Agence de NASSIGNY
Z.A.C. de la Vauvre – Cellule n°1
03190 NASSIGNY

Tél : 04 70 06 58 66
Mail : contact03@geotechnique-sas.com

GÉOtechnique
sciences de la terre sas

RAPPORT D'ETUDE GEOTECHNIQUE **DE CONCEPTION G2 PHASE AVP**

Localisation
SAINT-GENES-CHAMPANELLE (63)
Route de Theix

Projet
Rénovation d'une fumière

Maître d'ouvrage
INRAE

REFERENCE : MGE 2026-02-155 - G2 AVP

Ind.	Date	Contenu	Rédacteur	Vérificateur	Observations
A	13/04/2026	34 pages + annexes	Maryse GAULUPEAU	Alexandra TEALDI	-

Référentiel document : v2.2 22/01/2024

PLAN DU RAPPORT

1. PRESENTATION 3
1.1. Définition de l'opération 3
1.2. Contrat – Mission géotechnique 3
1.3. Cadre réglementaire 4
1.4. Documents communiqués 4
1.5. Caractéristiques du projet 4
1.6. Caractéristiques générales du site 6
1.6.1. Localisation 6
1.6.2. Caractéristiques de la zone d'étude 7
1.6.3. Contexte géologique 8
1.7. Risques naturels 8
1.7.1. Risque d'inondation 8
1.7.2. Risque de remontée de nappe 9
1.7.3. Exposition au retrait-gonflement des argiles 9
1.7.4. Présence de cavités / risque karstique 10
1.7.5. Mouvements de terrains 10
1.7.6. Amiante naturelle 10
1.7.7. Risque sismique 10
2. INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES 11
2.1. Implantation et nivellement 11
2.2. Investigations réalisées 11
2.2.1. Sondages de reconnaissance 11
2.2.2. Essais en laboratoire 11
3. SYNTHESE GEOTECHNIQUE 12
3.1. Coupe stratigraphique du terrain - caractéristiques mécaniques 12
3.2. Résultats d'essais en laboratoire 13
3.3. Exposition au retrait-gonflement des sols argileux 14
3.4. Niveaux des eaux souterraines 14
4. APPLICATIONS GEOTECHNIQUES A L'AVANT-PROJET 15
4.1. Modèle géotechnique retenu 15
4.2. Conditions sismiques 15
4.2.1. Données réglementaires 15
4.2.2. Influence du sol 16
4.2.3. Catégorie de bâtiment 16
4.2.4. Risque de liquéfaction des sols 16
4.3. La zone d'influence géotechnique (ZIG) 17
4.4. Adaptations du projet aux conditions géotechniques 18
4.5. Adaptations vis-à-vis des avoisinants et mitoyens 19
4.6. Principes généraux de terrassements 20
4.6.1. Préambule 20
4.6.2. Recommandations générales 20
4.6.3. Travaux préparatoires 20

4.6.4. Aménagement des plateformes 21
4.6.5. Conditions d'utilisation de matériaux d'apport granulaires 22
4.6.6. Conditions d'utilisation de matériaux non naturels recyclés 23
4.6.7. Conditions de talutage 23

4.7. Ouvrage de soutènement 24

4.8. Solution n°1 : conception du niveau-bas 25
4.8.1. Assise du dallage, couche de forme 25
4.8.2. Critères de réception 26
4.8.3. Modèle géotechnique spécifique 26
4.8.4. Tassements prévisibles 26
4.8.5. Précautions concernant les réseaux enterrés 26

4.9. Solution n°1 : étude des fondations superficielles - Norme NF P94-261 27
4.9.1. Sol d'assise et conditions d'ancrage 27
4.9.2. Contraintes admissibles 27
4.9.3. Evaluation préliminaire des tassements 27
4.9.4. Conditions et précautions d'exécution des fondations 28
4.9.5. Remarques sur les murs qui font office de soutènement 29

4.10. Solution n°2 : étude de fondation par radier général 30
4.10.1. Assise du radier, couche de forme 30
4.10.2. Critères de réception 30
4.10.3. Modèle géotechnique spécifique 31
4.10.4. Contraintes admissibles 31
4.10.5. Evaluation préliminaire des tassements 31
4.10.6. Remarques complémentaires 31

4.11. Protection des ouvrages contre les eaux 32

5. ALEAS RESIDUELS ET RISQUES ASSOCIES 33
6. CONDITIONS GENERALES DE VALIDITE DU RAPPORT 34

Annexe 1 : **Extrait de la norme NF P94-500 de novembre 2013**
Annexe 2 : **Conditions de validité de l'étude**
Annexe 3 : **Implantation des sondages**
Annexe 4 : **Coupes de sondages**
Annexe 5 : **Essais en laboratoire**

Le présent document devient la propriété du client uniquement après paiement intégral de la prestation correspondante.

1. PRESENTATION

1.1. Définition de l'opération

Le Maitre d'Ouvrage envisage la rénovation d'une fumière sur un terrain situé à SAINT-GENES-CHAMPANELLE (63).

1.2. Contrat – Mission géotechnique

Notre offre d'étude géotechnique référencée MGE 2026-02-155 en date du 10/02/2026 a été acceptée le 24/02/2026 (bon de commande n°4500205368) par l'INRAE.

Conformément à notre offre et selon la norme AFNOR NF P 94-500 de novembre 2013, il s'agit d'une **mission géotechnique de conception** comprenant uniquement la **phase Avant-Projet** (G2 AVP).

Elle consiste à :

- Réaliser une enquête documentaire sur les sites institutionnels : GEOPORTAIL, INFOTERRE, GEORISQUES, ADES…
- Définir la zone d'influence géotechnique (ZIG) du projet.
- Donner la classification du site vis-à-vis de la réglementation sismique en vigueur et préciser le risque de liquéfaction des sols sous séisme si nécessaire.
- Réaliser un programme d'investigations géotechniques et en assurer le suivi technique.
- Établir la synthèse géotechnique à l'issue des investigations et le(s) modèle(s) géotechnique(s).
- Préciser les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet et donner les principes de construction envisageables concernant les terrassements, les fondations, le mode d'assise des structures au sol.
- Fournir une ébauche dimensionnelle des ouvrages géotechniques sur la base des modèles géotechniques retenus.
- Donner les dispositions générales vis-à-vis des eaux de surface, des eaux souterraines et des avoisinants.

Il convient de rappeler que les aspects non exhaustifs suivants ne font pas partie de la mission :

- Les études environnementales éventuelles (diagnostic de pollution, voisinage, etc…).
- La reconnaissance des anomalies géotechniques en dehors de l'emprise des investigations.

Concernant les eaux souterraines, les informations hydrogéologiques intégrées à la présente mission sont limitées aux résultats de l'enquête documentaire générale et au report des niveaux d'eaux mesurés en cours d'investigations. Si ces éléments peuvent être de nature à induire un éventuel impact sur le projet, une étude hydrogéologique spécifique pourra être réalisée dans les phases ultérieures d'études en adéquation avec les objectifs et les enjeux au regard du projet.

1.3. Cadre réglementaire

Les textes normatifs et documents de référence appliqués dans le cadre de cette étude sont les suivants :

- Eurocode 7 – Calculs géotechniques
- Norme NF P94-261 – Calcul Géotechnique – Fondations superficielles (février 2017)
- NF DTU 13.11 Fondations superficielles
- NF DTU 13.3 partie 3 - Dallages
- Guide Technique SETRA-LCPC « réalisation des remblais et des couches de formes » Fascicules I et II dit GTR 92
- Guide des Terrassements, des remblais et des couches de forme – fascicules n°1 et 2 – dit GTR 2023, publié par le CEREMA en mai 2023
- Normes AFNOR en vigueur concernant les travaux de sondages et essais *in-situ* ou de laboratoire

1.4. Documents communiqués

Les documents suivants nous ont été communiqués :

Document	***Fourni par***	***Format***	***Date***
Description projet et plans	INRAE	Powerpoint	-
Plan topographique		Pdf	02/2026
Photographie aérienne de la fumière existante			29/01/2026

1.5. Caractéristiques du projet

Les caractéristiques principales du projet dont nous disposons sont les suivantes :

- La fumière existante sera réduite en surface pour obtenir une fumière de 200 m² environ.
- Son niveau bas sera abaissé de 2.0 m environ.
- Une charpente métallique sera réalisée, elle reposera soit sur les murs existants s'ils sont conservés, soit sur des appuis indépendants de la fumière, à l'extérieur de celle-ci.

Compte tenu de la configuration du projet, les terrassements induits seront en déblai sur une profondeur de 2.0/2.5 m environ.

Les caractéristiques structurelles du projet ne nous ont pas été communiquées.

Ci-après, quelques plans du projet :



Vue aérienne de la fumière actuelle



Plan de masse du projet

1.6. Caractéristiques générales du site

1.6.1. Localisation

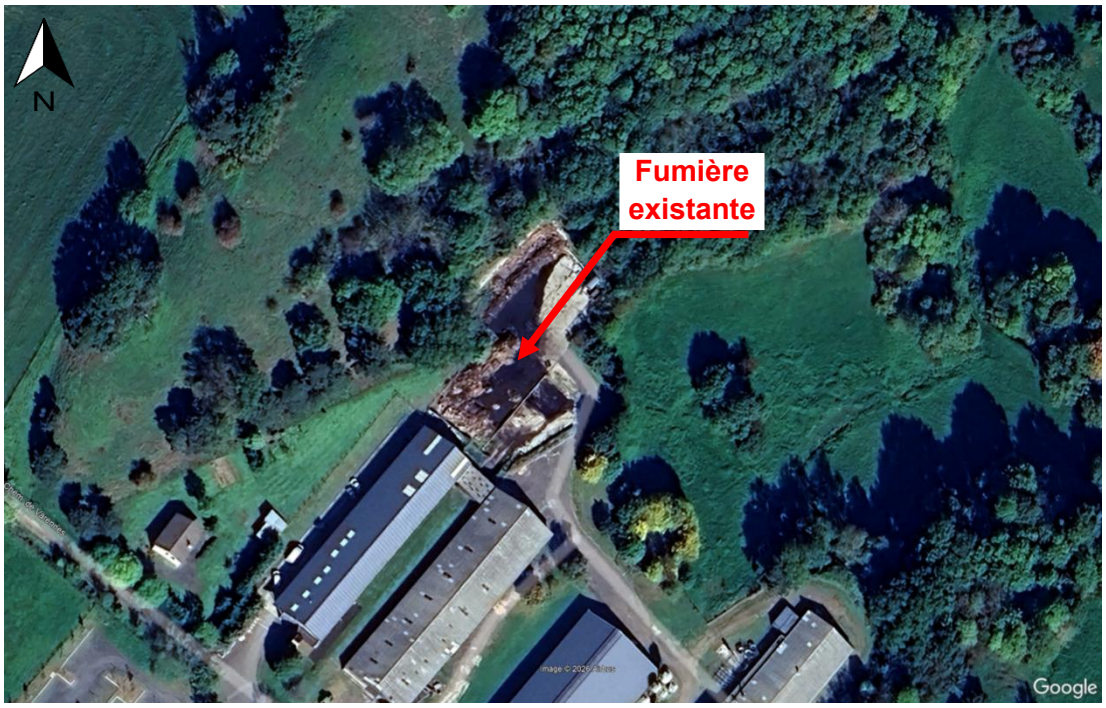
Le terrain concerné par la présente étude se situe au sein de la ferme expérimentale de l'INRAE, route de Theix, sur la commune de SAINT-GENES-CHAMPANELLE (63).

Ci-après, un plan de localisation de l'opération :



Source : www.infoterre.brgm.fr

Ci-après, un extrait d'image aérienne avec localisation du projet :



Source : Google Earth

1.6.2. Caractéristiques de la zone d'étude

Les éléments principaux à retenir concernant la configuration du site sont les suivants :

- Le terrain est occupé par une fumière existante qui sera totalement ou partiellement démolie pour les besoins du projet puisque le niveau bas sera abaissé de 2.0 m environ et les murs seront très probablement démolis.
- Le site étudié présente une pente ascendante vers le Nord-Ouest. Son altimétrie est comprise entre +850.0 m et +855.0 m N.G.F. environ.
- Au voisinage du projet nous avons identifié les ouvrages suivants :
    - Une zone de circulation au Nord-Est et au Sud-Est, constitué d'une dalle béton,
    - Un hangar existant au Sud-Ouest,
    - Un talus au Nord-Ouest.

Ci-dessous quelques photographies du site prises lors de notre visite en février 2026 :





1.6.3. Contexte géologique

Aucune carte géologique n'est disponible sur ce secteur. Toutefois, d'après notre expérience et les études réalisées à proximité, les terrains attendus sont les suivants :

- Sols de couverture : remblais, sols remaniés.
- Altération du substratum : sables, limons +/- argileux.
- Substratum constitué de granites ou de basaltes.

1.7. Risques naturels

Les risques naturels relevés au droit du site, qui peuvent avoir une incidence sur l'interaction sol-structure, sont synthétisés ci-après (données Infoterre).

A noter que les risques naturels sans lien direct avec la stabilité des ouvrages (présence d'amiante, présence de radon, présence de pollutions de sol, etc…) ne sont pas l'objet de l'étude géotechnique et ne sont donc pas répertoriés.

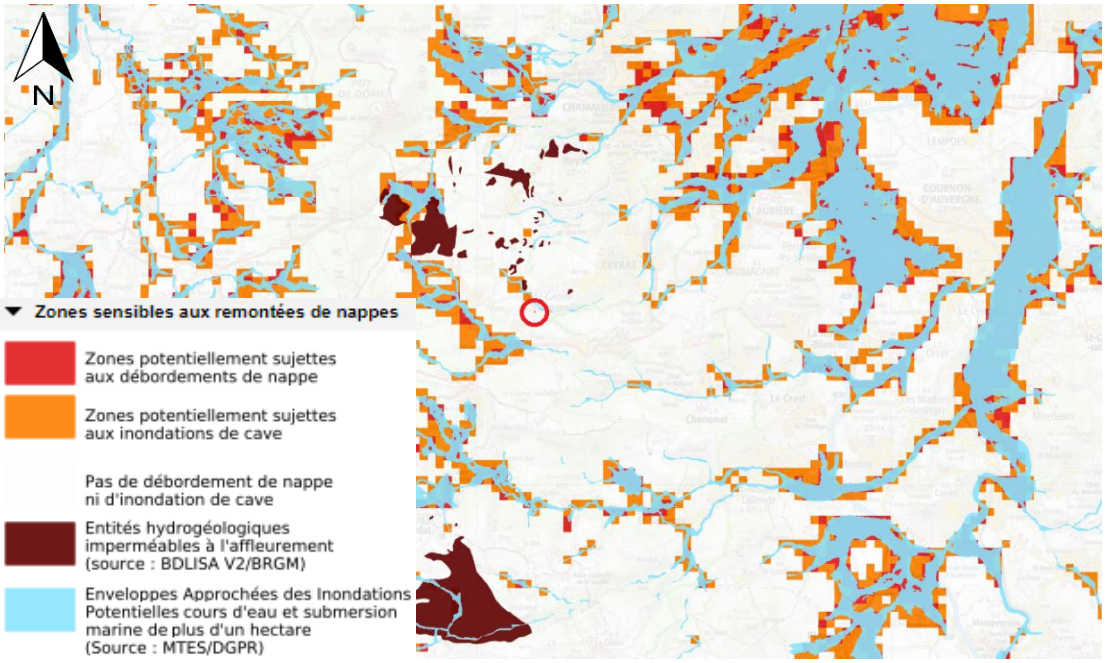
1.7.1. Risque d'inondation

Il est de la responsabilité du Maitre d'Ouvrage de se renseigner sur le risque d'inondation auprès des services d'urbanisme (P.L.U. notamment). Des dispositions de protection des ouvrages peuvent être prescrites et devront être dimensionnées par un bureau d'étude hydraulique.

1.7.2. Risque de remontée de nappe

D'après les données issues du BRGM, le site est classé dans une zone non sujette aux inondations de cave ou aux débordements de nappe.

Extrait de la carte de « Remontées de nappe » du BRGM :

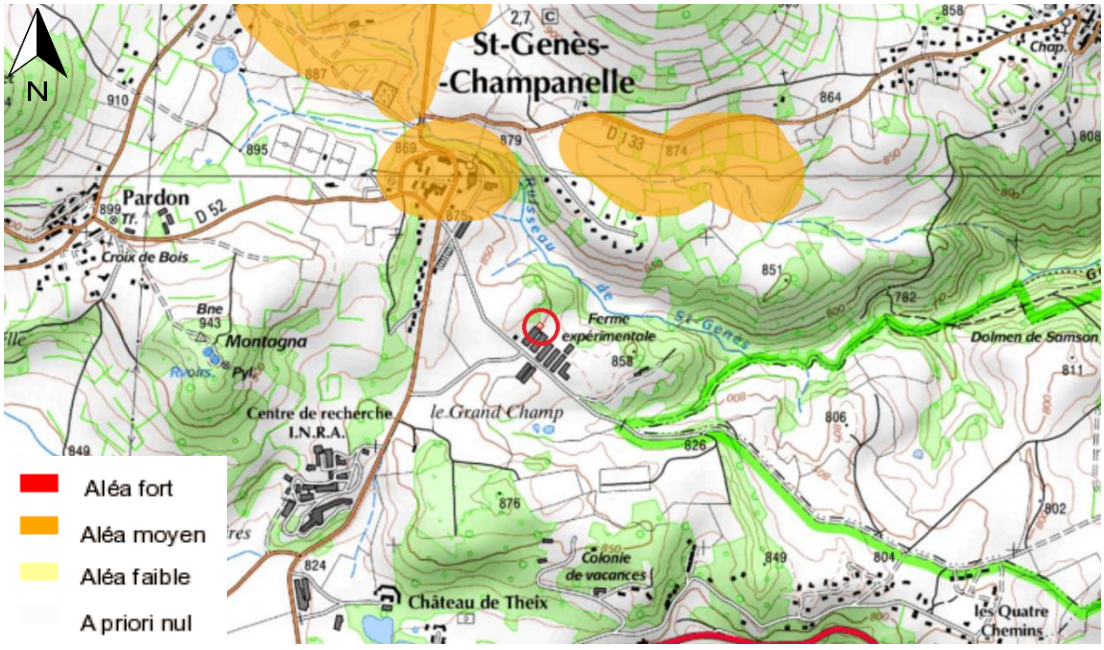


Source : www.infoterre.brgm.fr

1.7.3. Exposition au retrait-gonflement des argiles

D'après les indications du BRGM, le projet se trouve dans une zone d'exposition *a priori* nulle au retrait-gonflement des argiles.

Extrait de la carte d'aléa retrait / gonflement des argiles :



Source : www.infoterre.brgm.fr

1.7.4. Présence de cavités / risque karstique

Aucune cavité n'est répertoriée dans la zone du projet selon le site INFOTERRE.

1.7.5. Mouvements de terrains

Aucun mouvement de terrain n'est signalé sur le site INFOTERRE.

1.7.6. Amiante naturelle

Selon les cartes d'INFOTERRE, la commune ne fait pas l'objet d'une cartographie au 1/50 000 du risque d'amiante environnementale. A l'échelle 1/1 000 000, le terrain est classé à titre indicatif en zone de susceptibilité nulle à très faible.

Le décret relatif aux modalités d'application de la norme sur l'amiante environnemental n'est pas encore publié mais la Maitrise d'Ouvrage peut solliciter un BE spécialisé pour effectuer un diagnostic amiante conformément à la norme NF P94-001.

1.7.7. Risque sismique

Selon la réglementation parasismique applicable depuis le 1er mai 2011, le projet se trouve sur une commune classée en zone de sismicité 3 (aléa modéré).

Selon la catégorie des bâtiments pour cette zone d'aléa le décret n°2010-1255 peut imposer des exigences parasismiques. On note toutefois que le projet ne comportera pas de bâtiment, aucune exigence parasismique ne sera donc exigée.

2. INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES

2.1. Implantation et nivellement

L'implantation des sondages et essais *in situ* figure sur le plan d'implantation joint en annexe 3. Elle a été définie en fonction de la configuration du projet, des emprises disponibles sur le site et de la localisation des réseaux enterrés.

Les têtes de sondages ont été nivelées en prenant comme référence la base de l'un des murs de la fumière existante, placé à la cote +851.31 m NGF d'après le plan topographique fourni. Son emplacement est indiqué sur le plan d'implantation des sondages.

2.2. Investigations réalisées

2.2.1. Sondages de reconnaissance

Les investigations suivantes ont été réalisées dans le cadre de la présente mission G2 AVP :

Type de sondage	*Référence*	*Cote NGF (m)*	*Prof. / TN (m)*
Sondages pressiométriques Norme NF EN ISO 22476-4 Méthode de forage : tarière hélicoïdale continue Ø 63 mm ou tricône ∅ 64 mm	SP1 SP2	+855.0 +850.0	10.0 6.0
Sondage semi-destructif Méthode de forage : tarière hélicoïdale continue Ø 63 mm	S1	+851.0	6.0

Les résultats détaillés des sondages et essais sont insérés en annexe 4.

2.2.2. Essais en laboratoire

Les essais en laboratoire décrits dans le tableau ci-dessous ont été effectués :

Type d'essai	*Quantité*	*Remarque*
Teneur en eau naturelle - NF EN ISO 17892-1	7	*Échantillons remaniés prélevés dans les sondages à la tarière*
Analyse granulométrique par tamisage - NF EN ISO17892-4	1	
Valeur au bleu du sol (VBS) - NF P94-068	2	
Classification des sols (GTR 92) - NF P11-300 Classification des sols (GTR 2023)	1	

3. SYNTHESE GEOTECHNIQUE

La description lithologique des terrains a été établie à partir des résultats des investigations effectuées et par corrélation entre les éléments suivants :

- Les échantillons remaniés prélevés à la tarière hélicoïdale avec une précision verticale de +/- 20 cm.
- Les valeurs pressiométriques qui permettent de définir la compacité des sols.
- Les mesures de teneur en eau du sol.
- Les valeurs au bleu qui permettent d'appréhender le degré d'argilosité des sols.
- L'analyse granulométrique des sols permettant de compléter l'appréciation visuelle de terrain et de classer graphiquement certains sols selon la norme NF EN ISO 14688.

Nota : la profondeur des formations est donnée par rapport au terrain tel qu'il était au moment des investigations.

3.1. Coupe stratigraphique du terrain - caractéristiques mécaniques

➢ **Formation 01 : Sols de couverture**

Cette formation correspond au recouvrement superficiel du terrain.

- Aspect visuel : dalle béton puis couche de forme gravelo-sableuse dans l'emprise de la fumière existante ou des zones de circulation, ou terre végétale argilo-limoneuse brune en dehors de l'emprise de la fumière existante
- Profondeur de la base : 0.2 m à 0.3 m environ
- Niveau de la base : +849.7 à +854.8 m NGF

Le site étant aménagé, des variations de nature et d'épaisseur des sols de couverture 01 sont à attendre dans l'emprise du projet.

➢ **Formation 02 : Arènes granitiques**

- Aspect visuel : sables argileux à très argileux marron issus de l'altération granitique
- Profondeur de la base : 2.0 m à 3.8 m environ
- Niveau de la base : +846.2 à +852.7 m NGF
- Caractéristiques mécaniques :
  - Pression limite : $0.5 \leq p_l^* \leq 1.8$ MPa
  - Module pressiométrique (E_M) : $5 \leq E_M \leq 18$ MPa

} 2 essais

Les arènes granitiques présentent une compacité moyenne.

➢ **Formation 03 : Granites altérés**

- Aspect visuel : sables légèrement argileux à argileux marron issus de l'altération granitique
- Profondeur de la base : plus de 10.0 m en SP1 où leur base n'a pas été atteinte
- Niveau de la base : < +844.0 m NGF
- Caractéristiques mécaniques :
  - Pression limite : $p_l^* \geq 3.0$ MPa
  - Module pressiométrique (E_M) : $43 \leq E_M \leq 130$ MPa

} 8 essais

Les granites altérés présentent une très bonne compacité.

Remarques :

- La distinction des variations de faciès horizontales et verticales n'est pas toujours évidente ou n'est parfois pas possible en raison de la très faible surface sondée (limitée aux diamètres de forage) par rapport à celle affectée au projet. Des variations de faciès, de nature ou de propriétés mécaniques des sols sont donc probables en inter-maille des sondages.
- Les épaisseurs de sols précisées dans la coupe lithologique sont celles identifiées au droit des sondages. Elles peuvent subir des fluctuations, parfois non négligeables, entre chaque point.
- Les coupes lithologiques associées aux sondages destructifs sont estimées à partir des cuttings de forages, des paramètres de forage et des indications données par le chef sondeur. S'agissant d'une interprétation semi-aveugle, des différences de faciès ne sont pas exclues entre les coupes et la réalité.
- Le site étant aménagé, on ne peut exclure :
  - un potentiel remaniement partiel ou général du terrain en surface lors des différents aménagements successifs.
  - la mise en œuvre antérieure de remblais autochtones et/ou d'apports sur des épaisseurs hétérogènes.
  - la nécessité de comparer le plan topographique originel du site à celui actuel afin d'apprécier les épaisseurs de terrain remanié.

3.2. Résultats d'essais en laboratoire

Le tableau suivant présente les résultats des essais en laboratoire :

Sondage	S1	SP2
Propriétés physiques des sols		
Formation	02	02
Nature de sol	Sables très argileux	Sables très argileux
Profondeur de l'échantillon soumis aux essais (m/TN)	0.3 – 2.0	0.3 – 2.2
Teneur en eau naturelle W_{nat} (%)	32.3	29.5
Passant à 63 µm (%)	33.1	-
Passant à 80 µm (%)	33.7	-
Passant à 2 mm (%)	84.0	-
Passant à 5 mm (%)	96.9	-
Diamètre max D_{max} (mm)	12.5	-
Valeur au bleu du sol VBS	1.6	1.8
Classe G.T.R. 92	**B_6**	**-**
Classe G.T.R. 2023	**I_2**	**-**

3.3. Exposition au retrait-gonflement des sols argileux

Les résultats des essais en laboratoire détaillées précédemment permettent d'évaluer le risque de retrait-gonflement des argiles en période sèche en se basant sur le référentiel établi par le LCPC en 2000 dans son bulletin de liaison 229 (bl229) et sur notre retour d'expérience alliant la nouvelle cartographie du BRGM d'août 2019 et les diagnostics géotechniques effectués ces dernières années :

Passant à 80 µm (%)	***Valeur au bleu VBS***	***Sensibilité du sol à la variation de volume***
> 90	> 6	Très forte
> 80	4 à 6	Forte
> 40	1.5 à 4	Moyenne
< 40	< 1.5	Faible

Le tableau ci-dessous rappelle les caractéristiques obtenues :

Sol	***Passant à 80 µm (%)***	***Valeur au bleu VBS***	***Sensibilité du sol à la variation de volume***
02	33.7	1.6 1.8	Non sensibles (sables)

Il résulte que les sols en place ne sont pas sensibles au phénomène de retrait-gonflement.

3.4. Niveaux des eaux souterraines

En mars 2026, lors de nos investigations, aucune arrivée d'eau n'a été observée dans les sondages. On note toutefois que les sols étaient humides en S1 et SP2 et qu'en SP1, réalisé avec injection d'eau, aucun niveau d'eau n'a pu être observé.

Des circulations d'eaux erratiques ne sont pas à exclure au sein des formations superficielles, notamment en période pluvieuse.

Nous rappelons que le régime hydrogéologique est variable dans le temps, en fonction notamment des caractéristiques des formations géologiques en place et de la pluviométrie régionale.

Le délai de réponse des eaux souterraines (nappe massique ou circulations isolées), au droit d'un forage ou d'une excavation de surface limitée est variable en fonction de la perméabilité du sol. Dans les sols fins, ce délai peut atteindre plusieurs jours.

Par ailleurs, la présence d'une nappe se développant à la faveur du réseau de fracturation du substratum est possible.

4. APPLICATIONS GEOTECHNIQUES A L'AVANT-PROJET

4.1. Modèle géotechnique retenu

Le modèle géotechnique a pour but de fixer la coupe de sols et les propriétés mécaniques caractéristiques que nous avons retenues pour chaque faciès, en vue de réaliser les calculs de prédimensionnement des ouvrages géotechniques.

Les paramètres indiqués dans le modèle sont les plus représentatifs au regard des résultats des essais, des hétérogénéités observées dans chaque sol et du nombre d'essais.

Les caractéristiques retenues sont données dans le tableau ci-après :

Nature du sol	***Prof.de base (m /TA) Cote NGF***	***Valeurs pressiométriques***		***Coefficient rhéologique du sol α***
		Pression limite nette p_l (MPa)*	*Module pressiométrique E_M (MPa)*	
01 Sols de couverture	0.2 à 0.3 *+849.7 à +854.8*	*Non mesurées*		*A purger*
02 Arènes granitiques	2.0 à 3.8 *846.2 à +852.7*	0.5	5	0.50
03 Granites altérés	≥ 10.0 ≤ +844.0	≥ 3.0	100	0.50

4.2. Conditions sismiques

4.2.1. Données réglementaires

Selon le décret n°2010-1255 et la norme NF EN 1998 (EUROCODE 8), le niveau d'aléa ainsi que l'accélération du sol « au rocher » de référence sont indiqués dans le tableau ci-après pour le site objet de la présente étude :

Zone de sismicité	Niveau d'aléa	a_{gr} (m/s²)
Zone 1	Très faible	0.4
Zone 2	Faible	0.7
Zone 3	Modéré	1.1
Zone 4	Moyen	1.6
Zone 5	Fort	3.0

4.2.2. Influence du sol

L'Eurocode 8 distingue 5 classes de sols pour lesquelles sont définis des coefficients de sol S permettant de traduire l'amplification de la sollicitation sismique exercée par le sol. La classe de sol ainsi que le coefficient S associé correspondant au contexte géologique mis en évidence au droit du projet sont précisés dans le tableau suivant :

Classe de sol	Description du profil stratigraphique	Coef. de sol S	
		Zone 1 à 4	Zone 5
A	Rocher ou autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5 m de matériau moins résistants	1.0	1.0
B	Dépôts raides de sables, de graviers ou d'argiles sur-consolidées d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécaniques avec la profondeur	1.35	1.2
C	Dépôts profonds de sables de densité moyenne, de graviers ou d'argiles moyennement raides, ayant des épaisseurs de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres	1.5	1.15
D	Dépôts de sol sans cohésion de densité faible à moyenne (avec ou sans couches cohérentes molles) ou comprenant une majorité de sols cohérents mous à fermes	1.6	1.35
E	Profil de sol comprenant une couche superficielle* d'une épaisseur comprise entre 5 et 20 m reposant sur un matériau plus raide	1.8	1.4
S_1	Dépôts composés, ou contenant, une couche d'au moins 10 m d'épaisseur d'argiles molles/vases avec un indice de plasticité élevé (Ip > 40) et une teneur en eau importante	*Étude spécifique*	
S_2	Dépôts de sols liquéfiables d'argiles sensibles ou tout autre profil de sol non compris dans les classes précédentes	*Étude spécifique*	

** couche superficielle de classe B, C ou D*

À noter qu'en l'absence d'investigations spécifiques (essais Cross-Hole, essais en laboratoire, essais CPTu, essais SPT…) la classe de sol donnée est estimative.

4.2.3. Catégorie de bâtiment

Le projet ne comporte pas de bâtiment, aucune exigence n'est donc à prendre en compte.

4.2.4. Risque de liquéfaction des sols

La liquéfaction des sols sous séisme est un mécanisme de rupture brutale qui advient dans les sols peu consistants saturés, durant des mouvements oscillatoires sismiques forts. Le sol perd alors toute ou partie de sa portance, causant l'enfoncement et/ou l'effondrement des constructions.

Le site étant classé en zone sismique 3, le risque de liquéfaction des sols sous séisme doit être vérifié d'après l'arrêté n°2010-1255 du 22/10/2010.

Cependant, compte tenu de la nature des sols en profondeur (granite) et de l'absence d'eau dans nos sondages, le risque de liquéfaction peut être négligé.

4.3. La zone d'influence géotechnique (ZIG)

La fumière actuelle verra son niveau abaissé de 2.0 m environ. Des terrassements en déblais sur environ 2.6 m de hauteur sont donc à prévoir (2.0 m de profondeur de la fumière + 0.2 m d'épaisseur de dallage/radier + 0.4 m d'épaisseur de couche de forme). On note qu'en partie Sud-Ouest un existant est présent à environ 5.0 m du projet et qu'en partie Nord-Ouest un talus d'environ 3.0 m de hauteur est présent, directement à l'arrière du mur de soutènement de la fumière compte tenu de la pente sur site. L'aménagement de la plate-forme en déblai pourra donc avoir un impact sur le hangar existant et le talus présent en amont.



Existant au Sud-Ouest du projet



Talus au Nord-Ouest du projet

4.4. Adaptations du projet aux conditions géotechniques

Ci-après, nous récapitulons les principales contraintes du projet au regard des conditions géotechniques du terrain et du contexte local.

- L'hétérogénéité mécanique des terrains dans l'emprise de l'ouvrage.
- La présence de sols de moindre compacité en tête de SP2.
- La présence de sols de nature sableuse qui peuvent présenter une mauvaise tenue.
- La sensibilité des terrains à l'eau.
- La présence d'ouvrages à démolir, et par conséquent, de vestiges de fondations et/ou d'ouvrages enterrés à évacuer qui entraineront un remaniement des sols.
- La réalisation de terrassements en déblais avec emprise de terrain disponible limitée au Sud-Ouest, compte tenu de la présence d'un bâtiment existant à environ 5.0 m du projet, ce qui conduira à examiner les conditions de stabilité des talus provisoires en déblais et éventuellement à envisager la réalisation d'ouvrages de soutènement provisoires ou définitifs de manière à assurer la stabilité de l'avoisinant tant en phase travaux qu'au stade définitif.
- Une déclivité prononcée du site avec des mouvements de déblais importants contre un talus existant au Nord-Ouest, induisant la vérification de la stabilité des talus provisoires et définitifs en déblai.

Compte tenu de ces éléments, les orientations techniques qu'il convient de retenir sont les suivantes :

Solution n°1 :

- La réalisation d'un mode de fondations superficielles pour les murs et la charpente de la fumière.
- La réalisation d'un niveau-bas de type dallage sur terre-plein pour la fumière.

Solution n°2 :

- La réalisation d'un mode de fondations par radier général sur lequel reposeront les murs et la charpente de la fumière.

Dans tous les cas :

- La réalisation des terrassements en déblais via un système de talutage ou via des soutènements provisoires si les emprises ne permettent pas la réalisation de talus.
- Le respect de sujétions particulières vis-à-vis des avoisinants.

Ces adaptations techniques sont précisées dans la suite du rapport.

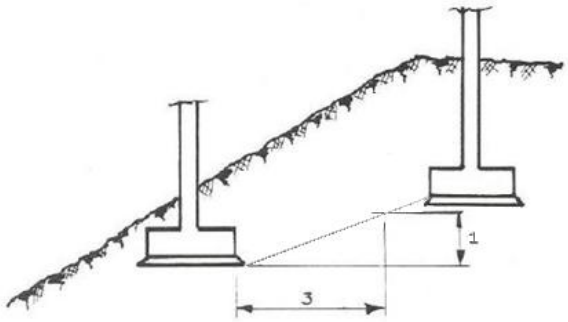
Nous précisons que toute modification du projet, ou du terrain, ultérieure à la présente étude, est de nature à entraîner une nouvelle étude partielle ou complète, qui prendra en compte les modifications apportées et la validité des adaptations constructives préconisées dans le présent rapport.

4.5. Adaptations vis-à-vis des avoisinants et mitoyens

Nous rappelons que le projet sera situé à environ 5.0 m d'un hangar existant dont le mode de fondation et la structure ne sont pas connus.

Il conviendrait donc que soit recherché dans les archives, le dossier de recollement des fondations du bâtiment actuel.

Dans les zones soumises à la réglementation sismique (Eurocode 8), des fondations établies à des niveaux différents et à proximité de talus doivent respecter une règle des 3 de base pour 1 de hauteur entre arêtes de fondations et/ou pied de talus.



Toutes les précautions devront être prises par l'entreprise pour éviter tout dommage aux existants tant en phase travaux que définitive. Nous attirons l'attention sur le fait qu'une reprise partielle de la construction peut impacter sa stabilité générale.

4.6. Principes généraux de terrassements

4.6.1. Préambule

Les mouvements de terres associés aux principes généraux de terrassement concernent les déblais de pleine masse, les fouilles de fondations et l'aménagement des plateformes (dallage ou radier).

4.6.2. Recommandations générales

- L'ensemble des terrassements devra être réalisé conformément au Guide Technique pour la réalisation des Remblais et des couches de forme (GTR92 ou GTR2023).
- La terre végétale/les anciennes structures (fondations et soubassements) ainsi que les matériaux impropres à l'assise des plateformes devront être préalablement décapés.
- Les éventuels fossés de drainage existants qui seraient mis à jour devront impérativement être conservés, busés ou dévoyés moyennant une étude hydraulique si nécessaire, afin de maintenir un bon drainage des eaux du site et éventuellement du versant.
- L'entreprise devra, dans la mesure du possible, réaliser une pente d'évacuation des eaux au niveau des fonds de forme, de manière à les canaliser vers un exutoire approprié.
- La réalisation des déblais devra respecter les conditions d'exécution suivantes :
    - Procéder au terrassement de la dernière couche de sol « en retro », sans faire évoluer les engins sur la pleine masse définitive.
    - Interrompre les travaux lorsque les conditions météorologiques sont trop défavorables.
- La surveillance de l'évolution des conditions météorologiques en incombe au terrassier qui devra prévoir à l'avance les mesures et dispositions conservatoires visant à protéger la qualité et la compacité de la plateforme dans le cas d'une dégradation pluvieuse (arrêt anticipé du chantier, protection et fermeture du fond de fouille, conservation d'une garde protectrice de terrassement, etc…).
- Par ailleurs, afin d'éviter des purges supplémentaires de matériaux détériorés par les eaux météoriques notamment, il est préférable de conserver une garde de 20 cm d'épaisseur de sol au niveau du fond de fouille général, qui sera enlevée au dernier moment, si celui-ci doit rester plusieurs jours à l'air libre.

4.6.3. Travaux préparatoires

4.6.3.1. *Décapage de surface*

Avant tous travaux de terrassement en déblai, il conviendra de recenser la position de l'ensemble des réseaux enterrés et de veiller à leur neutralisation, à leur pontage ou à leur dévoiement.

En cas de dévoiement de réseau, nous recommandons de prévoir un relevé par un géomètre de toutes les infrastructures enterrées qui seront purgées et/ou dévoyées. Ce relevé permettra par ailleurs d'adapter le calepinage des fondations projetées ou d'anticiper les difficultés de terrassements qui pourraient être rencontrées.

4.6.3.2. *Travaux généraux de démolitions*

La fumière actuelle sera démolie pour les besoins du projet. Elle devra l'être en apportant une attention toute particulière afin de limiter le remaniement du terrain. De plus, des vestiges de fondations ou d'ouvrages enterrés pourront être difficiles à extraire lors des terrassements.

Les démolitions devront comprendre l'extraction complète des soubassements et ouvrages enterrés avec comblement des cavités induites à l'aide de matériaux d'apport correctement compactés.

Des précautions devront être prises afin de ne pas engendrer de mouvements de terrain ni de dommages envers les ouvrages existants à conserver ni envers les avoisinants.

Note importante : l'étude des conditions de stabilité des travaux de démolition ne fait pas partie de notre mission. Elle peut faire l'objet d'une étude spécifique (mission de type G5).

4.6.4. Aménagement des plateformes

Compte tenu de l'abaissement du niveau de la fumière actuelle, des terrassements en déblais jusqu'à environ 2.6 m de profondeur sont à prévoir (2.0 m de profondeur de la fumière + 0.2 m d'épaisseur de dallage/radier + 0.4 m d'épaisseur de couche de forme). Des terrassements sont également à prévoir pour la réalisation des fouilles de fondation.

4.6.4.1. *Drainage du terrain*

Les sols impactés par les terrassements sont sensibles à l'eau et leur portance peut se dégrader rapidement.

D'après les résultats des investigations et les observations faites sur site, le terrain devrait en principe être sec. Il convient toutefois de rappeler que les conditions hydrogéologiques, mal connues, sont susceptibles de varier en fonction de la saison, de la topographie et de la pluviométrie.

Le niveau des eaux souterraines étant susceptible de remonter, il n'est pas totalement exclu d'avoir une présence d'eau sous le niveau du fond de forme / au niveau du fond de forme. Dans ce cas, il faudra procéder au drainage du terrain par un dispositif de collecte et d'évacuation des eaux au moyen de tranchées, fossés, rigoles, drains et pompage si nécessaire.

Pour éviter toute stagnation d'eau et faciliter l'écoulement des eaux vers les drains, les plateformes devront être réglées en conservant des pentes latérales suffisantes (≥1.5%).

4.6.4.2. *Réalisation des déblais*

Les terrassements en déblai pourront être réalisés à l'aide d'engins classiques de moyenne puissance. Toutefois, il n'est pas exclu de découvrir des blocs, des affleurements rocheux et des passages plus compacts en phase travaux (surtout au-delà de 2.0 m de profondeur). Cela pourra alors nécessiter l'emploi d'engins et de procédés adaptés (éclateur, pelle puissante, brise-roche hydraulique, marteau pneumatique,…). L'incidence des vibrations induites par ces procédés devra être prise en compte vis-à-vis des avoisinants. Le cas échéant, des mesures de protection devront être mises en œuvre.

Pour éviter d'altérer les sols en place, il sera préférable d'avancer le déblaiement « en rétro ».

Il n'est pas exclu d'observer des éboulements des parois des fouilles de fondation compte tenu de la nature sableuse peu cohésive des sols rencontrés.

4.6.4.3. *Fond de forme / Plateforme de travail*

D'après le calage altimétrique du projet (2.0 m en déblai) et en tenant compte des terrassements nécessaires pour la mise en œuvre du dallage/radier et de la couche de forme (soit 2.6 m en déblai au total), il apparait que le niveau de fond de forme devrait être constitué des arènes granitiques 02 de moyenne compacité ou des granites altérés 03 de très bonne compacité.

En cas de portance insuffisante du fond de forme / de la plateforme de travail après décapage et drainage du terrain (en cas de conditions météorologiques défavorables par exemple), il faudra envisager son renforcement par une des techniques suivantes :

- Un cloutage à l'aide de matériaux d'apport grossiers, type 50/150 à 100/300, à mettre en place par compactage intense et par roulement des engins de chantier.
- Une purge généralisée ou localisée et substitution avec des matériaux granulaires non sensibles à l'eau, à mettre en place par compactage.

Ces aménagements devront conduire à l'obtention d'une portance minimale EV2 de 20 à 30 MPa. Par conséquent, une vérification de la portance de la P.S.T. est conseillée par essais à la plaque à raison d'un essai tous les 2000 m², ainsi qu'une vérification visuelle de l'absence de point dur (blocs, pointement rocheux…).

D'une manière générale, en vue de préserver la qualité des plateformes, il sera nécessaire de réaliser les travaux par temps sec.

La surveillance de l'évolution des conditions météorologiques incombe au terrassier, qui devra programmer à l'avance les mesures et dispositions conservatoires visant à protéger la qualité et la compacité de la plateforme en prévision d'évènements pluvieux (arrêt anticipé du chantier, protection et fermeture du fond de fouille, conservation d'une garde protectrice de terrassement, etc…).

4.6.5. Conditions d'utilisation de matériaux d'apport granulaires

La mise en œuvre de matériaux d'apport de carrière, dont la qualité sera maitrisée, est conseillée pour la réalisation de la couche de forme.

Selon le GTR 92, les apports devront être granulaires, insensibles à l'eau et de granulométrie continue. Il peut s'agir de matériaux de type D_2 / D_3 ou R_{21} / R_{61}.

Selon le GTR 2023, les apports devront être granulaires, insensibles à l'eau et de granulométrie continue. Il devra s'agir préférentiellement de matériaux de type $G11_{ins}$/$G21_{ins}$ ou R1Vo/Me, R2Vo/Me, R3Vo/Me ou R3Li.

La granulométrie des matériaux employés en couche de forme doit être comprise entre 0/40 et 0/80. La couche de réglage doit être de granulométrie 0/31.5.

4.6.6. Conditions d'utilisation de matériaux non naturels recyclés

Les matériaux recyclés (matériaux de démolition, déchets industriels, déchets miniers, déchets d'incinération…) font l'objet de guides régionaux de réutilisation des matériaux de recyclage auxquels il faut se reporter.

L'utilisation de matériaux recyclés est autorisée et particulièrement bien adaptée en amélioration de la PST (cloutage) sous réserve qu'il s'agisse de concassé béton exempt d'exogènes.

La réutilisation en couche de forme est proscrite d'après le DTU 13.3.

4.6.7. Conditions de talutage

Des talus provisoires seront nécessaires pour la réalisation de la fumière étant donné que son niveau sera abaissé d'environ 2.0 m. Leur hauteur sera comprise entre 2.6 m (2.0 m de profondeur de la fumière + 0.2 m d'épaisseur de dallage/radier + 0.4 m d'épaisseur de couche de forme) et 5.0 m côté Nord-Ouest puisqu'un talus de 3.0 m de hauteur environ est déjà présent sur site, à ajouter au talus nécessaire au projet.

Des talus définitifs seront nécessaires au Nord-Ouest, compte tenu de la topographie du site, sur environ 3.0 m de hauteur (hauteur dépendante de la hauteur finale du futur mur de la fumière, non définie à ce stade du projet).



Pour ces hauteurs, les caractéristiques géotechniques des sols et les emprises disponibles permettent *a priori* la réalisation de talus.

En première approche, les pentes de talus en déblais qui peuvent être retenues sont les suivantes :

- Talus provisoires : 2H / 3V pour une hauteur maximale de 5.0 m,
- Talus définitifs : 2H / 3V pour une hauteur maximale de 3.0 m.

Les dispositions générales à prendre en compte sont les suivantes :

- Proscrire les chargements même provisoires à proximité des crêtes des talus.
- Protéger les surfaces provisoirement en pente, au moyen de nappes de polyane, ou, selon les conditions hydriques, avec des géotextiles drainants, solidement fixés au sol.
- Protéger les talus définitifs au moyen de bâches spécifiques solidement fixés au sol, d'enrochements ou par l'intermédiaire d'une végétalisation rampante à prise rapide (les dispositifs anti-érosion peuvent être associés).
- Aménager si nécessaire des fossés étanches de captage des eaux de ruissellement en crête et en pied de talus.
- Mettre en place un réseau de drainage relié à un exutoire stable (sans possibilité de refoulement) en cas de venues d'eau en fond de fouille.

Lors du profilage des talus, des éboulements ou des affouillements peuvent se produire notamment à la faveur de variations latérales de faciès, d'anomalies ponctuelles ou de venues d'eau localisées. Dans ce cas, il faudra suspendre les travaux et mettre en place, si nécessaire, un système de confortement provisoire (remblais d'épaulement, étaies, etc…) et prévenir le géotechnicien chargé du suivi géotechnique d'exécution en vue de proposer des mesures de confortement adaptées.

4.7. Ouvrage de soutènement

Dans le cas où les emprises disponibles ne permettraient pas la réalisation de talus, la construction d'ouvrages de soutènement des terres serait nécessaire.

Ce soutènement sera provisoire et pourra être solidaire ou indépendant de la structure du projet.

A ce stade des études, il pourra être envisagé en solution :

- Voile par passe en béton projeté butonné.
- Paroi clouée.
- Paroi berlinoise.

Le choix définitif du type d'ouvrages de soutènement devra être impérativement précédé d'une concertation technique entre les différents intervenants (géotechnicien, BET Structure, Maitrise d'oeuvre) afin de retenir la méthode constructive la mieux adaptée au contexte technique et économique.

Les ouvrages de soutènement devront être dimensionnés et justifiés dans le cadre d'une étude en phase projet (G2 PRO) en adoptant des hypothèses géotechniques issues des essais *in-situ* et en laboratoire.

4.8. Solution n°1 : conception du niveau-bas

Nous rappelons, que compte tenu des conditions géotechniques rencontrées et des caractéristiques du projet concernant le niveau bas, la réalisation d'une structure de type dallage sur terre-plein est envisageable.

Ci-après nous présentons les modalités de réalisation et nos recommandations concernant les adaptations, les matériaux et les contrôles à prévoir.

4.8.1. Assise du dallage, couche de forme

La faisabilité d'un dallage sur terre-plein nécessite qu'il repose sur une assise homogène, de bonne compacité, et que les amplitudes de tassements absolus et différentiels prévisibles soient compatibles avec la destination de l'ouvrage.

Les recommandations données au paragraphe « Principes généraux de terrassements » devront être suivies scrupuleusement.

La conception du dallage devra suivre les recommandations suivantes :

Préparation du fond de forme	• Décapage jusqu'à la cote projet et a *minima* des sols de couverture 01. Le sol support correspondra alors aux arènes granitiques 02 ou aux granites altérés 03 selon les zones. • Purge des sols de mauvaise qualité ou impropres à la destination du dallage • Compactage du fond de forme à 95 % de l'OPN avec un engin adapté à la nature du fond de forme
Contrôle du fond de forme	• Vérification de portance minimale par essais à la plaque **(Objectif EV2 > 20 MPa)** • Vérification visuelle de l'absence de point dur (blocs, pointement rocheux…)
Mise en œuvre de la couche de forme	• Géotextile anti-contaminant (vivement recommandé) • **0.35 m de couche de forme** en concassé R_{21} / R_{61} ou GNT D_2 / D_3, de granulométrie 0/40 ou 0/80 (GTR 92) ou en $G11_{ins}$/$G21_{ins}$ ou R1Vo/Me, R2Vo/Me, R3Vo/Me ou R3Li, de granulométrie 0/40 ou 0/80 (GTR 2023) • Compactage de la couche de forme à 95 % de l'OPM • 0.05 m de couche de réglage en concassé R_{21} / R_{61} ou GNT D_2 / D_3, de granulométrie 0/31.5 (GTR 92) ou en $G11_{ins}$/$G21_{ins}$ ou R1Vo/Me, R2Vo/Me, R3Vo/Me ou R3Li, de granulométrie 0/31.5 (GTR 2023)

Il faudra s'assurer qu'il ne subsiste pas de points durs (vestiges d'anciennes fondations notamment) sources de tassements différentiels.

On veillera à respecter les recommandations du guide GTR et les dallages seront conçus conformément au DTU 13.3 en vigueur.

Au début de la phase d'exécution, nous recommandons de réaliser des planches d'essais afin de valider les hypothèses de conception ainsi que les modalités de mise en œuvre et le choix des engins de compactage proposées par l'entreprise.

4.8.2. Critères de réception

D'après le DTU 13.3 applicable au projet, les critères de réception à retenir sur la couche de forme sont les suivants à partir d'essais à la plaque pour une surcharge ≤ 20 kN/m² (2T/m²) :

- Module EV2 ≥ 50 MPa
- Rapport EV2/EV1 < 2.2

Les contrôles seront réalisés à raison de 3 essais minimum + 1 essai tous les 2000 m² conformément aux recommandations du DTU 13.3 **(essais de contrôle à réaliser impérativement par essais à la plaque selon la norme NF P94-117).**

En cas de résultats non satisfaisants, les zones impactées devront être reprises et feront l'objet d'une seconde campagne de contrôle.

4.8.3. Modèle géotechnique spécifique

A partir des résultats des sondages et compte tenu des caractéristiques du projet, notamment du niveau fini du dallage et des mouvements des terres nécessaires à l'aménagement de la plateforme support, les hypothèses à retenir pour le dimensionnement du dallage et l'évaluation des tassements sont les suivantes :

Formation	***Nature de sol***	***Profondeur moyenne de la base (m/base du dallage)***	***Module E_M (MPa)***	***α***	***Es (MPa)***
CDF*	Couche sablo-graveleuse	0.4	15*	0.33*	45*
02	Arènes granitiques	1.0	5	0.50	10
03	Granites altérés	≥ 10.0	100	0.50	200

** valeurs généralement retenues dans le cadre d'une mise en œuvre de la couche de forme support du dallage conformément aux règles de l'Art (précisées au paragraphe précédent) et aux prescriptions du DTU 13.3*

4.8.4. Tassements prévisibles

Dans la configuration du site, compte tenu de la cote +0.0 retenue (2.0 m en déblai) le poids des terres excavées (36 kPa) sera supérieur aux charges rapportées par l'ouvrage (estimées à 20 kPa maximum). Par conséquent le tassement sous dallage sera négligeable.

4.8.5. Précautions concernant les réseaux enterrés

Concernant les réseaux sous dallage, dans la plupart des cas, il est délicat de pratiquer un compactage optimum des remblais de tranchées au fond desquelles sont disposées des canalisations qui pourraient être dégradées par l'exercice des énergies de compactage mises en jeu. Il résulte que de telles tranchées constituent des bandes de faiblesse mécanique pouvant influer sur le comportement du corps de dallage, une fois celui-ci reconstitué. Le cas échéant, il conviendra dans ce cas de considérer que le dallage devra fonctionner comme un pont de part et d'autre des bords de la tranchée, ce qui reviendra à accroître sa rigidification par ferraillage.

Les dispositions constructives à prendre en compte en présence de canalisation sont indiquées au § 5.2 du DTU 13.3.

4.9. Solution n°1 : étude des fondations superficielles - Norme NF P94-261

Nous rappelons que les caractéristiques géotechniques du terrain permettent d'envisager un mode de fondations superficielles au moyen de semelles isolées et/ou filantes pour les murs de la fumière et pour la charpente si cette dernière ne repose pas sur les murs de la fumière.

Une solution de fondations par puits creusés à la tarière creuse est une variante possible.

4.9.1. Sol d'assise et conditions d'ancrage

Les fondations seront ancrées dans les arènes granitiques 02 ou dans les granites altérés 03, observés dès 0.2 m à 0.3 m de profondeur, sous les sols de couverture 01.

La profondeur d'assise des fondations devra respecter simultanément toutes les conditions suivantes :

- Assurer la mise hors gel recommandée pour la région, soit 0.9 m de profondeur à partir des surfaces finies du projet exposées au froid.
- Assurer un ancrage d'au moins 0.2 m dans la couche d'assise désignée ci-dessus et au-delà de tout remblai éventuel et/ou terrains remaniés par les travaux ou les intempéries.

La profondeur d'assise des fondations sera calculée à l'aide des coupes de sondages et sera fonction du calage altimétrique du projet et notamment du niveau inférieur et du niveau du terrain fini extérieur.

Lors de la réalisation des fondations, il faudra vérifier la conformité du sol au niveau de chaque fond de fouille ainsi que l'ancrage dans la couche d'assise.

4.9.2. Contraintes admissibles

Les contraintes admissibles ont été évaluées par la méthode pressiométrique.

Compte tenu de la nature des sols d'assise des fondations et des résultats des essais effectués, les contraintes à retenir au stade de l'avant-projet, sont de **250 kPa** pour les justifications aux ELS et de 411 kPa pour les justifications aux ELU.

Remarques : ces valeurs sont valables dans le cas de charges verticales. Dans le cas où les charges seraient inclinées, il conviendrait d'appliquer un coefficient minorateur iδ qui tient compte de l'inclinaison de la charge, de la nature du sol et de l'encastrement requis (cf. les recommandations de la norme NF P94-261). De même, un coefficient minorateur iβ doit être appliqué à proximité d'un talus en aval de la fondation.

4.9.3. Evaluation préliminaire des tassements

En retenant une contrainte admissible aux ELS de 250 kPa, les tassements resteront infracentimétriques pour des semelles isolées de 1.0 m de largeur maximum (charge admissible de 250 kN) et des semelles filantes de 0.8 m de largeur (charge admissible de 200 kN/ml).

4.9.4. Conditions et précautions d'exécution des fondations

L'interprétation géologique présentée dans ce rapport à partir des résultats des sondages ponctuels, correspond à la structure lithologique la plus probable du sous-sol, étant entendu que des variations d'altitude ainsi que latéralement peuvent exister et être découvertes au moment des travaux.

Dans la mesure du possible, nous proposons de commencer les travaux de fondation par les semelles situées à proximité de nos sondages pour permettre un étalonnage visuel du faciès du sol support.

Le dimensionnement des fondations est du ressort du BET structure. Cependant, les points suivants sont à signaler pour les semelles :

- Pour des raisons de bonne exécution, la largeur des fondations doit être supérieure à 0.45 m pour des semelles filantes et à 0.7 m pour des semelles isolées (cela permet d'assurer un enrobage correct des armatures standards).
- En cas d'attente forcée entre la fin de l'excavation et le bétonnage, un béton de propreté sera immédiatement coulé après terrassement afin d'éviter l'altération du sol de fondation.
- En cas d'un substratum rocheux présent partiellement sur le terrain, les semelles concernées, seront coulées sur un lit de sable disposé en fond de fouille sur 0.4 m d'épaisseur minimum pour limiter l'effet de point dur.
- La présence de sols de nature sableuse pourra entrainer la sujétion de blindage des parois lors des travaux de fondation.
- En cas de présence d'eau, cela pourra entraîner des sujétions de blindage des parois et de pompage pour épuisement des fouilles lors des travaux de fondation.

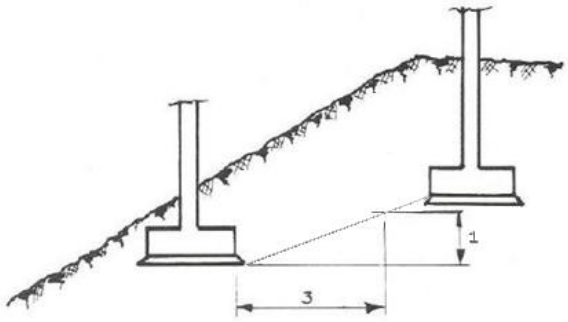
Le dimensionnement des fondations est du ressort du BET structure. Cependant, les points suivants sont à signaler pour les puits :

- En principe, le diamètre des puits ne devra pas être inférieur à 1 m.
- Les puits de fondation devront être coulés immédiatement après la fin de l'excavation.
- Nous rappelons qu'en cas de présence d'eau dans le terrain, les parois des excavations devront être stabilisées au moyen de blindages, buses en béton ou viroles métalliques et le bétonnage sera réalisé au tube plongeur.

En cas de sur-profondeurs du toit de la couche d'ancrage il faudra approfondir la fouille autant que nécessaire pour assurer l'ancrage dans la couche désignée comme assise des fondations. Le rattrapage pourra être réalisé avec un béton grossier.

De même, les poches molles ou remaniées qui subsisteraient en fond de fouille seront purgées et comblées par un béton grossier.

Dans les zones soumises à la réglementation sismique (Eurocode 8), des fondations établies à des niveaux différents et à proximité de talus doivent respecter une règle des 3 de base pour 1 de hauteur entre arêtes de fondations et/ou pied de talus.



A noter que l'exécution des fondations doit également respecter les prescriptions du DTU 13-11 en date de septembre 2019.

4.9.5. Remarques sur les murs qui font office de soutènement

Pour les remblaiements à l'arrière du mur côté Nord-Ouest, qui fait office de soutènement pour les terres à l'arrière de l'ouvrage, il est conseillé de retenir des matériaux granulaires, drainants. Les remblaiements sont à effectuer selon les exigences du Guide technique de réalisation des remblais et des couches de forme – GTR.

La prise en compte des poussées hydrostatiques sur l'ouvrage dépendra du système de drainage adopté (dans le cas d'un mur de soutènement, on peut par exemple prévoir des barbacanes).

4.10. Solution n°2 : étude de fondation par radier général

Nous rappelons que les caractéristiques géotechniques du terrain permettent d'envisager de fonder l'ouvrage par l'intermédiaire d'un radier général assis sur les arènes granitiques 02 ou sur les granites altérés 03. Les murs reposeront sur ce radier.

La plateforme devant recevoir le radier sera aménagée en respectant les *« principes généraux de terrassements »*.

Ci-après nous présentons les modalités de réalisation et nos recommandations concernant les adaptations, les matériaux et les contrôles à prévoir.

4.10.1. Assise du radier, couche de forme

La faisabilité d'un radier nécessite qu'il repose sur une assise homogène, de bonne compacité, et que les amplitudes de tassements absolus et différentiels prévisibles soient compatibles avec la destination de l'ouvrage.

Les recommandations données au paragraphe « Principes généraux de terrassements » devront être suivies scrupuleusement.

La conception du radier devra suivre les recommandations suivantes :

Préparation du fond de forme	• Décapage jusqu'à la cote projet et a *minima* des sols de couverture 01. Le sol support correspondra alors aux arènes granitiques 02 ou aux granites altérés 03 selon les zones. • Purge des sols de mauvaise qualité ou impropres à la destination du radier • Compactage du fond de forme à 95 % de l'OPN avec un engin adapté à la nature du fond de forme
Contrôle du fond de forme	• Vérification de portance minimale par essais à la plaque **(Objectif EV2 > 20 MPa)** • Vérification visuelle de l'absence de point dur (blocs, pointement rocheux…)
Mise en œuvre de la couche de forme	• Géotextile anti-contaminant (vivement recommandé) • **0.35 m de couche de forme** en concassé R_{21} / R_{61} ou GNT D_2 / D_3, de granulométrie 0/40 ou 0/80 (GTR 92) ou en $G11_{ins}$/$G21_{ins}$ ou R1Vo/Me, R2Vo/Me, R3Vo/Me ou R3Li, de granulométrie 0/40 ou 0/80 (GTR 2023) • Compactage de la couche de forme à 95 % de l'OPM • 0.05 m de couche de réglage en concassé R_{21} / R_{61} ou GNT D_2 / D_3, de granulométrie 0/31.5 (GTR 92) ou en $G11_{ins}$/$G21_{ins}$ ou R1Vo/Me, R2Vo/Me, R3Vo/Me ou R3Li, de granulométrie 0/31.5 (GTR 2023)

On veillera à respecter les recommandations du guide GTR.

4.10.2. Critères de réception

Les critères de réception à retenir sur la couche de forme sont les suivants à partir d'essais à la plaque :

- Module EV2 ≥ 30 MPa
- Rapport EV2/EV1 < 2

Si ces valeurs ne sont pas obtenues, des adaptations constructives seront à considérer (purge, surépaisseur de matériaux en couche de forme, géotextile, etc…) en phase travaux. Les solutions devront être données en fonction de la configuration du site et du projet en phase d'exécution dans le cadre d'une mission de type G3 ou G4.

4.10.3. Modèle géotechnique spécifique

A partir des résultats des sondages et compte tenu des caractéristiques du projet, notamment du niveau fini du radier et des mouvements des terres nécessaires à l'aménagement de la plateforme support, les hypothèses à retenir pour le dimensionnement du radier et l'évaluation des tassements sont les suivantes :

Formation	***Nature de sol***	***Profondeur moyenne de la base (m/base du radier)***	***Module E_M (MPa)***	***α***	***Es (MPa)***
CDF*	Couche sablo-graveleuse	0.4	15*	0.33*	45*
02	Arènes granitiques	1.0	5	0.50	10
03	Granites altérés	≥ 10.0	100	0.50	200

** valeurs généralement retenues dans le cadre d'une mise en œuvre de la couche de forme support du dallage conformément aux règles de l'Art (précisées au paragraphe précédent) et aux prescriptions du DTU 13.3*

4.10.4. Contraintes admissibles

Les contraintes admissibles ont été évaluées par la méthode pressiométrique.

Compte tenu de la nature des sols d'assise du radier et des résultats des essais effectués, les contraintes à retenir au stade de l'avant-projet, sont de 250 kPa pour les justifications aux ELS et de 411 kPa pour les justifications aux ELU.

4.10.5. Evaluation préliminaire des tassements

Dans la configuration du site, compte tenu de la cote +0.0 retenue (2.0 m en déblai), le poids des terres excavées (36 kPa) sera supérieur aux charges rapportées par l'ouvrage (estimées à 20 kPa maximum). Par conséquent le tassement sous radier sera négligeable.

4.10.6. Remarques complémentaires

Une bêche périphérique au radier peut être nécessaire dans les cas suivants (à définir en collaboration avec le BET Structure en phase Projet) :

- La mise hors gel du radier (profondeur minimale de 0.9 m par rapport à la surface exposée aux intempérie).
- Le non glissement du radier.

4.11. Protection des ouvrages contre les eaux

Il appartient aux concepteurs de s'assurer auprès des services compétents des conditions d'inondabilité du terrain objet du projet.

On ne peut exclure des circulations d'eau dans le sol qui peuvent être aggravées par l'infiltration des eaux de ruissellement.

Dans ces conditions, il est conseillé de mettre en œuvre une protection des murs enterrés contre l'humidité selon les règles de l'art (cf. DTU 20.1) avec système drainant périphérique.

L'évacuation des eaux récupérées se fera soit gravitairement si les pentes et les exutoires le permettent, soit à l'aide de fosses de récupération associées à des pompes de relevage. Les eaux de ruissellement des plateformes au pourtour du bâtiment ne devront préférentiellement pas être dirigées vers le bâtiment.

Le rejet des eaux de drainage dans les réseaux sera soumis à l'autorisation des services compétents concernés.

Un entretien régulier des ouvrages de drainage devra être assuré par le maitre d'ouvrage afin de garantir la pérennité de son fonctionnement.

5. ALEAS RESIDUELS ET RISQUES ASSOCIES

A l'issue de la présente étude, les aléas et incertitudes géologiques subsistants concernent principalement :

- Les variations d'épaisseur des couches identifiées. Au stade de l'exécution, la supervision géotechnique doit intervenir pour vérifier la présence des sols conformes aux résultats des études, ou, à défaut, pour définir en coordination avec la Maîtrise d'œuvre, les adaptations à envisager.
- La présence de vestiges enterrés non identifiés. En cas de rencontre il faudra évaluer l'importance des vestiges en vue de déterminer les mesures à prendre.
- Les variations altimétriques du toit du substratum.
- Les éventuels remaniements du terrain ultérieurs à notre intervention.

Ces aléas et incertitudes résiduels peuvent présenter des risques pour le projet aussi bien en termes de coût que de délais. Ils peuvent être réduits par des investigations et prestations complémentaires tels que :

- Relevés topographiques.
- Recherches historiques.
- Sondages complémentaires.

6. CONDITIONS GENERALES DE VALIDITE DU RAPPORT

Le présent rapport a été établi en fonction des données transmises. Il conclut la mission G2 phase AVP qui nous a été confiée.

Nous rappelons que, conformément à notre offre, notre prestation est encadrée par la norme NF P94-500 de novembre 2013 dont un extrait est donné en annexe 1 et par les conditions de validité de l'étude propres à GEOTECHNIQUE SAS, fournies en annexe 2.

Selon l'enchaînement des missions géotechniques préconisés par la norme NF P94-500, une étude géotechnique de conception phase projet (G2 PRO) doit être envisagée en collaboration avec les différents intervenants du projet afin de réduire les aléas géotechniques.

GEOTECHNIQUE SAS reste donc à la disposition de la Maitrise d'Ouvrage pour tout renseignement complémentaire et pour la réalisation des missions ultérieures (études G2 PRO et G4 notamment).

Rédacteur	Vérificateur
Maryse GAULUPEAU	Alexandra TEALDI
Chargée d'affaires	Responsable d'agence



Annexe 1 : **Extrait de la norme NF P94-500 de novembre 2013**

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 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

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

Phase Étude de Site (ES)

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

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

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

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

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

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

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

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

Phase Avant-projet (AVP)

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

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

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

Phase Projet (PRO)

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

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

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

Phase DCE / ACT

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

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

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

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

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

Phase Étude

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

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

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

Phase Suivi

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

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

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

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

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

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

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

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

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

Annexe 2 : **Conditions de validité de l'étude**

1 - Le présent rapport et ses annexes sont indissociables. Il est basé sur un nombre limité de sondages et de mesures et sur les renseignements concernant le projet remis à GEOTECHNIQUE SAS au moment de la reconnaissance géotechnique. L'analyse et les recommandations soumises dans ce rapport sont basées sur les résultats obtenus à partir des sondages dont l'emplacement est indiqué sur le plan d'implantation joint en annexe, et sur toutes les informations données dans ce rapport.

2 - Ce rapport ne peut pas prendre en compte les variations éventuelles entre sondages. L'étude de sol étant basée sur un nombre limité de sondages, la continuité des couches de sols entre sondages ne peut être garantie et une adaptation du projet de fondation en fonction de l'hétérogénéité des sols est normale et ne peut être reprochée à GEOTECHNIQUE SAS.

3 - Toute étude réalisée à partir d'une esquisse ou d'un plan de principe nécessitera une seconde étude spécifique adaptée au projet retenu. Le but de ce rapport est limité au projet et à la localisation décrite ci-avant.

4 - Tout changement d'implantation ou de structure des constructions par rapport aux hypothèses de départ sera communiqué à GEOTECHNIQUE SAS qui donnera ou non son accord, selon que ces changements modifient les conclusions de l'étude.

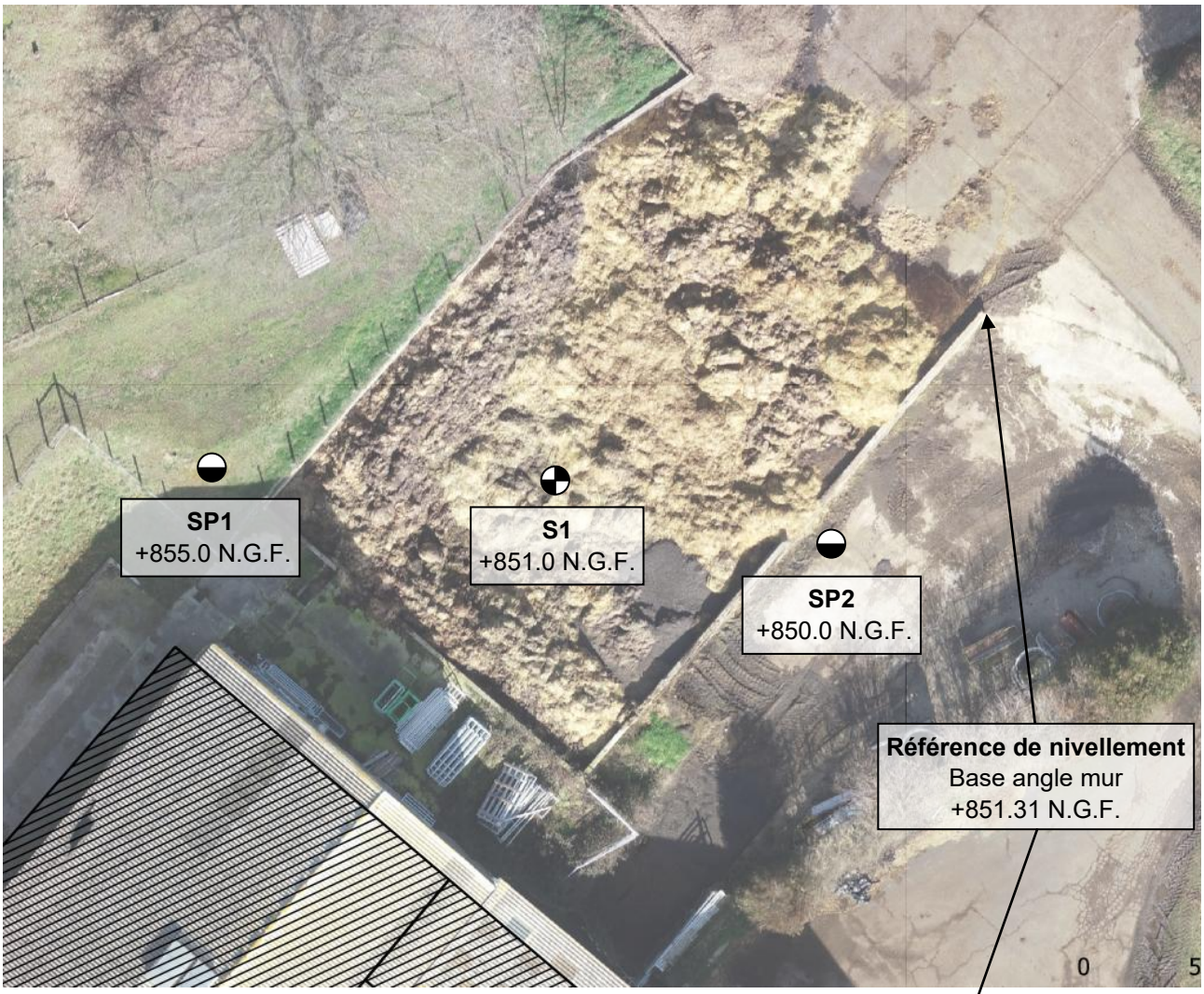
5 - Tout changement de maitrise d'ouvrage nécessite une mise à jour du rapport que le terrain et/ou l'emprise des travaux envisagées soient identiques ou aient évolués depuis la publication du présent rapport.

6 - Le délai de validité du présent rapport est limité à 6 mois et sous réserve que les conditions globales du site et du projet restent intactes dans ce même délai. Dans le cas contraire, une mise à jour du rapport ou une nouvelle étude doit être sollicitée par le client.

7 - Les éléments nouveaux mis à jour en cours des travaux de fondations et non détectés lors de la reconnaissance devront être signalés à GEOTECHNIQUE SAS afin d'étudier les adaptations nécessaires.

8 - Nous recommandons que toutes les opérations de construction en relation avec les terrassements et les fondations soient inspectées par un ingénieur géotechnicien afin d'assurer que les dispositions constructives soient totalement accomplies pendant les travaux.

Annexe 3 : **Implantation des sondages**



INRAE

SAINT-GENES-CHAMPANELLE (63)
Route de Theix

Rénovation d'une fumière

MGE 2026-02-155

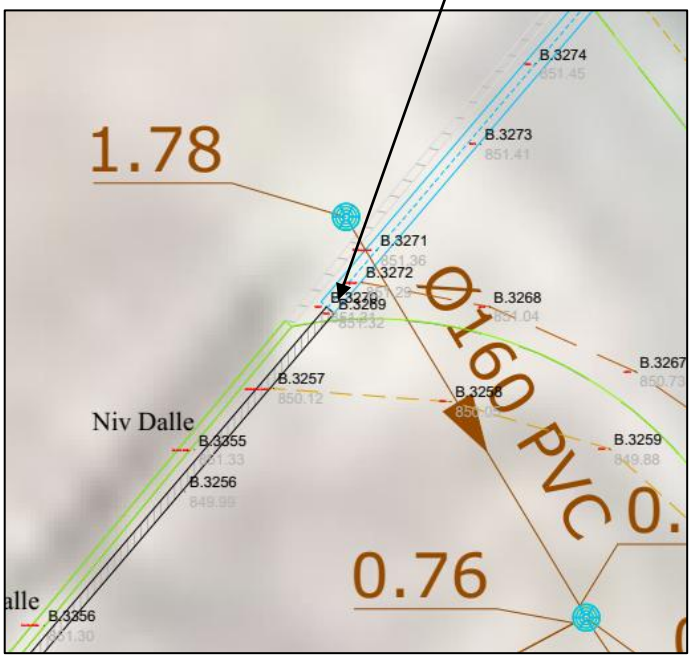
Implantation des sondages

Sondage pressiométrique (SP)

Sondage à la tarière (S)

Mars 2026

GÉOtechnique sciences de la terre sas



Annexe 4 : **Coupes de sondages**

GÉOtechnique sciences de la terre sas

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE SP1

Opération : **SAINT-GENES-CHAMPANELLE (63)**
Rénovation d'une fumière

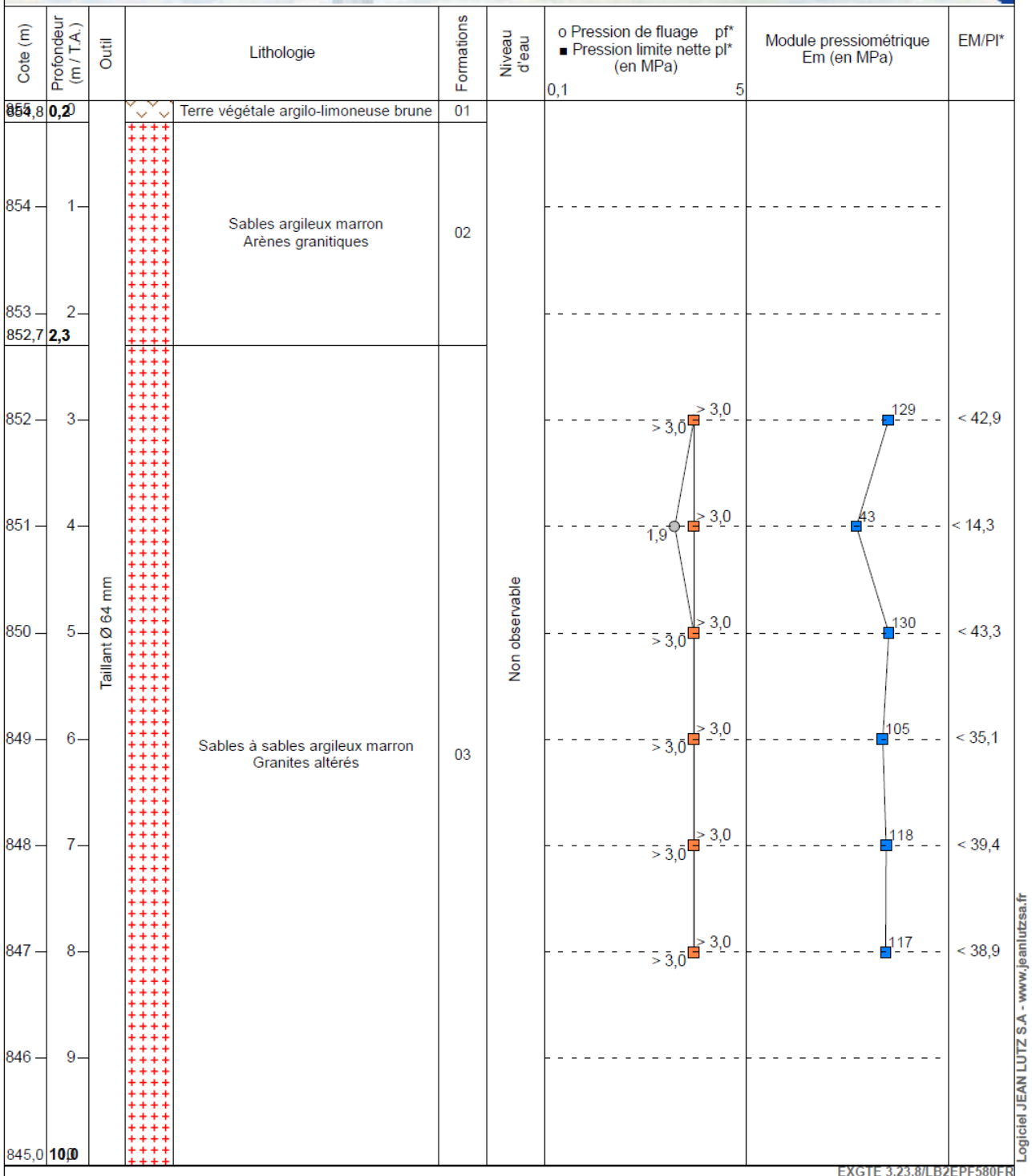
Client : INRAE

Dossier : MGE 2026-02-155

Coordonnée en X :

Coordonnée en Y :

Echelle : **1/50** Profondeur atteinte : **10.0 m** Date du sondage : 27/03/2026 Cote altimétrique : **+855.0 m NGF**



Observation : Arrêt volontaire

GÉOtechnique sciences de la terre sas

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE SP2

Opération : **SAINT-GENES-CHAMPANELLE (63)**
Rénovation d'une fumière

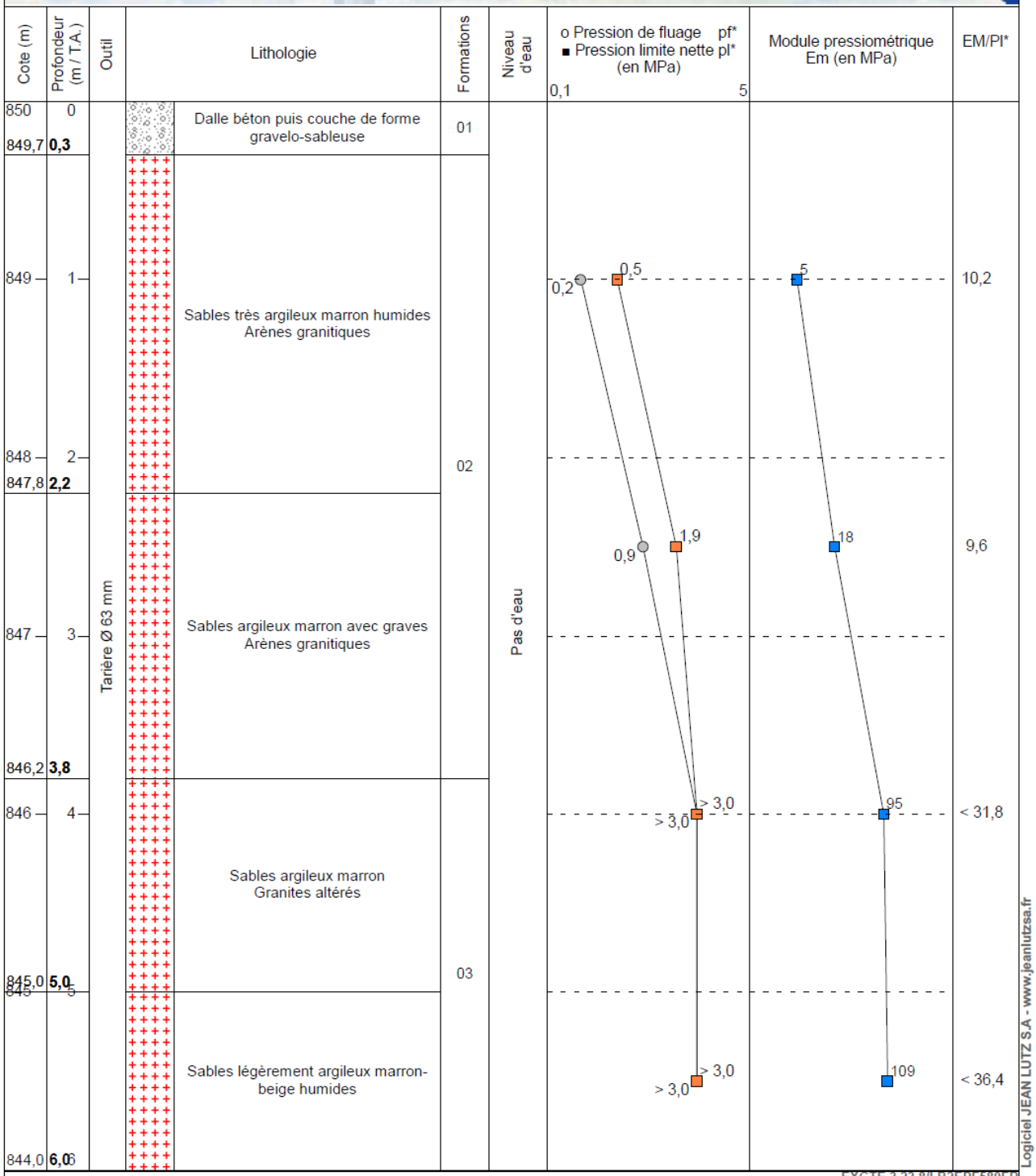
Client : INRAE

Dossier : MGE 2026-02-155

Coordonnée en X :

Coordonnée en Y :

Echelle : **1/30** Profondeur atteinte : **6.0 m** Date du sondage : 27/03/2026 Cote altimétrique : **+850.0 m NGF**



Observation : Arrêt volontaire

GÉOtechnique sciences de la terre sas

SONDAGE A LA TARIERE S1

Opération : **SAINT-GENES-CHAMPANELLE (63)**
Rénovation d'une fumière

Client : INRAE

Dossier : MGE 2026-02-155

Coordonnée en X :

Coordonnée en Y :

Echelle : **1/30** Profondeur atteinte : **6.0 m** Date du sondage : 27/03/2026 Cote altimétrique : **+851.0 m NGF**

Cote (m)	Profondeur (m/T.A.)	Outil	Lithologie	Formations	Niveau d'eau
851	0	Tarière Ø 63 mm	Dalle béton puis couche de forme gravelo-sableuse	01	Pas d'eau
850,7	**0,3**				
850	1		Sables très argileux marron humides Arènes granitiques	02	
849,0	**2,0**				
848	3		Sables légèrement argileux marron Granites altérés	03	
847,5	**3,5**				
847	4				
846	5		Sables argileux marron Granites altérés		
845,0	**6,0** 6				

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

EXGTE 3.23.8/LB2EPF580FR

Observation : Arrêt volontaire

Annexe 5 : **Essais en laboratoire**

GEOTECHNIQUE SAS
16 RUE DES BOULONNIERES - 41000
ST DENIS SUR LOIRE - 023446023383

Chantier : ST GENES CHAMPANELLE
Projet : Rénovation d'une fumière
Client : INRAE
Dossier : MGe2026-02-155

TENEUR EN EAU - NF EN ISO 17892-1

Date des prélèvements : **27/03/2026**
Date des essais : **09/04/2026**
Opérateur : Mme

Sondage	Profondeur	Prélèvement en	Identification visuelle	W%
S1	0,30 à 2,00 m	sac	Sables très argileux marron	**30,4 %**
S1	2,00 à 3,50 m	sac	Sables lgt argileux marron	**11,4 %**
S1	3,50 à 6,00 m	sac	Sables argileux marron	**16,4 %**
SP2	0,30 à 2,20 m	sac	Sables très argileux marron	**28,6 %**
SP2	2,20 à 3,80 m	sac	Sables argileux marron + graves	**16,7 %**
SP2	3,80 à 5,00 m	sac	Sables argileux marron	**13,0 %**
SP2	5,00 à 6,00 m	sac	Sables lgt argileux beiges	**57,0 %**

Chantier : ST GENES CHAMPANELLE (63)
Projet : Rénovation d'une fumière
Client : INRAE
Dossier : MGe2026-02-155
Date du prélèvement : NC
Date des essais : 09/04/2026

Valeur au bleu NFP 94 - 068

Sondage de prélèvement	Profondeur	Teneur en eau (%)	VBS
SP2	0,30 à 2,20 m	29,5	1,8

GÉOtechnique sciences de la terre sas
GEOTECHNIQUE SAS
672 rue des Mercières - 69140
RILLIEUX LA PAPE - 04 78 88 75 83

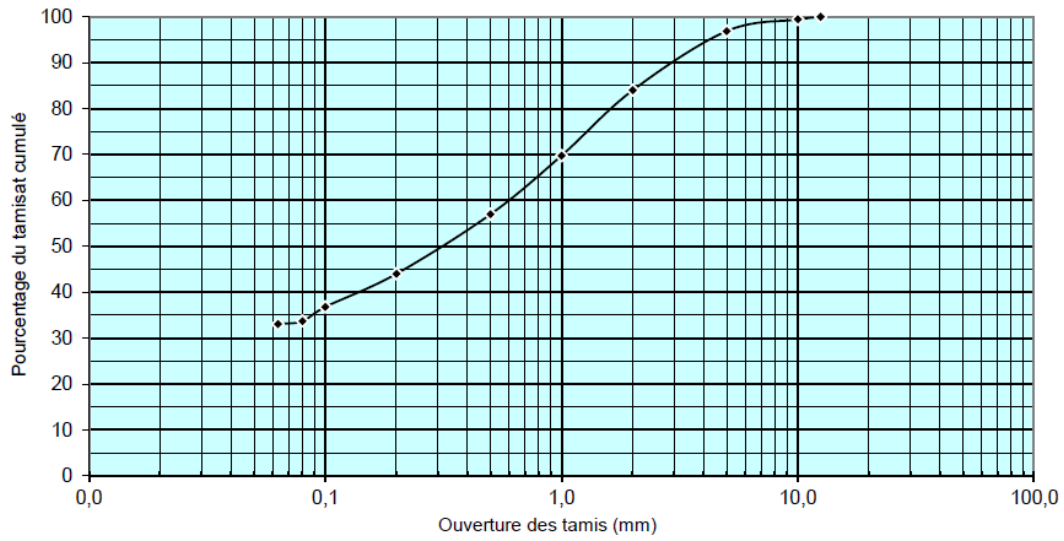
Chantier : ST GENES CHAMPANELLE (63)
Projet : Rénovation d'une fumière
Client : INRAE
Dossier : MGe2026-02-155

ESSAIS D'IDENTIFICATION SUR SOLS

Nature des matériaux :	**Sables très argileux**	Date du prélèvement :	NC
Type de matériau :	*Sols fins à granulaires*		
Provenance des matériaux :	**S1**	Date des essais :	09/04/2026
Profondeurs :	**0,30 à 2,00 m**	Réf. opérateurs :	Mme
Observations :	Marron		

Tamis	Passant
12,5	100,0
10,0	99,4
5,0	96,9
2,0	84,0
1,0	69,7
0,50	57,0
0,20	44,0
0,10	36,8
0,080	33,7
0,063	33,1

ANALYSE GRANULOMETRIQUE (NF EN ISO 17892-4)



AUTRES PARAMETRES D'IDENTIFICATION

Norme	Essai		Résultat
ISO 17892-4	Passant au tamis de 63 µm	< 63 µm =	33,1%
ISO 17892-4	Diamètre maximal des grains	D_{max} =	12,5 mm
GTR 2023	Coefficient d'uniformité	C_U =	Indéterminé
GTR 2023	Coefficient de courbure	C_C =	Indéterminé
ISO 17892-1	Teneur en eau naturelle	W_{nat} =	32,3%
NF P94 068	Valeur au bleu du sol	V_{BS} =	1,61
ISO 17892-12	Limite de liquidité (Méthode de Casagrande)	W_L =	
ISO 17892-12	Limite de plasticité	W_P =	
ISO 17892-12	Indice de plasticité	I_P =	
ISO 17892-12	Indice de consistance	I_C =	
NF P94-078	Indice Portant Immédiat	IPI / ρ_d =	
NF P94-093	Valeurs caractéristiques à l'OPN	W_{OPN} / ρ_d =	
NF P18-576	Coefficient de friabilité des sables	I_{FS} =	
NF EN 1097-2	Résistance à la fragmentation (Coefficient Los Angeles)	C_{LA} =	
NF EN 1097-1	Résistance à l'usure (Coefficient Micro Deval)	C_{MDE} =	
NF P94-066	Coefficient de fragmentabilité	I_{FR} =	
NF P94-067	Coefficient de dégradabilité	I_{DG} =	
NF P94-078	Indice Californian Bearing Ratio Immergé	I_{CBRi} =	
NF EN 17685-1	Perte au feu - Teneur en matière organique	C_{OM} =	
	CLASSIFICATION GTR 2023 :		**I2**
	Ancienne classification GTR :		*B6*

Observations :

PV27a
16/05/2024

NOTRE SIÈGE SOCIAL
473 chemin de la Banastière CS 30408
84276 VEDENE CEDEX
Tél : 04 90 01 39 02
contact@géotechnique-sas.com

Retrouvez toutes nos agences sur
www.geotechnique-sas.com

0 805 690 989

GÉOtechnique
sciences de la terre sas