



ETUDE GEOTECHNIQUE

Etude de sol pour la voirie d'un lotissement

PHASE AVANT-PROJET (G2 AVP)

Voirie d'un lotissement

Lieu-dit "La Paillarette"

Bourret (82)

Projet réalisé par
Architecte - Sibel TEK BLOT à Montech (82)



Référence / Indice	Intervention	Document	Etabli par	Contrôlé par
AQU23B008GA	13/03/23	11/04/2023	Mathieu SALANDRE	Philippe BOISSIER

Sommaire

1	Introduction	3
2	Mission.....	4
3	Description du projet soumis à l'étude	5
4	Enquête documentaire	7
4.1	Situation, relief, paysage et géologie	7
4.2	Vue aérienne.....	8
4.3	Risques naturels	8
5	Investigations Géotechniques	10
5.1	Prospection visuelle et enquête sur site.....	10
5.2	Sondages et prospections.....	11
5.3	Sondages et prélèvements de sols	12
6	Synthèse	14
6.1	Sismicité.....	14
6.2	Zone d'influence géotechnique (ZIG)	14
6.3	Terrassements	14
7	Conclusion	18
	Annexes	19

1 INTRODUCTION

Intervenants

		Coordonnées	
Maître d'ouvrage	TERRACITY représentée par Vanessa ABRAHAM		
Entreprise / Constructeur	Architecte - Sibel TEK BLOT à Montech (82)		
		Devis le	Commande
Client	TERRACITY représentée par Vanessa ABRAHAM	02/02/2023	22/02/2023

Avertissement

Pour la bonne compréhension de ce rapport il est demandé de consulter les annexes.

Toute modification apportée au projet devra nous être signalée pour réexamen et éventuellement modification des conclusions. Il est conseillé de réaliser une étude béton armé pour une bonne exploitation de ce rapport.

Assurances

Fimurex a souscrit un contrat d'assurance professionnelle BTP Ingénierie, économie de la construction auprès de la SMA Courtage. N° souscripteur : C28101N ; n° contrat : 7356002 / 002 134546/0

Remarque

Les ingénieurs d'ARMASOL sont à la disposition du Maître d'ouvrage et des différents corps de métiers pour tous renseignements ou explications complémentaires sur le rapport ou ses conditions d'utilisation.

2 MISSION

Objectif

- Etude de sol pour la voirie d'un lotissement de 6 lots.

Documents et plans reçus

- pour le site : plan de situation.
- pour le projet : plan de masse.

Contenu (Norme NF P 94 500 novembre 2013)

Investigations

- Sondages et prospections conformes au devis.
- Concerne : l'emprise de la voirie.
- Hors mission : les lots.

G1 ES

G1 PGC

G2 AVP

- Concerne : le pré-dimensionnement de la voirie du lotissement.
- Hors mission : l'étude de travaux spéciaux (soutènements, fondations profondes...).

Exclu de l'étude :

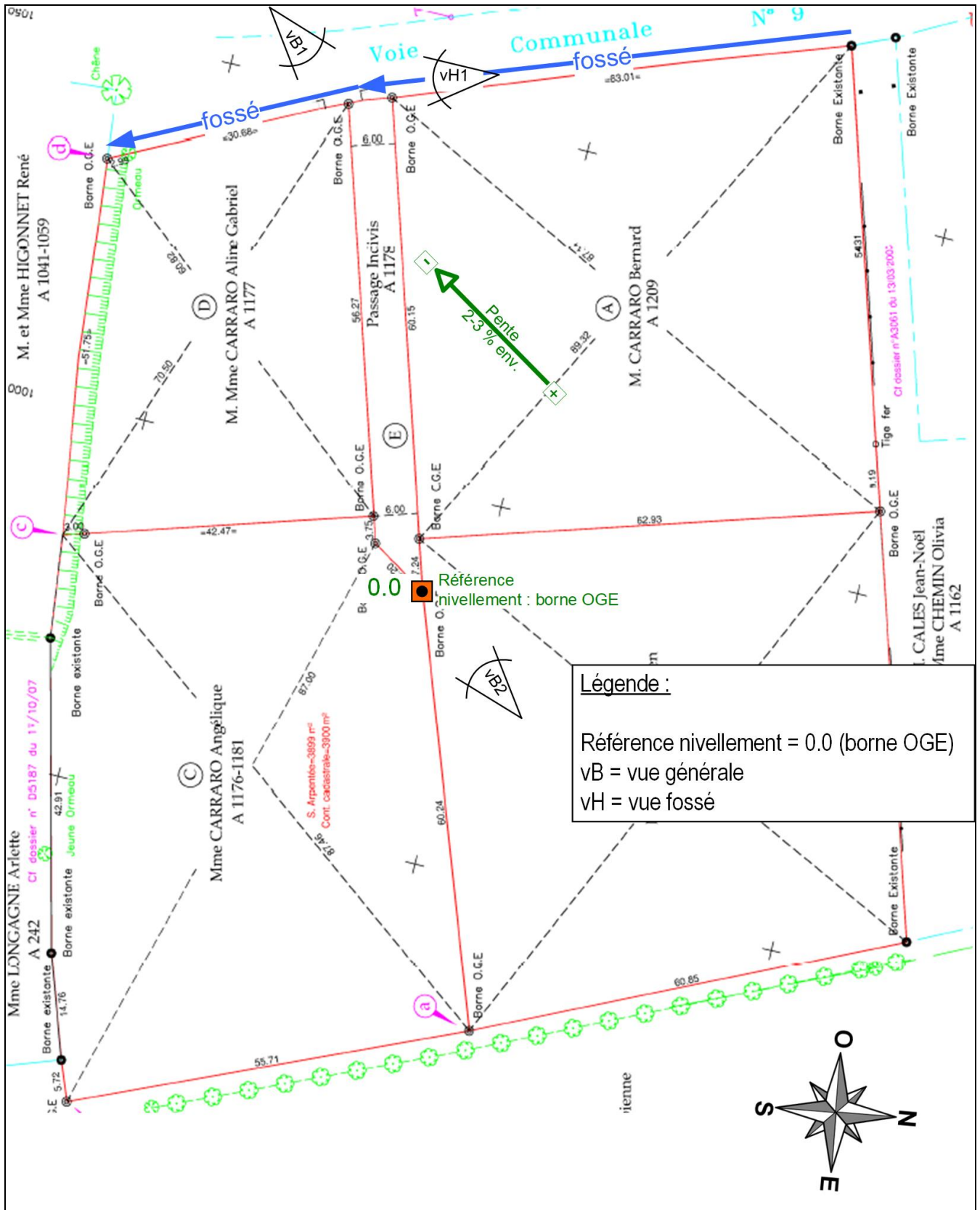
- diagnostic pollution du site.
- étude hydrogéologique (évolution de la présence d'eau, suivi des nappes...).
- toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques.

Voir les conditions d'utilisation du rapport ainsi que les limites et pertinence des informations concernant l'eau en annexes et chapitre 7 paragraphe drainage.

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.

3 DESCRIPTION DU PROJET SOUMIS A L'ETUDE

Voirie



Commentaires ou hypothèses formulés sur la base des documents reçus

Cote(s)

- niveau du TN au jour de l'intervention 0,0 à -1,8 : nivellement réalisé par Armasol

Terrassements induits pour tout le projet (hors fondations)

- Déblais : de moins de 0,5 m.
- Remblais : non significatif. L'évaluation des terrassements reste approximative.

Assainissement envisagé (hors étude) : • Pas d'information communiquée sur le traitement des eaux pluviales

4 ENQUETE DOCUMENTAIRE

4.1 SITUATION, RELIEF, PAYSAGE ET GEOLOGIE

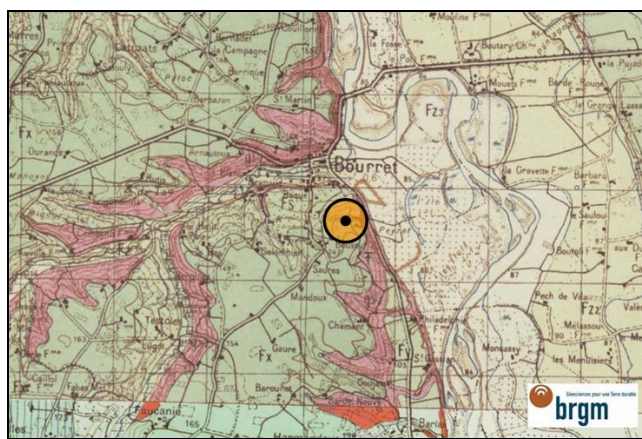
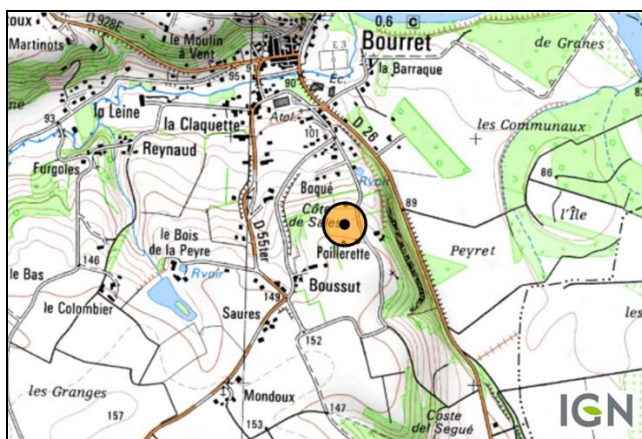
Situation

Adresse : Lieu-dit "La Paillarette" - Section A - Lots B-C-D-E - Bourret (82)

Coordonnées GPS : Lat. = 43,93793 Long. = 1,171524

Altitude moyenne : **145 m NGF**

Topographie : coteau



Contexte géologique (source BRGM)

Sol(s) présent(s) sur le site d'après la carte n° 930 :

Alluvions anciennes, constituées de limon et d'argile +/- graveleuses (Fx).

- Age : riss - Quaternaire ancien (-1,8 Ma à -10 000 ans)
- Retrait-gonflement : susceptibilité faible (dépt 82)

4.2 VUE AERIENNE



4.3 RISQUES NATURELS

Zone sismique : très faible (1)

Plans de prévention des risques naturels recensés sur la commune :

Type du plan :	Prescrit le	Mis à l'enquête le	Approuvé le
PPR Mouvement de terrain :			
• mouvement	28/12/2020	-	-
• affaissement	28/12/2020	-	-
• éboulement	28/12/2020	-	-
• glissement	28/12/2020	-	-
• tassement différentiel	24/04/2002	15/11/2004	25/04/2005
PPR Inondation :	09/06/1997	26/06/2000	19/07/1999

Arrêtés de catastrophe naturelle publiés pour l'ensemble de la commune depuis 1982 :

Type de risque (nombre) date du dernier événement pris en compte

- Tempête (1) 06/11/1982 au 10/11/1982
- Mouvements de terrain consécutifs à la sécheresse (1) 01/05/1989 au 31/12/1991
- Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain (1) 25/12/1999 au 29/12/1999
- Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols (4) 01/01/2012 au 30/09/2012
- Inondations et coulées de boue (5) 31/08/2015

Aléa retrait-gonflement des argiles :

L'aléa a été requalifié par le BRGM en **exposition moyenne** à partir du 01/01/2020

Autres informations sur les risques :

- Inondation (pour mémoire) : PPRi en vigueur sur la commune, veiller à respecter la réglementation constructive locale (www.georisques.gouv.fr).
- Site classé sans débordement de nappe ni d'inondation de cave (www.infoterre.brgm.fr).
- Potentiel radon : catégorie 1 (potentiel faible, consulter le site www.IRSN.fr)

Données sur l'eau :

- Pas de puits référencé par la BSS à proximité du projet (www.infoterre.brgm.fr).

5 INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES

5.1 PROSPECTION VISUELLE ET ENQUETE SUR SITE

Le site

Pente : irrégulière et inclinée vers le Sud-ouest de 2 à 3 % environ

Données sur l'eau

Présence d'eau sur le site : non détectée sur le site ou dans les sondages le jour de l'intervention

Tous ouvrages autour du site : présence d'un fossé en bordure ouest de site.

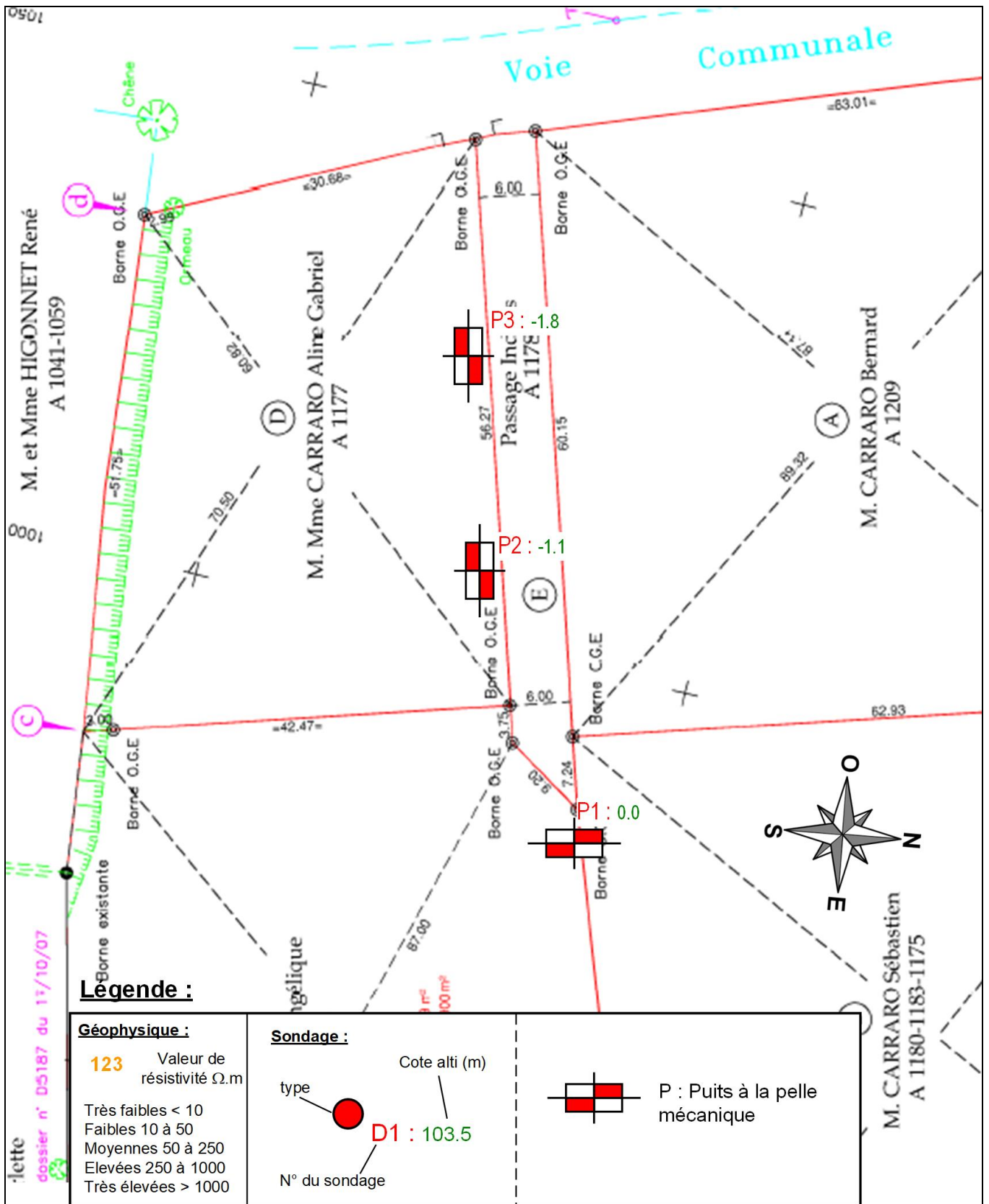


Sol : Argile limoneuse
prélevé en P1 entre 0,0 et 2,5 m/TN

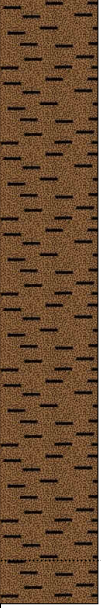







Sol : Grave argileuse
prélevé en P3 entre 0,8 et 2,3 m/TN

5.2 SONDAGES ET PROSPECTIONS



5.3 SONDAGES ET PRELEVEMENTS DE SOLS

Relevé des profils géologiques										
Commentaire		sondage à la pelle mécanique	sondage à la pelle mécanique	sondage à la pelle mécanique						
Cote (m)	Eau (m) Date Heure	P1 13/03/2023	P2 13/03/2023	P3 13/03/2023					Niveaux	
0,0		0,0	-1,1	-1,8						
-2,6				 						
-2,8	arrêt limite engin				2,8	0,8				
-3,4					arrêt volontaire	2,3				
-4,1						refus limite engin	2,3			
Sols  Argile limoneuse  Grave argileuse										
Eau			Niveaux							



Sol : Argile limoneuse
fouille en P1



Sol : Grave argileuse
fouille en P3

Récapitulatif des identifications selon GTR

Echantillon		Eau / état			Granulométrie			Argilosité /plasticité						Classe		
Sondage	Profondeur	Wn (0/50mm)	Wn (0/20mm)	IPi	Dmax (mm)	0/2mm / 0/50mm	0/ 80 μ / 0/50mm	VBS	WI	Wp	IP	IC	RI	Wr	GTR	Etat hydrique
P1	0.0-2.5	16,3%	-	15	20	98,8%	96,1%	3,7	-	-	-	-	-	-	A2	m à s
P3	0.8-2.3	12,6%	12,6%		80	47,3%	31,0%	3,0							B6	-

Observations :

6 SYNTHÈSE

6.1 SISMICITE

L'élément n'est pas un bâtiment, la réglementation parasismique est à préciser au cas par cas.

6.2 ZONE D'INFLUENCE GEOTECHNIQUE (ZIG)

La ZIG concerne l'élément et sa proximité immédiate (parties en limite des lots)

6.3 TERRASSEMENTS

Dans l'état actuel des informations en notre possession, les terrassements pour la création de la voirie de desserte vont être réalisés sur de faibles épaisseurs (inférieures à 1m). Ces terrassements intéresseront donc les horizons superficiels.

Nous rappelons qu'il convient de purger l'intégralité de la terre végétale et des sols remaniés ou remblayés.

D'éventuels hors profils seront rattrapés avec des matériaux adaptés soigneusement compactés selon les recommandations du GTR.

Les essais en laboratoire, réalisés sur les matériaux issus des sondages à la pelle mécanique P1 de 0,0 à 2,5m et P3 de 0,8m à 2,3m, ont permis de déterminer la classification des matériaux en place qui serviront d'assise à la future voirie.

Les échantillons analysés appartiennent

- à la classe GTR A2, argile limoneuse en état moyen à sec au moment des sondages
- à la classe GTR B6, grave argileuse (voir annexes).

Compte tenu des hauteurs de terrassements prévues, les terrains rencontrés seront principalement de type « sols meubles ».

Des arrivées d'eau depuis la surface en période pluvieuse sont prévisibles. Des dispositions spécifiques devront être prises pour assurer à tout moment la mise au sec de la plateforme (réseau drainant, etc.)

Les plates formes tant en remblais qu'en déblais devront être protégées contre les arrivées d'eau et dressées avec des pentes adéquates pour permettre l'évacuation des eaux pluviales vers un exutoire et éviter toute stagnation d'eau. Elles devront être éventuellement protégées contre l'érosion.

6.3.1 TRAFICABILITE DE L'ARASE DE TERRASSEMENTS

Compte tenu de la nature des sols rencontrés (principalement argilo-limoneux et sensibles à l'eau), des problèmes de traficabilité vont apparaître en période défavorable. L'entreprise de gros œuvre devra prendre toutes les précautions pour garantir la circulation des engins (piste en matériau d'apport insensible à l'eau, géotextile, engins sur chenille...).

Il est rappelé que, selon le GTR, la mise en œuvre correcte de la couche de forme nécessite une arase de terrassements ayant un module EV2 de l'ordre de 35 MPa pour une couche de forme en matériaux traités, et de 15 à 20 MPa pour une couche de forme en matériaux granulaires.

Si ces conditions ne sont pas obtenues en phase travaux, un traitement spécifique des sols d'assise sera nécessaire (traitement de sol en place, purges complémentaires, intercalation d'un géotextile de renforcement et de séparation (R+S), cloutage (en D80/100mm), etc.)

6.3.2 PORTANCE DES SOLS SUPPORTS

En fonction de la nature des sols rencontrés et de la saison des travaux, on peut s'attendre à des arases de type :

- PST2-AR1 (matériau dans un état hydrique moyen de bonne portance) dans le cadre de conditions météorologiques favorables.
- PST1-AR1 (matériaux humide sujets au matelassage) lors de conditions météorologiques défavorables et nécessitant un ou plusieurs des traitements vus au chapitre précédent pour être amenés en PST2/AR1
- AR0 (matériaux très humides – non traficables) lors de conditions très défavorables et nécessitant généralement la purge des matériaux.

Les travaux devront donc être réalisés de préférence en période climatique favorable.

A titre informatif, nous avons étudié le comportement du sol prélevé en P1, traité à 1,5% de chaux (voir annexes).

A la teneur en eau naturelle $W=17.6\%$ on mesure $IPI=15$ sur le matériau non-traité (état m à s).

Après modification pour mener le matériau à $W=18.3\%$ on mesure $IPI=4$ (état h)

Après traitement à 1,5% de chaux du matériau humidifié on mesure $IPI=12$ et $CBRi=24$

L'amélioration de portance est bonne (l'objectif du traitement à la chaux d'un matériau A2 pour remblai ou PST est d'obtenir $8 \leq IPI \leq 18$) et le rapport $CBRi/IPI > 1$ indique que le matériau traité résiste bien à l'immersion.

Un traitement à la chaux peut donc être appliqué à ces matériaux en PST, pour améliorer la portance de manière pérenne. (Attention, les valeurs obtenues ne suffisent pas pour définir les caractéristiques demandées pour l'emploi en couche de forme).

6.3.3 HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT

Les hypothèses de dimensionnement prises sont les suivantes :

- Trafic : T5, trafic compris entre 0 et 25 PL/jour/sens (trafic TC0)
- Durée de service : 15 ans
- Plateforme de type PF2 avec $50 \text{ MPa} \leq EV2 < 80 \text{ MPa}$

6.3.4 OBTENTION DE LA PLATEFORME

Après décapage des terres superficielles, d'après le guide du LCPC-SETRA « Réalisation des remblais et des couches de forme », pour obtenir une plateforme de type PF2 avec un EV2 \geq 50 MPa, sur une PST2-AR1 il faudra mettre en œuvre une épaisseur de 0.5 m de matériaux d'apport type D21 ou équivalent, épaisseur pouvant se réduire à 0.4 m avec la pose d'un géotextile R+S entre la PST et la couche de forme.

Le compactage des matériaux mis en place pour la constitution de la couche de forme devra être vérifié au moyen d'essais à la plaque.

D'après les essais d'identification réalisés, les matériaux prélevés ne peuvent pas être réutilisés en l'état pour réaliser la couche de forme.

Selon le guide de « Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques » du LCPC-SETRA de Janvier 2000, le traitement envisageable pour les sols rencontrés sur site de type A2 pour une utilisation en couche de forme est de 1,5%CaO + 7% C32,5.

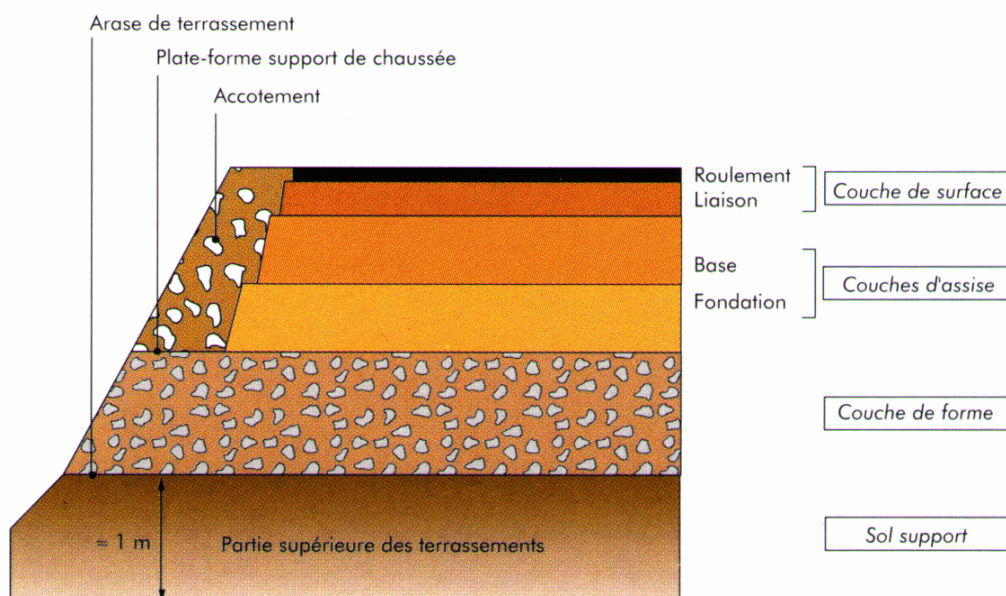
En phase travaux, des essais devront être réalisés pour s'assurer de l'état hydrique des matériaux extraits et adapter les dosages en conséquence si un traitement des sols en place pour une utilisation en couche de forme est envisagé.

Attention : le recours à une couche de forme traitée aux liants hydrauliques nécessite également que le maître d'œuvre puisse interdire la circulation sur chantier pendant un délai de 10 jours à partir de la mise en œuvre de celle-ci (délai ajustable en fonction des résultats de l'étude).

STRUCTURES DE CHAUSSEE

Pour l'ébauche dimensionnelle des structures de chaussée, nous avons utilisé le « **Guide de conception et dimensionnement des chaussées – Grand Lyon** ».

Rappel : constitution d'une chaussée



Exemples de structure de chaussée :

La vocation de la voie étant de type desserte et le trafic étant faible, il est possible de s'orienter vers une voirie à structure souple.

Guide	Guide de conception et dimensionnement des chaussées – Grand Lyon	
Couche de surface	4 à 5 cm BBCS	ESU
Assise ou fondation	20 cm GNT 0/31.5	30 cm GNT 0/31.5
Couche de forme	50 cm (matériau de type D21 ou D31) ou 40 cm (matériau de type D21 ou D31) avec mise en place d'un géotextile	50 cm (matériau de type D21 ou D31) ou 40 cm (matériau de type D21 ou D31) avec mise en place d'un géotextile
Portance couche de forme à atteindre	PF2 = 50 MPa	PF2 = 50 MPa
Nature du fond de forme	Argiles limoneuses	Argiles limoneuses

* abréviations du tableau précédent

Désignation	Produit	Norme
BBCS	Béton Bitumineux à Chaussée Souple	NF EN 13-108-1
ESU	Enduit Superficiel d'Usure	NF EN 13-108-1
GNT	Grave Non Traité	NF P 98-115

Les structures de chaussées proposées répondent aux critères de dimensionnement pour les hypothèses de calcul utilisées (trafic, PF, etc.).

L'Entreprise pourra proposer des structures différentes dans la mesure où elles sont équivalentes (à justifier par note technique).

La structure de chaussée devra être vérifiée en fonction de la circulation effectivement prévue sur les voiries et de la tenue au gel.

COMMENTAIRES

Lors de la réalisation des travaux, la plus grande attention sera portée sur les points suivants :

- Contrôle du niveau de portance de la plateforme
- Respect des épaisseurs préconisées
- Contrôle de la qualité des matériaux mis en œuvre et de leur compacité

7 CONCLUSION

	FACTEURS FAVORABLES	FACTEURS DEFAVORABLES
Site		<ul style="list-style-type: none">• terrassements : sol dégradable par l'eau et les engins• présence d'eau : possible par rétention sur la plateforme• assainissement : sol peu perméable inadapté à l'infiltration sur site des EP et EU
Sol	<ul style="list-style-type: none">• pas d'eau détectée : le jour de l'intervention sur site	

Conclusion

Pour cette étude, l'avis géotechnique est positif sous réserve de traiter les risques identifiés.

Mise en œuvre par conditions météorologiques favorables.

Les facteurs défavorables identifiés ci-dessus devront faire l'objet d'une vigilance particulière et d'une adaptation du projet pour en limiter les conséquences.

Le ou les PPR existants sur la commune devront être consultés et appliqués au projet si nécessaire.

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.

Méthode ARMASOL

La méthode Armasol est basée sur la recherche et le traitement de l'hétérogénéité des sols, à l'origine des tassements différentiels. Les conséquences sont plus graves pour des ouvrages complexes ou sensibles.

Pour toutes les constructions, et plus spécialement lorsque les descentes de charges sont peu importantes, des solutions de fondations superficielles sont avant tout recherchées. Elles nécessitent souvent d'associer une rigidification de la structure à des protections périphériques (en particulier contre les variations hydriques).

Dans certains cas ou pour s'affranchir des aléas liés à l'exécution ou aux risques naturels (ex : argiles, eau...) des fondations profondes seront ou pourront être proposées. Elles feront appel à des techniques et des études spécifiques et seront mises en œuvre par des Entreprises spécialisées.

Limites et utilisation de ce document

Toute utilisation ou interprétation partielle de ce document, omission des sources de renseignement citées, ou non-respect de la réglementation en vigueur et des règles de l'Art constitue une contrefaçon. Cette contrefaçon engage uniquement la responsabilité de son auteur, et elle est susceptible de porter atteinte à la fiabilité de la construction et d'aboutir à un sinistre. Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite. [Article L122-4](#).

Missions géotechniques

Le projet doit former un ensemble cohérent entre la construction et la prise en compte des risques naturels ou artificiels. Pour un fonctionnement fiable et pérenne de cet ensemble le projet doit être conçu en concertation entre la maîtrise d'œuvre (assurée en fonction des cas par le Constructeur, l'architecte, l'Entreprise...), l'ingénierie géotechnique et structure ainsi que les Entreprises.

Au stade actuel du projet, le document propose la solution qui semble être la plus adaptée. En fonction de l'évolution du projet, cette solution pourra devenir inadaptée (rapport caduc et non valable) et devra faire l'objet d'un réexamen (ex : changements d'implantation, de forme, de niveaux, de terrassements...).

Comme le prévoit la norme sur les missions géotechniques, la mission G2 AVP seule ne permet pas d'amener le projet à l'exécution.

Les missions géotechniques visent à identifier, évaluer, traiter les aléas liés à la conception, la réalisation, l'exécution et la maintenance de l'ouvrage.

Nous rappelons que : « le sous-sol est par sa nature même le domaine privilégié des incertitudes parce qu'il n'est pas visible, parce qu'il est hétérogène et que les risques géotechniques

associés sont parfois difficiles à identifier avant leur survenance. » (Extrait de la norme NFP 94-500 version 2013).

Tout élément nouveau ainsi que tout incident important survenu en cours de travaux engendrant un risque vis-à-vis de l'ouvrage sera impérativement signalé à ARMASOL afin d'être évalué, réduit ou annulé par des mesures appropriées. Cette méthodologie est conforme à la norme NFP94-500 et sera mise en œuvre en cas de découverte d'éléments nouveaux identifiés lors de reconnaissances complémentaires ou lors de l'exécution des fouilles et n'ayant pu être détecté lors des investigations géotechniques (exemple : cavité, hétérogénéité localisée, faille, remblais anciens ou récents, venue d'eau,...).

Cette méthodologie sera également appliquée en cas de risque lié à une exécution non conforme des travaux (exemple : fouilles non curées, phasage des terrassements non respecté, absence de prise en compte des avoisinants et des éléments de la ZIG, ...).

Tout élément non communiqué à FIMUREX concernant la survenance d'un aléa géologique en cours de chantier ne saurait lui être opposable. *Le contrôle du déroulement des travaux de construction et de la qualité de la réalisation s'appuie sur les opérations suivantes, lorsqu'elles sont pertinentes :*

- vérifier la validité des hypothèses de calcul
- identifier les différences entre l'état réel du terrain et les hypothèses de calcul ;
- vérifier la conformité des travaux au projet.

Références documentaires (liste non exhaustive)

Normes

- NF-P 94-500 : Missions géotechniques types
- NF-P 94-115 : Sondage au pénétromètre type B
- NF-P 11-300 : Classification des sols
- NF-P 11-211 : Fondations superficielles
- NF-P 11-711 : Calcul des fondations superficielles
- Eurocode 7 : Calcul géotechnique, règles générales

Sites internet

- www.infoterre.brgm.fr
- www.geoportail.fr
- www.inondationsnappes.fr
- www.prim.net
- www.argiles.fr
- www.cavites.fr

Données locales

- DDRM : dossier départemental des risques majeurs
- DCS : dossier communal synthétique des risques majeurs
- DICRIM : document d'information communal sur les risques majeurs
- PPR : plan de prévention des risques
- PLU : plan local d'urbanisme.

Complément d'informations et de préconisations

Correspondant à chaque partie

Chapitre 5 Données géologiques issues du BRGM

La classification des sols argileux, leur susceptibilité et leur aléa sont définis par le B.R.G.M. avec trois critères principaux : lithologie, minéralogie de la phase argileuse, comportement géotechnique en laboratoire.

Ceci a conduit le B.R.G.M. à éditer les cartes et les rapports départementaux accessibles au public sur le site www.argiles.fr.

Chapitre 5 Risques naturels

Important : cette partie traite uniquement des risques naturels.

Elle ne correspond pas au formulaire* de l'état des risques naturels et technologiques (* disponible sur le site www.prim.net).

Les données de ce paragraphe sont mises à jour à partir des documents et bases de données élaborés principalement par le MEEDDAT www.developpement-durable.gouv.fr et le BRGM www.brgm.fr.

Ces sources sont enrichies quotidiennement pour certaines d'entre elles, **une mise à jour est à effectuer régulièrement. Les données sont un résumé de ces sources qu'elles ne remplacent pas** : l'objectif dans ce document est de participer à l'information préventive sur les risques naturels au droit du site et dans son environnement.

Synthèse pour la commune de données récentes extraites de la base GASPARD du MEEDDAT

Des informations réglementaires sont également contenues dans les documents suivants :

- Initiés par le Préfet : **D.D.R.M.** (Dossier Départemental des Risques Majeurs) édition du 20/05/1996 et **D.C.S.** (Dossier Communal Synthétique des risques majeurs)
- Initié par le Maire : **D.I.C.R.I.M** (Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs)
- Initiés par le Préfet : **P.P.R.** (Plan de Prévention des Risques, anc. P.E.R., R111.3, PSS, PZI...).

Le B.R.G.M. demande de préciser que les cartes d'aléa sont destinées à servir de support pour des actions de prévention et qu'elles n'ont pas pour objet d'attester la présence ou l'absence de sol argileux au droit d'une parcelle. Leur échelle de précision et donc de validité est celle des données de base utilisées (à savoir, pour l'essentiel, les cartes géologiques éditées à l'échelle 1/50000) : elles donnent une indication sur la nature des formations argileuses affleurant dans le secteur de la parcelle considérée mais en aucun cas la nature lithologique exacte des terrains rencontrés au droit de cette parcelle.

Chapitre 7 Conception de la structure

Les caractéristiques de l'ouvrage prévu seront comparées par le maître d'œuvre et le BET Structure à ce qui est demandé dans ce document. Si nécessaire des modifications seront apportées. Une structure est plus ou moins rigide (forme, conception, armatures...). Par exemple, un ouvrage de forme simple sur vide sanitaire en zone sismique est par nature rigide. Cette partie sera à préciser en mission G2 avec le géotechnicien en fonction des choix constructifs.

Chapitre 7 Préconisations complémentaires

Elles complètent l'avis et la conclusion détaillée en 4,1. Le contenu est amené à être complété et détaillé au fur et à mesure de l'enchaînement des missions géotechniques. Elles ne se substituent pas aux règles de construction en vigueur et aux dispositions constructives, instructions et exigences revendiquées par chaque corps de métier dans son domaine de compétences et de responsabilité : BET, terrassement, drainage, maçonnerie et gros œuvre, etc.

Chapitre 5 Données sur l'eau

Note importante : cette synthèse a pour objectif de regrouper les données sur l'eau susceptibles d'avoir une influence pour le projet. Elle est établie à l'issue d'une étude très courte dans le temps. Certaines données relatives au passé du site ne sont pas vérifiables, d'autres ne sont plus connues de mémoire d'homme. Des ouvrages de protection, d'aménagement et des travaux sont réalisés ou disparaissent dans le temps : tout organisme et toute personne qui a connaissance d'une information non rapportée dans ce document doit en informer le Maître de l'ouvrage ou son Maître d'Œuvre.

Présentation des missions d'ingénierie géotechnique NF P 94 500 novembre 2013 (extraits)

Tout site peut générer des incertitudes et risques géotechniques pouvant compromettre la réalisation d'un projet d'aménagement de site ou de construction d'ouvrage.

Les études géotechniques répondent à la nécessité d'identifier les incertitudes et risques induits et en réduire ainsi les impacts sur le projet ou les avoisinants par application, en phase conception, de mesures préventives et en phase réalisation, de dispositions correctives prédéfinies. Au fil des années, plusieurs facteurs ont évolué défavorablement :

- les terrains encore disponibles sont souvent de qualité géotechnique médiocre ;
- la complexité des projets augmente. Les nouvelles méthodes d'exécution sont souvent sophistiquées et s'adaptent mal aux incertitudes et risques géotechniques ;
- l'environnement et/ou le voisinage est de plus en plus sensible à toute perturbation. Ce constat justifie l'intervention de nombreux spécialistes, d'où des problèmes d'interfaces plus nombreux et une coordination difficile.

Devant cette complexité croissante des projets et des risques associés, une connaissance approfondie du sous-sol est requise. Or, le sous-sol est par nature le domaine privilégié des incertitudes parce qu'il n'est pas visible, parce qu'il est hétérogène et que les risques géotechniques associés sont parfois difficiles à identifier avant leur survenance.

La connaissance du contexte géologique et géotechnique du site et la prévision du comportement de l'ouvrage projeté (interaction sol-structure), tant en phase de réalisation que pendant sa durée de vie, sont donc primordiales pour assurer une bonne maîtrise des risques géotechniques inhérents à tout projet.

La **gestion des risques géotechniques est indispensable** pour fiabiliser le délai de réalisation, le coût final et la qualité de l'ouvrage, en toute sécurité et à la satisfaction du voisinage : **elle doit être permanente (mise à jour au fur et à mesure du déroulement des phases de conception et de réalisation du projet) et comporter les trois volets habituels pour toute gestion efficace des risques : identification, évaluation, traitement.**

L'expérience montre que tout investissement fait par le maître d'ouvrage en phase de conception permet une meilleure maîtrise des risques et des coûts liés au site et aux sols, comme le montre par exemple, l'approche quantitative faite pour les ouvrages souterrains.

Classification des missions types d'ingénierie géotechnique

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

ÉTAPE 1 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES PREALABLES (G1)

Ces missions excluent toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre d'une mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elles sont à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elles comprennent deux phases :

Phase ETUDE DE SITE (G1ES)

Réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS, elle permet 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 un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser, en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase PRINCIPES GENERAUX DE CONSTRUCTION (G1 PGC)

Réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS elle permet de réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées :

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

ÉTAPE 2 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE CONCEPTION (G2)

Elles permettent l'élaboration des projets des ouvrages géotechniques et réduisent les conséquences des risques géologiques importants identifiés. Elles sont à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et sont réalisées en étroite collaboration avec la maîtrise d'œuvre. Elles comprennent trois phases :

Phase Avant-Projet (G2 AVP)

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

- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser, 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 (G2 PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées. Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser, 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 (G2 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 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXÉCUTION (G3)

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

Phase Étude

- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser, 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).
- Etablir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO).

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXÉCUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

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		
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

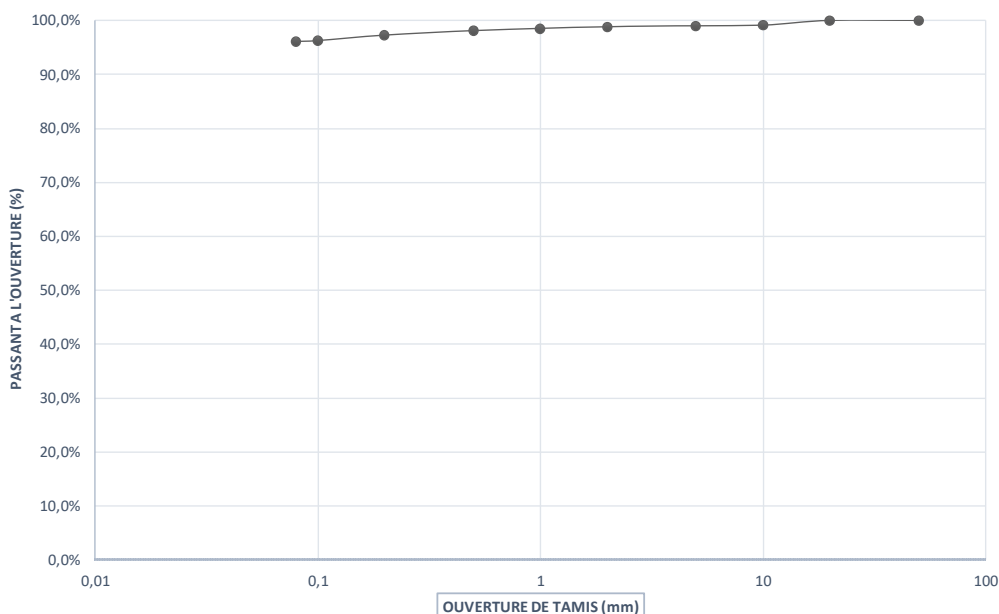
RESULTATS D'ESSAIS POUR IDENTIFICATION D'UN SOL

Sondage : P1	Profondeur : 0.0-2.5	Nature: Argile limoneuse
------------------------	--------------------------------	------------------------------------

Analyse granulométrique par tamisage à sec après lavage NF P 94-056

date de l'essai : 13/03/2023

TAMIS (mm)				100	80	50	20	10	5	2	1	0,5	0,2	0,1	0,08
PASSANT (%)				100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	99,1%	99,0%	98,8%	98,5%	98,1%	97,3%	96,3%	96,1%
REFUS (%)				0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,9%	1,0%	1,2%	1,5%	1,9%	2,7%	3,7%	3,9%



fraction 0/2mm dans la fraction 0/50mm **98,8%**

fraction 0/80μ dans la fraction 0/50mm **96,1%**

D MAX (mm) **20**

Teneur en eau pondérale de l'échantillon NF P 94 050	
date de l'essai :	13/03/2023
fraction 0/50mm (Wn)	16,3%
fraction 0/20mm	-
fraction 0/0,4mm	

Détermination de l'activité argileuse Essai au bleu de méthylène (NF P 94 068)	
date de l'essai :	13/03/2023
fract 0/5mm dans la fract 0/50mm (C)	99,0%
valeur de bleu du sol (VBS)	3,7

Indice IPI (NF P 94-078)	
Compactage : Proctor normal - Moule : CBR	
date de l'essai :	13/03/2023
densité sèche pd (t / m ³)	-
IPI	15

Limites d'Atterberg (NF P 94 051)	
date de l'essai :	13/03/2023
Limite de liquidité (méthode à la coupelle)	-
Limite de plasticité	-
Indice de plasticité (IP)	-
Indice de consistance (IC) :	-

Classification GTR : A2

Etat hydrique : m à s

Analyse de l'amélioration de portance apportée par un traitement à la chaux

Sondage : P1	Profondeur : 0.0-2.5	Nature: Argile limoneuse
-----------------	-------------------------	-----------------------------

dates de l'essai : 13-23 Mars 2023

Echantillon à Wn

teneur en eau fraction 0/50mm
teneur en eau fraction 0/20mm

masse volumique sèche (T/m³)
selon mode opératoire CBR et IPI
IPI mesuré

Echantillon humidifié

teneur en eau fraction 0/20mm

masse volumique sèche (T/m³)
selon mode opératoire CBR et IPI
IPI mesuré

Echantillon humidifié Traité à 1,5% de chaux

teneur en eau fraction 0/20mm avant immersion
teneur en eau fraction 0/20mm après immersion
gonflement mesuré

masse volumique sèche (T/m³)
selon mode opératoire CBR et IPI
IPI mesuré
CBR mesuré
CBRi/IPI

Résultat : traitement adapté

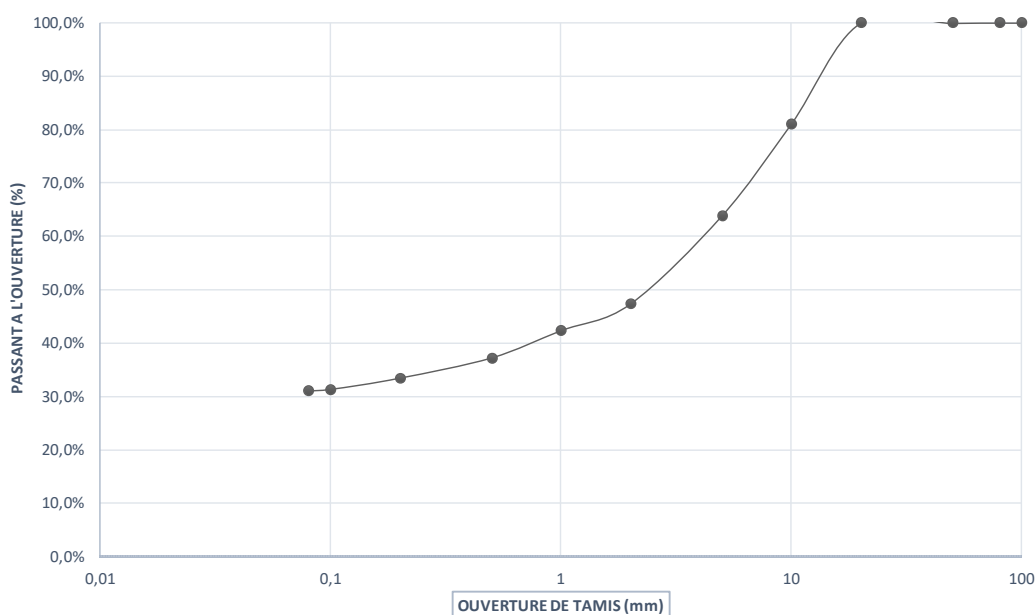
RESULTATS D'ESSAIS POUR IDENTIFICATION D'UN SOL

Sondage : **P3** Profondeur : **0.8-2.3** Nature: **Grave Argileuse**

Analyse granulométrique par tamisage à sec après lavage NF P 94-056

date de l'essai : 13/03/2023

TAMIS (mm)				100	80	50	20	10	5	2	1	0,5	0,2	0,1	0,08
PASSANT (%)				100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	81,0%	63,8%	47,3%	42,2%	37,2%	33,3%	31,2%	31,0%
REFUS (%)				0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	19,0%	36,2%	52,7%	57,8%	62,8%	66,7%	68,8%	69,0%



D MAX (mm) **80**

fraction 0/2mm dans la fraction 0/50mm **47,3%**

fraction 0/80µ dans la fraction 0/50mm **31,0%**

Teneur en eau pondérale de l'échantillon

NF P 94 050

date de l'essai : 13/03/2023

fraction 0/50mm (Wn) **12,6%**

fraction 0/20mm

fraction 0/0,4mm

Détermination de l'activité argileuse

Essai au bleu de méthylène

NF P 94 068

date de l'essai : 13/03/2023

fraction 0/5mm dans la fraction 0/50mm (C) **63,8%**

valeur de bleu du sol (VBS) **3,0**

Indice IPI

(NF P 94-078)

date de l'essai : 13/03/2023

Compactage : Proctor norma Moule : CBR

densité sèche pd (t / m³)

IPI

Classification GTR : B6

Etat hydrique : -