Bureau d'études spécialisé en forages dirigés et travaux sans tranchées

TRAVAUX DE FRANCHISSEMENT DU COURS D'EAU L'OUVEZE

COMMUNE DE ROAIX (84)

MISSION G2AVP - ETUDE DE CONCEPTION

PHASE AVANT - PROJET

Date	Indice	Rédacteur	Vérificateur	Contact	Signature	Nb pages
07.06.2024	0	Aoutmane BOUAOUDI	Franck-Désiré KOUADIO	fd.kouadio@cpmat.fr Port. 07 57 46 51 65	CP MAT SAS 703 rue Boucher de la Rupelle 73100 - GRESY-SUR-AIX 04.79.35.95.97-06.86.51.86.04 SIRET : 884-857 141 00026-APE 7112B	37

Réf : ROAIX_84098_CA_EAU_24_1080_CDE_L_OUVEZE_G2AVP

Siège social
703 rue Boucher de la Rupelle
73100 Grésy-sur-Aix France
etudes.sps@cpmat.fr - http://www.cpmat.fr
☎ : 04 79 35 95 97 ✆ : 06 86 51 86 04

SOMMAIRE

1 MISSION 4
1.1 Intervenant 4
1.2 Documents de référence mis à disposition par le client 4
1.3 Cadre contractuel 4
1.4 Référentiels 5
1.5 Validité des conclusions de l'étude 5
2 DESCRIPTIF GENERAL 6
2.1 Localisation du site 6
2.2 Description du projet 7
2.3 Contraintes de sites 8
2.4 Contexte géologique 8
2.5 Banque de données du sous-sol 9
2.6 Contexte hydrogéologique 10
2.7 Risques naturels et anthropiques 11
3 RESULTATS DES INVESTIGATIONS IN-SITU 15
3.1 Investigations mises en œuvre 15
3.2 Nivellement des points de sondages 15
3.3 Résultats des sondages pressiométriques 15
3.3.1 Nature des terrains 15
3.3.2 Compacité des terrains 16
3.3.3 Venues d'eau 16
3.4 Résultats des essais en laboratoire. 16
3.5 Perméabilité des terrains 16
3.6 Liquéfaction des sols 16
4 APPLICATION AU PROJET 17
4.1 Descriptions générales du projet 17
4.2 Rappels des contraintes de site 17
4.3 Synthèse géotechnique 17
4.4 Principes généraux de conception des ouvrages sans tranchée 17
4.5 Solution recommandée 19
4.6 Ebauche dimensionnelle de la solution recommandée 19
4.6.1 Critère de terrain selon FSTT 19
4.6.2 Choix des outils 20
4.6.3 Caractéristiques techniques 21
4.6.4 Dimensionnement des fourreaux 21

© 05/2024 CP MAT

4.7 Dispositions constructives et recommandations 21
4.7.1 Dispositions particulières.....22
4.7.2 Préparation de chantier.....22
4.7.3 Installation des machines de forage.....22
4.7.4 Réalisation du forage dirigé et pose du réseau.....23
4.7.5 Fin de chantier.....23
5 ACCOMPAGNEMENT GEOTECHNIQUE DANS LA POURSUITE DU PROJET 24
5.1 Phase PRO – Mission G2 24

ANNEXES

ANNEXE 1 : Classification des missions géotechniques 25
ANNEXE 2 : Plan d'implantation des sondages 29
ANNEXE 3 : Coupes des sondages pressiométriques SP1, SP2 et sondage carotté SC1..... 31

1 MISSION

Dans le cadre d'un projet CA EAU de création de réseaux d'eau, CP MAT a été missionné afin de réaliser une étude géotechnique de conception (G2) en phase avant-projet (AVP) dont l'objectif est de définir et comparer les solutions recommandées pour le projet.

1.1 Intervenant

CA EAU – Service Local de l'Est Marnais
Madame Hayem GIFFONE
241 Rue du Général de Gaulle, 69530 BRIGNAIS
h.giffone@caeau.fr – 06 47 48 27 62

1.2 Documents de référence mis à disposition par le client

- Plan Google Maps avec emplacement du forage dirigé souhaité

1.3 Cadre contractuel

Les missions d'ingénierie géotechnique suivent les différentes étapes d'élaboration et de réalisation du projet. Elles s'inscrivent dans le cadre de norme NFP 94-500 de novembre 2013 dont le contenu est résumé en fin de rapport.

Les prestations confiées comprennent :

- Une étude géotechnique de niveau G2 AVP objet du présent rapport.

Les objectifs fixés à ce stade sont :

- De définir le contexte géotechnique,
- De préciser les risques naturels éventuels,
- Définition des hypothèses/contraintes géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet,
- De définir et comparer des solutions envisageables pour le projet,
- Présenter une ébauche dimensionnelle de l'ouvrage géotechnique,
- Fournir les principes et dispositions de construction générales.

Elle ne traite pas :

- De la gestion des flux liquides,
- Des volets structure, VRD et paysagers,
- De la recherche de vestiges enterrés,
- De la recherche d'une éventuelle pollution du sous-sol.

Elle constitue une note d'hypothèses géotechniques devant être validées par le client avant la réalisation des calculs et justifications des ouvrages. Elle devra être complétée par une étude géotechnique de niveau G2 PRO / G3 minimum adaptée au projet de construction.

L'entreprise de travaux devra réaliser un analyse technique préalable au chantier.

1.4 Référentiels

- NF EN 1997-1/NA JUIN 2005 - EUROCODE 7, Calcul géotechnique.
- Décret n° 2010-1254 du 22 octobre 2010 relatif à la prévention du risque sismique.
- NF EN ISO 22476-4 - Mai 2015, Reconnaissance et essais géotechniques, essais en place – Partie 4 : Essai au pressiomètre de Ménard.
- Recommandations Forages Dirigés – FSTT 2015
- Directives Techniques du DCA - 2015
- Guide technique pour les remblais et couches de forme – 1992

1.5 Validité des conclusions de l'étude

Toute étude réalisée à partir d'une esquisse ou d'un plan de principe nécessite obligatoirement une seconde étude spécifique, adaptée au projet retenu, détaillée par un bureau d'études spécialisée.

Tous changements réalisés lors de l'établissement de ce rapport d'étude doivent nous être communiqués et recevoir notre accord par écrit. Ces modifications peuvent modifier les conclusions de notre étude.

© 05/2024 CP MAT

2 DESCRIPTIF GENERAL

2.1 Localisation du site

Le projet est situé sur la commune de Roaix (84) à une altitude comprise entre 166,55 et 169,84 m NGF environ. Il prévoit de franchir le cours d'eau l'Ouvèze.

Selon Géoportail Urbanisme, le projet est inscrit dans une zone classée **A**, zone agricole, **N**, zone naturelle et **Np**, zone naturelle à protéger.

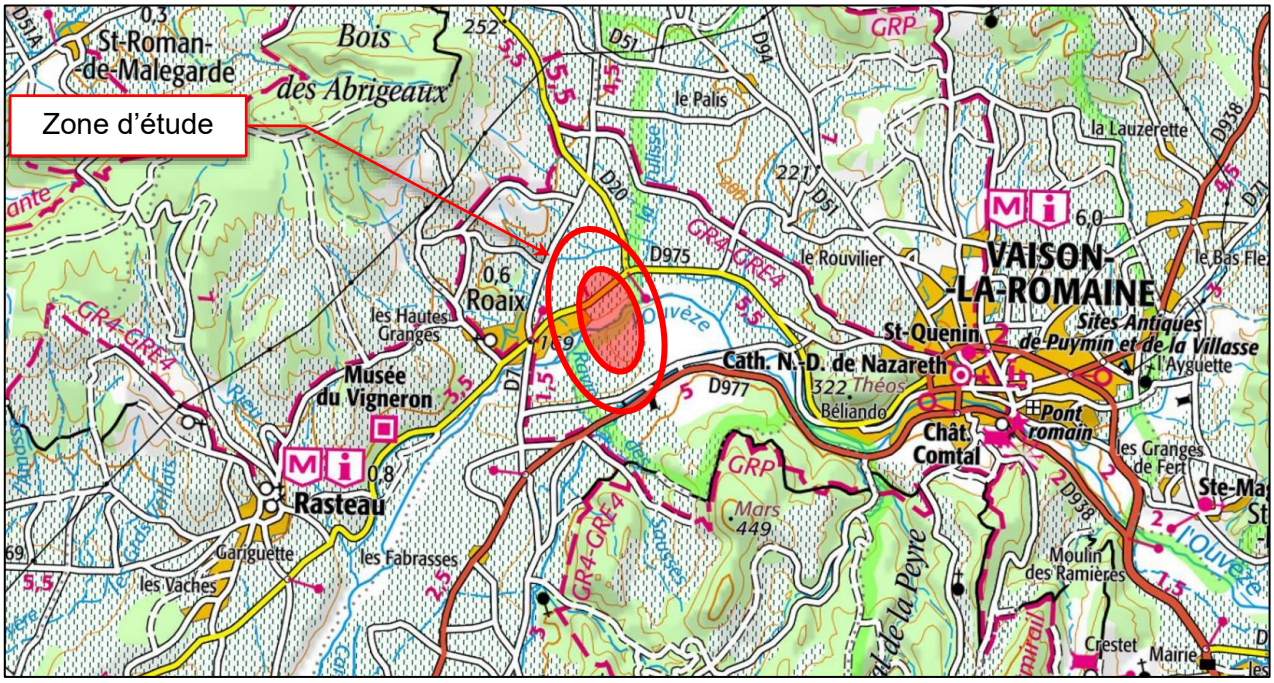


Figure 1 : Situation géographique du projet - Extrait cartographie IGN 1/50 000 (www.geoportail.gouv.fr)

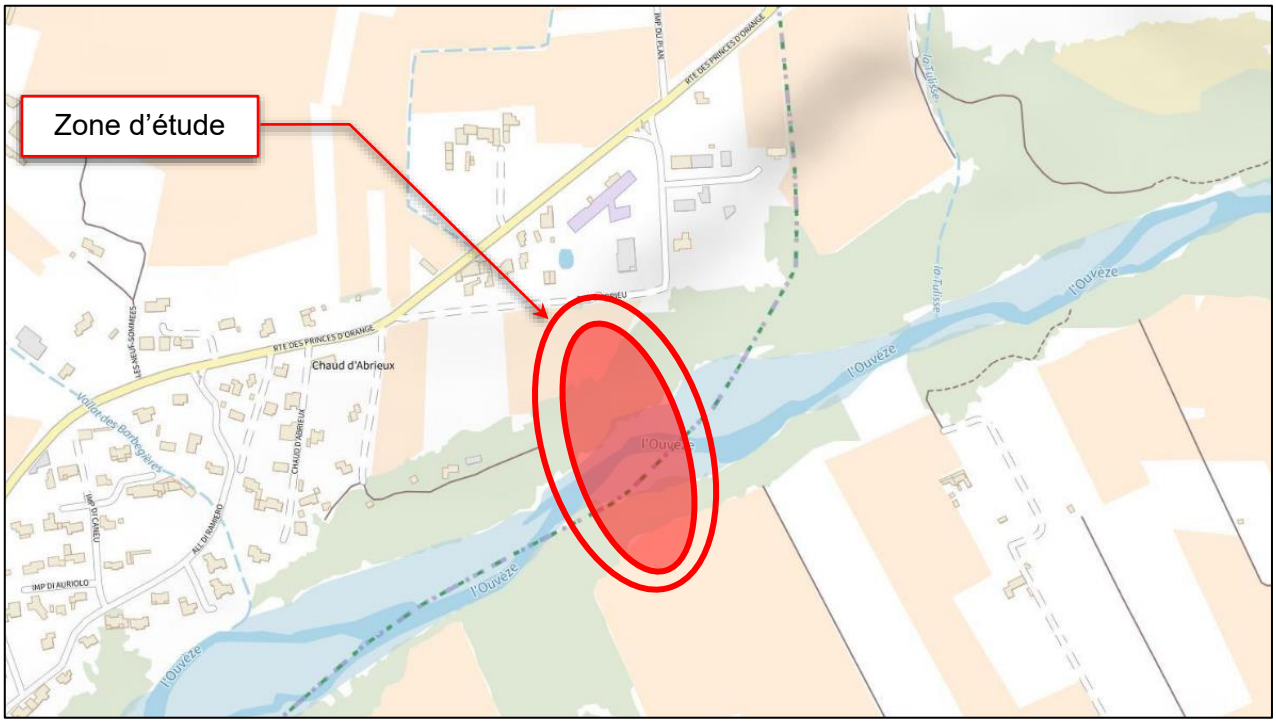


Figure 2 : Situation géographique du projet - Extrait cartographie IGN 1/25 000 (www.geoportail.gouv.fr)

2.2 Description du projet

Le projet consiste en la pose en souterrain d'une canalisation d'eau dans un PEHD de diamètre 315 mm dans lequel sera sous-tubé le réseau du client, sous la rivière l'Ouvèze par travaux sans tranchée sur une longueur développée de 171 m environ.

La présence de la voie empêche la réalisation des travaux par la technique « traditionnelle » (tranchée). Cela implique la réalisation de travaux sans tranchée.

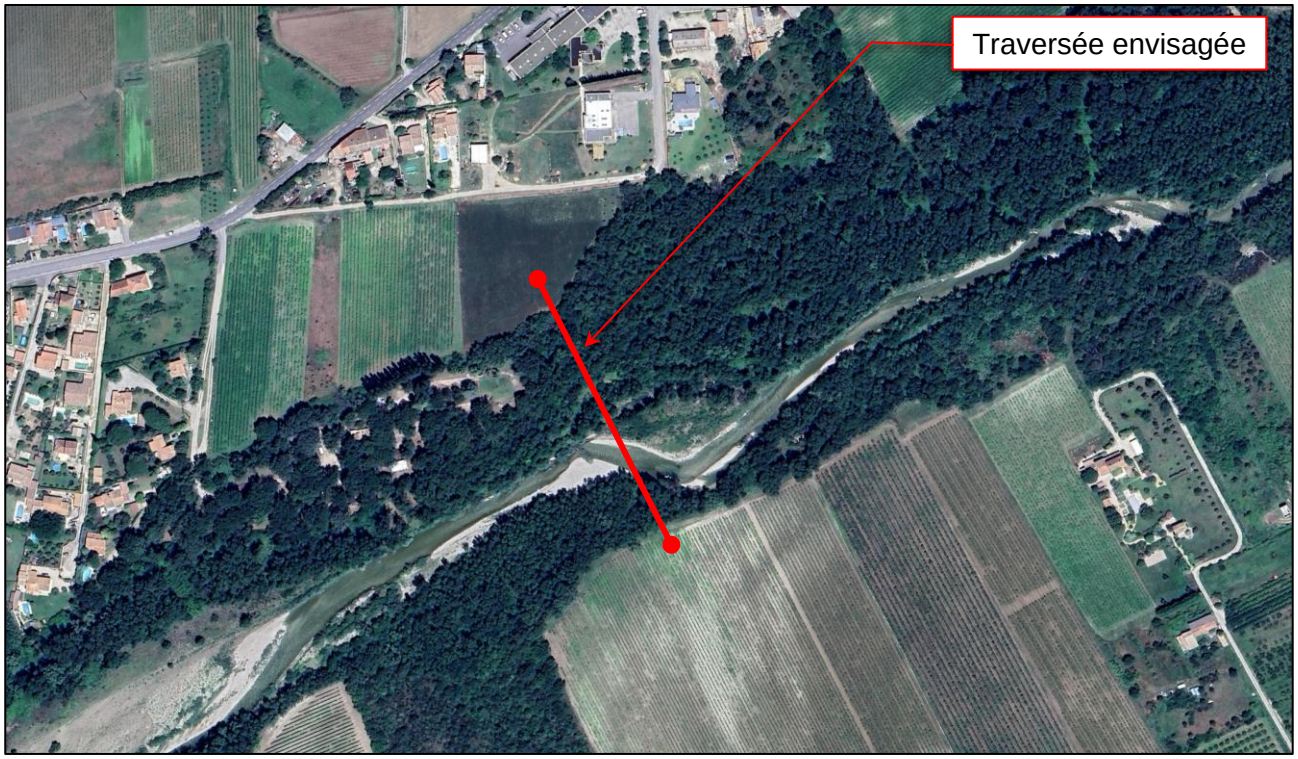


Figure 3: Vue générale du terrain. Source : Google Earth + tracé envisagé par le client

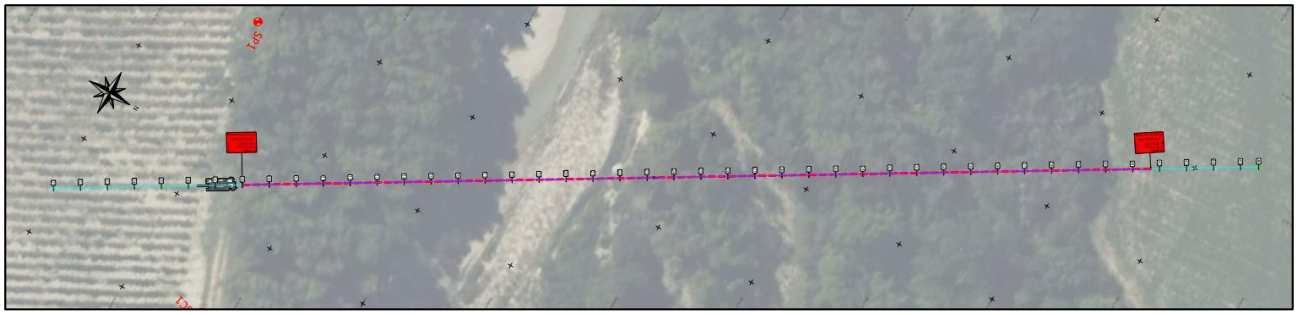


Figure 4 : Plan de conception

2.3 Contraintes de sites

Les contraintes de site identifiées par recherches documentaires sont les suivantes :

Les contraintes de site identifiées par recherche documentaire sont les suivantes :

- Traversée sus rivière **pour laquelle les mesures devront être prises** ;
- Traversée dans des parcelles privées **pour lesquelles les mesures devront être prises** ; **interactions éventuelles avec leurs fondations (ZIG)** ;
- Présence de réseaux enterrés probable.

2.4 Contexte géologique

D'après la carte et la notice géologique de ORANGE & VAISON-LA-ROMAINE au 1/50 000, les terrains susceptibles d'être rencontrés sont les suivants :

- **Fz : Alluvions modernes (post-Würmien) ;**
- **Fy : Alluvions anciennes (Würm) ;**
- **Fx : Alluvions anciennes (Riss) ;**
- **m3a : Tortonien inférieur marin : Sables argileux, marnes sableuses**

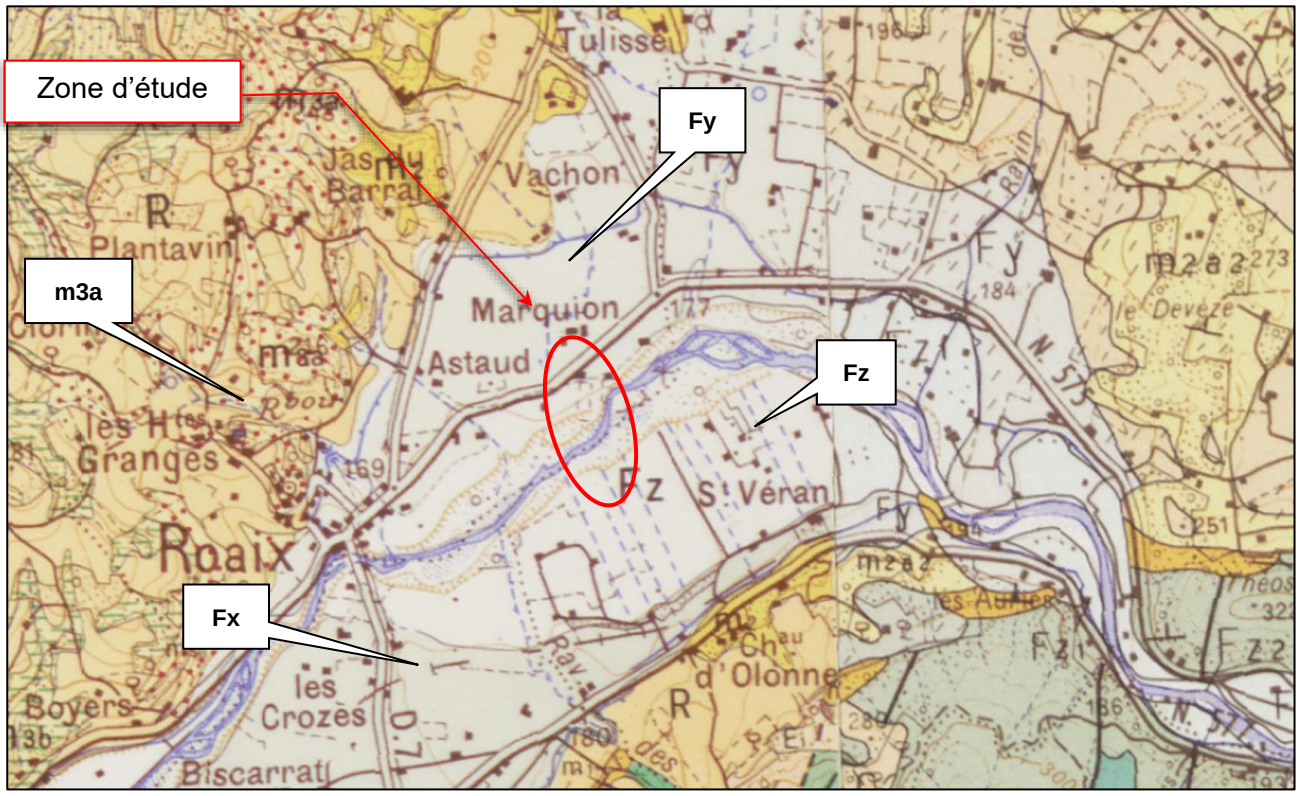


Figure 5 : Extrait de la cartographie géologique du BRGM 1/50 000 extrait de www.infoterre.fr

Les caractéristiques structurales de la zone sont les suivantes :

- Aucune faille majeure n'a été identifiée dans l'emprise du projet.

2.5 Banque de données du sous-sol

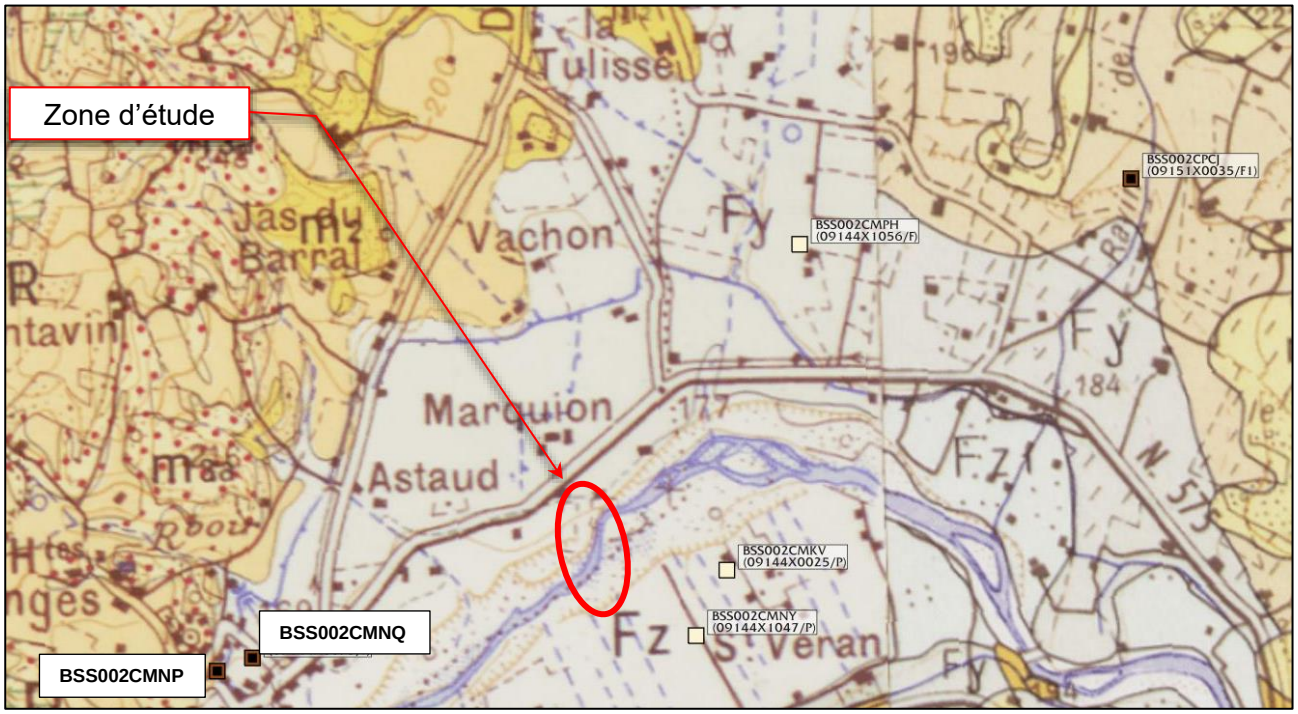


Figure 6: Ouvrages de la Blanque de sous-sol (BRGM)

Dans le périmètre rapproché du projet, plusieurs sondages verticaux ont été réalisés par le passé et ont mis en évidence les terrains suivants :

Forage n° BSS002CMNQ, - mNGF, profondeur 79,5m, réalisé en 2005 et niveau d'eau mesuré à 30m

Profondeur	Lithologie
De 0 à 3,0 m	Terre
De 3,0 à 5,0 m	Graviers humides
De 5,0 à 8,0 m	Safre jaune
De 8,0 à 11,0 m	Argile safreuse bleue

Forage n°BSS002CMNP, - mNGF, profondeur 62,0m, réalisé en 2005 et niveau d'eau mesuré à 18m

Profondeur	Lithologie
De 0 à 4,0 m	Terre et sable jaune
De 4,0 à 6,0 m	Sable jaune tendre
De 6,0 à 7,5 m	Graviers argileux
De 7,5 à 26,0 m	Safre jaune, humide à partir de 13m, aquifère à partir de 18m (3,4 m^3/h)

2.6 Contexte hydrogéologique

D'un point de vue hydrogéologique et d'après la banque de données de sous-sol (BRGM), le projet est situé dans une enveloppe approchée des inondations potentielles cours d'eau et submersion marine de plus d'un hectare.

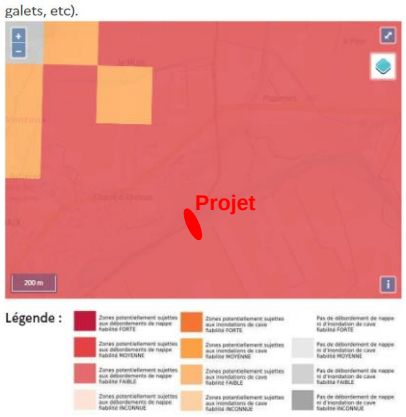
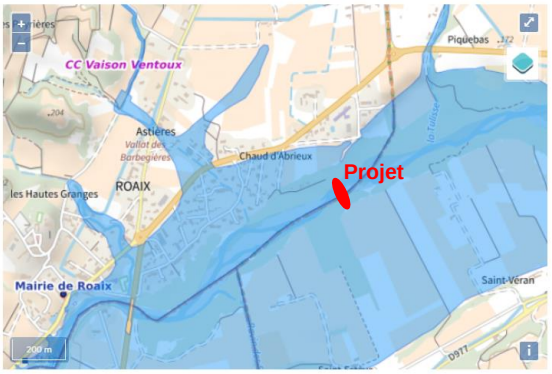
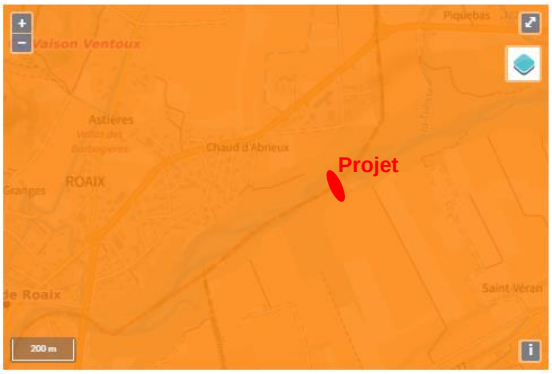
Figure 7 : Point d'eau référencé

D'après les renseignements disponibles sur la base de données des Limites de Systèmes Aquifères (BDLISA), un forage est référencé comme « point d'eau » à proximité du projet. Les caractéristiques de l'aquifère sont les suivantes :

Point d'eau, n° BSS002CMNQ/ BSS002CMNP	
Code de l'entité hydrogéologique	561AA00
Nom de l'entité hydrogéologique	Molasse miocène du Comtat Venaissin
Nature	Unité aquifère
Etat	Entité hydrogéologique à parties libres et captives
Thème	Sédimentaire
Type de milieu	Poreux

2.7 Risques naturels et anthropiques

D'après le site internet de « Géorisques » www.georisques.gouv.fr/, les risques suivants sont répertoriés sur le site du projet et aux alentours :

Risques	Types de risques
Inondation	sur ma commune : EXISTANT ← Faire une nouvelle recherche ← Retour à la liste des risques **Définition du risque** L'inondation est une submersion, rapide ou lente, d'une zone habituellement hors de l'eau. En apprendre plus sur le risque inondation **Les types de risques d'inondation sur ma commune:** • Par une crue torrentielle ou à montée rapide de cours d'eau. Crue torrentielle ou à montée rapide de cours d'eau : Une crue dite « éclair », se caractérise par une montée des eaux rapide, qui s'accompagne d'un courant très puissant et dangereux, pouvant charrier des éléments solides (sable, galets, etc).  Périmètre des servitudes d'utilité publique d'un PPR 
Séisme	sur ma commune : MODÉRÉ ← Faire une nouvelle recherche ← Retour à la liste des risques **Définition du risque** Les tremblements de terre naissent généralement dans les profondeurs de l'écorce terrestre et causent des secousses plus ou moins violentes à la surface du sol. Généralement engendrés par la reprise d'un mouvement tectonique le long d'une faille, ils peuvent avoir pour conséquence d'autres phénomènes : mouvements de terrain, raz de marée, liquéfaction des sols (perte de portance), effet hydrologique. Certains sites, en fonction de leur relief et de la nature du sol, peuvent amplifier les mouvements créés par le séisme. On parle alors d'effet de site. On caractérise un séisme par sa magnitude (énergie libérée) et son intensité (effets observés ou ressentis par l'homme, ampleurs des dégâts aux constructions). En savoir plus sur le risque séisme Carte de l'aléa sismique en France  Légende :

<table>
<tr>
<td>Retrait gonflement des argiles</td>
<td>
sur ma commune : MODÉRÉ
← Faire une nouvelle recherche ← Retour à la liste des risques

Définition du risque

Les sols qui qui contiennent de l'argile gonflent en présence d'eau (saison des pluies) et se tassent en saison sèche.

Ces mouvements de gonflement et de rétractation du sol peuvent endommager les bâtiments (fissuration).

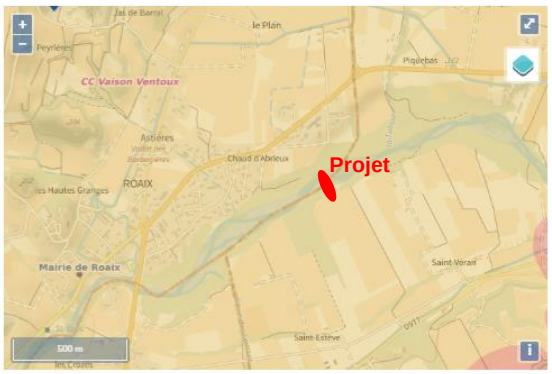
Les maisons individuelles qui n'ont pas été conçues pour résister aux mouvements des sols argileux peuvent être significativement endommagées.

C'est pourquoi le phénomène de retrait et de gonflement des argiles est considéré comme un risque naturel.

Le changement climatique, avec l'aggravation des périodes de sécheresse, augmente de risque.

En apprendre plus sur le risque retrait gonflement des argiles

Historique des sécheresses dans ma commune : 1
<table>
<tr><th>Code NOR</th><th>Libellé</th><th>Début le</th><th>Sur le journal officiel du</th></tr>
<tr><td>IOME2313528A</td><td>Sécheresse</td><td>31/03/2022</td><td>07/09/2023</td></tr>
</table>

Carte de l'exposition au retrait-gonflement des argiles en France


Légende :
Faible
Modéré
Important
</td>
</tr>
<tr>
<td>Radon</td>
<td>
sur ma commune : FAIBLE
← Faire une nouvelle recherche ← Retour à la liste des risques

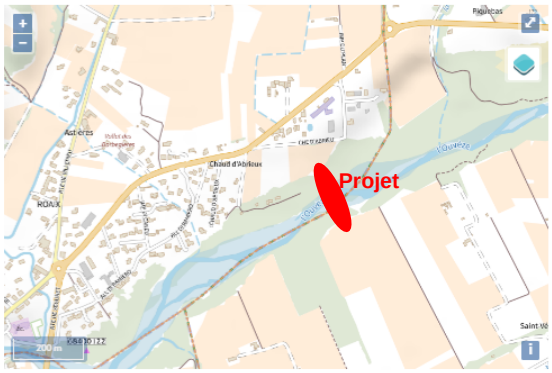
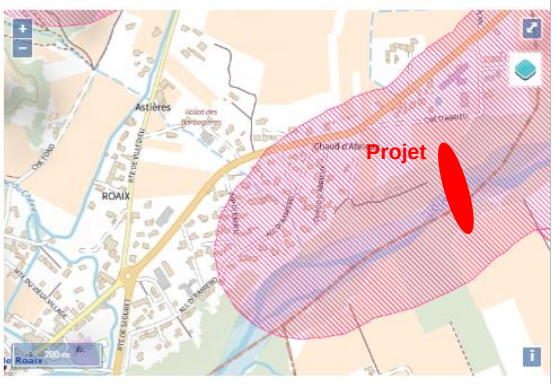
Définition du risque

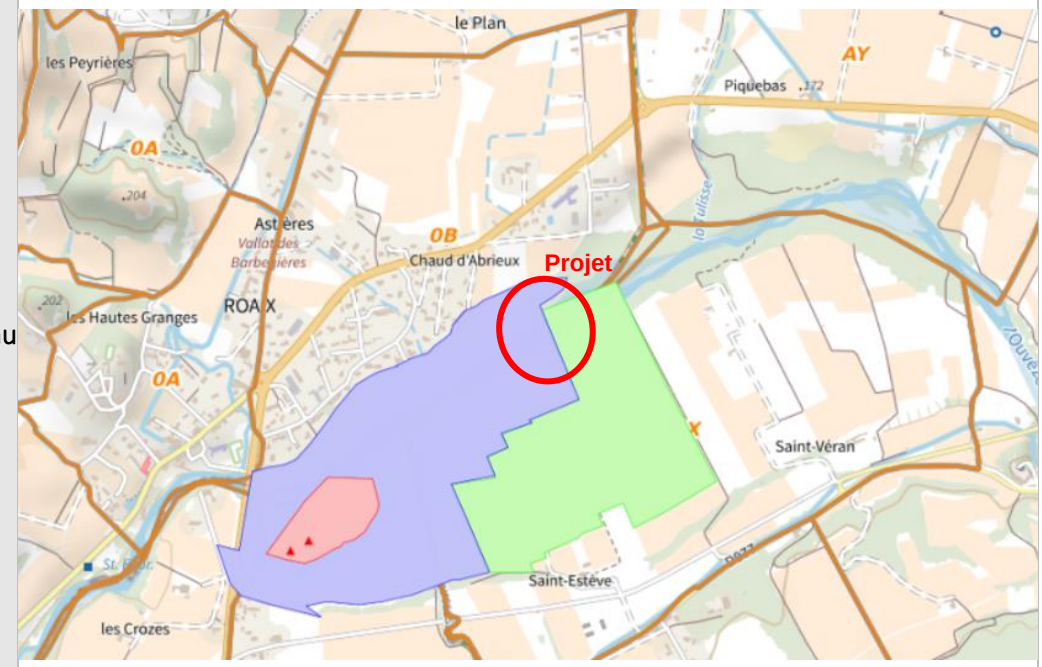
Le radon est un gaz radioactif naturel. Il est présent dans le sol, l'air et l'eau. Il présente principalement un risque sanitaire pour l'homme lorsqu'il s'accumule dans les bâtiments.

En apprendre plus sur le risque radon

Carte du potentiel radon par commune

Légende :
Faible
Modéré
Important
</td>
</tr>
</table>

Mouvement de terrain	sur ma commune : EXISTANT ← Faire une nouvelle recherche ← Retour à la liste des risques **Définition du risque** Les mouvements de terrain regroupent un ensemble de déplacements, plus ou moins brutaux, du sol ou du sous-sol. Les volumes en jeu peuvent aller de quelques mètres cubes à plusieurs millions de mètres cubes. Les déplacements peuvent être lents (quelques millimètres par an) à très rapides (quelques centaines de mètres par jour). Généralement, les mouvements de terrain mobilisant un volume important sont peu rapides. Ces phénomènes sont souvent très destructeurs, car les aménagements humains y sont très sensibles et les dommages aux biens sont considérables et souvent irréversibles. En apprendre plus sur le risque mouvements de terrain **Type de risque à ma commune :** • Glissement de terrain. Mouvement plus ou moins lent d'un sol en pente qui se détache. Ils ont lieu selon la nature du sol, l'inclinaison de la pente et les intempéries • Tassements différentiels. **Périmètre des servitudes d'utilité publique et localisation des cavités et indices de mouvements de terrain**  **Légende :** Zone à risque entrainant une servitude d'utilité publique Cave, Carrière, Naturelle, Indéterminée, Galerie, Ouvrage Civil, Ouvrage militaire, Puits, Souterrain, Glissement, Eboulement, Coulee, Effondrement, Erosion des berges
Feux de forêt	sur ma commune : EXISTANT ← Faire une nouvelle recherche ← Retour à la liste des risques **Définition du risque** On parle d'incendie de forêt lorsque le feu couvre une surface minimale de 0,5 hectares d'un seul tenant et qu'une partie au moins des étages arbustifs et/ou arborés est détruite. Le terme incendie vaut aussi pour les formations subforestières de plus petites tailles que sont le maquis, la garrigue et les landes. En apprendre plus sur le risque feux de forêt  **Légende :** Zone à risque entrainant une servitude d'utilité publique Zonage informatif des obligations légales de débroussaillement

Pollution des sols	sur ma commune : CONCERNÉ ← Faire une nouvelle recherche ← Retour à la liste des risques **Définition du risque** Un site pollué est un site qui, du fait d'anciens dépôts de déchets ou d'infiltration de substances polluantes, présente une pollution susceptible de provoquer une nuisance ou un risque pérenne pour les personnes ou l'environnement. **Les types de Pollution des sols sur ma commune:** • 7 ancien(s) site(s) industriel(s) ou activité(s) de service sur la commune. La carte des anciens sites industriels et activités de services recense les anciennes activités susceptibles d'être à l'origine d'une pollution des sols. Il peut s'agir d'anciennes activités industrielles ou encore d'anciennes activités de services potentiellement polluantes. Légende : Zones des servitudes d'utilité publique Zones des secteurs d'information sur les sols Localisations des sites industriels Zones des sites industriels Localisation des anciens sites industriels et activités de service Zones des anciens sites industriels et activités de service
Espace protégé	Le projet est implanté dans l' espace naturel protégé : **ZNIEFF Type II**
Captage d'eau potable	 Présence de captage d'adduction collective publique à 0,85km environ du projet

3 RESULTATS DES INVESTIGATIONS IN-SITU

Ces données restent informatives à cause de la ponctualité des sondages, l'épaisseur, la compacité des couches et les conditions hydrogéologiques étant susceptibles de varier sur l'emprise du projet.
Afin de connaitre le niveau des plus hautes eaux (NPHE), il sera nécessaire de réaliser un relevé périodique du niveau d'eau dans le temps.

3.1 Investigations mises en œuvre

En MAI 2024, Géocadre a réalisé :

- 2 sondages destructifs SP1 et SP2 descendus à 10 m de profondeur respectivement.
- A l'avancement de chaque sondage : 1 essai de chargement pressiométrique tous les mètres par suivant la norme NFP 94-110-1.
- 1 sondage carotté descendu à 10 m de profondeur par rapport au TN.

Sont reportés en annexes au présent rapport :

- Annexe 2 : Plan d'implantation des sondages
- Annexe 3 : Coupes des sondages pressiométriques SP1 et SP1, et sondage carotté SC1

3.2 Nivellement des points de sondages

Le nivellement spécifique des points de sondage a été réalisé par nos soins à partir de la carte d'implantation, suite à la réalisation des sondages.

	SP1	SP2	SC1
Cote (m NGF)	165,63	168,71	165,79

3.3 Résultats des sondages pressiométriques

3.3.1 Nature des terrains

Les sondages mettent en évidence la succession lithologique suivante :

Couches	SP1	SP2	SC1
	Profondeur de la base des couches		
Terre végétale	0,3 m/TN	0,26 m/TN	0,3 m/TN
Marne argilo-graveleuse	4 m/TN	4 m/TN	4 m/TN
Marne calcaire à galets pluricentimétrique	> 10 m/TN	> 10 m/TN	> 10 m/TN

Les 2 sondages ont été réalisés, à proximité de l'axe du projet.

3.3.2 Compacité des terrains

Les compacités mesurées au pressiomètre sont les suivantes :

Couches	Pression limite pl* (MPa)	Module pressiométrique E_m (MPa)	E_m/pl*	Compacité des terrains
Terre végétale	-	-	-	-
Marne argilo-graveleuse	1,64 ≤ pl* ≤ 2,83	26,5 ≤ Em ≤ 47,1	15,9 à 18,9	Sol très serré
Marne calcaire à galets pluricentimétrique	1,70 ≤ pl* ≤ 1,90	26,9 ≤ Em ≤ 37,8	15,7 à 21,2	Sol très serré

3.3.3 Venues d'eau

Les sondages réalisés en MAI 2024 n'ont pas mis en évidence des venues d'eau.

3.4 Résultats des essais en laboratoire.

Aucun essai de laboratoire

3.5 Perméabilité des terrains

Aucune mesure de perméabilité n'a été réalisée sur site.

Au vu de la nature des terrains rencontrés, il est possible d'envisager les perméabilités suivantes :

- Formations sablo argileuses : 10^{-5} à 10^{-4} cm/s
- Formations argilo-sablo-graveleuses : 10-6 à 10-3 m/s
- Calcaires et marnes : perméabilité de fissures.

3.6 Liquéfaction des sols

Lors d'un forage et selon la méthode employée, le sol peut être soumis à une vibration importante. Cette vibration peut entraîner une liquéfaction des sols, c'est-à-dire une perte de toute résistance au cisaillement si les conditions suivantes sont réunies :

- Sols soumis à une accélération (vibration)
- Sol saturé
- Sol de faible compacité

La liquéfaction des sols entraîne une réorganisation des volumes des sols et donc peut conduire à des tassements différentiels.
Dans le cas du projet, les terrains rencontrés ne sont pas liquéfiables sous l'effet des vibrations du forage.

4 APPLICATION AU PROJET

4.1 Descriptions générales du projet

Les informations du projet transmises par le client sont les suivantes :

- Le projet consiste en la pose en souterrain d'un réseau d'eau dans un fourreau en PEHD de diamètre 250 mm sous la rivière l'Ouvèze.
- Technique sans tranchées à appliquer pour la réalisation des travaux.
- Longueur développée : 176 ml

4.2 Rappels des contraintes de site

- Présence de réseaux enterrés probable ;
- Présence de champs d'agriculture aux alentours du projet ; Une attention devra être portée sur les interactions éventuelles avec leurs fondations (ZIG).
- Traversée de la rivière de l'OUVEZE ;

4.3 Synthèse géotechnique

Les données obtenues lors des investigations in-situ :

Lithologies	Profondeur de la base des couches	Module de Ménard Em (MPa)	Compacité Em/Pl*	Abrasivité	Dureté	Porosité estimée
Marne argilo-graveleuse		26,5 ≤ Em ≤ 47,1	15,9 à 18,9 Sol très serré	Moyenne à élevée	Dureté moyenne à élevée	30-40%
Marne calcaire à galets pluricentimétrique		26,9 ≤ Em ≤ 37,8	15,7 à 21,2 Sol très serré	Moyenne à élevée	Dureté moyenne à élevée	20-30%

4.4 Principes généraux de conception des ouvrages sans tranchée

D'après les résultats des investigations et les informations dont nous disposons, 2 solutions dont les caractéristiques sont présentées ci-après peuvent être envisagées *(Cf : tableau comparatif détaillé en page suivante) :*

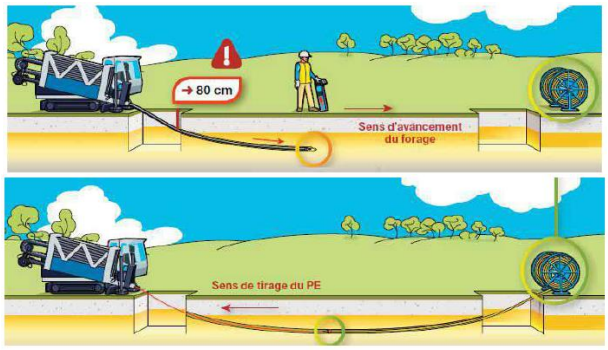


Figure 8 : Principe d'un forage dirigé

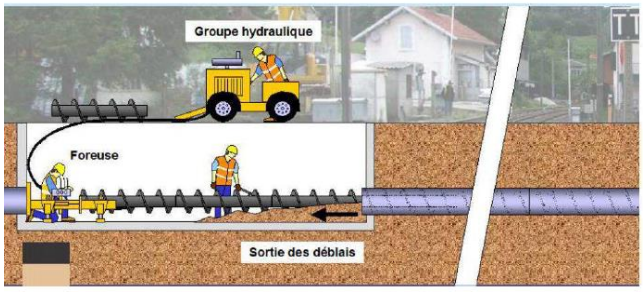


Figure 9 : Principe d'un forage à la tarière

Tableau 1: Comparaison des solutions proposées pour la réalisation des travaux sans tranchées.

Les informations fournies dans le tableau ci-dessus ont été obtenues des Directives Techniques du DCA, 4ème édition, 2015 et de la Guide Technique de la FSTT v2011.

	Forage horizontal dirigé	Fonçage à la tarière
Installation de chantier Fosse minimale d'installation d'entrée et de sortie	Faible encombrement 2m de longueur x 2m de largeur x 1,50 m de profondeur. Peut-être superficielle. Suffisante pour pouvoir stocker le linéaire de tuyau soudé à mettre en place.	Encombrement moyen 10m de longueur x 4m de largeur x 4 m de profondeur/ 3m de longueur x 3m de largeur x 4 m de profondeur
Type de tirs	Non rectilignes 2 courbes et 1 partie plane	Rectilignes
Profondeur de passage minimum recommandée	$10 * \phi_{fourreau}$ (La profondeur de passage devra être adaptée à la géologie)	$1{,}5 * \phi_{fourreau}$ (La profondeur de passage devra être adaptée à la géologie)
Diamètre de conduite	De 60 mm à 1 200 mm (couramment inférieur à 500 mm)	De 50 à 1 500 mm
Distance de forage	Couramment une centaine de mètres, mais peut aller de 15 à 3900 m	80 m en DN900
Type de sol	• Adaptée à tout type de terrains de préférence homogènes, faiblement à moyennement compacts : limon, argile, sable, mais avec un minimum de portance • Besoin d'adaptations techniques si terrains grossiers et sans cohésion (ex Bentonite + adjuvants).	• Procédé peu indiqué pour les terrains instables et les terrains rocheux • Adaptée au terrains cohésifs et terrains meubles à blocs sous conditions : $\phi_{max\ blocs} < \frac{1}{3} * \phi_{tarière}$
Présence d'une nappe phréatique	Envisageable	Envisageable sous conditions. Besoin de rabattement de la nappe. Si faible venue d'eau, étude d'hydrologique est nécessaire.
Maintien de terres pendant le chantier	Non	Oui, mais soumis à conditions d'installation.
Risques potentiels	• Contraintes provoquées par la réaction du sol lors du passage du forage (risque limité). • L'infiltration du fluide de forage sous pression dans des discontinuités du sol → Résurgences de fluide de forage. • Création de fontis si : $Q_{débit\ d'extraction} \gg Vitesse_{\ avancement}$ → Déformation de la géométrie de la voie franchie. • Modification de la trajectoire par augmentation des rayons de courbure, si alésage trop rapide ou par cisaillement du terrain (sol mou). • Effondrement du front de taille.	• Création de fontis par excavation excessive. • Déviations de la trajectoire selon les caractéristiques du terrain. • Contraintes faibles sur le terrain et les ouvrages à proximité.
Avantages	• Respect de l'environnement extérieur • Mise en œuvre aisée • Précision remarquable (1 à 2 cm)	• Principe de fonctionnement simple • Impact sur l'environnement limité aux seules fouilles d'entrée et de sortie
Inconvénients	• Nécessité d'une connaissance approfondie de l'encombrement du sous-sol. • Pas valable en terrains caillouteux ou rocheux. • Encombrement du dispositif : recul de 6 à 8 mètres nécessaire. • Limitation du diamètre et de la longueur. La longueur diminue si le diamètre augmente (efforts).	• Nécessité d'une connaissance détaillée de l'encombrement du sous-sol. • Nécessité d'une bonne connaissance géologique du sous-sol. • Nécessité d'une fouille de départ d'une longueur supérieure à la longueur de la machine et à la profondeur adéquate au passage de l'ouvrage.

© 05/2024 CP MAT

4.5 Solution recommandée

Sur la base des spécifications techniques du DCA et de la FSTT, nous recommandons la réalisation des travaux sans tranchées par la technique la plus adapté aux terrains, à la longueur et au diamètre du réseau à mettre en place.

Nous préconisons la ***technique du forage dirigé*** dont l'ébauche dimensionnelle en phase G2AVP est présentée ci-après.

4.6 Ebauche dimensionnelle de la solution recommandée

4.6.1 Critère de terrain selon FSTT

Tableau de classification des terrains selon la FSTT-2015 :

Classe de terrain FSTT	Classification normalisée
FSTT - A	Sols fins : limons et argiles
FSTT - B	Sols sableux et graveleux avec fines : sables à graves plus ou moins argileux
FSTT - C	Sols comportant des fines et des gros éléments : argiles ou cries à silex, meulière, éboulis, moraines
FSTT - D	Sols insensibles à l'eau : sables à graves propres
FSTT - R	Roches : carbonatées, argileuses, siliceuses, salines, magmatiques et métamorphiques
Matériaux particuliers	Matériaux particuliers : sols organiques, sous-produits industriels

La classification des terrains potentiellement traversés par le projet de forage dirigé est la suivante :

Descriptions des couches		Classe de sol selon FSTT
Formations	Lithologie	
Marne argilo-graveleuse	Marne argilo-graveleuse	FSTT – C -R
Marne calcaire à galets pluricentimétrique	Marne calcaire à galets pluricentimétrique	FSTT – C -R

Donc, le terrain doit être considéré au plus défavorable en classe « FSST - R ».

- *NB : selon les informations des sondages et les informations de la carte géologique de* ORANGE & VAISON-LA-ROMAINE, *il est fort probable de rencontrer lors du forage, de la marne sableuse, des marnes graveleuses et de la marne calcaire à gros galets, ces lithologies sont capables d'user l'outil de forage et d'augmenter la résistance au passage de la tête de forage. En tenir compte dans le choix de la machine de forage et potentiellement dans la reclassification du terrain (Classe R).*

4.6.2 Choix des outils

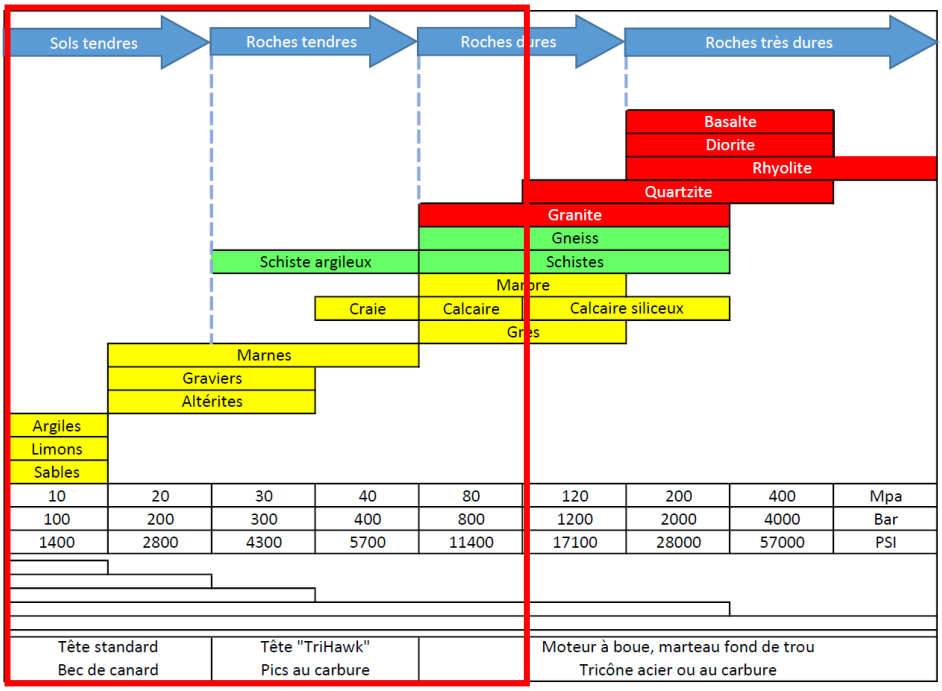


Figure 10 : Dureté des terrains et ensemble de tête adaptée. Source Recommandations du forage dirigé, FSTT 2002

Le choix de la machine de forage et des outils devra être réalisé en prenant en compte la classe de terrain à traverser et les paramètres suivants :

- Abrasivité,
- Déviations
- Effondrement
- Suivi de coincement.

4.6.3 Caractéristiques techniques

Nous préconisons les caractéristiques suivantes pour la technique du forage dirigé :

Méthodologie d'exécution préconisée	Forage dirigé
Obstacle à franchir	La rivière de l'OUVEZE
Réseau client	EAU
Longueur développée des forages	171 ml
Type de fourreau préconisé	PEHD 315 mm (diamètre extérieur)
Diamètre d'alésage du forage préconisé ($1,5 * \phi_{fourreau}$)	Entre 378 et 472 mm maximum
Hauteur de couverture minimale recommandée par rapport à l'obstacle (FSTT : H > $10 * \phi_{fourreau}$)	> 5,29 m minimum (Sous la rivière de l'OUVEZE)
Nature des terrains attendus à la profondeur à atteindre	Marne argilo-graveleuse et Marne calcaire à galets pluricentimétrique
Classe FSTT de terrain envisagée au plus défavorable	Classe R
Niveau de nappe (*)	Aucune venue d'eau

Les données ci-dessus devront être soumis à validation dans un étude G2 PRO ou G3 EXE.

(*) Le niveau de la nappe pouvant varier dans le temps, il sera nécessaire d'effectuer un relevé du niveau de la nappe au moment de l'exécution des travaux

Attention ! *L'ovalisation doit rester inférieure à 4 %.*

4.6.4 Dimensionnement des fourreaux

Suivant les spécifications Générales pour la pose de réseaux de distribution d'eau sans tranchée, les normes en vigueur et compte-tenu du réseau client et du terrain présent dans la zone du projet, il est préconisé de poser un fourreau type :

- 1 fourreau en PEHD SDR 11 PN16 de diamètre extérieur équivalant à 315 mm dans lequel sera sous-tubé un PEHD de diamètre extérieur 225 mm.
  - Matériaux : PEHD 100
  - Diamètre extérieur : 315 mm
  - SDR : 11
  - Epaisseur : 28,6 mm

Conduite	Matériaux	Diamètre extérieur	SDR	Pression nominale (bar)	Epaisseur	Diamètre intérieur
Fourreau	PEHD	315 mm	11	16	28,6 mm	257,8 mm

4.7 Dispositions constructives et recommandations

Au regard des éléments décrits ci-avant, les travaux du forage dirigé nécessiteront une attention particulière et une méthodologie adaptée qui imposera de mettre en œuvre les dispositions constructives génériques non exhaustives suivantes :

4.7.1 Dispositions particulières

Le projet doit être ajusté en fonction de la nature et la profondeur des aménagements existants et futurs. En cas de modification des différents projets, nous recommandons de vérifier les interactions éventuelles avec les aménagements existants.

4.7.2 Préparation de chantier

Préalablement à l'exécution du chantier, il sera nécessaire de :

- Déclarer les travaux (DT/DICT) en amont de l'exécution du projet.
- Être en possession des relevés topographiques complets avec report des réseaux concessionnaires (intégration dans un SIG le cas échéant)
- Disposer d'un plan de forage avec une coupe longitudinale indiquant la position des obstacles et ouvrages existants et une vue en plan, conformément aux éléments communiqués par le responsable du projet
- Obtenir les autorisations administratives concernant la circulation, en rapport au droit de travail aux lois de l'environnement, autorisations légales de construire, consentement pour l'usufruit temporaire du domaine privé et autres.
- Prévoir et réaliser une signalisation de la zone d'intervention.
- Préparer les aires de travail et éventuellement des voies d'accès. Prendre en compte les matériels de levage, de fluide de forage, des allées et venues de citernes d'eau, surface de stockage des matériaux et matériels en attente (tiges de forage, produits de fluide, etc.), zone d'assemblage de fourreaux à mettre en place.
- Implanter les machines de manière à encombrer au minimum les voies et propriétés à proximité.

4.7.3 Installation des machines de forage

- Aucune fouille/niche (surtout s'il s'agit d'une tranchée étroite dont la largeur < 2/3 profondeur) ne devra être ouverte avant un week-end, avant ou pendant des intempéries et laissée sans protection ou blindage provisoire.
- Les outils de forages devront être adaptés selon le type de terrain préconisé.
- Sous réserve de validation par l'entreprise de forage, et si présence de terrains argileux au niveau de la traversée, celle-ci devra utiliser (si besoin) un fluide de forage limitant l'hydratation de la formation argileuse de façon à éviter l'activation de celle-ci.
- Des fosses doivent être réalisées par terrassement en suivant les recommandations suivantes :
  - Aucune fosse d'entrée ou de sortie ne sera nécessaire
  - Les fosses de stockage des fluides de forage seront exécutées avant le forage et sécurisées.
  - Si la hauteur des fosses dépasse 1,30 m, les parois devront être couchées à 3H/2V afin de garantir leur stabilité. En cas de parois verticales, celles-ci devront être blindées provisoirement afin de garantir la sécurité des ouvriers.
- Se prémunir des remontées de nappe phréatique par la mise en place d'une pompe en fond de fosse.

- Se prémunir des écoulements d'eau en général (eau pluviale, eau de chantier) par la réalisation de fossés drainant autour du chantier. Les eaux devront être évacués à l'aval du chantier ou dans une rivière selon autorisations environnementales.

Nous recommandons au maitre d'ouvrage, au maitre d'œuvre de faire procéder, au moment de l'ouverture de fouilles ou la réalisation des forages dirigés, à une visite de chantier par un géotechnicien dans le cadre d'une mission G3/G4 de suivi d'exécution des travaux.

4.7.4 Réalisation du forage dirigé et pose du réseau

D'une façon générale, les opérations devront être réalisées sans interruption prolongée au-delà du temps strictement nécessaire au bon déroulement du forage. Ce temps devra être défini par le conducteur de travaux en fonction des conditions de forage et de leur retour d'expérience en situation similaire.
Nous recommandons de suivre la méthodologie suivante :

- Réalisation du trou pilote.
- Surveiller en permanence et corriger si nécessaire, la trajectoire du forage depuis la surface, lors de l'exécution des travaux.
- Surveiller en permanence la pression, le débit et le retour du fluide de forage.
- Réaliser un suivi de quantités des matériaux extraits avec comparaison par rapport aux volumes théoriques.
- Réaliser un contrôle des méthodes et procédés en cours de chantier.
- Réaliser l'alésage du trou foré en 1 ou plusieurs fois selon la tenue des terrains.
- Réaliser la mise en place des PEHD envisagés par le client (Etape de tirage des fourreaux).

4.7.5 Fin de chantier

- Repli du matériel de chantier,
- Remise en état de surfaces de travail, remblayer les puits d'entrée et sortie du forage à la fin des travaux et compacter les matériaux de remblaiement conformément à l'usage prévu des plateformes.
- Réaliser un plan de récolement à la fin des travaux.

5 ACCOMPAGNEMENT GEOTECHNIQUE DANS LA POURSUITE DU PROJET

5.1 Phase PRO – Mission G2

- Fournir une synthèse des hypothèses géotechniques au stade du projet.
- Fournir des notes techniques selon la méthodologie validée.
- Afin d'évaluer les tassements engendrés par les travaux sans tranchées, nous recommandons la réalisation d'une modélisation aux éléments finis.
- Rendu d'une note de calcul de dimensionnement

Notre mission objet de votre commande se termine à la remise du présent rapport.

Nous restons à la disposition de tout intervenant pour tout renseignement complémentaire.

ANNEXE 1 :
CLASSIFICATION DES MISSIONS GEOTECHNIQUES

© 05/2024 CP MAT

CLASSIFICATION DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE SELON LA NORME NFP 94-500 DE NOVEMBRE 2013

Pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

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

Phase Étude de Site (ES)

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

— Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

Phase Avant-projet (AVP)

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

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

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

Phase Projet (PRO)

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

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités. Phase DCE / ACT

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

— Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).

— Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

Elle comprend deux phases interactives :

Phase Étude

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).

— Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

— Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.

— Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).

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

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

— Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).

— donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

— Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.

— Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

ANNEXE 2 :
PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

© 05/2024 CP MAT

ANNEXE 3 :
COUPES DES SONDAGES PRESSIOMETRIQUES SP1, SP2 ET SONDAGE CAROTTE SC1

© 05/2024 CP MAT

ETUDE N° GEOT232

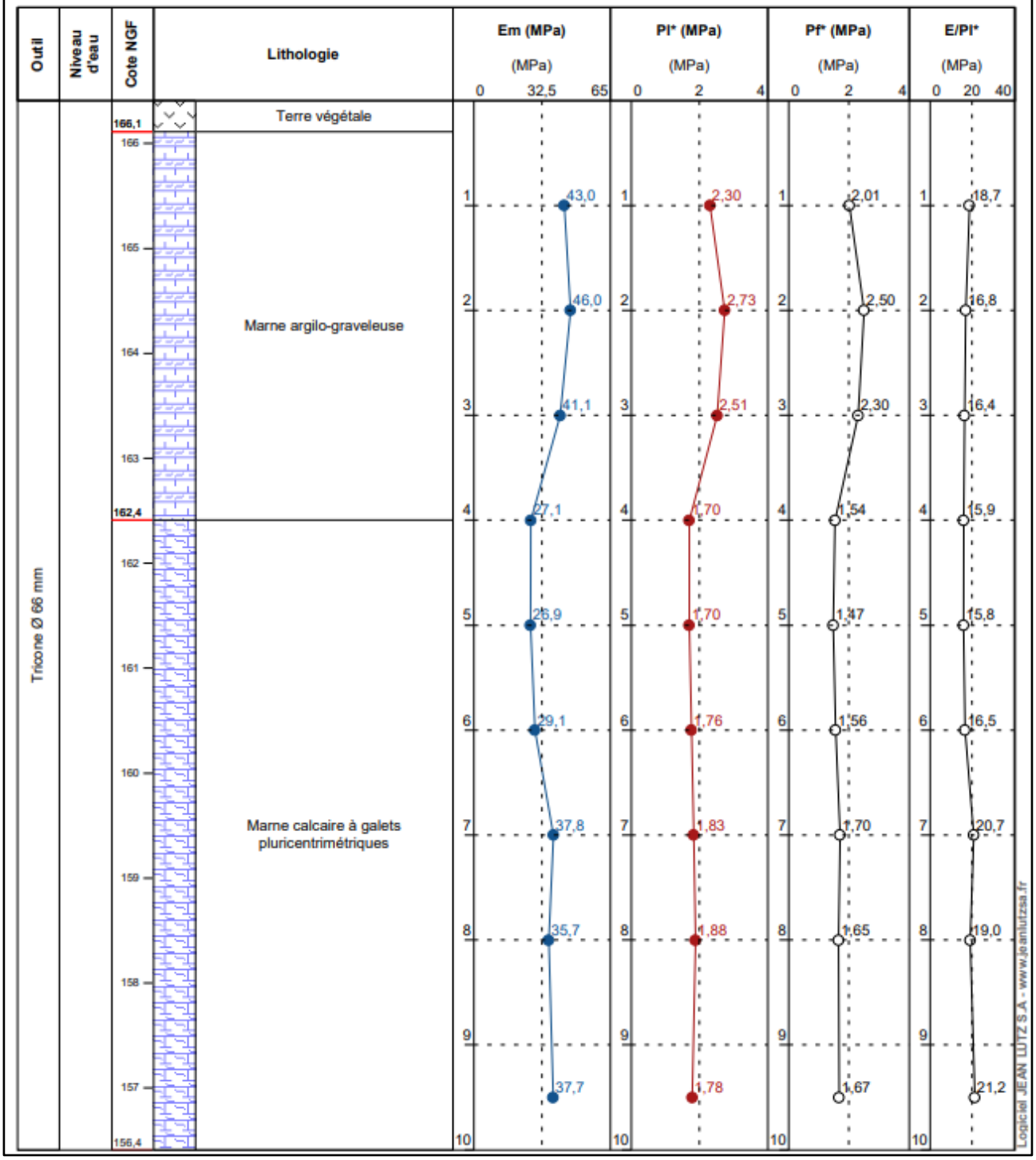
FORAGES DIRIGES
Lieu: ROAIX (84)

Date début :	25/05/2024	Cote NGF :	166.410	Profondeur :	0,00 - 10,00 m
Date fin :	25/05/2024	Machine :	GEO205	X :	861885.009
		Client :	CPMAT	Y :	6351756.772

1/50

SONDAGE : SP1

EXGTE 3.23.1/GTE



ETUDE N° GEOT232

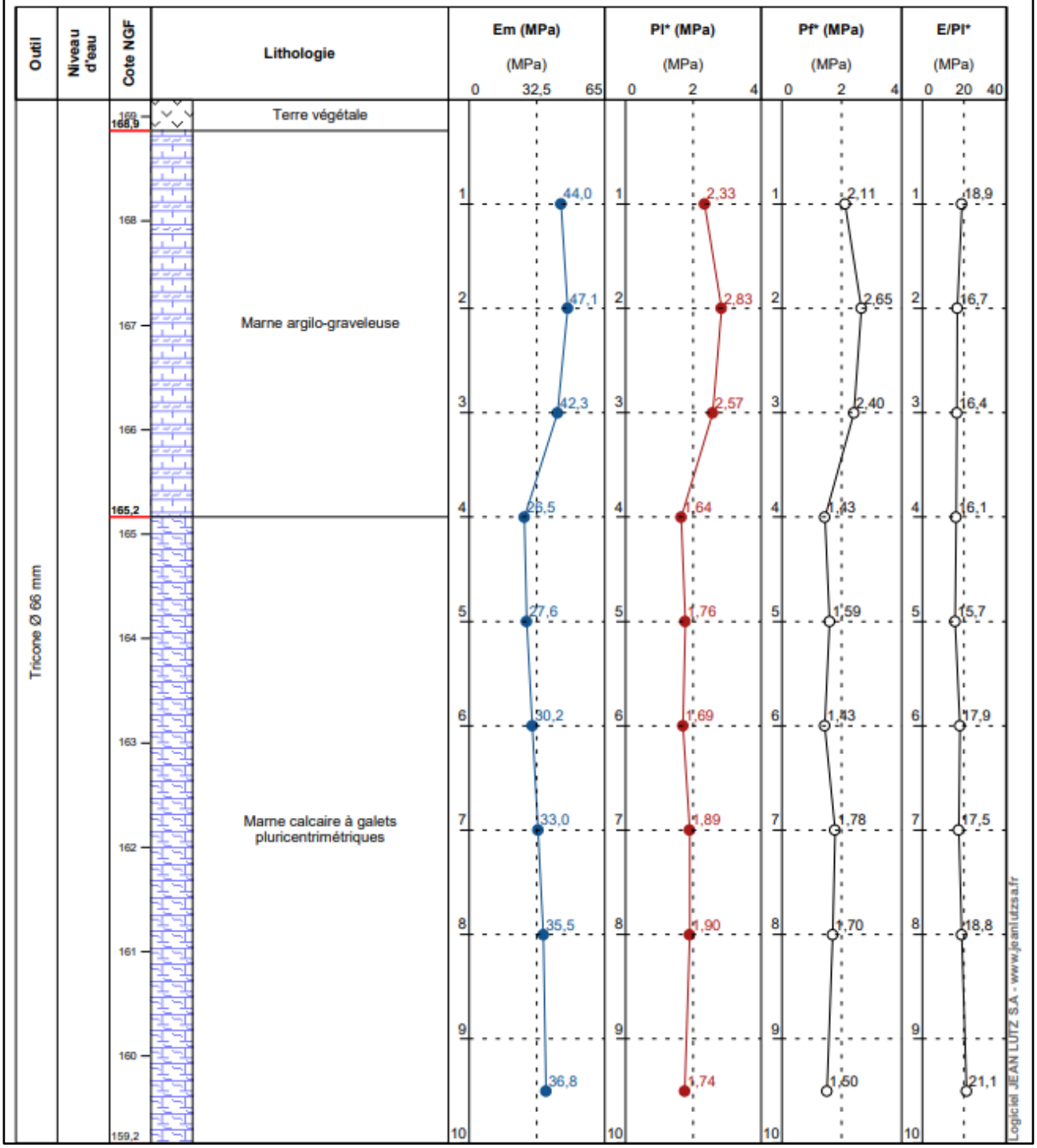
FORAGES DIRIGES
Lieu: ROAIX (84)

Date début :	25/05/2024	Cote NGF :	169.164	Profondeur :	0,00 - 10,00 m
Date fin :	25/05/2024	Machine :	GEO205	X :	861778.539
		Client :	CPMAT	Y :	6351880.782

1/50

SONDAGE : SP2

EXGTE 3.23.1/GTE



PROJET DE FORAGE DIRIGE — ETUDE N° GEOT232

Lieu:ROAIX (84)

Date :	**25/05/2024**	Cote NGF :	**166.665**	Profondeur :	**0,00 - 10,00 m**
		Machine :	**GEO205**	X :	**861936.378**
		Client :	**CPMAT**	Y :	**6351775.484**

1/55 — **SONDAGE : Sondage Carotté: SC1** — EXGTE 3.23.1/GTE

Profondeur (m)	Strati-graphie	Cote (m)	Lithologie	Outil	Niveau d'eau
0 – 0,30 m		166,4 – 0,30 m	Terre végétale	Carottier simple Ø 114 mm	
0,30 – 4,00 m		166 – 163	Marne argilo-graveleuse		
4,00 – 10,00 m		162,7 – 156,7	Marne calcaire à galets pluricentrimétriques		

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

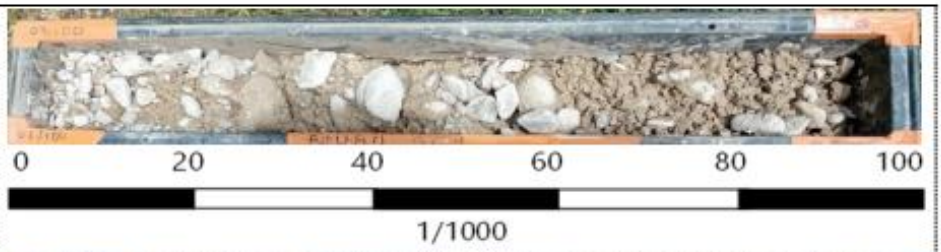
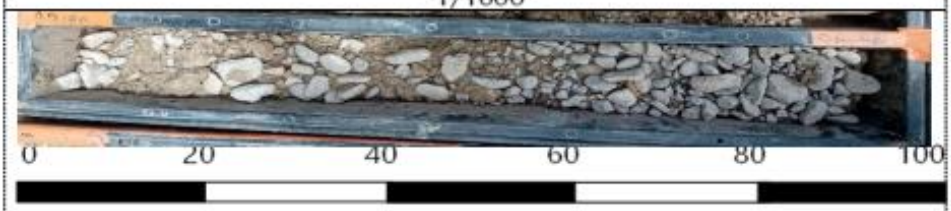
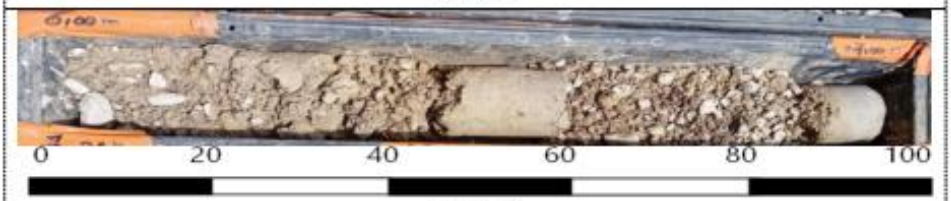
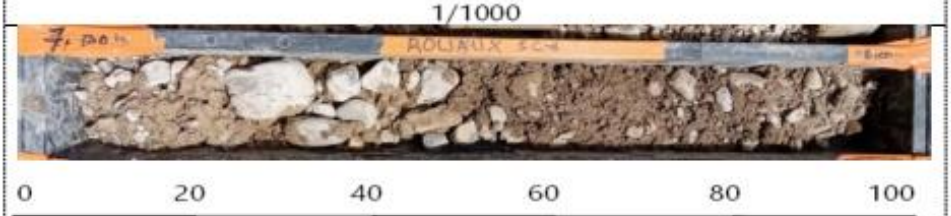
COUPE DE SONDAGE CAROTTE

Chantier	ROAIX (84)	Numéro dossier	GEOT232
Opérateur	C.MOZES		
Date	25/05/2024		
Numéro du sondage	SC1 secteur1	Niveau d'eau	-

Prof : 10.00 m

Coupe :

Profondeur	Lithologie	Image
De à (m) NGF	Nature – consistance - couleur	Photo de carotte
0.0 / 1.0	Terre végétale, Agile marneuse	0 20 40 60 80 100 1/1000
1 / 2	Marne argilo-graveleuse	0 20 40 60 80 100 1/1000
2 / 3		0 20 40 60 80 100 1/1000

3 / 4	Marne argilo graveleuse	
4 / 5	Marne calcaire à galets pluricentrimètriques	
5 / 6		
6 / 7		
7 / 8		
8 / 9		
9 / 10		