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 PRO**

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

Projet
Rénovation d'une fumière

Maître d'ouvrage
INRAE

REFERENCE : MGE 2026-02-155/2 - G2 PRO

Ind.	Date	Contenu	Rédacteur	Vérificateur	Observations
A	27/10/2026	40 pages + annexes	Maryse GAULUPEAU	Anaïs ANTIGNY-PALOMINO	-

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 7
1.6.1. Localisation 7
1.6.2. Caractéristiques de la zone d'étude 8
1.6.3. Contexte géologique 9
1.7. Risques naturels 9
1.7.1. Risque d'inondation 9
1.7.2. Risque de remontée de nappe 10
1.7.3. Exposition au retrait-gonflement des argiles 10
1.7.4. Présence de cavités / risque karstique 11
1.7.5. Mouvements de terrains 11
1.7.6. Amiante naturelle 11
1.7.7. Risque sismique 11
2. INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUESDE LA MISSION G2 AVP 12
2.1. Implantation et nivellement 12
2.2. Investigations réalisées 12
2.2.1. Sondages de reconnaissance 12
2.2.2. Essais en laboratoire 12
3. SYNTHESE GEOTECHNIQUE DE LA MISSION G2 AVP 13
3.1. Coupe stratigraphique du terrain - caractéristiques mécaniques 13
3.2. Résultats d'essais en laboratoire 14
3.3. Exposition au retrait-gonflement des sols argileux 15
3.4. Niveaux des eaux souterraines 15
4. APPLICATIONS GEOTECHNIQUES AU PROJET 16
4.1. Modèle géotechnique retenu 16
4.2. Conditions sismiques 17
4.2.1. Données réglementaires 17
4.2.2. Influence du sol 17
4.2.3. Catégorie de bâtiment 18
4.2.4. Risque de liquéfaction des sols 18
4.3. La zone d'influence géotechnique (ZIG) 18
4.4. Adaptations du projet aux conditions géotechniques 19
4.5. Remarques importantes 20
5. CONCEPTION DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES 21
5.1. Adaptations vis-à-vis des avoisinants et mitoyens 21

5.2. Principes généraux de terrassements 21
5.2.1. Préambule 21
5.2.2. Recommandations générales 21
5.2.3. Travaux préparatoires 22
5.2.4. Aménagement des plateformes 22
5.2.5. Conditions d'utilisation de matériaux d'apport granulaires 24
5.2.6. Conditions d'utilisation de matériaux non naturels recyclés 25
5.2.7. Conditions de talutage 25

5.3. Conception du niveau-bas de la fumière 28
5.3.1. Assise du dallage, couche de forme 28
5.3.2. Critères de réception 29
5.3.3. Modèle géotechnique spécifique 29
5.3.4. Tassements prévisibles 29
5.3.5. Précautions concernant les réseaux enterrés 29

5.4. Fondations par semelles superficielles 30
5.4.1. Principes généraux 30
5.4.2. Références normatives – méthodologie 31
5.4.3. Sol d'assise et conditions d'ancrage des murs de soutènement 31
5.4.4. Contraintes admissibles 31
5.4.5. Descentes de charges 31
5.4.6. Calcul des combinaisons 32
5.4.7. Tassements sous fondations 33
5.4.8. Vérification vis-à-vis des efforts horizontaux 33

5.5. Ouvrages de soutènement – mur en béton armé en L côté Nord 34
5.5.1. Documents de référence / méthodes de calculs pour les soutènements 34
5.5.2. Hypothèses particulières 34
5.5.3. Vérifications de stabilité 35

5.6. Dispositions constructives spécifiques 36
5.6.1. Remarques générales 36
5.6.2. Pour les travaux de fondations 36
5.6.3. Phasage des travaux 37
5.6.4. Terrassements 37
5.6.5. Protection des ouvrages contre les eaux 37
5.6.6. Surveillance, suivi et contrôle des travaux 38

6. ALEAS RESIDUELS ET RISQUES ASSOCIES 39
7. CONDITIONS GENERALES DE VALIDITE DU RAPPORT 40

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 de la mission G2 AVP**
Annexe 4 : **Coupes de sondages de la mission G2 AVP**
Annexe 5 : **Essais en laboratoire de la mission G2 AVP**
Annexe 6 : **Notes de calcul**

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).

Les principaux intervenants du projet sont :

- Maitre d'ouvrage : INRAE
- BET Structures : CS2L Ingénierie

1.2. Contrat – Mission géotechnique

Notre offre d'étude géotechnique référencée MGE 2026-02-155/2 en date du 28/08/2026 a été acceptée le 10/09/2026 (bon de commande n°4500280372) 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 phase Projet** (G2 PRO).

Elle fait suite à la mission G2 AVP réalisée en avril 2026 et dont la référence est MGE 2026-02-155/1.

Les objectifs de cette mission géotechnique de conception phase Projet (G2 PRO) sont les suivants :

- Synthétiser les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet.
- Établir les notes techniques donnant les choix constructifs pour les travaux suivants :
  - Terrassements et soutènements associés.
  - Fondations des ouvrages.
  - Assises des dallages.
- Établir les notes de calcul de dimensionnement correspondantes.
- Préciser les conditions de terrassements associées à la réalisation du projet.
- Donner les dispositions à suivre vis-à-vis de la nappe et des avoisinants.
- Donner un avis sur les valeurs seuils à retenir.

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 13.1 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 pour la réalisation de la mission G2 AVP :

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

Les documents suivants nous ont été communiqués pour la réalisation de la présente mission G2 PRO :

Document	***Fourni par***	***Format***	***Date***
Plan d'ensemble de la fumière	CS2L Ingénierie	Pdf et Dwg	14/08/2026
Plan d'ensemble des fondations de la fumière			08/10/2026
Plan d'ensemble des fondations de la fosse à lisier			08/10/2026
Descentes de charges sur la charpente de la fumière			27/08/2026
Coupes de la fumière			08/10/2026
Descentes de charges sur les fondations de la fumière			08/10/2026

1.5. Caractéristiques du projet

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

- La fumière existante sera démolie avant reconstruction d'une nouvelle fumière de 200 m² environ.
- L'accès à la fumière sera déplacé, il se fera depuis le Sud-Est et non depuis le Nord-Est.
- Le niveau bas de la nouvelle fumière sera abaissé. Il sera compris entre les cotes +850.55 et +851.26 m NGF (pente de 4%).
- La fumière sera située à environ 8.0 m d'un bâtiment existant dont le mode et la profondeur des fondations ne sont pas connus.
- Le projet est prévu sur dallage et sur fondations filantes. Les murs feront office de murs de soutènement.
- Une charpente métallique sera réalisée, elle reposera sur des poteaux qui s'appuieront sur les semelles filantes des voiles.

Compte tenu de la configuration du projet, les terrassements induits seront en déblai sur une profondeur de 3.0 m environ.

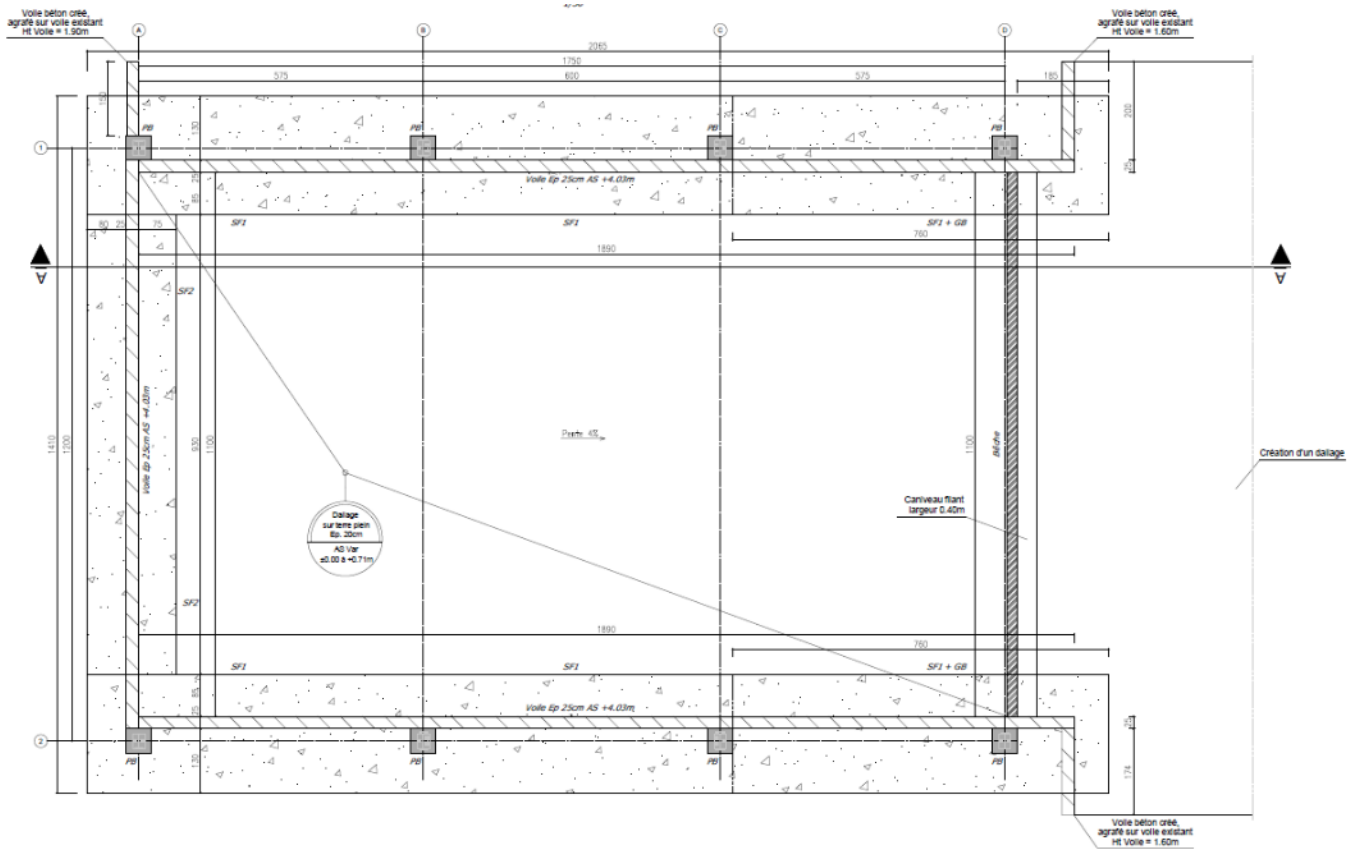
Ci-après, quelques plans du projet :



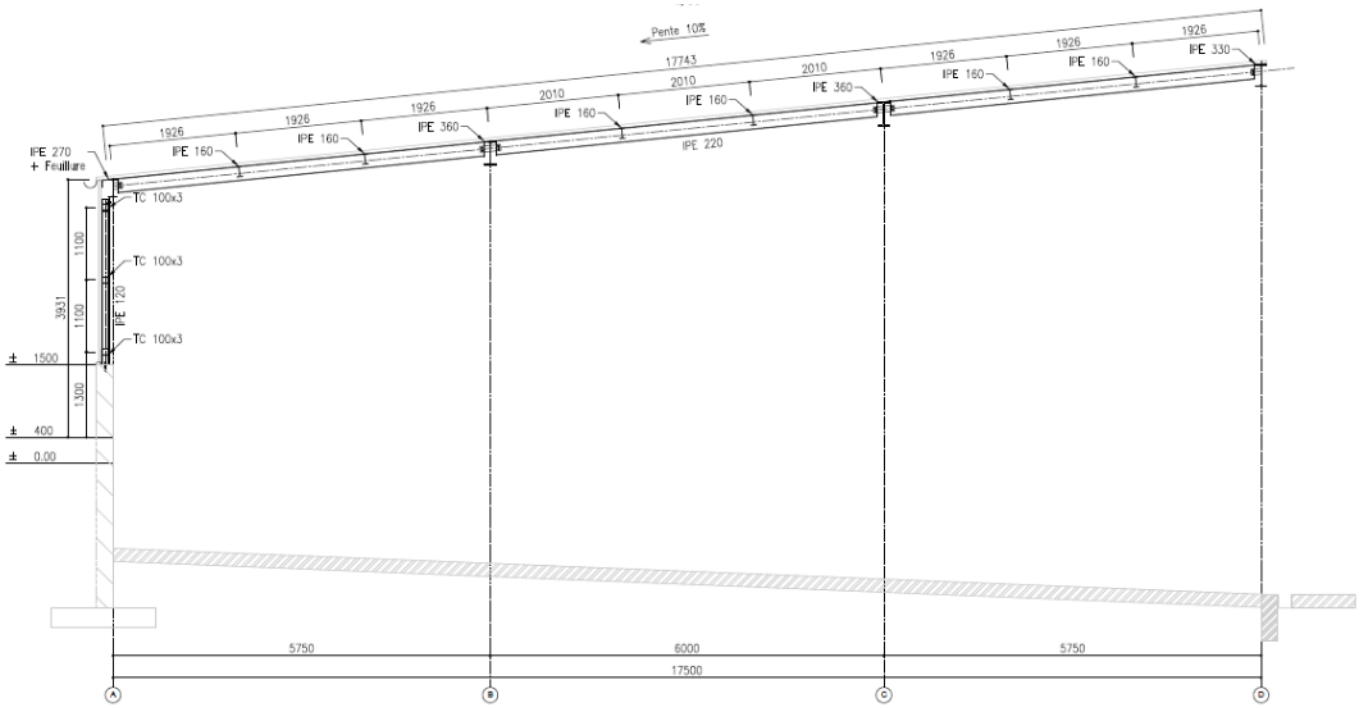
Vue aérienne de la fumière actuelle



Plan de masse du projet sur vue aérienne (à noter qu'il a depuis glissé de 1.0 m environ vers le Nord-Est)



Plan des fondations du projet



Coupe du projet

1.6. Caractéristiques générales du site

1.6.1. Localisation

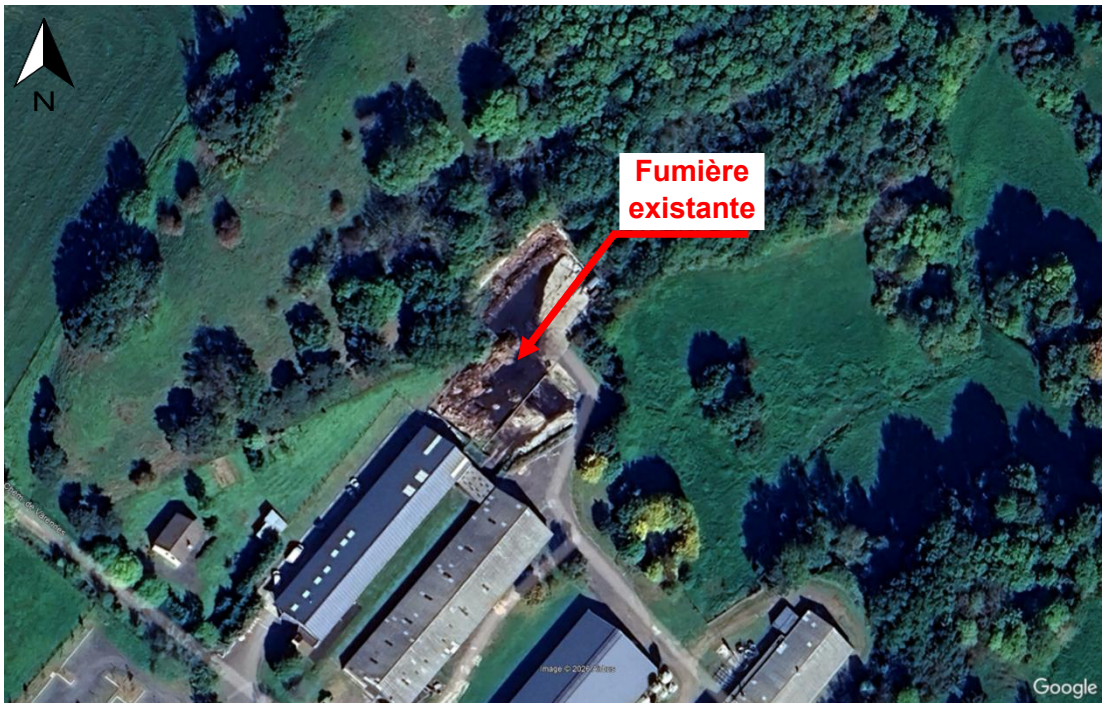
Le terrain concerné par la présente étude se situe au sein de la ferme expérimentale de l'INRAE, route de Theix, sur la commune de SAINT-GENES-CHAMPANELLE (63).

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 démolie pour les besoins du projet puisque le niveau bas sera abaissé.
- 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, à environ 8.0 m de distance du projet,
  - 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.

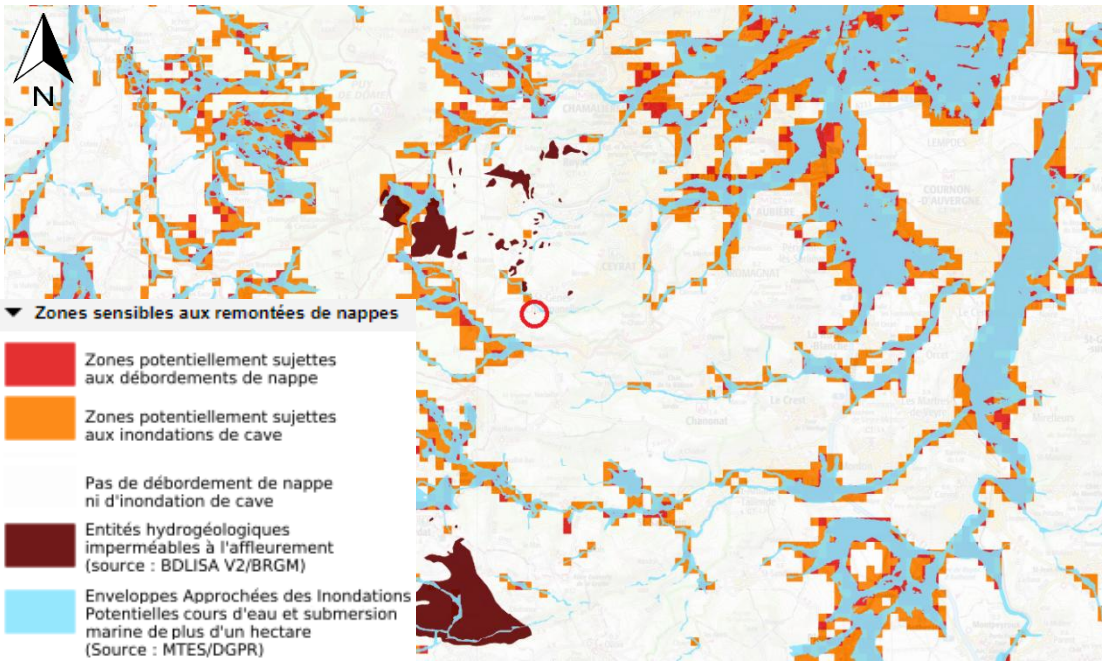
1.7.1. Risque d'inondation

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 :

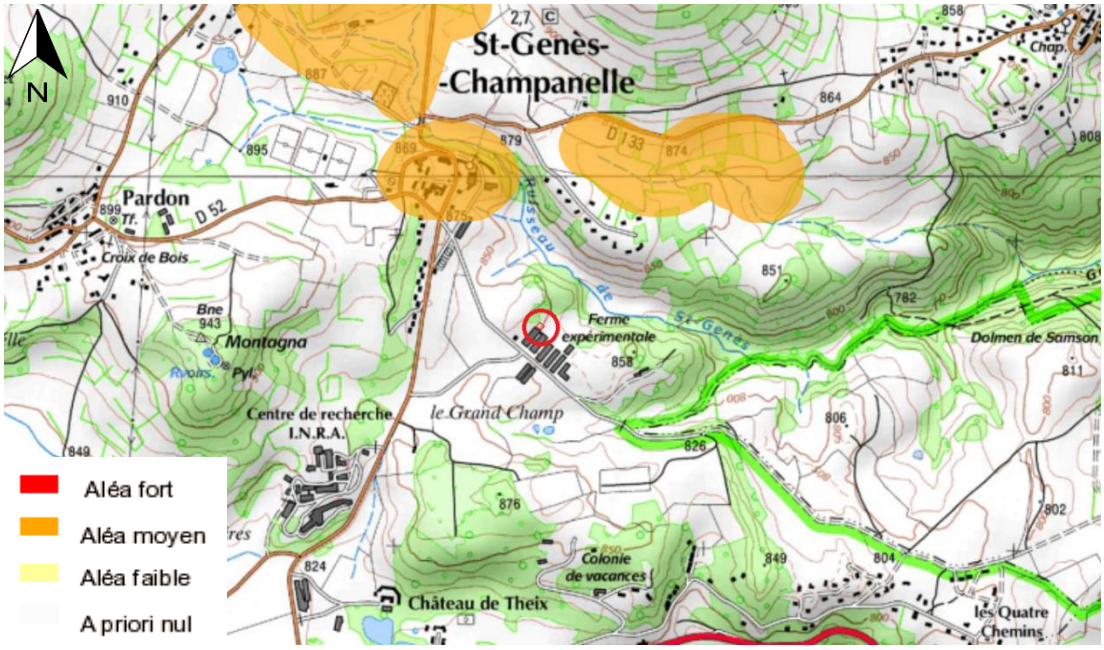


Source : www.infoterre.brgm.fr

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 GEOTECHNIQUESDE LA MISSION G2 AVP

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 mission G2 AVP d'avril 2026 :

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 DE LA MISSION G2 AVP

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	Faible

Il résulte que les sols en place sont faiblement 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 (infiltration des eaux dans les granites altérés et fracturés supposé).

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 AU 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

Les caractéristiques géo-mécaniques retenues dans le cadre des ouvrages de soutènements sont les suivantes :

Nature du sol	***Poids volumique humide γ_h (kN/m³)***	***Poids volumique déjaugé γ_d (kN/m³)***	***Cohésion effective c' (kPa)***	***Angle de frottement φ' (°)***
01 Sols de couverture	18	10	5	25
R Remblais d'apport	18	10	0	35
02 Arènes granitiques	20	10	5	30
03 Granites altérés	22	12	5	30

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 obligatoirement à prendre en compte. Toutefois, le maitre d'ouvrage, s'il le souhaite, peut choisir de dimensionner l'ouvrage selon les recommandations sismiques.

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)

En partie Sud-Ouest un existant est présent à environ 8.0 m du projet et 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

Il faudra porter une attention particulière pour les travaux de terrassements (phasages, talutages, etc…) et les dispositions constructives à mettre en œuvre pour garantir la stabilité générale du site et des existants.

Il est important de comprendre que ces distances d'influence constituent une première approche de la ZIG, basée sur un critère de stabilité des terres durant ou post excavation. La ZIG est en réalité plurifactorielle et comprend par conséquent d'autres critères comme les vibrations ou encore les interactions avec l'eau (pompage de nappe, déviation d'écoulements, ...) qui pourront augmenter les rayons d'influence. Il est donc important, dans l'analyse et le suivi du chantier, d'intégrer tous ces paramètres afin d'assurer la pérennité des emprises et ouvrages proches (tout comme la sécurité des travailleurs du chantier).

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 à court terme.
- 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 8.0 m du projet, et donc il faudra assurer la stabilité.
- 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 qui ont été retenues sont les suivantes :

- La réalisation d'un mode de fondations superficielles de type semelles filantes sur lesquelles reposeront les voiles de la fumière et les poteaux pour la charpente métallique. Côté Nord-Ouest, le mur qui sera collé au talus sera considéré comme un mur de soutènement compte-tenu des efforts qui seront appliqué sur les voiles.
- La réalisation d'un niveau-bas de type dallage sur terre-plein.
- La réalisation des terrassements en déblais via un système de talutage.
- 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. Remarques importantes

Dans le cas où les principes constructifs retenus en phase travaux diffèreraient de ceux proposés dans la présente étude, les incidences techniques devront impérativement être étudiées dans le cadre de la mission G3 et validées en G4.

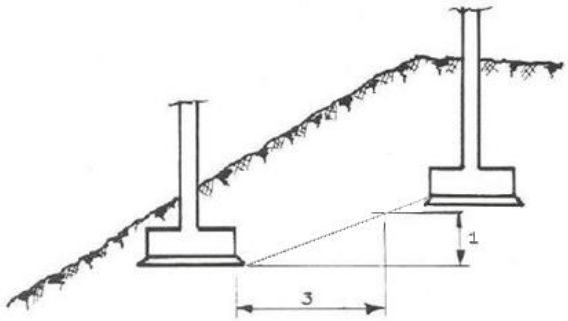
5. CONCEPTION DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES

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

Nous rappelons que le projet sera situé à environ 8.0 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.

5.2. Principes généraux de terrassements

5.2.1. 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).

5.2.2. 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.

5.2.3. Travaux préparatoires

5.2.3.1. *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.

5.2.3.2. *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.

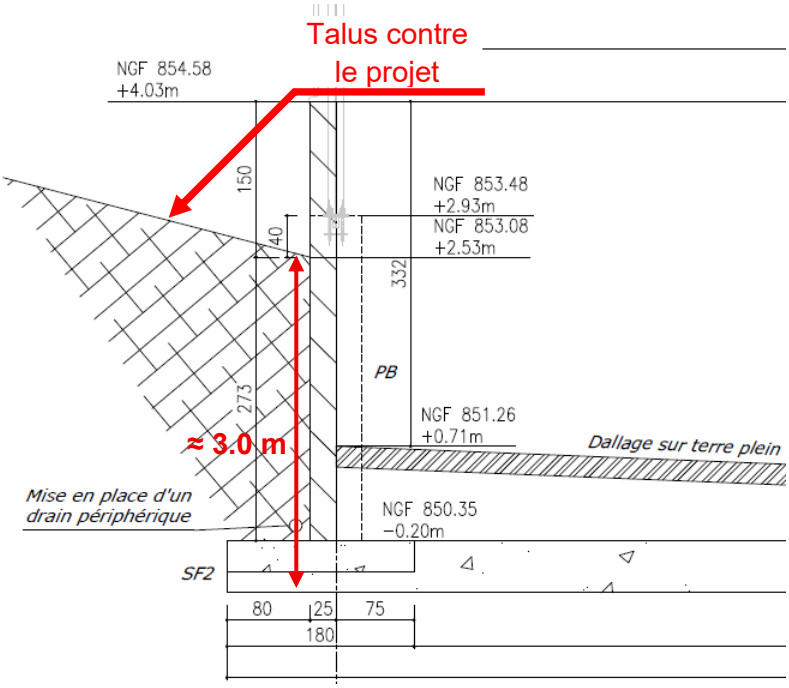
Les démolitions devront comprendre l'extraction complète des soubassements et ouvrages enterrés avec comblement des cavités induites à l'aide de matériaux d'apport correctement compactés.

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).

5.2.4. Aménagement des plateformes

Compte tenu de l'abaissement du niveau de la fumière actuelle, des terrassements en déblais jusqu'à environ 3.0 m de hauteur maximum sont à prévoir (le long du talus). Des terrassements sont également à prévoir pour la réalisation des fouilles de fondation.



Coupe au niveau du fond de la fumière

5.2.4.1. ***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.

En cas de remontée de nappe au niveau du fond de forme ou d'arrivée d'eau par ruissellement superficiels depuis les terrains amonts, 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%).

5.2.4.2. ***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 compte tenu de la nature sableuse peu cohésive des sols rencontrés.

5.2.4.3. *Fond de forme / Plateforme de travail*

D'après le calage altimétrique du projet (niveau +0.0 compris entre +850.55 m et +851.26 m NGF) et en tenant compte des terrassements nécessaires pour la mise en œuvre du dallage et de la couche de forme (environ 0.6 m au total), il apparait que le niveau de fond de forme devrait être situé entre +849.95 m et +850.66 m NGF, et donc 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 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…).

5.2.5. 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.

5.2.6. 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.

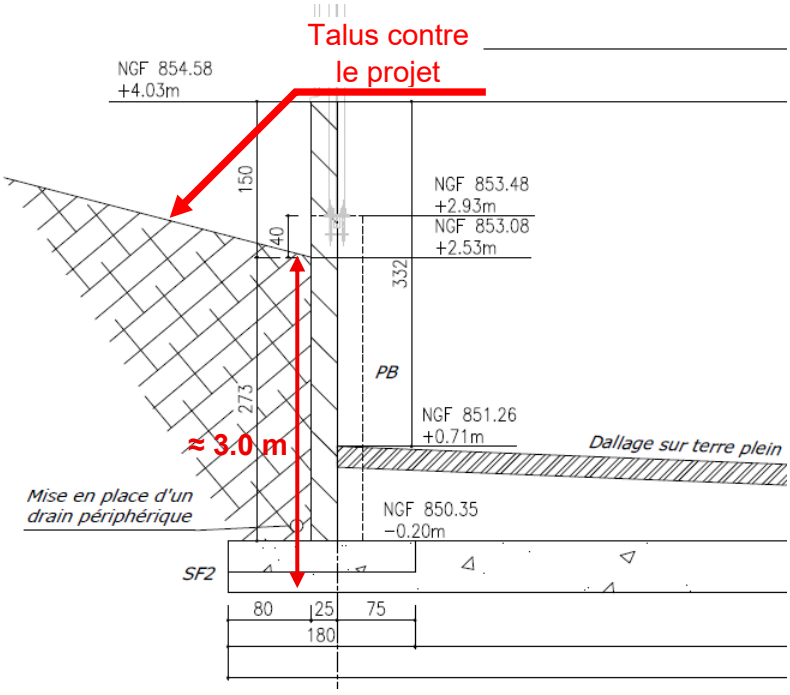
L'utilisation de matériaux recyclés est autorisée et particulièrement bien adaptée en amélioration de la PST (cloutage) sous réserve qu'il s'agisse de concassé béton exempt d'exogènes.

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

5.2.7. Conditions de talutage

5.2.7.1. *Principe général*

Des talus provisoires seront nécessaires pour la réalisation de la fumière étant donné que son niveau sera abaissé. Leur hauteur sera d'environ 3.0 m mais on note qu'à l'arrière de ce talus provisoire, le site présente une pente existante. Nous ne disposons pas de coupe ou de relevés topographique de ce talus. Il semble toutefois avoir une hauteur totale de 2.5/3.0 m environ selon notre visite sur site. Nous considérerons, pour nos calculs, une hauteur totale de 6.0 m.



Coupe au niveau du fond de la fumière

Suite aux travaux de la fumière, des remblais seront remis en œuvre derrière le mur et le talus sera reprofilé. Nous considérerons une hauteur de talus définitif de 2.5/3.0 m environ.



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

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

- Talus provisoires : 3H / 2V pour une hauteur maximale de 6.0 m.
- Talus définitifs : 3H / 1V 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.

Une étude de stabilité a été effectuée pour valider les pentes de talus préconisées. Elle est détaillée dans les paragraphes suivants.

5.2.7.2. *Documents de référence / méthodes de calculs pour la justification des talus*

La norme relative à l'étude de stabilité des talus (ouvrages en terre) n'est pas encore éditée (NF P94-290).

En attendant, une simple vérification de la stabilité générale est effectuée.

La vérification de la stabilité générale consiste à obtenir un facteur de sécurité satisfaisant (F > 1.3 en l'absence de coefficients de sécurité partiels et en situation provisoire et F > 1.5 en l'absence de coefficients de sécurité partiels et en situation définitive) vis-à-vis du risque de grand glissement (ou glissement d'ensemble) à l'aide du logiciel GEOSTAB et selon la méthode de Bishop pour un calcul à la rupture. Les surfaces de rupture sont donc supposées circulaires.

5.2.7.3. *Caractéristiques géométriques*

Nous retiendrons les caractéristiques géométriques maximales suivantes (les plus défavorables) pour les talus provisoires :

- Hauteur de talus : 6.0 m
- Fruit de talus : 3H/2V
- Emprise du talus induite : 9.0 m
- Emprise de sécurité en tête de talus : 1.0 m (absence de surcharges sur cette distance)
- Surcharge en tête de talus : 10 kPa maximum sur 5.0 m de longueur, et a 1.0 m de la crête du talus
- Emprise totale de la ZIG locale : 15.0 m
- Niveau d'eau retenue : aucun

5.2.7.4. *Résultats de stabilité générale*

Les conditions de stabilité du site au grand glissement sont assurées dans les configurations les plus défavorables avec le facteur de sécurité suivant : F = 1.47 (F > 1.3) pour les talus provisoires.

Toutefois, cette condition est assurée uniquement en cas de fouille protégée contre les intempéries, les ruissellements et une éventuelle remontée de nappe.

5.3. Conception du niveau-bas de la fumière

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.

5.3.1. 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) • **0.45 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.

5.3.2. 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 ≥ 70 MPa
- Rapport EV2/EV1 < 2.2

Les contrôles seront réalisés à raison de 3 essais minimum + 1 essai tous les 1000 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.

5.3.3. 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	0.5	15*	0.33*	63*
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*

5.3.4. Tassements prévisibles

Dans la configuration du site, compte tenu de la cote +0.0 retenue (environ 2.0 m en déblai) le poids des terres excavées (40 kPa) est à retrancher aux charges rapportées par l'ouvrage (50 kPa maximum). De plus, les tassements se sont déjà produits suite à l'exploitation de la fumière existante (surcharge apportée sur le dallage jugée équivalente à celle apportée par le projet). Par conséquent le tassement sous dallage sera négligeable, sous réserve de respecter les prescriptions de démolition et de purge indiquées précédemment.

5.3.5. 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.

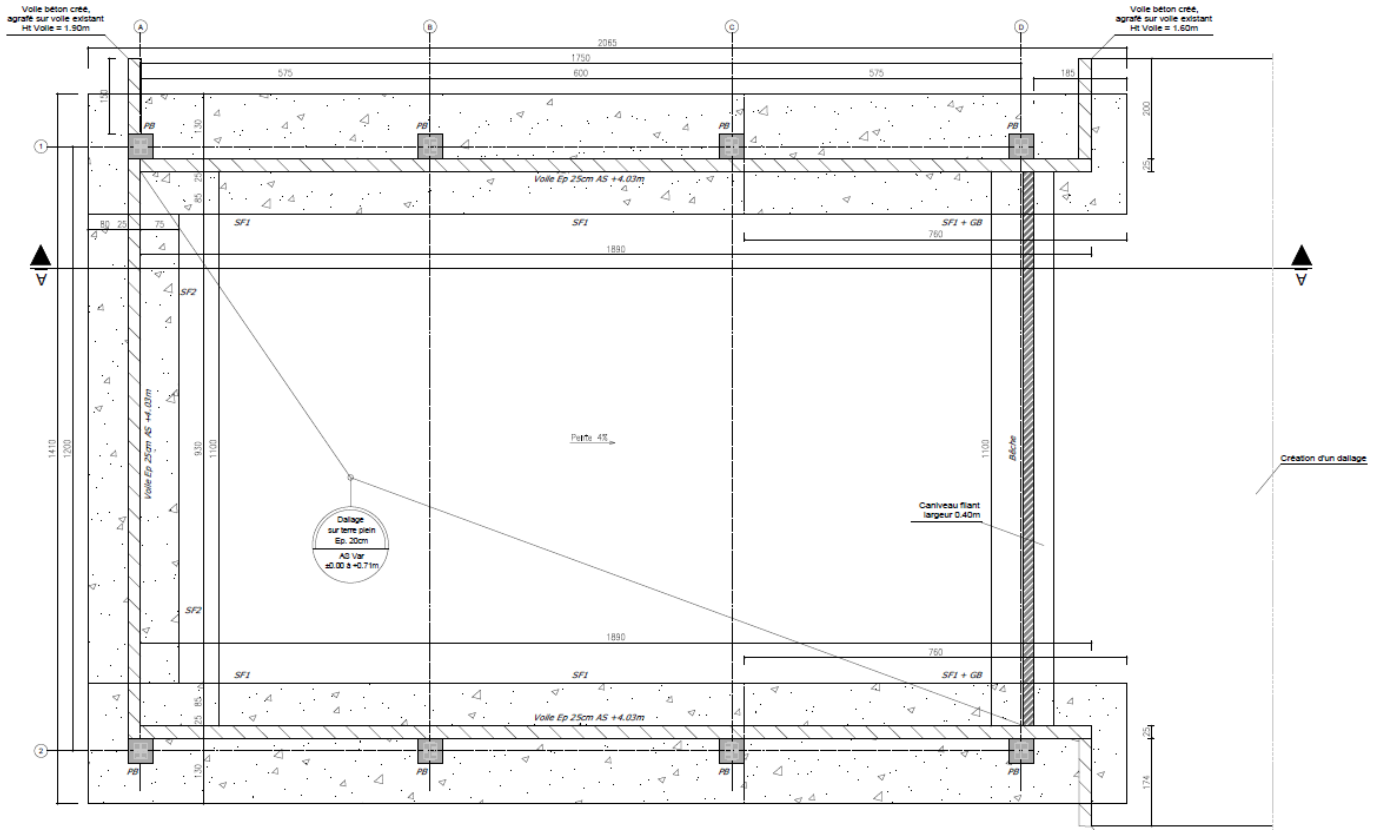
Les dispositions constructives à prendre en compte en présence de canalisation sont indiquées au § 5.2 du DTU 13.3.

5.4. Fondations par semelles superficielles

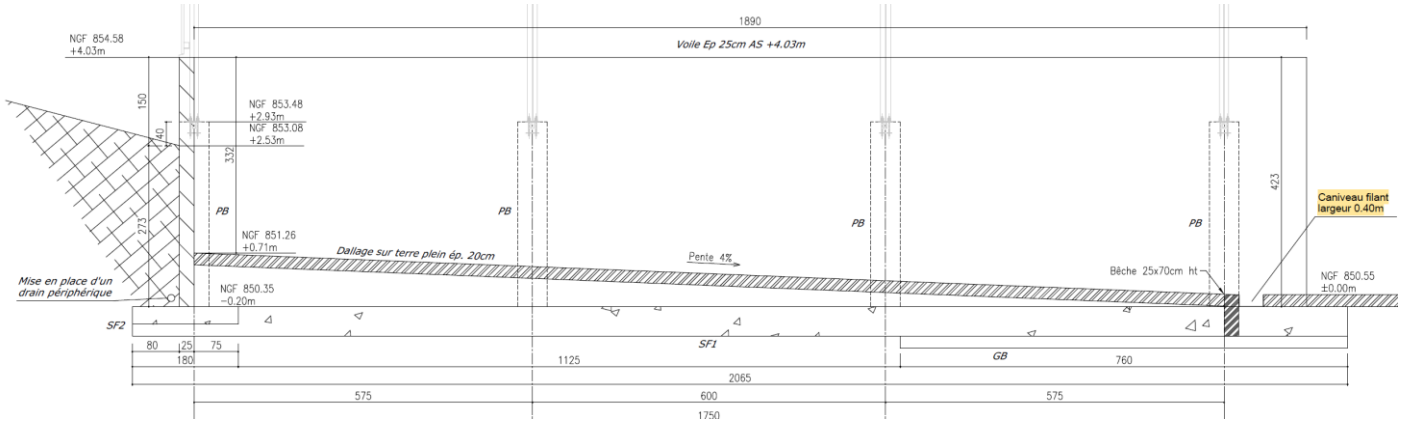
5.4.1. Principes généraux

Les murs de la fumière seront des murs de soutènement en L.

Le mur aura une hauteur de 4.5 m (mur de 4.2 m + semelle de 0.3 m) et sera enterré sur 3.0 m de hauteur (à l'extrémité de la fumière).



Plan de fondation de la fumière



Coupe de la fumière

Pour les remblaiements à l'arrière des ouvrages de soutènement, 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.

5.4.2. Références normatives – méthodologie

L'étude et les calculs justificatifs sont effectués suivant les principes et exigences de l'Eurocode 7 et la norme d'application nationale relative aux fondations superficielles, NF P 94-261 de février 2017.

Il s'agit de vérifier les conditions de stabilité suivantes externe de la fondation (selon l'approche 2) :

- Poinçonnement du sol support à l'ELU et à l'ELS.
- Excentrements à l'ELU et à l'ELS.
- Glissement horizontal à l'ELU.

Les calculs justificatifs du dimensionnement sont effectués à l'aide du logiciel GEOFOND.

5.4.3. Sol d'assise et conditions d'ancrage des murs de soutènement

La base des murs de soutènement de la fumière est établie à +850.05 m N.G.F. D'après les sondages réalisés, les fondations de ce dernier seront donc 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.

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.

5.4.4. 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.

5.4.5. Descentes de charges

Les descentes de charges suivantes nous ont été fournies, pour les 2 types de murs des fumières :

- Mur 1 : mur semi-enterré dans le talus au Nord.
- Mur 2 : murs « latéraux » Est et Ouest.

DDC par cas de charges		Hx (T/ml)	Vz (T/ml)	My (T./ml)
Semelle 240x50ht	Cas 1 Poids propre mur + CM	-0,034	-5,53	0,18
	Cas 2 Poids & poussée des terres	2,06	-5,72	-0,03
	Cas 3 Poids & poussée due au CE sur terrain	2,2	-0,91	3,11
	Cas 4 Poids & poussée fumier	-2,24	-2,275	-5,49
	Cas 5 Neige	-0,117	-0,613	-0,362
	Cas 6 Vent	+/- 0,20	+/- 0,24	+/- 0,62
Semelle 180x30ht	Cas 1 Poids propre mur	0	-3,075	0
	Cas 2 Poids & poussée des terres	2,06	-3,08	0,744
	Cas 3 Poids & poussée due au CE sur terrain	2,2	-0,49	2,86
	Cas 4 Poids & poussée fumier	-2,24	-2,275	-2,2
	Cas 5 Neige	0	0	0
	Cas 6 Vent	0	0	0

Hx efforts horizontaux perpendiculaires au voile

Vz efforts verticaux

My Moments d'encastrement fondations

5.4.6. Calcul des combinaisons

Sur la base des EUROCODES, nous retiendrons les combinaisons de charges verticales suivantes, à valider par un BET structure :

- $Q_{ELS\ caractéristique}$ = cumul des combinaisons des cas 1 à 4
- $Q_{ELU\ fdt}$ = 1.5 G + 1.5 N + 1.5 V

Cas de charge	Semelle	G	NeigeN	VentN	ELS Car. (T)	ELU Fond. (T)
Hx	SF1 240x50	1,986	0,117	0,200	1,986	3,455
Vz		14,435	0,613	0,240	14,435	22,932
My		-2,230	0,362	0,620	-2,230	-1,872
Hx	SF2 180x30	2,020	0,000	0,000	2,020	3,030
Vz		8,920	0,000	0,000	8,920	13,380
My		1,404	0,000	0,000	1,404	2,106

Remarque : en fonction des combinaisons de charges, les poussées horizontales et/ou moments en tête, efforts de soulèvement, sur les éléments de fondation pourront devenir prépondérants par rapport aux charges verticales pour le dimensionnement des fondations.

Etant donné que le poids de la fondation n'est pas pris en compte dans les valeurs fournies, nous avons ajouté le poids du massif dans notre calcul sous GEOFOND :

- Pour les fondations SF1 de 240x50 cela représente 30.0 kN/m (fondations de 2.4 x 0.5 x 1.0 m ; poids volumique du béton de 25 kN/m^3).
- Pour les fondations SF2 de 180x30 cela représente 13.5 kN/m (fondations de 1.8 x 0.3 x 1.0 m ; poids volumique du béton de 25 kN/m^3).

5.4.7. Tassements sous fondations

Les calculs de tassements sous fondations ont été effectués pour toutes les semelles :

Sondage	*Fondation*	*Q_{ELS} car (kN)*	*Q_{ELU} dur et trans (kN)*	*Tassement s (cm)*	*Note de calculs*
Coupe type	SF1 240x50	81.3	115	# 0.4	01
	SF2 180x30	67.3	97.3	# 0.4	02

Les notes détaillées des calculs de tassement sont présentées en annexe.

5.4.8. Vérification vis-à-vis des efforts horizontaux

La résistance aux efforts horizontaux est assurée par la résistance au glissement de la semelle sur le sol support et éventuellement par la résistance en butée de la semelle contre le sol encaissant.

$$H_d < R_{h;d} + R_{p;d}$$

Avec :

- H_d : effort horizontal ou composante horizontale de la charge transmis par la fondation au terrain
- $R_{h;d}$: résistance au glissement
- $R_{p;d}$: résistance frontale (butée horizontale)

Les efforts horizontaux sont validés.

5.5. Ouvrages de soutènement – mur en béton armé en L côté Nord

5.5.1. Documents de référence / méthodes de calculs pour les soutènements

Le document de référence pour le dimensionnement des murs de soutènement est la norme NF P94-281 relative aux « *Ouvrages de soutènement de type murs* ».

Par ailleurs, la norme suivante est également utilisée :

- Norme NF EN 1992-1-1 (Eurocode 2) relative aux calculs des structures en béton.

Conformément aux dispositions de la norme NF P94-281, le prédimensionnement des ouvrages de soutènement est effectué en vérifiant les conditions de stabilité suivantes :

- Stabilité externe (selon l'approche 2) :
  - Poinçonnement du sol support à l'ELU et à l'ELS.
  - Excentricité à l'ELU et à l'ELS.
  - Glissement horizontal à l'ELU.
- Stabilité générale (selon l'approche 3).
- Stabilité interne (selon l'approche 2) :
  - Résistance structurale à l'ELU.

La vérification de la stabilité externe consiste à obtenir un coefficient de sécurité satisfaisant vis-à-vis des risques de poinçonnement, glissement et renversement à l'aide du logiciel GEOMUR qui utilise les principes de la méthode de Culmann.

La vérification de la résistance structurale de l'ouvrage devra être effectuée par le BET de l'entreprise.

5.5.2. Hypothèses particulières

5.5.2.1. *Hauteurs de soutènement*

Nous retiendrons les caractéristiques suivantes :

- Cote de la base du mur de soutènement : +850.05 m NGF
- Cote du terrain naturel (à l'extérieur de la fumière) : +853.08 m NGF environ
- Hauteur totale du mur : 4.2 m sans les fondations / 4.5 m avec les fondations
- Hauteur de la semelle : 0.3 m

5.5.2.2. *Propriété des matériaux*

Les matériaux retenus pour l'ouvrage de soutènement sont les suivants :

- Structure B.A. :
  - Poids volumique du béton armé γ_{ba} : 25 kN/m^3
  - Résistance à la compression $R_{c;d}$: 30 MPa (C25/30)

5.5.2.3. *Surcharges*

L'ouvrage projeté servira de soutènement à un espace enherbé (champ). Nous prendrons en compte une surcharge de 5 kPa, à partir de 0.5 m de distance de la tête du soutènement, par sécurité.

5.5.2.4. *Paramètres sismiques*

Selon le paragraphe 4.2, les justifications sismiques ne sont pas prises en compte (ouvrage hors bâtiment et/ou pouvant être considéré de catégorie d'importance I « Bâtiments dans lesquels il n'y a aucune activité humaine nécessitant un séjour de longue durée »).

Si le maitre d'ouvrage souhaite que l'ouvrage soit justifié vis-à-vis des critères sismiques, les dimensionnements seront à reprendre en conséquence.

5.5.3. Vérifications de stabilité

5.5.3.1. *Stabilité externe*

La stabilité externe est vérifiée à l'aide du logiciel GEOMUR, dont les résultats sont insérés en annexe en prenant en compte les coefficients partiels définis par les Eurocodes.

Les résultats en situation statique sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

Mur	***État***	***Poinçonnement***		***Renversement / excentricité***		***Glissement***	
		V_d (kN)	***$R_{v;d}$ (kN)***	***e (m)***	***B (m)***	***H_d (kN)***	***$R_{h;d} + R_{p;d}$***
Mur fumière	ELU	108.28	149.61	0.262	1.8 x 7/15 = 0.84	48.47	63.14
	ELS	98.69	130.24	0.212	1.8 x 1/4 = 0.45	-	-

5.5.3.2. *Stabilité interne*

La stabilité interne repose sur le dimensionnement du ferraillage, à la charge du B.E. béton armé de l'entreprise.

5.5.3.3. *Stabilité générale*

Les conditions de stabilité du site au grand glissement sont assurées dans les configurations les plus défavorables avec un coefficient de sécurité de 1.43 (F > 1.0).

Remarque importante : La cohésion du mur a virtuellement été augmentée dans le mur pour éviter le passage de cercles de glissement dans le mur. Nous rappelons que le dimensionnement du mur (armatures, cages, agrafage…) reste du ressort du BET Structure et de l'entreprise.

Les conditions de stabilité du talus amont sont assurées dans les configurations les plus défavorables avec le facteur de sécurité suivant : F = 2.19 (F > 1.5) pour les talus définitifs, avec une pente de 3H pour 1V.

5.6. Dispositions constructives spécifiques

5.6.1. Remarques générales

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 variations d'altitude ainsi que latéralement peuvent exister et 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.

En cas de venues d'eau ou de nappe, la réalisation des fouilles nécessitera un blindage des parois voire un dispositif de pompage pour évacuer les eaux du fond de fouille.

Dans tous les cas, les eaux de pompage seront évacuées vers un exutoire adapté.

5.6.2. Pour les travaux de fondations

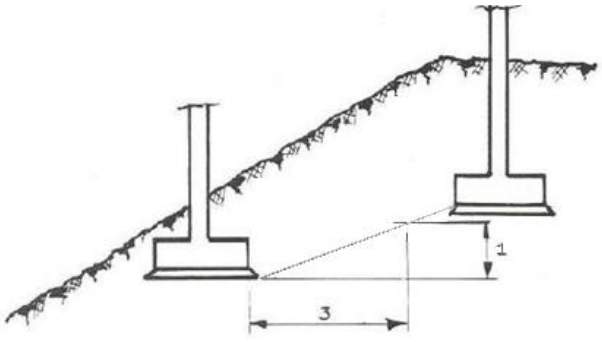
Le dimensionnement des fondations est du ressort du BET structure. Cependant, les points suivants sont à signaler pour les semelles :

- 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.

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

5.6.3. Phasage des travaux

Le phasage de réalisation du projet sera soigneusement étudié par l'entrepreneur titulaire du marché au stade des études d'exécution, afin de tenir compte des interfaces avec les travaux de terrassements et de génie-civil. Il faudra notamment tenir compte des éventuelles surcharges temporaires de chantier (stockage de matériaux ou de matériels, circulation d'engins,…).

La prévisibilité du comportement des sols lors des phases de terrassement présentant un degré significatif d'incertitudes, nous préconisons d'appliquer la méthode observationnelle.

5.6.4. Terrassements

En cas de matériaux d'apport pour le remblaiement à l'arrière du mur, les remblais seront constitués par des matériaux granulaires frottant de type $G11_{ins}/G21_{ins}$ ou R1Vo/Me, R2Vo/Me, R3Vo/Me ou R3Li selon le GTR 2023. Leur mise en œuvre se fera au fur et à mesure de la montée de l'ouvrage. Le compactage devra être effectué en tenant compte des contraintes liées à la présence du mur.

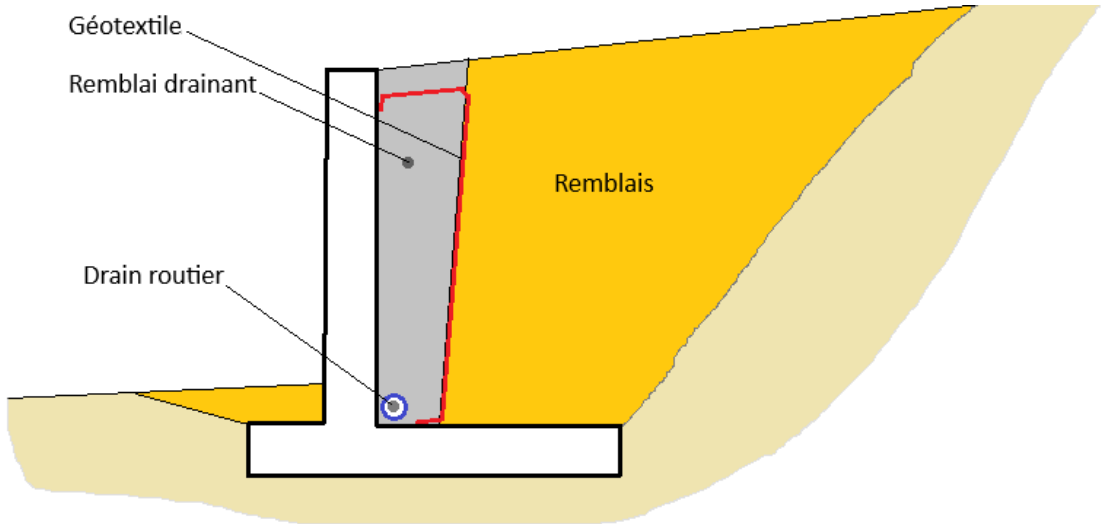
5.6.5. Protection des ouvrages contre les eaux

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.

En prévision des venues d'eau du côté amont du mur pendant la vie de l'ouvrage, il sera nécessaire de mettre en place un dispositif de drainage constitué par un drain en partie basse du voile du mur côté amont. Le drain sera enrobé jusqu'au niveau du terrain fini par un massif drainant constitué par des matériaux granulaires non sensibles à l'eau et de bonne résistance mécanique. L'ensemble sera enveloppé dans un géotextile de séparation.

Le schéma inséré ci-après montre la disposition du drainage :



Principe de drainage à l'arrière du mur

En complément, il faudra aménager une série de barbacanes à implanter le long du mur, en partie basse du voile. Les eaux seront collectées par un caniveau au pied du mur et seront évacuées vers un exutoire pérenne (réseaux collectifs ou autre).

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.

5.6.6. Surveillance, suivi et contrôle des travaux

Un suivi de déplacement des ouvrages avoisinants au sein de la ZIG est également conseillé (cibles topographiques notamment). Ces dispositifs devront faire l'objet d'une procédure d'exécution, d'un suivi et d'une analyse spécifiques à réaliser dans le cadre de la mission G3 à la charge de l'entreprise.

Les missions de suivi et de supervision géotechnique d'exécution (G3 et G4) permettront de vérifier la conformité de mise en œuvre et de valider les adaptations et/ou optimisations éventuellement proposées par l'entreprise ou nécessitées par le contexte des travaux.

Le mur devra faire l'objet d'un entretien régulier comprenant un examen visuel en vue de détecter d'éventuels signes d'instabilité et de maintenir les dispositifs de drainage pendant la vie de l'ouvrage.

6. 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.

7. CONDITIONS GENERALES DE VALIDITE DU RAPPORT

Le présent rapport a été établi en fonction des données transmises. Il conclut la mission G2 phase PRO 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.

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

Rédacteur	Vérificateur
Maryse GAULUPEAU	Anaïs ANTIGNY-PALOMINO
Chargée d'affaires	Ingénieur conception



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.

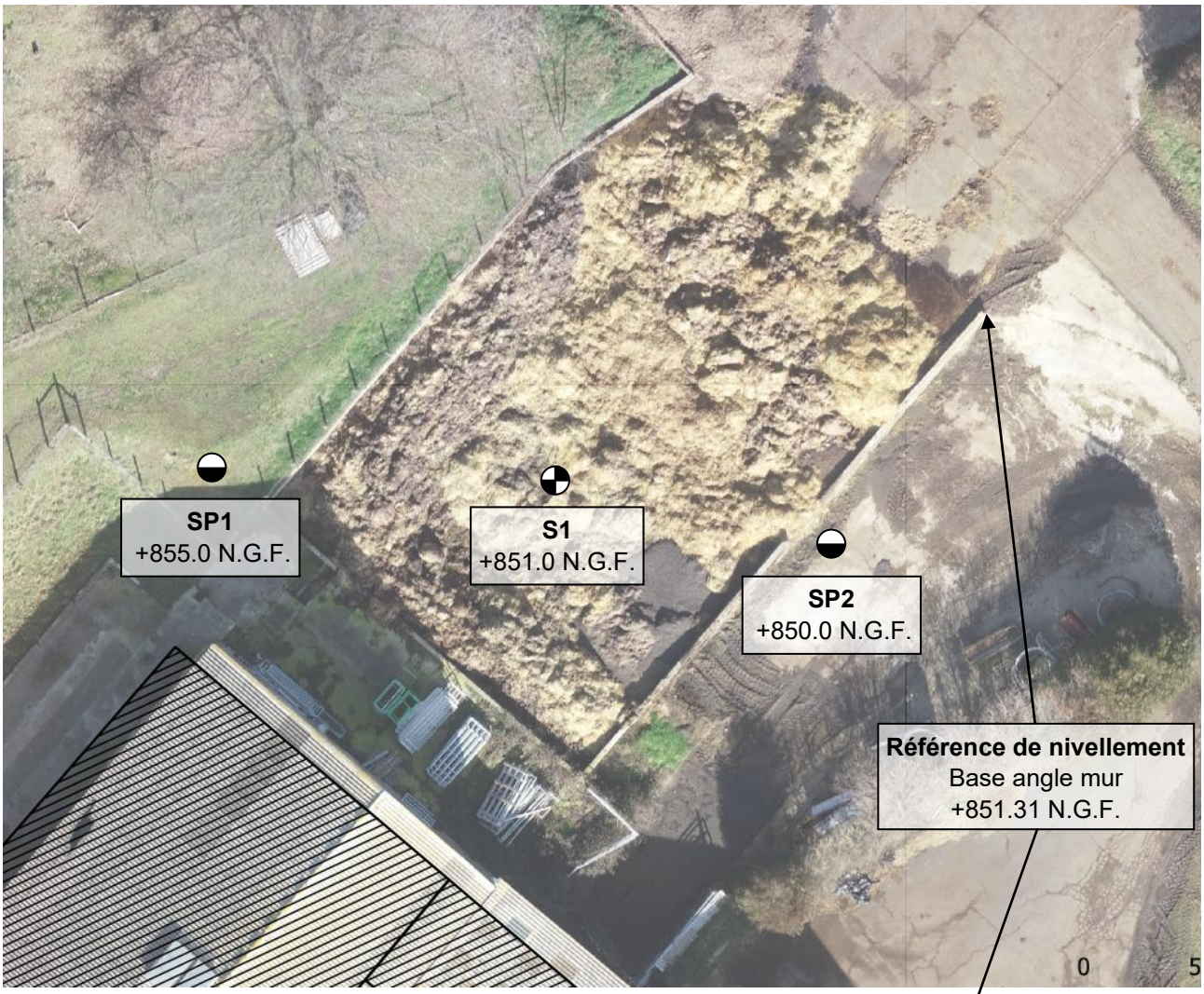
5 - Tout changement de maitrise d'ouvrage nécessite une mise à jour du rapport que le terrain et/ou l'emprise des travaux envisagées soient identiques ou aient évolués depuis la publication du présent rapport.

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 de la mission G2 AVP**



INRAE

SAINT-GENES-CHAMPANELLE (63)
Route de Theix

Rénovation d'une fumière

MGE 2026-02-155

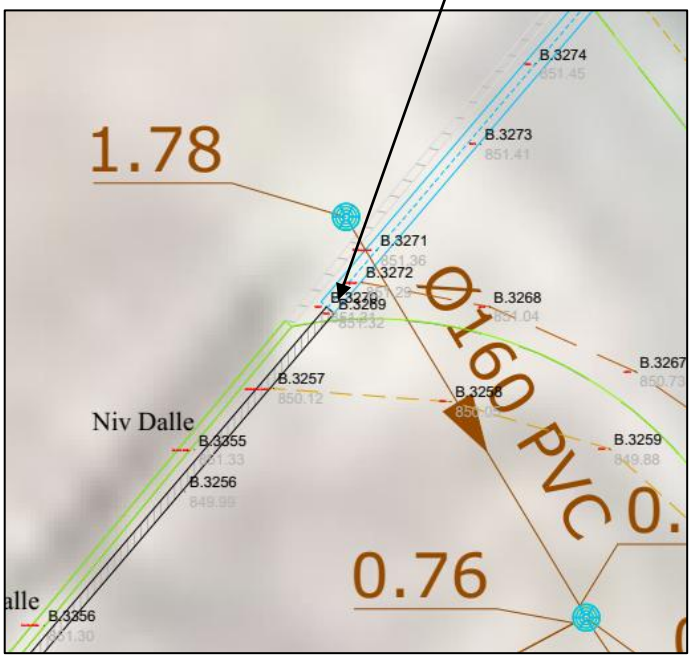
Implantation des sondages

Sondage pressiométrique (SP)

Sondage à la tarière (S)

Mars 2026

GÉOtechnique sciences de la terre sas



Annexe 4 : **Coupes de sondages de la mission G2 AVP**

GÉOtechnique sciences de la terre sas

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE SP1

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

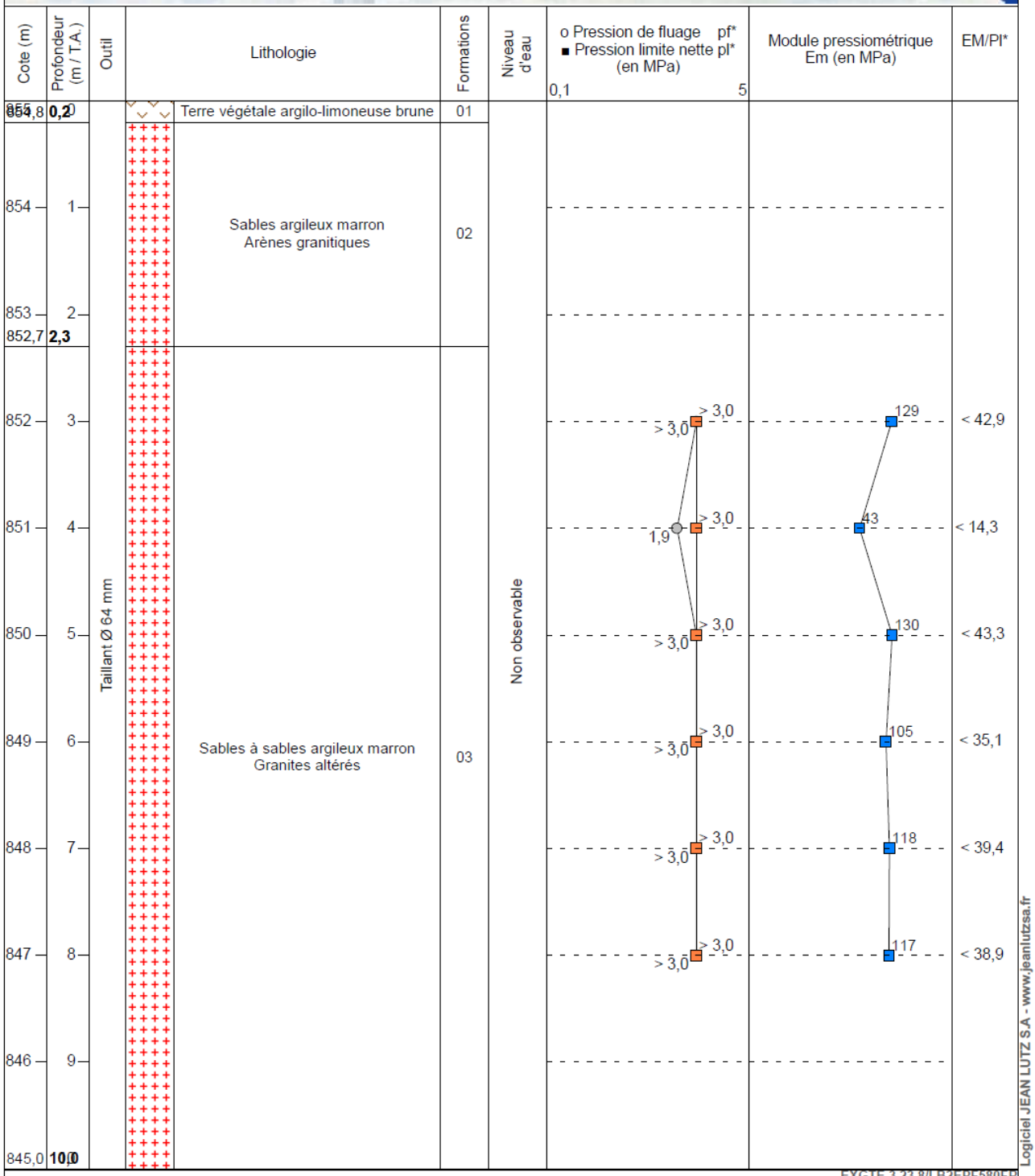
Client : INRAE

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

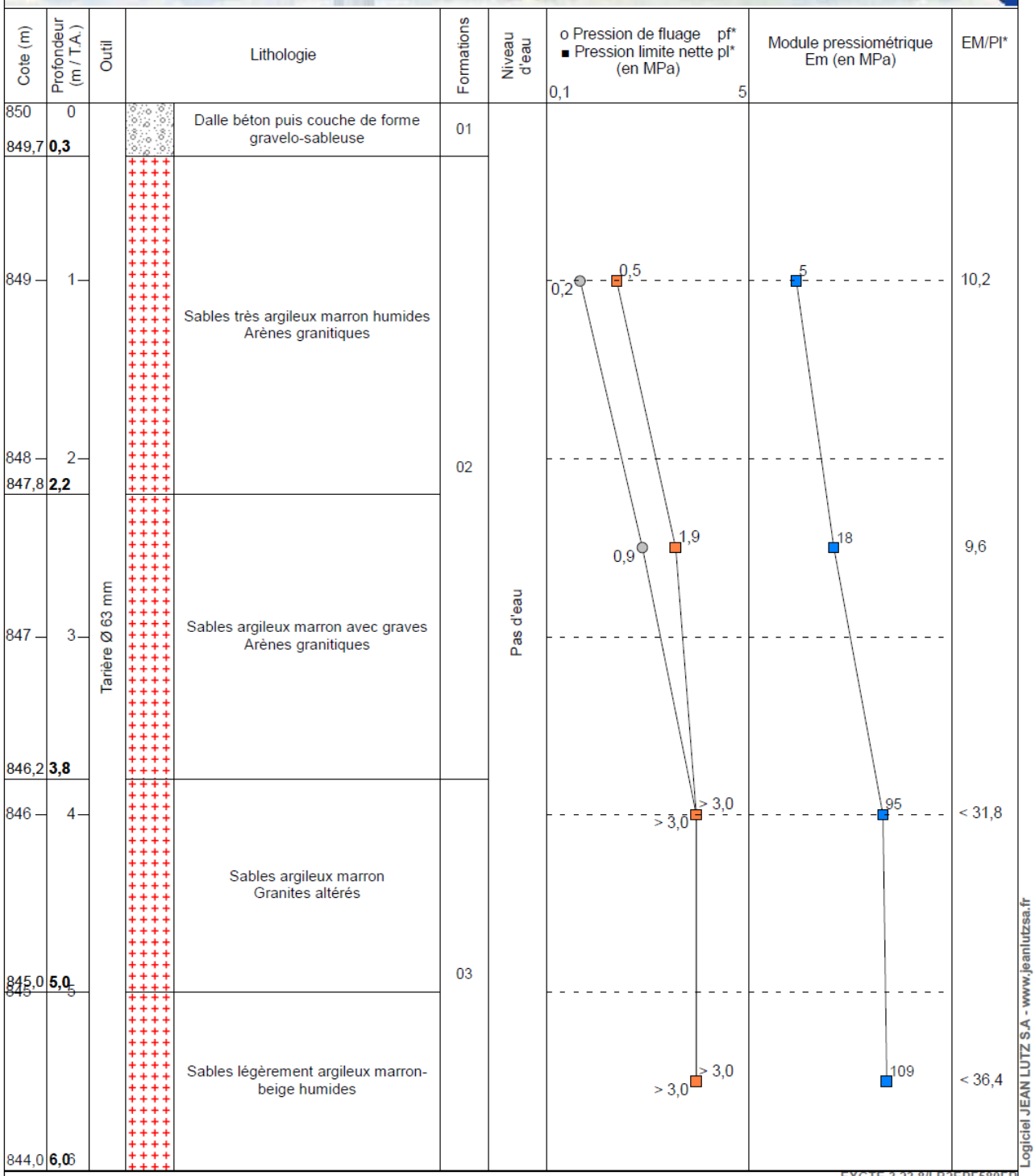
Client : INRAE

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 de la mission G2 AVP**

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

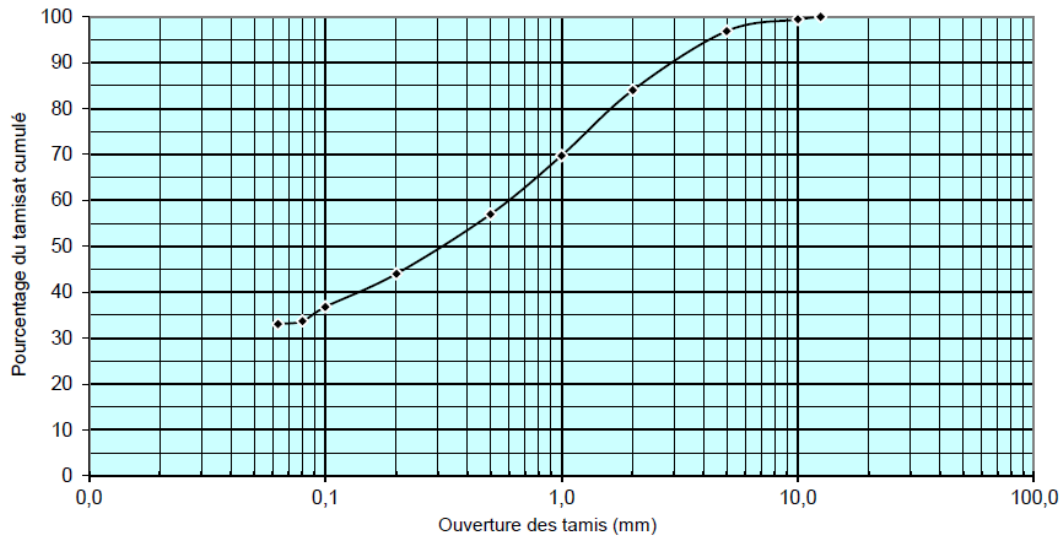
Chantier : ST GENES CHAMPANELLE (63)
Projet : Rénovation d'une fumière
Client : INRAE
Dossier : MGe2026-02-155

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*

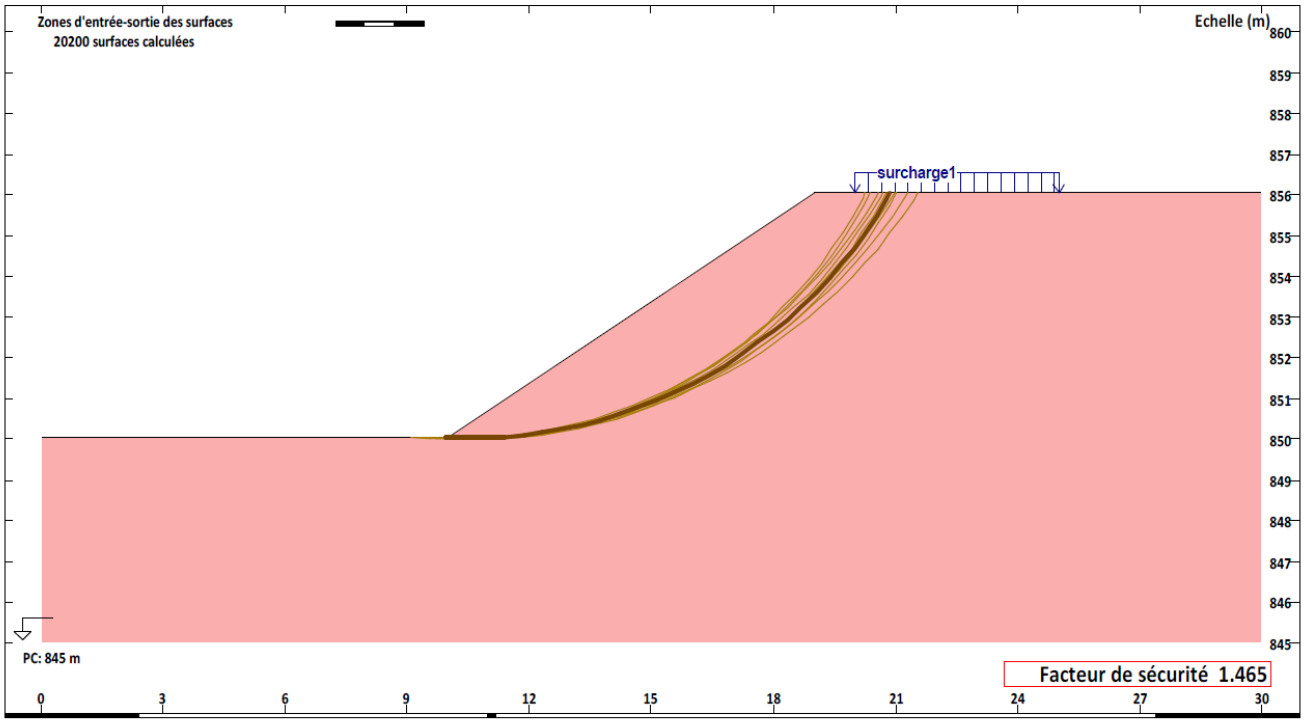
Observations :

PV27a
16/05/2024

Annexe 6 : **Notes de calcul**

Talus provisoires 3H pour 2V || Phase Initiale -- Cas Initial

ST GENES CHAMPANELLE (63) - Fumière



GEOSTAB© v5.3.8 du 09/07/2026 développé par GEOS
http://www.geos.fr E-mail: logiciels@geos.fr
GEOS Ingénieurs Conseils, 18 rue des 2 Gares
92500 Rueil-Malmaison
Tél : + 33 (0)1 49 04 68 10

1 - CARACTERISTIQUES DES SOLS

	SOLS	(γ ; γ sat)	C	ϕ	qs
	1	(20.00; 20.00) * 1.00	5.000 / 1.00	30.00 / 1.00	0.000 / 1.00

3 - OPTIONS DE CALCUL

Fichier "01 - Talus provisoires 3H"
Méthode de BISHOP modifiée
Classique
Action des terres γe : 1
Résistance des terres γr,e : 1
Coefficient de Méthode 1
Unités : kN, m

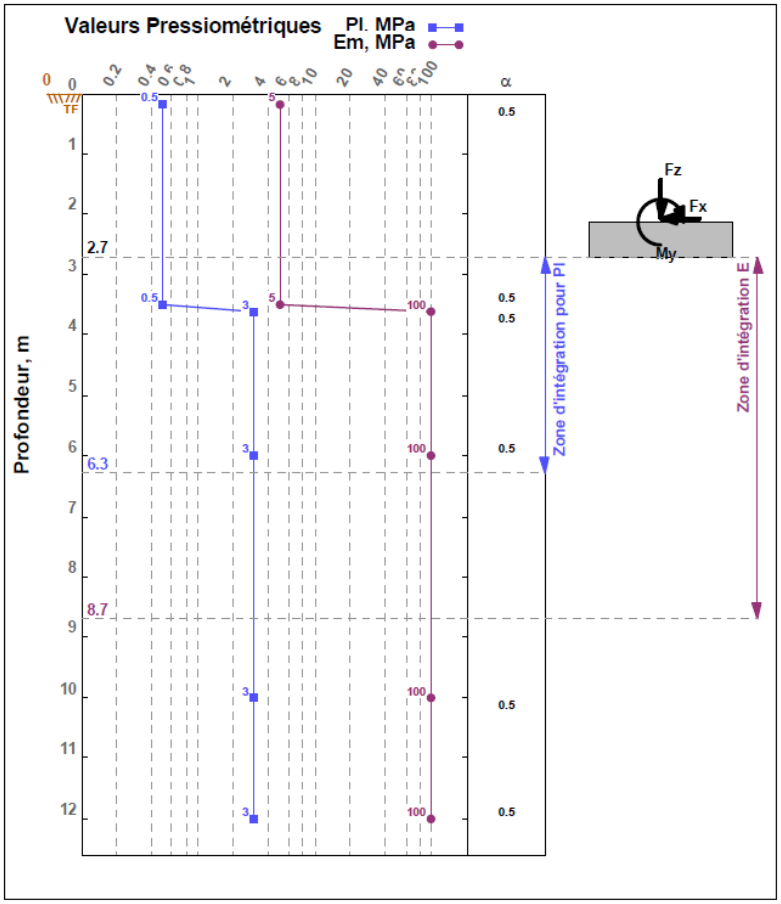
5 - CHARGES ET FORCES

	qg	qd	F	Gamm	θ
1	10.0	10.0		*1.00	0.00

5 - RESULTATS : STABILITE EXTERNE

N°	Xc	Yc	R	FS
1	10.550	861.88	11.850	1.465
2	10.520	860.91	10.880	1.472
3	10.610	861.60	11.590	1.474
4	10.390	861.81	11.800	1.476
5	10.780	861.70	11.690	1.476
6	10.350	862.35	12.340	1.478
7	10.420	861.25	11.240	1.479
8	10.130	862.06	12.050	1.483
9	10.590	863.04	13.010	1.484
10	10.330	862.99	12.990	1.487

MGE 2026-02-155_MG 20/10/26 15:15	Talus provisoires 3H pour 2V ST GENES CHAMPANELLE (63) - Fumière	FIGURE 01



Fondation : Semelle filante
Largeur : 2.4 m
Aire : 2.4 m²
Encastrement : 2.7 m
Base de la fondation : 2.7 m

Paramètres des sols
Type de sol sous la fondation :
Sables et graves
Poids des terres au-dessus de la fondation :
après travaux = 18 kN/m³
avant travaux = 0 kN/m³
Contrainte verticale finale q'0 : 48.6 kPa (calculée)
Contrainte verticale initiale σ'v0 : 0 kPa (calculée)
α = 0.504 (calculé)
Cohésion sous la fondation : 5 kPa
Angle de frottement sous la fondation : 30 °
Module de Young sous la fondation : 10 MPa
Coefficient de poisson sous la fondation : 0.33

Fichier : 02 - Tassements sous semelle SF1

GEOFOND© V5.0.3 du 06/10/2026 développé par GEOS
site web : http://www.geos.fr e-mail : logiciels@geos.fr
GEOS Ingénieurs Conseils, 18 Rue des 2 gares
92500 Rueil-Malmaison
Tél : + 33 (0)1 49 04 68 10

Données :

N°	Etat-limite	P_z(kN)	P_x(kN)	M_y(kN.m)	V_d(kN)	H_d(kN)	δ(°)	e_B(m)	$\sigma_{V;d}$(kPa)
1	ELS cara.	174.3	19.86	-22.3	174.3	19.86	6.498	0.1279	81.31
2	ELU dur. trans.	259.3	34.55	-18.72	259.3	34.55	7.589	0.07219	115

Capacité portante suivant la NF P 94-261 :

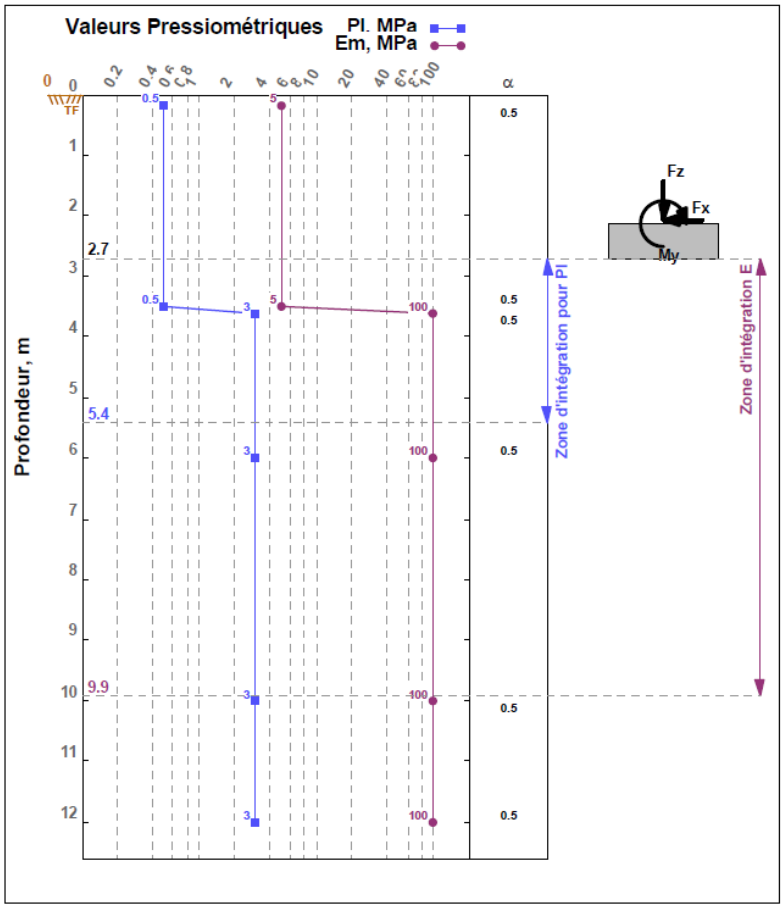
N°	h_r(m)	D_e(m)	k_p	p_{le}(MPa)	i_δ	$i_{\delta\beta}$	q_{net}(kPa)	A'(m²)	$\gamma'_{r;v}$	$R_{v;d}$(kN)	Excentricité	$R_{h;d}$(kN)
1	3.6	0.687	1.14	1.97	0.775	0.775	1732	2.14	2.3	1462 vérifié	vérifié	Non calc.(ELS)
2	3.6	0.687	1.14	1.97	0.74	0.74	1654	2.26	1.4	2338 vérifié	vérifié	123.7 vérifié

Tassements suivant la NF P 94-261 :

N°	q_{ref}(kPa)	E_c(MPa)	E_d(MPa)	λ_c	λ_d	S_c(cm)	S_d(cm)	S_f(cm)
1	81.3	6.23	21	1.5	2.65	0.261	0.17	0.431
2	115	6.53	21.8	1.5	2.65	0.352	0.231	0.583

MGE 2026-02-155/2 _ 06/10/2026 15:14	**ST GENES CHAMPANELLE (63) - Reconstruction d'une fumière**	**FIGURE**
	Semelle SF1 de 240x50	**01**

GEOTECHNIQUE SAS - 23315816081705873 7



Fondation : Semelle filante
Largeur : 1.8 m
Aire : 1.8 m²
Encastrement : 2.7 m
Base de la fondation : 2.7 m

Paramètres des sols
Type de sol sous la fondation :
Sables et graves
Poids des terres au-dessus de la fondation :
après travaux = 18 kN/m³
avant travaux = 0 kN/m³
Contrainte verticale finale q'0 : 48.6 kPa (calculée)
Contrainte verticale initiale σ'v0 : 0 kPa (calculée)
α = 0.503 (calculé)
Cohésion sous la fondation : 5 kPa
Angle de frottement sous la fondation : 30 °
Module de Young sous la fondation : 10 MPa
Coefficient de poisson sous la fondation : 0.33

Fichier : 03 - Tassements sous semelle SF2

GEOFOND© V5.0.3 du 06/10/2026 développé par GEOS
site web : http://www.geos.fr e-mail : logiciels@geos.fr
GEOS Ingénieurs Conseils, 18 Rue des 2 gares
92500 Rueil-Malmaison
Tél : + 33 (0)1 49 04 68 10

Données :

N°	Etat-limite	P_z(kN)	P_x(kN)	M_y(kN.m)	V_d(kN)	H_d(kN)	δ(°)	e_B(m)	$\sigma_{V;d}$(kPa)
1	ELS cara.	102.7	20.2	14.04	102.7	20.2	11.13	-0.1367	67.27
2	ELU dur. trans.	147.3	30.3	21.06	147.3	30.3	11.62	-0.143	97.29

Capacité portante suivant la NF P 94-261 :

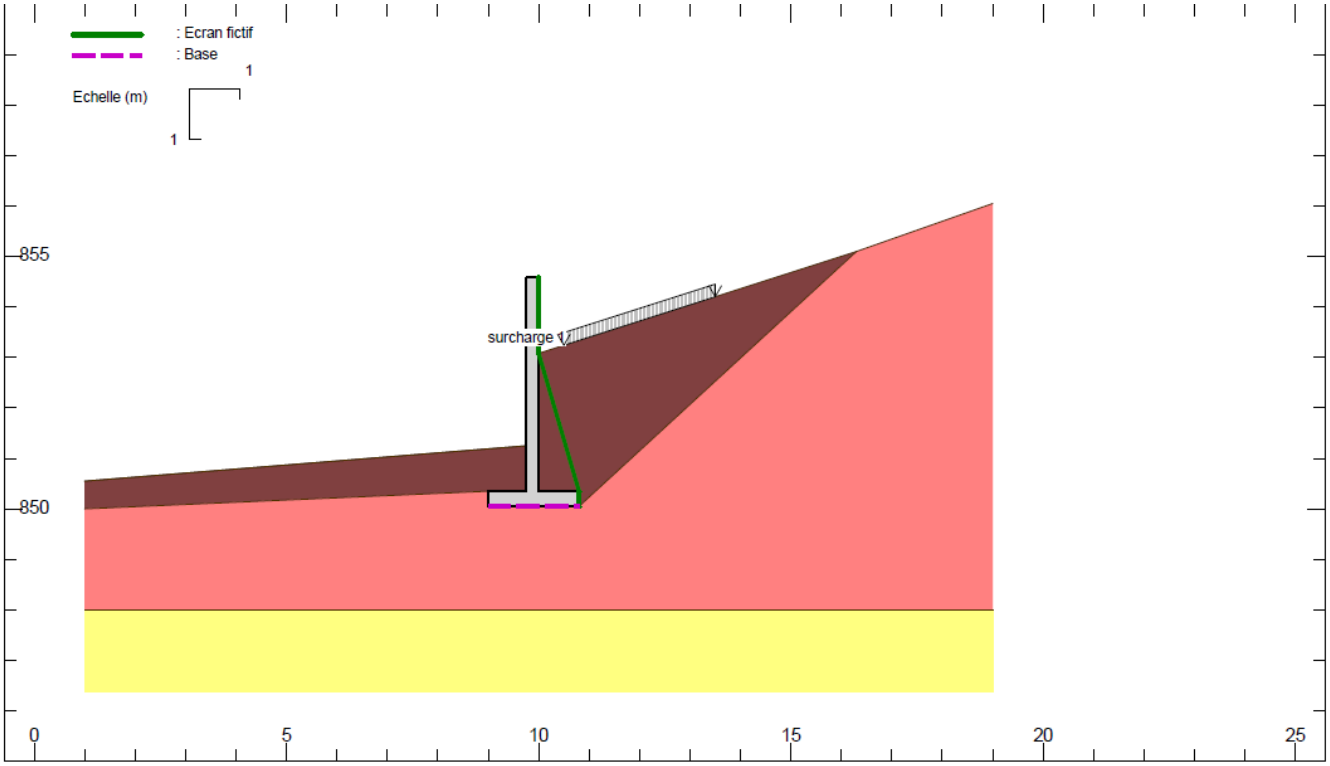
N°	h_r(m)	D_e(m)	k_p	p_{le}(MPa)	i_δ	$i_{\delta\beta}$	q_{net}(kPa)	A'(m²)	$\gamma'_{r;v}$	$R_{v;d}$(kN)	Excentricité	$R_{h;d}$(kN)
1	2.7	0.791	1.19	1.71	0.657	0.657	1333	1.53	2.3	825 vérifié	vérifié	Non calc.(ELS)
2	2.7	0.791	1.19	1.71	0.644	0.644	1306	1.51	1.4	1265 vérifié	vérifié	70.28 vérifié

Tassements suivant la NF P 94-261 :

N°	q_{ref}(kPa)	E_c(MPa)	E_d(MPa)	λ_c	λ_d	S_c(cm)	S_d(cm)	S_f(cm)
1	67.3	5	15.6	1.5	2.65	0.202	0.163	0.365
2	97.3	5	15.5	1.5	2.65	0.292	0.238	0.529

MGE 2026-02-155/2 _ [illegible]10/2026 15:17	**ST GENES CHAMPANELLE (63) - Reconstruction d'une fumière**	**FIGURE**
	Semelle SF2 de 180x30	**02**

GEOTECHNIQUE SAS - 23315816081705873 7



GEOMUR© 2.3.5 du 12/03/26 développé par GEOS
site web : http://www.geos.fr e-mail : logiciels@geos.fr
GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât, Europa 2
Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS
Tél : 04 50 95 38 14
Fax :04 50 95 99 36

SOLS	γ	c	φ	δ	Ca
1	18.00	0.00	35.00	23.00	0.00
2	20.00	5.00	30.00	10.00	0.00
3	22.00	5.00	30.00	10.00	0.00

MUR	γ	BASE	C	ϕ	q0	qu	Type sol	De
	25.00		5.00	30.00	2.00	600.00	frottant	0.10

SURCHARGES	Xg	Xd	Qg	Qd	α	
1	10.50	13.50	5.00	5.00	0.00	permanente

Fichier : vu AA - 05 - Calcul mur de soutènement
Unités : kN, m
Méthode de CULMANN
Surfaces brisées précalculées
Xi incliné à delta

Prise en compte de la cohésion pour le calcul des poussées :
Intégration de la partie positive du diagramme des contraintes, calculé avec la cohésion.

MGE 2026-02-155/26/10/2026 - 16:28	Mur de la fumière	FIGURE 1/4
	ST GENES CHAMPANELLE (63)	

GEOTECHNIQUE SAS - 23315816081705873 7

Facteurs de sécurité partiels	Critère	Statique	Sismique	
			Pesant	Allégeant
	Eurocodes 7 : NF P 94-281			
Actions - ELU permanentes défavorables γg = 1.35 variables défavorables γq = 1.5 permanentes favorables γg = 1 variables favorables γq = 0 Eau favorable γw;inf = 1 Eau défavorable γw;sup= 1.35 **Résistances** portance (ELU) γR;v = 1.4 portance (ELS) γR;v = 2.3 glissement γR;h = 1.1 butée γR;e = 1.4 **Methode** glissement γR;d;h = 0.9 portance γR;d;v = 1	Approche 2 - ELU Glissement (ELU Article 9.3.1) Poussée défavorable-Poids favorable Renversement (ELU Article 9.2.2) Poussée défavorable-Poids favorable Poinçonnement (ELU Article 9.2.1) Poussée défavorable-Poids favorable Approche 2 - ELS Renversement (ELS Article 12.3) Poinçonnement (ELS Article 12.2)	Rh;d = 63.144 kN/m Rp;d = 0 kN/m Hd = 48.467 kN/m Hd <= Rh;d + Rp;d e = 0.262 m e < 7/15 * B = 0.84 m R0=3.6 kN; iδβ=0.273 Rv;d = 149.61 kN/m Vd = 108.28 kN/m Vd <= Rv;d + R0 e = 0.212 m e < 1/4 * B = 0.45 m R0=3.6 kN; iδβ=0.363 Rv;d = 130.24 kN/m Vd = 98.699 kN/m Vd <= Rv;d + R0		

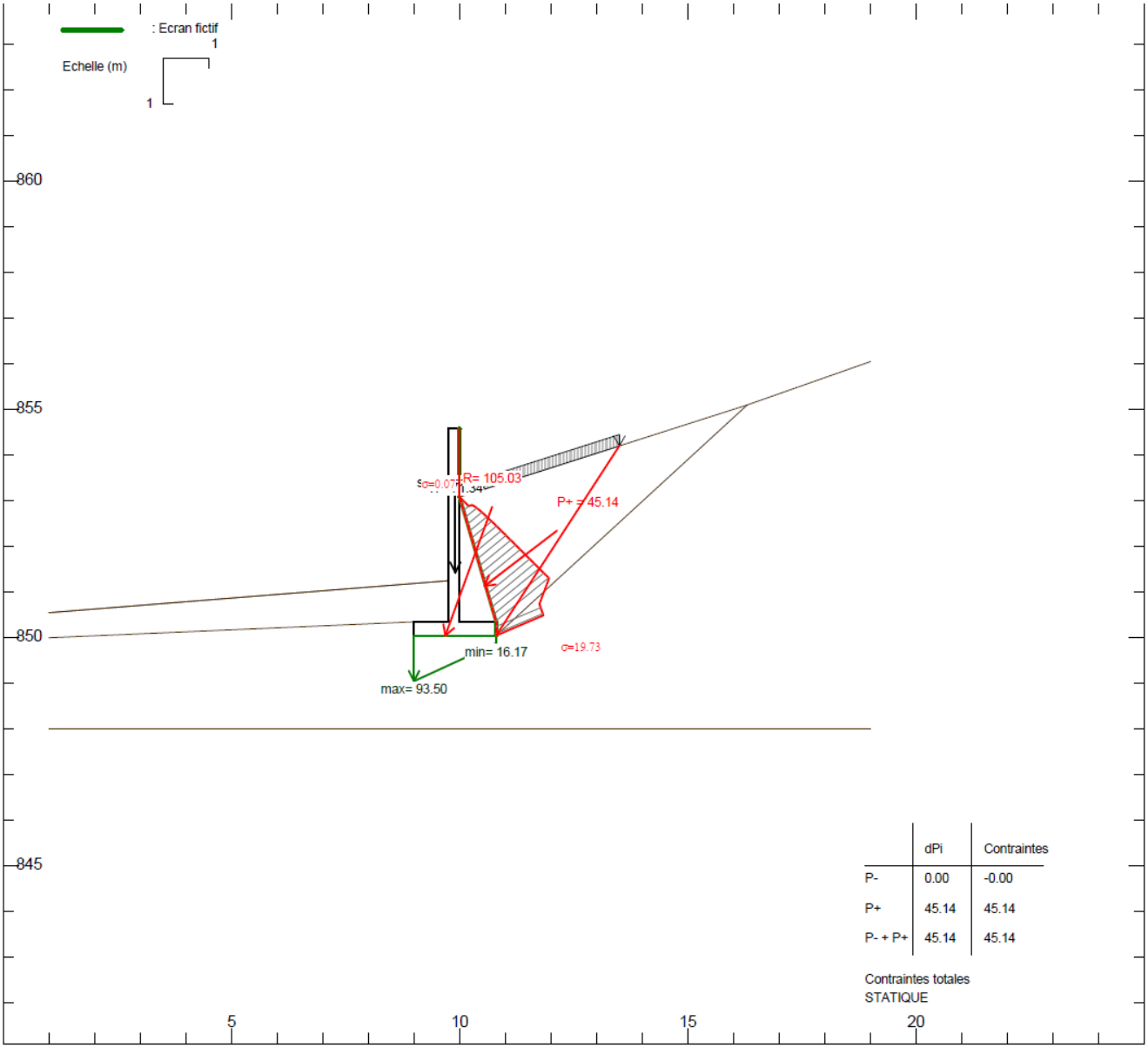
RESULTATS DE CALCULS INTERMEDIAIRES (METHODE CLASSIQUE)

SOL À PREDOMINANCE FROTTANTE

Statique

β=0.00 °,d=0.00 m
Vol. mur = 1.598 m³

GEOMUR© 2.3.5 du 12/03/26 développé par GEOS
site web : http://www.geos.fr e-mail : logiciels@geos.fr
GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât, Europa 2
Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS
Tél : 04 50 95 38 14
Fax :04 50 95 99 36



	dPi	Contraintes
P-	0.00	-0.00
P+	45.14	45.14
P- + P+	45.14	45.14

Contraintes totales
STATIQUE

POIDS DU MUR	W= 71.34 kN				Xg= 9.91 m	Yg= 851.43 m
dont : W mur= 39.94 kN	W charges= 0.00 kN	W sol/semelle= 19.66 kN	W sol/patin = 11.74 kN	W sol sous semelle= 0.00 kN	W eau= 0.00 kN	

POUSSEE TOTALE	P= 45.14 kN	τ= 37.31 °	Pv = 27.36 kN	Ph = 35.90 kN	X = 10.55 m	Y = 851.14 m
Poussée due au sol	P= 39.30 kN	τ= 37.20 °	Pv = 23.76 kN	Ph = 31.30 kN	X = 10.56 m	Y = 851.10 m
Poussée due aux charges	P= 5.84 kN	τ= 38.04 °	Pv = 3.60 kN	Ph = 4.60 kN	X = 10.47 m	Y = 851.40 m

RESULTANTE	R= 105.03 kN	τ= 70.01 °	Rv= 98.70 kN	Rh= 35.90 kN	X = 9.69 m	Y = 850.05 m

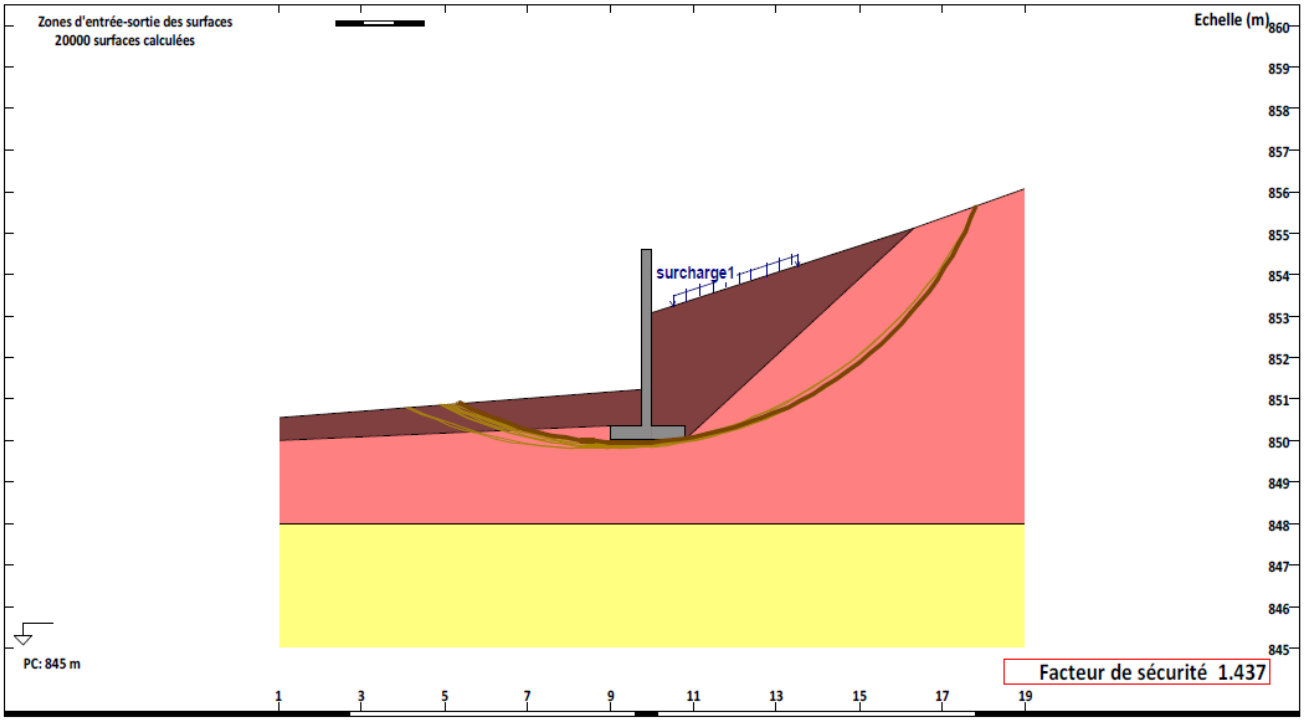
GEOMUR© 2.3.5 du 12/03/26 développé par GEOS
site web : http://www.geos.fr e-mail : logiciels@geos.fr
GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât, Europa 2
Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS
Tél : 04 50 95 38 14
Fax :04 50 95 99 36

MGE 2026-02-155/26/10/2026 - 16:28	Mur de la fumière ST GENES CHAMPANELLE (63)	FIGURE 4/4

GEOTECHNIQUE SAS - 23315816081705873 7

Stabilité mur de soutènement | | Phase Initiale -- Cas Initial

ST GENES CHAMPANELLE (63)



GEOSTAB© v5.3.8 du 09/07/2026 développé par GEOS
http://www.geos.fr E-mail: logiciels@geos.fr
GEOS Ingénieurs Conseils, 18 rue des 2 Gares
92500 Rueil-Malmaison
Tél : + 33 (0)1 49 04 68 10

1 - CARACTERISTIQUES DES SOLS

	SOLS	(γ ; γ sat)	C	ϕ	qs
	1	(25.00; 25.00) * 1.00	200.0 / 1.25	50.00 / 1.25	0.000 / 1.15
	2	(18.00; 18.00) * 1.00	0.000 / 1.25	35.00 / 1.25	0.000 / 1.15
	3	(20.00; 20.00) * 1.00	5.000 / 1.25	30.00 / 1.25	0.000 / 1.15
	4	(22.00; 22.00) * 1.00	5.000 / 1.25	30.00 / 1.25	0.000 / 1.15

3 - OPTIONS DE CALCUL

Fichier "05 - Stabilité générale m"
Méthode de BISHOP modifiée
EC7 Approche 3
Action des terres γe : 1
Résistance des terres γr,e : 1
Coefficient de Méthode 1.2
Unités : kN, m

5 - CHARGES ET FORCES

	qg	qd	F	Gamm	θ
1	5.00	5.00		*1.00	0.00

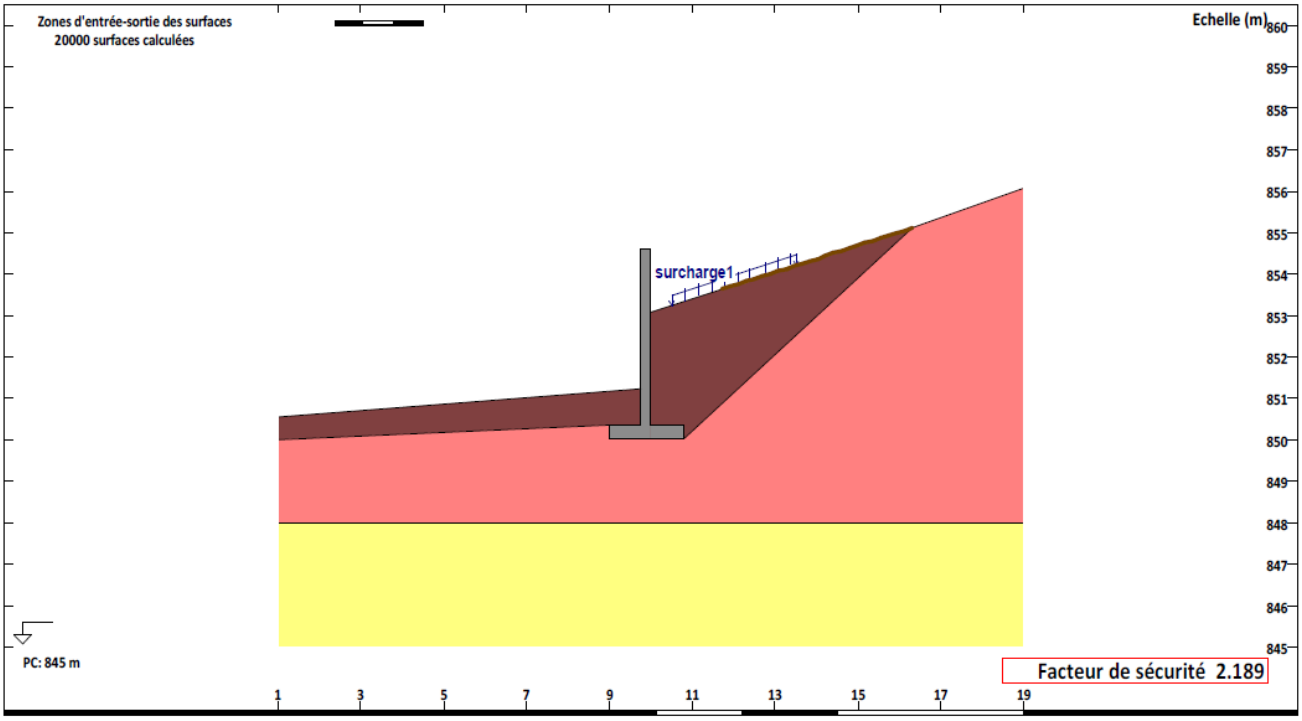
5 - RESULTATS : STABILITE EXTERNE

N°	Xc	Yc	R	FS
1	9.4000	858.98	9.0400	1.437
2	9.3700	859.00	9.0800	1.439
3	9.3300	859.02	9.1200	1.441
4	9.3000	859.04	9.1600	1.443
5	9.2700	859.06	9.2000	1.445
6	9.2300	859.08	9.2400	1.448
7	8.5800	860.00	10.200	1.449
8	9.2000	859.10	9.2700	1.451
9	8.5500	860.03	10.250	1.452
10	9.1600	859.12	9.3100	1.455

MGE 2026-02-155_MG 26/10/26 16:35	Stabilité mur de soutènement	FIGURE
	ST GENES CHAMPANELLE (63)	

Stabilité talus amont || Stabilité talus amont -- Cas 1

ST GENES CHAMPANELLE (63)



GEOSTAB© v5.3.8 du 09/07/2026 développé par GEOS
http://www.geos.fr E-mail: logiciels@geos.fr
GEOS Ingénieurs Conseils, 18 rue des 2 Gares
92500 Rueil-Malmaison
Tél : + 33 (0)1 49 04 68 10

1 - CARACTERISTIQUES DES SOLS

SOLS	(γ ; γ sat)	C	ϕ	qs
1	(25.00; 25.00) * 1.00	200.0 / 1.00	50.00 / 1.00	0.000 / 1.00
2	(18.00; 18.00) * 1.00	0.000 / 1.00	35.00 / 1.00	0.000 / 1.00
3	(20.00; 20.00) * 1.00	5.000 / 1.00	30.00 / 1.00	0.000 / 1.00
4	(22.00; 22.00) * 1.00	5.000 / 1.00	30.00 / 1.00	0.000 / 1.00

3 - OPTIONS DE CALCUL

Fichier "05 - Stabilité générale m"
Méthode de BISHOP modifiée
Classique
Action des terres γe : 1
Résistance des terres γr,e : 1
Coefficient de Méthode 1
Unités : kN, m

5 - CHARGES ET FORCES

	qg	qd	F	Gamm	θ
1	5.00	5.00		*1.00	0.00

5 - RESULTATS : STABILITE EXTERNE

N°	Xc	Yc	R	FS
1	-34975	109955	114574	2.189
2	-34868	109621	114223	2.189
3	-34761	109288	113873	2.190
4	-34655	108956	113525	2.190
5	-34549	108626	113178	2.190
6	-34444	108297	112833	2.190
7	-34338	107969	112488	2.190
8	-34234	107642	112145	2.190
9	-34129	107317	111804	2.190
10	-34025	106993	111464	2.190

MGE 2026-02-155_MG	26/10/26 16:35	Stabilité talus amont	FIGURE
		ST GENES CHAMPANELLE (63)	02

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