



ETUDE GEOTECHNIQUE

Construction d'un lotissement

ETUDE PREALABLE (G1PGC) – lots

PHASE AVANT-PROJET (G2 AVP) – voirie

Lotissement Terres de Pastel

Moulin Pastelier

Teulat (81)

Projet réalisé par
SEE TY - 31



| Référence / Indice | Intervention | Document | Etabli par | Contrôlé par |
|--------------------|--------------|------------|------------------|----------------|
| AQU20F086GA | 16/07/2020 | 14/08/2020 | Mathieu SALANDRE | Adeline HÉRAUT |

Sommaire

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1 | Resumé | 3 |
| 2 | Introduction | 4 |
| 3 | Mission | 5 |
| 4 | Description du projet soumis à l'étude | 6 |
| 5 | Enquête documentaire | 8 |
| 5.1 | Situation, relief, paysage et géologie | 8 |
| 5.2 | Vue aérienne..... | 9 |
| 5.3 | Risques naturels | 9 |
| 6 | Investigations Géotechniques | 10 |
| 6.1 | Prospection visuelle et enquête sur site..... | 10 |
| 6.2 | Sondages et prospections..... | 11 |
| 6.3 | Géophysique..... | 12 |
| 6.4 | Sondages..... | 12 |
| 6.5 | Prélèvements de sols..... | 12 |
| 6.6 | Essais en laboratoire..... | 15 |
| 7 | Synthèse | 16 |
| 7.1 | Lotissement : Lots n°1 à 9 avec maisons individuelles - mission G1 PGC | 16 |
| 7.2 | Voirie..... | 19 |
| 7.3 | Préconisations générales..... | 23 |
| 8 | Conclusion | 25 |
| 9 | Annexes | 26 |

1 RESUME

Attention, ce **résumé** ne couvre pas les risques ou autres aléas potentiellement présents sur le site et pouvant faire l'objet d'adaptations spécifiques. L'ensemble du rapport devra être appliqué pour assurer une parfaite adaptation du projet.

| | |
|--|---|
| <u>Sismicité</u> Le site étant classé en zone 1, la réglementation parasismique n'est pas applicable. | |
| <u>Zone d'influence géotechnique (ZIG)</u> La ZIG sera définie en mission G2 AVP pour chaque lot à partir des plans de projet et en fonction de leur implantation, de leur typologie et des terrassements envisagés. | <u>Terrassements</u> Sol dégradé par les engins en présence d'eau : réaliser les travaux en période sèche et réaliser une plate-forme en légère pente avec exutoire. |
| <u>Drainage</u> Objectif : protection de l'ouvrage (parties enterrées) et des sols de fondation contre la dégradation des caractéristiques mécaniques en évitant les stagnations d'eau dans le vide sanitaire. Principe : protection des sols support de fondation par un drainage éloigné des fondations du projet associé à une collecte des eaux de toitures (réalisation de trottoirs périphériques étanches éventuels). | <u>Niveau bas</u> Compte-tenu de la présence de sols plus ou moins remaniés en surface et de sols fins dégradables et sensibles à l'eau, il est recommandé de réaliser des planchers portés sur vide sanitaire. |
| <u>Fondations</u> Type : semelles filantes et/ou isolées solidarisées (longrines de rattachement) Résistance dynamique qd > 6 MPa Sol d'ancrage : Molasse marno-gréseuse bariolée beige/gris clair Ancrage 0,3 m. Encastrement : à partir de 1.0 jusqu'à 1,5 m / terrain naturel avant travaux. Protections : <ul style="list-style-type: none">• hors gel (selon le département et l'altitude)• hors dessiccation : 0.8 m (sol marno-gréseux A1). | |
| <u>Adaptation(s) structurelle(s)</u> Rigidification de la structure en privilégiant la partie basse | |

2 INTRODUCTION

Intervenants

| | Coordonnées | | |
|---------------------------|-------------|------------|------------|
| Maître d'ouvrage | SEE TY - 31 | | |
| Entreprise / Constructeur | SEE TY - 31 | | |
| | | Devis le | Commande |
| Client | SEE TY | 26/06/2020 | 30/06/2020 |

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 : 7356000 / 002 66408/26

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.

3 MISSION

Objectif

- G2AVP pour la voirie et G1PGC pour les lots libres.

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.

G1 ES

G1 PGC

- **Concerne** : les lots libres.

G2 AVP

- **Concerne** : la voirie.

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.

Commentaires ou hypothèses formulés sur la base des documents reçus

Structure(s)

- **Niveau bas** : non précisé.

Cote(s)

- Niveau du TN au jour de l'intervention 0,0 à -2,9 : nivellement réalisé par Armasol

Terrassements induits pour tout le projet (hors fondations)

- Les terrassements ne sont pas connus à ce stade du projet.
- Pour la voirie, ils devraient rester limités afin de suivre au maximum le profil du terrain naturel existant.

Assainissement envisagé (hors étude) :

- Aucune information communiquée sur le traitement des eaux (EU/EP).

5 ENQUETE DOCUMENTAIRE

5.1 SITUATION, RELIEF, PAYSAGE ET GEOLOGIE

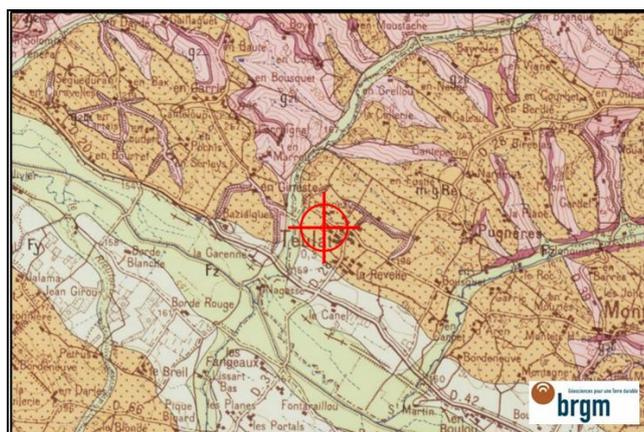
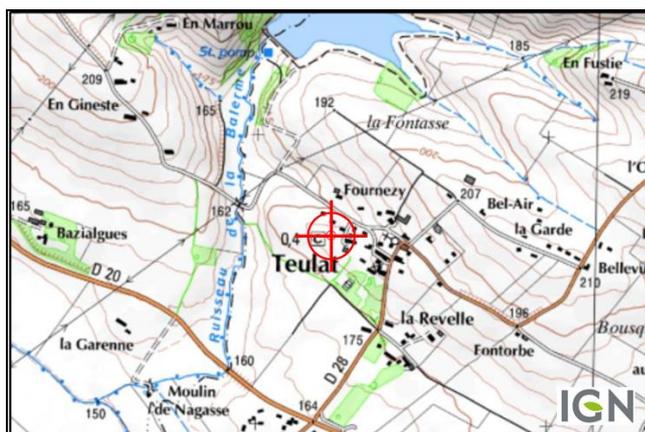
Situation

Adresse : Moulin Pastelier - Teulat (81)

Coordonnées GPS : Lat. = 43,635974 Long. = 1,695267

Altitude moyenne : **180 m NGF** (min: 179 max: 182)

Topographie : coteau.



Contexte géologique (source BRGM)

Sol(s) présent(s) sur le site d'après la carte n° 984 :

Formations de pente, éboulis et solifluxions, argiles, limons et sables issus de l'altération du substratum molassique sous-jacent (m-gRc).

- Age : würm à actuel indifférencié - Quaternaire (-1,8 Ma à actuel)
- Retrait-gonflement : susceptibilité moyenne (dépt 31)

Molasse, composée de deux bancs calcaires indurés blancs où s'intercalent une marne calcaire ocre ou jaune et un grès jaune à ciment calcaire dur. (g2b).

- Age : stampien (sens strict) - Tertiaire inf. (paléogène -65 à -23 Ma)
- Retrait-gonflement : susceptibilité moyenne (dépt 31)

5.2 VUE AERIENNE



5.3 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 : | | | |
| • tassement différentiel | 03/09/2003 | 25/09/2007 | 13/01/2009 |

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 différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols (4) 01/01/2012 au 31/12/2012

Aléa retrait-gonflement des argiles :

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

Données sur l'eau :

- Aucune donnée piézométrique référencée par la BSS à proximité du projet.
- Le site n'est pas dans une zone sujette aux débordements de nappe ni aux inondations de cave (www.infoterre.brgm.fr).

6 INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES

6.1 PROSPECTION VISUELLE ET ENQUETE SUR SITE

Le site

Pente : forme du terrain en "dos de cuillère" avec une pente générale de 3 % orientée vers l'ouest sur sa partie sud-ouest et vers le nord sur sa partie nord-est. La pente s'accroît fortement vers l'aval au niveau de la future voirie d'accès au lotissement.

Remaniements et terrassements en déblai : sol remanié superficiellement sur 0,4 à 0,5 m d'épaisseur par les travaux agricoles (terre cultivée).

Végétation : champ cultivé.

Données sur l'eau

Présence d'eau sur le site : non détectée sur le site ou dans les sondages le jour de l'intervention. Toutefois, compte-tenu de la pente et de la nature des sols observés, du ruissellement et des circulations d'eau ponctuelles peuvent se développer en période pluvieuse.

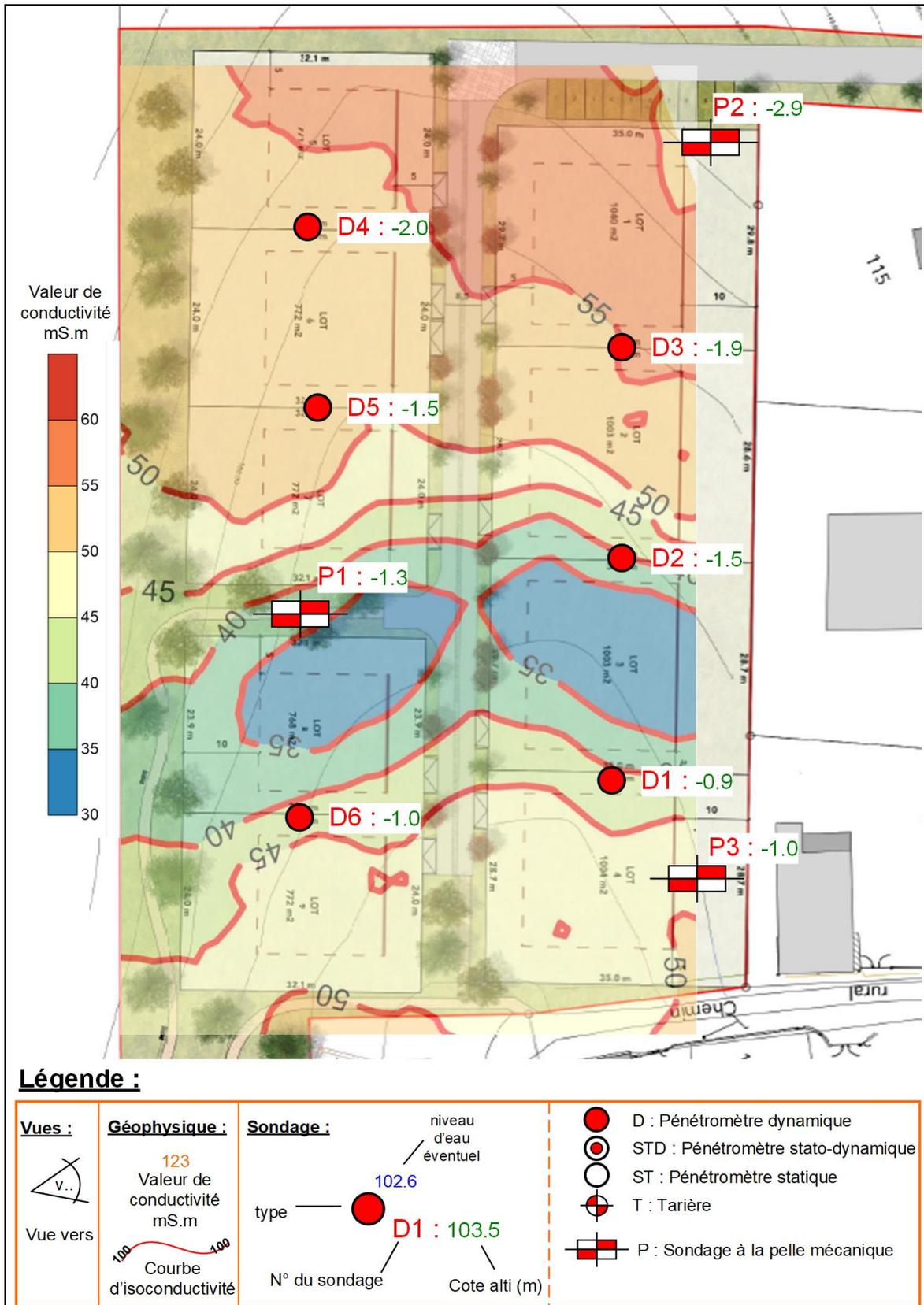


vB1 : vue vers le nord



vB2 : vue vers le sud

6.2 SONDAGES ET PROSPECTIONS



6.3 GEOPHYSIQUE

Conductivité électromagnétique :

Les valeurs mesurées sont élevées : 30 à 65 mS/m.

L'intervalle entre les courbes de même conductivité est assez régulier.

Dans l'ensemble, les valeurs sont légèrement plus faibles à proximité des sondages P1, D1, D2 et D6 mettant en évidence un sol de conductivité plus faible probablement moins argileux, plus limoneux voire sableux.

6.4 SONDAGES

Pénétromètre dynamique :

Les valeurs mesurées sont faibles à très élevées.

Pour l'ensemble de l'étude (min : 1,5 MPa, max : 35 MPa).

Ces valeurs de résistance sont partiellement supérieures à la résistance réelle en raison du frottement sur les tiges.

Sur toute l'étude, allure ressemblante des diagrammes avec des valeurs de résistances moyennes et croissantes dans la molasse argilo-sableuse marron-ocre puis croissantes plus rapidement au contact de la molasse marno-gréseuse devenant élevées à très élevées avec refus progressif en profondeur.

6.5 PRELEVEMENTS DE SOLS



Fouille en P3 (remblais)



Sol : Terre végétale argilo-limoneuse marron, remaniée
Prélevée en P1 entre 0,4 et 2,0 m/TN



Fouille en P2 (transition entre la molasse marron-ocre et gris-beige)



Molasse argilo-sableuse marron-ocre
Prélevée en P2 entre 0,4 et 1,0 m/TN



Fouille en P1 (molasse bariolée gris-beige)



Molasse marno-gréseuse bariolée gris-beige
Prélevée en P1 entre 0,4 et 2,0 m/TN

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 | P3 16/07/2020 | P1 16/07/2020 | P2 16/07/2020 | | | | | Niveaux |
| -1,0 | | -1,0 | -1,3 | -2,9 | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| Sols | | | | | | | | | |
| Eau | | | Niveaux | | | | | | |

6.6 ESSAIS EN LABORATOIRE

Deux prélèvements ont été effectués dans les fouilles à la pelle mécanique P1 et P2 pour réaliser des essais de caractérisation en laboratoire (GTR) selon la norme NF P 11-300.

Les résultats sont synthétisés dans le tableau ci-dessous et les fiches d'essais sont présentées en annexes.

| 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 | 0,4 à 2,0m | 11,4% | 11,4% | 25 | 20 | 91,1% | 54,9% | 1,8 | - | - | - | - | | | A1 | m à s |
| P2 | 0,4 à 1,0m | 17,0% | 17,0% | 14 | 10 | 98,3% | 74,1% | 5,0 | - | - | - | - | | | A2 | m |

Observations :

7 SYNTHÈSE

7.1 LOTISSEMENT : LOTS N°1 A 9 AVEC MAISONS INDIVIDUELLES - MISSION G1 PGC

7.1.1 SISMICITE

Le site étant classé en zone 1, la réglementation parasismique n'est pas applicable.

7.1.2 ZONE D'INFLUENCE GEOTECHNIQUE (ZIG)

La ZIG sera définie en mission G2 AVP pour chaque lot à partir des plans de projet et en fonction de leur implantation, de leur typologie et des terrassements envisagés.

7.1.3 TERRASSEMENT, SOUTÈNEMENT (PLEINE MASSE, PLATEFORME)

Ce qui est demandé :

- Sol dégradable par les engins en présence d'eau : réaliser les travaux en période sèche et réaliser une plateforme en légère pente avec exutoire.

Pentes de terrassements en première approche à **court terme** (hauteur maximum de 2 m) :
(Elles sont données à partir de la connaissance du site et sur la base des essais réalisés)



- Entreprise (engin préconisé) : pelle à chenilles
- Maître d'Œuvre et Entreprise : voisinage / terrassement, évolution des talus et des fouilles dans le temps, purge soignée de tous remblais en fond de fouille, rattrapage en béton si nécessaire.

7.1.4 HYDROGÉOLOGIE ET DRAINAGE

L'étude réalisée est ponctuelle et d'une représentativité limitée par les informations portées à notre connaissance et à la période de réalisation. Elle ne permet pas de se prononcer avec précision sur la présence de l'eau (origine, position, débit, périodicité). Cet aspect s'il conditionne la conception du projet devra faire l'objet d'une étude spécifique.

La conception des drainages s'ils sont nécessaires, revient à la maîtrise d'œuvre et pourra faire l'objet d'une mission spécifique (G2 PRO). Dans tous les cas, ils seront réalisés conformément au DTU 20.1.

Contexte hydrogéologique : versant avec ruissellement et venues d'eau

Ce contexte apparaît a priori favorable.

Présence d'eau sur le site : non détectée sur le site ou dans les sondages le jour de l'intervention. Toutefois, compte-tenu de la pente et de la nature des sols observés, du ruissellement et des circulations d'eau ponctuelles peuvent se développer en période pluvieuse.

Ordre de grandeur des perméabilités des sols rencontrés sur le site.

(valeurs indicatives variables en fonction de la teneur en eau)

Ces données ne pourront pas être utilisées dans le cadre de la définition (type et dimensionnement) des dispositifs de traitement des eaux usées ou pluviales. Si nécessaire, prévoir une étude spécifique

| Perméabilité (K) | mm/h | 15 | 30 | 50 | 200 | > 500 |
|--|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| | m/s | $4,1 \cdot 10^{-6}$ | $8,3 \cdot 10^{-6}$ | $1,4 \cdot 10^{-5}$ | $5,5 \cdot 10^{-5}$ | $> 1,4 \cdot 10^{-4}$ |
| Sols types | argileux | limoneux | sablo-limoneux | sableux | graveleux | |
| Capacité de traitement Eaux Usées | nulle | faible | favorable | favorable | défavorable | |
| Capacité d'infiltration Eaux Pluviales | nulle | mauvaise | faible | favorable | très favorable | |
| Terre végétale argilo-limoneuse marron, remaniée |  | | | | | |
| Molasse argilo-sableuse marron/ocre |  | | | | | |
| Molasse marno-gréseuse bariolée beige/gris clair |  | | | | | |

Gestion des eaux demandée :

Collecte

- **Objectif** : protection de l'ouvrage (parties enterrées) et des sols de fondation contre la dégradation des caractéristiques mécaniques en évitant les stagnations d'eau dans le vide sanitaire.
- **Principe** : protection des sols support de fondation par un drainage éloigné des fondations du projet associé à une collecte des eaux de toitures (réalisation de trottoirs périphériques étanches éventuels).

Evacuation des eaux

- En cas de rejet d'eau sur la parcelle (déconseillé), éloigner au maximum l'infiltration de l'ouvrage. L'objectif étant d'éviter le(s) risque(s) suivant(s) : , tassements différentiels par saturation locale des sols.

7.1.5 NIVEAU BAS

Compte-tenu de la présence de sols plus ou moins remaniés en surface et de sols fins dégradables et sensibles à l'eau, il est recommandé de réaliser des planchers portés sur vide sanitaire.

7.1.6 FONDATIONS PROPOSEES

Type : semelles filantes et/ou isolées solidarisées (longrines de rattachement).

Voir également la rigidification en adaptation de la structure.

Prévoir un bétonnage immédiat à l'ouverture des fouilles.

• **La valeur de contrainte sera déterminée en mission G2 AVP.**

Valeurs de résistance mécanique déduites des essais sur site :

Résistance DPSH-B (LX) qd = 6 MPa (NF 22476-2 annexe E)



Sol d'ancrage : Molasse marno-gréseuse bariolée beige/gris clair

- prévenir ARMASOL en cas de rencontre de sol différent
- nature exacte du sol de fondation à contrôler
- rattaché à 'Molasse'
- attention sol dégradable par l'eau ou les engins : perte des caractéristiques mécaniques

Particularités à prendre en compte pour l'exécution :

- méthode d'exécution : ancrage délicat du fait de la tenue ou de la profondeur des fouilles

Profondeurs jusqu'à la base des fondations :

Le schéma est à adapter aux valeurs ci-dessous

Encastrement : à partir de 1.0 jusqu'à 1,5 m / terrain naturel avant travaux.

Assurer l'ancrage en tout point au sein de la molasse marno-gréseuse compacte en veillant à respecter la règle des 3H/2V entre fondations à niveaux décalés.

- Profondeurs à adapter en fonction du niveau d'apparition du sol d'ancrage et des terrassements réalisés, soit au droit des sondages :

- 1,0 m/TN en D1 et P1,
- 1,1 m/TN en D5,
- 1,2 m/TN en P3,
- 1,3 m/TN en D2, D3, P2,
- 1,5 m/TN en D4 et D6.

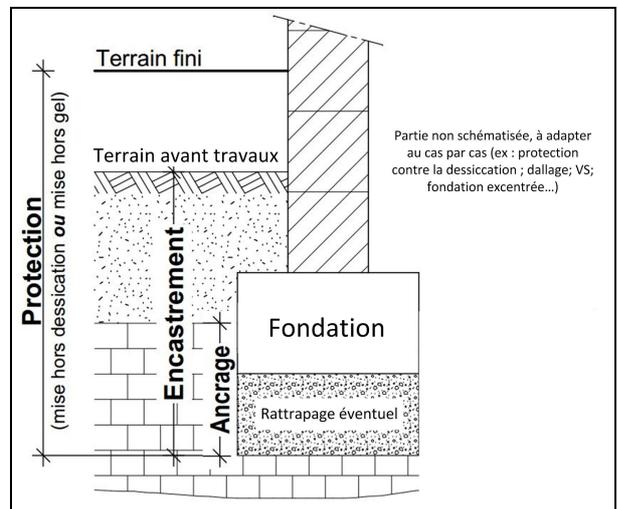
Surprofondeurs localisées prévisibles. Prévoir des rattrapages en gros béton.

Ancrage : 0,3 m.

Protection :

- hors gel (selon le département et l'altitude)
- hors dessiccation : 0.8 m.

Elle sera nécessairement complétée, en même temps et au cas par cas, par des dispositions constructives de protection.



7.1.7 ADAPTATION(S) STRUCTURELLE(S) :

Ce qui est demandé au minimum :

- **Rigidification de la structure en privilégiant la partie basse.**

Le niveau de rigidification sera précisé en mission G2AVP en fonction du projet envisagé sur chaque lot.

Contraintes géotechniques et environnementales :

- **Attention sol argileux : respecter les dispositions constructives données en fin de chapitre**

7.2 VOIRIE

7.2.1 TERRASSEMENTS

Dans l'état actuel des informations en notre possession, les terrassements pour la création de la voirie de desserte vont être réalisés sur des épaisseurs inférieures à 1,0 m. Ces terrassements intéresseront donc les horizons superficiels.

Nous rappelons qu'il convient de purger l'intégralité de la terre végétale ainsi que les 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, ont permis de déterminer la classification des matériaux en place qui serviront d'assise à la future voirie (voir résultats au paragraphe 6.6 et en annexe). Ils mettent en évidence des sols argilo-limoneux (classe GTR A2) surmontant des sols marno-sableux (classe GTR A1).

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

Des rétentions ou arrivées d'eau en période pluvieuse sont prévisibles. Des dispositions spécifiques devront être prises pour assurer à tout moment la mise au sec de la plateforme (pente de plate-forme, 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.

7.2.2 TRAFICABILITE DE L'ARASE DE TERRASSEMENTS)

Compte tenu de la nature des sols rencontrés (principalement limono-argileux 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 G.T.R., 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)

7.2.3 PORTANCE DES SOLS SUPPORTS

Compte tenu de la nature des sols rencontrés (argilo-limoneux de classe GTR A2 et marno-sableux de classe GTR A1), et en fonction 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 humides 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 P2, traité à 1,5% de chaux (voir annexes).
A la teneur en eau $W = 17,0 \%$ on mesure $IPI = 14$ sur le matériau non-traité (état m).
Sur matériau humidifié $W = 19,7\%$, on mesure $IPI = 8$.
Après modifications pour mener le matériau à $W = 19,7 \%$ et traitement à 1,5% de chaux, on mesure $IPI = 21,0$ et $CBR_i = 35$.
L'amélioration de portance est bonne (l'objectif du traitement à la chaux d'un matériau A2 pour remblai ou PST est d'obtenir $6 < IPI < 18$)
et le rapport $CBR_i/IPI > 1$ 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.

7.2.4 HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT

Les hypothèses de dimensionnement prises sont les suivantes :

- Trafic : T5, trafic compris entre 0 et 9 PL/jour/sens
- Durée de service : 15 ans
- Accroissement : 2 %
- Plateforme de type PF2 avec $50 \text{ MPa} \leq EV2 < 80 \text{ MPa}$

Le trafic est donc de type TC1.

7.2.5 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 $EV2 \geq 50 \text{ MPa}$, 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.

Une étude de traitement des sols peut être réalisée pour déterminer le dosage en chaux et/ou en liants hydrauliques pour utiliser les matériaux du site en couche de forme.

Selon le guide de « Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques » du LCPC-SETRA de Janvier 2000, à titre indicatif, le traitement envisageable pour une utilisation en couche de forme est de :

- 1% Cao + 7% $c_{32,5}$ pour les sols rencontrés sur site de type A1.
- 1.5% Cao + 7% $c_{32,5}$ pour les sols rencontrés sur site de type A2.

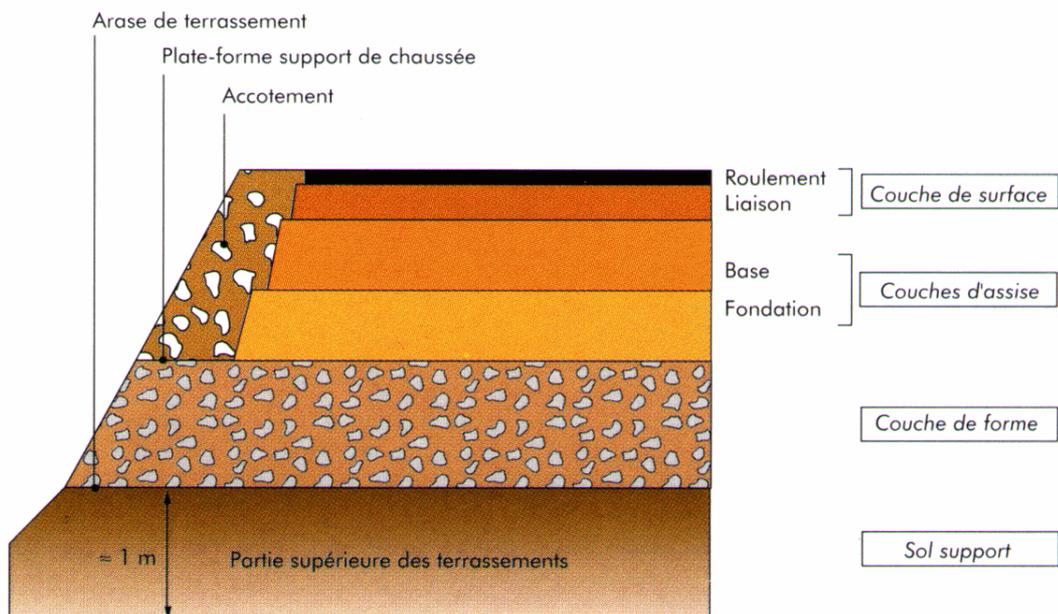
En phase travaux, des essais devront être réalisés pour s'assurer de l'état hydrique des matériaux extraits et adapter les dosages en conséquence si un traitement des sols en place pour une utilisation en couche de forme est envisagé.

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).

7.2.6 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 :

| Guide | Guide de conception et dimensionnement des chaussées Grand Lyon | |
|--------------------------------------|--|--|
| Couche de surface | 4 à 5 cm BBSG | ESU |
| Assise ou fondation | 15 cm Gnt 0/31.5 | 20 cm Gnt 0/31.5 |
| Couche de forme | 50 cm (matériau de type D21 ou D31) ou 40 cm avec géotextile (matériau de type D21 ou D31) | 50 cm (matériau de type D21 ou D31) ou 40 cm avec géotextile (matériau de type D21 ou D31) |
| Portance couche de forme à atteindre | PF2 = 50 MPa | PF2 = 50 MPa |
| Nature du fond de forme | Argiles limoneuses | Argiles limoneuses |

*Abréviations du tableau

| Désignation | Produit | Norme |
|-------------|-----------------------------|----------------|
| BBSG | Béton Bitumineux Semi-Grenu | NF EN 13-108-1 |
| ESU | Enduit Superficiel d'Usure | NF EN 13-108-1 |
| Gnt | Grave non traitée | 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.

7.3 PRECONISATIONS GENERALES

Attention sol argileux :

Dans le cadre de notre mission et au stade actuel du projet, voici ce qui est demandé aux personnes chargées de la conception et réalisation du projet, voir également le schéma du BRGM en annexes :

• l'adaptation précise ne relève pas de la phase G2 avant-projet. Il appartiendra à la maîtrise d'œuvre et/ou au maître d'ouvrage d'appliquer les principes ci-dessous et de les adapter en fonction du projet définitif, de l'aménagement du site et de son environnement.

• limiter au maximum les variations hydriques des sols sous et à proximité des fondations, quelle que soit l'origine de l'eau (apports naturels ou artificiels) : drainage adapté placé à 2 m minimum des fondations, collecte des eaux de toiture et de toutes les surfaces étanches autour de la construction. Rejet des eaux collectées vers un exutoire éloigné de la construction (pas d'infiltration à moins de 10 m du projet, en cas d'infiltration vérifier la perméabilité du sol par une étude spécifique). Tous les réseaux d'eau seront conçus pour encaisser des déformations (raccords souples).

• empêcher la dessiccation : géo-membrane périphérique, éloignement de la végétation (1,5 fois la taille de l'arbre adulte) ou écran anti-racine, protection du sol dans le VS, éloignement des sources de chaleur...

• en cas de construction en limite de propriété, les présentes conclusions et préconisations (drainage, éloignement de la végétation...) devront être adaptées à l'environnement définitif (arbres voisins conservés, rejets d'eau, etc.). En cas d'impossibilité de maîtriser les variations hydriques dans les sols de fondations, il conviendra de modifier le projet ou les fondations. A valider par un géotechnicien en mission G2PRO.

• adaptation du projet : rigidification de l'ensemble de la structure, création de joints au niveau des discontinuités structurelles (ex: changements de niveaux ; décrochés de façade, décalage de niveaux...).

Conception

Important :

**Utiliser du drain routier,
drainage agricole interdit.**

Drain « routier »
Crépines dirigées vers le haut



Fond plat étanche

Drain « agricole »
crépine tout le tour



• Les drainages seront réalisés conformément au DTU 20.1 : ils seront mis en œuvre dans les sols peu à pas perméables avec la possibilité de rejeter l'eau vers un exutoire éloigné des fondations. Extraits NF DTU 20.1 : « il appartient au maître d'œuvre de se faire préciser par le maître de l'ouvrage les exigences relatives aux conditions d'utilisation des locaux. Drainer chaque fois que le bâtiment est fondé sur une couche peu perméable ...évacuer d'une manière efficace les eaux collectées »

• Maître d'Œuvre : vérifier que le planning prévisionnel est compatible avec le phasage de la réalisation (préparation, saison au moment des travaux)

Exécution

- Maître d'Œuvre : vérifier que ce document est bien transmis aux intervenants concernés et qu'il est appliqué.
- Vérifier la cohérence du planning des travaux avec la mise en conditions favorables du chantier.
- Prévoir des moyens en réserve en cas de décalage à une période défavorable.

Maintenance

- Maître de l'ouvrage : veiller à la maintenance des ouvrages géotechniques (ex.: les drains périphériques, les soutènements, les protections périphériques contre le retrait et le gonflement des argiles)

8 CONCLUSION

| | FACTEURS FAVORABLES | FACTEURS DEFAVORABLES |
|------|---|--|
| Site | <ul style="list-style-type: none">• relief : faible pente (environ 3 %). | <ul style="list-style-type: none">• terrassements : sols dégradables par les engins en présence d'eau• présence d'eau : possible par ruissellement et rétention sur les plates-formes |
| Sol | <ul style="list-style-type: none">• homogène : en nature et en résistance• résistant peu profond• pas d'eau détectée : le jour de l'intervention sur site | <ul style="list-style-type: none">• minéraux argileux sensibles au retrait-gonflement |

Attention risque de retrait-gonflement des argiles : l'ouvrage devra scrupuleusement respecter les demandes de l'étude de sol. Les dispositions seront mises en œuvre sans décalage dans le temps. En cas d'impossibilité, il faudra revoir les présentes conclusions pour s'adapter aux contraintes techniques, architecturales ou environnementales.

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.

Les caractéristiques mécaniques des sols rencontrés permettent l'emploi de fondations superficielles. Veiller à ancrer les fondations en tout point au sein de la molasse marno-gréseuse compacte relevée à profondeur variable. Une étude G2 AVP sur chaque lot permettra de préciser les profondeurs des fondations des projets.

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.

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

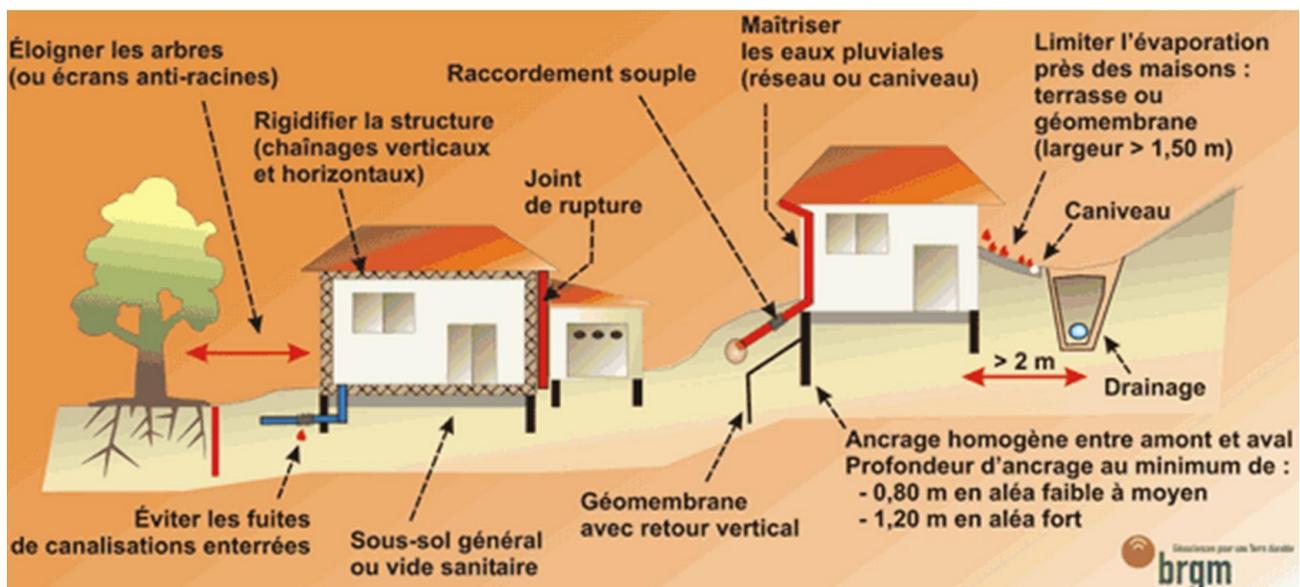
Les caractéristiques de l'ouvrage prévu seront comparées par le maître d'œuvre et le BET Structure à ce qui est demandé dans ce document. Si nécessaire des modifications seront apportées. Une structure est plus ou moins rigide (forme, conception, armatures...). Par exemple, un ouvrage de forme simple 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).

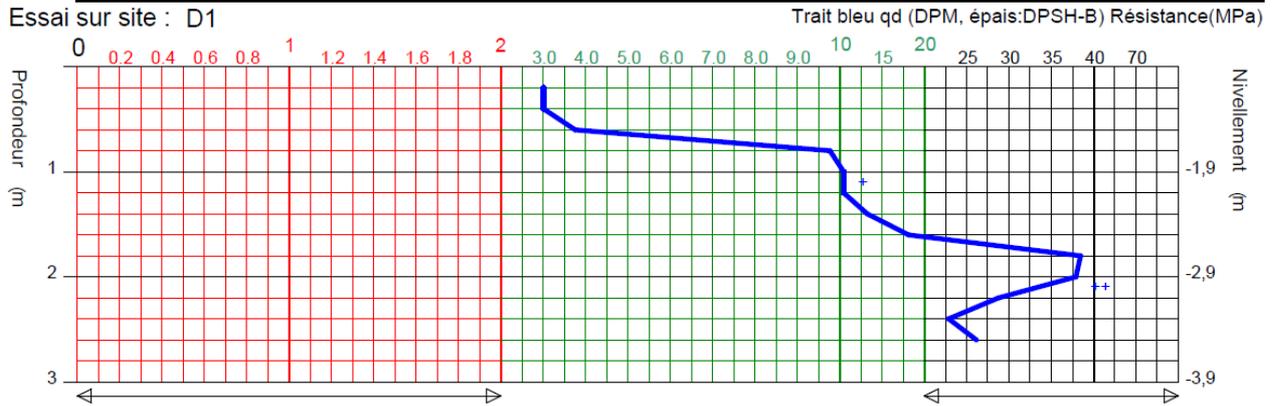
| Enchaînement des missions G1 à G4 | Phases de la maîtrise d'œuvre | Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission | | Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques | Niveau de management des risques géotechniques attendu | Prestations d'investigations géotechniques à réaliser |
|--|---|--|--|---|---|--|
| 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 |

Essais pénétrométriques

Solstice 9.25 2020

| | | | |
|---------|---------|-------------|----------|
| ARMASOL | Dossier | AQU20F086GA | Annexe A |
| | | | |

| | | |
|---|--|-------------------|
| Date: 16/07/2020 | Machine : ■ LX1 DYNAMIQUE | Nivellement: -0,9 |
| Norme NF 22476-2:2005 Battage 64 kg, pointe 20 cm ² , chute 75 cm (DPSH-B) ou 37,5 cm (~DPM) | | |



| | | |
|---|--|-------------------|
| Date: 16/07/2020 | Machine : ■ LX1 DYNAMIQUE | Nivellement: -1,5 |
| Norme NF 22476-2:2005 Battage 64 kg, pointe 20 cm ² , chute 75 cm (DPSH-B) ou 37,5 cm (~DPM) | | |



| | | |
|---|--|-------------------|
| Date: 16/07/2020 | Machine : ■ LX1 DYNAMIQUE | Nivellement: -1,9 |
| Norme NF 22476-2:2005 Battage 64 kg, pointe 20 cm ² , chute 75 cm (DPSH-B) ou 37,5 cm (~DPM) | | |



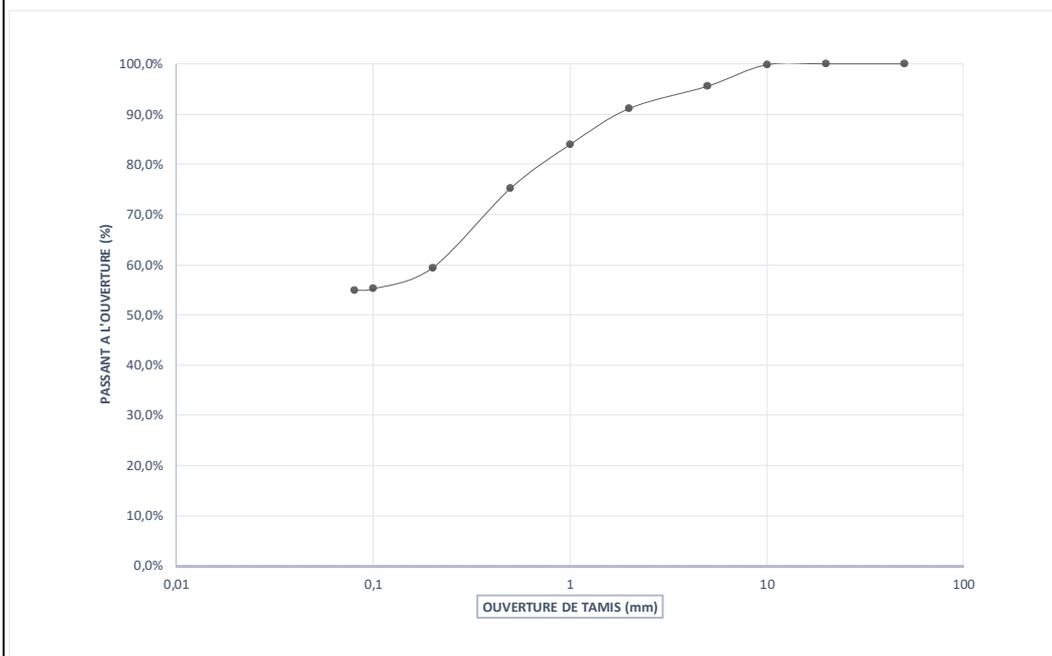
Annexe C

RESULTATS DES ESSAIS D'IDENTIFICATION

| | | |
|------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Sondage : P1 | Profondeur : 0,4 à 2,0m | Nature: Marne sableuse |
|------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|

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

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--|--|--|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| date de l'essai : 21/07/2020 | | | | | | | | | | | | | | | |
| TAMS (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% | 99,8% | 95,6% | 91,1% | 83,9% | 75,3% | 59,4% | 55,2% | 54,9% |
| REFUS (%) | | | | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,2% | 4,4% | 8,9% | 16,1% | 24,7% | 40,6% | 44,8% | 45,1% |



| | | |
|----------------------|---|--|
| D MAX (mm) 20 | fraction 0/2mm dans la fraction 0/50mm 91,1% | |
| | fraction 0/80μ dans la fraction 0/50mm 54,9% | |

| Teneur en eau pondérale de l'échantillon NF P 94 050 | |
|---|--------------|
| date de l'essai : | 21/07/2020 |
| fraction 0/50mm (Wn) | 11,4% |
| fraction 0/20mm | 11,4% |
| fraction 0/0,4mm | - |

| Détermination de l'activité argileuse Essai au bleu de méthylène (NF P 94 068) | |
|---|------------|
| date de l'essai : | 21/07/2020 |
| fraction 0/5mm dans la fraction 0/50mm (C) | 95,6% |
| valeur de bleu du sol (VBS) | 1,8 |

| Indice IPI (NF P 94-078) | |
|---|------------|
| Compactage : Proctor normal - Moule : CBR | |
| date de l'essai : | 21/07/2020 |
| densité sèche ρ_d (t / m ³) | 1,79 |
| IPI | 25 |

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

| | |
|--------------------------------|------------------------------|
| Classification GTR : A1 | Etat hydrique : m à s |
|--------------------------------|------------------------------|



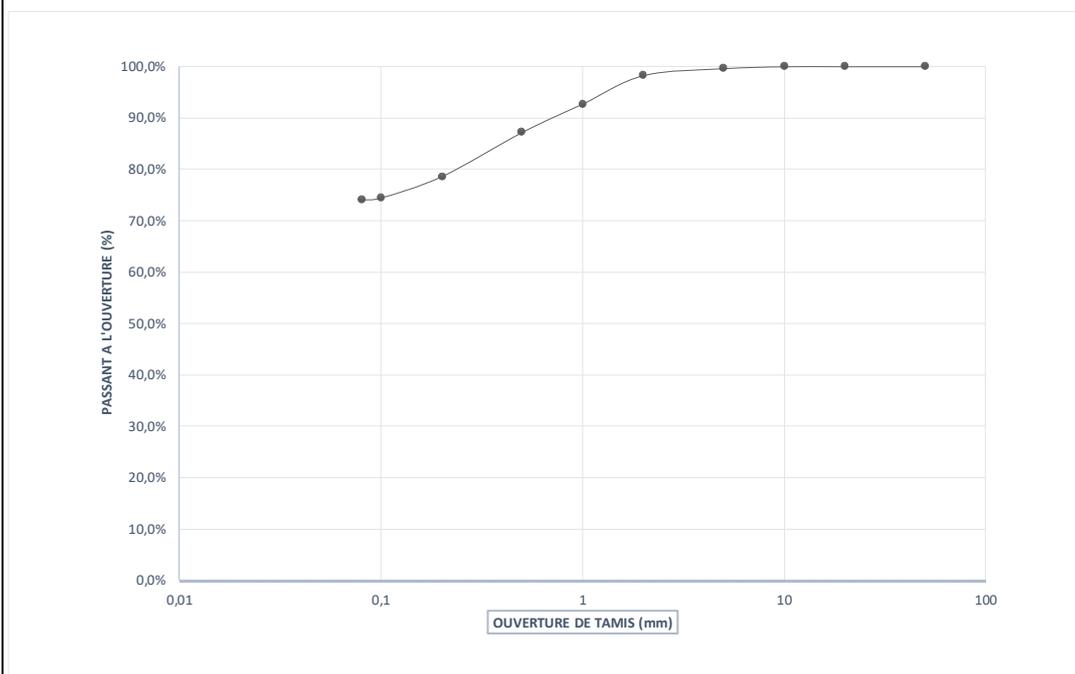
Annexe D

RESULTATS DES ESSAIS D'IDENTIFICATION

| | | |
|------------------------|-----------------------------------|--|
| Sondage : P2 | Profondeur : 0,4 à 1,0m | Nature: Argile sablo-limoneuse |
|------------------------|-----------------------------------|--|

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

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--|--|--|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| date de l'essai : 21/07/2020 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 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% | 100,0% | 99,6% | 98,3% | 92,7% | 87,2% | 78,6% | 74,4% | 74,1% |
| REFUS (%) | | | | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,4% | 1,7% | 7,3% | 12,8% | 21,4% | 25,6% | 25,9% |



D MAX (mm) **10**

fraction 0/2mm dans la fraction 0/50mm **98,3%**

fraction 0/80µ dans la fraction 0/50mm **74,1%**

| Teneur en eau pondérale de l'échantillon NF P 94 050 | |
|---|--------------|
| date de l'essai : | 21/07/2020 |
| fraction 0/50mm (Wn) | 17,0% |
| fraction 0/20mm | 17,0% |
| fraction 0/0,4mm | - |

| Détermination de l'activité argileuse Essai au bleu de méthylène (NF P 94 068) | |
|---|------------|
| date de l'essai : | 21/07/2020 |
| fract 0/5mm dans la fract 0/50mm (C) | 99,6% |
| valeur de bleu du sol (VBS) | 5,0 |

| Indice IPI (NF P 94-078) | |
|---|------------|
| Compactage : Proctor normal - Moule : CBR | |
| date de l'essai : | 21/07/2020 |
| densité sèche ρ_d (t / m ³) | 1,66 |
| IPI | 14 |

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

| | |
|--------------------------------|--------------------------|
| Classification GTR : A2 | Etat hydrique : m |
|--------------------------------|--------------------------|



Annexe E

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

| | | |
|------------------------|-----------------------------------|--|
| Sondage : P2 | Profondeur : 0,4 à 1,0m | Nature: Argile sablo-limoneuse |
|------------------------|-----------------------------------|--|

dates de l'essai : 24 au 28 / 07 / 2020

Echantillon à Wn

| | |
|---|--|
| teneur en eau fraction 0/50mm 17,0% | masse volumique sèche (T/m ³) 1,66 |
| teneur en eau fraction 0/20mm 17,0% | selon mode opératoire CBR et IPI 14 |
| | IPI mesuré 14 |

Echantillon humidifié

| | |
|---|--|
| teneur en eau fraction 0/20mm 19,7% | masse volumique sèche (T/m ³) 1,73 |
| | selon mode opératoire CBR et IPI 8 |
| | IPI mesuré 8 |

Echantillon humidifié Traité à 1,5% de chaux

| | |
|---|--|
| teneur en eau fraction 0/20mm 18,2% avant immersion | masse volumique sèche (T/m ³) 1,69 |
| teneur en eau fraction 0/20mm 22,7% | selon mode opératoire CBR et IPI 21 |
| gonflement mesuré 0,60% après immersion | IPI mesuré 21 |
| | CBR mesuré 35 |
| | CBRi/IPI 1,7 |

Résultat : traitement adapté