


MAIRIE DE REVEL



AFFAISSEMENT DE CHAUSSEE – ROUTE DES EAUX REVEL (38)

ÉTUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION G2PRO

		SOCIETE ALPINE DE GEOTECHNIQUE 2, rue de la Condamine – B.P. 17 - 38610 GIERES ☎ 04.76.44.75.72				
n°RP	Ind.	Date	Commentaires	Établi par	Vérifié par	Approuvé par
14081	A	31/03/2025	Établissement du rapport	JS.KUHN	L.SAHM	L.LORIER
14081	B	29/04/2025	Ajout remplacement mur en gabions	JS.KUHN	L.SAHM	L.LORIER
	C					
	D					
	E					

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	3
2. CONTEXTE GENERAL - RAPPELS	5
2.1. DESCRIPTION DU SITE	5
2.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE	6
2.3. CONTEXTES HYDROLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	6
2.4. RISQUES NATURELS	6
2.5. ZONE D'INFLUENCE GEOTECHNIQUE DU PROJET	8
3. RECONNAISSANCES GEOTECHNIQUES	9
3.1. OBSERVATIONS DE TERRAIN	9
3.2. ESSAIS AU PENETROMETRE DYNAMIQUE LEGER PANDA ET PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD	11
3.3. RESULTATS DES RECONNAISSANCES GEOPHYSIQUES : PROSPECTIONS SISMIQUE	12
4. SYNTHESE GEOTECHNIQUE	13
4.1. GENERALITES	13
4.2. ORIGINE DES DESORDRES	14
4.3. TRAVAUX PRECONISES AU DROIT DE LA ZONE AFFAISSEE	14
4.4. TRAVAUX PRECONISES AU DROIT DE L'OUVRAGE EN GABIONS	16
5. DIMENTIONNEMENT DU MUR EN ENROCHEMENTS BETONNES	17
5.1. MODELE GEOTECHNIQUE	17
5.2. HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT DU MUR	17
5.2.1. Hypothèses de calculs Eurocode	17
5.2.2. Profils de calcul retenus	17
5.2.3. Hypothèses de calcul	18
• Données hydrogéologiques	18
• Surcharge	18
• Actions sismiques	18
5.3. METHODES DE CALCUL	18
5.4. GEOMETRIE DU MUR ET HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT	19
5.5. JUSTIFICATION DE LA STABILITE EXTERNE	20
6. TRAVAUX PRECONISES POUR AMELIORER LA STABILITE DE LA CHAUSSEE	21
6.1. PRECONISATIONS GENERALES	21
6.2. PHASAGE	21
6.3. TERRASSEMENTS	21
6.3.1. Déblais	22
6.4. FONDATION DES MURS ET CARACTERISTIQUES DU MUR EN ENROCHEMENTS BETONNES	22
6.5. REMBLAIEMENT	23
6.6. VOIRIES – COUCHE DE FORME	23
6.7. SURVEILLANCE PENDANT LES TRAVAUX	24
6.8. GRILLAGE EPINGLE	24
7. CONCLUSION	26

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation du site sur fond de plan IGN	5
Figure 2 : Vue aérienne du site	5
Figure 3 : Extrait de la carte géologique du BRGM	6
Figure 4 : Extrait de la carte des aléas du PPRN de REVEL (38).....	7
Figure 5 : Extrait de la carte de zonage réglementaire du PPRN de REVEL (38).....	7
Figure 6 : Photographies de la zone qui présente des désordres	10
Figure 6 : Photographies de la zone qui présente des désordres	11
Figure 7 : Coupe géologique interprétative – Profil P07	13
Figure 8 : Coupe géologique interprétative – Profil P09	14
Figure 9 : Coupe type de travaux envisagés (terrassement uniquement) – Profil P09.....	15
Figure 10 : Coupe type de travaux envisagés (terrassement et grillage épinglé) – Profil P07	16
Figure 11 : Profil 15 (Extrait Geomur).....	19
Figure 11 : Coupe au droit de la chaussée – Profil P07	24

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Implantation schématique des sondages	
Annexe 2 : Résultats des sondages au pénétromètre dynamique léger PANDA	
Annexe 3 : Résultats des investigations géophysiques	
Annexe 4 : Calculs GEOMUR	
Annexe 5 : Vue en plan du projet	
Annexe 6 : Profils en travers du projet	
Annexe 7 : Classification des missions géotechniques selon la NF P 94-500	
Annexe 8 : Conditions générales de vente et d'utilisation de la SAGE	

1. INTRODUCTION

Client/demandeur :

MAIRIE DE REVEL

74 Place de la Mairie

38420 REVEL

Objet :

Le présent rapport porte sur la remise en état d'une section de la route des eaux qui présente des désordres (affaissement et mur en gabions détérioré coté aval) sur la commune de *REVEL (38)*. Ce rapport traite particulièrement du réaménagement de la route de eaux qui comprend le décalage de la route vers l'amont et le remplacement d'un ouvrage en gabions par un ouvrage en enrochements.

Cette étude a pour objectifs :

- de définir les contextes géotechnique et hydrogéologique du site sur la base des investigations géotechniques réalisées en phase AVP et en phase PRO ;
- de fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet ;
- de définir les préconisations techniques de réalisation des travaux.

En revanche, les aspects suivants ne font pas partie de notre mission :

- le diagnostic géotechnique et structurel de l'existant ;
- l'impact sur les réseaux éventuels présents sur le site.

Il s'agit d'une mission de type **G2 PRO** selon la classification de l'Union Syndicale Géotechnique (Annexe 7 : Classification des missions géotechniques selon la NF P 94-500).

Intervenants pour la conception du projet :

Maître d'ouvrage	MAIRIE DE REVEL Contact : M. Coralie BOURDELAIN
------------------	---

Lexique - abréviations

TA = cote du terrain actuel

TN = cote du terrain naturel

TF = cote du terrain fini après aménagement

ELS = état limite de service (terme Eurocodes)

ELU = état limite ultime (terme Eurocodes)

Documents consultés :

- Banques de données générales
 - o Carte IGN du secteur étudié au 1/25000ème,
 - o Carte géologique du BRGM (*feuille DOMENE, n°773*) au 1/50 000ème.
 - o Base de données géoscientifiques web du BRGM : site <http://infoterre.brgm.fr>
 - o Base de données des risques sur le territoire : <http://www.georisques.gouv.fr/>

Pour réaliser cette étude, il nous a été transmis :

- Un avis du service RTM de l'ONF daté du 28/02/2023,
- une étude géotechnique G5+G2AVP réalisée par GEOLITHE datée du 28/02/2024,
- Plan topographique : Route des eaux Projet de mur de soutènement – Etat des lieux en date du 10/03/2025 à l'échelle 1/200^{ème}.

- Référentiels normatifs et guides :

Désignation	Référence
Eurocode 7- partie 1 : règles générales	NF EN 1997-1 de juin 2005, son amendement A1 d'avril 2014 et son annexe nationale de septembre 2018
Eurocode 7- partie 2 : reconnaissances des terrains et essais	NF EN 1997-2 de septembre 2007
Justification des ouvrages géotechniques – Ouvrages de soutènement – Remblais renforcés et massifs en sols cloués	NF P 94-270 d'octobre 2020
Justification des ouvrages géotechniques – Ouvrages de soutènement - Murs	NF P 94-281 d'avril 2014

Conditions d'utilisation du rapport et annexes associées

Cette étude est la propriété du client : Mairie de REVEL. Elle ne peut être ni reproduite ni diffusée en dehors du consentement de ce dernier. Le rapport et ses annexes sont indissociables.

Nos conditions d'utilisation du rapport sont rappelées en Annexe 8. En particulier :

- Ce document doit être transmis à l'ensemble des intervenants du projet. Toute modification apportée au projet ou à son environnement (aménagements de proximité, terrassements...) après l'étude nécessite la réactualisation du rapport géotechnique dans le cadre d'une nouvelle mission pour étudier son impact.
- L'étude géotechnique repose sur une investigation du sol dont la maille ne permet pas de lever la totalité des aléas toujours possibles en milieu naturel. En effet, des hétérogénéités, naturelles ou du fait de l'homme, des discontinuités et des aléas d'exécution peuvent apparaître compte tenu du rapport entre le volume échantillonné ou testé et le volume sollicité par l'ouvrage, et ce d'autant plus que ces singularités éventuelles peuvent être limitées en extension.
- Les éléments géotechniques nouveaux mis en évidence lors de l'exécution et non détectés lors de la mission d'origine (failles, remblais anciens, karsts, venues d'eau, hétérogénéités localisées...), ainsi que tout incident survenu au cours des travaux (éboulements, glissement...), pouvant avoir une influence sur les conclusions du rapport géotechnique G2 ou G3, doivent immédiatement être signalés aux bureaux d'études géotechniques en charge du suivi géotechnique des travaux (missions G3 et G4) afin qu'ils en analysent les conséquences sur les conditions d'exécution et la conception de l'ouvrage.

2. CONTEXTE GENERAL - RAPPELS

2.1. Description du site

Le site étudié se trouve sur la commune de REVEL (38), sur les parcelles cadastrales OA0501, OA0502 et OA0639. Le site s'insère dans un versant fortement incliné vers l'Ouest et est situé à l'altitude de 502 m NGF environ.

L'étude concerne la route des eaux qui présente des désordres sur sa partie aval. L'observation de ces désordres fait suite à des travaux d'assainissement qui ont eu lieu en 2022 et en 2023. La route des eaux servait alors au transit des camions pour le chantier. Suite à l'apparition des désordres en janvier 2023, la mairie a mis fin à l'arrêté qui permettait le passage d'engins d'un poids supérieur à 12T.

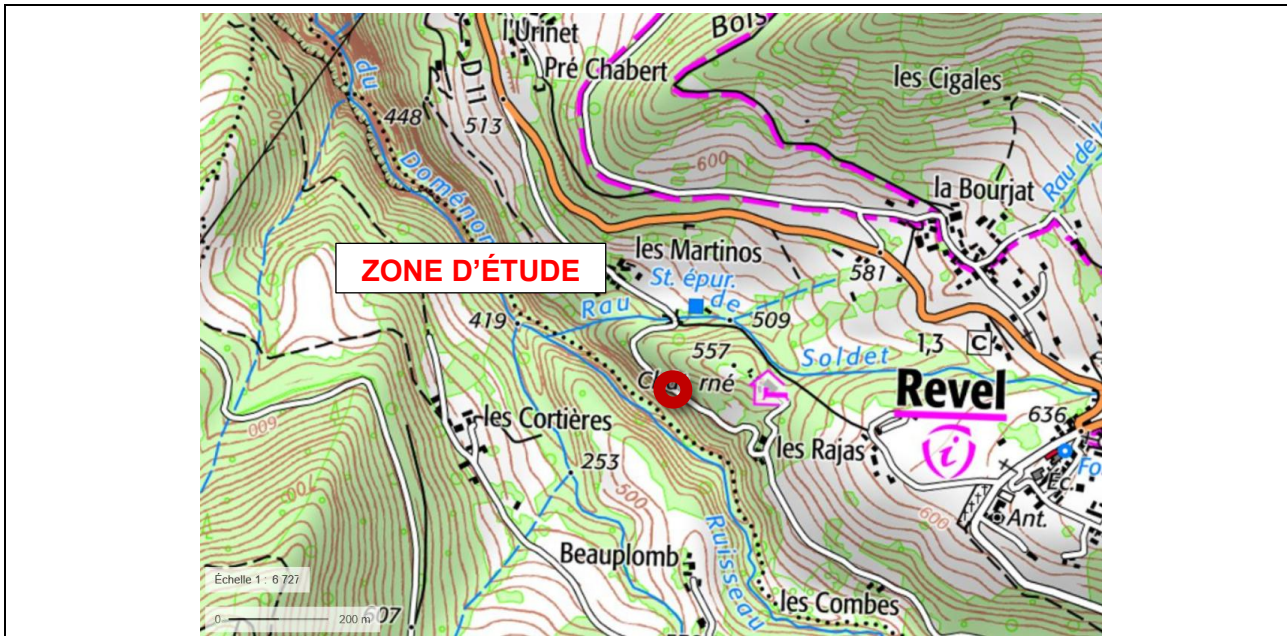


Figure 1 : Localisation du site sur fond de plan IGN

Source : www.geoportail.gouv.fr



Figure 2 : Vue aérienne du site

En 2025, de nouveaux désordres ont été observé par la mairie sur un mur en gabions situé à l'aval de la route à environ 40 m au Sud Est de la zone étudiée lors de l'indice A de ce rapport.

2.2. Contexte géologique

D'après la carte géologique du BRGM (feuille n°773 de DOMENE), la zone d'étude est située au droit d'alluvions fluvio-glaciaires et/ou glacio-lacustres Würmiennes (FLy) reposants sur un substratum composé de marnes noires à bancs calcaires du Jurassique (j2M).



Figure 3 : Extrait de la carte géologique du BRGM

Source : www.geoportail.gouv.fr

2.3. Contextes hydrologique et hydrogéologique

La zone d'étude se situe dans le versant dominant le ruisseau du Doménon, qui est situé environ 75 m en aval de la zone d'étude.

Étant donné la position de la zone d'étude au sein d'un large versant et son altitude, il est probable que la zone soit alimentée par des circulations d'eau en période d'intempérie et/ou à la fonte des neiges. Ces venues d'eau se font principalement au grès de passages plus perméables au sein des terrains de couverture et à l'interface entre les terrains de couverture et le substratum rocheux.

2.4. Risques naturels

Une recherche bibliographique sur les bases de données publiques permet de retenir les informations suivantes sur la zone d'étude :

Type de risque	Réf doc / organisme	Informations concernant le site
Affaissement/effondrement de cavités	Banque de données nationale (BRGM)	Absence de cavité dans un rayon de 500 m (ou non recensé)
Tassements de terrain provoqués par les alternances de sécheresse et de réhydratation des sols	Cartographie du BRGM : exposition aux retrait-gonflements des sols argileux	Aléa modéré

Glissements de terrain	Géorisques.gouv.fr	Une coulée de boue recensée dans le Rau du Soldet
Chutes de pierres et éboulements	Géorisques.gouv.fr	Absence d'éboulement dans un rayon de 500 m (ou non recensé)
Inondation ^(*)	Géorisques.gouv.fr	Parcelle non concernée
Sismique	Géorisques.gouv.fr	Zone 4 (Moyenne)

^(*) à titre indicatif uniquement, hors mission géotechnique

La commune dispose d'un PPRN. D'après la carte des aléas, la zone d'étude est situé au droit d'une zone P3 : Aléa fort de chutes de pierres et de blocs. Cela correspond à une zone d'interdiction (zone rouge) du plan de zonage réglementaire.

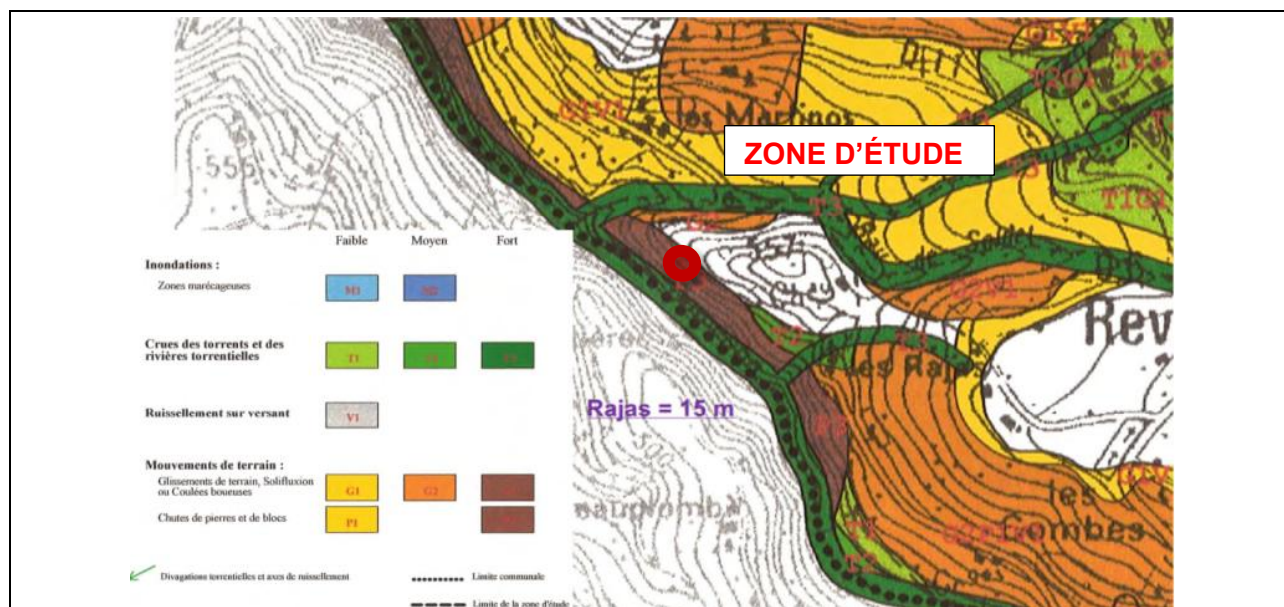


Figure 4 : Extrait de la carte des aléas du PPRN de REVEL (38)

Source : www.isere.gouv.fr

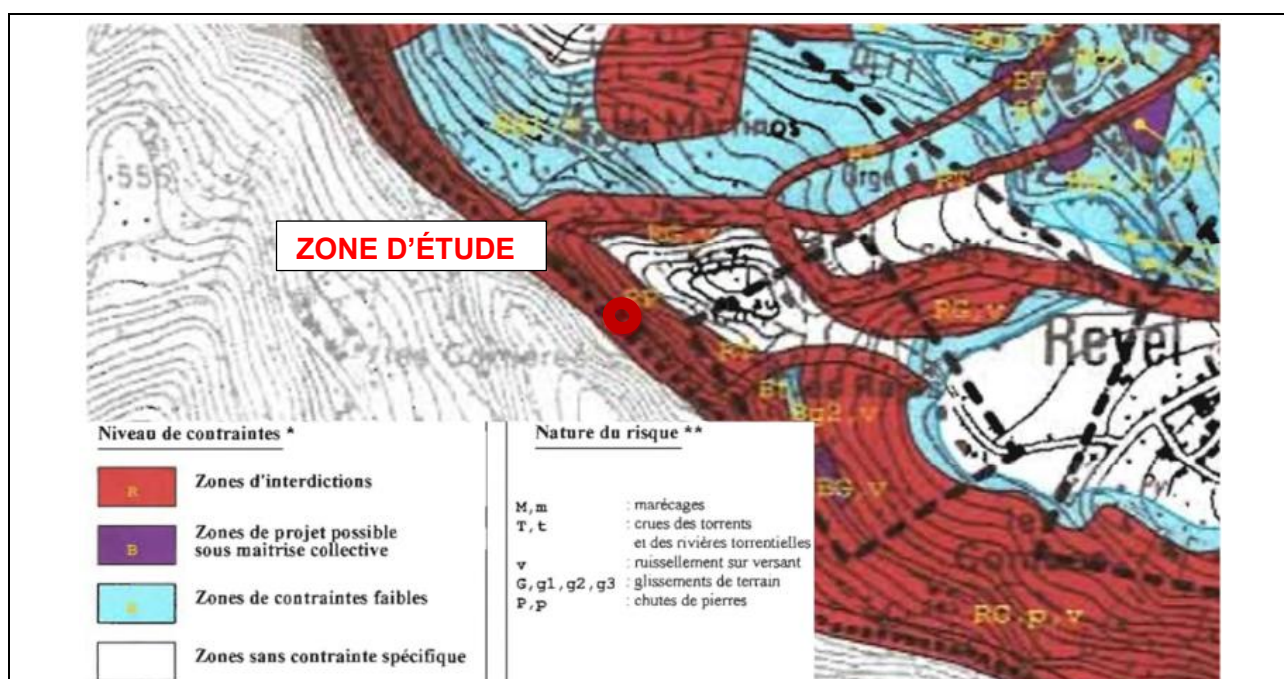


Figure 5 : Extrait de la carte de zonage réglementaire du PPRN de REVEL (38)

Source : www.isere.gouv.fr

2.5. Zone d'Influence Géotechnique du projet

Définition de la ZIG selon la NF P 94-500 : Volume du terrain au sein duquel il y a interaction entre l'ouvrage ou l'aménagement du terrain (du fait de sa réalisation et de son exploitation) et l'environnement (sols et ouvrages environnants).

La Zone d'Influence Géotechnique du projet comprend :

- La route des eaux au droit des désordres et du projet soit, sur un linéaire d'environ 56 m, y compris la voirie en enrobé et les réseaux enterrés,
- Le talus et la parcelle en amont de la route des eaux,
- Le talus et la parcelle en aval de la route des eaux.

3. RECONNAISSANCES GEOTECHNIQUES

Les reconnaissances géotechniques réalisées sur site ont été les suivantes :

- Des observations de terrain ;

En janvier 2025 :

- 4 sondages au pénétromètre dynamique léger de type PANDA, notés **PANDA1 à PANDA4**, dont les résultats sont reportés en Annexe 2 ;
- 2 profils sismiques de 25ml notés **PS01 et PS02**, dont le résultat est reporté en Annexe 3.

En avril 2025 :

- 4 sondages au pénétromètre dynamique léger de type PANDA, notés **PANDA5 à PANDA8**, dont les résultats sont reportés en Annexe 2 ;
- 2 sondages au pénétromètre dynamique lourd, notés **PDY 1 et PDY2**.

Un plan d'implantation des sondages est fourni en Annexe 1.

3.1. Observations de terrain

Nous avons réalisé plusieurs visites sur site en décembre 2024 et mars 2025.

Nos observations sont les suivantes :

La route des eaux s'inscrit dans un versant dont la pente générale varie de 35°/Hz à 45°/Hz. La chaussée a une largeur d'environ 2.7 m avec 0.3 m d'accotement coté aval.

La route ne comporte pas de caniveaux ou de fossés.

D'une manière générale, au droit et à proximité de la zone d'étude, l'enrobé de la route des eaux présente des déformations / désordres. L'enrobé y est très dégradé.

Au droit de la zone des désordres, la partie aval de la route présente des signes d'affaissement. Des plaques en acier ont été disposées puis recouvertes d'enrobé.

Le profil générale de la route des eaux au droit de la zone d'étude a été réalisé en déblais / remblais.

En amont immédiat de la zone d'étude, la morphologie du talus amont laisse penser qu'un glissement de terrain s'est déjà produit au sein du talus. On identifie une ancienne griffe d'arrachement dans ce talus.

Le talus en déblais en amont de la route présente une pente d'environ 55°/Hz. En tête de talus, les racines de la végétation forment un petit ressaut de 0.5 à 1.0 m de hauteur puis l'on retrouve le versant naturel.

Les sols qui affleurent dans le talus en amont de la route sont composés par des graves sablo-limoneuses à galets.



Figure 6 : Photographies de la zone qui présente des désordres

A environ 40 m au Sud-Est de la zone décrite précédemment, en 2025 la mairie de REVEL a observé des désordres sur un mur en gabions qui soutient la partie aval de la route.

Il s'agit d'un mur en gabions d'environ 2.0 m de hauteur. Les fils qui constituent les cages de gabions sont fortement corrodés et partiellement rompus.

Certaines parties de cet ouvrage en gabions sont éventrées.

Nous n'avons pas observé de désordres sur la chaussée en amont. Cependant, compte tenu de l'état du mur en gabions, les désordres se poursuivront jusqu'à la ruine totale et l'effondrement de l'ouvrage.



Figure 7 : Photographie du mur en gabions



Figure 8 : Photographie de la zone qui présente des désordres

3.2. Essais au pénétromètre dynamique léger PANDA et pénétromètre dynamique lourd

Au droit de la zone affaissée, les sondages PANDA1 à PANDA4 ont été réalisés à environ 2 à 4 m en aval de la chaussée.

Au droit de la zone avec le mur en gabions :

Le sondage PANDA5 a été réalisé au pied du mur en gabions

Le sondage PANDA6 a été réalisé à environ 1 m en aval du mur en gabions.

Les sondages PANDA7 et PANDA8 ont été réalisés respectivement à environ 4 à 7 m en amont de la chaussée.

Sur cette zone, nous avons également réalisé 2 sondages au pénétromètre dynamique lourd notés PDY1 et PDY2 depuis la chaussée de la route des eaux.

Les résultats des essais sont fournis en Annexe 3.

Au droit de la zone affaissée :

Les sondages PANDA1 et PANDA2 ont mis en évidence des sols de résistance faible à moyenne (**$3 < q_d < 6 \text{ MPa}$**) jusqu'aux refus obtenus à respectivement à -1.4 et -2.5 m de profondeur.

Les sondages PANDA3 et PANDA4 ont mis en évidence :

- de 0 à -1,7 / -1.8 m/TN : des sols de résistance très faible avec :
 $1 \leq q_d \leq 4 \text{ MPa}$
- puis la compacité devient faible à moyenne (**avec $3 < q_d < 6 \text{ MPa}$**) jusqu'aux refus des sondages à respectivement -2,1 et -2,5 m de profondeur.

Au droit de la zone avec le mur en gabions :

Les sondages PANDA5 et PANDA6 ont mis en évidence des sols de résistance faible à moyenne ($1 < q_d < 6 \text{ MPa}$) jusqu'aux refus obtenus à respectivement -1.7 et -1.5 m de profondeur.

Les sondages PANDA7 et PANDA8 ont mis en évidence des sols de résistance très faible ($1 < q_d < 4 \text{ MPa}$) jusqu'aux refus obtenus à respectivement -2.1 et -1.2 m de profondeur.

Au niveau de la chaussée en amont du mur en gabions, le sondage PDY1 a mis en évidence :

- de 0 à -1.0 m/TN : des sols de résistance moyenne à élevée avec :

$$5 \text{ MPa} \leq q_d$$

- de -1.0 à -1.6 m/TN : des sols de résistance très faible avec :

$$1 \leq q_d \leq 5 \text{ MPa}$$

Ensuite, la compacité augment jusqu'au refus obtenus à 3.0 m de profondeur.

Le sondage PDY2 a mis en évidence des sols de compacité élevée jusqu'au refus obtenus à 1.1 m de profondeur.

Les terrains rencontrés jusqu'à environ 1.1 à 2.5 m de profondeur correspondent certainement à une épaisseur de remblai limono graveleux reposant sur les formations de surface composées par des graves sablo-argileuses à galets.

Aucune trace d'humidité n'a été relevée dans les trois sondages.

3.3. Résultats des reconnaissances géophysiques : Prospections sismique

Chaque dispositif est étalonné par les sondages au pénétromètre dynamique réalisés au droit des profils.

Les 2 profils ont été réalisés dans le sens de la pente, perpendiculairement à la route des eaux.

Le profil de prospection sismique PS01 a mis en évidence une interface compacte :

- entre 1.8 et 3.0 m de profondeur en aval de la route des eaux,
- entre 1.0 et 2.0 m de profondeur au droit et en amont de la route des eaux.

Les vitesses sismiques enregistrées sont de l'ordre de 295 à 375 m/s au droit de la couche supérieure et de l'ordre 2460 m/s au droit de la couche inférieure.

Le profil de prospection sismique PS02 a mis en évidence une interface compacte :

- entre 1.7 et 3.0 m de profondeur en aval de la route des eaux,
- entre 0.6 et 1.7 m de profondeur au droit de la route des eaux,
- entre 1.2 et 2.8 m de profondeur en amont de la route des eaux.

Les vitesses sismiques enregistrées sont de l'ordre de 345 à 360 m/s au droit de la couche supérieure et de l'ordre 2260 m/s au droit de la couche inférieure.

Les 2 couches décelées peuvent correspondre à des remblais et des alluvions-graveleuses sur la partie supérieure et à des marnes sur la partie inférieure.

4. SYNTHESE GEOTECHNIQUE

La synthèse géotechnique tient également compte des résultats des 2 études déjà réalisées sur cette zone, à savoir :

- un avis du service RTM de l'ONF daté du 28/02/2023,
- une étude géotechnique G5+G2AVP réalisée par GEOLITHE datée du 28/02/2024.

D'une manière générale, les investigations réalisées présentent des résultats similaires.

Les sondages réalisés lors de l'étude G5+G2AVP réalisée par GEOLITHE datée du 28/02/2024 ont été intégrés sur les coupes géotechniques réalisées dans la présente étude.

4.1. Généralités

Les reconnaissances géotechniques effectuées mettent en évidence la lithologie suivante, du haut vers le bas :

- De 0,0 à -0.6 / -3.0 m de profondeur/TA : des sols de résistance hétérogène, faible à moyenne, correspondant aux terrains de couverture composés de graves sablo-argileuses à galets.
En partie aval de la route, il s'agit probablement d'anciens remblais mêlés aux terrains de couverture.
- Au-delà, de -0.6 / -3.0 m de profondeur/TA : des sols de résistance élevée correspondant au substratum local composé par des marnes +/- altérées.

Les refus rencontrés dans les sondages au pénétromètre dynamique correspondent, soit au toit de la frange très altérée du substratum, soit à des blocs présents dans la couche d'alluvions.

Le profil générale de la route des eaux au droit de la zone d'étude a été réalisé en déblais / remblais. La largeur en remblais est estimée à environ 1.0 m pour 3.0 m de largeur de route (soit environ 2.0 m de largeur en déblais).

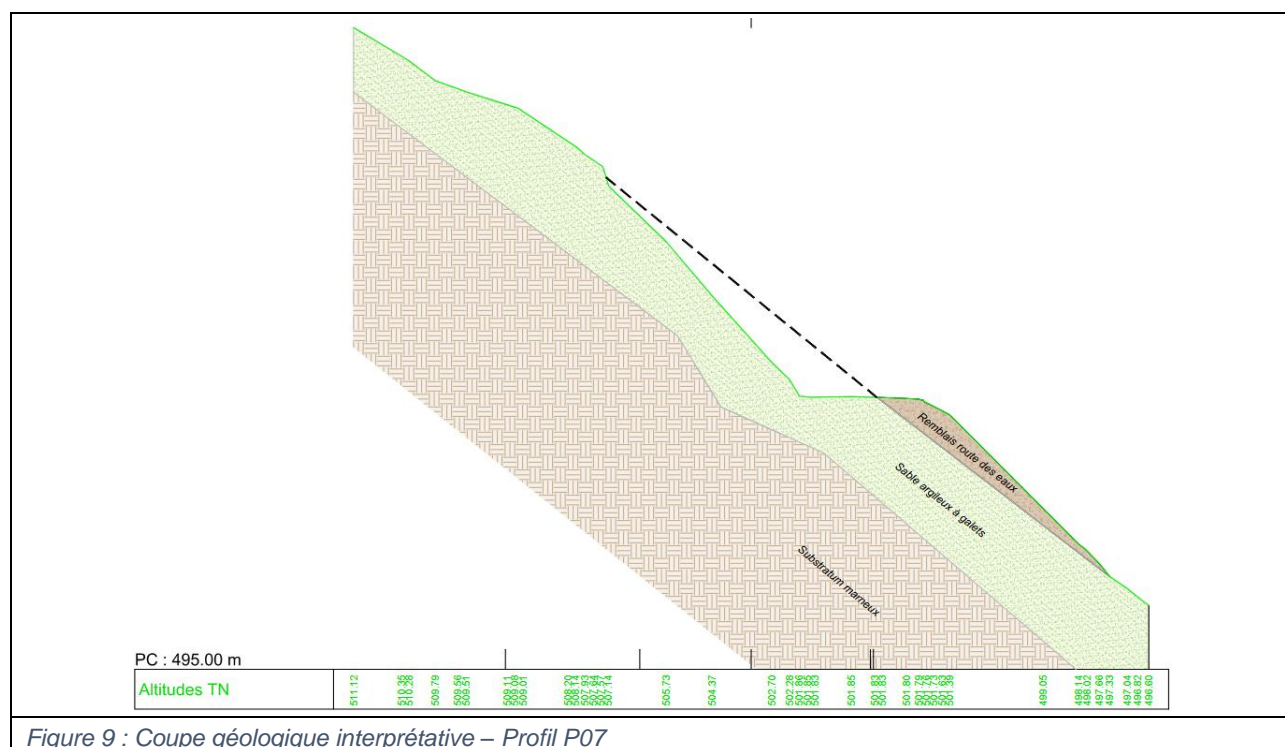


Figure 9 : Coupe géologique interprétative – Profil P07

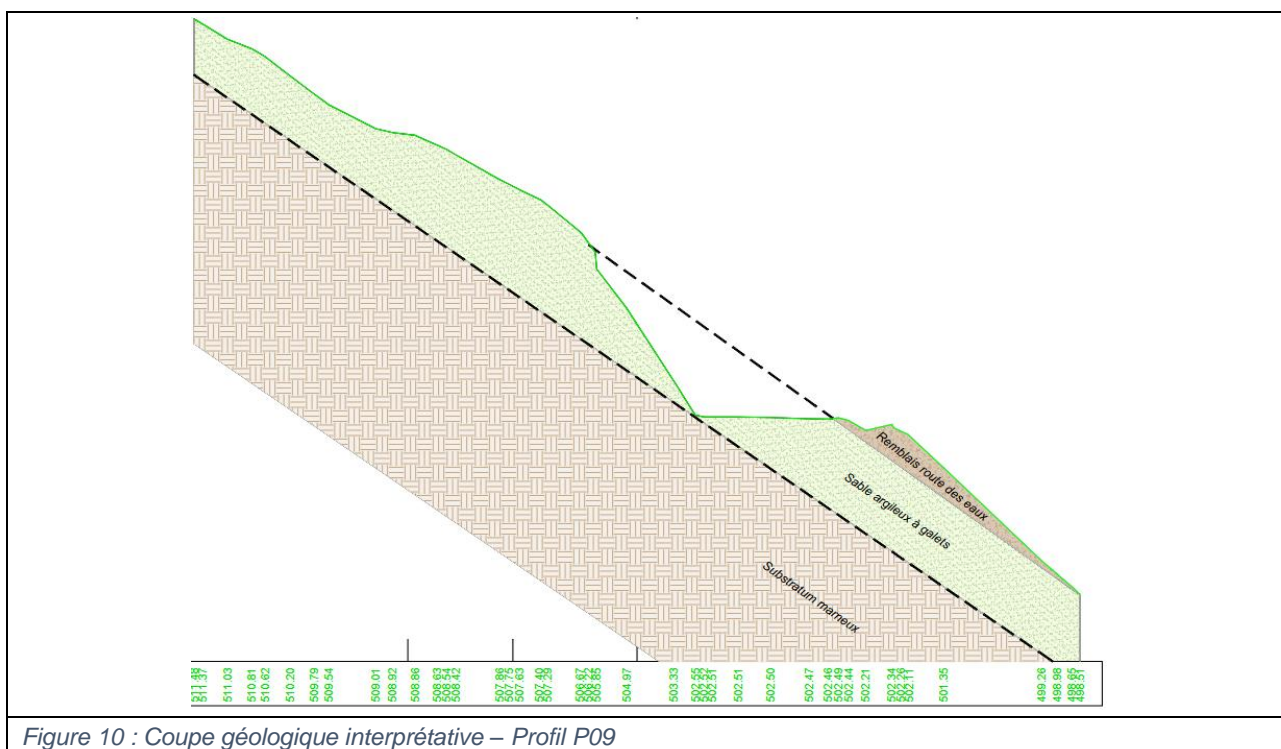


Figure 10 : Coupe géologique interprétative – Profil P09

4.2. Origine des désordres

Étant donné le contexte géomorphologique décrit précédemment, les désordres observés sur la partie aval de la chaussée sont probablement dus à la faible compacité des sols d'assise qui sont constitués par des remblais de nature et de compacité hétérogène.

Le glissement lent de ces remblais génère des affaissements de la bordure aval de la voirie.

Ce phénomène a probablement été accentué / accéléré par le transit de nombreux camions de chantier à la fin de l'année 2023.

Au niveau de l'ouvrage en gabions, c'est la corrosion des cages des gabions qui a provoqué la ruine de l'ouvrage.

4.3. Travaux préconisés au droit de la zone affaissée

Les désordres étant apparus dans des matériaux de qualité médiocre présents en partie aval de la voirie et les matériaux constitutifs de la partie amont de la chaussée étant de compacité moyenne à élevée, nous préconisons de décaler la chaussée vers l'amont.

Cette solution permettra de décaler la surcharge routière vers l'amont dans des sols de compacité moyenne à élevée.

Cette solution permet également de s'affranchir de la réalisation d'un ouvrage de soutènement en partie aval de la chaussée qui nécessiterait un minimum d'entretien sur le long terme.

De plus, la réalisation d'une solution de terrassement permettra d'améliorer le tracé de la route des eaux (adoucissement de la courbe du virage et amélioration de la visibilité).

Compte tenu de la pente marquée du versant, cette solution nécessitera la réalisation d'un talus en amont de la route avec une pente relativement raide (entre 45 et 55°/Hz) identique à la pente actuelle du talus amont de la route des eaux.

Le talus actuel ne présentant peu voir pas de désordres, il semble raisonnable de vouloir reproduire cette même configuration.

Cependant, la réalisation d'un terrassement en déblais dans ces terrains (grave sablo-limoneuses à galets) ne peut être justifiée par un calcul.

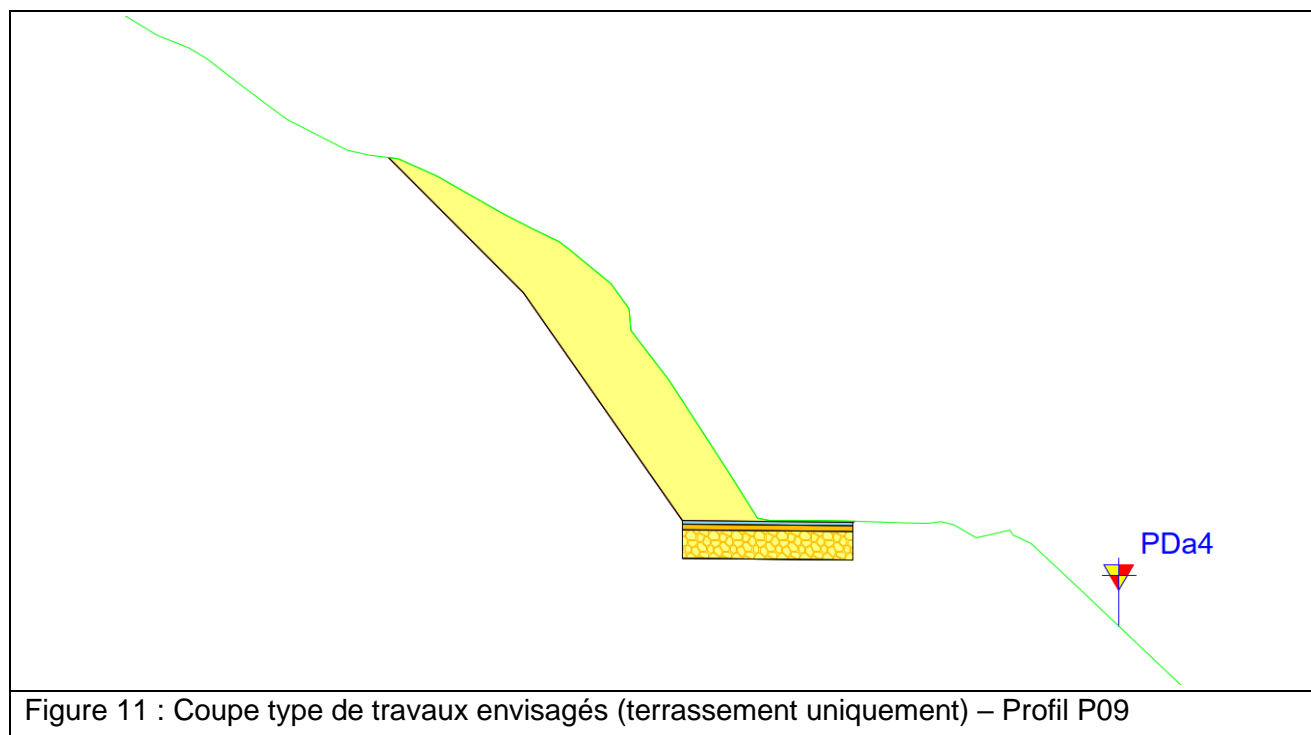
Cela implique que la solution technique de travaux ne sera pas dimensionnée selon la réglementation en vigueur (Eurocodes) : à valider par le Maître d'Ouvrage.

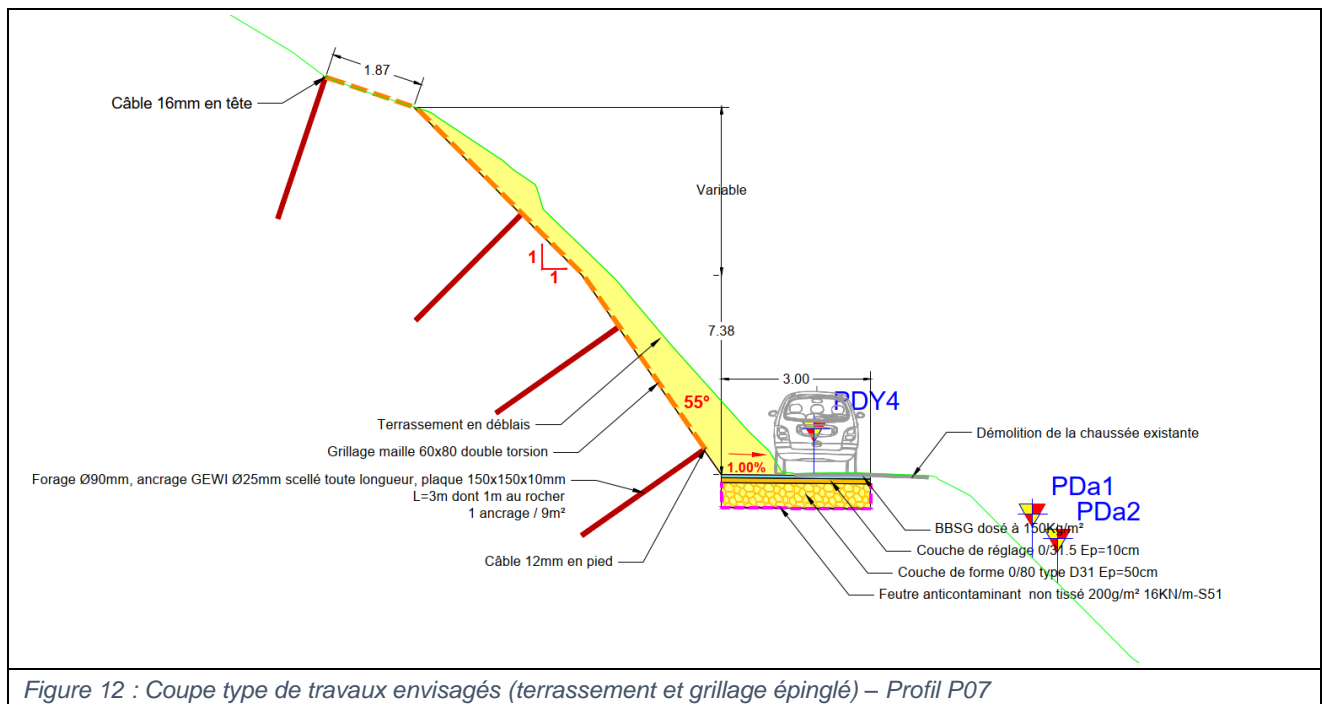
Il est donc possible que des désordres apparaissent sur le talus en amont de la route des eaux (petits éboulement et petits glissements de terrain, de l'ordre de quelques centaines de litres à quelques m³).

Les matériaux éboulés devront être purgés au fur à mesure.

Compte tenu du faible enjeu (route communale peu fréquentée) ce risque semble acceptable (à confirmer par la mairie de REVEL).

Si ce risque n'est pas acceptable, la mise en place d'un grillage épinglé sur le talus amont pourra être envisagée.





4.4. Travaux préconisés au droit de l'ouvrage en gabions

Au droit de l'ouvrage en gabions, nous préconisons le terrassement et la dépose de l'ouvrage existant puis la construction d'un mur de soutènement en enrochements bétonnés en lieu et place du mur en gabions existant.

5. DIMENSIONNEMENT DU MUR EN ENROCHEMENTS BETONNES

5.1. Modèle géotechnique

L'ensemble des reconnaissances réalisées nous conduit à définir le modèle géotechnique suivant au droit de l'ouvrage :

Couches	Propriétés mécaniques		
	c'	ϕ'	γ'
	kPa	(°)	kN/m ³
[1] : Grave sablo-argileuse à galets.	5	33	18
[2] : Substratum marneux +/- altéré	10	38	20
Matériaux d'apport	0	35	20

Ces caractéristiques ont été estimées à partir de notre expérience et sont des estimations sécuritaires et prudentes.

Les reconnaissances géotechniques réalisées en phase G5, G2-AVP et G2-PRO permettent de définir un modèle géotechnique. Ce modèle géotechnique sera confirmé ou infirmé en phase de terrassement, lors des contrôles géotechniques (mission G4-Phase Supervision du Suivi). Il pourra être ajusté ainsi que les dimensionnements adaptés compte tenu du contexte géotechnique réellement rencontré.

5.2. Hypothèses de dimensionnement du mur

5.2.1. Hypothèses de calculs Eurocode

		Norme
Classe de conséquence ⁽¹⁾	CC2 ⁽¹⁾	NF P94 – 281 - Annexe H
Catégorie géotechnique ⁽²⁾	2 ⁽²⁾	NF P94 – 281 - Annexe H
Catégorie de durée d'utilisation ⁽³⁾	4 ⁽³⁾	NF P94 – 281 - Annexe H AN.1 de la norme NF EN 1997-1

⁽¹⁾ Classe de conséquence de la ruine ou endommagement de l'ouvrage à construire, vis-à-vis des personnes, des ouvrages, des constructions avoisinantes et de la protection de l'environnement. Une CC2 est associée à des conséquences moyennes en termes sociaux, économiques et d'environnement [A valider par le maître d'ouvrage].

⁽²⁾ La catégorie géotechnique du projet est définie en fonction des conditions du site (simples ou complexes) en se fondant sur la connaissance de la topographie du site, de la nature et des propriétés des terrains et du régime hydraulique du site du projet. La catégorie géotechnique 2 est associée à des conditions de site simples et connues.

⁽³⁾ Pour les structures courantes de génie civil tels que les murs de soutènement, le tableau AN.1 de l'annexe nationale à la norme NF EN 1997-1 recommande une durée de vie de 50 ans (durée indicative d'utilisation du projet) associée à une catégorie de durée d'utilisation 4. [A valider par le maître d'ouvrage].

5.2.2. Profil de calcul retenu

Le profil de calcul retenu (profil 15) correspond au profil situé à l'axe de l'ouvrage, ou la hauteur de soutènement est la plus importante.

5.2.3. Hypothèses de calcul

- **Données hydrogéologiques**

Aucune trace d'humidité n'a été retrouvée lors des reconnaissances, nous n'avons donc pas pris l'eau en considération dans nos calculs. Il sera cependant nécessaire de prévoir la mise en place d'un drain en amont du mur.

- **Surcharge**

Une surcharge de 10 kPa a été considérée pour prendre en compte les efforts engendrés par le trafic routier sur la route des eaux.

- **Actions sismiques**

L'ouvrage n'a pas été dimensionné au séisme (à confirmer par le MOE/ MOA).

5.3. Méthodes de calcul

Les calculs ont été réalisés avec les logiciels GEOMUR selon la norme NF P 94-281.

Les coefficients de sécurité partiels et de pondération des actions retenus dans les calculs de stabilité, basés sur la norme NFP 94-281, sont rappelés dans le tableau ci-dessous :

Facteurs partiels		Symbole	Approche 2 ELU fond	Approche 2 ELU sism
Actions	Charges permanentes	γ_{Gsup}	1,35	1,0
		γ_{Ginf}	1,0	1,0
	Charges variables	γ_{Qsup}	1,5	0
		γ_{Qinf}	0	0
Paramètres du sol	Angle de frottement	$\gamma_{\tan\phi'}$	1,0	1,0
	Cohésion effective	$\gamma_{c'}$	1,0	1,0
	Cohésion non drainée	γ_{cu}	1,0	1,0
	poids volumique	γ_{γ}	1,0	1,0
Facteur de modèle	ouvrage peu sensible	$\gamma_{R;d}$	1,1	1,0
Résistance (stabilité externe)	Portance ELU	$\gamma_{R,v}$	1,4	1,2
	Glissement ELU	$\gamma_{R,h}$	1,1	1,0
	Méthode portance Soutènement	$\gamma_{R;d,v}$	1,0	1,0
	Méthode glissement	$\gamma_{R;d,h}$	0,9	0,9

L'approche 2 est utilisée lors de la vérification de la stabilité externe.

5.4. Géométrie du mur et hypothèses de dimensionnement

Les calculs ont été réalisés au droit du profil 15 en considérant les dimensions suivantes pour les murs en gabions :

	Hauteur totale	Largeur en base	Largeur en tête	Encastrement sous le TN aval
	[m]	[m]	[m]	[m]
Profil 15	2.4	1.5	0.9	0.8*

*Afin de respecter la cote hors gel du site (-0.9 m/terrain fini) et afin de réaliser l'assise du mur dans le substratum marneux, le mur sera fondée sur une substitution d'une épaisseur de 0.8 m minimum.

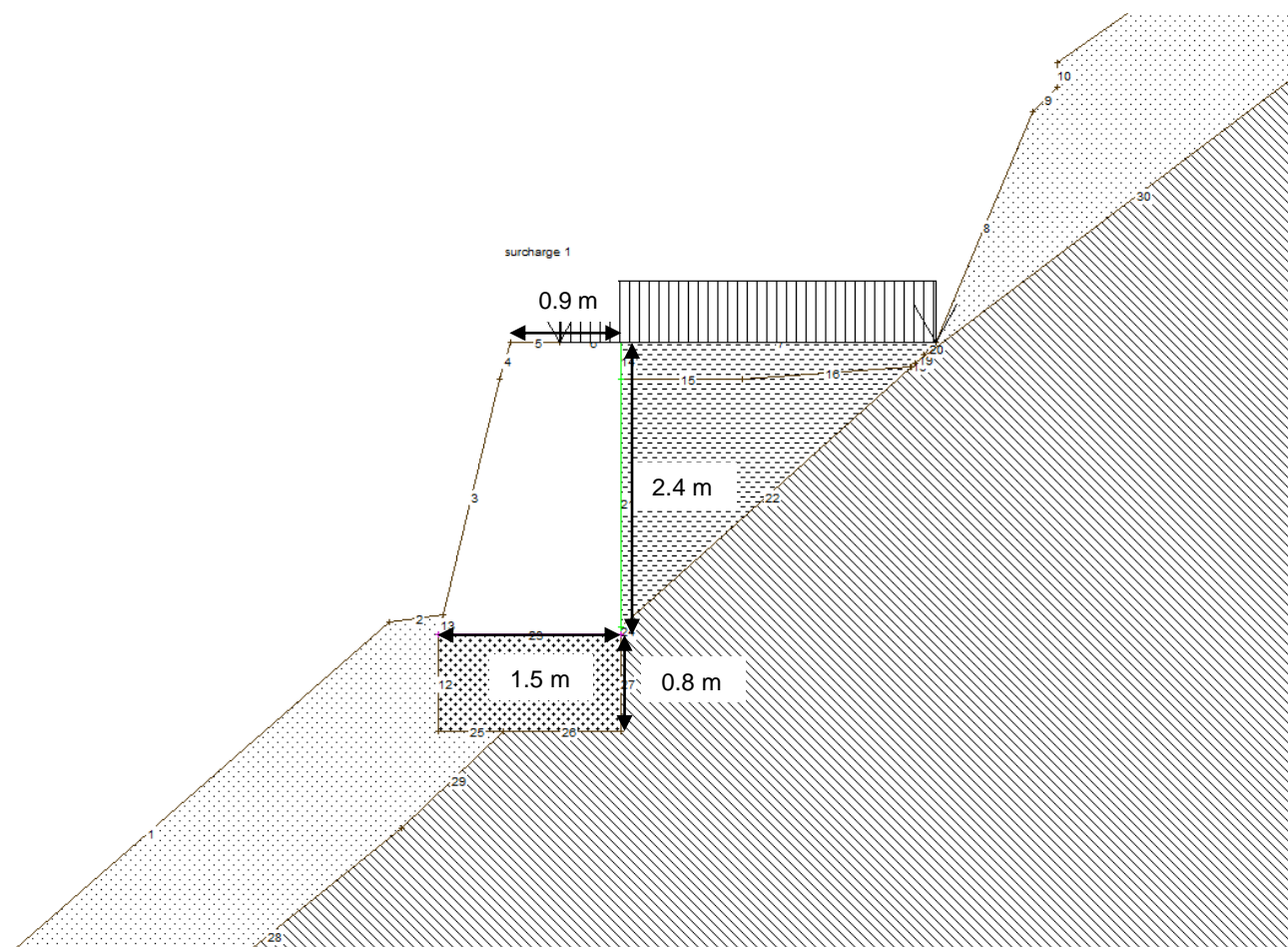


Figure 13 : Profil 15 (Extrait Geomur)

Les hypothèses retenues dans le dimensionnement des murs sont :

- Poids volumique des murs en enrochements bétonnés : 23 kN/m^3 ;
- $q_{\text{net}} = 1 \text{ 300 kPa}$;
Le mur devra être fondé dans le substratum marneux par l'intermédiaire d'une assise en béton cyclopéen. A confirmer par un contrôle géotechnique (Mission G4).
- $q_0 = 0 \text{ kPa}$ (hypothèse sécuritaire) ;
- $i_\beta < 1$ (présence d'un talus aval).
- Frottement d'interface sous la base du mur : ϕ' ,
- Inclinaison de la poussée à l'arrière du mur : $2/3 \phi'$,
- Surcharge liée au trafic routier : 10 kPa .

5.5. Justification de la stabilité externe

Les résultats des calculs GEOMUR sont reportés dans le tableau ci-dessous :

Critère : NF P 94-281 en statique			
Situation	Glissement	Capacité portante (poinçonnement)	Excentrement
Profil 15	OK	OK	OK

Les détails des calculs réalisés sont présentés en Annexe 4. En considérant les hypothèses données ci-avant, la stabilité externe des ouvrages proposés est donc vérifiée en situation statique.

La stabilité vis à vis du séisme n'a pas été vérifiée, à confirmer par le maître d'Ouvrage / maître d'œuvre.

6. TRAVAUX PRECONISES POUR AMELIORER LA STABILITE DE LA CHAUSSEE

6.1. Préconisations générales

Les éventuelles parcelles privées impactées par les travaux devront faire l'objet de demandes d'autorisations ou d'acquisitions foncières. L'ensemble de ces autorisations/acquisitions foncières devra être validé avant toute réalisation de travaux de terrassement sur le site.

La position et la profondeur de l'ensemble des réseaux présents au niveau du projet et de sa ZIG seront repérées précisément avant tout commencement des travaux. En fonction des positions/états de ces réseaux, les solutions techniques proposées dans ce rapport pourront être adaptées et/ou les réseaux qui le nécessitent devront être neutralisés et/ou dévoyés.

Les travaux seront réalisés sous route fermée à toute circulation.

6.2. Phasage

Les terrassements devront impérativement être réalisés en période de météo favorable.

Pour la réalisation des aménagements, nous proposons de réaliser les ouvrages de l'amont vers l'aval selon le phasage suivant :

- Débroussaillage / abattage d'arbres,
- Terrassement en déblais / reprofilage de la partie amont de la route des eaux, recule du pied du talus amont de 1.55 m maximum (Profil P08)
- Terrassement en déblais au niveau de l'ouvrage en gabions, dépose de l'ouvrage en gabions jusqu'à son assise,
- Réalisation du mur en enrochements bétonnés et remblaiement,
- Réalisation d'une nouvelle voirie (couche de forme, couche de fondation, couches de surface),
- Si nécessaire, installation d'un grillage épinglé.

6.3. Terrassements

Les travaux de terrassement en amont de la route seront réalisés en déblais.

Au droit de la route, le remblaiement à l'arrière du mur en enrochements bétonnés et la réalisation de la couche de forme seront réalisés en remblais.

Les terrassements en déblais concernent :

- le reprofilage du talus en amont de la route des eaux,
- la purge de la chaussée existante,
- la purge du mur en gabions et la réalisation d'un talus provisoire à 1H/1V,
- la réalisation de l'assise du mur en enrochements bétonnés,
- les terrassements nécessaires à la mise en place de la nouvelle couche de forme, sur une épaisseur d'environ 0.6 à 0.7 m.

6.3.1. Déblais

Au droit du talus amont, les terrassements en déblais intéresseront :

- la couche superficielle de limon brun à racines et radicelles,
- les terrains de couverture composés de graves sablo-argileuses à galets,
- Le substratum rocheux composé de marnes +/- altérées.

Les terrassements seront principalement réalisés au sein de matériaux meubles (graves sablo-argileuses à galets) et donc réalisables avec une pelle mécanique puissante.

En pied du futur talus et au niveau de l'assise du mur aval, les terrassements pourront recouper le substratum marneux, l'utilisation de moyens spécifiques aux terrassements rocheux pourront alors être nécessaires :

- utilisation d'une dent de déroctage,
- utilisation d'un BRH.

Concernant le talus amont, les pentes définitives de terrassement en déblais sont de :

- 55°/Hz en base du talus, sur environ 4.0 m de hauteur,
- puis 45°/Hz en partie supérieure du talus.

La hauteur maximum du talus en déblais sera d'environ 7.5 m.

Au vu de la hauteur du talus à terrasser, l'entreprise mettra en œuvre les moyens nécessaires à leur réalisation (pelle avec un bras de longueur suffisante pour un terrassement depuis la chaussée).

Les matériaux extraits seront évacués du site.

Compte tenu de la dégradation actuelle de la route des eaux, l'entreprise devra utiliser des moyens adaptés (d'un poids en charge limité) afin de ne pas générer de désordres sur la chaussée de la route des eaux sur d'autres zones. Certaines zones de la route des eaux pourront également être identifiées au début du chantier (zones « fragiles ») et faire l'objet d'une signalisation particulière (rétrécissement de chaussée, ...).

6.4. Fondation des murs et caractéristiques du mur en enrochements bétonnés

Le mur en enrochements bétonnés sera fondé dans les marnes compactes en place par l'intermédiaire d'une substitution en béton cyclopéen.

Le mur en enrochements bétonnés sera assis à une profondeur minimale de 0.9 m par rapport au terrain naturel après travaux (cote hors gel, cf. norme NF P 94-261+A1).

Nous préconisons la réalisation d'une substitution de 0.8 m d'épaisseur minimum au droit du mur.

La substitution sera constituée par un béton cyclopéen.

Les fonds de fouille (avant réalisation de la substitution) devront être validés par un géotechnicien (mission G4-Supervision de suivi).

L'espace entre les enrochements et le talus provisoire sera comblé par des matériaux drainants (graves concassées autocompactantes 20/80) sur toute la hauteur des enrochements et sur une largeur de 0.5 m minimum.

Un drain en diamètre 160 mm sera disposé à l'arrière du mur en enrochements, au niveau de son assise.

Le mur comprendra également des barbacanes, implantées à 1.0 m de hauteur (hors sol) et espacées de 2.0 m horizontalement.

Afin d'assurer sa stabilité interne, le mur en enrochements maçonnés sera réalisé avec soin et dans les règles de l'art, en respectant les principes de construction suivants :

- Les blocs seront mis en place les uns sur les autres en quinconce afin de respecter un décalage entre les blocs dans la hauteur et dans l'épaisseur ;
- La taille des blocs devra être relativement uniforme, les blocs de plus grosse taille et les plus lourds seront disposés à la base du mur ;
- Le tout doit former un ouvrage le plus monolithique possible, ce qui suppose que les blocs seront particulièrement bloqués en soignant l'agencement et la disposition de chaque bloc ;
- Les vides entre les blocs seront comblés à l'avancement par cimentation ;
- La consistance du ciment devra être adaptée (ni trop liquide, ni trop compacte) afin de combler les vides sans s'écouler entre les blocs.

Les blocs d'enrochements devront remplir les conditions minimales suivantes :

- Poids volumique apparent $\geq 25 \text{ kN/m}^3$;
- Non gélifs ;
- Sans fissuration ou microfissuration ;
- Angularité vive.

6.5. Remblaiement

Le remblaiement à l'arrière du mur devra être réalisé par couches successives d'au plus 30 cm d'épaisseur.

Le matériau de remblai devra être validé par un géotechnicien : il devra présenter les caractéristiques minimales suivantes :

- graves 0/80 mm ou équivalent comportant au plus 20 % de fines ($=C_1B_5$ selon le GTR),
- poids volumique d'au plus 20 kN/m^3 ,
- angle de frottement de 35° minimum.

Le bon compactage des remblais sera réceptionné par la réalisation d'essais de plaque (mode opératoire LCPC) avec comme objectif $EV2 > 50 \text{ MPa}$. Si l'espace disponible ne permet pas la réalisation d'essais de plaque, ceux-ci pourront être substitués par des essais au pénétromètre dynamique.

6.6. Voiries – Couche de forme

Après la purge de la voirie existante, il est prévu la réalisation d'une nouvelle voirie.

Au niveau de l'assise de la couche de forme, les sols en place seront constitués soit par de graves sablo-argileuses à galets, soit par le substratum rocheux composé de marnes +/- altérées.

Cela conduit à estimer la classe de PST en PST2-AR1.

Le fond de fouille sous structure de voirie devra être validé par un géotechnicien et les éventuelles poches de matériaux décomprimés devront être purgées.

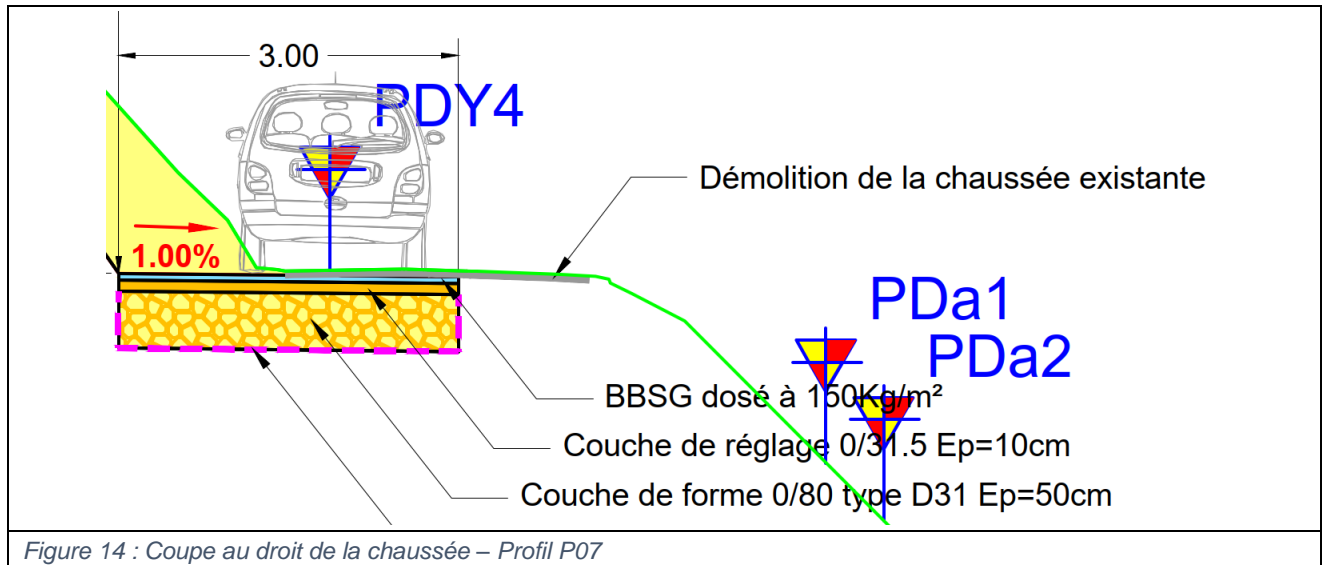
Ensuite, afin d'obtenir une PF2 sur la couche de forme il est préconisé de mettre en œuvre un géotextile à l'interface PST/CdF et une épaisseur de 50 cm de matériaux de type D2/D3 (selon le GTR20).

En cas de rencontre du substratum marneux à faible profondeur, l'épaisseur de couche de forme pourra être réduite.

Les objectifs de compactage au toit de la structure seront les suivants :

$$EV2 > 50 \text{ MPa} \text{ avec } k(EV2/EV1) < 2,0.$$

Des contrôles par essais à la plaque (NF P 94-117-1) devront être réalisés pour valider ces critères de compactage.



Il n'es pas prévu la réalisation de fossés, nous préconisons donc de réaliser la chaussée avec une pente vers l'aval afin d'évacuer les eaux de ruissèlement.

6.7. Surveillance pendant les travaux

Un contrôle visuel quotidien devra être réalisé par l'entreprise au droit des talus en amont de la route des eaux mais également en partie aval de la route des eaux afin de vérifier l'absence de désordres qui pourraient être générés par le chantier (affaissement, amorce de glissement, ...).

De plus en aval de la route des eaux, le ruisseau du Doménon comporte des aménagements (prise d'eau pour conduite forcée), ainsi, les travaux prévus dans le présent rapport ne devront pas faire tomber d'éventuels blocs dans le versant aval.

Si nécessaire, l'entreprise mettra en place un dispositif spécifique afin de supprimer ce risque.

6.8. Grillage épinglé

Le talus en déblais prévu en amont de la route des eaux présentant une pente marquée, il sera donc possible que des désordres apparaissent sur ce talus (petits éboulement et petits glissements de terrain, de l'ordre de quelques centaines de litres à quelques m³).

Nous préconisons donc de provisionner la réalisation d'un grillage épinglé. Il s'agira d'un grillage de type double torsion amarré en tête et en pied par de clous de type GEWI $\Phi 25$ mm de 3 m de longueur répartis tous les 3 m.

Il conviendra également de prévoir de plaquer le grillage par des clous de type GEWI $\Phi 25$ mm de 3 m de longueur répartis tous les 9m² environ.

7. CONCLUSION

La présente étude géotechnique (G2 PRO) présente une solution de réaménagement de la voirie de la route des eaux.

Afin d'optimiser les travaux et de réduire les aléas, il est indispensable de prévoir une intervention du géotechnicien en missions G4 (supervision géotechnique des travaux d'exécution) lors de la réalisation des travaux.

La mission G4 permettra notamment :

- Avant le début des travaux :
 - o d'analyser et de donner un avis sur les documents et méthodes d'exécution des entreprises ;
- Pendant les travaux, lors d'interventions ponctuelles sur le chantier :
 - o de contrôler la nature des sols présents pendant les terrassements,
 - o de contrôler l'exécution des éventuels ancrages ;
 - o d'adapter les travaux en cas de nouveaux éléments découverts lors des terrassements.

■ ■ ■

La société SAGE se tient à votre disposition pour tout renseignement complémentaire ou assistance technique relative à cette étude.

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1 : Implantation schématique des sondages
- Annexe 2 : Résultats des sondages au pénétromètre dynamique léger PANDA
- Annexe 3 : Résultats des investigations géophysiques
- Annexe 4 : Calculs GEOMUR
- Annexe 5 : Vue en plan du projet
- Annexe 6 : Profils en travers du projet
- Annexe 7 : Classification des missions géotechniques selon la NF P 94-500
- Annexe 8 : Conditions générales de vente et d'utilisation de la SAGE

Annexe 1 : Implantation schématique des sondages



Société Alpine de Géotechnique
Siège social Gières
2 Rue de la Condamine
38160 Gières
Tél.: 04 76 44 75 72
sage@sage-ingenierie.com



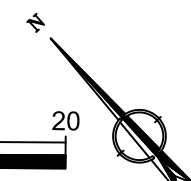
REVEL Route des eaux Affaissement de chaussée

Echelle : 1/200e

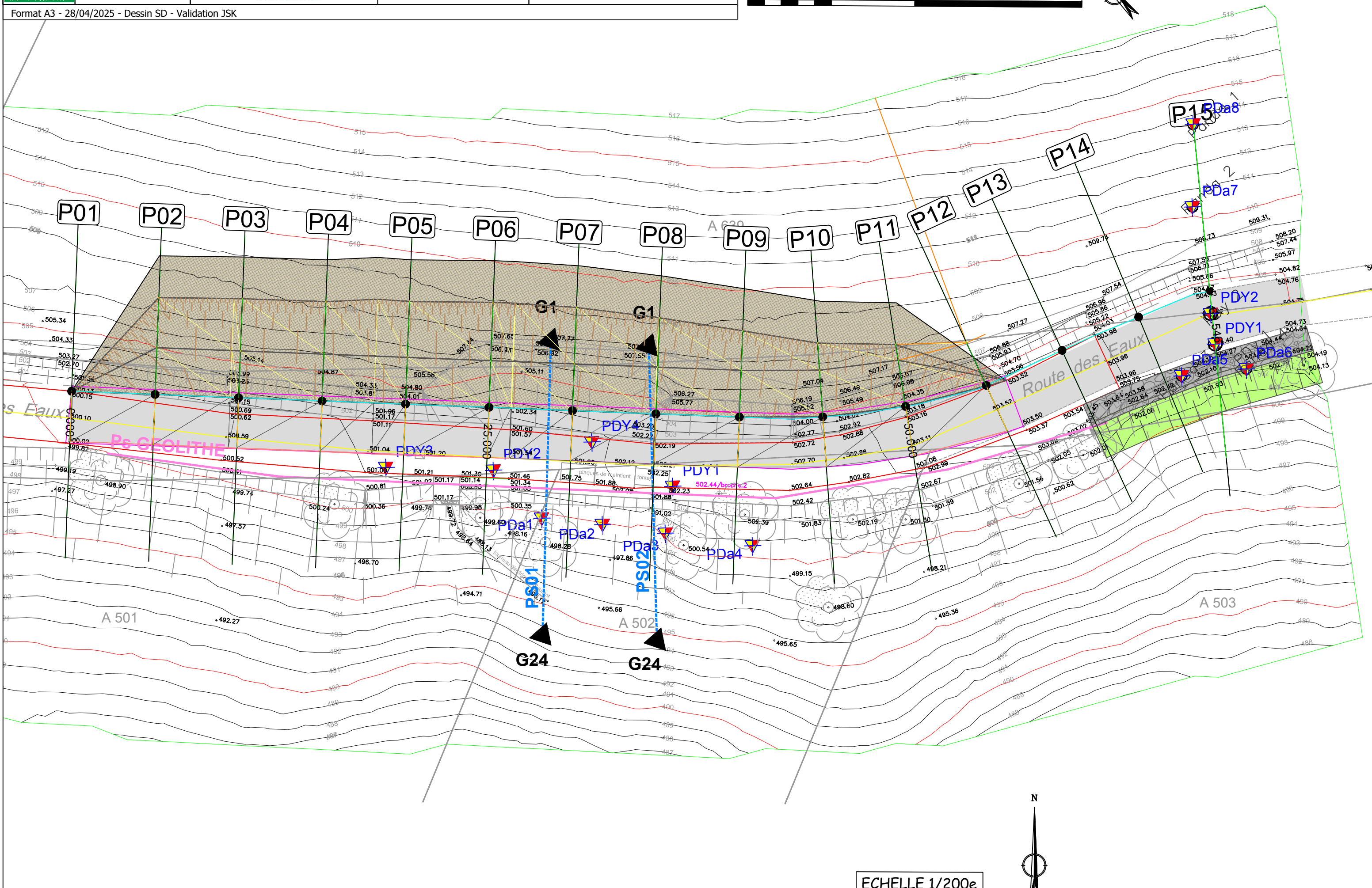
Ref. dossier : RP14081

VUE EN PLAN

ECHELLE 1/200e



Format A3 - 28/04/2025 - Dessin SD - Validation JSK



ECHELLE 1/200e



Annexe 2 : Résultats des sondages au pénétrömètre dynamique léger PANDA



Sondage_1

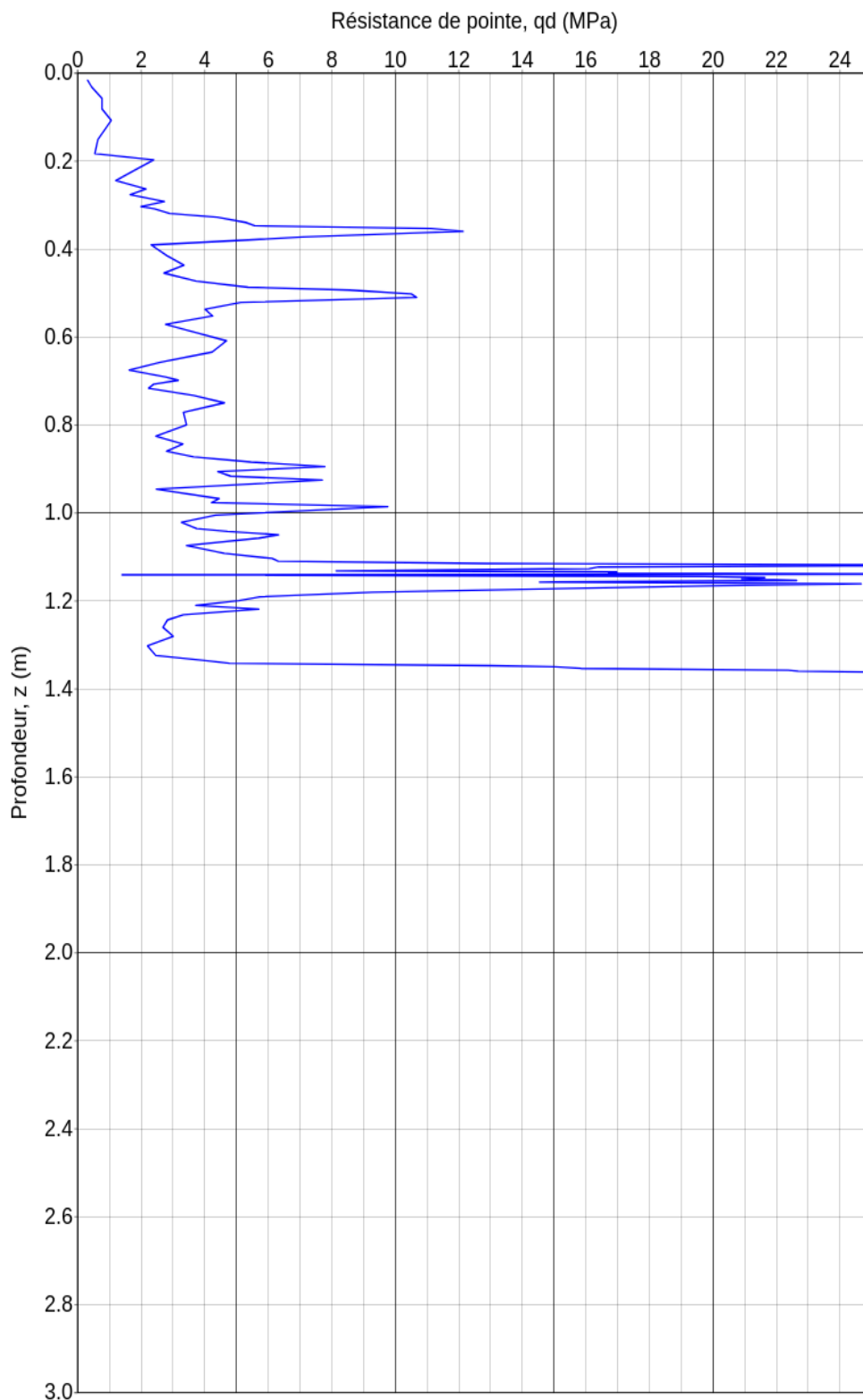
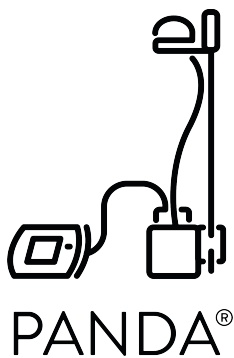
Sondage : Sondage_1
Site : revel
Date : 29/01/2025 11:56
Société :
Opérateur :
Responsable :
Zone UTM : 31T
E,N UTM : 724511 | 5007665
Altitude : 0.0 m
Repérage :

Essai

Prof. visée : 5.0 m
Prof. préforage :
Cond. d'arrêt : Volontaire
Prof. atteinte : 1.36 m
Nappe :
Niv. stable :
Niv. non stable :

Caractéristiques

Type d'appareil : Panda
Mode de battage : Manuel
Section de pointe : 4 cm²
Date d'étalonnage : 04/11/2022



Observation

G16 PS01



Sondage_2

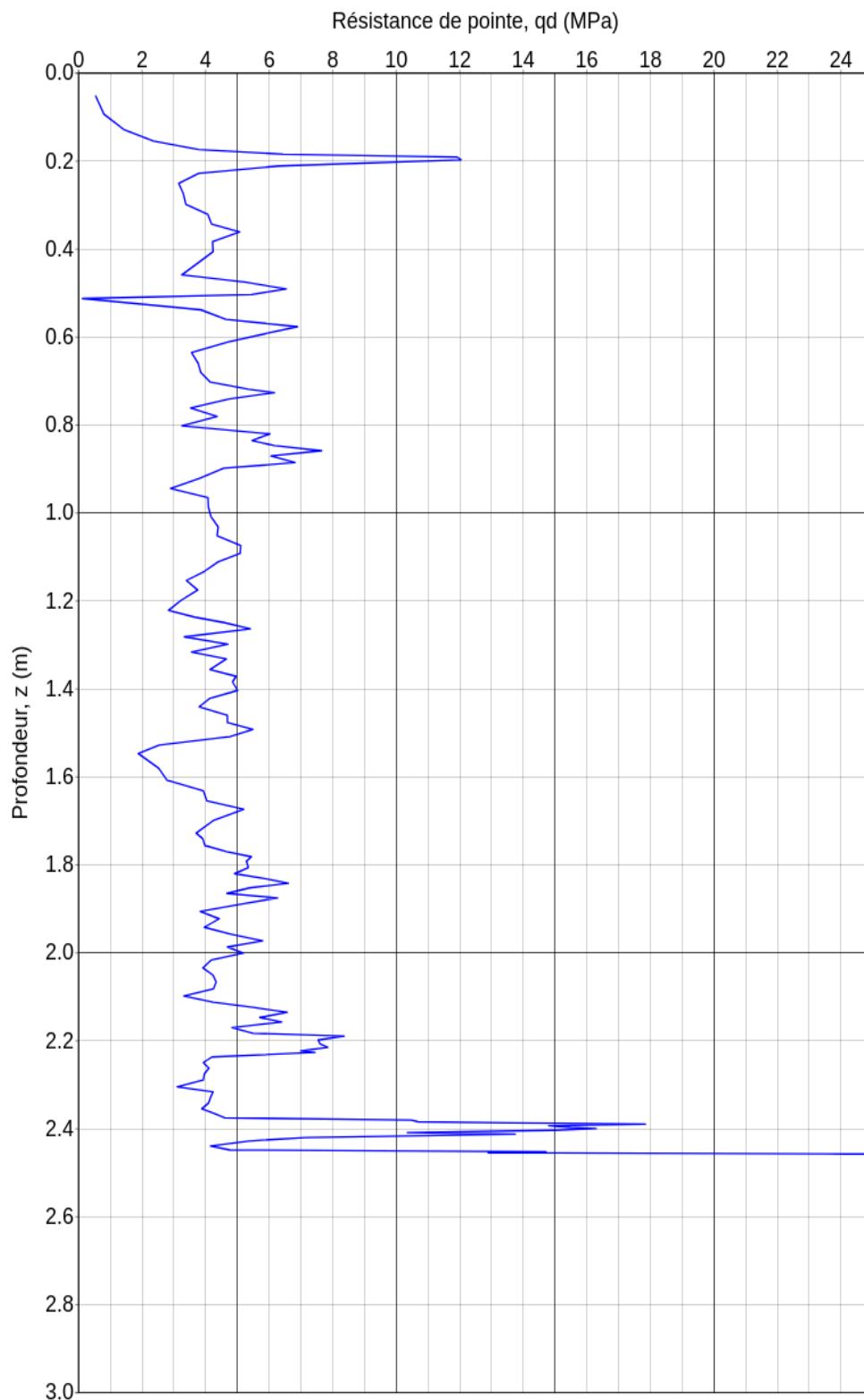
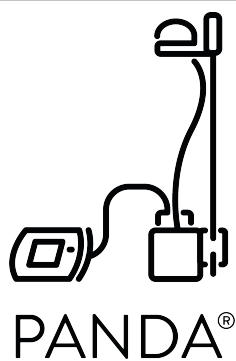
Sondage : Sondage_2
Site : revel
Date : 29/01/2025 12:24
Société :
Opérateur :
Responsable :
Zone UTM : 31T
E,N UTM : 724485 | 5007655
Altitude : 0.0 m
Repérage :

Essai

Prof. visée : 5.0 m
Prof. préforage :
Cond. d'arrêt : Volontaire
Prof. atteinte : 2.46 m
Nappe :
Niv. stable :
Niv. non stable :

Caractéristiques

Type d'appareil : Panda
Mode de battage : Manuel
Section de pointe : 4 cm²
Date d'étalonnage : 04/11/2022



Observation

entre PS02 PS01



Sondage_3

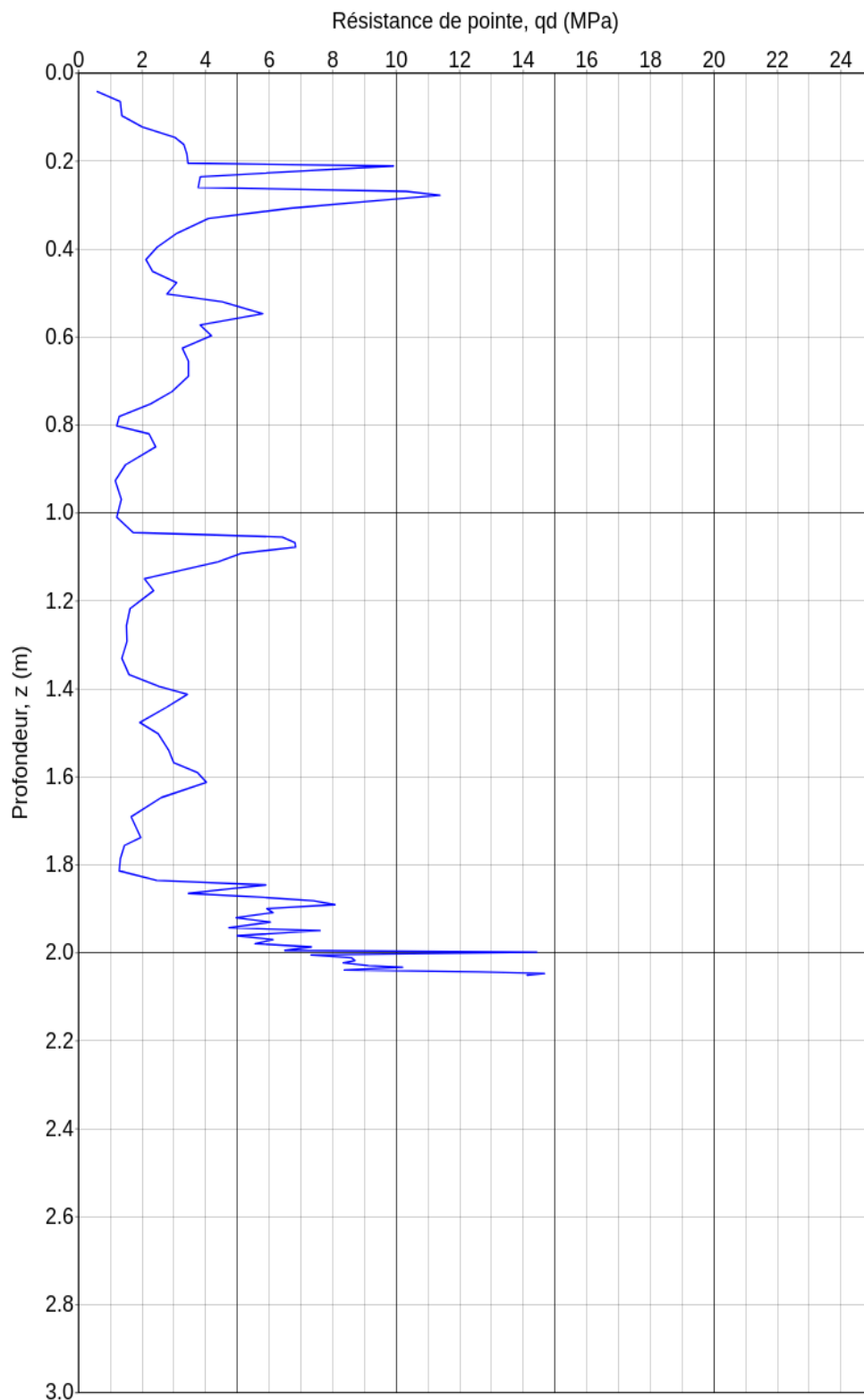
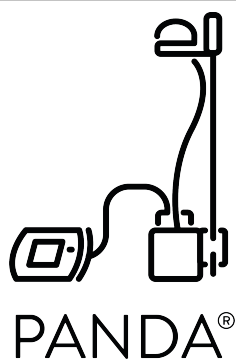
Sondage : Sondage_3
Site : revel
Date : 29/01/2025 12:40
Société :
Opérateur :
Responsable :
Zone UTM : 31T
E,N UTM : 724502 | 5007659
Altitude : 0.0 m
Repérage :

Essai

Prof. visée : 5.0 m
Prof. préforage :
Cond. d'arrêt : Volontaire
Prof. atteinte : 2.05 m
Nappe :
Niv. stable :
Niv. non stable :

Caractéristiques

Type d'appareil : Panda
Mode de battage : Manuel
Section de pointe : 4 cm²
Date d'étalonnage : 04/11/2022



Observation

G16 PS02



Sondage_4

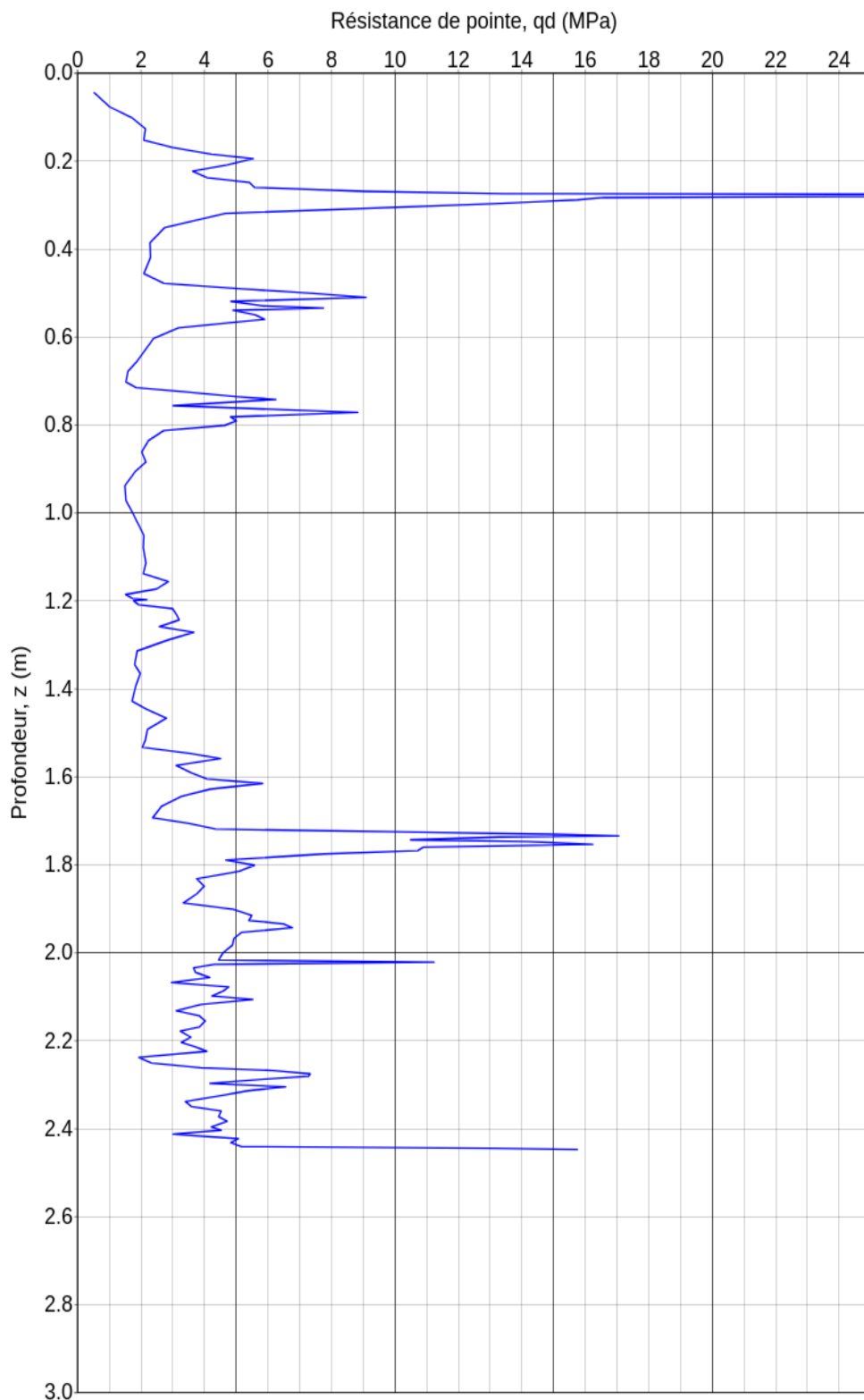
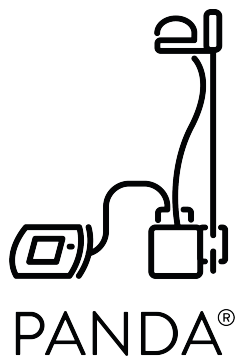
Sondage : Sondage_4
Site : revel
Date : 29/01/2025 12:49
Société :
Opérateur :
Responsable :
Zone UTM : 31T
E,N UTM : 724516 | 5007653
Altitude : 0.0 m
Repérage :

Essai

Prof. visée : 5.0 m
Prof. préforage :
Cond. d'arrêt : Volontaire
Prof. atteinte : 2.45 m
Nappe :
Niv. stable :
Niv. non stable :

Caractéristiques

Type d'appareil : Panda
Mode de battage : Manuel
Section de pointe : 4 cm²
Date d'étalonnage : 04/11/2022



Observation

Rive gauche zone glissement



Sondage_5

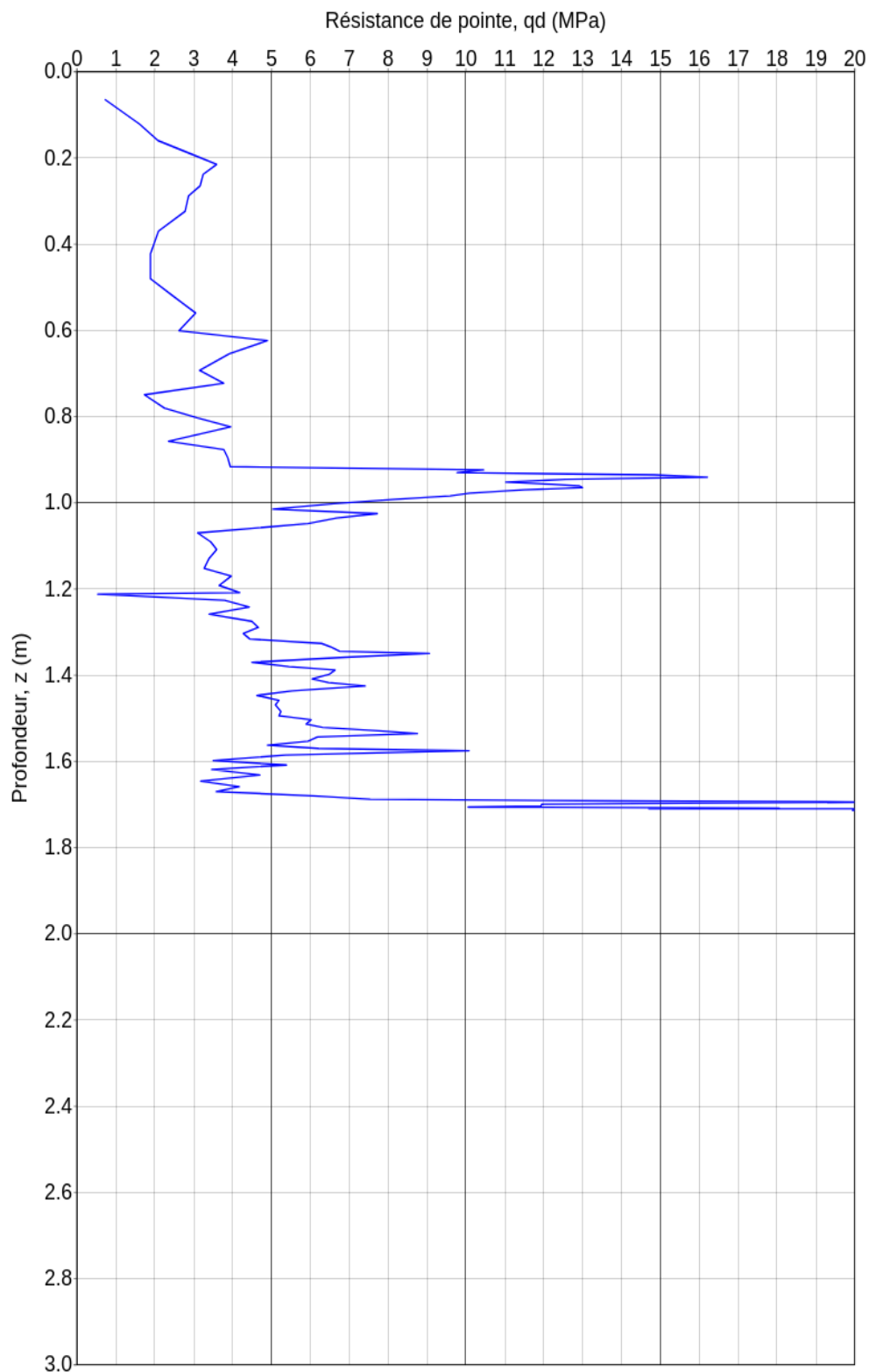
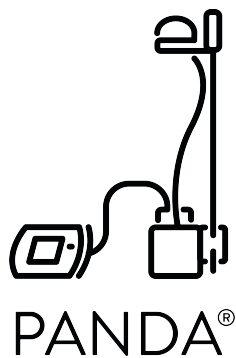
Sondage : Sondage_5
Site : REVEL bis
Date : 17/04/2025 09:12
Société :
Opérateur :
Responsable :
Zone UTM :
E,N UTM : 0 | 0
Altitude :
Repérage :

Essai

Prof. visée : 5.0 m
Prof. préforage :
Cond. d'arrêt : Volontaire
Prof. atteinte : 1.72 m
Nappe :
Niv. stable :
Niv. non stable :

Caractéristiques

Type d'appareil : Panda
Mode de battage : Manuel
Section de pointe : 4 cm²



Traitement

Écrêtage : Non
Lissage : Non
Régularisation : Non

Observation

Pied gabion aval



Sondage_6

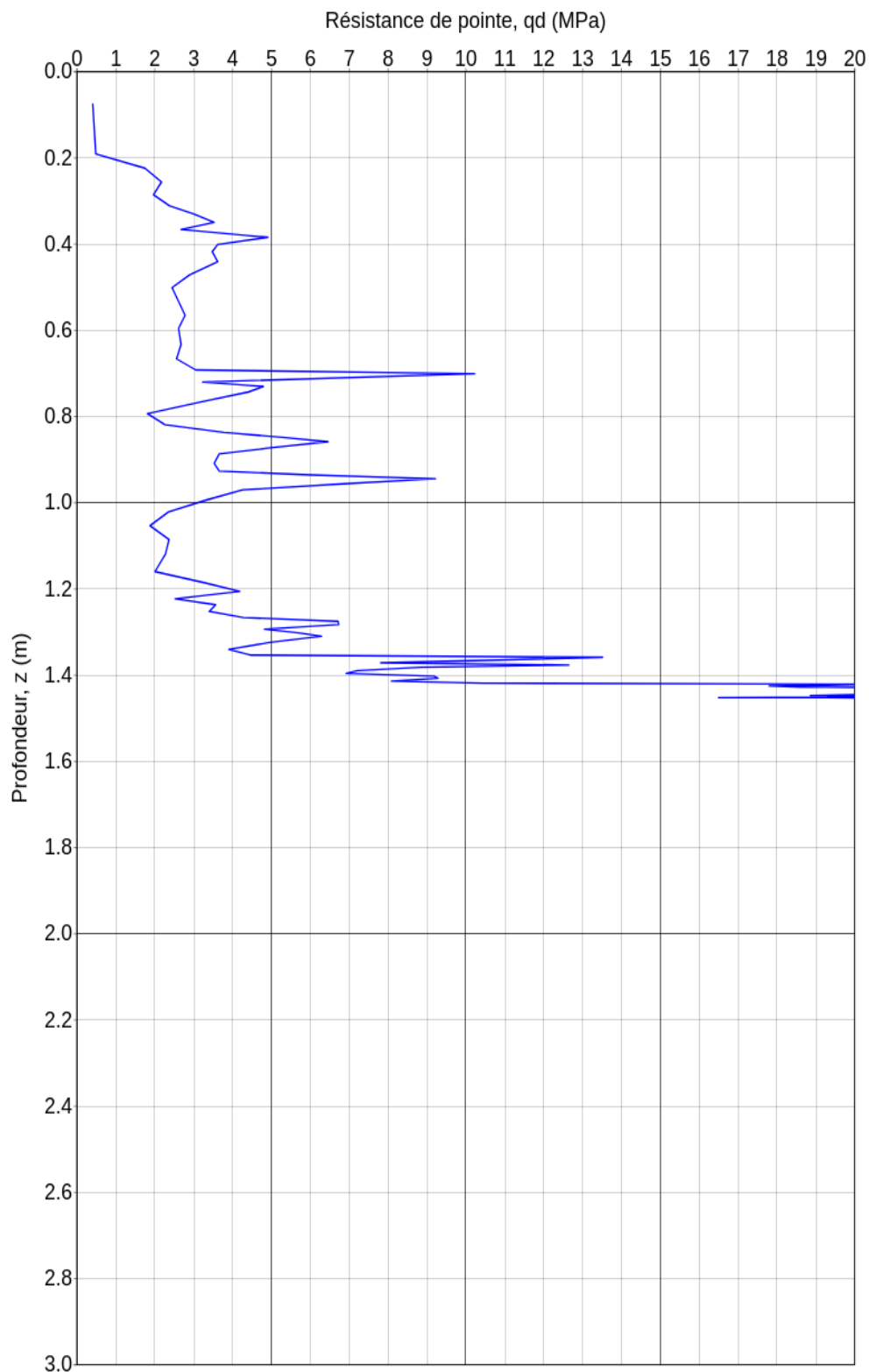
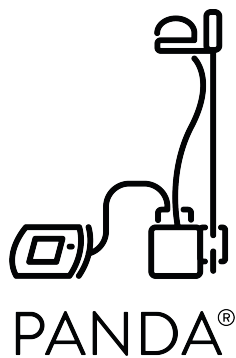
Sondage : Sondage_6
Site : REVEL bis
Date : 17/04/2025 09:22
Société :
Opérateur :
Responsable :
Zone UTM :
E,N UTM : 0 | 0
Altitude :
Repérage :

Essai

Prof. visée : 5.0 m
Prof. préforage :
Cond. d'arrêt : Volontaire
Prof. atteinte : 1.45 m
Nappe :
Niv. stable :
Niv. non stable :

Caractéristiques

Type d'appareil : Panda
Mode de battage : Manuel
Section de pointe : 4 cm²



Traitement

Écrêtage : Non
Lissage : Non
Régularisation : Non

Observation

Pied gabion aval



Sondage_7

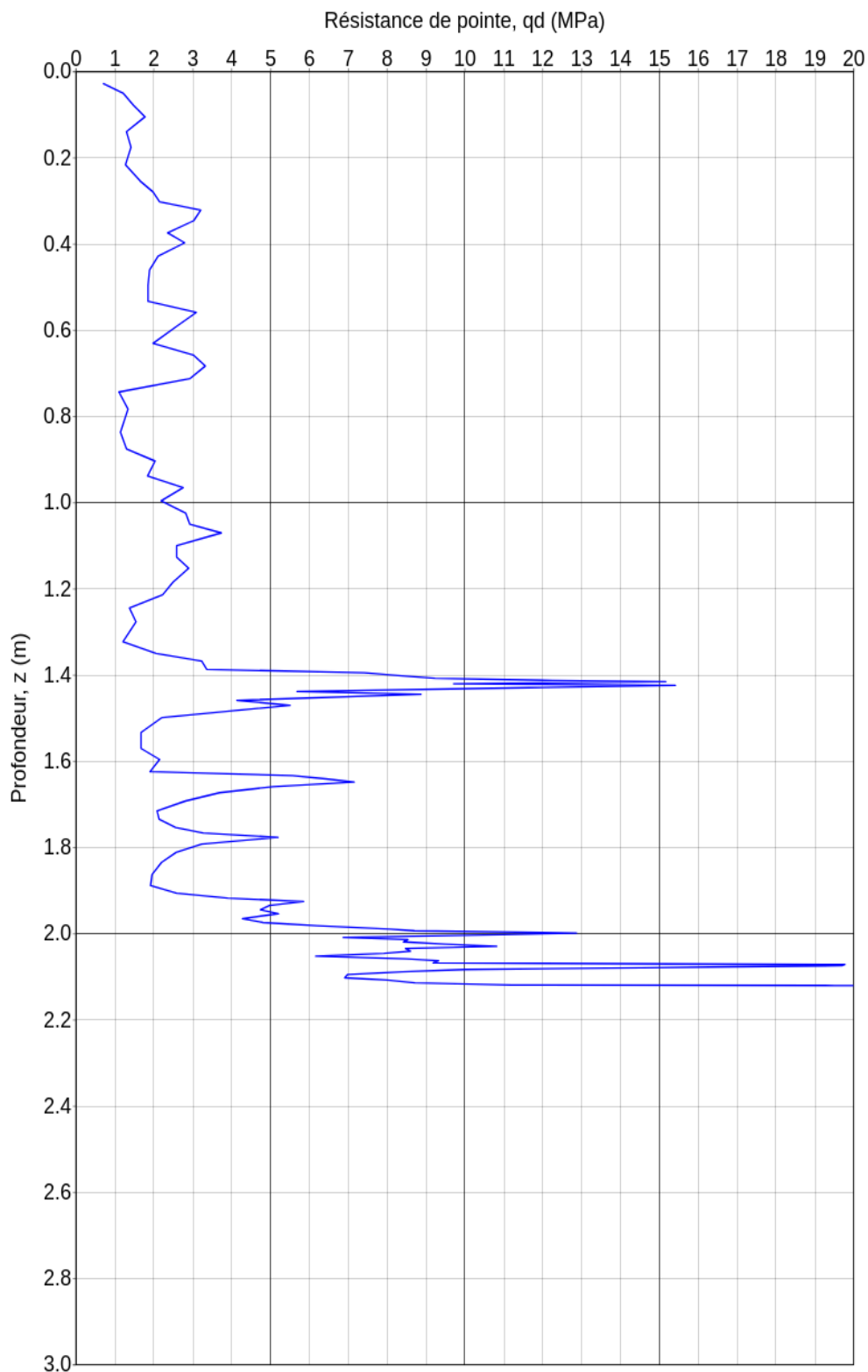
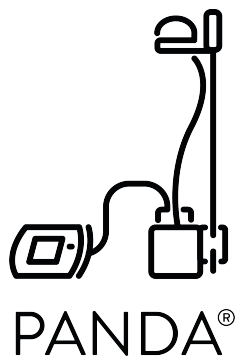
Sondage : Sondage_7
Site : REVEL bis
Date : 17/04/2025 08:50
Société :
Opérateur :
Responsable :
Zone UTM :
E,N UTM : 0 | 0
Altitude :
Repérage :

Essai

Prof. visée : 5.0 m
Prof. préforage :
Cond. d'arrêt : Volontaire
Prof. atteinte : 2.12 m
Nappe :
Niv. stable :
Niv. non stable :

Caractéristiques

Type d'appareil : Panda
Mode de battage : Manuel
Section de pointe : 4 cm²



Traitement

Écrêtage : Non
Lissage : Non
Régularisation : Non

Observation

Tête talus amont



Sondage_8

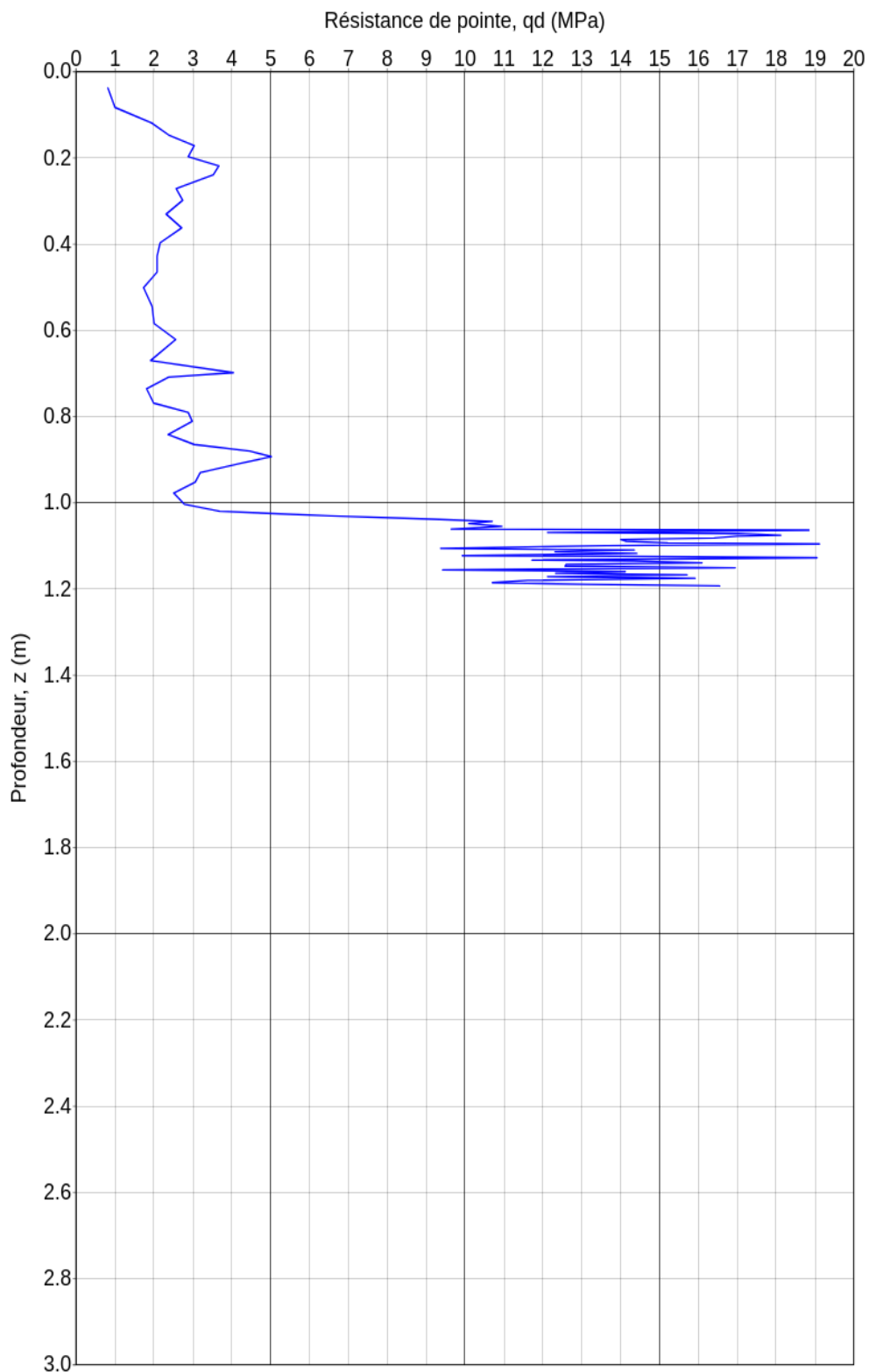
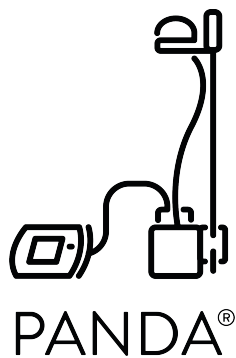
Sondage : Sondage_8
Site : REVEL bis
Date : 17/04/2025 08:43
Société :
Opérateur :
Responsable :
Zone UTM :
E,N UTM : 0 | 0
Altitude :
Repérage :

Essai

Prof. visée : 5.0 m
Prof. préforage :
Cond. d'arrêt : Volontaire
Prof. atteinte : 1.19 m
Nappe :
Niv. stable :
Niv. non stable :

Caractéristiques

Type d'appareil : Panda
Mode de battage : Manuel
Section de pointe : 4 cm²



Traitement

Écrêtage : Non
Lissage : Non
Régularisation : Non

Observation

Amont



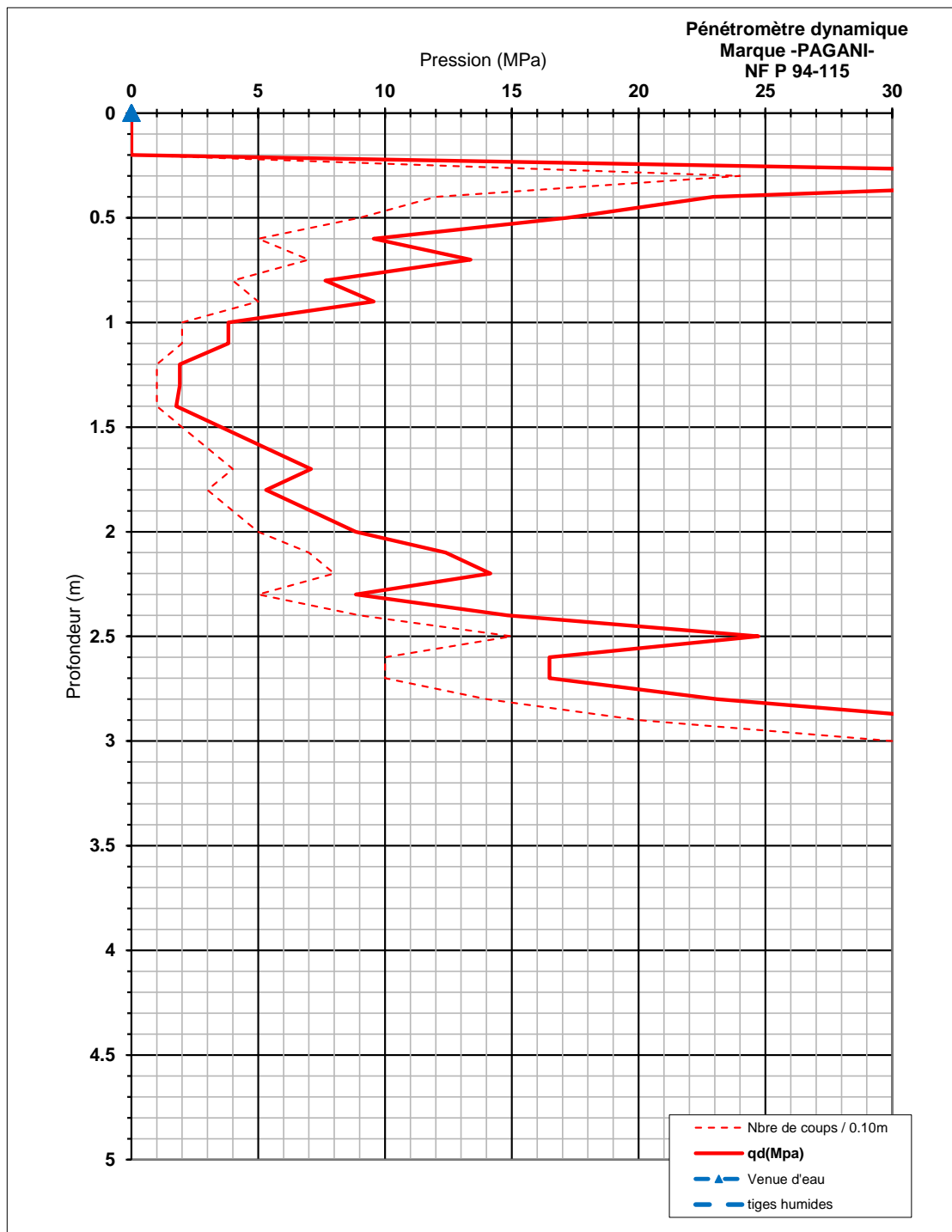
Projet : **Route des eaux**
Commune : **REVEL (38)**

Date : 17/04/2025
Numéro de dossier : 14081

Société Alpine de Géotechnique
Adresse postale : B.P. 17 - 38610 GIERES
Tél. 04 76 44 75 72
Email : sage@sage-ingenierie.com

Essai Pénétrométrique :

PDY1



Masse du mouton: 63.5 kg
Section de la pointe: 20cm²
Masse de l'enclume: 0.453 kg
Masse porte-pointe: 0.68 Kg

Hauteur de chute: 0,75 m
Masse de la pointe: 0,630 kg
Masse tige(L=1m): 6,18 kg

OBSERVATIONS: Arrêt sur rebond masse

Pression max : 49.5 MPa à 3 m

Tiges humides sur (m) : 0

Tiges mouillées sur (m): 0

Profondeur d'arrêt (m): 3

Profondeur de refus (m) : 3.00



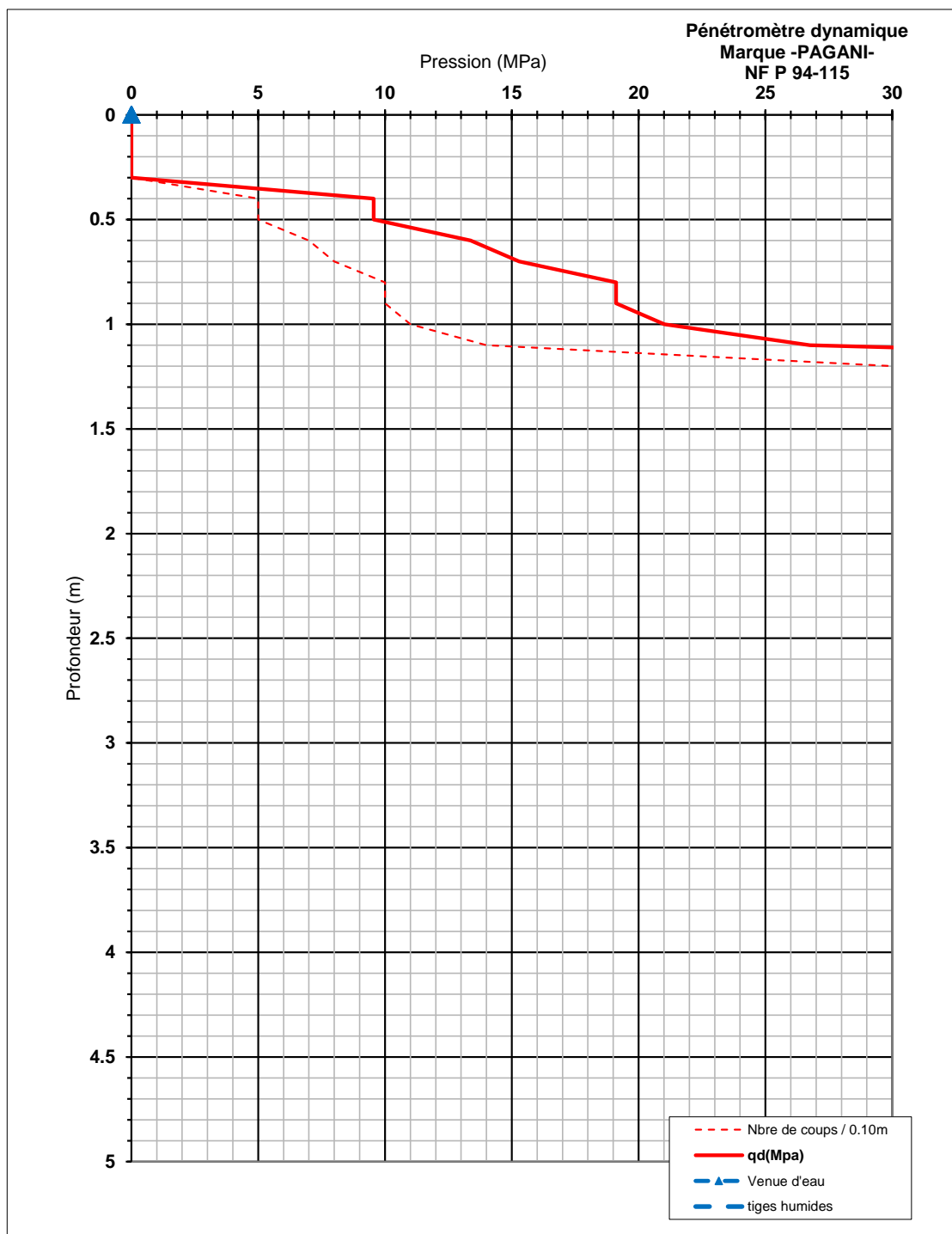
Projet : **Route des eaux**
Commune : **REVEL (38)**

Date : 17/04/2025
Numéro de dossier : 14081

Société Alpine de Géotechnique
Adresse postale : B.P. 17 - 38610 GIERES
Tél. 04 76 44 75 72
Email : sage@sage-ingenierie.com

Essai Pénétrométrique :

PDY2



Masse du mouton: 63.5 kg
Section de la pointe: 20cm²
Masse de l'enclume: 0.453 kg
Masse porte-pointe: 0.68 Kg

Hauteur de chute: 0,75 m
Masse de la pointe: 0,630 kg
Masse tige(L=1m): 6,18 kg

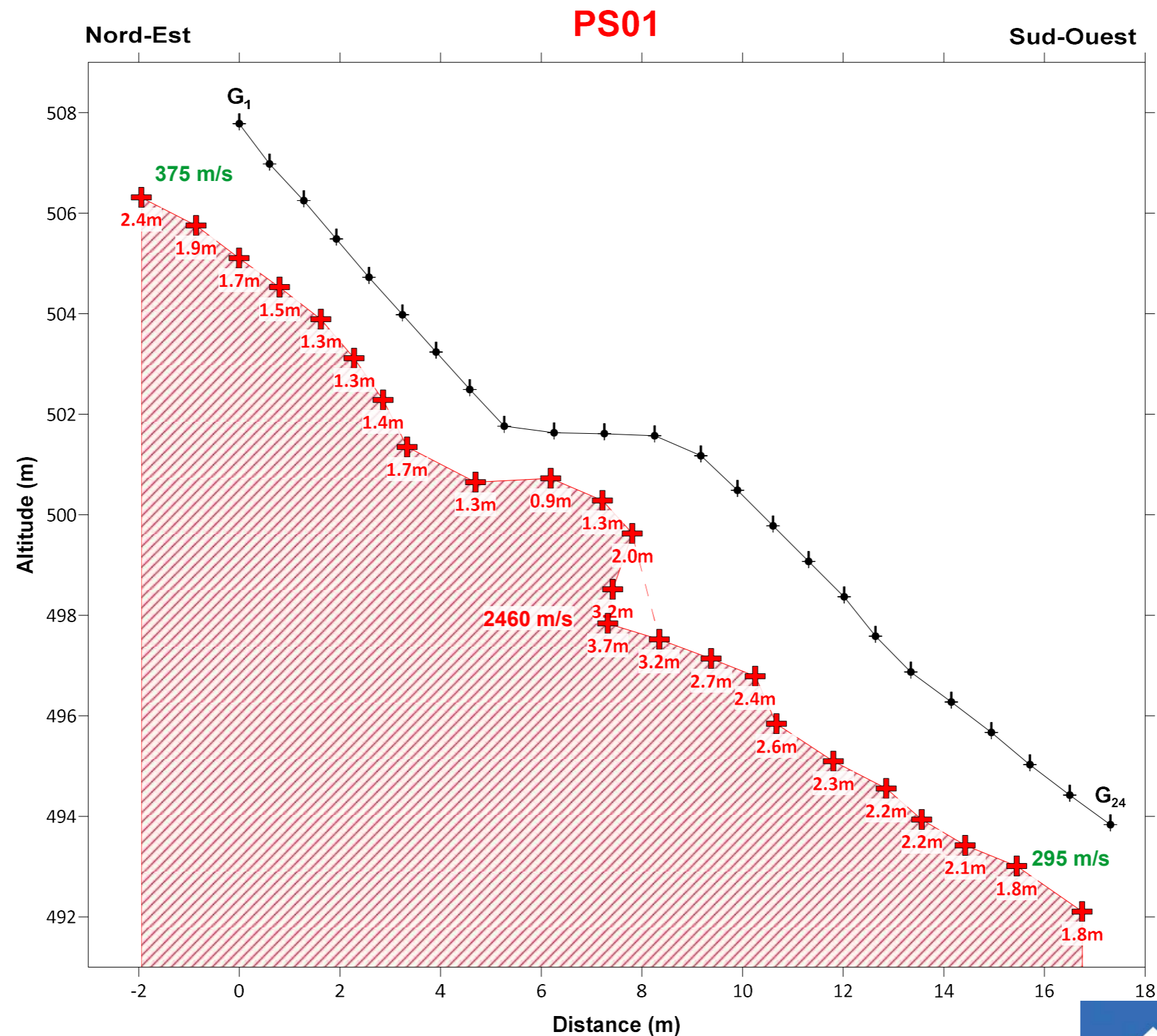
OBSERVATIONS: Arrêt sur refus
Pression max : 57.3 MPa à 1.2 m
Tiges humides sur (m) : 0
Tiges mouillées sur (m): 0
Profondeur d'arrêt (m): 1.2
Profondeur de refus (m) : 1.20

Annexe 3 : Résultats des investigations géophysiques

RP 14081. Reconnaissances géophysiques

COMMUNE DES REVEL (38)
Affaissement chaussée - route des eaux

PROFILS SISMIQUES - *Echelle 1:100e*



PS01
24 géophones
dx : 1m

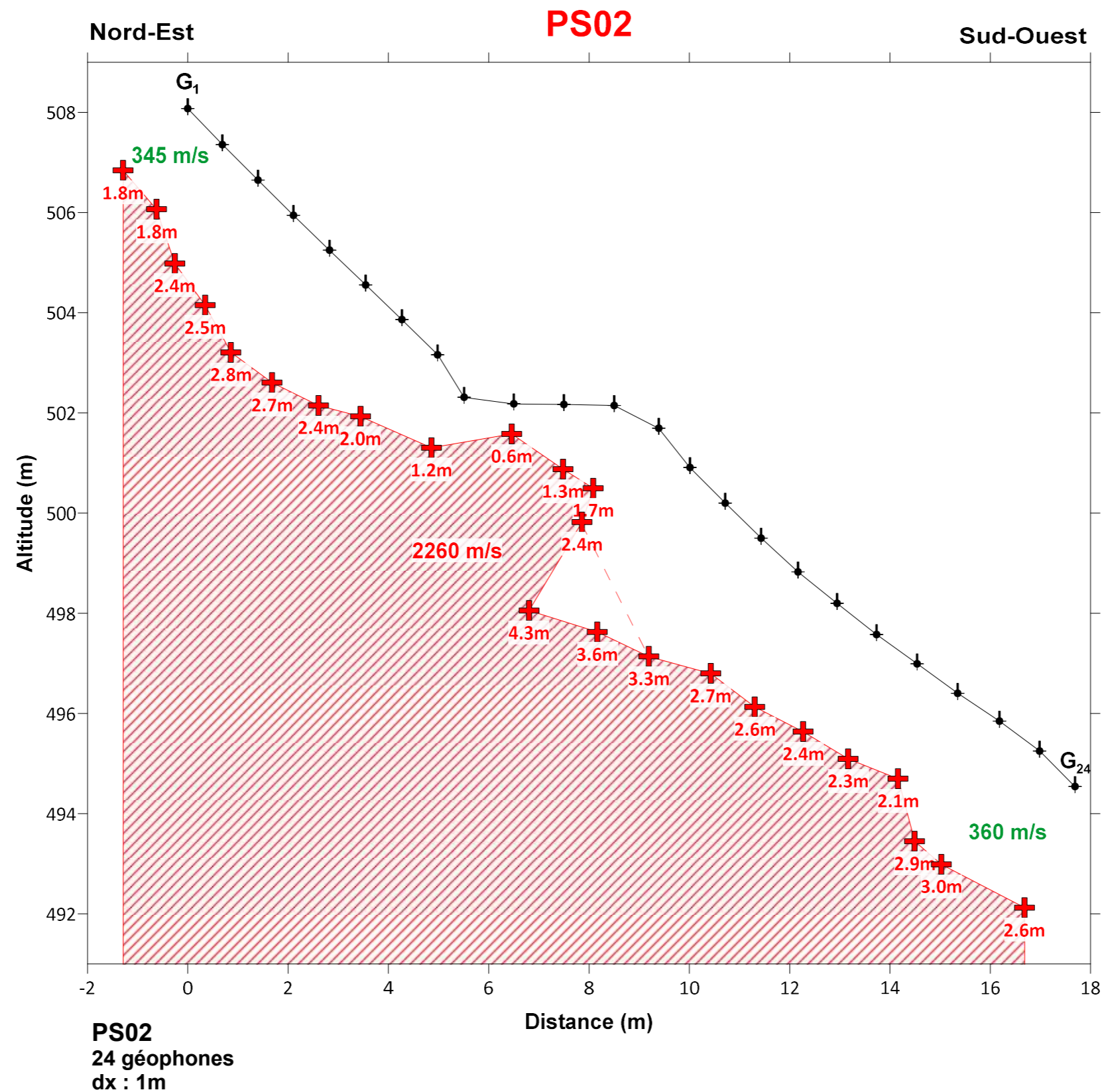


Société Alpine de GEotechnique
2 rue de la Condamine
Z. I. de Mayencin
B.P. 17 - 38610 Gières
Tél : 04.76.44.75.72 Fax : 04.76.44.20.18
sage@sage-ingenierie.com

RP 14081. Reconnaissances géophysiques

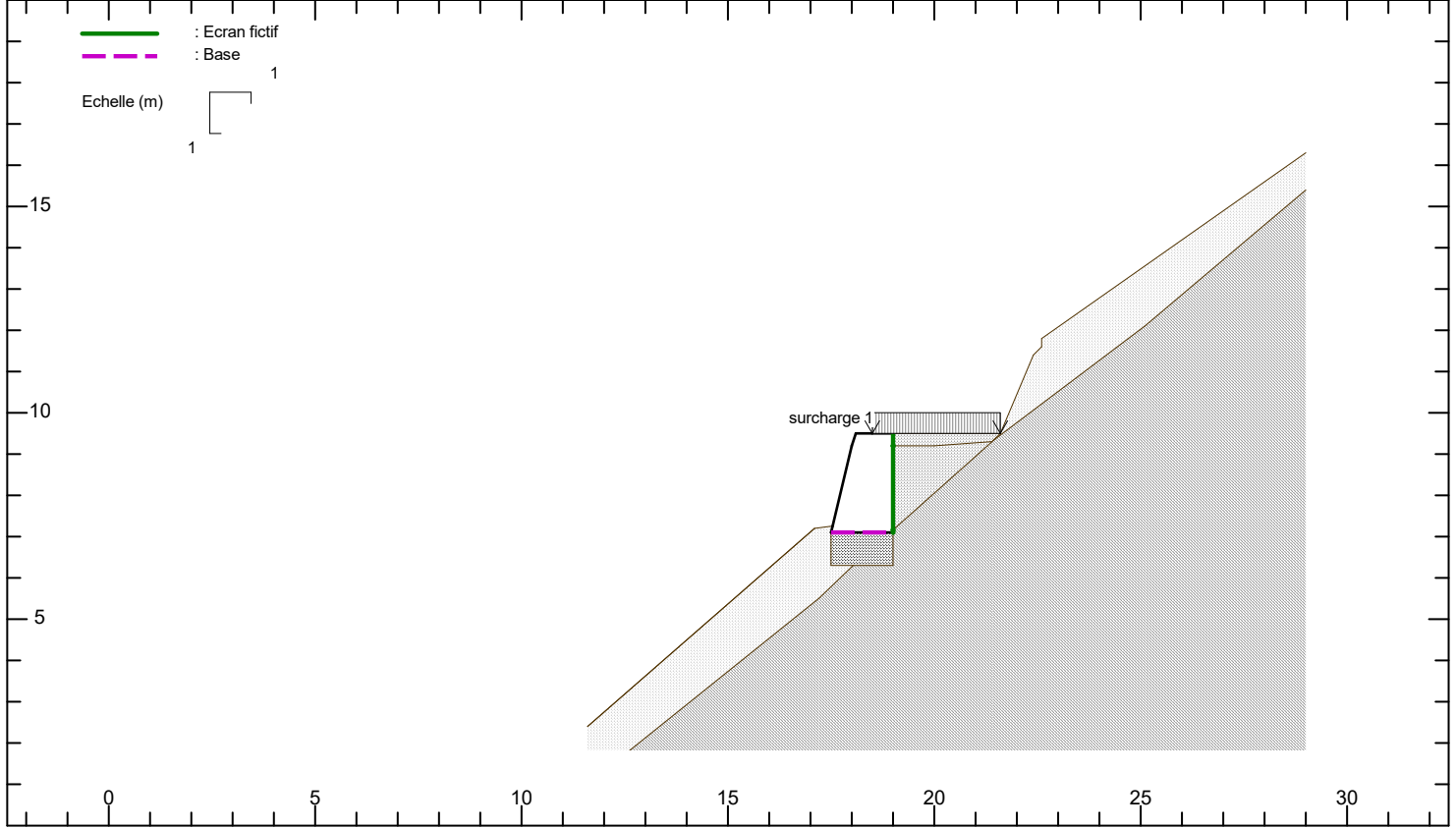
COMMUNE DES REVEL (38)
Affaissement de chaussée - route des eaux


PROFILS SISMIQUES - *Echelle 1:100e*



Société Alpine de GEotechnique
2 rue de la Condamine
Z. I. de Mayencin
B.P. 17 - 38610 Gières
Tél : 04.76.44.75.72 Fax : 04.76.44.20.18
sage@sage-ingenierie.com





Annexe 4 : Calculs GEOMUR





GEOMUR® v2.10 du 30/07/2018 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	5.00	33.00	22.00	0.00
 2	20.00	10.00	38.00	25.30	0.00
 3	20.00	0.00	35.00	23.30	0.00
 4	23.00	10.00	35.00	23.30	0.00

MUR	γ	BASE	C	ϕ	q0	qu	Type sol	De
	23.00		0.00	35.00	0.00	1300.00	frottant	0.00

SURCHARGES	Xg	Xd	Qg	Qd	α
1	18.50	21.60	10.00	10.00	0.00

Fichier : Géomur_v4bis.gmr
 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.

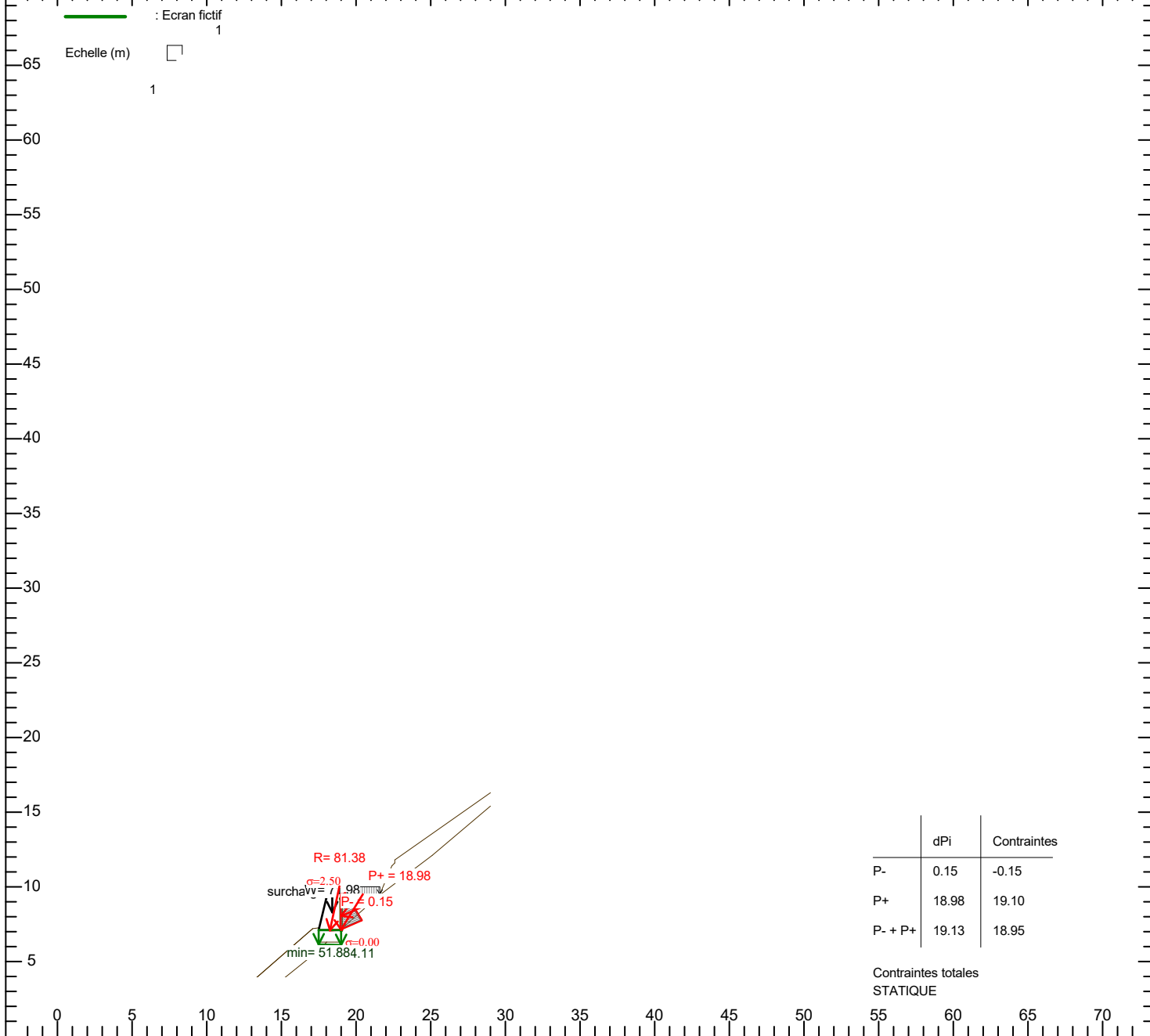
14081	30/4/2025 - 9:43	Calcul de stabilité d'un mur en enrochement	FIGURE 1/4
		Revel - Affaissement de chaussée	

Facteurs de sécurité partiels	Critère	Statique	Sismique	
			Pesant	Allégeant
Actions - ELU permanentes défavorables $\gamma_g = 1.35$ variables défavorables $\gamma_q = 1.5$ permanentes favorables $\gamma_g = 1$ variables favorables $\gamma_q = 0$ Eau favorable $\gamma_w;inf = 1$ Eau défavorable $\gamma_w;sup = 1.35$ Résistances portance (ELU) $\gamma_R;v = 1.4$ portance (ELS) $\gamma_R;v = 2.3$ glissement $\gamma_R;h = 1.1$ butée $\gamma_R;e = 1.4$ Methode glissement $\gamma_R;d;h = 0.9$ portance $\gamma_R;d;v = 1$	Eurocodes 7 : NF P 94-281			
	Approche 2 - ELU			
	Glissement (ELU Article 9.3.1) Poussée défavorable-Poids favorable Renversement (ELU Article 9.2.2) Poussée favorable -Poids défavorable Poinçonnement (ELU Article 9.2.1) Poussée défavorable-Poids favorable	Rh;d = 54.777 kN Rp;d = 0 kN Hd = 24.304 kN Hd <= Rh;d + Rp;d e = -0.0876 m e < 7/15 * B = 0.7 m R0=0 kN; iδβ=0.0682 Rv;d = 87.064 kN Vd = 77.447 kN Vd <= Rv;d + R0		
	Approche 2 - ELS Renversement (ELS Article 12.3) Poinçonnement (ELS Article 12.2)	e = 0.00493 m e < 1/4 * B = 0.375 m R0=0 kN; iδβ=0.0909 Rv;d = 76.534 kN Vd = 74.487 kN Vd <= Rv;d + R0		

RESULTATS DE CALCULS INTERMEDIAIRES (METHODE CLASSIQUE)		
Statique		
β=42.00 °,d=0.50 m Vol. mur = 2.910 m²		

 GEOMUR© v2.10 du 30/07/2018 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
---	---	---

14081	30/4/2025 - 9:43	Calcul de stabilité d'un mur en enrochement	FIGURE 2/4
		Revel - Affaissement de chaussée	



POIDS DU MUR	W= 71.98 kN		Xg= 18.41 m	Yg= 8.29 m
dont : W mur= 66.93 kN	W charges= 5.00 kN	W sol/semelle= 0.00 kN	W sol/patin = 0.05 kN	W sol sous semelle= 0.00 kN
			W eau= 0.00 kN	

POUSSEE TOTALE	P= 18.98 kN	τ= 23.30 °	Pv = 7.51 kN	Ph = 17.43 kN	X = 19.00 m	Y = 8.05 m
Poussée due au sol	P= 13.38 kN	τ= 23.30 °	Pv = 5.29 kN	Ph = 12.29 kN	X = 19.00 m	Y = 7.94 m
Poussée due aux charges	P= 5.60 kN	τ= 23.30 °	Pv = 2.22 kN	Ph = 5.15 kN	X = 19.00 m	Y = 8.31 m

RESULTANTE	R= 81.38 kN	τ= 77.63 °	Rv= 79.49 kN	Rh= 17.43 kN	X = 18.26 m	Y = 7.10 m
------------	-------------	------------	--------------	--------------	-------------	------------

GEOMUR® v2.10 du 30/07/2018 développé par GEOS	GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât, Europa 2	Tél : 04 50 95 38 14
site web : http://www.geos.fr e-mail : logiciels@geos.fr	Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS	Fax : 04 50 95 99 36

14081	30/4/2025 - 9:43	Calcul de stabilité d'un mur en enrochement	FIGURE 4/4
		Revel - Affaissement de chaussée	

Annexe 5 : Vue en plan du projet

Annexe 6 : Profils en travers du projet

Annexe 7 : Classification des missions géotechniques selon la NF P 94-500

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) Phase Étude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Étude préliminaire, esquisse, APS	Étude géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet	risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE / ACT		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		À la charge de l'entreprise	À la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (en interaction avec la phase Suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi)	Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi (en interaction avec la phase Étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

Annexe 8 : Conditions générales de vente et d'utilisation de la SAGE

1. Régime général et cadre des missions

CGVU MAJ 01/2020. Page 1/2

Les présentes Conditions Générales de Vente et d'utilisation (CGVU) s'appliquent sous réserve des conditions particulières figurant sur les devis établis par la SAGE pour chaque prestation demandée. L'acceptation de l'offre forme contrat et entraîne l'acceptation automatique des présentes CGVU.

La commande sera effectivement prise en compte à la réception de l'offre datée et signée (devis ou commande datée, signée et cachet pour une entreprise ou une collectivité).

La SAGE réalise la mission dans les strictes limites de sa définition donnée dans son offre (validité limitée à trois mois à compter de la date de son établissement) et confirmée par le bon de commande signé du Client. Toute prestation différente de celles prévues fera l'objet d'une demande spécifique et éventuellement d'une négociation.

Les missions géotechniques sont réglementées et normalisées selon la Norme NFP 94-500, réactualisée en 2013, dont un extrait est joint à l'offre et au rapport que le client déclare connaître et accepter. Par référence à cette norme, il appartient au Maître d'Ouvrage, au Maître d'œuvre ou à toute entreprise de faire réaliser impérativement par des ingénieries compétentes chacune des missions géotechniques (successivement G1, G2, G3 et G4 et les investigations associées) pour suivre toutes les étapes d'élaboration et d'exécution du projet.

L'obligation de la SAGE est une obligation de moyens et non de résultat au sens de la jurisprudence actuelle des tribunaux. Il est donc entendu que la SAGE s'engage à procéder selon les moyens actuels de son art, à des recherches consciencieuses et à fournir les indications qu'on peut en attendre. Pour mener à bien ses missions, la SAGE est membre de l'USG (Union Syndicale Géotechnique), de l'AGAP (agrément obtenu pour la Sismique Réfraction et le Radar) et de MASE. Elle détient les qualifications géotechniques de l'OPQIBI et les agréments (n°26) pour les études, l'auscultation et le suivi de travaux pour les digues et barrages de classe C.

2. Limites des missions

Si une mission d'investigations est commandée seule (hors prestation d'ingénierie), elle est limitée à l'exécution matérielle de sondages et à l'établissement d'un compte rendu factuel sans interprétation et elle exclut toute activité d'étude ou de conseil.

La mission G1 (phases ES et PGC) est une étude géotechnique préliminaire, permettant d'identifier les risques et de donner les principes généraux de construction destinés à réduire les conséquences des risques. Cette mission exclut tout dimensionnement et toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entrent dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (G2).

La mission G2 (phases AVP, PRO et DCE/ACT) est une mission de conception qui permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Nous rappelons qu'une mission G2 AVP ne peut servir directement à l'établissement d'un DCE et que les notes de calcul de dimensionnement ainsi que l'estimation des quantités et coûts des ouvrages géotechniques font partie de la mission G2 phase PRO.

La mission G3 est une mission d'étude et de suivi géotechniques d'exécution qui permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre 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 fournie par la Maîtrise d'Ouvrage.

La mission G4, de supervision d'exécution, permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission G3. Elle est à la charge du Maître d'Ouvrage et est réalisée en collaboration avec la Maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Nous rappelons que les missions G2 doivent être suivies d'une mission G4 en phase travaux. Si la SAGE n'est pas mandatée pour la mission G4, les documents établis au cours des travaux ne lui seront pas opposables, ainsi que les éventuels désordres survenus sur les ouvrages en cours de chantier.

La mission de diagnostic géotechnique G5 est ponctuelle et limitée à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage. Elle engage la SAGE uniquement dans le cadre strict des objectifs fixés dans le devis.

La mission et les investigations éventuelles réalisées par la SAGE sont strictement géotechniques et n'abordent pas le contexte environnemental. Seule une étude environnementale spécifique comprenant des investigations adaptées permettra de détecter une éventuelle contamination des sols et/ou des eaux souterraines.

3. Plans et documents contractuels

La SAGE réalise la mission conformément à la réglementation en vigueur lors de son offre, sur la base des données communiquées par le Client. Le Client est seul responsable de l'exactitude de ces données. En cas d'absence de transmission ou d'erreur sur ces données, la SAGE ne peut en être tenue responsable.

Par ailleurs, toute modification apportée au projet ou à son environnement (aménagements de proximité, terrassements, déboisement...) au cours ou après l'étude nécessite la réactualisation du rapport géotechnique dans le cadre d'une nouvelle mission.

4. Formalités, autorisations et obligations d'information, accès, dégâts aux ouvrages et cultures

Toutes les démarches et formalités administratives ou autres, en particulier l'obtention de l'autorisation de pénétrer sur les lieux pour effectuer des prestations de la mission sont à la charge du Client. Le Client se charge d'obtenir et de communiquer les autorisations requises pour l'accès du personnel et des matériels nécessaires à la SAGE en toute sécurité dans l'enceinte des propriétés privées ou sur le domaine public. Par ailleurs, il devra fournir tous les documents relatifs aux dangers et aux risques cachés, notamment ceux liés aux réseaux, aux obstacles enterrés et à la pollution des sols et des nappes.

Le Client s'engage à communiquer les règles pratiques que les intervenants doivent respecter en matière de santé, sécurité et respect de l'environnement : il assure en tant que de besoin la formation du personnel, notamment celui de la SAGE, entrant dans ses domaines, préalablement à l'exécution de la mission. Le Client sera tenu responsable de tout dommage corporel, matériel ou immatériel dû à une spécificité du site connue de lui et non clairement indiquée à la SAGE avant toutes interventions. En cas de coactivité sur site, le Client se doit ainsi d'avertir la SAGE.

Sauf spécifications particulières, la SAGE ne pourra intervenir, faire des observations géologiques et donner un avis géotechnique que sur les zones ayant fait l'objet d'un débroussaillage et/ou d'un dégagement préalable à la charge du client. Les zones non expertisées du fait d'une non accessibilité ne pourraient être opposables à la SAGE.

Toute modification des conditions d'accès connues au moment de l'établissement du devis devra être discutée avec le Client et pourra faire l'objet d'une facturation complémentaire.

Les investigations peuvent entraîner des dommages sur le site, en particulier sur la végétation et les cultures, sans qu'il y ait négligence ou faute de la part du personnel de la SAGE. Les remises en état, réparations ou indemnités correspondantes seront discutées avec le Client et pourront faire l'objet d'une facturation complémentaire.

5. Déclarations obligatoires à la charge du Client, (DT, DICT, ouvrages exécutés)

CGVU MAJ 01/2020 Page 2/2

Conformément au décret n° 2011-1241 du 5 octobre 2011 relatif à l'exécution de travaux à proximité des ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution, le Client doit fournir, à sa charge et sous sa responsabilité, l'implantation des réseaux et des ouvrages souterrains privés, la liste et l'adresse des exploitants des réseaux publics à proximité des travaux, les plans, informations et résultats des investigations complémentaires consécutifs à sa Déclaration de projet de Travaux (DT). Ces informations sont indispensables pour permettre à la SAGE l'établissement des DICT (le délai de réponse est de 10 jours ouvrés) et pour connaître l'environnement du projet. En cas d'incertitude ou de complexité pour la localisation des réseaux sur domaine public, il pourra être nécessaire de faire réaliser, à la charge du Client, des fouilles manuelles pour les repérer.

En l'absence de DT effectuée par le Maître d'Ouvrage, la SAGE réalisera une DT/DICT conjointe, démarche considérée comme acceptée par le client à la signature du bon de commande.

La responsabilité de la SAGE ne saurait être engagée en cas de dommages à des ouvrages privés (en particulier, ouvrages enterrés et canalisations) dont la présence et l'emplacement précis ne lui auraient pas été signalés par écrit par le client préalablement à sa mission.

6. Recommandations, aléas, écart entre prévision de l'étude et réalité en cours de travaux

Si, en l'absence de plans ou documents précis concernant des ouvrages projetés, la SAGE a été amenée à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient au Client de les valider par écrit ou de notifier ses observations éventuelles sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour quelque raison que ce soit lui être reproché d'avoir établi son étude dans ces conditions. Cette validation devra être réalisée dans les 15 jours après la remise du rapport.

Il est précisé que l'étude géotechnique repose sur une investigation du sol dont la maille ne permet pas de lever la totalité des aléas toujours possibles en milieu naturel. En effet, des hétérogénéités, naturelles ou du fait de l'homme, des discontinuités et des aléas d'exécution peuvent apparaître compte tenu du rapport entre le volume échantillonné ou testé et le volume sollicité par l'ouvrage, et ce d'autant plus que ces singularités éventuelles peuvent être limitées en extension.

Les éléments géotechniques nouveaux mis en évidence lors de l'exécution et non détectés lors de la mission d'origine (failles, remblais anciens, karsts, venues d'eau, hétérogénéités localisées...), ainsi que tout incident survenu au cours des travaux (éboulements, glissement...), pouvant avoir une influence sur les conclusions du rapport géotechnique G2 ou G3, doivent immédiatement être signalés aux bureaux d'études géotechniques en charge du suivi géotechnique des travaux (missions G3 et G4) afin qu'ils en analysent les conséquences sur les conditions d'exécution et la conception de l'ouvrage.

Si un caractère évolutif particulier a été mis en évidence lors d'une phase d'étude (notamment glissement, érosion, dissolution, matériaux évolutifs, ...), les recommandations et conclusions du rapport doivent être réactualisées à chaque étape suivante de la conception ou de l'exécution. En effet, ce caractère évolutif peut remettre en cause ces recommandations et rendre caduques les conclusions notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant leur mise en œuvre.

7. Hydrogéologie

Les niveaux d'eau indiqués dans le rapport géotechnique correspondent uniquement aux niveaux relevés au droit des sondages exécutés et à un moment précis. En dépit de la qualité de l'étude, la SAGE ne peut être tenue responsable de la non connaissance de la variation des niveaux d'eau en relation avec la météo ou une modification de l'environnement des études. Seule une étude hydrogéologique spécifique permet de déterminer les amplitudes de variation de ces niveaux, les cotes de crue et les PHEC (Plus Hautes Eaux Connues).

8. Réception des études, fin de mission, délais de validation des documents par le client

A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du dernier document à fournir dans le cadre de la mission fixe le terme de la mission. L'approbation doit intervenir au plus tard deux semaines après sa remise au Client et est considérée implicite en cas de silence. La fin de la mission donne lieu au paiement du solde de la mission.

9. Conditions d'utilisation du rapport

Le rapport constitue une synthèse de la mission géotechnique définie par la commande. Le rapport et ses annexes forment un ensemble indissociable. Toute interprétation, reproduction partielle ou utilisation par un autre Maître d'Ouvrage, un autre constructeur ou Maître d'œuvre, ou pour un projet différent de celui objet de la mission, ne saurait engager la responsabilité de la SAGE et pourra entraîner des poursuites judiciaires.

Rappel : Toute modification apportée au projet et à son environnement, ou tout élément nouveau mis à jour au cours des travaux et non détecté lors de la mission d'origine, ainsi que tout incident survenu au cours des travaux, doit être signalé à la SAGE et nécessite une adaptation/mise à jour du rapport initial dans le cadre d'une nouvelle mission. Il en va de même pour toute modification du cadre normatif.

10. Réserve de propriété, confidentialité, propriétés intellectuelles

Les coupes de sondages, plans et documents établis par la SAGE dans le cadre de sa mission ne peuvent être utilisés, publiés ou reproduits par des tiers sans son autorisation. Le Client ne devient propriétaire des prestations réalisées par la SAGE qu'après règlement intégral des sommes dues. Le Client s'engage à maintenir confidentielle et à ne pas utiliser pour son propre compte ou celui de tiers toute information se rapportant au savoir-faire de la SAGE, qu'il soit breveté ou non, portée à sa connaissance au cours de la mission et qui n'est pas dans le domaine public, sauf accord préalable de la SAGE.

11. Conditions d'établissement des prix

Les prix unitaires s'entendent hors taxes. Ils sont majorés de la T.V.A. au taux en vigueur le jour de la facturation. Ils sont établis aux conditions économiques en vigueur à la date d'établissement de l'offre. Ils sont fermes et définitifs pour une durée de trois mois.

Nos montants intègrent les frais d'assurances professionnelles présentées ci-après.

12. Assurances

La SAGE est couverte par un contrat d'assurance professionnelle souscrit auprès de SMA SA, garantissant les responsabilités décennale et civile professionnelle pour des constructions dont le coût total HT est inférieur à 26 000 000 € et dans le cadre des missions professionnelles G1 à G5 et/ou de Maîtrise d'œuvre conception-réalisation et/ou d'expertises.