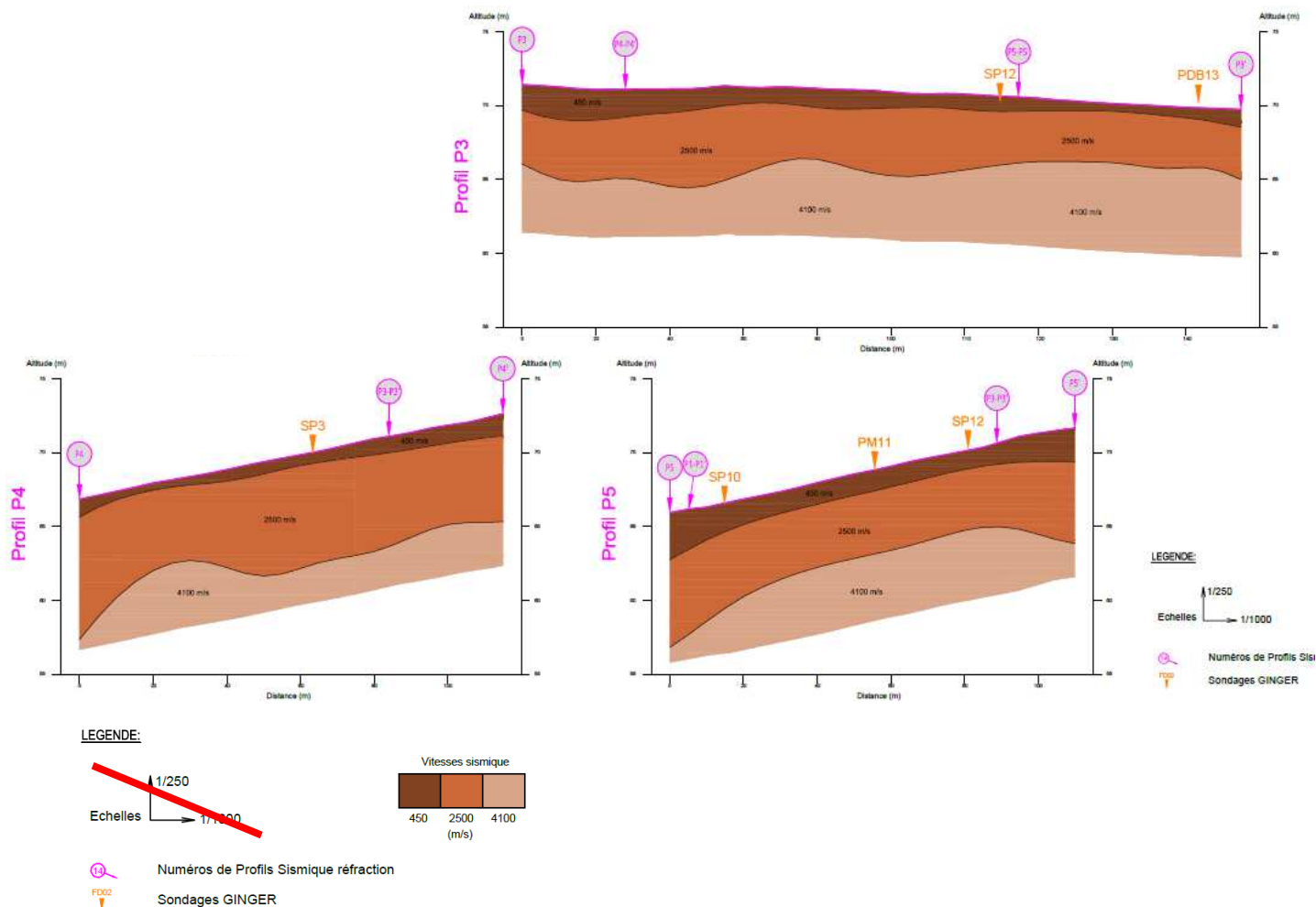
- la distinction entre les différents état d'altération du substratum a été déterminée en considérant les indications suivantes (définies sur la base du classement des sols présenté en annexe B de la norme NF P 94-262 relative aux fondations profondes) :



- la transition entre ces différents degrés d'altération peut être brutale compte tenu de la dégradation plus ou moins marquée du substratum. La limite entre les états n'est pas clairement distincte et varie, parfois fortement, d'un point à un autre,
- 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,
- les essais de pénétration dynamique des sols étant des sondages dits « aveugles » en l'absence et au-delà de sondage couplé, la géologie des terrains ainsi que les limites de couches sont interprétées ou extrapolées à partir des diagrammes et notamment des valeurs de compacité du sol. **La nature des terrains et leur compacité devront, par conséquent, être confirmées lors des travaux.**

4.1.2. Mesures géophysiques

Les résultats de la campagne de mesures par sismique réfraction sont présentés en détail en annexe 4. Les principales conclusions sont rapportées ci-dessous :



Profil	Vitesse d'onde de compression (m/s)	Lithologie	Rippabilité au D8 238CV	Remarque/sondages
3	450m/s	Limon légèrement argileux à cailloux de schiste	Rippable	SP12
	2500 m/s	Schiste très peu altéré	Non rippable, mise en œuvre de moyens de déroctage spécifiques	
	4100 m/s	Schiste sain	Non rippable, mise en œuvre de moyens de déroctage spécifiques pour roche très dure (minage, ...)	

Profil	Vitesse d'onde de compression (m/s)	Lithologie	Rippabilité au D8 238CV	Remarque/sondages
4	450m/s	Limon légèrement argileux à cailloux de schiste	Rippable	SP3, PM4
	2500 m/s	Schiste très peu altéré	Non rippable, mise en œuvre de moyens de déroctage spécifiques	
	4100 m/s	Schiste sain	Non rippable, mise en œuvre de moyens de déroctage spécifiques pour roche très dure (minage, ...)	

Profil	Vitesse d'onde de compression (m/s)	Lithologie	Rippabilité au D8 238CV	Remarque/sondages
5	450m/s	Limon légèrement argileux à cailloux de schiste limoneux	Rippable	SP12, PM11, -PM11 : Refus à 1 m/TA.
	2500 m/s	Schiste très peu altéré	Non rippable, mise en œuvre de moyens de déroctage spécifiques	
	4100 m/s	Schiste sain	Non rippable, mise en œuvre de moyens de déroctage spécifiques pour roche très dure (minage, ...)	

La rippabilité est définie selon la synthèse "application à la mécanique des roches aux terrassements rocheux" (Darcy, 1970).

4.2. Contexte hydrogéologique général

4.2.1. Contexte hydrogéologique

Dans le contexte géologique décrit plus haut, peuvent cohabiter plusieurs types de nappes. On distingue, de haut en bas :

- une nappe de type perchée pouvant régner au sein des formations superficielles, alimentée par la pluviométrie efficace,
- une nappe de type fissurale pouvant se développer au sein du substratum schisto-gréseux en fonction de l'état de fracturation du massif rocheux. Celle-ci s'apparente à de multiples venues d'eau observées au gré des discontinuités rencontrées dans le substratum. Ces circulations peuvent être en charge dans les fractures du substratum, généralement peu perméable.

4.2.2. Piézométrie et niveaux d'eau

Lors de nos investigations (février 2020), nous avons observé les niveaux d'eau suivants :

Sondage (cote NGF de la tête en m)	SP3 (69.8)	SP5 (72.6)	SP7 (70.2)	PM11 (68.8)	SP12 (70.3)
Date de réalisation	févr.-20				
Venue d'eau en cours de forage en m/TA (cote de la venue d'eau)	4.6 (65.2)	5.7 (66.9)	3.7 (66.5)	1.0 (67.8)	2.2 (68.1)
Niveau d'eau en fin de sondage en m/TA (cote du niveau d'eau)	1.9 (67.9)	1.7 (70.9)	1.1 (69.1)	1.0 (67.8)	1.0 (69.3)

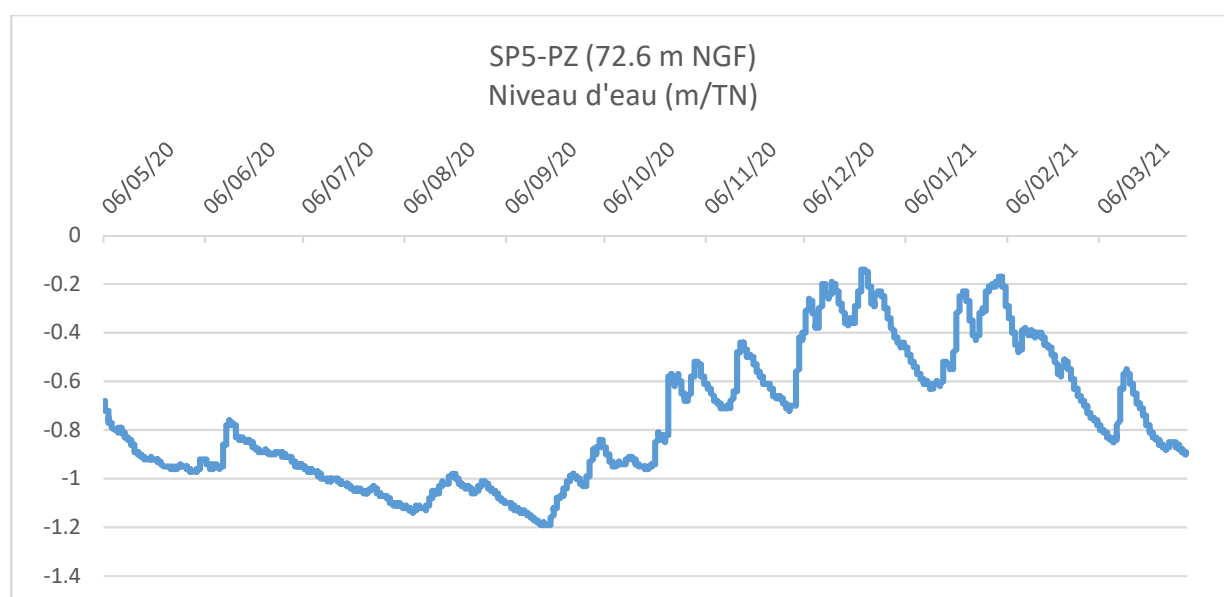
Les autres sondages sont restés secs jusqu'aux profondeurs investiguées.

De plus, nous avons observé, lors de nos interventions de février 2020, des venues d'eau dans les sondages depuis les écoulements et rétentions en surface.

L'ensemble de ces niveaux semble correspondre à des circulations d'eau anarchiques / ponctuelles en lien avec les infiltrations depuis la surface (et donc les conditions météorologiques) et/ou des circulations au sein du massif rocheux fracturé. Certaines venues d'eau semblent correspondre à des circulations dans les formations meubles au toit du massif rocheux.

Compte tenu du caractère ponctuel de ces circulations, il est à noter que des venues d'eau n'ont pas été détectées par nos sondages (faible emprise des sondages par rapport à la surface du projet et profondeur d'investigation limitée).

Pour mieux préciser le niveau d'eau représentatif du site, le piézomètre installé dans le sondage SP5 a été équipé d'une sonde d'acquisition automatique du 06/05/2020 au 01/04/2021. Les résultats des mesures réalisées sont présentés dans le graphique ci-dessous.



4.2.3. Inondabilité

D'après les données issues des sites internet www.georisques.gouv.fr, et www.illevilaine.gouv.fr, la parcelle présente ne présente pas de risque inondation identifié.

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. Risque sismique

4.3.1. Données parasismiques réglementaires

Selon le décret n°2010-1255, l'arrêté du 15 septembre 2014 modifiant l'arrêté du 22 octobre 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	2 (aléa faible)
Catégorie d'importance du bâtiment	II : bâtiment courant
Accélération maximale de référence (agR)	0.7 m.s ⁻²

Nous rappelons que le projet se situant en zone de sismicité 2, le dimensionnement des structures à l'Eurocode 8 n'est obligatoire que pour les bâtiments de catégorie d'importance III ou IV.

4.3.2. Liquéfaction

Le site étant classé en zone sismique 2 (aléa 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 parasismique applicables aux bâtiments de classe dite "à risque normal".

5. Principes généraux de construction

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 : Sous 0.2 à 0.4 m de terre végétale (formation n°1), on rencontre des limons correspondant vraisemblablement au faciès d'altération ultime du substratum (formation n°2 - vitesse des ondes de compression # 450 m/s), puis le substratum schisto-gréseux (formation n°3) avec des caractéristiques mécaniques s'améliorant très rapidement avec la profondeur (faciès très peu altéré - vitesse des ondes de compression # 2 500 m/s et faciès sain - vitesse des ondes de compression # 4 100 m/s).

Contexte hydrogéologique : Des niveaux d'eau ont été repérés entre les cotes 67.8 et 70.9 m NGF à la période des sondages (février 2020), accompagnés par une nappe d'imbibition et des circulations / rétentions superficielles. Nous rappelons que le régime hydrogéologique varie en fonction de la saison et de la pluviosité.

➤ Caractéristiques du projet

Le projet porte sur la construction de bâtiments de type R+3 sans niveau de sous-sol. Ils seront insérés au site via la création d'une plateforme en déblais de l'ordre de 3 m de hauteur et en remblais de l'ordre de 3.5 m de hauteur. Des voiries et des aires de stationnement ainsi qu'un ouvrage de gestion des eaux pluviales sont également envisagés.

➤ Zone d'influence géotechnique (ZIG)

Nous rappelons que la ZIG des terrassements et des fondations du projet s'étend aux mitoyens (bâtiments et voiries, réseaux...). Des précautions particulières devront être prises pour garantir la pérennité de ces ouvrages, tant en phase travaux qu'au stade définitif.

➤ Bilan des principales considérations à intégrer dans la conception du projet

Les points à prendre en compte pour le projet sont les suivants :

- terrains remaniés prévisibles suite à la mise à nu du site (évacuation de la végétation et des réseaux enterrés),
- **substratum présentant des caractéristiques très élevées à faible profondeur, entraînant des sujétions particulières pour la réalisation des terrassements en déblais,**
- **présence d'eau à faible profondeur** (y compris stagnation / circulations superficielles).

➤ Solutions techniques envisageables :

Compte tenu des points précédents, on pourra envisager :

- la réalisation des terrassements en déblais via un système de talutage en phase provisoire et en phase définitive ; des difficultés de terrassement sont à prévoir dès le toit du substratum schisto-gréseux (cf. annexe 4),
- un pompage en fond de fouille associé à la bonne gestion du fond de forme (création de pentes vers les exutoires, fossés en pied et cunettes en crête de talus ...),
- des dallages sur terre-plein ; nous rappelons qu'une solution mettant en œuvre un plancher porté par les fondations reste toujours envisageable (solution a priori retenue pour les bâtiments de type modulaires),
- un mode de fondations superficielles à semi-profondes ancrées dans le substratum schisto-gréseux altéré à sain (formation n°3),
- alternativement, pour le bâtiment Nord-Est, un mode de fondations ancrées dans les remblais de compensation altimétrique correctement sélectionnés et mis en œuvre et sous réserve de la réalisation de sondages complémentaires dans ces remblais.

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.

5.2. Adaptations générales

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

La réalisation du projet implique l'évacuation de la végétation en place et des ouvrages existants (dont des réseaux enterrés).

En conséquence, il conviendra de prévoir l'évacuation de tout vestige enterré (éventuelles souches d'arbres, restes de fondations, cuves, réseaux, ...) au droit des futurs dallages et 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.

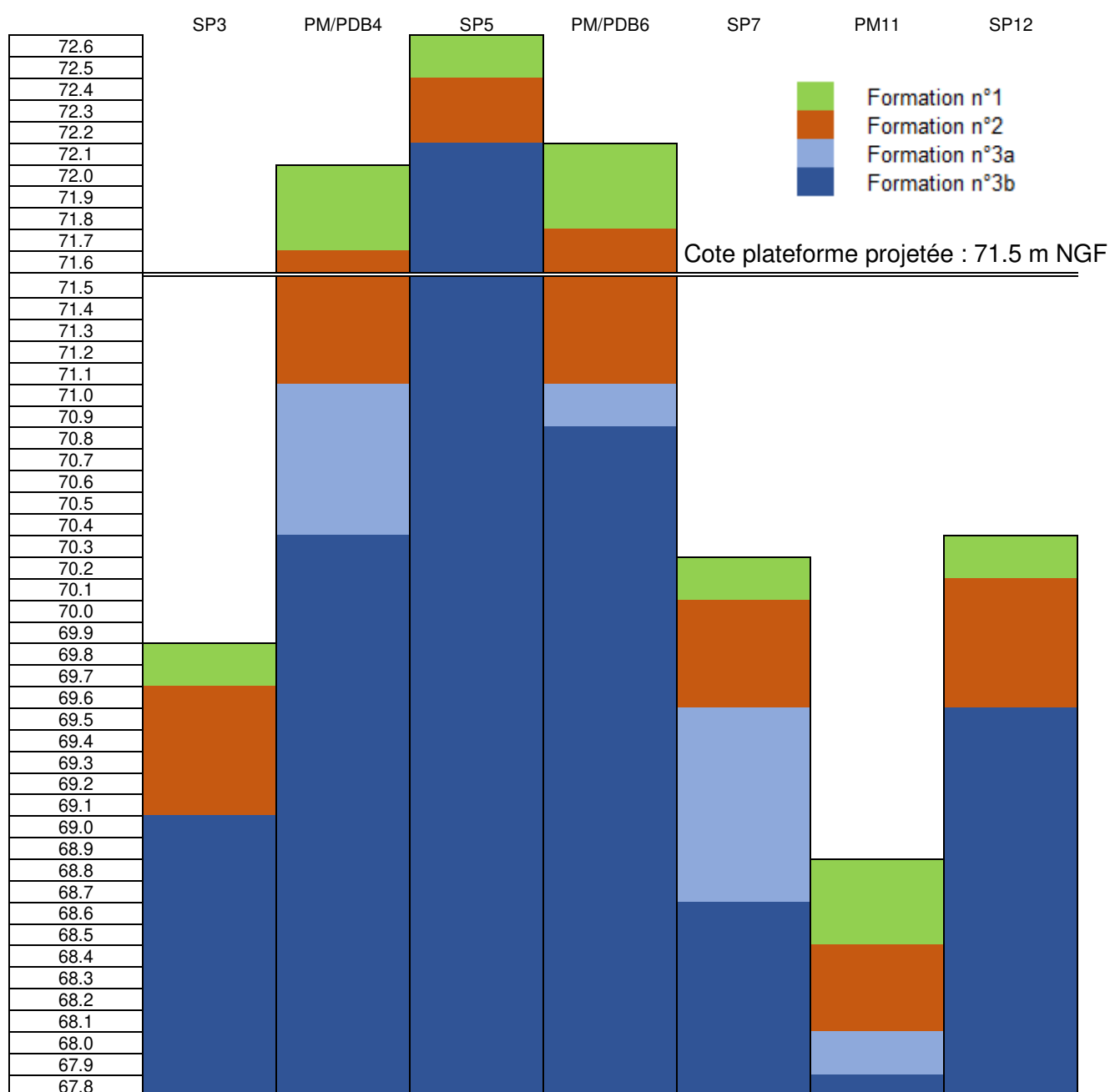
Dans tous les cas, les fondations projetées devront être descendues sous le niveau des fosses ainsi créées afin d'être ancrées dans les sols en place et non remaniés.

5.2.3. Réalisation des terrassements

5.2.3.1. Hauteurs envisagées

Compte tenu des informations dont nous disposons, les terrassements envisagés correspondraient à :

- la réalisation d'une plateforme en déblais / remblais (déblais jusqu'à 2.5 m de profondeur et remblais jusqu'à 3.5 m de hauteur),
- la création d'un bassin de rétention / infiltration, a priori en déblais d'une profondeur de l'ordre de 2.5 à 3.0 m.



5.2.3.2. Traficabilité et drainage en phase chantier

L'étude des sujétions particulières d'exécution (traficabilité, blindage, phasage...) ne fait pas partie de la présente mission et devra être intégrée aux études de conception de type G2 AVP et G2 PRO.

Il est toutefois à noter que les matériaux superficiels (terre végétale et limons / formations n°1 et n°2) sur le site sont réputés pour être sensibles à l'eau.

Au-delà, dans les schistes gréseux altérés (formation n°3a) et très peu altérés à sains (formation n°3b), la qualité des matériaux en fond de fouille ne devrait pas entraîner de difficulté de traficabilité autre que le réglage des pistes (a priori de type PST6 au sens du GTR).

5.2.3.3. Terrassabilité des matériaux

Compte tenu du projet tel qu'il nous a été présenté à ce jour, les terrassements en déblais atteindront jusqu'à 2.5 m de profondeur par rapport au TA. Les horizons concernés par les déblais sont donc :

- les formations superficielles (formation n°1) et les limons (formation n°2),
- les schistes gréseux altérés (formation n°3a),
- les schistes gréseux très peu altérés à sains (formation n°3b).

La réalisation des déblais concernant la terre végétale et les limons (formations n°1 et n°2) ne présentera pas de difficulté particulière d'extraction (limons "rippables au D8 238 CV"). Les terrassements pourront donc se faire à l'aide d'engins classiques de moyenne puissance.

Au-delà, dans le substratum schisto-gréseux altéré à sain (formations n°3a et n°3b), au vu des caractéristiques mécaniques observées et des vitesses d'onde de compression obtenues, les terrassements seront difficiles (matériaux "non rippables au D8 238 CV"). Il sera nécessaire de prévoir la mise en œuvre de moyens de déroctage spécifiques, allant jusqu'à des sujétions de minage dans le schiste gréseux sain. L'utilisation d'explosif devra être examinée en fonction de l'environnement, en particulier de l'activité sur le site.

5.2.3.4. Drainage en phase chantier

Suite aux observations faites au cours de la campagne d'investigations, des venues d'eau sont à attendre en cours de terrassement, particulièrement en période défavorable. 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. On privilégiera notamment une réalisation des travaux en période favorable et on soignera le réglage des plateformes (éviter les stagnations d'eau susceptibles de détériorer les matériaux en fond de fouille).

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. Réalisation des remblais

L'étude de réalisation des remblais ne fait pas partie de la présente mission et devra faire l'objet d'une mission complémentaire dans le cadre d'une étude de conception de type G2 AVP et G2 PRO. Il est toutefois à noter les points suivants.

Les remblais devront être montés après purge de la terre végétale et des limons (formations n°1 et n°2). Compte-tenu des caractéristiques mécaniques très élevées du substratum rocheux sous-jacents, les tassements attendus sous 3.5 m de remblais maximum devraient être faibles à négligeables.

De plus, les remblais de compensation altimétriques pouvant éventuellement servir d'assise aux fondations du bâtiment Nord-Est, les matériaux, ainsi que les procédures de mise en œuvre et de contrôle devront alors répondre aux recommandations « Caractéristiques des matériaux de remblais supports de fondations » du L.C.P.C. de 1980 et/ou au DTU 13.3. Un contrôle régulier sera nécessaire au fur et à mesure de l'avancement de l'élévation du remblai. On s'assurera également que le compactage est correctement réalisé.

5.2.3.6. Talutages

L'étude de réalisation des talus ne fait pas partie de la présente mission et devra faire l'objet d'une mission complémentaire dans le cadre d'une étude de conception de type G2 AVP et G2 PRO.

Notons toutefois que l'étude des talus devra tenir compte des surcharges envisagées en crête (aires de stationnement en phase définitive et circulation des engins en phase chantier).

Dans le substratum compact, la pente des talus sera principalement liée à la fracturation et à la géométrie des plans de schistosité des matériaux.

Une attention particulière sera portée à la gestion de l'eau et à la protection des talus vis-à-vis des venues d'eau et du phénomène de ravinement en phases provisoire et définitive.

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

5.3. Niveau-bas - dallage

5.3.1. Solutions retenues

Compte-tenu du projet (bâtiments modulaires), nous présumons que le niveau bas est prévu en plancher porté par les fondations.

Notons toutefois que la réalisation de dallages sur terre-plein est également envisageable compte tenu de la qualité du sol support après terrassement (schistes gréseux altérés à sains

en première approche – formations n°3a et n°3b – ou remblais de compensation altimétriques). Une couche de forme sera nécessaire avant sa mise en œuvre.

5.3.2. Principes généraux

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

- **purge de la terre végétale et du limon (formations n°1 et n°2),**
- terrassement jusqu'au fond de forme,
- **purge des éventuels poches médiocres et sols détériorés** par les engins de terrassement ou les eaux de pluie.

L'étude des sujétions particulières d'exécution (traficabilité, nécessités de mise en place de géotextile, ...) et l'étude de l'assise du dallage (module Es et épaisseur des différentes couches d'assises, couche de forme et traitement éventuel du sol support, drainage de la plateforme, ...) ne font pas partie de la présente mission. Ces points seront traités dans le cadre des études géotechniques de conception.

Les épaisseurs à envisager devraient toutefois rester modestes.

5.4. Fondation de la structure

5.4.1. Type de fondation et conditions d'ancrage

Compte tenu des éléments précédents et la cote de la plateforme envisagée (71.5 m NGF), les systèmes de fondations suivants sont envisageables :

- pour le bâtiment Sud-Ouest (zone en déblais) : fondations superficielles par semelles filantes et/ou isolées ancrées de 0.3 m minimum dans le **substratum schisto-gréseux altéré à sain** (formation n°3),
- pour le bâtiment Nord-Est (zone en remblais) :
 - **fondations superficielles par semelles filantes et/ou isolées** ancrées de 0.3 m minimum dans les remblais de compensation altimétrique, sous réserve de matériaux homogènes, sélectionnés, correctement mis en œuvre et présentant une compacité suffisante (sondages complémentaires à prévoir en phase chantier),
 - ou, alternativement, **fondations superficielles à semi-profondes par semelles isolées et puits** ancrés de 0.3 m minimum dans le **substratum schisto-gréseux altéré à sain** (formation n°3).

Au droit du bâtiment Sud-Ouest, le toit de la formation n°3 a été atteint entre 0.5 et 1.1 m/TA. La hauteur maximale de remblais au droit de ce bâtiment est de 1 m d'après les plans transmis et la hauteur maximale de déblais de 2.5 m. L'assise prévisible de ses fondations sera donc située entre 0.5 et 2.4 m par rapport au niveau de la plateforme projetée.

Au droit du bâtiment Nord-Est, le toit de la formation n°3b a été atteint entre 0.8 et 1.1 m/TA. La hauteur maximale de remblais au droit de ce bâtiment est de 2.5 m. L'assise prévisible de ses fondations sera donc située entre 1.1 et 3.9 m par rapport au niveau de la plateforme projetée.

Dans tous les cas, les conditions d'ancrage devront permettre d'assurer la mise hors gel des fondations, à savoir 0.5 m par rapport au terrain fini (annexe O de la norme NF P 94-261).

5.4.2. Dispositions constructives pour un horizon d'ancrage dans le terrain naturel

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

- il est recommandé de ne pas descendre la largeur des fondations en dessous de 0.5 m pour des semelles continues et de 0.8 m pour des semelles ponctuelles pour des raisons de bonne exécution (cela permet d'assurer un enrobage correct des armatures standards),
- en cas d'ancrage partiel dans le substratum rocheux, un lit de sable sera apposé en fond de fouille sur 0.4 m d'épaisseur minimum pour limiter l'effet de point dur,
- en cas de bâtiments 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 doivent respecter la règle des 3 de base pour 2 de hauteur entre arêtes de fondations (NF P 94-261),
- la présence d'eau pourra entraîner des sujétions de pompage pour épuisement des fouilles lors des travaux de fondation, voire éventuellement de blindage des parois des fouilles,
- 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 dégradation du sol de fondation, un béton de propreté sera immédiatement coulé après terrassement afin de le protéger.

La justification du dimensionnement devra être fournie dans le cadre des études géotechniques de conception.

5.4.3. Dispositions constructives pour un horizon d'ancrage dans les remblais de compensation altimétrique

La solution de fondation dans les remblais de compensation altimétrique n'est envisageable que sous les conditions suivantes :

- mise en œuvre des remblais selon les modalités définies ci-dessous, avec un objectif de compactage q_2 au minimum :
 - **purge de la terre végétale et du limon marron (formation n°1 et n°2),**
 - **purge des** éventuels **poches médiocres et sols détériorés** par les engins de terrassement ou les eaux de pluie,
 - l'étude des sujétions particulières d'exécution (traficabilité, compactage, drainage de la plateforme, traitement éventuel ...) ne font pas partie de la présente mission : ces points seront traités dans le cadre des études géotechniques de conception.
- le remblaiement pourra être réalisé avec les matériaux du site sous réserve d'études complémentaires (conditions de compactage, fragmentabilité ...) et moyennant un suivi d'exécution soigné,
- contrôle du compactage,
- épaisseur minimale des remblais de 0.8 m sous les fondations et un débord de 0.5 m de chaque côté au minimum.

Les matériaux, ainsi que les procédures de mise en œuvre et de contrôle devront répondre aux recommandations "Caractéristiques des matériaux de remblais supports de fondations" du L.C.P.C. de 1980.

De plus, il conviendra de prendre en compte les sujétions suivantes :

- il convient de prévoir un ancrage minimal de 0.5 m minimum dans les remblais de substitution / compensation altimétrique (profondeur permettant la mise hors gel des fondations – cf. annexe O de la norme d'application nationale de l'Eurocode 7 – NF P 94-261),
- il est recommandé de ne pas descendre la largeur des fondations en dessous de 0.5 m pour des semelles continues et de 0.8 m pour des semelles ponctuelles pour des raisons de bonne exécution (cela permet d'assurer un enrobage correct des armatures standard),
- en cas de bâtiments 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 doivent respecter la règle des 3 de base pour 2 de hauteur entre arêtes de fondations et/ou pied de talus (NF P 94-261),
- les fondations doivent impérativement être coulées à pleine fouille et non coffrées à moins qu'il s'agisse de graviers insensibles aux intempéries et à la décompression,

- afin d'éviter une détérioration du niveau d'assise des fondations, un béton de propreté sera immédiatement coulé après terrassement afin de le protéger.

La justification du dimensionnement devra être fournie dans le cadre des études géotechniques de conception.

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

Compte tenu des observations que nous avons faites lors des investigations (février 2020), les venues d'eau sont attendues dès moins d'un mètre de profondeur en période défavorable. Les éventuelles parties semi-enterrées (fosses ascenseurs en zone de déblais par exemple) des ouvrages seront donc très vraisemblablement à protéger contre les arrivées d'eau (cuvelage ou drainage).

Il conviendra de prévoir un système de drainage et de collecte adapté pour protéger les talus de déblais.

5.6. Voiries

L'étude de dimensionnement des voiries ne fait pas partie de la présente mission et devra faire l'objet d'une mission complémentaire dans le cadre d'une étude de conception de type G2 AVP et G2 PRO.

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 d'une étude géotechnique préalable (G1) et que, conformément à la norme NF P94-500 de novembre 2013, les différentes phases d'étude de conception (G2) devront être envisagées (collaboration avec l'équipe de conception) pour :

- définir le modèle géotechnique à prendre en compte,
- présenter des dimensionnements ou exemples de dimensionnement des ouvrages géotechniques,
- 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.

Cette étude de projet devra permettre, entre autres, de réduire les aléas et incertitudes suivants :

- variations lithologiques dans l'emprise des ouvrages,
- prise en compte des niveaux d'eau pour les terrassements en déblais.

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

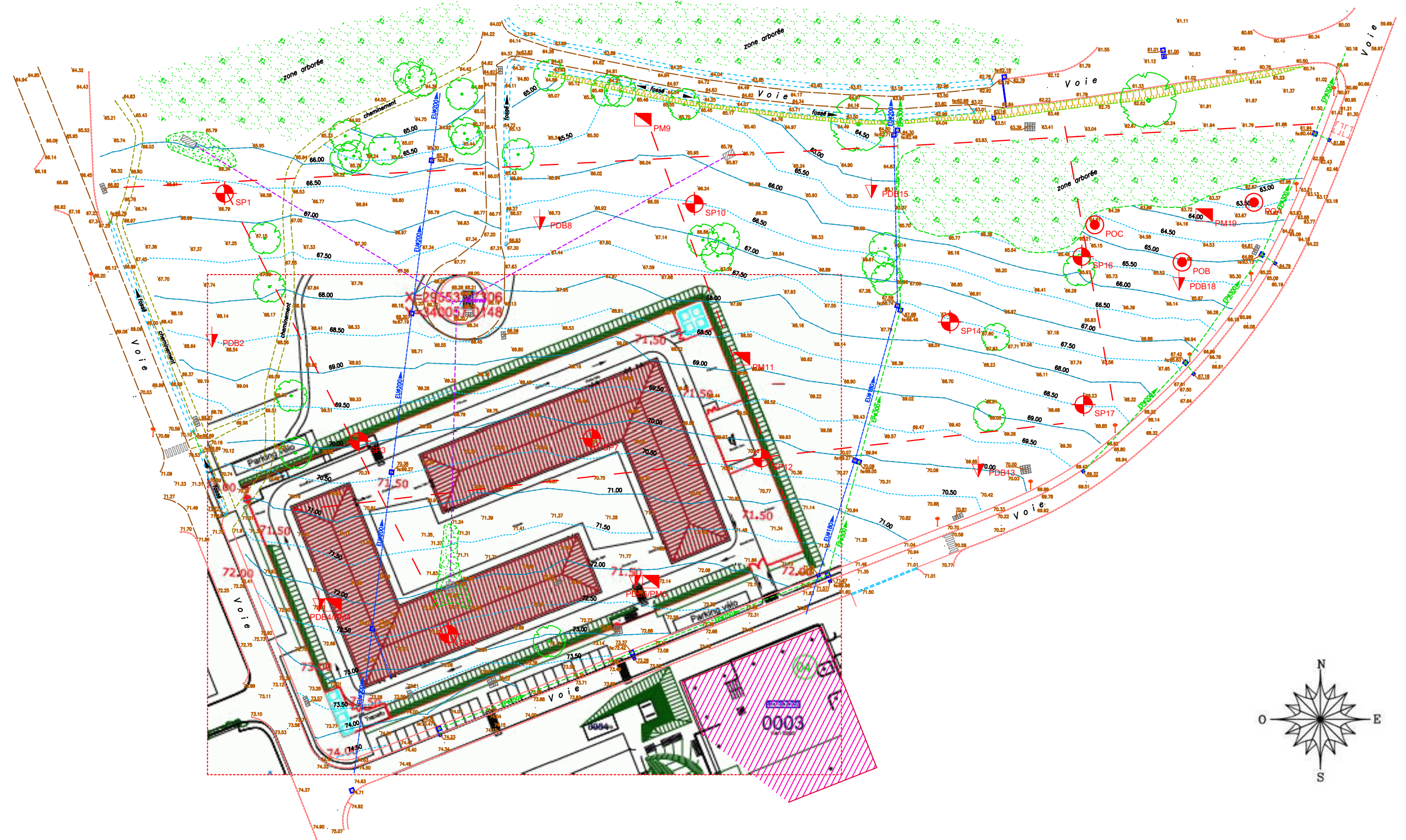
Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique

<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)

<p>ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)</p> <p>ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)</p> <p>Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives :</p> <p><u>Phase Étude</u></p> <ul style="list-style-type: none"> — Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — 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. <p><u>Phase Suivi</u></p> <ul style="list-style-type: none"> — Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase 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) <p>SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)</p> <p>Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :</p> <p><u>Phase Supervision de l'étude d'exécution</u></p> <ul style="list-style-type: none"> — Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils. <p><u>Phase Supervision du suivi d'exécution</u></p> <ul style="list-style-type: none"> — Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3). — donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO. <p>DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)</p> <p>Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — 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



Légende :

-  Sondage pressiométrique
-  Essai au pénétromètre dynamique lourd
-  Fouille à la minipelle
-  Essai d'infiltration de type Porchet
-  Profil de mesure géophysique (sismique réfraction)

BRUZ (35) - Construction de deux bâtiments techniques Plan d'implantation des sondages - Plan topographique

Dossier : OVA2.J5001-002

Dates d'intervention :
Février 2020

Echelle : 1/1000 (format A3)

Dessinateur : EBE/IRO



Agence de Rennes
ZA Beauséjour
35520 LA MEZIERE
02.99.27.51.10
cebt.rennes@groupeginger.com

ANNEXE 3 – COUPES DES SONDAGES ET ESSAIS IN SITU

- **Sondages semi-destructifs à la tarière continue :**

- coupe des sols,
- formations lithologiques correspondantes,
- 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^*

- **Essais au pénétromètre dynamique lourd de type DPSH-B :**

- diagramme donnant la résistance dynamique q_d en fonction de la profondeur, calculée selon la formule des Hollandais,
- éventuel niveau d'eau en fin de sondage.

- **Puits de reconnaissance au tractopelle :**

- coupe détaillée des sols,
- tenue des fouilles,
- venue d'eau éventuelle,
- photographies de la fouille et des sols extraits.

- **Sondages destructifs :**

- coupe approximatives des sols,
- formations lithologiques correspondantes,
- 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).

Dossier : OVA2.J5001-002

Chantier : BRUZ (35) - DGA-MI / Bâtiment tertiaire

Client : ESID de Rennes

Echelle : 1/50°

Machine : M244

X : 1 346 131.3 CC48

Y : 7 209 591.6 CC48

Altitude : 69.8 m NGF

Date de forage : 17/02/2020

Profondeur du forage : 8.00 m

Cote (m)	Profondeur (m)	Outil	Equipement	Niveau d'eau (m)	Lithologie		Etage	Pf* (MPa) Pi* (MPa)					Module pressiométrique EM (MPa)			E/Pi*					
69.6	0	Tarière Ø 63 mm		1.9 m Niveau d'eau en fin de sondage	Terre végétale	0.2 m		0	1	2	3	4	5	1	10	100					
69.0	0.8 m				Limon marron, humide																
68	1																				
	2																				
67	3																				
66	4																				
65	5																				
64	6																				
63	7																				
62	8	8.0 m		4.6 m Venue d'eau en cours de forage	Schiste très peu altéré à sain, rouge	8.0 m															
61.8																					
61	9																				

324.6

> 4.91

> 4.91

> 4.92

> 4.92

> 4.91

> 4.91

> 4.91

> 4.91

> 4.90

> 4.90

> 4.91

> 4.91

> 500.0

> 500.0

> 500.0

> 500.0

> 500.0

< 66.2

> 101.6

> 101.8

> 101.8

> 102.0

> 101.9

Patrice JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutz.sa.fr

Observations : Arrêt volontaire

EXGTE 3.22

Dossier : **OVA2.J5001-002**
 Chantier : **BRUZ (35) - DGA-MI / Bâtiment tertiaire**

Client : **ESID de Rennes**

X : **1 346 121.2 CC48**

Echelle : **1/20**



Y : **7 209 551.9 CC48**

Date forage : **21/02/2020**

Machine : **Mini-pelle + LVA**

Altitude : **72.0 m NGF**

Profondeur du forage : **1.4 m**

Cote (m)	Profondeur (m)	Niveau d'eau	Lithologie	Classe GTR	Images
72	0		Terre végétale / remblais : Limon marron grisâtre, contenant quelques cailloux divers, gorgée d'eau en surface (Dmax 15 cm)		
71.6	0.4				
			Limon panaché orangé ocre et gris, à nombreux cailloux de schiste (Dmax 20 cm)		
71.0	1.0				
70.6	1.4		Schiste gris violacé se débitant en cailloux non friables dans une matrice limoneuse brun orangé à gris (Dmax 25 cm) Terrassement difficile. Refus. Tenue moyenne des parois.		
70	2				
69	3				
68	4				

Observations : Refus à 1.4 m/TA.
 Suintement d'eau depuis la terre végétale.

Dossier : **OVA2.J5001-002**

Chantier : **BRUZ (35) - DGA-MI / Bâtiment tertiaire**

Client : **ESID de Rennes**

Echelle : **1/50°**

Machine : **M655**

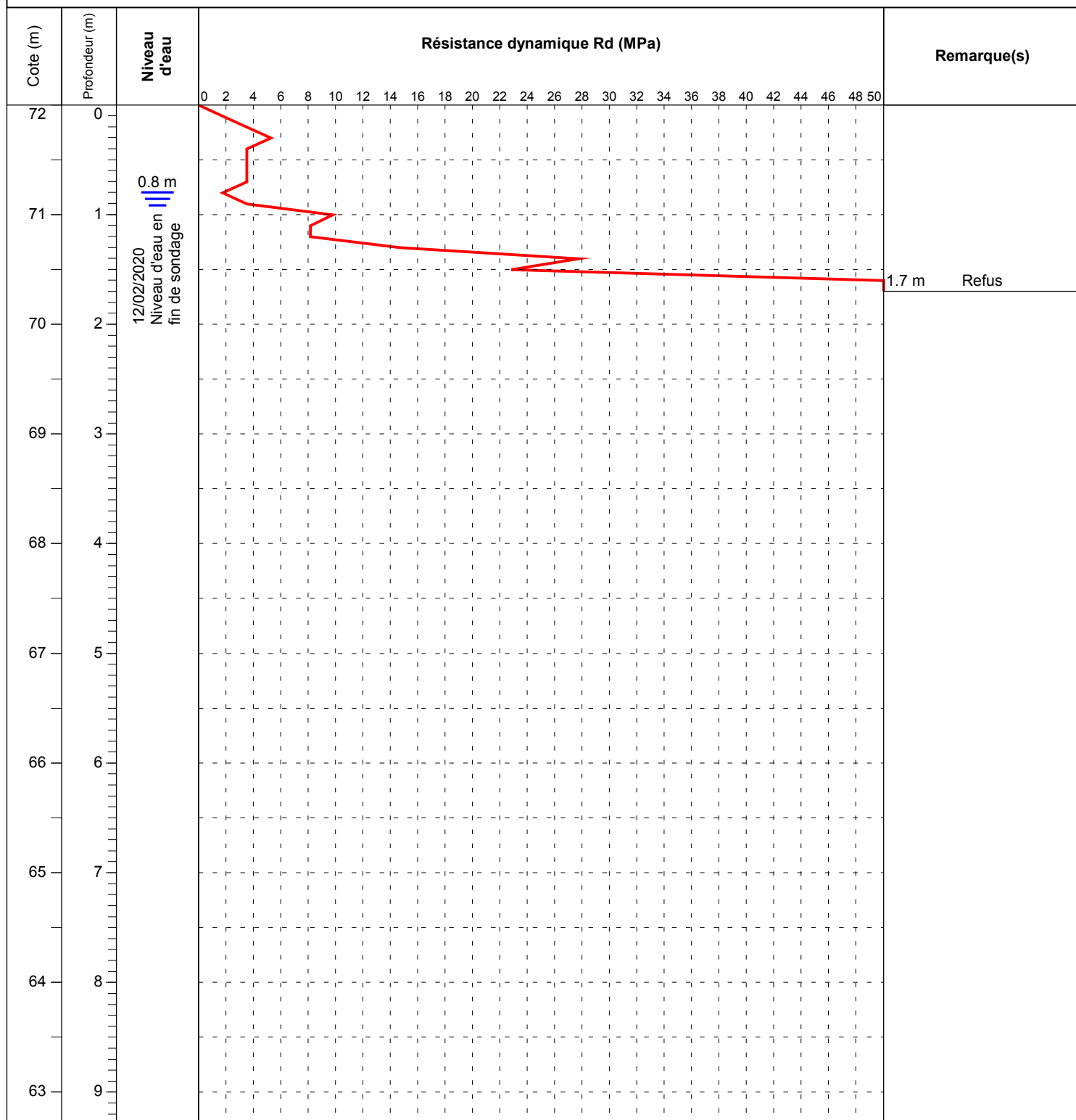
X : **1 346 121.2 CC48**

Y : **7 209 551.9 CC48**

Altitude : **72 m NGF**

Date de forage : **12/02/2020**

Profondeur du forage : **1.70 m**



Observations :

EXGTE 3.22

Dossier : OVA2.J5001-002

Chantier : BRUZ (35) - DGA-MI / Bâtiment tertiaire

Cliant : ESID de Rennes

X : 1 346 153.8 CC48

Echelle : 1/50°

Y : 7 209 543.0 CC48

Date de forage : 17/02/2020

Machine : M244

Altitude : 72.6 m NGF

Profondeur du forage : 8.00 m

Cote (m)	Profondeur (m)	Outil	Equipement	Niveau d'eau (m)	Lithologie		Etage	Pf* (MPa) PI* (MPa)					Module pressiométrique EM (MPa)			E/PI*					
								0	1	2	3	4	5	1	10	100					
72.4	0	Tarière Ø 63 mm	Piézomètre : tube PVC Ø 45/50 mm, plein jusqu'à 1,0 m puis crépiné Protection par capot métallique cadenassé (hauteur hors sol : 0,3 m)	Niveau d'eau en fin de sondage 1.7 m		Terre végétale															
72.1						0.2 m															
72						0.5 m															
	1								Schiste très peu altéré à sain, rouge						> 4.91	> 4.91		> 500.0		> 101.9	
	2														> 4.92	> 4.92		> 500.0		> 101.7	
	3														> 4.91	> 4.91		> 500.0		> 101.8	
	4														> 4.91	> 4.91		> 500.0		> 101.9	
	5																				
	6															> 4.91	> 4.91		> 500.0		> 101.9
	7															> 4.90	> 4.90		> 500.0		> 102.0
64.6	8	8.0 m	8.0 m																		
	9																				



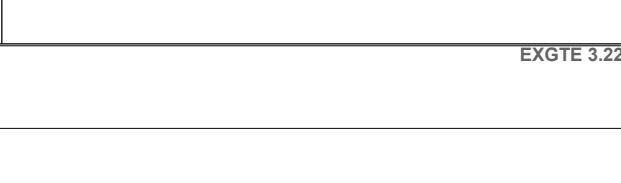
Observations : Arrêt volontaire

EXGTE 3.22

Dossier : **OVA2.J5001-002**
 Chantier : **BRUZ (35) - DGA-MI / Bâtiment tertiaire**

Client : **ESID de Rennes**
 Echelle : **1/20**
 Machine : **Mini-pelle + LVA**

X : **1 346 200.8 CC48**
 Y : **7 209 557.8 CC48** Date forage : **21/02/2020**
 Altitude : **72.1 m NGF** Profondeur du forage : **1.4 m**

Cote (m)	Profondeur (m)	Niveau d'eau	Lithologie	Classe GTR	Images
72	0		Terre végétale / remblais : Limon marron grisâtre, contenant quelques cailloux divers, gorgé d'eau en surface		
71.7	0.4 m				
			Limon finement sableux, jaune orangé, contenant d'assez nombreux cailloux de schiste non friables (Dmax 8 cm)		
71.1	1				
71	1.1 m				
			Schiste altéré, violacé se débitant en cailloux non friables dans une matrice limoneuse à sableuse fine, brun à grisâtre (Dmax 20 cm) Terrassement difficile. Refus.		
70.7	1.4 m				
					
	2				
70					
	3				
69					
	4				

Observations : Refus à 1.2 m/TA.

Dossier : **OVA2.J5001-002**

Chantier : **BRUZ (35) - DGA-MI / Bâtiment tertiaire**

Client : **ESID de Rennes**

Echelle : **1/50°**

Machine : **M655**

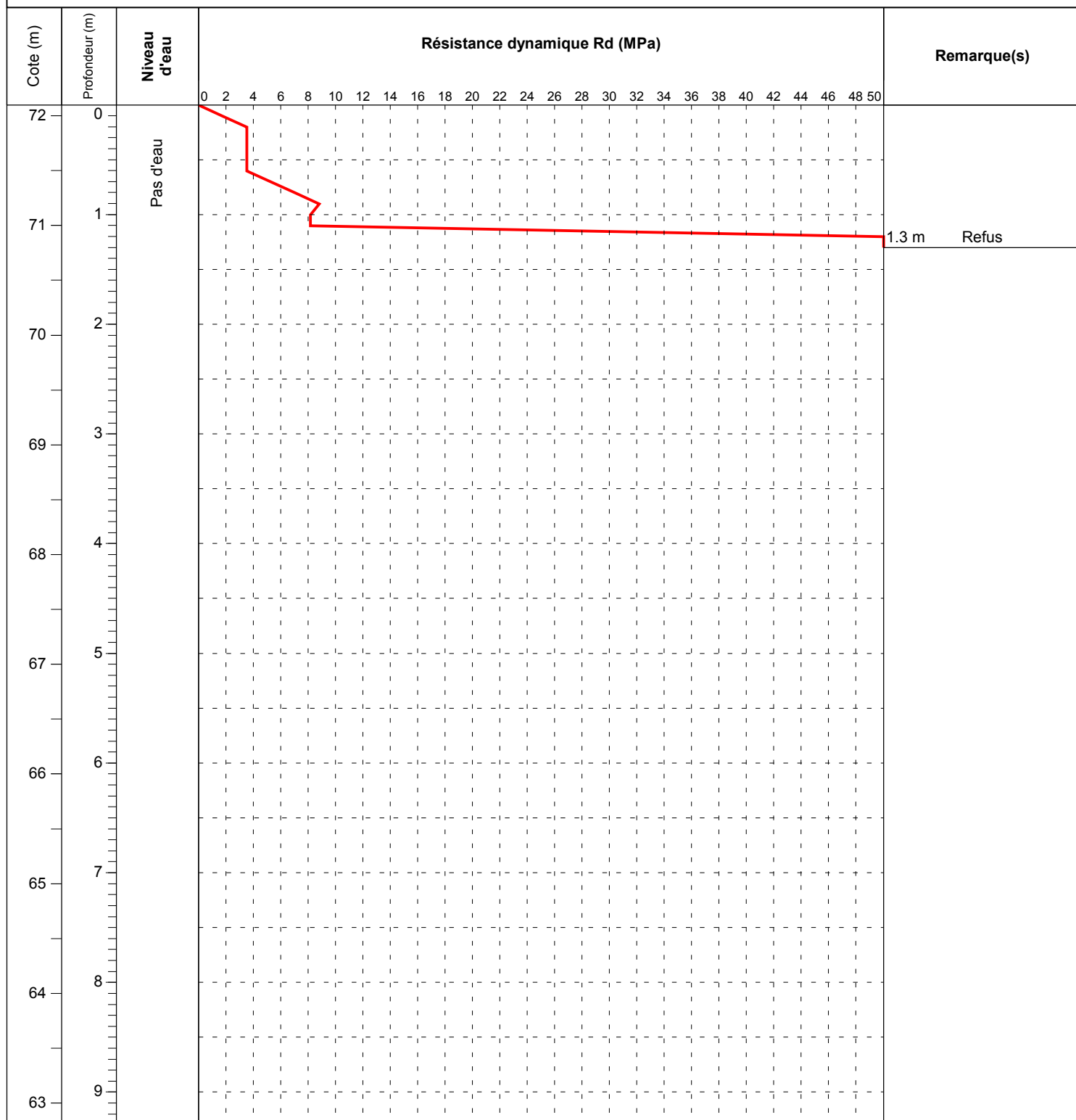
X : **1 346 200.8 CC48**

Y : **7 209 557.8 CC48**

Altitude : **72.1 m NGF**

Date de forage : **12/02/2020**

Profondeur du forage : **1.30 m**



Observations :

EXGTE 3.22

Dossier : OVA2.J5001-002

Chantier : BRUZ (35) - DGA-MI / Bâtiment tertiaire

Client : ESID de Rennes

X : 1 346 190.0 CC48

Echelle : 1/50°

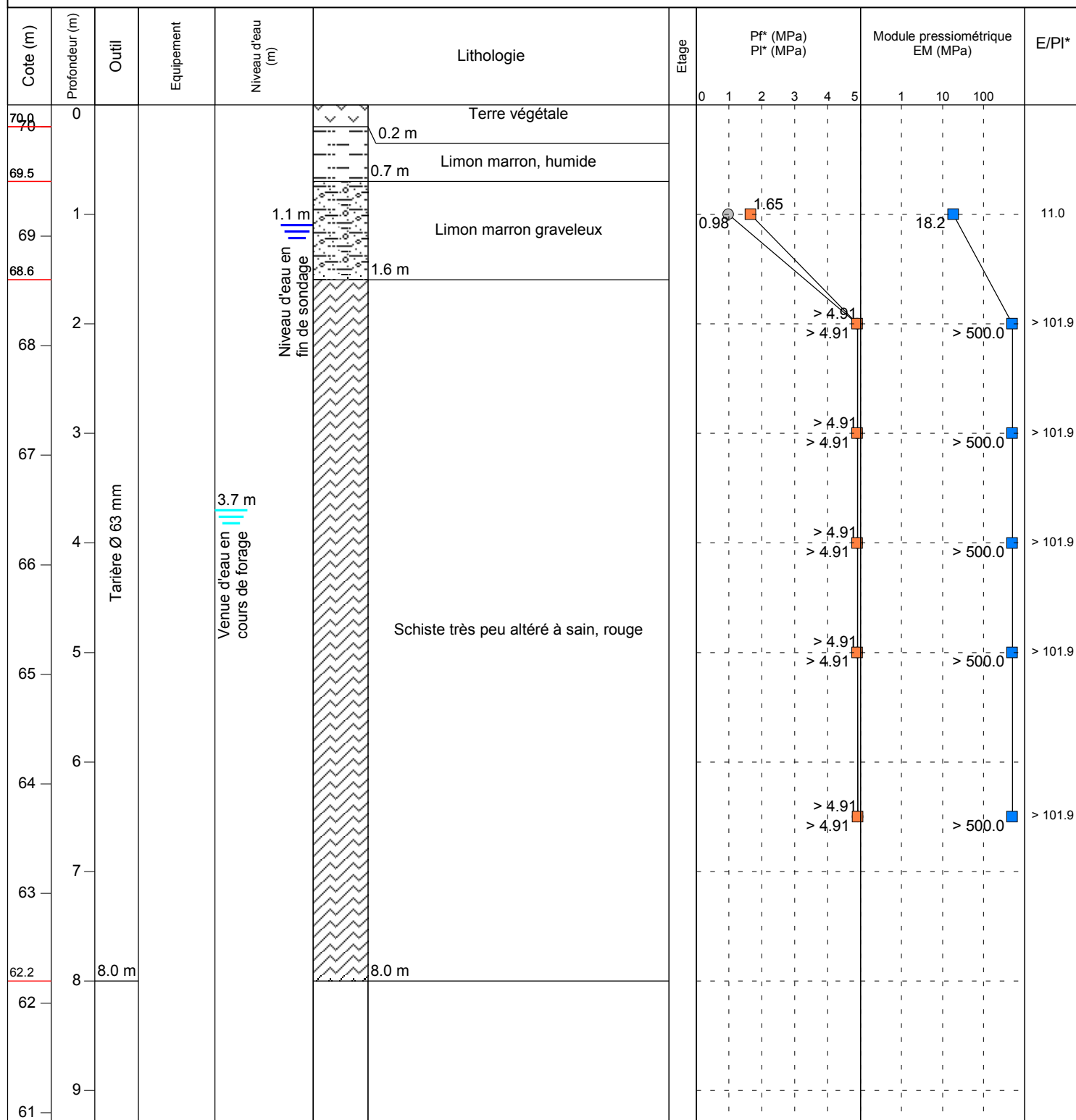
Y : 7 209 592.3 CC48

Date de forage : 18/02/2020

Machine : M244

Altitude : 70.2 m NGF

Profondeur du forage : 8.00 m



Observations : Arrêt volontaire

Dossier : **OVA2.J5001-002**
 Chantier : **BRUZ (35) - DGA-MI / Bâtiment tertiaire**

Client : **ESID de Rennes**
 Echelle : **1/20**
 Machine : **Mini-pelle + LVA**

X : **1 346 227.7 CC48**
 Y : **7 209 612.4 CC48**
 Altitude : **68.8 m NGF**
 Date forage : **21/02/2020**
 Profondeur du forage : **1.0 m**

Cote (m)	Profondeur (m)	Niveau d'eau	Lithologie	Classe GTR	Images
68.4	0		Terre végétale limoneuse, marron gorgée d'eau en surface.		
68.0	0.4 m		Limon légèrement argileux, à nombreux cailloux de schiste difficilement à non friables, brun à gris, humide (Dmax 12 cm)		
67.8	0.8 m		Schiste altéré se débitant en cailloux non friables dans une matrice limoneuse brun gris, localement blanchâtre (Dmax 15cm)		
	1.0 m	Niveau en fin de sondage	Terrassement difficile, Refus.		
67	2				
66	3				
65	4				

Observations : Refus à 1.0 m/TA.
 Venue d'eau en fond de fouille.

Dossier : OVA2.J5001-002

Chantier : BRUZ (35) - DGA-MI / Bâtiment tertiaire

Client : ESID de Rennes

Echelle : 1/50°

Machine : M244

X : 1 346 232.7 CC48

Y : 7 209 587.3 CC48

Altitude : 70.3 m NGF

Date de forage : 19/02/2020

Profondeur du forage : 8.00 m

Cote (m)	Profondeur (m)	Outil	Equipement	Niveau d'eau (m)	Lithologie		Etage	Pf* (MPa) PI* (MPa)					Module pressiométrique EM (MPa)			E/PI*		
70.1	0	Tarière Ø 63 mm		2.2 m Niveau d'eau en fin de sondage	Terre végétale		0	1	2	3	4	5	1	10	100			
70					0.2 m													
69.5					0.8 m													
69	1																	
68	2																	
67	3																	
66	4																	
65	5																	
64	6																	
63	7																	
62.3	8	8.0 m			Schiste très peu altéré à sain, rouge													
62	9																	

Observations : Arrêt volontaire

EXGTE 3.22

ANNEXE 4 –SISMIQUE REFRACTION - RAPPORT GEOSCOPIQUE

Région Bretagne
Département d'Ille-et-Vilaine

Commune de Bruz
Construction d'un bâtiment
tertiaire Bruz-Site DGA-MI –
(La Roche Marguerite)
SISMIQUE RÉFRACTION

Pour le compte de :



GEO SCOP NANTES

(siège social)
15 rue du meunier
44880 SAUTRON
02 40 63 63 51
geoscop@geoscop.com
www.geoscop.com



GEO SCOP BREST

48 bd Gambetta
29200 BREST
02 40 63 63 51
geoscop@geoscop.com
www.geoscop.com



GEOAQUITAINE

12 av. Fernand Pilot
33133 GALGON
05 57 84 36 09
geoaquitaine@wanadoo.fr
www.geoaquitaine.com

Mars 2020

TABLE DES MATIERES

1.	contexte	1
1.1	Généralité	1
1.2	Situation générale du projet	1
1.3	Documents communiqués	2
1.4	Contexte géologique	2
1.5	Description de l'avant-projet	3
1.6	Mission de GEOSCOPI	3
2.	Investigations géophysiques par sismique réfraction	4
2.1	Présentation de la méthode	4
2.1.1	Principe	4
2.1.2	Prise de mesure	5
2.1.3	Traitement et calcul d'un modèle de vitesse	5
2.2	Travaux réalisés	6
2.2.1	Matériel	6
2.2.2	Dispositifs réalisés	6
2.2.3	Traitement et inversion des mesures	7
2.2.3.1	Pointage des arrivées	7
2.2.3.2	Topographie	7
2.2.3.3	Calcul du modèle de vitesse	7
3.	Synthèse des investigations	8
3.1	Première approche du modèle de vitesse	8
3.1.1	Lithologie reconnue par les sondages de Ginger CEBTP	8
3.2	Modèle de vitesse	9
3.3	Relation lithologie-vitesse-rippabilité.	9
4.	Annexe	11

TABLES DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 Carte de localisation du projet.	1
Figure 2 : Plan de situation de la surface investiguée.	2
Figure 3 Extrait de la carte géologique du BRGM 1/50000.	3
Figure 4 Propagation des ondes réfractées dans le cas d'un terrain à 3 couches. (b) Dromochronique le long d'un dispositif de 20 géophones.	4
Figure 5 a) Enregistrement par les 24 géophones d'un tir réalisé à une distance de 27.5 m. b) Courbes correspondants au pointage des premières arrivées (ondes P) exploitées en réfraction. c) Modèle de terrain.	5
Figure 6 Smartseis de Geometrics.	6
Tableau 1 Dispositifs sismiques.	6
Tableau 2 Profils sismiques /Sondages Ginger CEBTP.	8
Tableau 3 Relation lithologie-vitesse-rippabilité.	9
Tableau 4 Fichiers *.dat correspondants aux enregistrements des tirs.	11
Tableau 5 Fichiers topographiques.	13

1. CONTEXTE

1.1 Généralité

À la demande de GINGER CEBTP, le service géophysique appliquée de la société GEOSCOPI a réalisé le 12/02/2020 des investigations par la technique de la sismique réfraction sur le site DGA-MI (La Roche Marguerite) dans le cadre de la construction d'un bâtiment tertiaire.

Ces investigations ont été réalisées conformément au bon de commande N°OVA2. K.0106 datant du 13/02/2020.

1.2 Situation générale du projet

Le projet se situe dans la commune de Bruz sur le site DGA-MI (La Roche Marguerite). La surface investiguée est d'une superficie d'environ 25000 m².

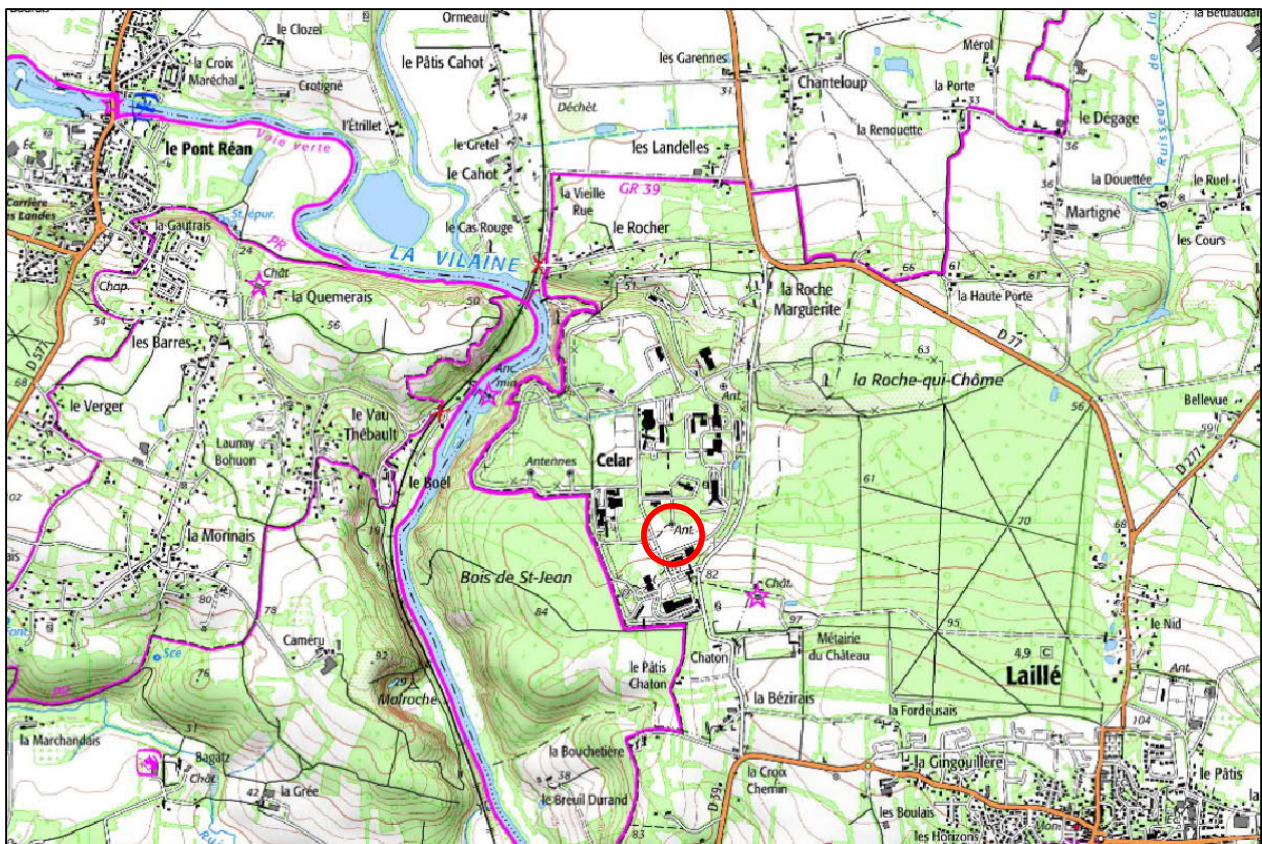


Figure 1 Carte de localisation du projet.

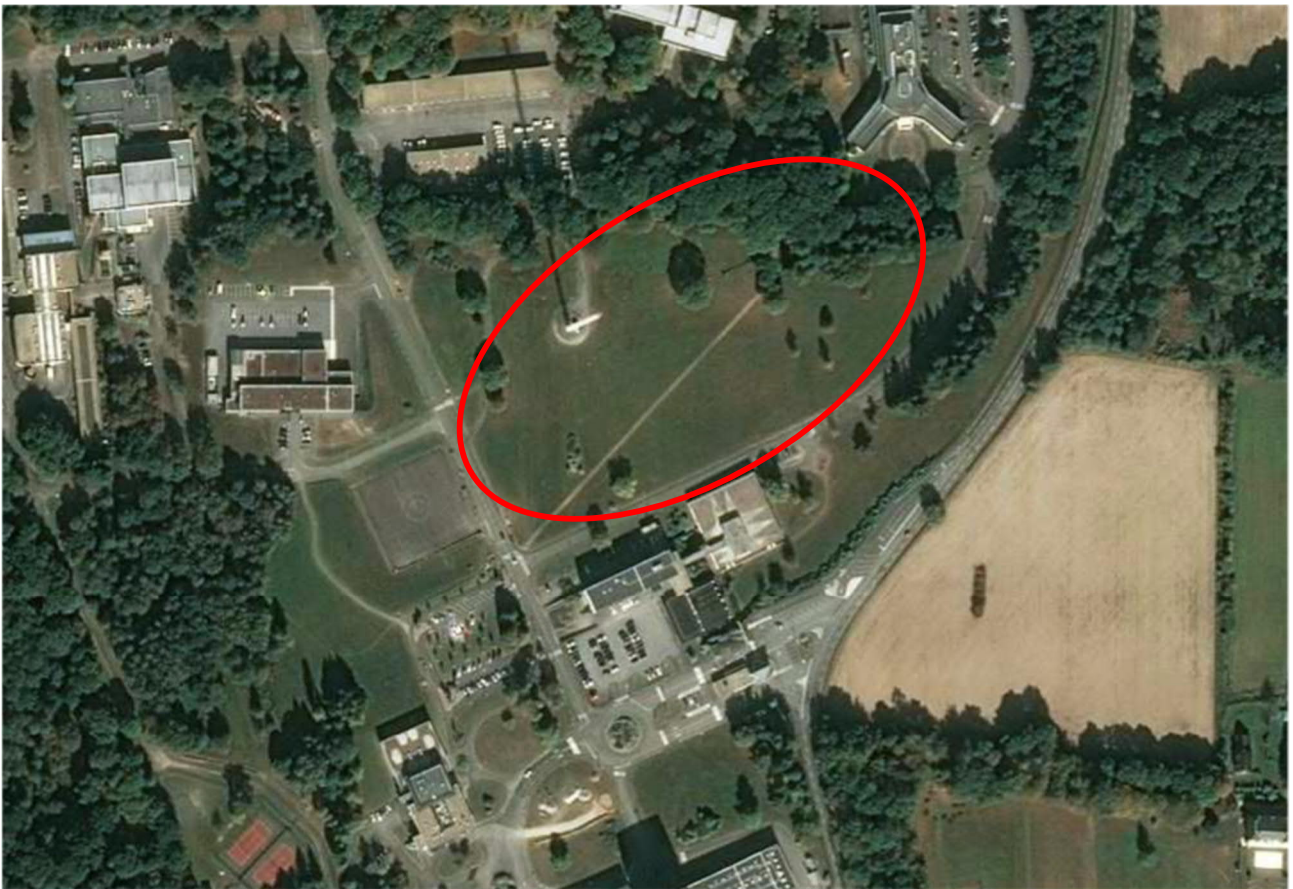


Figure 2 : Plan de situation de la surface investiguée.

1.3 Documents communiqués

- implBRUZ.dwg,
- implBRUZ.bak,
- Minutes-pelles-21-02-2020.pdf,
- RocheM-PDB_20200228141730.pdf,
- RocheM-SP_20200228141820.pdf,
- implprévBRUZ.pdf,
- RocheM-SP_20200228141820.pdf.

1.4 Contexte géologique

D'après la carte géologique 1/50000 Feuille N°353 - JANZE, le projet est entièrement situé dans des Formation de Pont-Réan. Il s'agit de siltstones micacés pourpres, massives, parfois à structure œillée associée à des bioturbations, débitées grossièrement par une schistosité de fracture.

Sur le terrain, ce substratum schisteux sub-affleurant et peu altéré superciellement, est recouvert par des limons légèrement argileux à cailloux de schiste.



Figure 3 Extrait de la carte géologique du BRGM 1/50000.

1.5 Description de l'avant-projet

La présente étude a pour objectif de déterminer un modèle de vitesse sismique des terrains permettant notamment d'évaluer leur rippabilité.

1.6 Mission de GEOSCOPE

GEOSCOPE a été missionnée par GINGER CEBTP selon le devis du 11/12/2019 pour la réalisation d'investigations par la méthode de la sismique réfraction.

2. INVESTIGATIONS GEOPHYSIQUES PAR SISMIQUE REFRACTION

2.1 Présentation de la méthode

2.1.1 Principe

La sismique réfraction est basée sur la mesure des temps de propagation d'ondes de compression (ondes longitudinales) le long des interfaces délimitant des terrains différents. Les ondes sont émises par une source (choc, explosion) et recueillies par plusieurs géophones.

A partir d'une série de mesures du temps de propagation correspondant à des distances croissantes entre émetteur et récepteur (dromochronique), les lois de la réfraction permettent de calculer l'épaisseur de différentes couches de terrain et la vitesse de propagation des ondes dans chacune d'elles à condition que la vitesse croisse avec la profondeur.

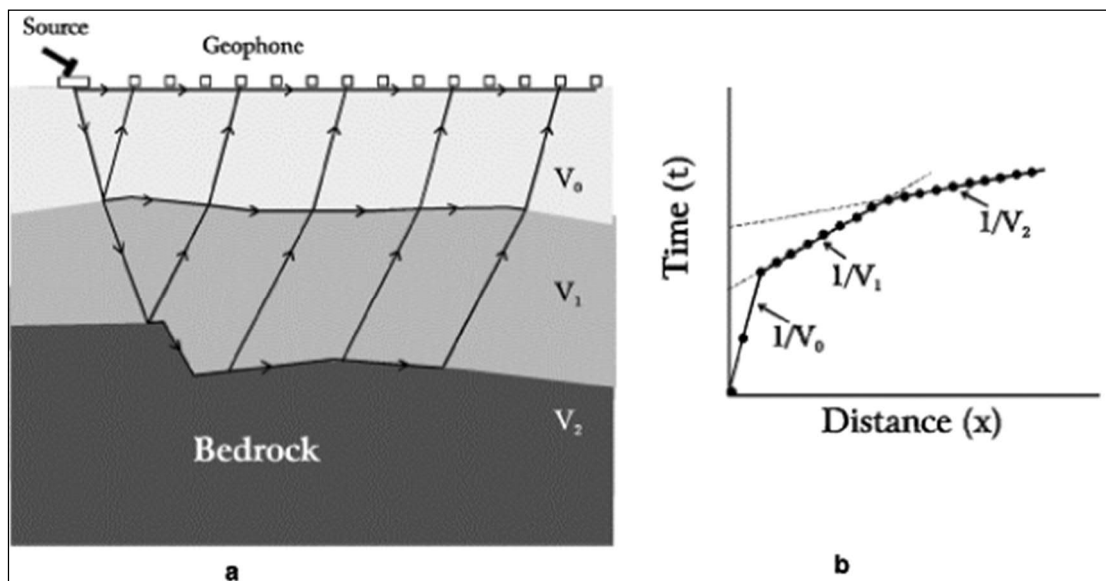


Figure 4 Propagation des ondes réfractées dans le cas d'un terrain à 3 couches. (b) Dromochronique le long d'un dispositif de 20 géophones.

2.1.2 Prise de mesure

Comme le montre la figure 1, le dispositif de mesure consiste en une série de géophones alignés et connectés à une centrale d'acquisition multivoies. En fonction de la nature du terrain et de la profondeur à atteindre, on peut utiliser des sources plus ou moins puissantes, allant de la percussion d'une masse sur une plaque posée au sol, à l'utilisation d'une source PEG-40. A chaque « tir » de la source, on obtient un enregistrement.

Pour chaque dispositif, on va réaliser suivant les possibilités qu'offre le terrain et taille du dispositif, 3 à 8 tirs :

- 3 tirs dits en « offset » déportés du dispositif,
- 3 tirs en « bout » aux extrémités du dispositif,
- 1 à 3 tirs dans le dispositif, à 1/3, 1/2 et 2/3 de la longueur.

2.1.3 Traitement et calcul d'un modèle de vitesse

- Pointés des premières arrivées sur l'enregistrement de chaque tir sismique (voir figure 5 a).
- Assemblage des courbes de pointage (en rouge sur a) pour en faire une dromochronique (b).
- Intégration de la topographie puis calcul d'un modèle de vitesse par inversion (figure 5 c). Il s'agit par itérations successives d'un code de calcul, de trouver un modèle de vitesse « expliquant » les temps d'arrivée des ondes P à chaque géophone. Ensuite le travail d'interprétation consiste à trouver un modèle multicouche correspondant le mieux à la géologie locale et aux terrains rencontrés par sondages de reconnaissances.

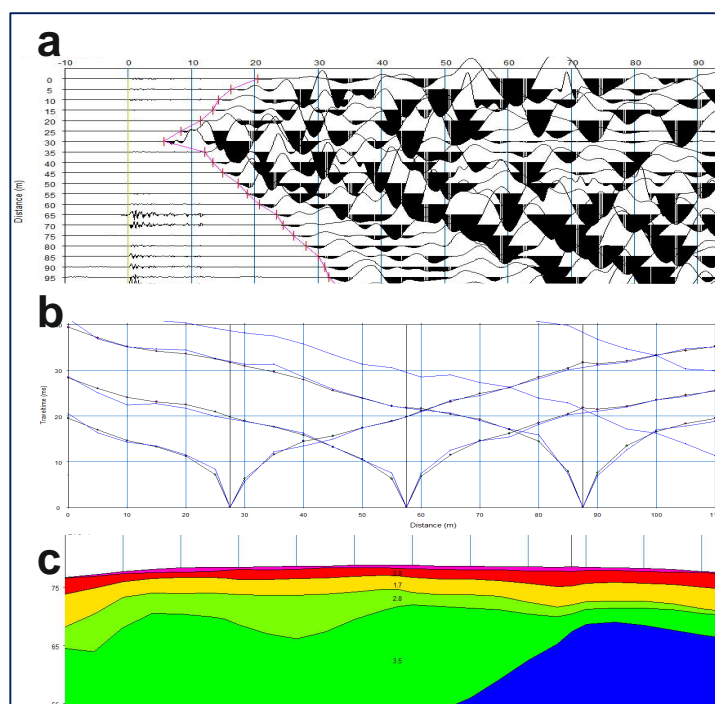


Figure 5 a) Enregistrement par les 24 géophones d'un tir réalisé à une distance de 27.5 m. b) Courbes correspondants au pointage des premières arrivées (ondes P) exploitées en réfraction. c) Modèle de terrain.

2.2 Travaux réalisés

2.2.1 Matériel

Nous avons mis en œuvre un système 24 voies Smartseis de Geometrics connecté à une source sismique masse de 8kg. Nous avons parfois sommé les mesures en réalisant de 1 à 5 coups de masse par position de tir, afin si besoin d'améliorer le rapport signal/bruit.



Figure 6 Smartseis de Geometrics.

2.2.2 Dispositifs réalisés

Les mesures ont été prises le 06/02/2020. Au total, 5 dispositifs sismiques avec un espacement inter-géophone de 5 m ont été réalisés :

Tableau 1 Dispositifs sismiques.

Profil	Nbre de dispositif/profil		Longueur du profil (ml)	Source
P1	3	-2 dispositifs de 24 traces + -1 dispositif de 12 traces	295 ml	Masse de 8Kg
P2	1	-1 dispositif de 16 traces	75 ml	
P3	2	-1 dispositif de 24 traces + -1 dispositif de 16 traces	195 ml	

P4	1	-1 dispositif de 24 traces	115 ml	
P5	1	-1 dispositif de 23 traces	110 ml	

Pour les profils à plusieurs dispositifs, l'espacement inter-dispositif est égal à 5m.

Leurs positions sont reportées sur les plans fournis en annexe.

Les fichiers *.dat correspondent aux enregistrements des tirs, les fichiers *.vs aux pointés et dromochroniques inversés et les fichiers topographiques sont également fournis en annexe.

2.2.3 Traitement et inversion des mesures

2.2.3.1 Pointage des arrivées

Le pointé des premières arrivées a été fait manuellement grâce aux logiciels PICKWIN.

2.2.3.2 Topographie

Nous avons acquis et intégré les données topographiques de chaque dispositif dans le calcul des modèles de vitesse.

2.2.3.3 Calcul du model de vitesse

L'obtention du modèle multicouche a été fait sous Seisimager en :

- Vérifiant la réciprocité des pointés.
- Déterminant la vitesse du substratum (« vitesse de fond ») par la méthode des délais.
- Détermination visuelle du nombre de couche.
- Evaluation de la vitesse de chaque couche.
- Calcul d'inversion. Il s'agit par itérations successives d'un code de calcul, de trouver un modèle de vitesse « expliquant » les temps d'arrivée des ondes P à chaque géophone. Ensuite le travail d'interprétation consiste à trouver un modèle multicouche correspondant le mieux à la géologie locale et aux terrains rencontrés par les sondages de reconnaissance.

3. SYNTHESE DES INVESTIGATIONS

3.1 Première approche du modèle de vitesse

3.1.1 Lithologie reconnue par les sondages de Ginger CEBTP

Globalement les sondages destructifs réalisés par Ginger CEBTP mettent en évidence une couverture limoneuse légèrement argileuse à cailloux de schiste recouvrant un substratum schisteux très peu altéré à sain (Tableau 2).

Tableau 2 Profils sismiques /Sondages Ginger CEBTP.

Profil	Sondages Ginger CEBTP	Profondeur (m)	Lithologie
P1	SP1	0.0m - 0.8m	Terre végétale/limon± graveleux
		0.8m - 8.0m	Schiste très peu altéré à sain
P2	SP16	0.0m - 0.6m	Terre végétale/limon± graveleux
		0.6m - 8.0m	Schiste très peu altéré à sain
P3	SP12	0.0 m- 0.8m	Terre végétale/Limon± graveleux
		0.8m - 8.0m	Schiste très peu altéré à sain
P4	SP3	0.0m - 0.8m	Terre végétale/limon± graveleux
		0.8m - 8.0m	Schiste très peu altéré à sain
P5	SP10	0.0m - 0.7m	Terre végétale/limon± graveleux
		0.7m - 8.0m	Schiste très peu altéré à sain

Les profondeurs sont données par rapport au TN.

Les sondages sont fournis en annexe.

3.2 Modèle de vitesse

Pour chaque dispositif, nous avons déterminé un modèle de vitesse. Ils sont fournis en annexe. L'incertitude sur les vitesses et les profondeurs de couche est d'environ 10%.

3.3 Relation lithologie-vitesse-rippabilité.

D'après la synthèse «application à la mécanique des roches aux terrassements rocheux » (Darcy, 1970), on peut faire la corrélation suivante, l'engin de référence étant le Caterpillar D8 de 238CV.

Tableau 3 Relation lithologie-vitesse-rippabilité.

Profil	Vitesse d'onde de compression (m/s)	Lithologie	Rippabilité au D8 238CV	Remarque/sondages
1	450m/s	Limon légèrement argileux à cailloux de schiste	Rippable	-SP1, SP10, PM9 -PM9 : Refus à 1m/TA
	2500 m/s	Schiste très peu altéré	Non rippable, mise en œuvre de moyens de déroctage spécifiques	
	4100 m/s	Schiste sain	Non rippable, mise en œuvre de moyens de déroctage spécifiques pour roche très dure (minage, ...)	

Profil	Vitesse d'onde de compression (m/s)	Lithologie	Rippabilité au D8 238CV	Remarque/sondages
2	450m/s	Limon légèrement argileux à cailloux de schiste	Rippable	SP16, SP17
	2500 m/s	Schiste très peu altéré	Non rippable, mise en œuvre de moyens de déroctage spécifiques	
	4100 m/s	Schiste sain	Non rippable, mise en œuvre de moyens de déroctage spécifiques pour roche très dure (minage, ...)	

Profil	Vitesse d'onde de compression (m/s)	Lithologie	Rippabilité au D8 238CV	Remarque/sondages
3	450m/s	Limon légèrement argileux à cailloux de schiste	Rippable	SP12
	2500 m/s	Schiste très peu altéré	Non rippable, mise en œuvre de moyens de déroctage spécifiques	
	4100 m/s	Schiste sain	Non rippable, mise en œuvre de moyens de déroctage spécifiques pour roche très dure (minage, ...)	

Profil	Vitesse d'onde de compression (m/s)	Lithologie	Rippabilité au D8 238CV	Remarque/sondages
4	450m/s	Limon légèrement argileux à cailloux de schiste	Rippable	SP1, SP3, PM4
	2500 m/s	Schiste très peu altéré	Non rippable, mise en œuvre de moyens de déroctage spécifiques	
	4100 m/s	Schiste sain	Non rippable, mise en œuvre de moyens de déroctage spécifiques pour roche très dure (minage, ...)	

Profil	Vitesse d'onde de compression (m/s)	Lithologie	Rippabilité au D8 238CV	Remarque/sondages
5	450m/s	Limon légèrement argileux à cailloux de schiste limoneux	Rippable	-SP10, SP12, PM11, PM9. -PM11 : Refus à 1 m/TA.
	2500 m/s	Schiste très peu altéré	Non rippable, mise en œuvre de moyens de déroctage spécifiques	
	4100 m/s	Schiste sain	Non rippable, mise en œuvre de moyens de déroctage spécifiques pour roche très dure (minage, ...)	

4. ANNEXE

Tableau 4 Fichiers *.dat correspondants aux enregistrements des tirs.

Profil	Fichier dat	Position Source	Position 1 ^{er} géophone (m)	Position dernier géophone (m)	Espacement inter-géophone(m)	Nbre de géophone
P1	1041.DAT	-10	0	115	5	24
	1042.DAT	-2.5	0	115	5	24
	1043.DAT	27.5	0	115	5	24
	1044.DAT	57.5	0	115	5	24
	1045.DAT	82.5	0	115	5	24
	1046.DAT	117.5	0	115	5	24
	1047.DAT	125	0	115	5	24
	1048.DAT	110	120	235	5	24
	1049.DAT	117.5	120	235	5	24
	1050.DAT	147.5	120	235	5	24
	1051.DAT	177.5	120	235	5	24
	1052.DAT	202.5	120	235	5	24
	1053.DAT	237.5	120	235	5	24
	1054.DAT	243	120	235	5	24
	1055.DAT	230	240	295	5	12

	1056.DAT	237.5	240	295	5	12
	1057.DAT	297.5	240	295	5	12
	1058.DAT	305	240	295	5	12
P2	1059.DAT	-9	0	75	5	16
	1060.DAT	-2.5	0	75	5	16
	1061.DAT	57.5	0	75	5	16
	1062.DAT	77.5	0	75	5	16
	1063.DAT	85	0	75	5	16
P3	1064.DAT	-10	0	115	5	24
	1065.DAT	-2.5	0	115	5	24
	1066.DAT	57.5	0	115	5	24
	1067.DAT	117.5	0	115	5	24
	1068.DAT	125	0	115	5	24
	1069.DAT	110	120	195	5	16
	1070.DAT	117.5	120	195	5	16
	1071.DAT	177.5	120	195	5	16
	1072.DAT	197.5	120	195	5	16
	1073.DAT	207	120	195	5	16
P4	1074.DAT	-10	0	115	5	24
	1075.DAT	-2.5	0	115	5	24
	1076.DAT	27.5	0	115	5	24
	1077.DAT	57.5	0	115	5	24
	1078.DAT	87.5	0	115	5	24
	1079.DAT	117.5	0	115	5	24
	1080.DAT	125	0	115	5	24
P5	1081.DAT	-10	0	110	5	23
	1082.DAT	-2.5	0	110	5	23
	1083.DAT	57.5	0	110	5	23
	1084.DAT	82.5	0	110	5	23
	1085.DAT	112.5	0	110	5	23
	1086.DAT	112.5	0	110	5	23
	1087.DAT	120	0	110	5	23

Tableau 5 Fichiers topographiques.

P1		P2		P3		P4		P5	
X (m)	Z(m)	X (m)	Z(m)	X (m)	Z(m)	X (m)	Z(m)	X (m)	Z(m)
-10	66.857	-9	63.4201	-10	69.3	-10	66.367	-10	65.697
-2.5	66.7592	-2.5	63.52	-2.5	69.647	-2.5	66.7496	-2.5	65.9
0	66.6829	0	63.6398	0	69.7496	0	66.8696	0	65.9598
5	66.63	5	63.8598	5	69.7999	5	67.1294	5	66.1897
10	66.6757	10	64.1398	10	69.85	10	67.4001	10	66.33
15	66.63	15	64.47	15	69.89	15	67.6701	15	66.61
20	66.6	20	64.7892	20	69.96	20	67.97	20	66.8699
25	66.57	25	65.2359	25	70.03	25	68.1702	25	67.12
30	66.54	30	65.7053	30	70.09	30	68.3903	30	67.38
35	66.52	35	66.0389	35	70.1501	35	68.6105	35	67.66
40	66.51	40	66.3554	40	70.2202	40	68.8705	40	67.98
45	66.51	45	66.7134	45	70.32	45	69.1404	45	68.2699
50	66.51	50	67.094	50	70.4	50	69.4004	50	68.5697
55	66.42	55	67.4931	55	70.51	55	69.6405	55	68.81
60	66.2302	60	67.8723	60	70.5901	60	69.8706	60	69.0898
65	66.17	65	68.2615	65	70.6402	65	70.1106	65	69.3994
70	66.26	70	68.6077	70	70.71	70	70.3806	70	69.6496
75	66.21	75	68.7556	75	70.79	75	70.6801	75	69.88
80	66.42	77.5	68.7192	80	70.83	80	70.9601	80	70.13
85	66.4076	85	68.99	85	70.79	85	71.1501	85	70.37
90	66.2489			90	70.8306	90	71.3802	90	70.7393
95	65.6186			95	70.9407	95	71.6602	95	71.12
100	65.97			100	71.0405	100	71.8703	100	71.33
105	65.96			105	71.08	105	72.0504	105	71.5101
110	66.0235			110	71.1007	110	72.3306	110	71.6802
115	66.0978			115	71.1707	115	72.6504	112.5	71.7601
120	66.1007			120	71.2408	117.5	72.79	120	71.757
125	66.15			125	71.2691	125	73.267		
130	66.19			130	71.23				
135	66.1963			135	71.2511				
140	66.13			140	71.36				
145	66.04			145	71.2174				
150	65.9478			150	71.1373				
155	65.8694			155	71.1415				
160	65.61			160	71.12				
165	65.3553			165	71.1183				
170	65.1743			170	71.1082				
175	65.0256			175	71.09				
180	64.89			180	71.1639				
185	64.8185			185	71.2741				
190	64.74			190	71.3621				

195	64.68			195	71.43				
200	64.5129			200	71.7307				
205	64.3546			202.5	72				
210	64.2159			212	71.9603				
215	64.1075								
220	63.9588								
225	63.8204								
230	63.71								
235	63.7133								
240	63.505								
245	63.3263								
250	63.148								
255	62.9387								
260	62.75								
265	62.6224								
270	62.434								
275	62.2657								
280	62.1769								
285	62.0785								
290	62.06								
295	62.0987								
297.5	62.117								
305	61.87								

-Pour chaque profil la position du géophone n°1 est égale à 0m (position à l'origine).

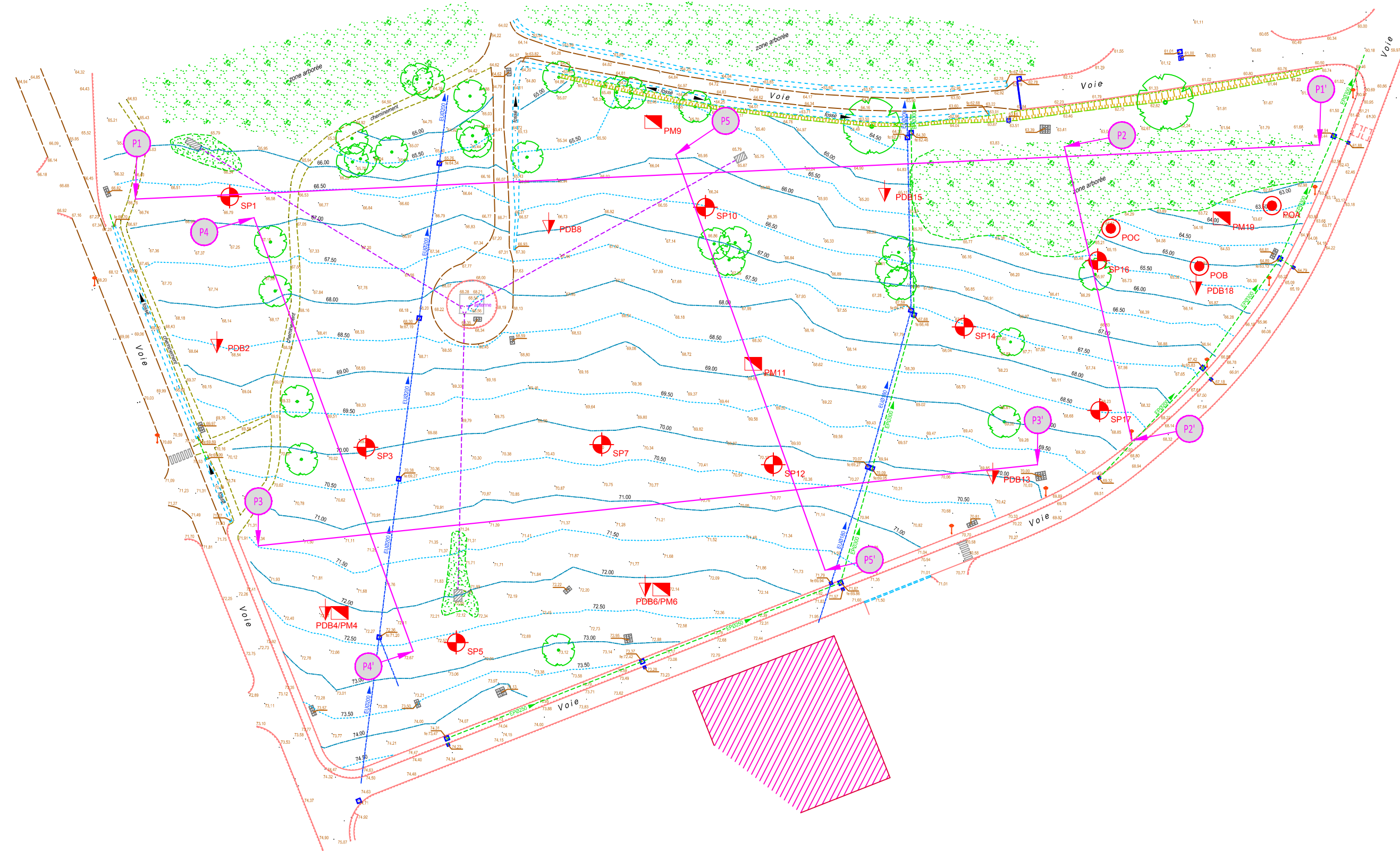
Commune de Bruz

Site DGA-MI (La Roche Marguerite) Construction d'un bâtiment tertiaire






PROFILS SISMIQUE REFRACTION

INTERLOCUTEURS :	Société	Responsable	Téléphone	e-mail
Bureau d'étude :	GEOSCOPI	JM GOUZ	02.40.63.63.51	geophysique@geoscop.com

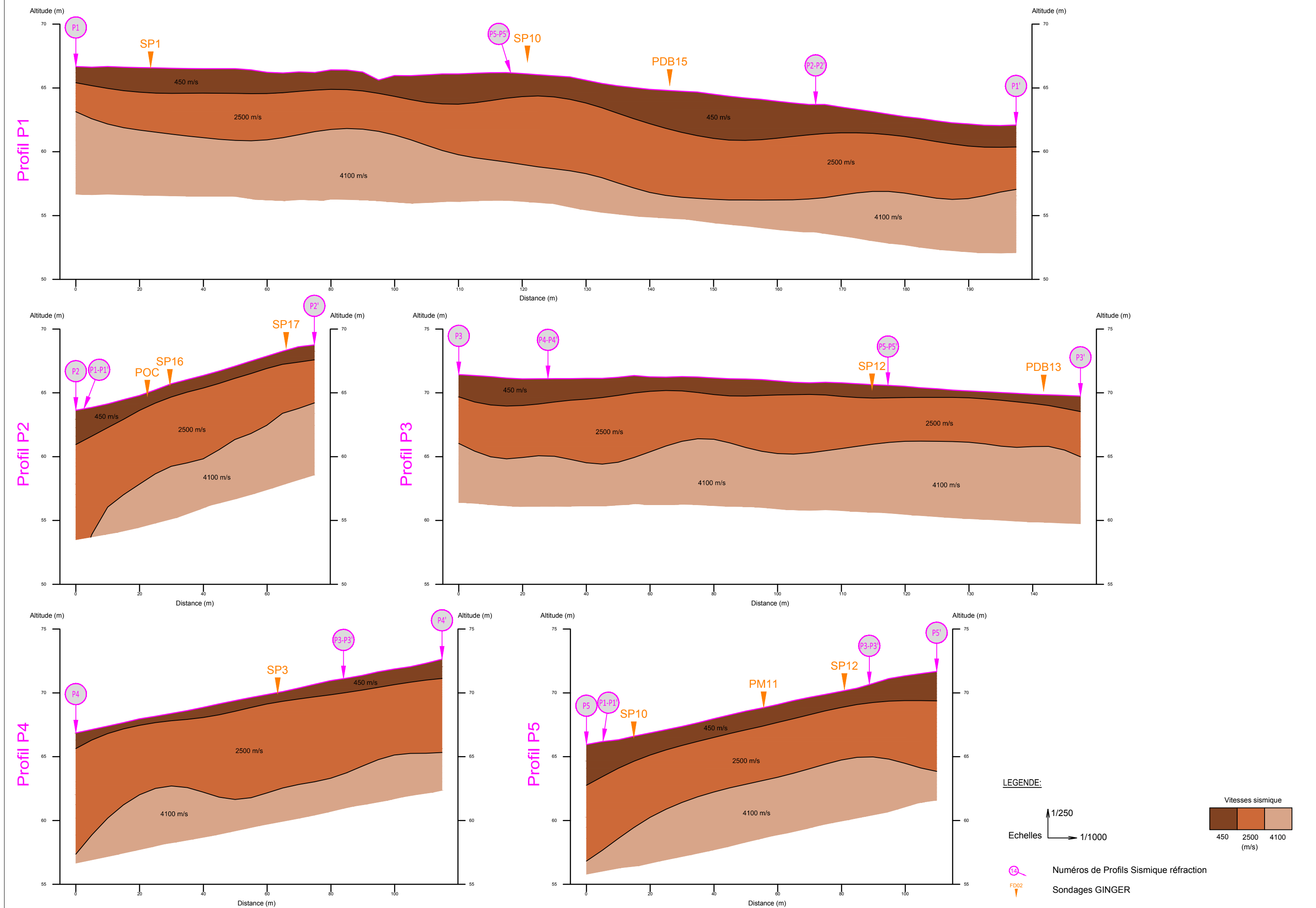
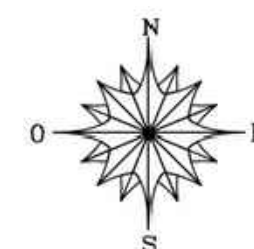
Plans établis par :	M PERROS	Plans vérifiés par :	JM GOUZ	le : 14/02/2020
Nom du fichier : GEOSCO_SISMIQUE REFRACTION_BRUZ_FEVRIER 2020.dwg				

[illegible]

Légende :

-  Sondage pressiométrique
-  Essai au pénétromètre dynamique lourd
-  Fouille à la minipelle
-  Essai d'infiltration de type Porchet
-  Profil de mesure géophysique (sismique réfraction)

Echelle : 1/1000 (format A3)





www.groupe-cebtp.com

CONTACTS BRETAGNE

VANNES (56)

13 rue Camille Claudel - ZA de Tréhuinec
56890 PLESCOP
Téléphone +33 (0)2 97 40 25 65
cebtp.vannes@groupeginger.com

BREST (29)

65 place Nicolas Copernic
29280 PLOUZANE
Téléphone +33 (0)2 98 30 67 20
cebtp.brest@groupeginger.com

RENNES (35)

6 rue de l'Aiguillage - ZA Beauséjour
35520 LA MEZIERE
Téléphone +33 (0)2 99 27 51 10
cebtp.rennes@groupeginger.com

QUIMPER (29)

112 boulevard de Créac'h Gwen
29000 QUIMPER
Téléphone +33 (0)2 98 10 12 11
cebtp.quimper@groupeginger.com

www.ginger-cebtp.com