Solideo Alpes 2030

Rapport n° A146713

Voie d'accès au fort des Têtes – Briançon (05)

Etude géotechnique G5 (mur) + G1 + G2-AVP



Rapport n°146713/version A– 06 juillet 2026

Projet suivi par Hadrien ROCHE – 06.01.04.21.24 – hadrien.roche@anteagroup.fr

www.anteagroup.fr/fr

Fiche signalétique

Voie d'accès au fort des Têtes – Briançon (05)

Etude géotechnique G5 (mur) + G1 + G2-AVP

CLIENT	SITE
SOLIDEO Alpes 2030	Site de Briançon
83 Boulevard de Dunkerque CS 77040 13235 Marseille Cedex 02	
Chef de projet – Site de Briançon : Gautier MOYSSET gautier.moysset@solideo2030.fr 06 21 21 71 99	

RAPPORT D'ANTEA GROUP	
Responsable du projet	Hadrien ROCHE
Interlocuteur commercial	Antoine ROUGIER
Implantation chargée du suivi du projet	Implantation de Marseille 04.42.08.70.70 secretariat.marseille@anteagroup.com
Rapport n°	146713
Version n°	version A
Votre commande et date	Commande n°202600191 du 12/05/2026
Projet n°	PACP250436

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction	Nafara-nazif TCHABA	Ingénieur d'études	Juillet 2026	
Approbation	Bertrand DUMOLARD	Chef de projet	Juillet 2026	

Indice Version	Date de révision	Nombre de pages	Nombre d'annexes	Objet des modifications
A	06/07/2026	49 (texte)	7	Création du document

Sommaire

1. Introduction 6
1.1. Présentation du projet 6
1.2. Documents de référence 7
1.2.1. Documents relatifs au projet 7
1.2.2. Normes et règlements 8
2. Contexte 9
2.1. Localisation 9
2.2. Topographie 10
2.3. Contexte géologique et hydrogéologique général 11
2.3.1. Contexte géologique 11
2.4. Contexte hydrogéologique général 12
2.5. Contexte sismique 15
2.6. Autres aléas recensés le long du projet 16
2.6.1. Cavités souterraines 16
2.6.2. Retrait-gonflement des argiles 17
2.6.3. Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN) 17
2.6.4. Mouvements de terrain 18
2.6.5. Chutes de blocs 19
2.6.6. Remontée de nappe et inondation de caves 20
2.6.7. Radon 20
3. Bilan des investigations disponibles 21
3.1. Données disponibles 21
3.2. Plans d'implantation des sondages 22
4. Synthèse géotechnique au stade G2-AVP 23
4.1. Résultats des sondages à la pelle 23
4.2. Résultats des sondages au pénétromètre dynamique 23
4.3. Résultats des sondages pressiométriques 24
4.4. Synthèse des essais de laboratoire 25
4.5. Paramètres de cisaillement 25
4.6. Hydrogéologie 26
4.7. Fiches-ouvrages 26
5. Diagnostic du mur aval (mission G5) 27

6. Ouvrages et fondations 30
6.1. Dimensionnement des fondations 30
6.2. Recommandations et conditions de réalisation des fondations 30
7. Terrassements et soutènements 31
7.1. Configurations identifiées sur le tracé 31
7.1.1. Plateforme à niveau 31
7.1.2. Plateforme en déblai 31
7.1.3. Plateforme en remblai 31
7.2. Conditions d'exécution des terrassements 32
7.3. Soutènements à construire 33
7.3.1. Carnet des soutènements 33
7.3.2. Pré-dimensionnement 34
7.3.3. Murs en L 34
7.3.4. Parois clouées 35
7.4. Préconisations concernant les travaux (G, G2-AVP, G5) 35
7.4.1. Parois clouées, parois micro-berlinoises 35
7.4.2. Mur en L 35
8. Préconisations zones 1 à 10 (G1, G2-AVP-G5) 37
8.1. Zone 1 « Giratoire » PT gir01 à PT gir10 37
8.2. Zone 2 « Glissement » TrA:11 à TrA:42 38
8.3. Zone 3 « Virage au rocher » TrA:43 à TrB:11 39
8.4. Zone 4 « Eboulis » TrB:11 à TrB:25 40
8.5. Zone 5 « Virage au réservoir aval » TrB:25 à TrB:45 41
8.6. Zone 6 et 7 « Communication Y » TrB:45 à TrC:14 42
8.7. Zone 8 à 10 « Au-dessus de la communication Y » 43
9. Voiries 45
9.1. Caractérisation de la plateforme et préconisations associés 45
9.1.1. Hypothèses de trafic 45
9.1.2. Classe de plateforme (PF) 45
9.1.3. Objectifs de portance de la PST 45
9.1.4. Préparation du fond de forme 45
9.1.5. Traficabilité en phase chantier 46
9.1.6. Couche de forme 46
9.2. Gestion de l'eau 47
10. Missions géotechniques 48

Table des figures

Figure 1 : Localisation du tracé sur fond de plan IGN (Source : Géoportail) 9
Figure 2 : Profil altimétrique le long du tracé (Source : Géoportail) et périmètre SOLIDEO (image Google3D) 10
Figure 3 : Extrait de la carte géologique au 1/50 000 (feuille de Briançon n°823) – source Géoportail 11
Figure 4 : Contexte hydrogéologique du projet (Source : Géoportail) 12
Figure 5 : Géologie schématique et zonage, partie avale du tracé (image Google3D) 13
Figure 6 : Géologie schématique et zonage, partie médiane du tracé (image Google3D) 14
Figure 7 : Géologie schématique et zonage, partie amont du tracé (image Google3D) 14
Figure 8 : Carte du zonage sismique du projet – Source Infoterre 15
Figure 9 : Extrait de la carte des cavités souterraines recensés par la BSS 16
Figure 10 : Exposition au retrait-gonflement des argiles (Source : Infoterre) 17
Figure 11 : Cartes des aléas du PPRN de Briançon – département des Hautes Alpes 18
Figure 12 : Carte d'aléa du risque de chutes de blocs 19
Figure 13 : Extrait de la carte de sensibilité aux remontées de nappe et inondation de caves du BRGM (Source : Infoterre) 20
Figure 13 : Extrait de la carte du potentiel radon par commune (Source : Georisques) 20
Figure 14 : Exemple de configuration d'une plateforme à niveau (Profil TrD10) 31
Figure 15 : Exemple de configuration déblai à 3H/2V (Profil TrD70) 31
Figure 16 : Exemple de configuration remblai à 3H/2V (Profil T15) 32
Figure 17 : Tableau récapitulatif des soutènements retenus sur la voie d'accès au fort des Têtes 33

Table des tableaux

Tableau 1 : Liste des sondages géotechniques et géophysiques et des essais en laboratoire réalisés à mi-juin 2026 21
Tableau 2 : Synthèse des valeurs de résistance dynamique le long du tronçon 23
Tableau 3: Analyse des 6 essais dans la couche de graves sablo-limoneuses très lâches 24
Tableau 4: Analyse statistique des 8 essais dans la moraine compacte ou le rocher calcaire 25
Tableau 5 : Corrélation entre la résistance de pointe qc et la résistance dynamique qd [0A Waschkowski 1983] 26
Tableau 6 : Corrélation entre l'angle de frottement interne ϕ et la résistance de pointe qc [0A Waschkowski 1983] 26
Tableau 7 : Valeurs retenues pour les paramètres de cisaillement 26

Table des annexes

Annexe I : Plans d'implantation des sondages
Annexe II : Résultats des sondages et des essais géotechniques
Annexe III : Rapport ECR 4416560 v2 des mesures géophysiques
Annexe IV : Carnet des murs de soutènements (zones 1,2 et 4)
Annexe V : Profil de calculs – Parois clouées (zones 1 et 2)
Annexe VI : Profil de calculs – Paroi et mur en L (zone 4)
Annexe VII : Notes terrain du diagnostic G5 et reportage photographique

1. Introduction

1.1. Présentation du projet

Le Fort des Têtes, à Briançon, constitue un site emblématique du système fortifié de Vauban, inscrit au patrimoine mondial de l'UNESCO. Dans le cadre des Jeux Olympiques et Paralympiques d'hiver Alpes 2030, le site est envisagé pour accueillir un village olympique. Cette affectation implique une adaptation des infrastructures existantes afin de répondre aux besoins en accessibilité.

À ce titre, il est envisagé un projet de réaménagement de la voie d'accès principal au fort des Têtes depuis la route départementale RD902. Cette voie s'étend sur une longueur d'environ 1,6 Km. Dans le cadre de ce projet d'infrastructures, SOLIDEO a sollicité Antea Group pour la réalisation des études géotechniques associées à l'ensemble du trajet.

Le projet prévoit notamment :

- La création de voiries ;
- La réhabilitation ou la reconstruction d'ouvrages de soutènements existants
- La création d'ouvrages de soutènements pour l'élargissement de la voie actuelle au droit des créneaux de croisement
- La création de réseaux (eau potable, électricité, assainissement) le long de la voie d'accès

Le présent rapport correspond à une étude géotechnique G1 et G2-AVP (Conception en phase Avant-Projet) complété d'un diagnostic géotechnique en mission G5 du mur aval côté RD 902 (environ 300 ml) en vue de l'aménagement de la voie d'accès au fort des Têtes depuis la RD902.

Important :

- Le projet présenté initialement comprenait un élargissement pour mise à 2 voies tout du long du parcours, côté versant amont au départ entre la RD902 et la communication Y, et l'éventualité d'enterrer les lignes HT actuellement aériennes à proximité.
- Un premier programme de reconnaissances a été établi comprenant un profil électromagnétique tout du long du tracé et des sondages pour établir les modèles géotechniques en limitant le recours à des sondages complémentaires en phases d'étude. Il s'est avéré ensuite que deux lignes HT étaient déjà enterrées sur toute la longueur du tracé jusqu'au champ de tir, ce qui ne permettait plus de réaliser le profil géophysique envisagé au départ. D'autre part, le programme de sondages a été réduit aux parcelles non privées et du fait de la diminution du programme de travaux (création de créneaux de croisement à la place d'une mise à double sens complet de la voie).
- Par ailleurs, au moins une conduite d'alimentation en eau enterrée existe entre la RD902 et jusqu'au réservoir au-dessus de la communication Y. L'état de cette conduite réalisée il y a une trentaine d'année n'est pas connue.
- **Cette conduite d'eau potable, comme l'une des deux lignes HT enterrées, suivent l'accotement aval et sont présentes en tête du mur de soutènement de 300 ml environ depuis la RD902. Ces deux réseaux enterrés vont avoir un impact important et très défavorable dans le cadre des travaux envisagés, et à la suite au cours de la vie de l'ouvrage pour toute intervention de maintenance et d'entretien sur le mur aval et la portion de route qu'il soutient.**
- **Dans le cas où aucune inspection de l'état de la conduite d'eau existante n'est réalisable, prévoir son déplacement côté amont (ainsi que la ligne HT) pour l'éloigner du mur aval au**

moins jusqu'au virage au rocher, de façon à faciliter les travaux futurs de reprise du mur selon les préconisations des inspections d'ouvrage à programmer avec une fréquence élevée.

Le rapport comprend :

- L'identification du contexte géologique, géotechnique et hydrogéologique du site ;
- La synthèse des investigations réalisées, avec interprétation des résultats disponibles d'un point de vue lithologique, géotechnique et hydrogéologique ;
- Une identification des aléas recensés sur le tracé ;
- Les préconisations associées à la gestion des aléas et aux travaux envisagés, détaillées zone par zone.

La mission G2-AVP sera suivie d'une mission G2-PRO une fois précisées les caractéristiques des ouvrages et les sollicitations attendues (principes des travaux, charges, trafic, prise en compte du séisme. Des reconnaissances complémentaires dans ce cadre seront réalisées pour préciser et compléter les reconnaissances actuelles établies avec un budget limité et un impact minimum sur les parcelles privées (géophysique non destructive uniquement).

1.2. Documents de référence

1.2.1. Documents relatifs au projet

Les principaux documents de référence utilisés dans le cadre de cette étude sont donnés dans le tableau ci-dessous :

N°	Titre (documents remplacés en italique)	Référence et date	Emetteur	Reçu ANTEA group
	(Les documents remplacés ou périmés à date sont en italique)			
0	Périmètre voie d'accès	Périmètre voie d'accès FDT.kml	SOLIDEO	08/04/2026
1	Tableau des besoins géotechniques	FdT_VRD_Besoin geotechnique 08/04/2026	ARTELIA	08/04/2026
2	CR de réunion	Fort des Têtes VRD_CR_2026-04-13_Geotechnique_ANTEA	ARTELIA	23/04/2026
3	*Schéma d'aménagement préliminaire*	*Schéma_Elargissement Troncon A-B_PRO*	ARTELIA	30/04/2026
4	*AVP-3B - Plan d'aménagement – Nivellement Profil en long – Giratoire*	*4244809-FdT_SOLIDEO_ART_ AVP_3B_PG_VP PL_Giratoire*	ARTELIA	12/06/2026
5	AVP-3B - 7 plans d'aménagement – Nivellement Profil en long – Tronçons A à E	4244809-FdT_SOLIDEO_ART_ AVP_3B_PG_VP PL_TRA à C et D1 à D3 et Tronçon E	ARTELIA	12/06/2026
6	5 carnets de profils en travers Tronçons A à E	Carnet PT_A à E	ARTELIA	12/06/2026
7	Etude des aléas chutes de blocs et éboulements rocheux	RP15002 – BRIANCON – G1_ES – IndA du 06/05/2026	SAGE INGENIERIE	15/06/2026
8	PRO-03 - 5 plans d'aménagement	*4244809-FdT_SOLIDEO_ART_ PRO_DCE_03_PG_VP PL_Giratoire*	ARTELIA	15/06/2026

9	AVP-04 - Plan de synthèse des réseaux existants et projetés	4244809-FdT_SOLIDEO_ART_ AVP_04_PG_Rsx_Projet_IndA	ARTELIA	15/06/2026
10	AVP-09 - Plan synoptique de gestion EP	4244809-FdT_SOLIDEO_ART_ AVP_09_PG_Plan synoptique_ gestion_pluviale_IndA	ARTELIA	15/06/2026
11	Plan des emprises	XREF_AME_V03 – allégée dwg	ARTELIA	15/06/2026
12	Rapport de mesures géophysiques	4416560 v2 du 18/06/2026	ECR Environnement	19/06/2026
13	PRO-06.6 - Carnet de profils en travers Giratoire	4244809-FdT_SOLIDEO_ART_ PRO_DCE_06.6_PG_ Carnet_Profil_Travers_Giratoire_IndA	ARTELIA	23/06/2026
14	PRO-05 – Plan d'aménagement – Nivellement Giratoire	4244809-FdT_SOLIDEO_ART_ PRO_DCE_05_PG_Nivellement_PL_IndA	ARTELIA	26/06/2026
15	Plan de topographie	267004 indA du 25/06/2026 pdf et dwg	GEOSAT	02/07/2026

1.2.2. Normes et règlements

Cette étude géotechnique est réalisée en se basant sur les documents normatifs ou règlementaires suivants :

- Norme NF P 94-500, novembre 2013, Missions d'ingénierie géotechnique – Classification et spécifications,
- Norme NF EN 1997 – 1, juin 2005, EUROCODE7, calcul géotechnique, partie I – règles générales,
- Normes d'applications nationales de l'Eurocode 7
  - Norme NF P 94 - 262, juillet 2012, Calcul géotechnique, Fondations profondes,
  - Norme NF P 94 – 261, juin 2013, Calcul géotechnique, Fondations superficielles,
  - Norme NF P 94 - 281, avril 2014, Calcul géotechnique, Murs de soutènement,
  - Norme NF P 94 - 282, mars 2009, Calcul géotechnique, Ouvrages de soutènement, Ecrans,
- Réalisation des remblais et des couches de forme (GTR92), Fascicules I et II, Principes généraux, guide technique SETRA-LCPC.

Liste non exhaustive des principaux documents et sites techniques de références :

- Cartes géologiques de la France à 1/50 000, éditions BRGM,
- G. Philipponnat et B. Hubert, Fondations et ouvrages en terre, éditions Eyrolles, octobre 1997,
- M. Cassan, Les essais d'eau dans la reconnaissance des sols – réalisation et interprétation, Editions Eyrolles, 1980,
- Sites Internet :
  - Infoterre : infoterre.brgm.fr
  - Géorisque : www.georisques.gouv
  - Géoportail : www.geoportail.gouv.fr

2. Contexte

2.1. Localisation

Le tracé étudié chemine sur 1,6 km entre la RD902 et le fort des Têtes (ancien fort des Trois Têtes) sur la commune de Briançon dans le département des Hautes-Alpes (05).

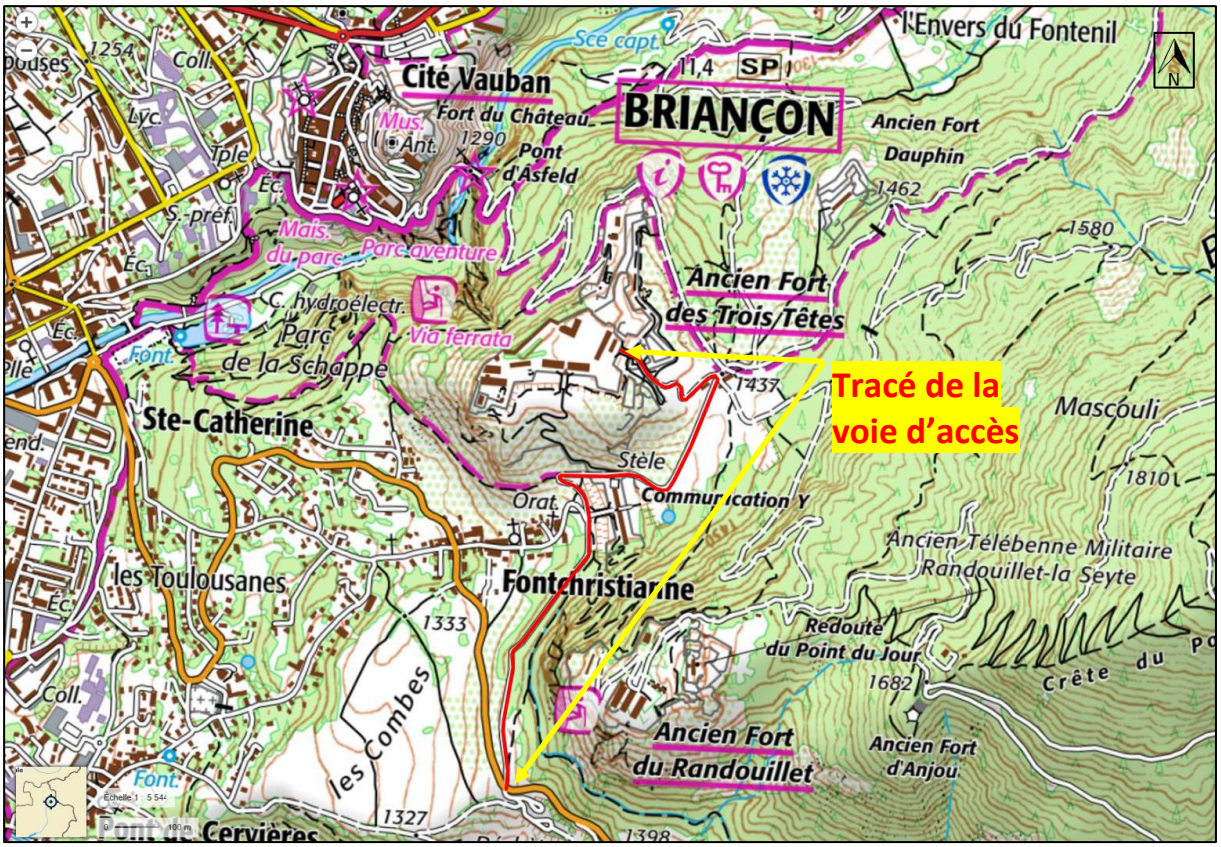


Figure 1 : Localisation du tracé sur fond de plan IGN (Source : Géoportail)

2.2. Topographie

Selon les données à notre disposition, le linéaire projeté se trouve à une altitude comprise entre 1370 et 1460 m NGF, avec une pente moyenne de 9%.

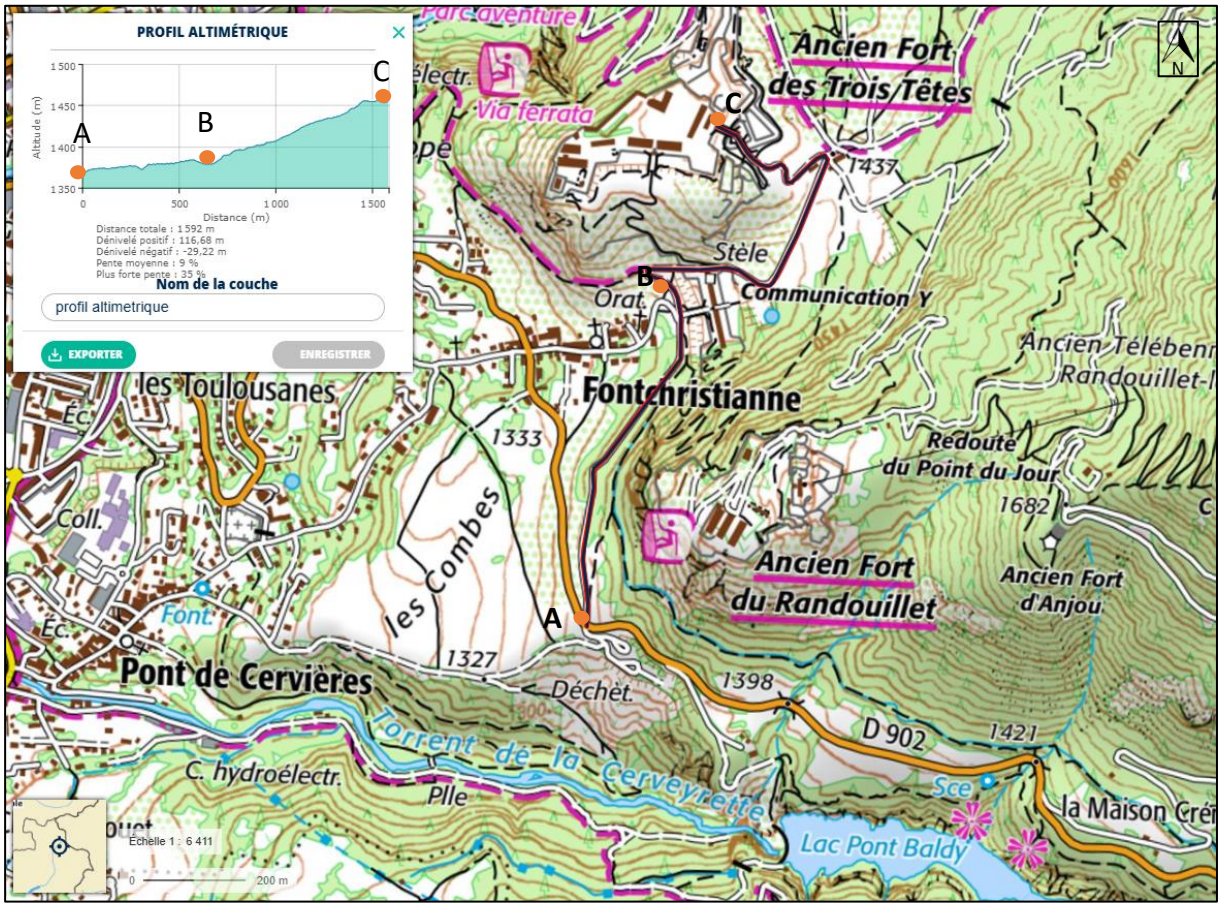




Figure 2 : Profil altimétrique le long du tracé (Source : Géoportail) et périmètre SOLIDEO (image Google3D)

2.3. Contexte géologique et hydrogéologique général

2.3.1. Contexte géologique

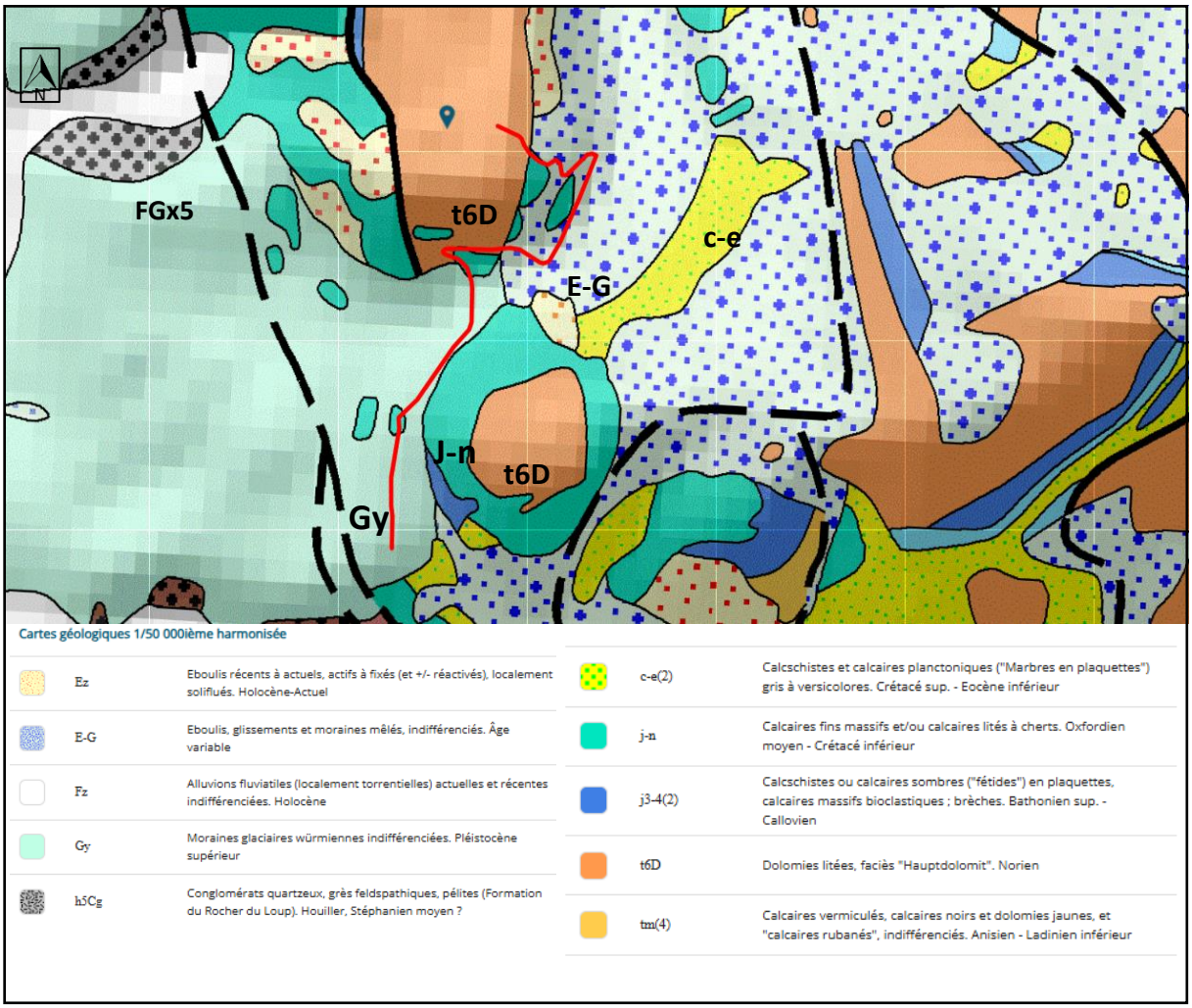


Figure 3 : Extrait de la carte géologique au 1/50 000 (feuille de Briançon n°823) – source Géoportail

Sur la base de la carte géologique au 1/50 000 de Briançon (n°823) éditée par le BRGM, le tracé recoupe les formations suivantes :
Pour les terrains superficiels,

- Des éboulis, glissements et moraines mêlés, indifférenciés d'âge variable (E-G) alimentés localement par des éboulis récents (Ez) eux-mêmes issus des formations du substratum ;
- Des moraines glaciaires würmiennes indifférenciées du Pléistocène supérieur (Gy) ;

Pour le substratum :

- Des calcaires fins massifs et/ou calcaires lités à cherts de l'Oxfordien moyen - Crétacé inférieur (j-n) ;
- Des dolomies litées, faciès "Hauptdolomit" du Norien (t6D) ;
- Et à proximité du tracé, positionnés en amont sur la carte pouvant alimenter les formations superficielles, des calcschistes en plaquettes du Bathonien-Callovien (j3-4) et du Crétacé supérieur – Eocène inférieur (c-e) encadrant les calcaires j-n

Il faut noter la particularité tectonique du secteur avec des couches souvent fortement redressées jusqu'à une inversion de la succession des formations du substratum, les formations calcaires plus récentes étant retrouvées sous les dolomies triasiques plus anciennes (sommets au fort du Randouillet au Sud, au fort des Têtes au Nord).

2.4. Contexte hydrogéologique général

Le projet se place globalement en travers des lignes de niveaux, avec une alimentation par les écoulements provenant de l'amont (depuis l'Est) et restitués dans les pentes en aval (vers l'Ouest)

Le contexte hydrogéologique naturel (hors canal de Fontchristianne) est marqué par des écoulements de pente diffus en surface et immédiatement corrélés avec les intempéries : pluies, et fonte du manteau neigeux.

Le secteur est dépourvu de toute source ou plan d'eau ce qui a nécessité la création du canal de Fontchristianne avec un captage très en amont dans le vallon de la Cerveyrette pour alimenter les forts et permettre l'irrigation des parcelles agricoles.

A noter une absence totale de cours d'eau naturel sur l'ensemble du tracé, le site étant placé sur un « désert » hydrographique, entre le torrent de la Cerveyrette fortement encaissé au Sud et la clue de la Durance fortement encaissée elle aussi entre le fort des Têtes et la citadelle de Briançon au Nord.

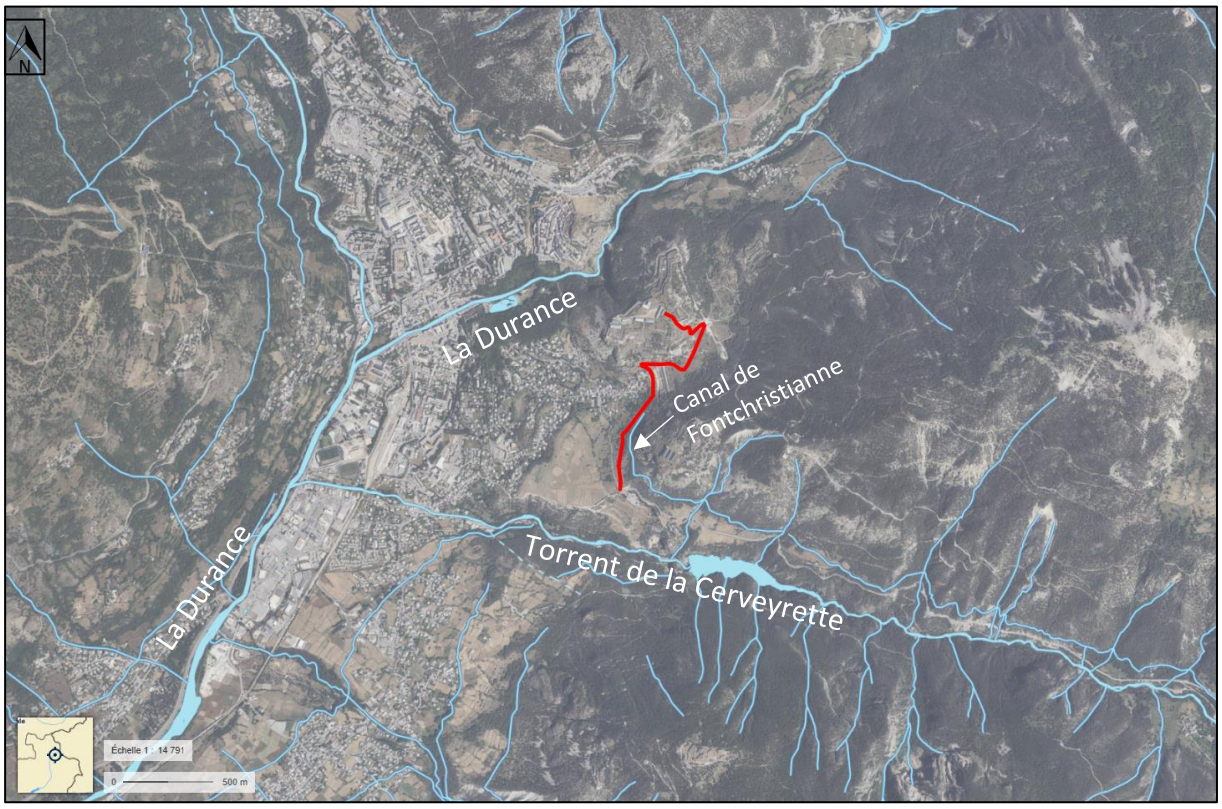


Figure 4 : Contexte hydrogéologique du projet (Source : Géoportail)

En profondeur, les eaux infiltrées dans les éboulis en pied des falaises et dans le vallon supérieur sont drainées gravitairement à leur base sans qu'il puisse être considéré de nappe de versant : il faut

considérer des écoulements plus ou moins diffus et intermittents qui ne vont être recoupés en travaux que par les travaux spéciaux en forages (clouages).

Ce contexte général peut être séparé en plusieurs secteurs avec les particularités suivantes en remontant le tracé :

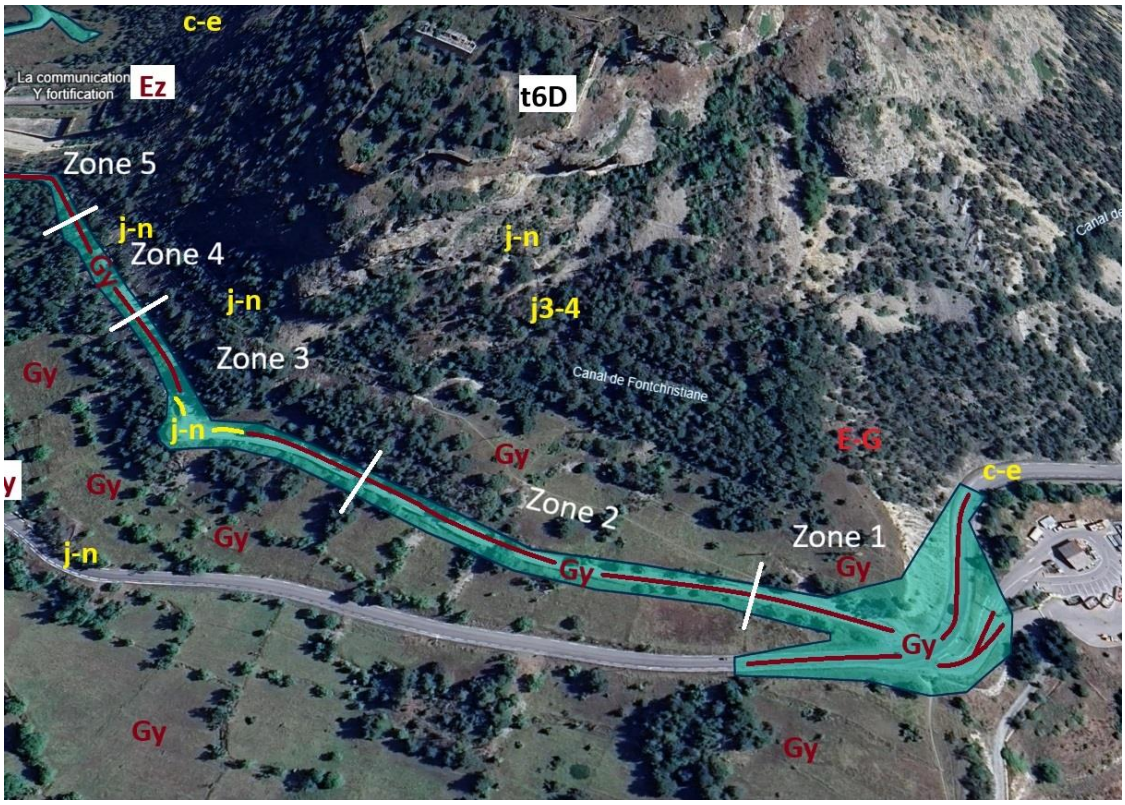


Figure 5 : Géologie schématique et zonage, partie avale du tracé (image Google3D)

- Depuis la RD902 jusqu'à la traversée par le canal de Fontchristianne : une alimentation superficielle par les ruissellements en période d'intempéries, limités par (1) le captage des écoulements en amont au niveau du canal et (2) la forte perméabilité des éboulis en pied des falaises, permettant l'infiltration des eaux en profondeur jusqu'aux niveaux moins perméables en grand : substratum calcaire fracturé et moraine Gy surconsolidée et pratiquement imperméable lorsqu'elle subsiste en plaquages sur le subbstratum.

- Depuis la traversée du canal de Fonchristianne jusqu'à déboucher au-dessus de la communication Y : Le tracé est principalement impacté par les ruissellements de surface sur la chaussée et localement par les ruissellements des vestiges de pentes en amont parce que fortement recoupés par les ouvrages militaires : murs, fossés, bâtiment de la communication Y recoupant le fond de vallon. De petits passages pourraient intercepter des écoulements au contact remblais – rocher lorsque celui-ci est subaffleurant : visible en pied des murs en fin de parcours.

- Depuis l'amont de la communication Y jusqu'au champ de tir : le tracé remonte selon la plus grande pente dans le vallon et est établi « en creux » entre deux merlons remblayés qui seront réduits ou supprimés par l'élargissement de la chaussée. Les écoulements de surface seront ceux recueilles sur la chaussée, et les travaux ne seront pratiquement pas concernés par les écoulements des eaux infiltrées dans les éboulis glissés tapissant le vallon. Très localement, la

remontée du toit du substratum peut s'accompagner de sols plus humides proches de la surface par un effet de barrage aux écoulements des remontées du substratum (entre la marque j-n et les marques E-G sur la figure page suivante)

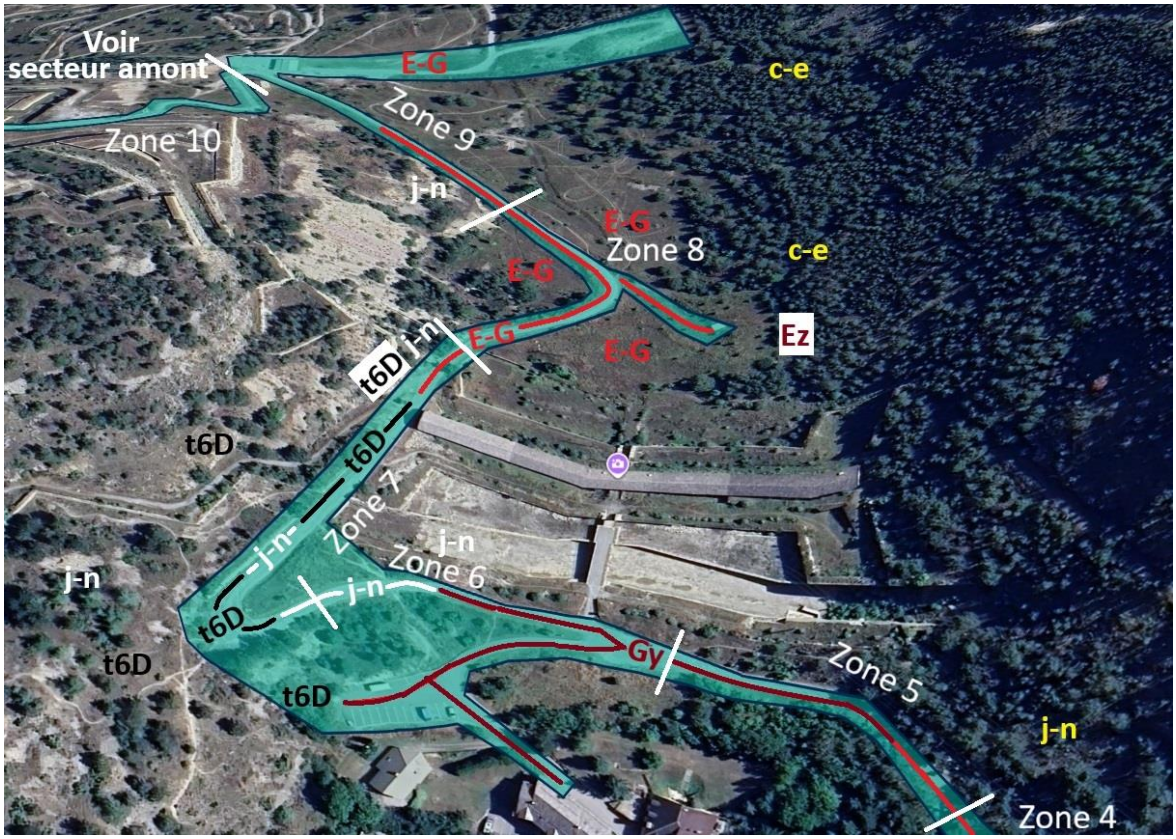


Figure 6 : Géologie schématique et zonage, partie médiane du tracé (image Google3D)

- La partie du champ de tir est établie au passage d'un col, les alimentations en écoulements de surface et en profondeur sont similaires au contexte précédent, avec un écoulement privilégié selon la pente et un drainage préférentiel en direction du vallon Sud, le long du tracé décrit juste avant.

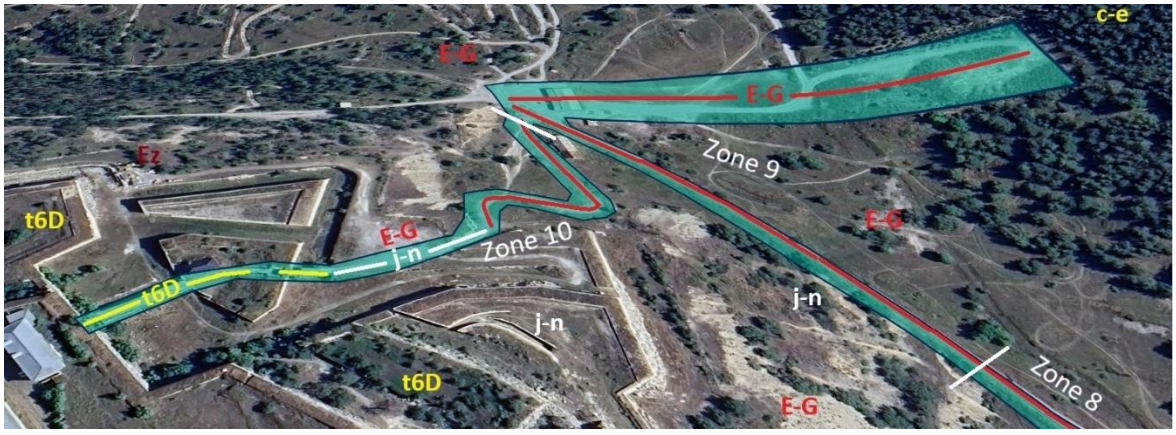


Figure 7 : Géologie schématique et zonage, partie amont du tracé (image Google3D)

- Enfin en partie haute entre le champ de tir et l'entrée du fort des Têtes le recouvrement en éboulis et remblais est faible, l'hydrogéologie est conditionnée par les écoulements

superficiels correspondants aux intempéries, soit en ruissellement direct soit par infiltration et écoulement selon la pente dans les passages plus perméables.

2.5. Contexte sismique

D'après le décret d'octobre 2010 n°1254, le projet est situé en zone de sismicité moyenne (zone 4). L'accélération maximale de référence au rocher a_{gr} est égale à 1,6 m/s² en zone de sismicité 4.

La classe de sol à retenir dépend de la lithologie au droit du site et de l'ouvrage à réaliser.
Dans le contexte du site et des aménagements envisagés, les classes de sol attendues sont a priori :

- A : rocher calcaire sub-affleurant ou à moins de 5 m de profondeur, comme la partie finale entre le champ de tir et le fort
- B : moraine surconsolidée sur calcaire, comme pour les premiers mètres à partir de la RD 902
- C ou E : rocher pouvant être atteint entre 5 et 20 m de profondeur surmonté par des sols de catégorie C voire D de densité faible à moyenne et sans cohésion à moyennement raide

Le choix de la classe de sol nécessite des investigations profondes et des mesures de vitesse des ondes de cisaillement sur les 30 premiers mètres qui n'ont pas été menés dans cette phase AVP (délai et coût des investigations).
Dans le cas où une vérification au séisme serait demandée pour les murs, la classe de sol C peut être retenue en première approche pour cette phase AVP, à préciser au cas par cas en phase PRO.

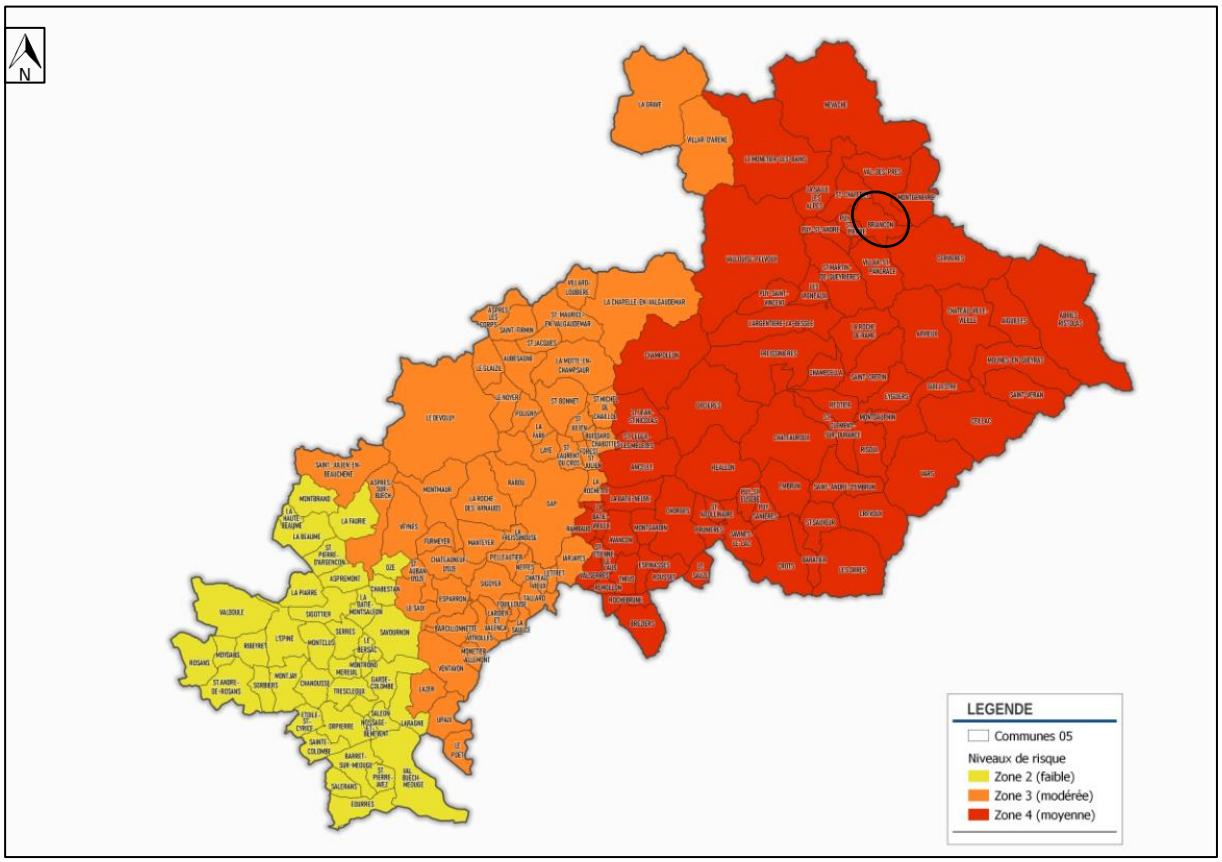


Figure 8 : Carte du zonage sismique du projet – Source Infoterre

Les règles de construction sismique applicables pour les ouvrages neufs sont décrites pour les bâtiments et les ponts classés « à risque normal » dans les arrêtés correspondants et ne concernent pas directement les murs.

Les catégories d'importance des ouvrages à construire seront à définir par le maître d'ouvrage.
Par comparaison avec les ouvrages nouveaux, en zone de sismicité modérée, les règles de construction parasismiques sont à appliquer :

- Pour les bâtiments des catégories d'importance II, III et IV
- Pour les ponts définitifs des catégories d'importance II, III et IV

Il est proposé, dans l'attente des choix effectués par le Maître d'Ouvrage, de prendre en compte la méthode pseudo-statique avec les accélérations sismiques de référence identiques aux ponts et aux bâtiments.

Concernant les ouvrages existants, les travaux réalisés ne doivent pas aggraver la vulnérabilité de ceux-ci au séisme.

2.6. Autres aléas recensés le long du projet

2.6.1. Cavités souterraines

La commune de Briançon est recensée par la BSS comme une commune avec cavités non localisées. Toutefois, aucune cavité d'origine naturelle n'est recensée à proximité du trajet d'après les données de la BSS. Parc conséquent, l'aléa est jugé faible au droit du tracé.

Plusieurs ouvrages de rétention d'eau de type réservoirs semi-enterrés à enterrés ont été signalés à proximité du tracé. Au vu des anomalies détectées lors d sondage sismique SIS3, il est pressenti l'existence d'un réservoir de quelques mètres cubes de capacité à cet endroit non signalé sur le recollement des réseaux et a priori désaffecté.

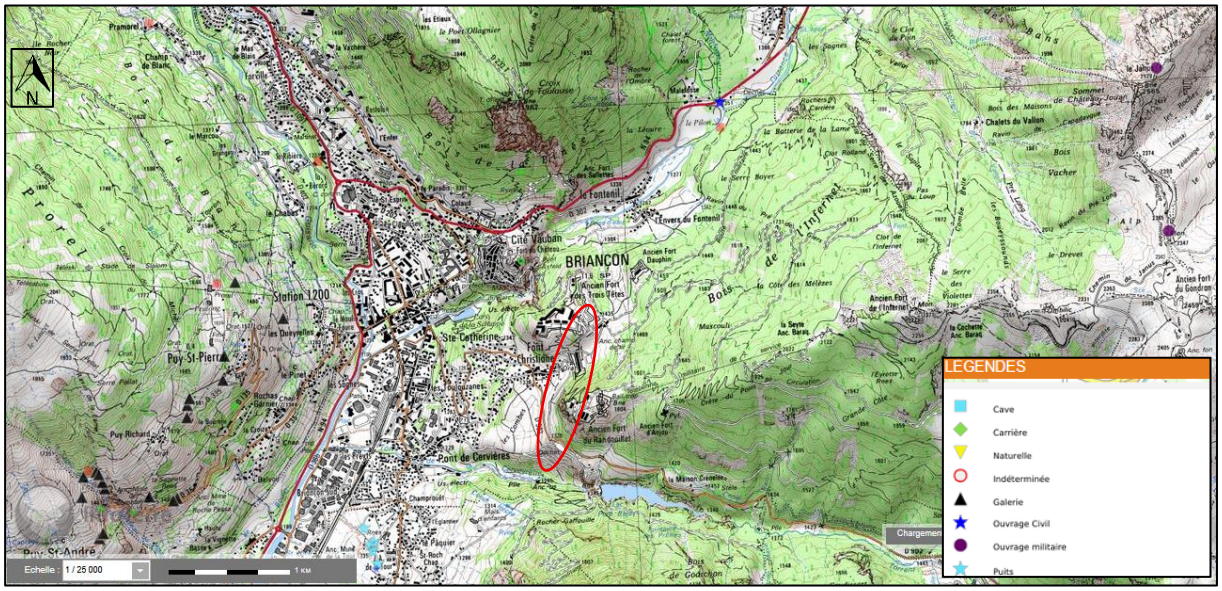


Figure 9 : Extrait de la carte des cavités souterraines recensés par la BSS

2.6.2. Retrait-gonflement des argiles

Selon la carte d'exposition au retrait-gonflement des argiles du BRGM, le projet est entièrement en zone d'aléa faible.

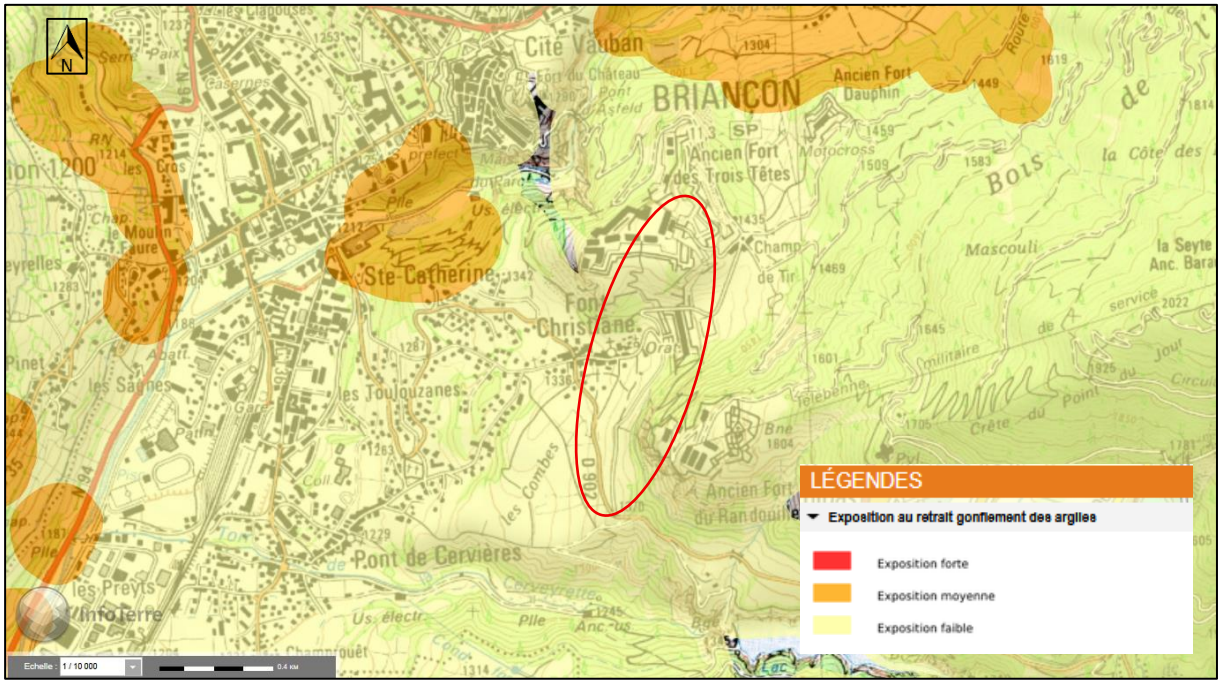


Figure 10 : Exposition au retrait-gonflement des argiles (Source : Infoterre)

2.6.3. Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN)

La commune de Briançon fait l'objet d'un Plan de Prévention des Risques Naturels portant notamment sur les risques **d'avalanches, de glissements de terrain, de chutes de blocs et de pierres et de crues torrentielles**.

Selon la carte d'aléas annexée au PPRN, le tracé de la voie d'accès au fort des Têtes se trouve dans un secteur exposé :

- Sur la partie entre le CD902 et la communication Y, aux **glissements de terrain** (**G2, aléa moyen**) et aux chutes de blocs (**P3, aléa fort**). Pour l'aléa fort P3, une étude des risques a été réalisée et communiquée (rapport SAGE INGENIERIE réf. RP15002 – BRIANCON – G1_ES – IndA du 06/05/2026, voir le résumé en 2.6.5)
- Sur le passage le long des fortifications au passage de la communication Y, aux chutes de blocs et de pierres (**P3, aléa fort**). Pour cet aléa fort, il n'a pas été réalisé d'étude spécifique dans le cadre de cette G2 phase AVP (une étude des risques naturels sur l'ensemble des aménagements autour de Briançon est en cours par ANTEA GROUP parallèlement à cette étude).

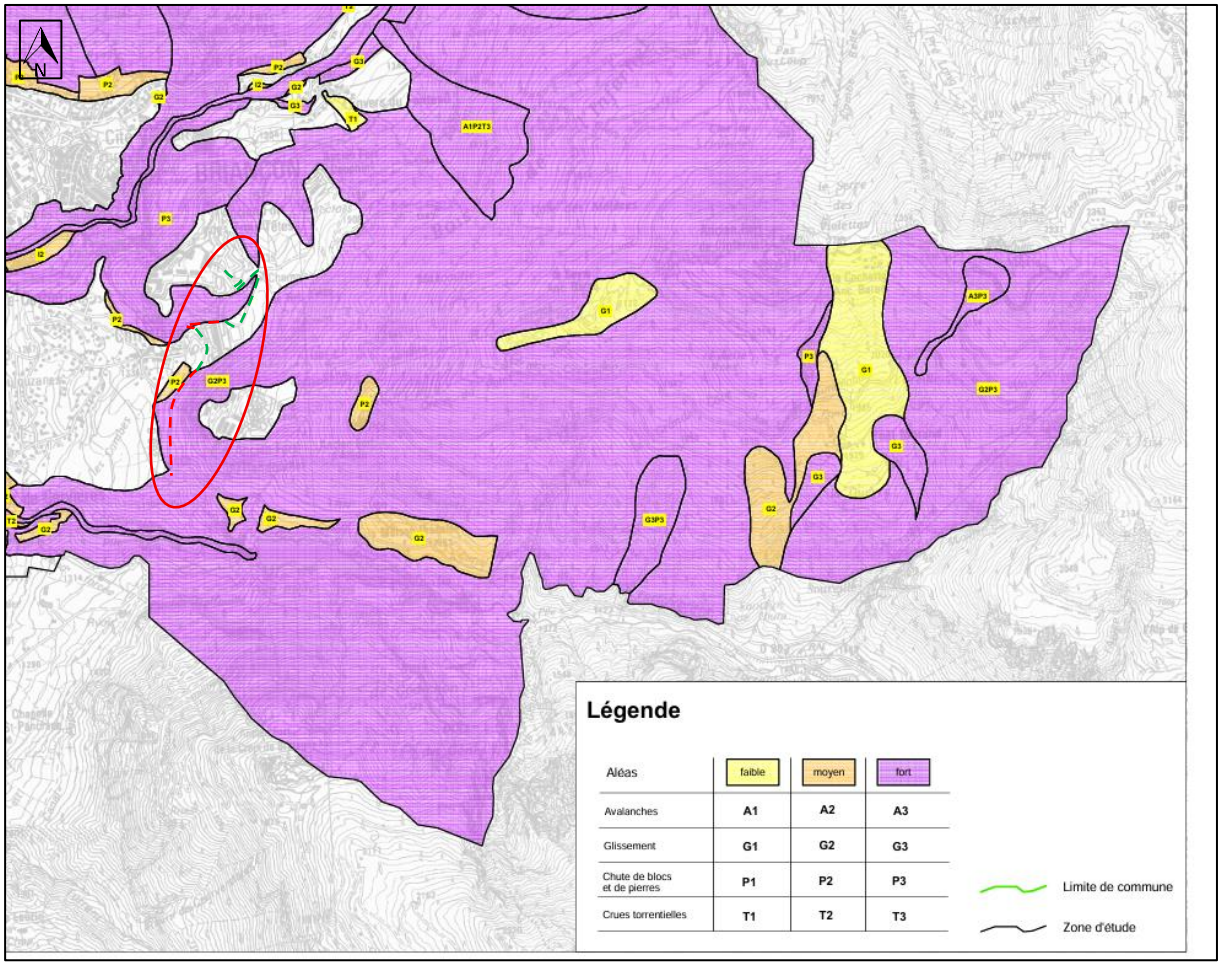


Figure 11 : Cartes des aléas du PPRN de Briançon – département des Hautes Alpes

2.6.4. Mouvements de terrain

La commune de Briançon est recensée par la BSS comme une commune avec mouvements de terrains non localisées.

Des indices de mouvements de terrain ont été observés principalement au droit du talus amont bordant la voie d'accès. Ces désordres sont corrélés à la présence de déformations et de bombements affectant aussi le mur aval, sur la même section de la voie, plus particulièrement sur plusieurs dizaines de mètres après le départ côté RD 902.

Plus de détails sur les observations réalisées sont indiqués dans le chapitre consacré au diagnostic géotechnique G5 du mur aval.

2.6.5. Chutes de blocs

Comme indiqué en 2.6.3, une étude des aléas de chutes de blocs et des éboulements rocheux a été réalisé sur la partie classée en G2P3 du PPRN. Selon les conclusions de cette étude, l'aléa résultant au niveau de la voie d'accès au fort des Trois Têtes sur la portion étudiée est qualifié de :

- **FAIBLE** (sous-secteur C2) **à MOYEN** (sous-secteur C2) **et ELEVE** (secteurs A et B) pour l'aléa diffus et les chutes de blocs, dont les volumes résiduels attendus au niveau de la route sont inférieurs à 0,5 m³ ;
- **FAIBLE** (secteur C) **à MOYEN** (secteurs A et B) pour les éboulements de masses, dont les volumes résiduels sont compris entre 1 et 10 m³ au niveau de la voie d'accès.

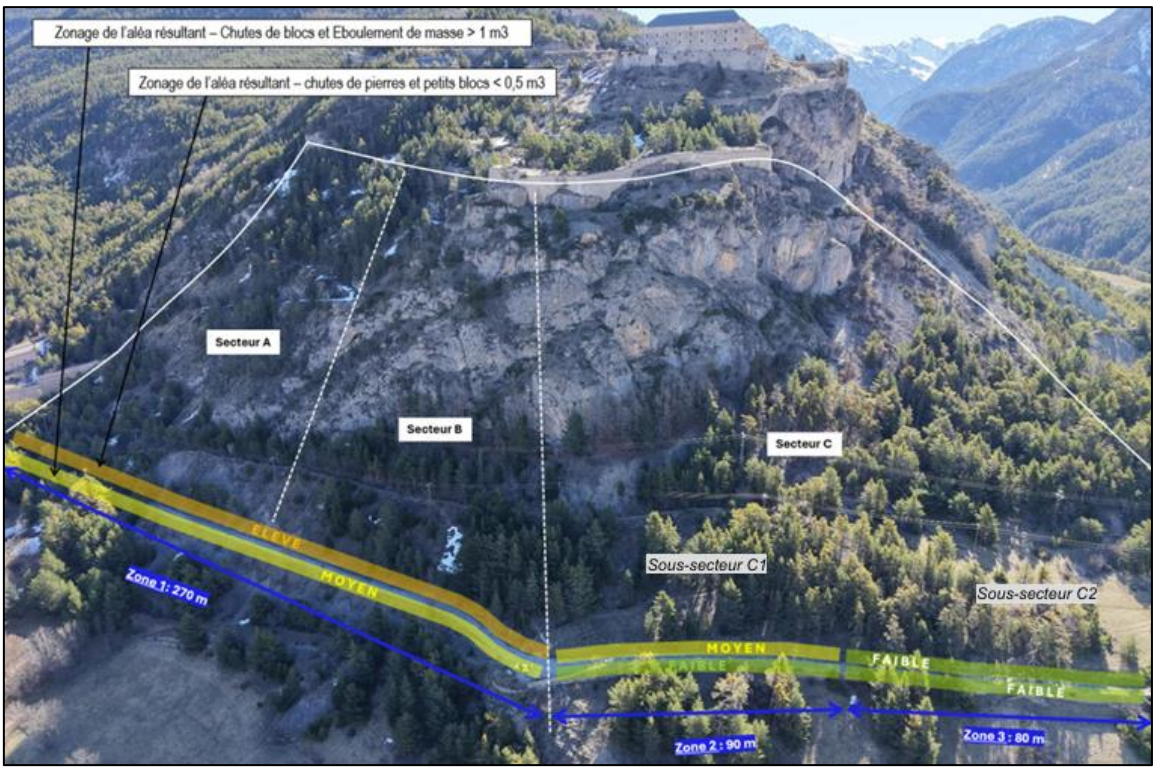


Figure 12 : Carte d'aléa du risque de chutes de blocs

2.6.6. Remontée de nappe et inondation de caves

Selon la carte de sensibilité aux remontées de nappe et inondations de cave du BRGM, le projet se trouve en dehors des zones concernées par les débordements de nappe et les inondations de cave.

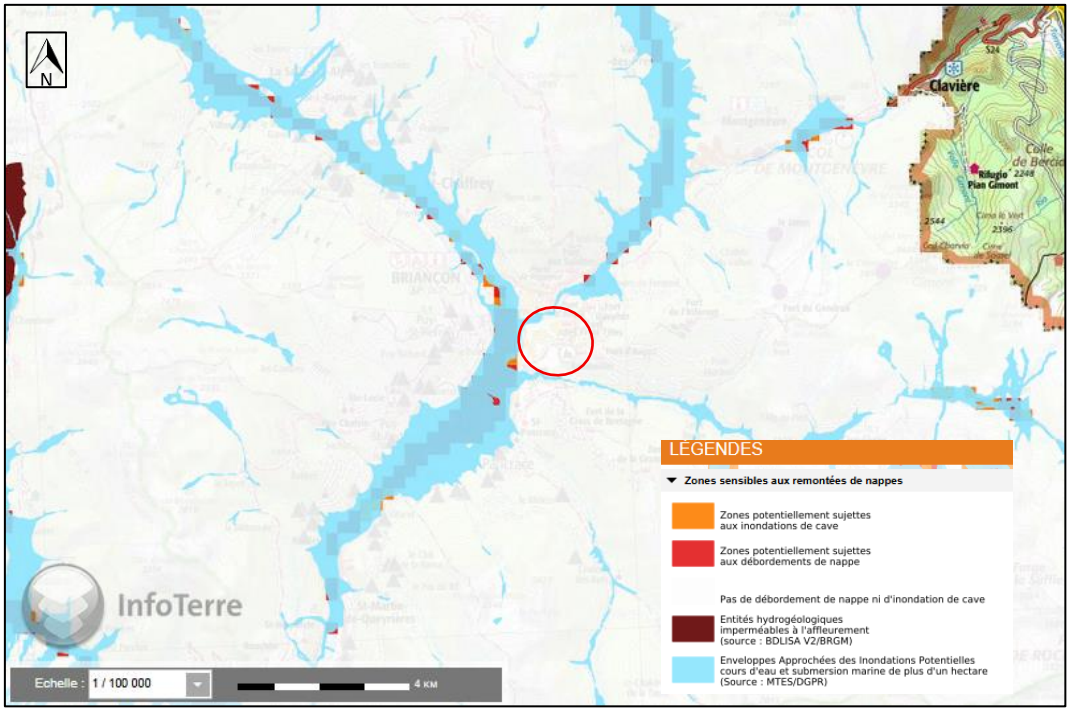


Figure 13 : Extrait de la carte de sensibilité aux remontées de nappe et inondation de caves du BRGM (Source : Infoterre)

2.6.7. Radon

Selon la carte du potentiel radon par commune du site Géorisques, le potentiel radon de la commune de Briançon est de niveau important 3/3.



Figure 14 : Extrait de la carte du potentiel radon par commune (Source : Georisques)

3. Bilan des investigations disponibles

3.1. Données disponibles

Les données de sondage et de laboratoire utilisées dans ce rapport sont celles issues de la campagne d'investigations géotechnique réalisée par ECR Environnement en mai 2026.

Les tableaux ci-dessous résument les investigations disponibles à mi-juin pour la voie d'accès au fort des Têtes.

Tableau 1 : Liste des sondages géotechniques et géophysiques et des essais en laboratoire réalisés à mi-juin 2026

Type de sondages	Numéro de sondage	Coordonnées - Lambert CC 45			Prof. (m)	Essais in situ	Essais en laboratoire sur prélèvements
		X	Y	Z			
Géotechnique P : Pelle mécanique PN : Pénétromètre dynamique SP : Sondage pressiométrique Légende des essais en laboratoire w : Mesure de la teneur en eau naturelle GTR : Identification GTR (granulo + VBS ou limites d'Atteberg) IPI : Indice de Portance Immédiat (à teneur en eau naturelle)	P11	1988114,8	4193887	1370,4	1,1	-	
	PN11	1988107,6	4193902,6	1370,6	4	-	GTR + W + IPI
	PN12-PN12bis	1988110,9	4193922,4	1371,6	1	-	
	P12	1988109,9	4193929,5	1371,7	1,3	-	-
	PN2-PN2bis	1988092,2	4194006,9	1374,6	1	-	-
	SP2	1988093,7	4194052	1376,5	11	9 essais pressiométriques	-
	P2	1988114	4194048	1377,5		1 essai Matsuo	GTR + W + IPI
	P3	1988109,6	4194172,4	1381,9	0,6	1 essai Matsuo	-
	PN31	1988105,8	4194172,7	1380,9	1,6	-	-
	PN32	1988119,9	4194198,9	1382,1	2	-	-
	PN4	1988170,8	4194270,7	1383,3	5,6	-	-
	P4	1988185,6	4194299,6	1383,7	0,3	1 essai Matsuo	-
	SP4	1988194,4	4194305,6	1384,1	11	9 essais pressiométriques	-
	PN5	1988264	4194409,7	1383,5	6		-
	P5	1988266,2	4194409	1384,0	0,4	1 essai Matsuo	-
	PN6-PN6bis	1988259,7	4194487,1	1382,9	0,6	-	-
	P6	1988251,6	4194536,3	1386,7	1,7	1 essai Matsuo	-
	PN7	1988187,9	4194568	1392,1	3	-	-
	PN8	1988423,1	4194553,8	1409,1	2,6	-	-
	P8	1988423,1	4194563,2	1408,8	1,3	1 essai Matsuo	-
	PN9	1988510,4	4194748,3	1430,9	3,4	-	-
	P9	1988515,3	4194744	1431,1	2,1	1 essai Matsuo	GTR + W + IPI

Type de sondages	Numéro de sondage	Coordonnées - Lambert CC 45	Longueur de profil (m)	Commentaire
Géophysique PE : Panneau électrique EM : Profil électromagnétique SIS : Profil sismique de réfraction	PE1	Voir le rapport ECR	96	Les sondages PE1, 2 et 4 et SIS 02 à 04 correspondent aux zones 1 à 4 en géotechnique
	EM01		92	
	PE2		86	
	SIS02		69	
	SIS03		46	
	PE4		76	
	SIS04		69	
	EM_Fort1a et 1b		400	Les profils EM_Fort1a et 1b correspondent aux zones 8 et 9 en géotechnique
	EM_Fort2		270	Les profils EM_Fort2, 3, 4 et 5 correspondent aux zones 9 et 10, du champ de tir jusqu'au fort : pas de sondages géotechniques correspondants dans l'attente de la levée du risque pyrotechnique
	EM_Fort3		919	
	EM_Fort4		121	
	EM_Fort5a et 5b		433	

Les résultats des sondages géotechniques et géophysique sont présentés en **annexes II et III (document séparé pour le rapport des mesures géophysiques).**

3.2. Plans d'implantation des sondages

Les plans d'implantation de l'ensemble des sondages géotechnique et géophysique sont fournis en **annexe I** du présent rapport, et repris en partie en annexe du rapport ECR des investigations géophysiques.

4. Synthèse géotechnique au stade G2-AVP

4.1. Résultats des sondages à la pelle

Les différents sondages à la pelle mécanique réalisés ont permis de mettre en évidence des matériaux limono-graveleux à blocs (colluvions mélangées de moraines et d'éboulis, et moraines) et localement des éboulis ou des remblais en plaquettes et blocs crus ou comportant très peu de matériaux fins : éboulis « crus ». Les horizons rencontrés sont les suivants :

- Des remblais graveleux identifiés au droit des sondages P11 et P12 entre 0 et 0,2 m de profondeur (remblais de structure de voirie);
- Des blocs de calcaires retrouvés au droit des sondages P4 (éboulis) et P5 (éboulis et/ou remblais) ;
- Des limons graveleux à cailloux et blocs identifiés au droit des sondages P11 et P12 au-delà des remblais de surface, et dans les autres sondages à la pelle mécanique (colluvions et moraines)

4.2. Résultats des sondages au pénétromètre dynamique

Au total, 11 sondages au pénétromètre dynamique ont été réalisés sur le tracé, jusqu'au champ de tir. Parmi eux, 8 sondages ont permis de corréler les observations géologiques en sondage à la pelle aux résistances mesurées in situ.

On considère l'échelle de valeurs suivantes pour classer les terrains traversés selon leur résistance à la pénétration q_d :

- $q_d < 1$ MPa : résistance mécanique très faible
- $1 < q_d < 5$ MPa : résistance mécanique faible à moyenne
- $5 < q_d < 10$ MPa : résistance mécanique moyenne à élevée
- $q_d \geq 10$ MPa : résistance mécanique élevée

Les résistances dynamiques sont généralement supérieures à 5 MPa entre 0 et 6,0 m/TN, ce qui traduit des compacités moyennes à élevées, voire très élevées. Le tableau suivant présente une synthèse des valeurs de qd en fonction des sondages.

Tableau 2 : Synthèse des valeurs de résistance dynamique le long du tronçon

Sondage au pénétromètre dynamique	qd moyen (MPa)	Sondage carotté associé	Lithologie réinterprétée
PN11	0 – 4 m : qd >10	P11	0 – 0,1 m : remblais graveleux 0,1 – 1,1 : limons graveleux à cailloux (30/40) et blocs (150/200)
PN12	0 – 0,2 m : 5 < qd < 10 0,2 – 0,6 m : qd > 10 0,6 – 0,8 m : qd < 1 0,8 – 1 m : qd > 10	P12	0 – 0,2 m : remblais graveleux (présence de briques 0,2 – 1,3 : limons graveleux à cailloux (30/40) et blocs (200/300)

PN2	0 – 1,2 m : qd >10	-	-
PN31	0 – 1,6 m : qd >10	P3	0 – 0,1 m : terre végétale 0,1 – 1,1 : limons graveleux à cailloux (30/40) et blocs (400)
PN32	0 – 0,8 m : qd > 10 0,8 – 1,2 m : 5 < qd < 10 1,2 – 2,0 m : qd >10	-	-
PN4	0 – 0,6 m : qd > 10 0,6 – 4,6 m : 2 < qd < 10 4,6 – 5,6 m : qd >10	P4	0 – 0,3 m : blocs calcaires
PN5	0 – 0,65 m : qd > 10 0,65 – 6,0 m : 2 < qd < 10	P5	0 – 0,4 m : blocs calcaires
PN6	0 – 0,6 m : qd >10	P6	0 – 0,15 m : terre végétale 0,15 – 1,7 : limons graveleux à cailloux (30/40) et blocs (150/200)
PN7	0 – 0,7 m : qd > 10 0,7 – 2,6 m : 5 < qd < 10 2,6 – 3,0 m : qd >10	-	-
PN8	0 – 0,8 m : qd > 10 0,8 – 2,3 m : 2 < qd < 10 2,3 – 2,6 m : qd >10	P8	0 – 0,1 m : terre végétale 0,1 – 1,3 : limons graveleux à cailloux (30/40) et blocs (300/400)
PN9	0 – 0,5 m : qd > 10 0,5 – 2,5 m : 2 < qd < 10 2,5 – 3,4 m : qd >10	P9	0 – 0,3 m : terre végétale 0,3 – 2,1 : limons graveleux à cailloux (30/40) et blocs (100/200)

4.3. Résultats des sondages pressiométriques

Deux sondages pressiométriques (SP2 et SP4) ont été réalisés au droit de la voie d'accès au fort des trois têtes. Les propriétés mécaniques des couches rencontrées sont données ci-après :

- **Eboulis/ Moraines : graves sablo-limoneuses très lâches**

Cet horizon constitué de graves plus ou moins sableuse et limoneuse très lâches a été rencontré au droit des sondages pressiométriques jusqu'à une profondeur de 4,6 m/TA (soit entre 1371,9 et 1379,5 m NGF). Les essais pressiométriques (8 essais) montrent des caractéristiques mécaniques moyennes à bonnes pour cette formation. L'analyse statistique menée sur les essais donne les résultats suivants :

Tableau 3: Analyse des 6 essais dans la couche de graves sablo-limoneuses très lâches

	Min	Max	Moy~
Pl* (MPa)	**0,02****	**1,3**	**0,3**
E_M (MPa)	**1****	**11**	**2**

(~) La moyenne est géométrique pour la pression limite et harmonique pour le module
(**) Essai dans des matériaux crus, valeurs considérées comme non représentatives des sols en présence et conservées pour la moyenne pour représenter des valeurs caractéristiques

- **Moraines : graves argileuses moyennement compacts**

Cet horizon constitué de graves argileuses a été rencontré au droit du sondage pressiométrique SP2 jusqu'à la profondeur de 6,9 m/TA (soit 1369,6 m NGF). Les deux essais pressiométriques réalisés au droit de cette couche indiquent des caractéristiques moyennes :

0,9 < pl < 1,5 MPa
6 < E_M < 10 MPa

- **Moraine compacte / Rocher calcaire**

Cet horizon est constitué d'une moraine compacte ou d'un rocher calcaire a été rencontré au droit des sondages pressiométriques jusqu'à une profondeur de 11 m. Les essais pressiométriques montrent des caractéristiques mécaniques moyennes à bonnes pour cette formation. L'analyse statistique donne les résultats suivants :

Tableau 4: Analyse statistique des 8 essais dans la moraine compacte ou le rocher calcaire

	Min	Max	Moy*
Pl* (MPa)	**3,1**	**> 5**	**4,7**
E_M (MPa)	**22**	**133**	**63**

**La moyenne est harmonique pour les modules et géométrique pour les pressions.*

4.4. Synthèse des essais de laboratoire

Trois (3) essais d'identification GTR, comprenant des analyses granulométriques, des mesures de teneur en eau et des essais au bleu de méthylène (VBS) ainsi que trois essais IPI (Indice de Portance Immédiat) ont été réalisés sur les matériaux prélevés au droit des sondages à la pelle mécanique réalisés au droit de la voie d'accès au fort des trois têtes. Le détail des résultats des essais de laboratoire sont présentés en **annexe III**.

Les résultats des essais indiquent que les matériaux prélevés sont classés **I1 à VC2I1** au sens du GTR 2023 ; ils correspondent ainsi à des sols **VC2** à gros éléments anguleux et roulés de type moraines ou éboulis, comportant une fraction **I1** (0/63 mm) constituée de sables et de graves à matrice limoneuse.

Les sols classés I1 sont des sols généralement sensibles à l'eau et peuvent changer de consistance pour de faibles variations de teneurs en eau.

Les résultats des essais IPI mettent en évidence des valeurs comprises entre 18,1 et 43,9.

4.5. Paramètres de cisaillement

Les paramètres de cisaillement des terrains sont déterminés par retour d'expérience, corrélation avec les paramètres existants, et rétrocalage sur les talus existants.

On retiendra notamment les corrélations suivantes, présentées dans les tableaux ci-dessous issus du manuel « Fondations et ouvrages en terre » indiqué en bibliographie :

- Corrélation entre la résistance de pointe qc et la résistance dynamique qd [0A Waschkowski 1983]
- Corrélation entre l'angle de frottement interne ϕ et la résistance de pointe qc, pour les sables. Il est noté que les valeurs de ϕ sont à corriger pour les sols limoneux (réduire de 3°) et les sols graveleux (ajouter 2°).

Tableau 5 : Corrélation entre la résistance de pointe qc et la résistance dynamique qd [0A Waschkowski 1983]

Nature du sol	q_d/q_c	q_d/p_{LM}	q_d/E_M
Argiles, limons et vases normalement consolidés, sables lâches ou moyennement denses	≈ 1	1,4 à 2,5	0,1 à 0,3
Argiles et limons surconsolidés	1 à 2	3 à 5	0,2 à 0,4
Sables et graviers, sables limoneux ou argileux denses à très denses	0,5 à 1	5 à 10	0,4 à 1,5

Tableau 6 : Corrélation entre l'angle de frottement interne ϕ et la résistance de pointe qc [0A Waschkowski 1983]

Indice de densité des sables	q_c (MPa)	φ′ (°)
Très lâche	0,0 – 2,5	29 – 32
Lâche	2,5 – 5,0	32 – 35
Moyennement dense	5,0 – 10,0	35 – 37
Dense	10,0 – 20,0	37 – 40
Très dense	> 20,0	40 – 42

Les terrains rencontrés sont majoritairement des limons graveleux à blocs/éboulis/moraines. On retient : qc ≈ qd et $\phi_{retenu} = \phi_{sables}$- 3. Au vu de la nature limoneuse des terrains, on retiendra une cohésion de quelques kPa. Les valeurs retenues pour la cohésion ont été déterminées par rétrocalage sur les talus existants, considérés comme stables en phase provisoire (recherche d'un facteur de sécurité de 1,2 à 1,5 avec les coefficients unitaires).

Tableau 7 : Valeurs retenues pour les paramètres de cisaillement

Matériaux	Qd (MPa)	ϕ_{retenu} (°)	C_{retenu} (kPa)
Limons graveleux / Eboulis / Moraines	> 5	33	5(1)
	3 - 5	33	2(2)

(1) Rétrocalage sur le profil de calcul Gir05
(2) Rétrocalage sur le profil de calcul en zone 2

4.6. Hydrogéologie

Aucun piézomètre n'a été posé au droit de la voie d'accès au fort des Têtes. Les éléments d'observations recueillis par les visites sur site, les sondages et essais réalisés sont détaillés plus loin zone par zone.

4.7. Fiches-ouvrages

Chacune des 5 zones de travaux d'élargissement pouvant nécessiter des ouvrages de soutènement feront l'objet d'une fiche-ouvrage spécifique avec la solution retenue au stade PRO soit à ce stade :

- Giratoire / paroi en béton projeté clouée au raccordement avec le CD902
- Zones 1 et 2 / murs en paroi en béton projeté clouée (1 à 2 lits de clous avec parement en maçonnerie
- Zone 3 / terrassement au rocher
- Zone 4 / berlinoise pour réalisation d'un mur en L préfabriqué
- Zone 5 / recul de la pente actuelle du talus

5. Diagnostic du mur aval (mission G5)

Le diagnostic en mission G5 a consisté en plusieurs visites de site, et le relevé de l'état du mur et des désordres. L'ensemble est présenté en reportage photographique en **annexe VII**, avec les indications manuscrites et le repérage de distance prises à partir du départ du parapet côté virage au rocher, en absence de plan topographique (en cours).

A noter la version en indice A du plan topographique qui mentionne la position de la tête du mur sans en indiquer les cotes aux pieds amont et aval, et en tête du parapet ce qui ne permet pas de visualiser les variations de hauteur vue : dans cette attente, il est possible de se reporter au levé de terrain indicatif de cette hauteur, prise forfaitairement tous les 5 ml par ANTEA GROUP pour permettre un repérage ultérieur des observations.

Ce diagnostic a abouti à une première restitution le 13/04/2026 au démarrage des missions confiées à ANTEA GROUP.

Lors de cette restitution avec le projet initial qui consistait à passer la voirie à double sens avec un élargissement continu côté amont du versant, ANTEA GROUP a proposé que cet élargissement soit réalisé en aval avec la reconstruction du mur sur la totalité du linéaire de façon à obtenir un ouvrage neuf, supprimer toute intervention future et garder intact la pente en amont de la route. Cette option était indiquée aussi avant d'avoir connaissance de la présence d'une ligne HT enterrée à proximité de la tête du mur, en plus d'une conduite d'eau dont ANTEA GROUP recommandait de prévoir son remplacement si son état n'était pas connu, du fait du risque qu'elle fait courir en cas de rupture accidentelle ou de vétusté.

Ce principe de travaux n'a pas été retenu et le projet a évolué ensuite avec la limitation des travaux d'élargissements, concentrés sur des créneaux de croisement comme indiqué dans ce document.

Dans l'ensemble, le mur apparait dans un état dégradé : il faudrait en fait parler des murs, compte-tenu de nombreuses repises partielles sur l'ensemble du linéaire, et d'appareils différents en tailles et nature des pierres y compris dans un mur en apparence de réalisation en une même phase. Le plus grand linéaire du mur n'est pas maçonné, ceci est favorable au drainage des sols en arrière et défavorable à la rigidité du parement et à la reprise des poussées, selon la qualité du montage des pierres qui n'est visible que côté aval : il n'y a pas eu de reconnaissance visuelle de la structure interne, aucune fouille côté amont n'étant envisageable du fait de la présence et de la largeur de la voirie d'une part, et d'autre part de la présence de réseaux sensibles enterrés et très proches de la tête du mur.

Sur l'ensemble du linéaire il est constaté une alternance de parties reprises en bon état, de parties localement éboulées ou près de s'écrouler, et d'autres plus fréquentes déformées en parement ou avec des pierres décalées ou fissurées par le gel ou les mouvements du mur, prémices d'une dégradation future en absence de travaux d'entretien.

Pratiquement le mur est en meilleur état lorsque la hauteur des terres soutenues est plus faible, avec une limite qui peut être fixée à 2 m en absence de mur maçonné.

En deçà de 2 m de hauteur vue, les déformations sont réduites (sauf côté RD 902 dans la zone 2 en zone de glissement).

Au-delà de 2 m les déformations sont plus prononcées, généralement vers la mi-hauteur vue avec un bombement du fruit et la désolidarisation de l'assemblage des pierres par parte de contacts. Ces déformations variables en intensité peuvent être attribuées :

- Principalement à l'augmentation intermittente de la poussée des terres remblayées en amont du mur, par saturation en eau de ces terres (augmentation de leur masse par ajout d'eau interstitielle, voire pression d'écoulement, et diminution des caractéristiques des sols (angle de frottement et cohésion). Ceci est plus prononcé sur les parties de mur autour des traversées hydrauliques des « ruisseaux temporaires » qui sont en réalité les canaux d'irrigation par prélèvement à l'ouverture des vannes situées de place en place au-dessus de la route le long du canal de Fontchristianne. Ces reprises étant ponctuelles et limitées, les murs de part et d'autre continuent à se déformer, la zone précédemment ruinée se propageant latéralement sur quelques mètres.

- Localement (en limite des zones 2 et 3) les déformations semblent plus résulter de la combinaison de l'infiltration des eaux avec une pente de la voirie dirigée vers le mur et augmentant (ou provoquant par tassement) la fatigue de la chaussée, par exemple aux passages de véhicules lourds lors de chantiers précédents ou avec les engins de déneigement, le trafic étant limité à des véhicules légers et des camping-cars lors de notre présence sur site.

- A noter aussi la réalisation des tranchées des réseaux (réseau d'eau indiqué vers les années 1990, réseau HT plus récent sans donnée sur le suivi des travaux réalisés (matériaux de remblaiement, contrôle du compactage…).

Certaines parties ont été entièrement reconstruites depuis la base sur des linéaires limités (5 à 12 ml) soit avec des barbacanes dans les passages éboulés à la suite de venues d'eau (zone 2), soit sans aucun ouvrage de drainage en parement (zone 3). Comme indiqué ci-dessus, presque partout les désordres sont plus importants en présence d'eau intermittente, ou lorsque la hauteur vue augmente.

Il faut noter que :

- Malgré la pente, variable et assez soutenue en aval, il n'a été repéré qu'un seul endroit où le mur s'est écroulé entraînant les sols à la base, ce qui a nécessité la reprise des remblais et de l'enrobé sur la demi-chaussée impactée ;

- Cette hauteur vue a été intentionnellement limitée par le passé avec la réalisation de butées de pied par tri des pierres des champs et mise en pierriers, soit par des murs additionnels en contrefort perpendiculaire au mur, soit par un mur parallèle, permettant aussi le franchissement du mur et l'accès par des rampes aux parcelles en contrebas. A d'autres endroits, les remblais semblent avoir été réalisés en surcharge sur la pente naturelle, et interprété comme la mise en dépôt opportuniste de déblais à proximité par le dégagement des sols et des murs éboulés et glissés sur la route depuis le talus amont, ou pour réaliser des élargissements, ou le creusement ou la purge de fossés de drainage ou des canaux d'irrigation.

Avec un objectif de traitement du mur sur une phase provisoire, des travaux limités pourront être engagés sur les parties les plus dégradées, ces travaux devant être considérés eux-mêmes comme provisoires (jointoiement du parement, butonnage ou contreforts, liernes et tirants plutôt que croix de Saint-André sauf en cas de jointoiement préalable, …).

En absence d'une reprise totale du mur, ANTEA GROUP indique qu'il subsistera sur le temps long des travaux de confortement, ou de reprise sur des portions limitées impliquant des interruptions

temporaires du trafic le temps des travaux programmés ou d'urgence. Dans tous les cas, les reprises seront à étudier au cas par cas, la nature variable en taille des pierres, hauteur vue et niveau des déformations ne permet pas d'envisager une solution unique de confortements.

Il pourrait être envisagé également de conserver au maximum le squelette et la structure du mur, la réalisation d'un contremur ne paraît pas réalisable en doublage du fait de la nécessiter de terrasser sus la base du mur existant en le déchaussant, à l'inverse de la mise en place de contreforts établis dans le sens de la plus grande pente.

À tout moment il pourrait aussi être envisagé un confortement par rideau de micropieux calepinés entre le mur et les réseaux d'eau et HT de façon à :

- Limiter l'impact d'une rupture locale du mur et l'emprise de travaux de reprises sur les parcelles privées en contrebas ;

- Prévoir une reconstruction du mur sur des principes qui doivent être soumis au préalable à l'avis de l'ABF.

Des informations complémentaires sont données en **annexe VII** : notes manuscrites du diagnostic avant la réalisation du plan topographique, et reportage photographique avec l'indication de la position des prises de vues.

6. Ouvrages et fondations

6.1. Dimensionnement des fondations

Le dimensionnement géotechnique devra être réalisé selon l'Eurocode 7, à partir des descentes de charges transmises par les ouvragistes :

- Fondations superficielles et semi-profondes : selon la NF P94 261 (justification de la portance, vérification des tassements)
- Fondations profondes : selon la NF P94 262 (justification de la portance, vérification des tassements, comportement horizontal …)

6.2. Recommandations et conditions de réalisation des fondations

Les préconisations suivantes sont à respecter :

➢ *Fondations superficielles :*

- Ancrage minimal de 0,92 m / terrain fini (mise hors gel et protection face à l'aléa retrait-gonflement des argiles) ;
- Rattrapage de l'horizon porteur par mise en œuvre de gros béton si nécessaire ;
- Les parties différemment chargées seront recoupées par des joints de comportement sur toute la hauteur de la construction sauf si le bureau d'études structure n'en juge pas la nécessité ;
- Dans le cas de fondations de niveaux différents, il faudra respecter une pente de 3 de base pour 2 de hauteur entre arêtes de fondations.
- La largeur des semelles continues ne doit pas être inférieure à 0,4 m ;

➢ *Fondations profondes :*

- Ancrage minimum de 3 diamètres pour les fondations profondes dans l'horizon porteur ;
- La méthodologie de réalisation des pieux devra être adaptée à la nature des terrains et à la présence d'une nappe (forés tubés, forage à la boue, etc.)

7. Terrassements et soutènements

7.1. Configurations identifiées sur le tracé

Au stade AVP, il est prévu un élargissement de la voie d'accès au droit de 5 zones. Différentes configurations sont rencontrées le long du tracé.

7.1.1. Plateforme à niveau

Léger terrassement à prévoir pour couche de forme + substitution éventuelle selon la compacité des matériaux.

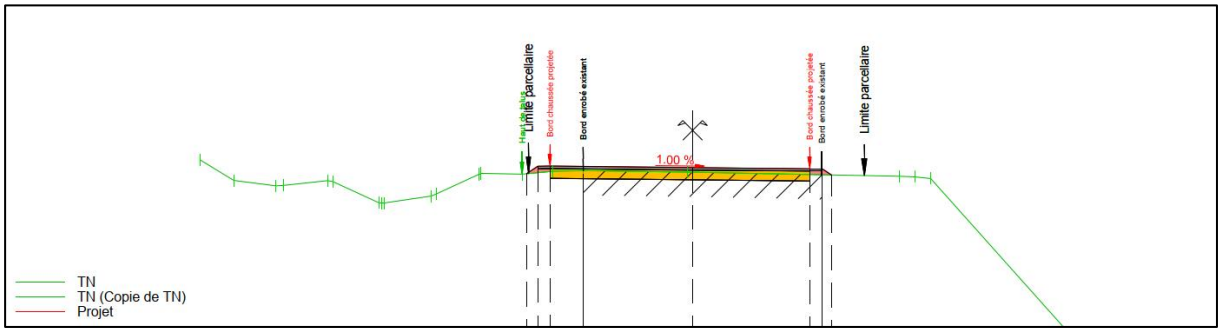


Figure 15 : Exemple de configuration d'une plateforme à niveau (Profil TrD10)

7.1.2. Plateforme en déblai

Terrassement à prévoir pour couche de forme + substitution éventuelle selon la compacité des matériaux

Si l'emprise est suffisante : Pente 3H/2V – Hauteur max : 2 m

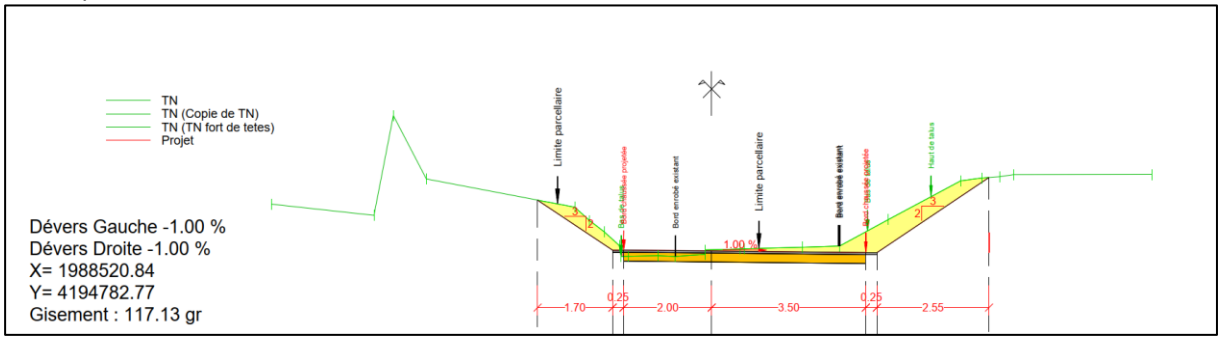


Figure 16 : Exemple de configuration déblai à 3H/2V (Profil TrD70)

7.1.3. Plateforme en remblai

Terrassement à prévoir pour couche de forme + substitution éventuelle selon la compacité des matériaux

Si l'emprise est suffisante, et mise en œuvre sur un terrain plat : Pente 3H/2V – Hauteur max : 2 m

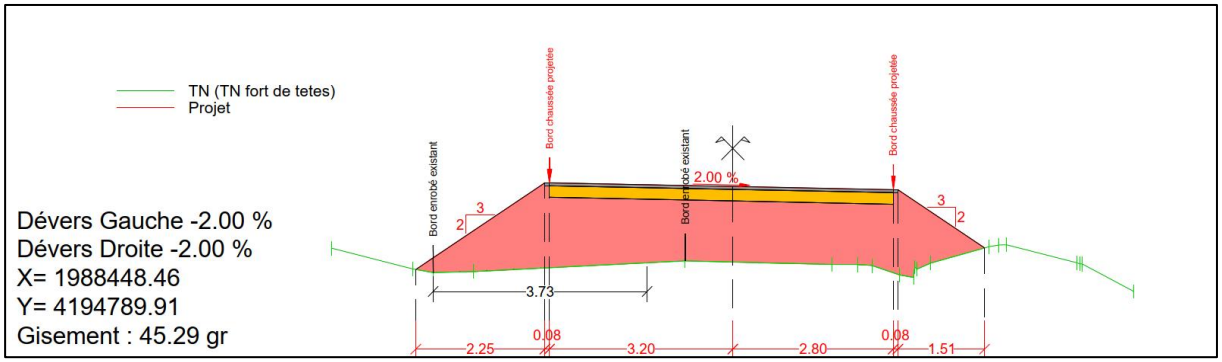


Figure 17 : Exemple de configuration remblai à 3H/2V (Profil T15)

Si l'emprise est insuffisante : soutènement à prévoir :

- Paroi microberlinoise autostable ;
- Alternativement : murs en L préfabriqués, fondés superficiellement ou sur micropieux, selon la profondeur du terrain d'assise ;
- Paroi clouée dans les zones à forte pente amont dans des terrains de très bonne compacité.

7.2. Conditions d'exécution des terrassements

Terrassabilité des matériaux et méthodes d'extraction

Les terrains limono-graveleux ne présenteront pas de difficultés au terrassement avec une pelle mécanique de moyenne puissance.

Des moyens plus lourds seront nécessaires (BRH) lorsque des terrains indurés et du rocher sont rencontrés.

Réutilisation des matériaux extraits

A ce stade, des matériaux de classe GTR I1 et VC2 I1 ont été mis en évidence au droit du site. Les matériaux devront être réutilisés conformément aux préconisations du Guide de Réalisation des remblais et couche de forme (GTR) – SETRA et LCPC.

Réutilisation en remblai :

- Conditions météo : Pluie faible (états hydriques « m » ou « s ») ou absence de pluies (états hydriques « h », « m » ou « s »)
- Conditions de réemploi :
  - Extraction en couches ou extraction frontale
  - Action sur la teneur en eau par humidification, arrosage, ou aération
  - Traitement avec un réactif adapté dans le cas de matériaux humides
  - Régalage en couches minces si nécessaire
  - Compactage moyen à intense
  - Hauteur de remblai faible (<5 m) ou moyenne (<10 m)

Réutilisation en couche de forme :

- Conditions météo : absence de pluie
- Conditions de réemploi :
  - Action sur la teneur en eau par humidification ou arrosage
  - Traitement avec un réactif adapté (liant hydraulique éventuellement associé à la chaux

- Application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté

Exécution de remblais / couches de formes

La mise en œuvre de remblais ou couches de forme devra respecter les préconisations du *Guide des Terrassements Routiers* (GTR, Fascicules I & II, LCPC et SETRA)
Précautions à prendre lors des terrassements :

- Protection du fond de forme des intempéries ;
- La mise en place des matériaux de remblai/couche de forme doit être effectuée sur un sol sain, non remanié et sec, à l'avancement des terrassements dans des conditions météorologiques favorables. Celle-ci sera conforme aux préconisations du GTR.

En l'absence de soutènement, les talus pouvant être réalisés auront une pente 3H/2V. **En dehors des dispositions prévues à cet effet, toute surcharge en tête de talus même en situation très provisoire ou de faible ampleur présente un risque de tassement ou de rupture des terres et des ouvrages surchargés**.

7.3. Soutènements à construire

7.3.1. Carnet des soutènements

Les emprises disponibles étant souvent limitées, cela implique la création de soutènements le long du tracé.

Le carnet des murs de soutènement habillé avec les profils envisagés est présenté en annexe. Un tableau récapitulatif est présenté ci-dessous. Le tableau indique également les informations suivantes : sondage de référence et la longueur du soutènement, le type de fondation, les profils de calcul et les caractéristiques mécaniques retenues

Cas :

- A : plateforme en déblai
- B : plateforme en remblai

N° ouvrage	Zone	Longueur (m)	Cas	Hauteur du terrain soutenu (m)	Type de soutènement	Fondation et assise	Profil de calcul	Sondage de référence	Lithologie et paramètres de calcul
PC1	1	69	A	7,5	Paroi clouée	-	Gir05	PN11 et PN12	Éboulis /Moraines peu compacts phi = 33° - c = 5 kPa , Y = 18 KN/m3
PC2	2	90	A	2,5	Paroi clouée	-	A31	SP2 et PE2	Éboulis /Moraines peu compacts phi = 33° - c = 2 kPa , Y = 18 KN/m3
M1	4	35	B	2	Mur en L : H = 2,2 m / B = 2 m	Semelle superficielle 0,9m/TN	B22	SP4 et SIS4	Éboulis /Moraines peu compacts phi = 33° - c = 2 kPa , Y = 18 KN/m3
B1		35	B	2,2	Paoi berlinoise	-			

Figure 18 : Tableau récapitulatif des soutènements retenus sur la voie d'accès au fort des Têtes

7.3.2. Pré-dimensionnement

Les justifications ont été réalisées selon l'Eurocode 7 et l'Eurocode 8 :

- Murs en L : selon la NF P94 281
- Parois clouées : selon la NF P94 270
- Parois micro-berlinoises : selon la NF P94-282
- Justification au séisme : selon la norme NF EN 1998-5 et le Guide CEREMA « Ponts en zone sismiques – Conception et dimensionnement selon l'Eurocode 8 »

Différents prédimensionnements ont été effectués. Les profils de calculs retenus sont présentés dans le carnet des murs de soutènement présenté en annexe IV.

Les prédimensionnements ont été réalisés en retenant les hypothèses suivantes :

- Lithologie et caractéristiques mécaniques : selon profil, détaillé dans les coupes
  - En l'absence de sondages au droit ou à proximité immédiate du soutènement, les hypothèses sont basées sur les sondages existants. Des sondages complémentaires seront nécessaires en phase PRO pour valider les hypothèses retenues.
  - Les hypothèses spécifiques à chaque type de mur sont détaillées dans les paragraphes suivants.
- Surcharges :
  - Voie d'accès : 10 KPa retenue au droit de la voie d'accès correspondant aux charges de circulation (**à confirmer par le maitre d'ouvrage**)
- Eau : absent
- Séisme : utilisation de la méthode pseudo-statique, à partir des coefficients sismiques horizontaux et verticaux :
  - Accélération sismique : agr = 1,6 m/s^2
  - Catégorie d'importance II (**à confirmer par le maitre d'ouvrage**), soit ϒi = 1
  - Classe de sol C, soit S = 1,5
  - Coefficient d'amplification topographique St = 1
  - Soit kh = (ag x ϒi x S x St) / g = 0,24 m/s^2 et kv = ± 0,5 kh = 0,12 m/s^2

7.3.3. Murs en L

Hypothèses spécifiques

A ce stade de l'étude, les hypothèses ont été retenues de manière sécuritaire pour le calcul :

- Assise à 0,9 m/terrain fini (garde hors gel) et encastrement de 20 cm dans le terrain porteur
- Terrain à l'avant du mur : butée sur 20 cm d'épaisseur, prise en compte du talus à l'aval lorsque nécessaire
- Hauteur de terrain soutenue : la plus importante entre les cas rencontrés
- Caractéristiques du mur en béton : ϒ = 25 kN/m3, ϕ = 40°, C= 100 kPa
- Caractéristiques des sols sous le mur :
  - Cisaillement : sol en place
  - Contrainte ultime sous le mur : selon sondages pressiométriques SP4 (qu = 0,8 x ple*) et sondage au pénétromètrs dynamique PN4 (qu = qd/7 en première approche).
- Caractéristiques de cisaillement des remblais à l'arrière des murs :
  Les remblais visés auront les caractéristiques suivantes : ϕ = 35°, C= 0 kPa (cf. guide SETRA « Construire des remblais contigus aux ouvrages d'art – Murs de soutènement et culées de pont », § « 3.1 Etude des matériaux traités »).

Les résultats du calcul de prédimensionnement du mur en L du profil B22 sont présentés en annexe.

7.3.4. Parois clouées

A ce stade de l'étude, la valeur du frottement latéral unitaire qs a été retenue de la manière suivante :

- A partir des valeurs pressiométriques lorsque des sondages ont été réalisés à proximité
- En l'absence de sondages proches, valeur sécuritaire de 50 kPa pour des graves limoneuses supposées peu résistantes.

Dans tous les cas, des essais de clous seront à effectuer au stade EXE pour valider les valeurs de qs à retenir.

Provisions :

- 2 à 5 rangées de clous diamètre 25 mm – Barres HA25 – diamètre de forage 64 mm
- Longueurs variables selon les profils de calculs (voir annexe).
- Parement béton projeté (Zone 1)
- Parement béton projeté + maçonnerie (zone 2)

7.4. Préconisations concernant les travaux (G1, G2-AVP, G5)

A ce stade de l'étude pour le giratoire et les zones de croisement, il est envisagé des soutènements de type parois et murs en béton projetés cloués (zones Giratoire, 1 et 2), mur en L et paroi micro-berlinoise (zone 4). Pour s'insérer au mieux dans le site en respectant un aspect mixte végétalisé / éboulis / rocher / maçonneries, le parement des autres talus créés seront conservés soit sans revêtement (zone 3, rocher) soit reculés avec un profil identique au talus actuel permettant la végétalisation des pentes créées (zone 5 et au-delà en amont jusqu'au fort pour les reprises de talus de faible importance en remblai ou en déblai). Le choix du soutènement devra permettre de respecter les emprises disponibles.

Des techniques variantes à celles proposées à ce stade en G2-AVP peuvent être envisagées du moment qu'elles soient compatibles avec les contextes des zones concernées :

7.4.1. Parois clouées, parois micro-berlinoises

Les clous devront être ancrés dans les horizons sains. Des essais de clous seront à effectuer au stade EXE pour valider les valeurs de qs à retenir.

Des autorisations de tréfonds pourront être nécessaires.

Il conviendra de prévoir un dispositif de drainage (barbacanes, drains subhorizontaux …) afin d'évacuer les arrivées d'eaux à l'arrière des parois clouées.

7.4.2. Mur en L

Terrassements

Avant la mise en œuvre des ouvrages de type mur en L en zone 2, une paroi micro-berlinoise sera mise en œuvre puis des terrassements complémentaires jusqu'à l'extrémité de l'ouvrage seront

nécessaires. Ces ouvrages seront remblayés soit par des matériaux du site réutilisés (selon conditions du guide GTR), soit par des matériaux d'apports.

Les matériaux de remblai seront mis en œuvre par couches successives du bas vers le haut. Entre chaque passe de construction, les matériaux seront compactés conformément aux préconisations du guide GTR. La qualité du compactage devra être validée par des essais à la plaque ainsi qu'un contrôle des volumes mis en œuvre.

8. Préconisations zones 1 à 10 (G1, G2-AVP-G5)

8.1. Zone 1 « Giratoire » PT gir01 à PT gir10

- **Profils ARTELIA : PT gir01 à PT gir10**

- **Sondages P11 – P12 – PN11, PN12 et 12bis, SE1, EM01**

- **Sols homogènes** constitués d'une moraine à blocs, matériaux VC2I1 sensible à l'eau, peu perméables, a priori peu susceptibles d'être saturés au-delà d'une frange d'infiltration superficielle.

- **Modèle géotechnique** présenté dans les notes de calcul en annexes IV et V

- **Terrassement en déblai** à réaliser par passes limitées en hauteur comme en largeur et à adapter selon les conditions météorologiques au fur et à mesure de l'avancement de la paroi.

- **Glissement de terrain** en zone G2 du PPR non confirmé, aucun signe d'instabilité visible en dehors de l'érosion des sols lorsqu'ils ne sont pas recouverts par la végétation.

- **Chute de blocs et de pierres en zone P3 du PPR,** zone non étudiée spécifiquement dans le rapport SAGE, décrite comme au-delà de la « *limite Sud de la zone d'étude est définie par une ligne virtuelle au-delà de laquelle la propagation des blocs jusqu'à la route est considérée comme quasi-nulle* » (rapport SAGE p8/16).

- **G5 : mur aval** en ruine, déporté en aval de la route au droit des parcelles 835 et 836 sans office de véritable soutènement, vestiges restant en place à déposer entièrement pour les parties subsistantes avec des pierres et des parties éboulées et éparpillées qui pourront être réutilisées dans le cadre du projet.

- **Traitement des eaux** superficielles à prévoir en récupération de surface le long de la voirie neuve (fossés ou cunettes étanches) avec rejet dans le réseau existant. La moraine surconsolidée étant pratiquement imperméable sur cette zone, l'infiltration n'est pas envisageable, et le rejet diffus ou concentré en contrebas dans les pentes n'est pas adapté. Prévoir aussi la récupération des eaux dérivées de la pente en amont par le merlon à réaliser en longeant la tête du talus. A ce stade il n'a pas été repéré de venues d'eau, aucun drainage n'est nécessaire, des barbacanes au débouché de drains courts pourront être nécessaires dans le mur en cas de repérage de présence d'eau localement dans la moraine.

- **Variante à la paroi clouée proposée :** pas de proposition à ce stade au vu du contexte et du projet dans son tracé actuel.

8.2. Zone 2 « Glissement » TrA:11 à TrA:42

- **Profils ARTELIA : TrA:11 à TrA:42**

- **Sondages P2, PN2 et 2bis, SP2, SE2, SIS2**

- **Sols** rencontrés hétérogènes en nature et comportement, constitués de colluvions, moraines glissées, intercalations possibles d'éboulis et de blocs isolés ou de masses anciennement éboulées des falaises sous le fort du Randouillet, matériaux VC2I1 sensible à l'eau.

- **Modèle géotechnique** présenté dans les notes de calcul en annexes IV et V

- **Terrassement** en déblai précaire à réaliser par passes limitées en hauteur comme en largeur selon les conditions météorologiques. Prévoir des joints verticaux complets toute hauteur à espacement de 5 m environ pour permettre d'absorber des petites déformations entre les éléments.

- **Glissement de terrain en zone G2 du PPR confirmée,** situation de glissement lent ou de fluage du versant sur les premiers mètres d'épaisseur selon les conditions locales de saturation des sols, avec des phases stables (périodes sèches) et des phases de remobilisations locales possibles soit avec les intempéries naturelles (pluies et fontes de neige), soit par les apports continus en pertes le long du canal de Fontchristianne et la circulation diffuse ou concentrée dans des passages plus perméables soit encore par irrigation intermittente, soit en cas de rupture ou de manœuvre inappropriée des écluses le long du canal tout du long où il est en amont du tracé de la route, d'abord selon la plus grande pente au Sud puis selon les courbes de niveau vers Fontchristianne : cette situation nécessitera la reprise des ouvrages à terme, du fait de l'impossibilité de traiter l'ensemble de la zone pour la rendre stable à long terme.

- **Chute de blocs et de pierres en zone P3 du PPR, zone C classée dans le rapport SAGE en aléa faible à moyen** pour l'aléa diffus et les chutes de blocs, dont les volumes résiduels attendus au niveau de la route sont inférieurs à 0,5 m³ et en **aléa faible** pour les éboulements de masses, dont les volumes résiduels sont compris entre 1 et 10 m³ au niveau de la voie d'accès.

- **G5 : mur aval existant** au droit des parcelles 821, 822, 814, 813, 799 et 800 très fragile, sensible aux vibrations, aux surcharges et à la saturation des sols remblayés en amont du mur. Mur existant pour la plus grande partie en maçonnerie de pierres sans liant, alternant avec des parties reprises (souvent maçonnées, avec ou sans barbacanes) et des parties anciennes localement gonflées proches de la rupture du fait de la poussée des remblais saturés par les apports d'eau intermittents (intempéries, déversement par les canaux d'irrigation). Pour ces ouvrages, les traversées de la route sont anciennes et constituées en canal couvert en pierres plates, ouvrages non étanches, sans entretien visible des entonnements en amont et des écoulements vers l'aval, présence partielle d'une cunette d'irrigation bifurquant en pied de mur pour le suivre ce qui amène une saturation des sols de fondation. Une solution de renforcement précaire mais efficace a consisté à remblayer l'aval du mur pour en diminuer la hauteur vue, soit avec des moraines (matériaux mélangés de graves dans une matrice fine, interprété comme le dépôt en aval de parties glissées sur la route depuis l'amont ou de travaux antérieurs de reprofilage de la route ou d'enfouissement de réseaux, soit en pierriers avec des pierres d'éboulis ou par le tri des pierres extraites des champs. Une solution plus pérenne consisterait à reprendre les parties non maçonnées, et la solution intermédiaire à jointoyer les parties non maçonnées. Tous ces travaux doivent être considérés comme des confortements à durée de vie limitée, et nécessiteront une inspection régulière pour vérifier l'absence d'évolution ou pour programmer des travaux de reprise.

- **Traitement des eaux** superficielles et de drainage du talus amont en déblai à prévoir en récupération de surface le long de la voirie neuve par une tranchée drainante étroite avec incorporation d'un **drain de type bâtiment avec cunette intégrée** (surtout **pas de drain routier** qui permet à la fois le drainage et la réinfiltration). Tout rejet dans la pente en aval en réutilisation des traversées existantes ou par déversement diffus lorsque le mur n'est pas surmonté par le muret de parapet présente un risque d'accélérer les déformations et la ruine du mur par saturation des sols dans le remblai contre l'élévation du mur et dans les sols sous sa base et à proximité. Voir avec le gestionnaire du canal les modalités de suppressions des infiltrations en renforçant l'étanchéité du parcours au droit de la zone 2 et d'utilisation de l'irrigation des parcelles en aval du canal. A ce stade il n'a pas été repéré de venues d'eau, le drainage en arrière du mur cloué de la zone de croisement n'apparaît pas nécessaire, des barbacanes au débouché de drains courts seront nécessaires dans le mur en cas de repérage de présence d'eau localement en cas de passage préférentiel.

- **Variante au mur amont cloué : dans le cas où aucune amélioration ne pourrait être envisagée pour limiter la présence d'eau en provenance du canal (infiltrations et irrigation),** les variantes les plus adaptées au contexte consisteraient (1) à prendre en compte des situations de nappe de versant dans les calculs de stabilité, et d'assurer le long terme en **remplaçant le clouage par des tirants ancrés** plus en profondeur dans la moraine surconsolidée ou le rocher et/ou (2) à **déporter le tracé au moins partiellement en aval** pour permettre de limiter l'emprise des terrassements et la surface du mur, **avec la reconstruction complète du mur aval** en-dessous du mur actuel et en limite du domaine public. Dans cette deuxième variante, les tirants seront répartis entre le mur amont et le mur aval de façon à bloquer les mouvements futurs sous la route et en amont.

8.3. Zone 3 « Virage au rocher » TrA:43 à TrB:11

- **Profils ARTELIA : TrA:43 à TrB:11**

- **Sondages P3 et P3bis, PN31 et PN32 et SIS03**

- **Sols hétérogènes,** rocher calcaire très variable depuis un litage centimétrique accentué par l'exposition aux cycles gel-dégel et très fracturé ou en bancs métriques massifs et compacts, visible en affleurement au virage et au-delà, et retrouvé sous la terre végétale côté RD902. De part et d'autre en s'éloignant du virage, le rocher s'approfondit ensuite sous les recouvrements de moraines et d'éboulis mélangés.

- **Modèle géotechnique :** rocher +/- lité et fracturé affleurant à subaffleurant. Particularité liée à la présence éventuelle de cavité ou de tranchées liées à des travaux de captage hydraulique abandonnés (canal d'amenée, réservoirs enterrés…).

- **Terrassement en déblai** avec des moyens puissants en cas de rocher lité et fracturé, l'utilisation d'un brise-roche hydraulique sera limité au dégagement de blocs en veillant à adapter la puissance et la fréquence pour préserver les murs les plus proches. Le parement du déblai fera apparaître des plans de litage ou de fracturation, la nature très variable des bancs calcaires ne permet pas de prévoir un fruit constant et le profil théorique à 1h/5v ne pourra pas être respecté strictement, des hors profils sont prévisibles avec la purge des blocs et bancs instables de petite taille. Dans le cas de dièdres ou blocs qu'il serait souhaitable de conserver, un clouage ou un boulonnage seront nécessaires. Après purge du parement en fin de terrassement, des parties plus sensibles au gel pourront évoluer avec le

temps et nécessiter des purges d'entretien et l'enlèvement des pierres détachées voire la pose d'un grillage pour limiter les interventions.

- **Glissement de terrain en zone G2 du PPR non confirmé sauf localement** côté RD902 lorsque le recouvrement d'éboulis et de plaquage de moraine augmente en épaisseur, et côté fort avec des éboulis plus ou moins vifs, partiellement recolonisés par la végétation.

- **Chute de blocs et de pierres en zone P3 du PPR, zone C1 et B classée dans le rapport SAGE en aléa moyen à fort** pour l'aléa diffus et les chutes de blocs, dont les volumes résiduels attendus au niveau de la route sont inférieurs à 0,5 m³ et en **aléa faible à moyen** pour les éboulements de masses, dont les volumes résiduels sont compris entre 1 et 10 m³ au niveau de la voie d'accès. L'augmentation des aléas correspond pratiquement au passage du virage (voir au § 2.6.5).

- **G5 : mur aval existant** avec un état s'améliorant en s'approchant vers le virage à partir de la limite des tronçons A-B et vers B, avec un mur existant repris et maçonné sur 15 ml environ, et avec une partie finale en réutilisation locale des pierres calcaires litées et gélives, ce qui va diminuer sa durée de vie. En s'éloignant côté RD902 au passage avec le tronçon A, le mur est déformé surtout lorsque sa hauteur dépasse 2,5 m (face aux parcelles 784 et 787), avec une partie plus loin où le mur bombé est près d'exploser et nécessitera rapidement des travaux de confortement ou de reconstruction (parcelle 789) et déjà ruiné au débouché de la traversée en canal couvert (entre les parcelles 789 et 800). Pour ces parties de mur, le remblaiement par une banquette avec les matériaux de déblai issus des travaux permettrait de reconstituer une butée de pied et un cheminement plus facile pour inspecter le mur en profitant du recul des parcelles privées 821 et 822, tout en préparant les travaux de reprise et de confortement qui seront nécessaires à terme (jointoiement, liernes et tirants par exemple, ou reconstruction de parties trop déformées ou éboulées). Tous ces travaux doivent être considérés comme des confortements à durée de vie limitée, et nécessiteront une inspection régulière pour vérifier l'absence d'évolution ou pour programmer des travaux de reprise.

- **Traitement des eaux** superficielles à prévoir en récupération de surface le long de la voirie neuve côté fort jusqu'au virage (cunette en enrobé) avec rejet en prolongement de la traversée existante vers le talus aval et exutoire sur le rocher affleurant en pied de mur (rejet actuel avec affouillement en pied de buse). Après le virage côté RD 902, prévoir la récupération des eaux par le prolongement de la cunette au-dessus d'une tranchée drainante étroite avec incorporation d'un **drain de type bâtiment avec cunette intégrée** (surtout **pas de drain routier** qui permet à la fois le drainage et la réinfiltration). Voir comme pour la zone 2 avec le gestionnaire du canal les modalités de suppression des infiltrations en renforçant l'étanchéité du parcours, déjà en partie busé au passage d'un éboulis vif ayant colmaté le canal, et de supprimer toute possibilité d'utilisation de l'irrigation des parcelles en aval du canal. Il a été repéré des zones de suintement et de petites venues d'eau circulant sur le toit du rocher dans le virage, ces venues d'eau pouvant être attribuées à des pertes depuis le canal, en absence d'intempéries lors des observations et plusieurs jours avant. Le drainage en amont du rocher n'apparaît pas nécessaire et en absence de traitement du canal les suintements vont persister et seront récupérées par la cunette ou le fossé en pied de talus.

- **Variante à la paroi au rocher :** pas de proposition à ce stade au vu du contexte et du projet dans son tracé actuel

8.4. Zone 4 « Eboulis » TrB:11 à TrB:25

- **Profils ARTELIA : TrB:11 à TrB:25**

- **Sondages : P4, PN4, SP4, SE4 et SIS04**

- **Sols homogènes,** éboulis crus de rocher calcaire en plaquettes pratiquement sans matrice fine.

- **Modèle géotechnique** présenté dans les notes de calcul en annexes IV et VI

- **Terrassement en déblai prévus côté aval de stabilité très précaire**, nécessitant la réalisation d'une micro berlinoise pour prévenir tout éboulement des sols à proximité ou sous la ligne HT enterrée existante. Selon l'espacement des profilés et la hauteur de terrassement nécessaire pour dégager l'emprise du mur en L préfabriqué, un blindage perdu pourra être nécessaire. Le mur sera mis en place élément par élément à l'avancement sur un lit de pose en béton maigre grossier puis remblayé au fur et à mesure avec des matériaux auto-compactants.

- **Glissement de terrain en zone G2 du PPR confirmé**, il s'agit plutôt dans cette partie de la mise en place d'un éboulis naturel calé sur l'angle de frottement du talus naturel très partiellement recolonisé par la végétation. Il n'y a pas à proprement parler d'indice de glissement en dehors de petits réajustements de surface des éboulis.

- **Chute de blocs et de pierres en zone P3 du PPR, zone B et A classées dans le rapport SAGE en aléa fort** pour l'aléa diffus et les chutes de blocs, dont les volumes résiduels attendus au niveau de la route sont inférieurs à 0,5 m³ et en **aléa moyen** pour les éboulements de masses, dont les volumes résiduels sont compris entre 1 et 10 m³ au niveau de la voie d'accès (voir au § 2.6.5). A noter la présence du fossé du canal en pied de falaise permettant l'arrêt des blocs issus de la falaise juste au-dessus, moins utile pour des chutes de blocs depuis plus haut dans le versant.

- **Traitement des eaux** superficielles par la création d'une tranchée drainante peu profonde de façon à permettre l'infiltration des eaux de la voirie dans les éboulis, et en période hivernale des eaux de ruissellement sur le manteau neigeux. La perméabilité attendue des éboulis est très importante, l'essai d'eau au sondage P4 n'ayant pas permis de saturer le fond (perte totale sur 20 minutes d'essai).

- **Variante au mur en L : tout en conservant la paroi microberlinoise de protection de la ligne HT,** il pourrait être envisagé un mur en gabions permettant de limiter la surcharge côté aval (le gabion ayant une densité de l'ordre de 17 kN/m3).

8.5. Zone 5 « Virage au réservoir aval » TrB:25 à TrB:45

- **Profils ARTELIA : TrB:25 à TrB:45**

- **Sondages : P5 et PN5**

- **Sols homogènes,** éboulis crus de rocher calcaire en plaquettes pratiquement sans matrice fine, présomption forte de remblai issu des terrassements des fossés des fortifications, cette présomption n'ayant pas pu être confirmée en absence d'indice dans le sondage P5 resté très limité en volume (éboulement immédiat des parois au fur et à mesure du creusement).

- **Modèle géotechnique** similaire à celui de la zone 4 (avec la possibilité que les sols ne soient pas des éboulis en place naturellement mais des sols rapportés par les travaux de fortification.

- **Terrassement** en déblai en reculant le profil avec une pente identique à celle du talus actuel, ce qui va interférer avec l'un des sentiers de liaison vers le fort du Randouillet et vers le sentier du canal de Fontchristianne. Le terrassement va impacter également dans son emprise un poteau d'un réseau aérien. La pente, adoucie par rapport à la proposition initiale avec couverture en matelas gabionné ancré, devrait permettre comme pour l'état actuel d'assurer à terme la reprise de la végétation avec par exemple la projection ou l'épandage de terre végétale ensemencée ou d'autre procédé similaire.

- **Glissement** de terrain en zone G2 du PPR non confirmé, le versant en amont et alentour étant assez fortement remanié par les travaux autour des fortifications et la stabilité du site attestée par la présence d'un réservoir ancien (< 1950 ?) encore en service.

- **Chute de blocs et de pierres en zone P3 du PPR, en limite de la zone A classée dans le rapport SAGE en aléa fort** pour l'aléa diffus et les chutes de blocs, dont les volumes résiduels attendus au niveau de la route sont inférieurs à 0,5 m³ et en **aléa moyen** pour les éboulements de masses, dont les volumes résiduels sont compris entre 1 et 10 m³ au niveau de la voie d'accès (voir au § 2.6.5). A noter la présence d'un boisement de colonisation en amont de la route favorable à la probabilité d'arrêt d'une partie des chutes de blocs. Hors aléa naturel, prévoir des reprises de maçonneries à la base du mur biais présent avant le virage en amont de la route (déchaussement en bout de mur, quelques pierres éboulées un peu plus haut en partie basse.

- **Traitement des eaux** superficielles par la création d'une tranchée drainante peu profonde de façon à permettre l'infiltration des eaux de la voirie dans les éboulis, et en période hivernale des eaux de ruissellement sur le manteau neigeux. Faible probabilité de venue d'eau dans les terrassements du fait du fossé de la communication recoupant le versant sur une profondeur importante et de la perméabilité attendue similaire à celle de la zone 4 (dans le cas de matériaux remblayés, des passages moins perméables pourraient être retrouvés, à préciser à l'ouverture des fouilles.

- **Variante** au recul du talus : une première variante permettant de limiter l'emprise du talus à créer serait de créer un mur en pied ou en tête, ces solutions n'ont pas été retenues compte tenu de la nature sans matrice de l'éboulis ou du remblai, avec une absence de tenue en fouille au-delà de l'angle de talus naturel (soit le talus actuel). Une deuxième variante serait de réaliser la zone de croisement côté aval avec une solution similaire à celle adoptée pour la zone 4 : protection de la ligne HT par la réalisation d'une paroi microberlinoise préalablement à la réalisation de l'élargissement par mur en éléments préfabriqués ou en gabions.

8.6. Zone 6 et 7 « Communication Y » TrB:45 à TrC:14

- **Profils ARTELIA : TrB:45 à TrC:14**

- **Sondages : P6, PN6, PN7**

- **Sols hétérogènes,** éboulis crus de rocher calcaire en plaquettes pratiquement sans matrice fine alternant selon les remaniements autour des ouvrages de fortifications avec des remblais, présomption forte de pointements rocheux à faible profondeur principalement dans la montée entre le parking de Fontchristianne, le départ du sentier vers le quartier de la Schappe, et le long des fortifications jusqu'au-dessus du bâtiment de la communication Y : le rocher est visible en pied des murs, presque en continu côté fort des Têtes et plus localement côté fossés de la communication, ce qui indique qu'il plonge rapidement sous la route. A noter que cette portion de route d'accès n'existait

pas à l'origine (la route traversait par la communication Y) et que sa création a nécessité le comblement des deux fossés, comblement par des remblais soutenus par des murs et traversé par un busage réalisé dans un deuxième temps, avec reprise des remblais et des murs à l'aplomb des buses. Comme pour P5, les sols relevés en P6 sont vraisemblablement des remblais issus des terrassements des fossés des fortifications, avec pour P6 un mélange entre la fraction grossière et la fraction fine (VC2I1).

- **Modèle géotechnique** peu pertinent avec des variations rapides dans la composition du soubassement et du versant sur ces zones : sols naturels et remblayés, rocher profond à subaffleurant.

- **Terrassement** rasant et parties en remblai sans difficulté sauf en cas de remontée locale du rocher sous le profil et d'un profil en déblai (ou pour les réseaux).

- **Glissement de terrain :** non concerné pour le zonage du PPR, ce qui est confirmé, le versant en amont et alentour étant fortement remanié par les travaux autour des fortifications et la stabilité du site attestée par la qualité des ouvrages maçonnés en bordure du tracé.

- **Chute de blocs et de pierres localement en limite de zone P3 du PPR** sous les murs des fortifications amont côté fort des Têtes, secteur non étudié dans l'étude SAGE. Cet aspect non impactant pour les travaux de la voirie sera repris dans l'étude des risques naturels du site « Briançon » (se reporter au document ANTEA GROUP à venir). Prévoir le **confortement par clouage** du bloc soutenant l'angle du mur en face du mémorial (côté fort, au départ du chemin d'accès « Sud »), et la suppression des arbres en tête du mur sous le chemin (risque de développement des racines et détérioration de la maçonnerie du mur en partie haute).

- **Traitement des eaux** superficielles par collecte en pied de murs dans une cunette dirigée et déversée côté amont des deux fossés ou directement diffusé dans les talus de part et d'autre en veillant à ne pas créer de point de concentration (risque de ravinement du parcours, comme actuellement un peu en aval du bâtiment). Faible possibilité de venues d'eau dans les sols à faible profondeur dans cette zone une fois les écoulements superficiels repris en cheminements. Faible perméabilité des sols, de l'ordre de 1.10-5 m/s, susceptible de saturation progressive en cas de présence d'eau continue.

- **Variante :** sans objet

8.7. Zone 8 à 10 « Au-dessus de la communication Y »

- **Profils ARTELIA : TrD:32 au fort des Têtes**

- **Sondages : P8, PN8, P9, et PN9, EM Fort1a-1b, EM Fort2 à EM Fort3, EM Fort4, EM Fort5a et 5b**

- **Sols hétérogènes,** moraine limoneuse à blocs VC2I1 en place ou remaniée par les travaux de terrassement antérieurs de la communication Y au champ de tir, puis éboulis pressentis par observation des talus et remblais d'éboulis associés entre le champ de tir et le fort, localement rocher calcaire à faible profondeur, visible en soubassement des fortifications des fossés à l'entrée du fort (pas de sondages dans cette partie). A noter la présence de blocs erratiques extraits des moraines, disposés sur le parking du champ de tir (Dmax > 1 m, concerne le tracé entre la communication Y et le champ de tir, champ inclus).

- **Modèle géotechnique** : zone 8 et 9 moraines à blocs sur toute la hauteur de terrassement, plus ou moins remaniée en surface (merlon, fossés, reprofilage de la pente) et peu pertinent pour la zone 10 avec des variations rapides dans la composition du soubassement et du versant sur ces zones : sols naturels et remblayés, rocher peu profond à subaffleurant.

- **Terrassement** rasant et parties en remblai ou en déblai de merlons remblayés, sans difficulté sauf en cas de remontée locale du rocher sous le profil et d'un profil en déblai (ou pour les réseaux)

- **Glissement de terrain :** non concerné pour le zonage du PPR, ce qui est confirmé, le versant en amont et alentour étant aussi localement remanié par les travaux autour des fortifications et du champ de tir.

- **Chute de blocs et de pierres localement en limite de zone P3 du PPR** dans la ligne droite d'arrivée au champ de tir**.** Cet aspect non impactant pour les travaux de la voirie sera repris dans l'étude des risques naturels du site « Briançon » (se reporter au document ANTEA GROUP à venir). Prévoir s'il est conservé la reprise des maçonneries du mur Ouest au dernier passage étroit avant le parking du fort (mur dégradé).

- **Traitement des eaux** superficielles directement diffusées dans les talus de part et d'autre ou en tranchée drainante, en veillant à ne pas créer de point de concentration (risque de ravinement en aval). Faible possibilité de venues d'eau dans les sols à faible profondeur dans cette zone, à préciser pour le champ de tir pour lequel il n'a été possible de réaliser que la prospection électromagnétique (risque pyrotechnique en cours de traitement). En zone 9, faible perméabilité des sols, de l'ordre de 1.10-5 m/s, susceptible de saturation progressive en cas de présence d'eau continue.

- **Variante :** sans objet

9. Voiries

9.1. Caractérisation de la plateforme et préconisations associés

9.1.1. Hypothèses de trafic

La seule hypothèse de trafic communiquée est celle attendue en phase chantier de la réhabilitation du fort, avec 15 PL/jour.

9.1.2. Classe de plateforme (PF)

Conformément au guide des terrassements routiers (GTR) et de la norme NF P 94-086 relative au dimensionnement de chaussées neuves les critères de réception sont détaillés ci-après.

Module	20 MPa ≤ E < 50 MPa	50 MPa ≤ E < 80 MPa	80 MPa ≤ E < 120 MPa	120 MPa ≤ E < 200 MPa	E ≥ 200 MPa
Classe de plateforme	PF1	PF2	PF2qs/PF2+	PF3	PF4

Aucun objectif de portance de plateforme n'a été transmis par le maitre d'ouvrage à ce stade de l'étude. Compte tenu du retour d'expérience d'Antea Group sur des projets similaires, des classes de plateforme de PF2 à PF2+ sont retenus au stade G2-AVP (**hypothèse à confirmer par le MOA**).

Ces modules devront être vérifiés par essais à la plaque après réalisation de la plateforme, conformément à la norme NF P 94-117 relative aux mesures de portance des plateformes.

9.1.3. Objectifs de portance de la PST

D'après le GTR, les niveaux de portance minimal requis à court terme pour la PST sont les suivants :

- Couche de forme en matériaux granulaires : Module EV2 à la plaque entre 15 et 20 MPa

La portance de la PST devra être évaluée au démarrage des travaux (essais à la plaque, évaluation de la classe GTR et de l'état hydrique …).

9.1.4. Préparation du fond de forme

Les voiries seront réalisées principalement en profil rasant, localement en déblais ou remblais latéraux, et partiellement aussi en remblai ou reprofilage du profil en long (zones 6 et 7 communication Y, zone 10 route du champ de tir au fort, et plateforme du champ de tir (parking et installations de chantier).

Les voiries devront être mises en place après décapage de l'épaisseur de terrains nécessaire à la mise en place de la structure de chaussée, et des formations de surface (terre végétale, remblais). Selon les zones, le fond de forme obtenu sera constitué par des matériaux gravelo-sableux et/ou limoneux à blocs. **La plupart des sols identifiés lorsqu'ils comportent une fraction fine sur le projet sont sensibles à l'eau, et peuvent brutalement changer de consistance pour de faibles variations de teneur en eau.** Seuls les éboulis crus sont insensibles à l'eau, avec une présomption de caractère gélif, ou évolutif en granulométrie sous sollicitation (fragmentabilité, dégradabilité), pour lequel les essais en laboratoire n'ont pas été acceptés.

Sur la base des résultats de sondages pénétrométriques et des essais de laboratoire, la classe de plateforme retenu à ce stade est côté RD 902 **PST2/AR1, dégradée en PST1/AR1 pour la demi-chaussée côté mur de soutènement en zone 2 et 3 (au droit des parcelles 814 à 784) et au-delà en zone 3 et 4 pour l'accotement aval**. Au-delà à partir du virage de la zone 5, la plateforme pourra être classée en **PST3/AR1**.

Dans tous les cas, une évaluation de la classe PST/AR sera établie au moment des travaux en fonction de la portance des sols et de leur état hydrique (caractérisation de la classe GTR et de l'état hydrique, essais à la plaque …).

En cas de conditions météorologiques défavorables (cas d'une PST très saturée au moment des travaux), des dispositions sont à prévoir, de manière à obtenir le niveau de portance initial minimal. La maîtrise de la préparation de la plateforme appartient à l'entreprise de terrassement et dépend notamment des conditions hydriques au moment des travaux, des moyens et des matériaux dont elle dispose. Nous recommandons de réaliser les travaux en période climatique favorable et de réserver les travaux les plus sensibles par temps sec persistant et de les interrompre dans le cas contraire.

Toute poche de remblai meuble ou terrain remanié devra être purgée. Le fond de forme devra être compacté avant mise en place de la couche de forme.

Les infiltrations et apports d'eau devront être limitées au niveau des sols supports de chaussées.

9.1.5. Traficabilité en phase chantier

Compte tenu de la sensibilité à l'eau des sols prévus en fond de forme, un traitement (cloutage, drainage, mise en place d'une couche de forme à l'avancement …) pourra s'avérer nécessaire pour assurer la circulation des engins de chantier, notamment en période pluvieuse.

9.1.6. Couche de forme

Le tableau ci-dessous donne l'épaisseur de couche de forme à retenir selon l'objectif de plateforme recherché selon les hypothèses suivantes :

- Matériaux granulaires de classe G21 sans traitement

Objectif plateforme	Matériaux couche de forme	Epaisseur couche de forme selon GTR
PF2	$G21_{ins}$, sans traitement	PST2AR1 : 50 cm PST3AR1 : 40 cm PST3AR2* : 30 cm
PF2+	$G21_{ins}$, sans traitement	PST2AR1 : 75 cm PST3AR1 : 65 cm PST3AR2* : 40 cm

*Passage en AR2 avec mesures de drainage à la base de la chaussée et d'imperméabilisation de l'arase

- Réemploi des matériaux du site : le réemploi des matériaux extraits des terrassements est recommandé, sous réserve de réaliser les identifications permettant de classer les sols selon le GTR et d'en suivre les préconisations de réemploi en couche de forme ou en remblai.

- La mise en œuvre des couches de forme devra respecter les conditions d'utilisations prescrites par le GTR (compactage et contrôle). Dans tous les cas, une planche d'essais devra être réalisée afin de définir les conditions optimales de mise en œuvre.

Les couches de forme seront réceptionnées par des essais à la plaque où on s'assurera d'obtenir un module de déformation EV2 supérieur à 50 MPa (PF2) ou 80 MPa (PF2+).

9.2. Gestion de l'eau

Il conviendra de prévoir des dispositifs de drainage en phases provisoires et définitives au niveau des ouvrages à créer permettant la captation et l'évacuation des eaux superficielles (eaux météoriques, eaux d'infiltration) vers des exutoires comme indiqué au chapitre 7 (barbacanes d'évacuation, drains en pied d'ouvrages, cunettes en tête de talus, caniveaux …) tout en vérifiant la compatibilité avec les contraintes réglementaires et l'usage local.

10. Missions géotechniques

Nous rappelons que la présente étude correspond à une étude géotechnique G1 (ES-PGC) et de conception – phase avant-projet (mission G2-AVP) ainsi que d'une mission de diagnostic géotechnique G5 pour le mur de soutènement aval, ces missions s'entendent au sens de la norme NF P 94 500 de novembre 2013 définissant les missions d'ingénierie géotechnique.

Conformément à l'esprit de cette norme, qui est de réduire étape par étape les risques liés au sol, elle doit être suivie par une étude géotechnique de conception en phase projet (mission G2-PRO).

Pour la phase de réalisation des travaux, une mission de supervision géotechnique (mission G4) devra être réalisée. Elle comportera, d'une part, la validation des documents géotechniques produits par l'entreprise, et d'autre part le suivi géotechnique du chantier, permettant de s'assurer que les terrains rencontrés présentent des caractéristiques géotechniques cohérentes avec les hypothèses faites dans le cadre des études, et le cas échéant définir en concertation avec l'entreprise les adaptations nécessaires.

Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable. Les incertitudes ou les réserves qui seraient mentionnées dans la prise en compte des résultats et dans les conclusions font partie intégrante du rapport.

En conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou d'une reproduction partielle de ce rapport et de ses annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'Antea Group ne sauraient engager la responsabilité de celui-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

Les résultats des prestations et des investigations s'appuient sur un échantillonnage ; ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas liés à l'hétérogénéité des milieux naturels ou artificiels étudiés. Par ailleurs, la prestation a été réalisée à partir d'informations extérieures non garanties par Antea Group ; sa responsabilité ne saurait être engagée en la matière.

Antea Group s'est engagé à apporter tout le soin et la diligence nécessaire à l'exécution des prestations et s'est conformé aux usages de la profession. Antea Group conseille son Client avec pour objectif de l'éclairer au mieux. Cependant, le choix de la décision relève de la seule compétence de son Client.

Le Client autorise Antea Group à le nommer pour une référence scientifique ou commerciale. A défaut, Antea Group s'entendra avec le Client pour définir les modalités de l'usage commercial ou scientifique de la référence.

Ce rapport devient la propriété du Client après paiement intégral de la mission, son utilisation étant interdite jusqu'à ce paiement. A partir de ce moment, le Client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser, sous réserve de respecter les limites d'utilisation décrites ci-dessus.

Pour rappel, les conditions générales de vente ainsi que les informations de présentation d'Antea Group sont consultables sur : https://www.anteagroup.fr/fr/annexes



ANNEXES

Annexe I : Plans d'implantation des sondages

Annexe II : Résultats des sondages et des essais géotechniques

Annexe III : Rapport ECR 4416560 v2 des mesures géophysiques

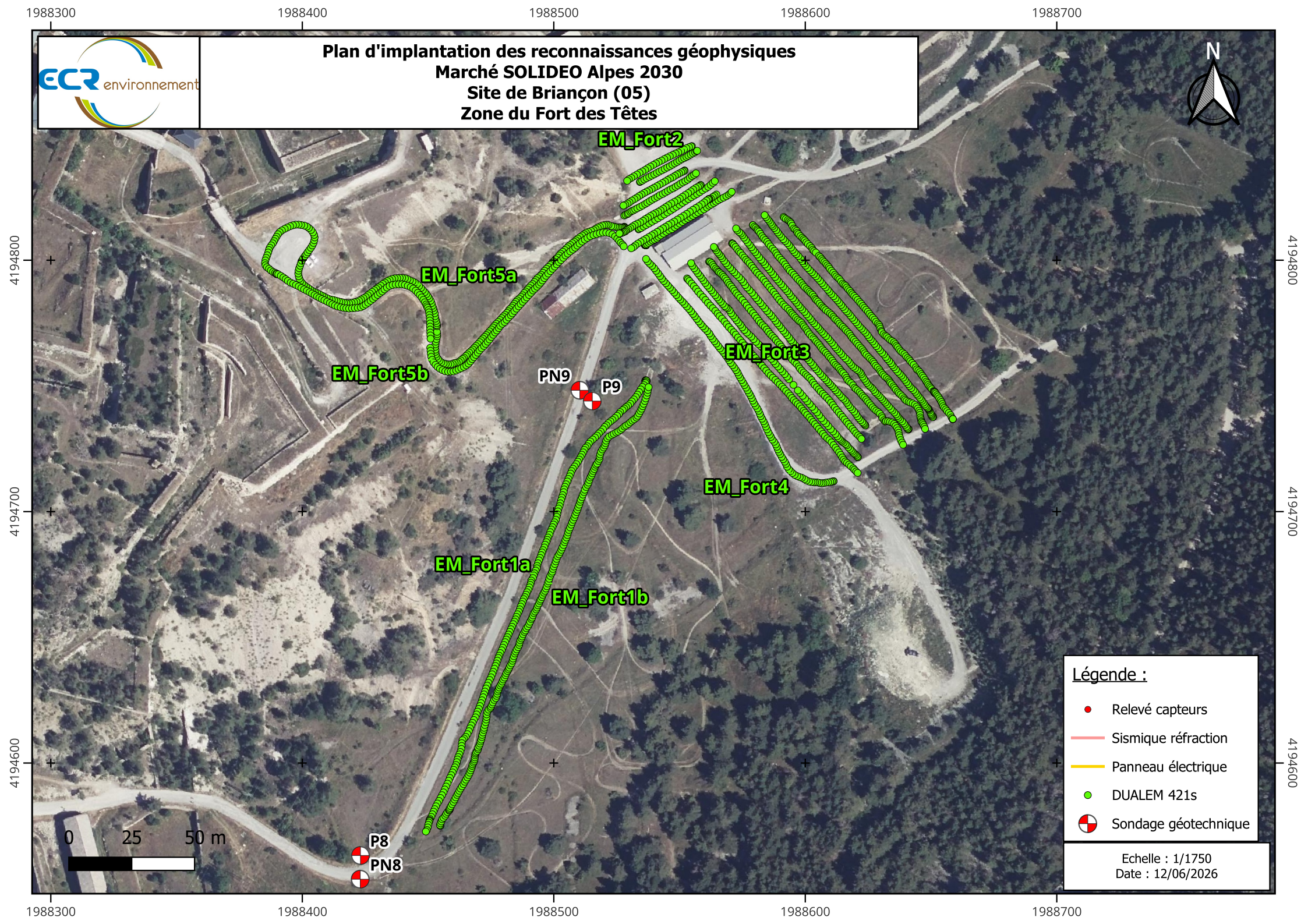
Annexe IV : Carnet des murs de soutènements (zones 1,2 et 4)

Annexe V : Profil de calculs – Parois clouées (zones 1 et 2)

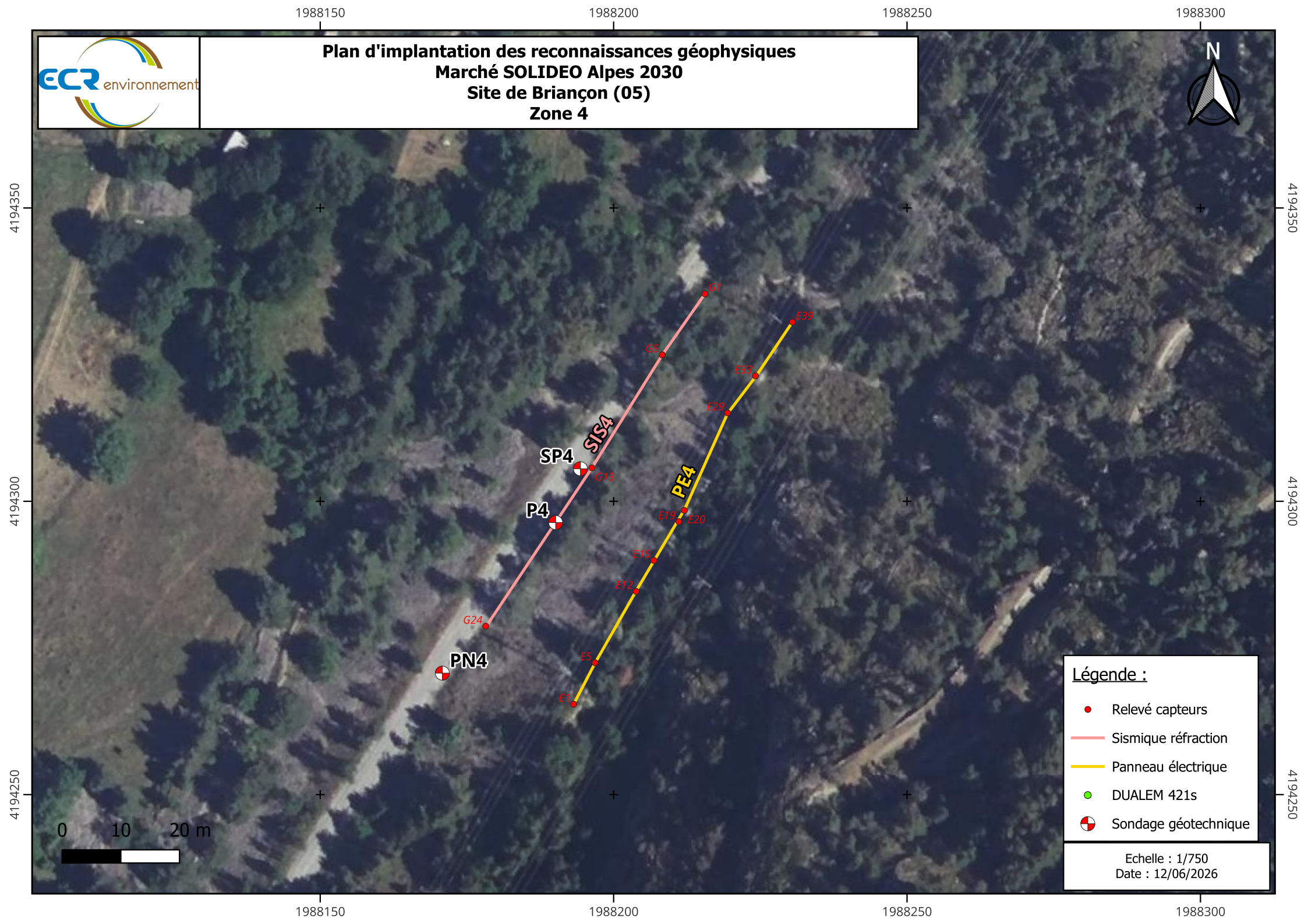
Annexe VI : Profil de calculs – Paroi et mur en L (zone 4)

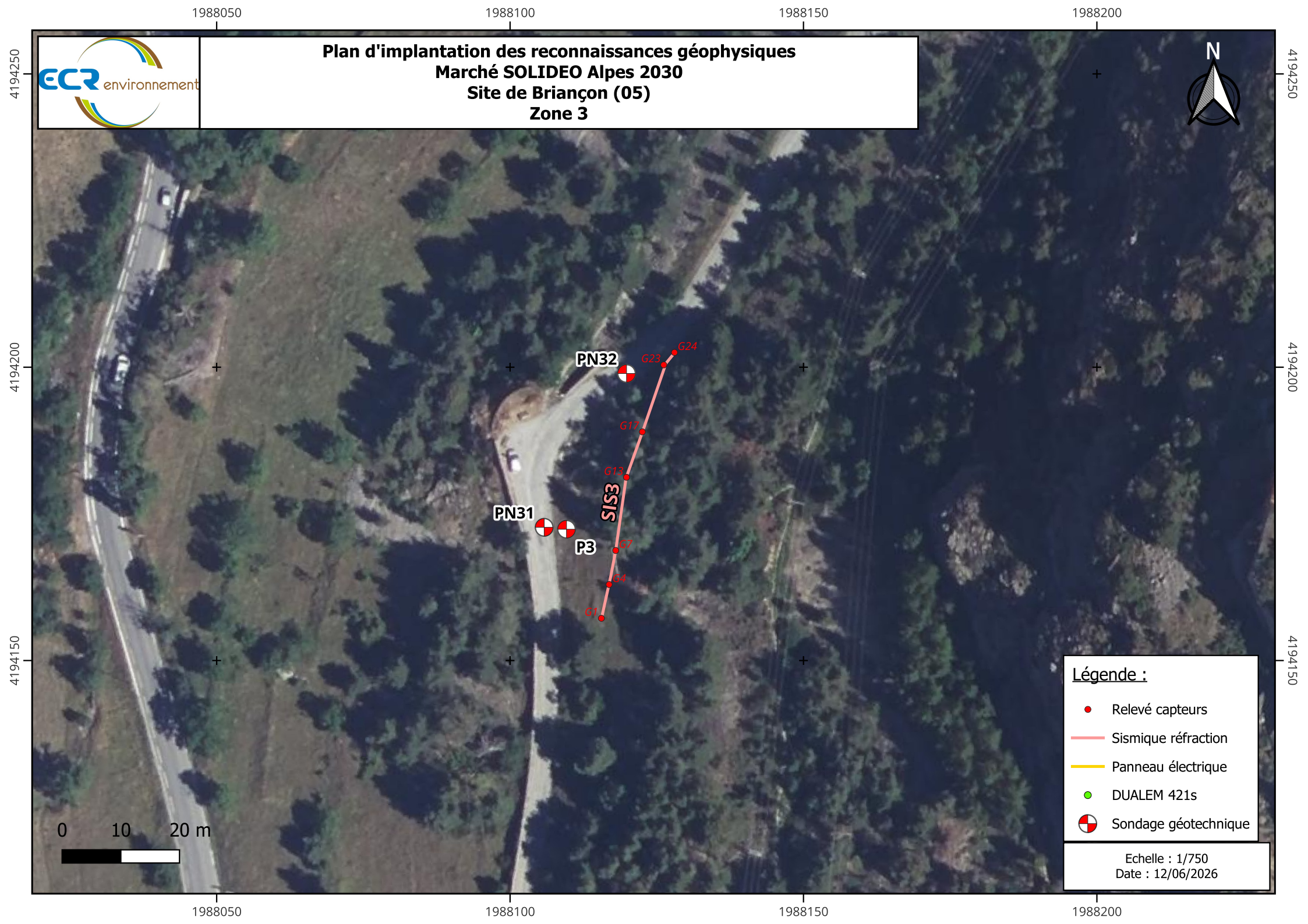
Annexe VII : Notes terrain du diagnostic G5 et reportage photographique

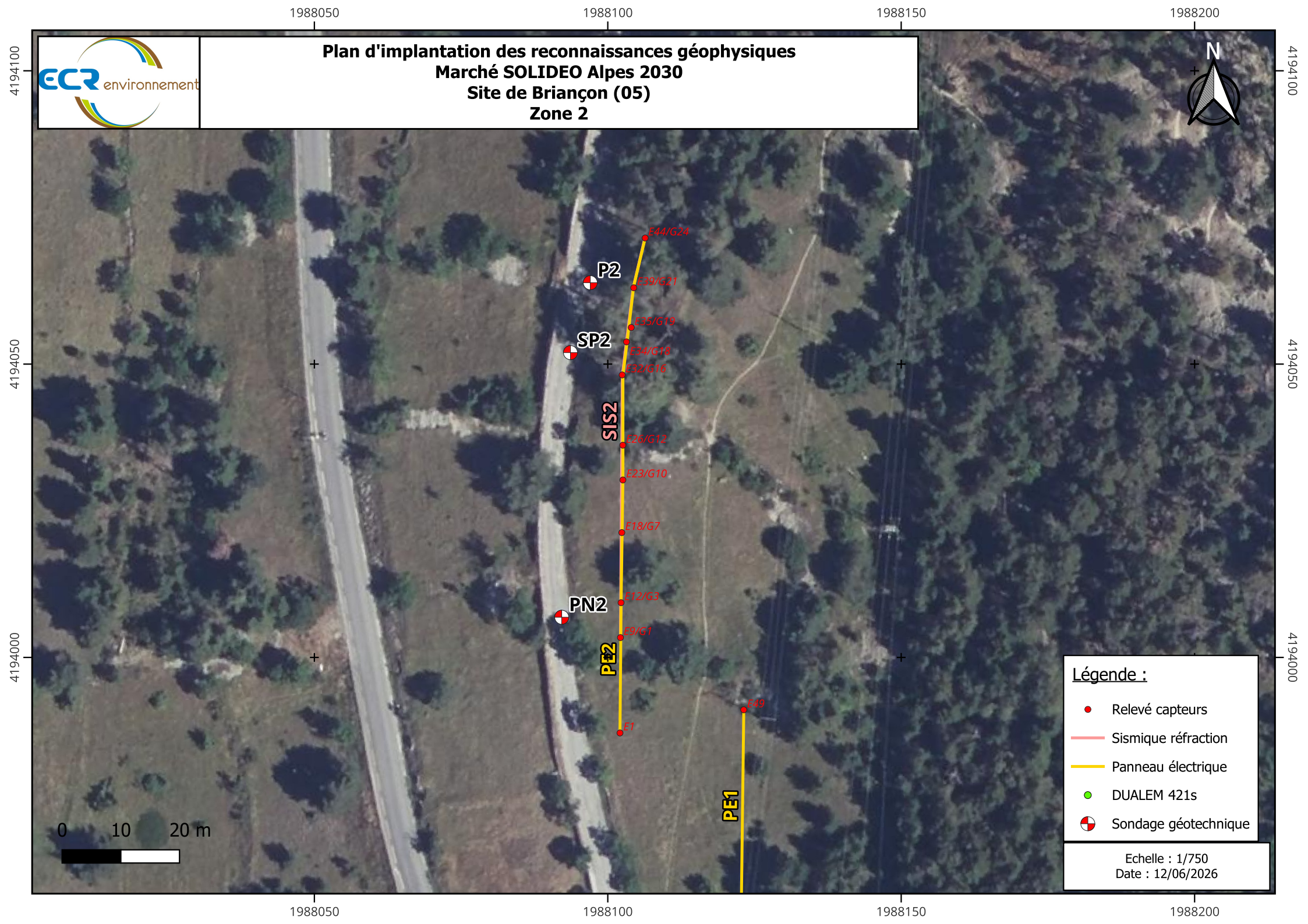
Annexe I : **Plans d'implantation des sondages**

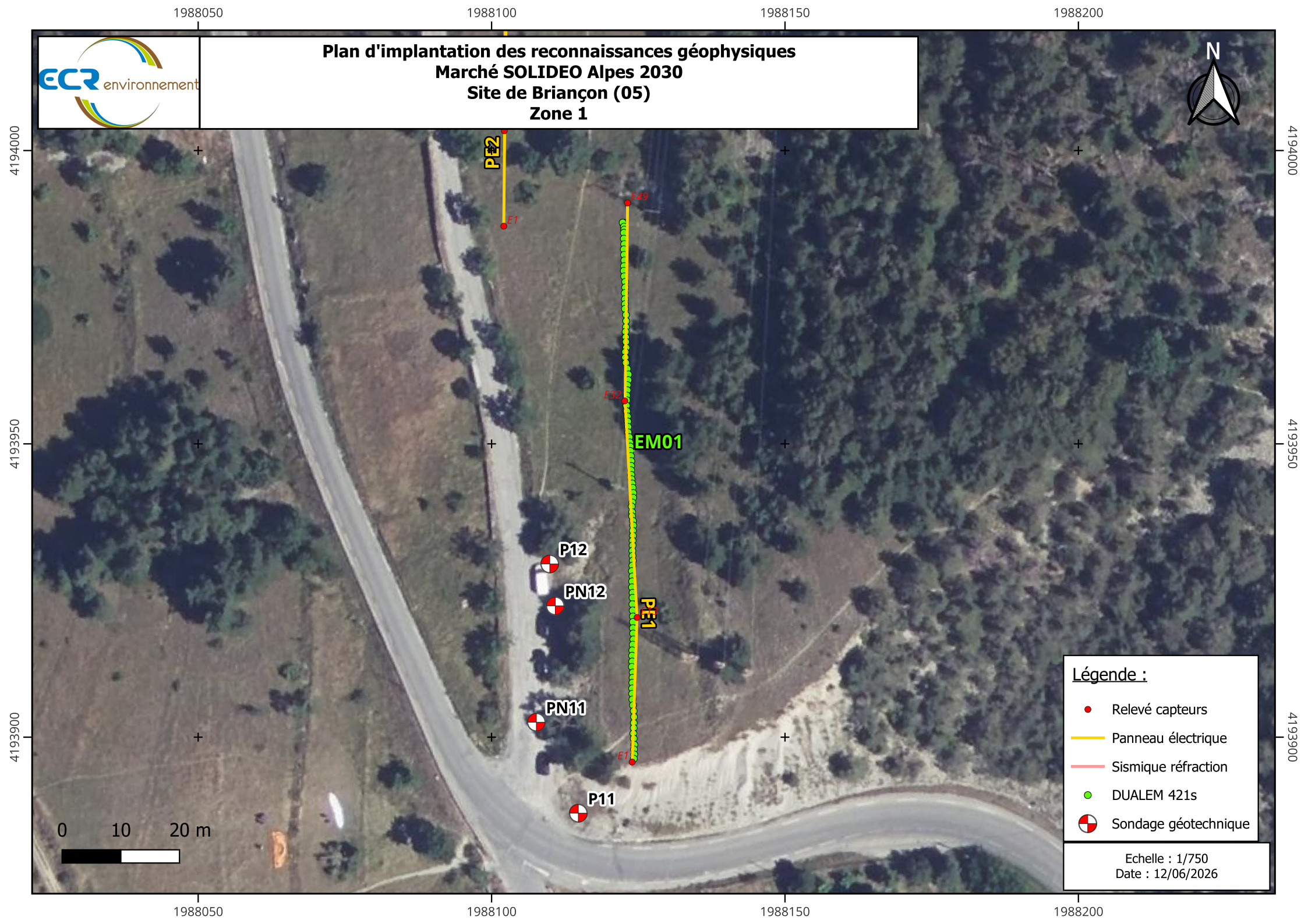

Plan d'implantation des reconnaissances géophysiques
Marché SOLIDEO Alpes 2030
Site de Briançon (05)
Zone du Fort des Têtes
ECR environnement
N
1988300
1988400
1988500
1988600
1988700
4194800
4194700
4194600
EM_Fort2
EM_Fort5a
EM_Fort5b
EM_Fort3
EM_Fort4
EM_Fort1a
EM_Fort1b
PN9
P9
P8
PN8
0
25
50 m
Légende :
Relevé capteurs
Sismique réfraction
Panneau électrique
DUALEM 421s
Sondage géotechnique
Echelle : 1/1750
Date : 12/06/2026


Plan de reconnaissance des sondages géotechniques
Légende
Sondages géotechniques
PN7
P6
PN6
PN5
P5
P8
PN8
Google Earth
Image © 2026 Airbus
N
100 m


Plan d'implantation des reconnaissances géophysiques
Marché SOLIDEO Alpes 2030
Site de Briançon (05)
Zone 4
ECR environnement
N
1988150
1988200
1988250
1988300
4194350
4194300
4194250
G1
G5
G13
G24
E39
E33
E29
E19
E20
E15
E12
E5
E1
SP4
SIS4
P4
PE4
PN4
0
10
20 m
Légende :
Relevé capteurs
Sismique réfraction
Panneau électrique
DUALEM 421s
Sondage géotechnique
Echelle : 1/750
Date : 12/06/2026


Plan d'implantation des reconnaissances géophysiques
Marché SOLIDEO Alpes 2030
Site de Briançon (05)
Zone 3
ECR environnement
N
1988050
1988100
1988150
1988200
4194250
4194200
4194150
PN32
PN31
P3
SIS3
G24
G23
G17
G13
G7
G4
G1
0
10
20 m
Légende :
Relevé capteurs
Sismique réfraction
Panneau électrique
DUALEM 421s
Sondage géotechnique
Echelle : 1/750
Date : 12/06/2026


Plan d'implantation des reconnaissances géophysiques
Marché SOLIDEO Alpes 2030
Site de Briançon (05)
Zone 2
ECR environnement
N
1988050
1988100
1988150
1988200
4194100
4194050
4194000
P2
SP2
PN2
SIS2
PE2
PE1
E44/G24
E39/G21
E35/G19
E34/G18
E32/G16
E26/G12
E23/G10
E18/G7
E12/G3
E9/G1
E1
E49
0
10
20 m
Légende :
Relevé capteurs
Sismique réfraction
Panneau électrique
DUALEM 421s
Sondage géotechnique
Echelle : 1/750
Date : 12/06/2026


Plan d'implantation des reconnaissances géophysiques
Marché SOLIDEO Alpes 2030
Site de Briançon (05)
Zone 1
ECR environnement
N
1988050
1988100
1988150
1988200
4194000
4193950
4193900
PE2
E1
E49
E52
EM01
P12
PN12
PE1
E1
PN11
P11
0
10
20 m
Légende :
Relevé capteurs
Panneau électrique
Sismique réfraction
DUALEM 421s
Sondage géotechnique
Echelle : 1/750
Date : 12/06/2026

Annexe II : **Résultats des sondages et des essais géotechniques**

Contrat 7304530

Briançon (05)
Voirie d'accès Fort des Têtes
SOLIDEO

Date : **27/05/2026** Cote NGF : **1370.4 m** Profondeur : **0,00 - 1,10 m**

Machine : **Pelle 9 T**

Forage : P11

Cote NGF	Prof. (m)	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	Photos
1370	0	Remblais graveleux 0,10 m - NGF : 1370,30 m		Pelle 9 tonnes - godet 45 cm	
	1	Limons graveleux à cailloux (30/40) et blocs (150/200) Refus compacité sol 1,10 m - NGF : 1369,30 m		1,10 m	

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

Contrat 7304530

Briançon (05)
Voirie d'accès Fort des Têtes
SOLIDEO

Date : **27/05/2026** Cote NGF : **1371.7 m** Profondeur : **0,00 - 1,30 m**

Machine : **Pelle 9 T**

Forage : P12

Cote NGF	Prof. (m)	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	Photos
	0	Remblais graveleux Présence de briques 0,20 m - NGF : 1371,50 m		Pelle 9 tonnes - godet 45 cm	
1371		Limons graveleux à cailloux (30/40) et blocs (200/300) Refus compacité sol et bocs			
	1	1,30 m - NGF : 1370,40 m		1,30 m	

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

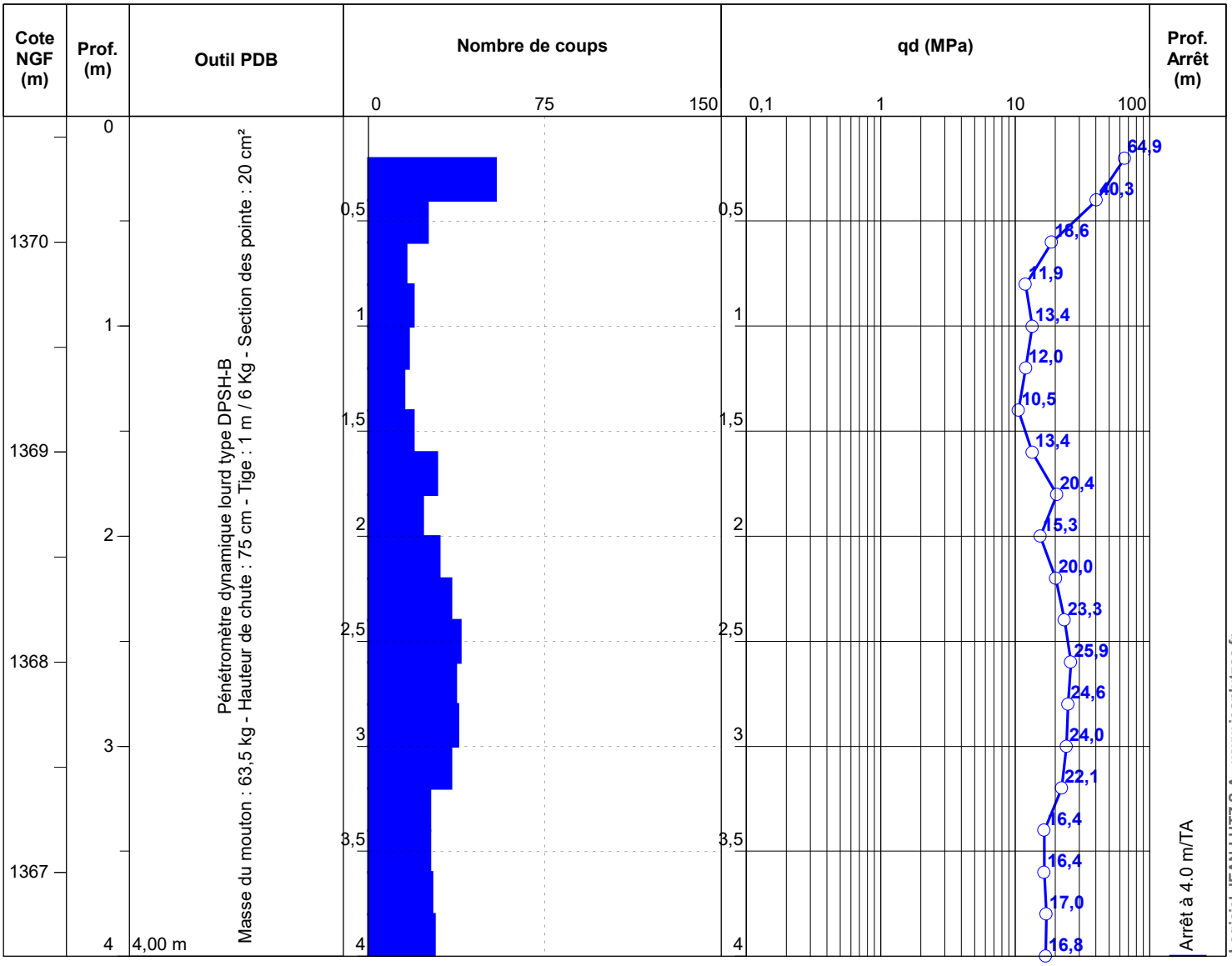
Briançon (05)
Voirie d'accès au Fort des Têtes
SOLIDEO

(Contrat 7304530)

Date début : **26/05/2026** Cote NGF : **1370.6 m** Profondeur : **0,00 - 4,00 m**

Machine : **Ecofore SL 160**

Forage : PN11



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

Briançon (05)
Voirie d'accès au Fort des Têtes
SOLIDEO

(Contrat 7304530)

Date début : **27/05/2026** Cote NGF : **1371.6 m** Profondeur : **0,00 - 1,00 m**

Machine : **Ecofore SL 160**

Forage : PN12

Cote NGF (m)	Prof. (m)	Outil PDB	Nombre de coups (0 / 75 / 150)	qd (MPa) (0,1 / 1 / 10 / 100)	Prof. Arrêt (m)
1371	0 – 1	Pénétromètre dynamique lourd type DPSH-B Masse du mouton : 63,5 kg - Hauteur de chute : 75 cm - Tige : 1 m / 6 Kg - Section des pointe : 20 cm² 1,00 m	0,5 – 1	0,5 – 1 6,0 ; 17,1 ; 26,8 ; 0,7	Refus net à 1.0 m/TA

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

Briançon (05)
Voirie d'accès au Fort des Têtes
SOLIDEO

(Contrat 7304530)

Date début : **27/05/2026** Cote NGF : **1371.6 m** Profondeur : **0,00 - 1,00 m**

Machine : **Ecofore SL 160**

Forage : PN12 bis

Cote NGF (m)	Prof. (m)	Outil PDB	Nombre de coups (0 / 75 / 150)	qd (MPa) (0,1 / 1 / 10 / 100)	Prof. Arrêt (m)
1371	0 – 1	Pénétromètre dynamique lourd type DPSH-B Masse du mouton : 63,5 kg - Hauteur de chute : 75 cm - Tige : 1 m / 6 Kg - Section des pointe : 20 cm² 1,00 m	0,5 – 1	0,5 – 1 8,9 20,9 30,6 26,8	Refus net à 1.0 m/TA

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

PROCES-VERBAL D'ESSAI
CLASSIFICATION D'UN SOL
NF EN ISO 17892

REFERENCES	
N° affaire	73--
Localisation	JO VAFT

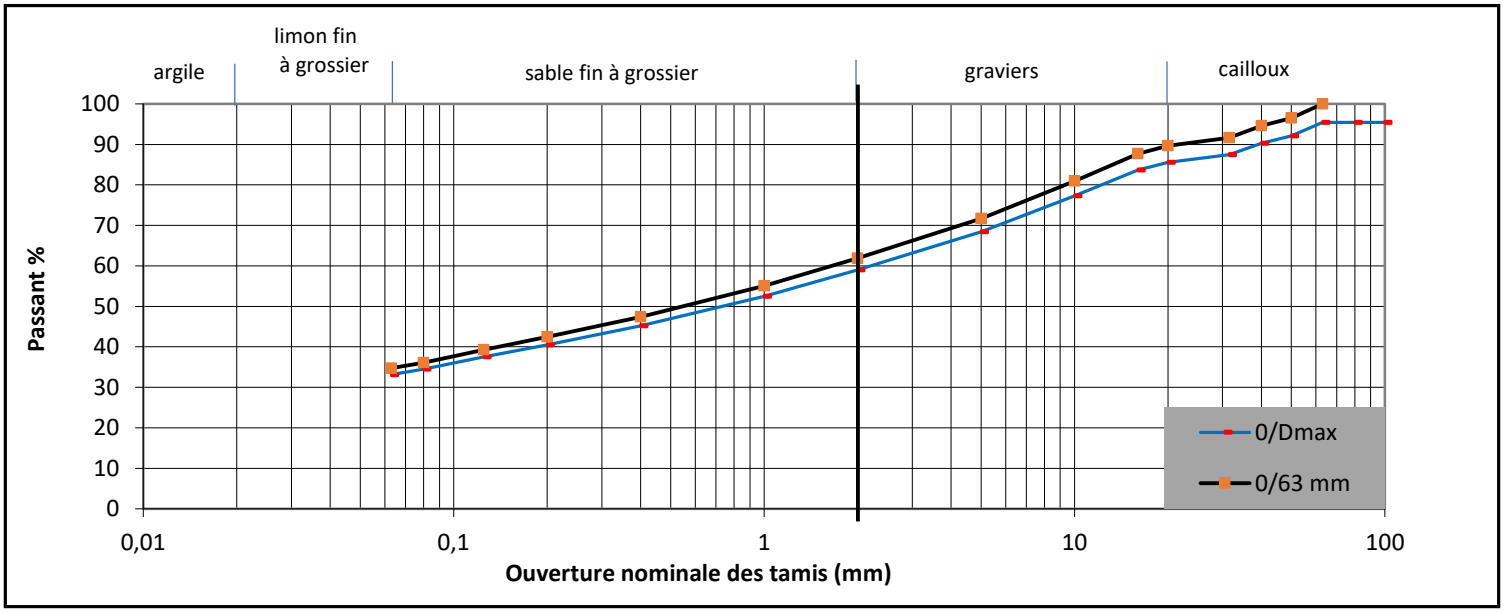
IDENTIFICATION DE L'ECHANTILLON	
Sondage	P11 - P12
Profondeur	1,00 m
Dmax	160 mm
Description	graves (anguleuses et roulées) sablo-limoneuses beige

INFORMATIONS GENERALES	
Date de prélèvement	-
Réception labo	-
Mode prélèvement	pelle mécanique
Conservation	sac

Température étuve 105°C

ANALYSE GRANULOMETRIQUE NF EN ISO 17892-4

Ø Tamis (en mm)	100	80	**63**	50	40	31,5	20	16	10	**5**	2	1	0,4	0,2	0,125	0,08	**0,063**
% Passant	95,4	95,4	**95,4**	92,1	90,3	87,4	85,5	83,7	77,3	68,4	59,0	52,5	45,2	40,5	37,5	34,5	**33,2**
% Passant sur 0/63mm			**100,0**	96,5	94,6	91,6	89,6	87,7	81,0	71,7	61,9	55,0	47,4	42,4	39,3	36,1	34,7



TENEUR EN EAU NF EN ISO 17892 -1		
W_{nat} =	**5,5**	**%**

VALEUR AU BLEU NF EN 17542-3		
VBS =	**0,25**	**g de bleu/100g sol**

REMARQUES	Classe matériau
	VC2I1

L'opérateur des essais
Pierre-Yves BOYER

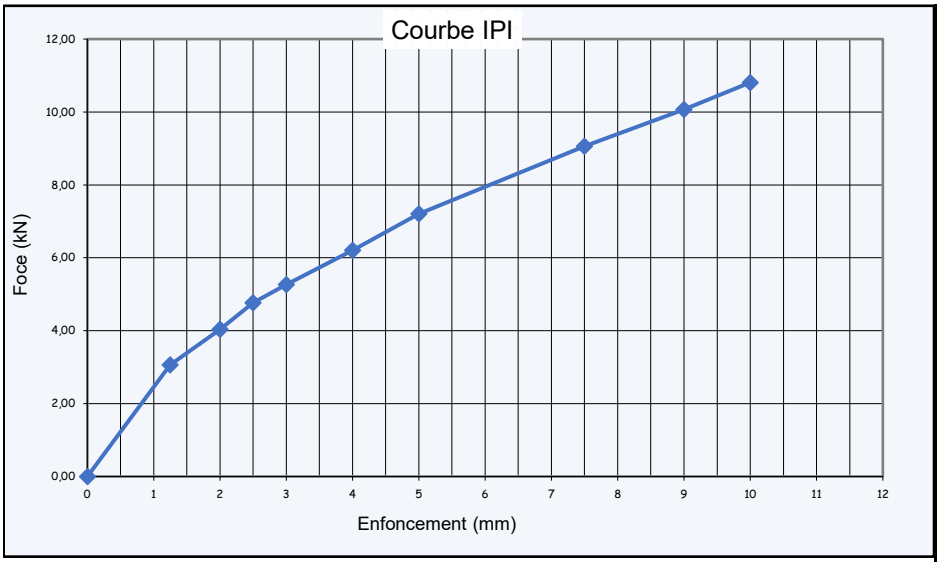
PROCES-VERBAL D'ESSAI
INDICE DE PORTANCE IMMEDIAT IPI
NF P 94-078

REFERENCES	
N° affaire	73--
Localisation	JO VAFT

IDENTIFICATION DE L'ECHANTILLON	
Sondage	P11 - P12
Profondeur	1,00 m
Description	graves (anguleuses et roulées) sablo-limoneuses beige

INFORMATIONS GENERALES	
Date de prélèvement	-
Réception labo	-
Mode prélèvement	pelle mécanique
Conservation	sac

Température étuve 105°C



Enfoncement (mm)	Force (kN)	Correction de la force (kN)
0	0,00	
1,25	3,06	
2	4,04	
2,5	4,76	
3	5,26	
4	6,20	
5	7,21	
7,5	9,06	
9	10,07	
10	10,81	

TENEUR EN EAU NF P 94-050		
W_{nat} =	5,5	%

INDICE PORTANT IMMEDIAT IPI				
Teneur en eau de confection en %	**W c =**	5,2	**IPI en % =**	36,2
Masse volumique sèche de confection kg/cm^3	**ρ_d c =**	2,08		

REMARQUES
Moule CBR Compactage normal/manuel

L'opérateur des essais
Pierre-Yves BOYER

N° Dossier :	7304530	**Sondage :**	**P2**
Commune :	Briançon - VAFT (05)	Date :	27/05/2026
Client :	SOLIDEO	Opérateur:	L.M.

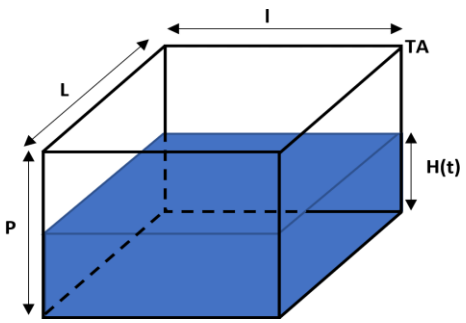
ESSAI DE PERMEABILITE - EP2
Essai à la fosse (MATSUO) à charge variable

Lithologie testée	**Limons à cailloux et blocs**	Saturation du sol	Oui
		Durée de l'essai [min]	60

Longueur de la fouille (L) [m]	0,80
Largeur de la fouille (l) [m]	0,45
Profondeur de la fouille / TA (P) [m]	1,90
Profondeur de la nappe / TA [m]	50,00

NB: TA = Terrain actuel (niveau de la surface)

Observations	/



Temps t [min]	Charge hydraulique H(t) [m]	Variations de charge ΔH(t) [m]
0	0,497	0,000
1	0,494	0,003
2	0,489	0,004
3	0,487	0,002
4	0,484	0,004
5	0,481	0,003
10	0,467	0,013
15	0,458	0,009
20	0,446	0,012
25	0,436	0,010
30	0,428	0,008
40	0,411	0,017
50	0,399	0,012
60	0,383	0,016

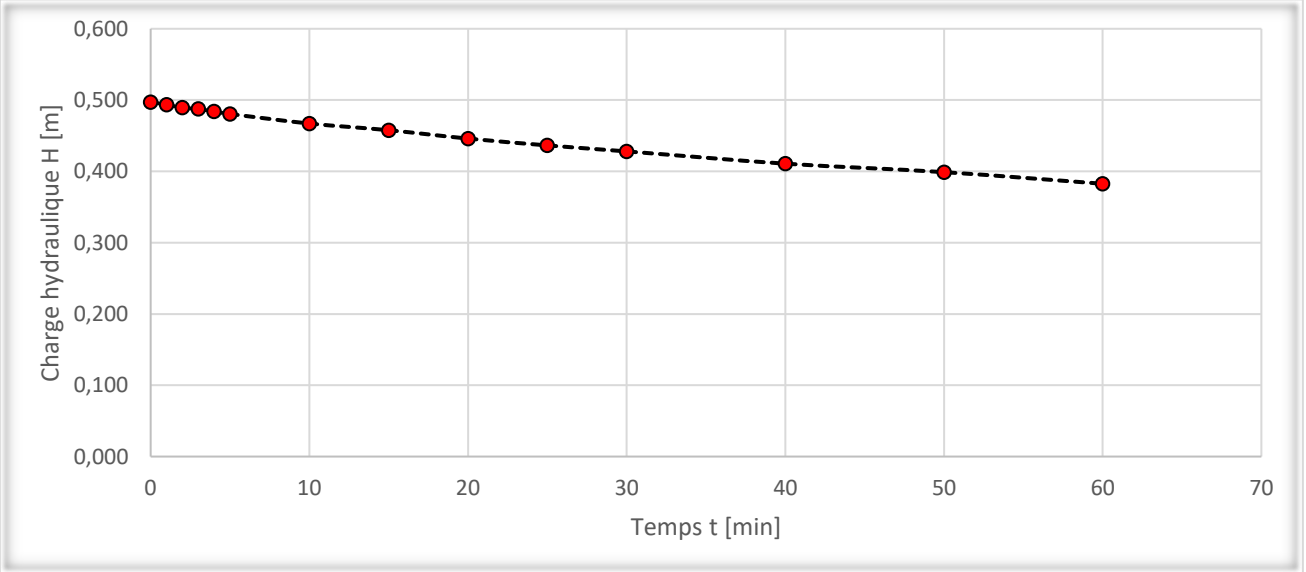
Profondeur de l'essai:

Niveau supérieur	1,40 m/TA
Niveau inférieur	1,90 m/TA

Le coefficient de perméabilité final a été obtenu en réalisant une moyenne des moyennes pondérées des perméabilités (calculées à partir de t(0) et par intervalles de temps) comprises entre 20 et 60 min.

Coefficient de perméabilité K :

K = 8,1E-06 m/s
= 29,172 mm/h



Contrat 7304530

Briançon (05)
Voirie d'accès Fort des Têtes
SOLIDEO

Date : **27/05/2026** Cote NGF : **-** Profondeur : **0,00 - 1,90 m**

Machine : **Pelle 9 T**

Forage : P2

Prof. (m)	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	Photos
0	Terre végétale 0,10 m		Pelle 9 tonnes - godet 45 cm	
1	Limons graveleux à cailloux (30/40) et blocs (400) Arrêt : proximité HTA			
	1,90 m		1,90 m	

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

Briançon (05)
Voirie d'accès au Fort des Têtes
SOLIDEO

(Contrat 7304530)

Date début : **26/05/2026** Cote NGF : **1374.6 m** Profondeur : **0,00 - 1,00 m**

Machine : **Ecofore SL 160**

Forage : PN2

EXGTE 3.20/GTE

Cote NGF (m)	Prof. (m)	Outil PDB	Nombre de coups (0 / 75 / 150)	qd (MPa) (0,1 / 1 / 10 / 100)	Prof. Arrêt (m)
1374	0 – 1	Pénétromètre dynamique lourd type DPSH-B Masse du mouton : 63,5 kg - Hauteur de chute : 75 cm - Tige : 1 m / 6 Kg - Section des pointe : 20 cm² 1,00 m	0,5 – 1	0,5 – 1 39,5 82,0 44,0 76,0 Refus à 1.0 m/TA	

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

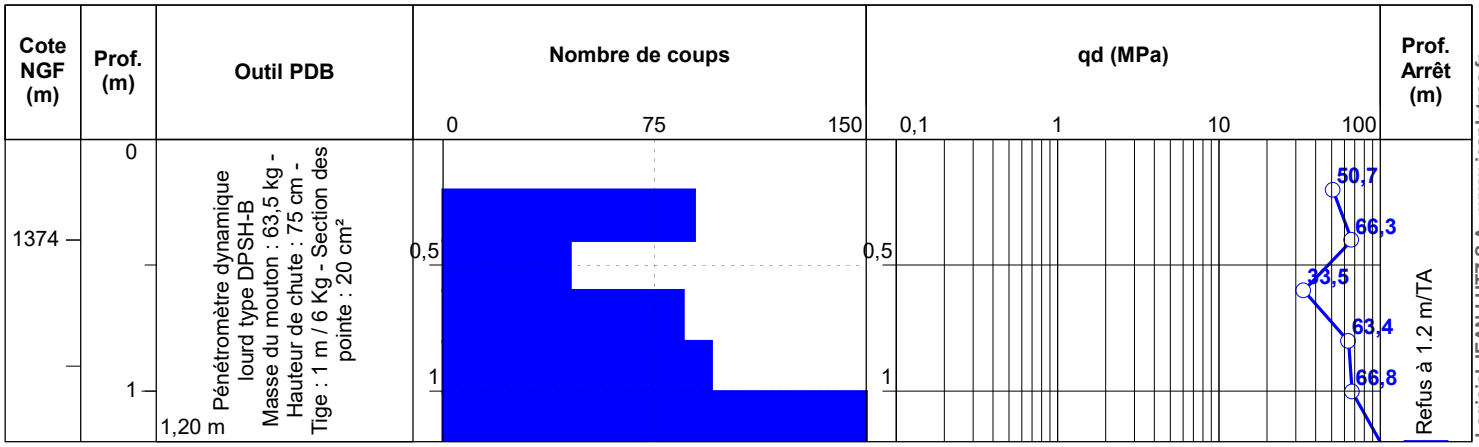
Briançon (05)
Voirie d'accès au Fort des Têtes
SOLIDEO

(Contrat 7304530)

Date début : **26/05/2026** Cote NGF : **1374.4 m** Profondeur : **0,00 - 1,20 m**

Machine : **Ecofore SL 160**

Forage : PN2 bis



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

ECR environnement

Client : **SOLIDEO**
Etude : **Voirie d'accès Fort des têtes**
Site : **Briançon (05)**
Mission : **G1** Affaire n°: **N 44° 53,2817**

Date : **28/05/2026**
Type : **Sondage pressiométrique**
Echelle : **1/50**
Cote z : **1376.5 m NGF**

SP2

Enrobé et couche de forme
0,50 m - NGF : 1376,00 m

Sables peu argileux à cailloux
1,50 m - NGF : 1375,00 m

Graves sablo-limoneuses
Éboulis / moraine
4,60 m - NGF : 1371,90 m

Graves argileuses
Moraine
6,90 m - NGF : 1369,60 m

Graves argileuses compactes à blocs
Moraine
11,00 m - NGF : 1365,50 m

Module pressiométrique Em (MPa): 2,8 ; 11,0 ; 1,0 ; 1,5 ; 6,2 ; 10,4 ; 45,9 ; 51,7 ; 49,0

Pression limite Pl* (MPa) O / Pression de fluage Pf* (MPa) □: 0,21 ; 0,28 ; 0,79 ; 1,33 ; 0,02 ; 0,02 ; 0,10 ; 0,15 ; 0,52 ; 0,91 ; 0,93 ; 1,50 ; 3,79 ; 5,00 ; 3,31 ; 5,00 ; 3,98 ; 5,00

Em/Pl*: 10,1 ; 8,3 ; 63,3 ; 10,0 ; 6,8 ; 6,9 ; 9,2 ; 10,3 ; 9,8

Outil: Tubage NW Ø 88 mm - Tricône Ø 66 mm - 10,00 m ; Tricône Ø 66 mm - 11,00 m

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

EXGTE 3.20/LB2EPF582FR

AE: arrivée d'eau en cours de forage - NE: niveau d'eau non stabilisé en fin de chantier - Atelier / Sondeur : Socomafor

PROCES-VERBAL D'ESSAI
CLASSIFICATION D'UN SOL
NF EN ISO 17892

REFERENCES	
N° affaire	73--
Localisation	JO VAFT

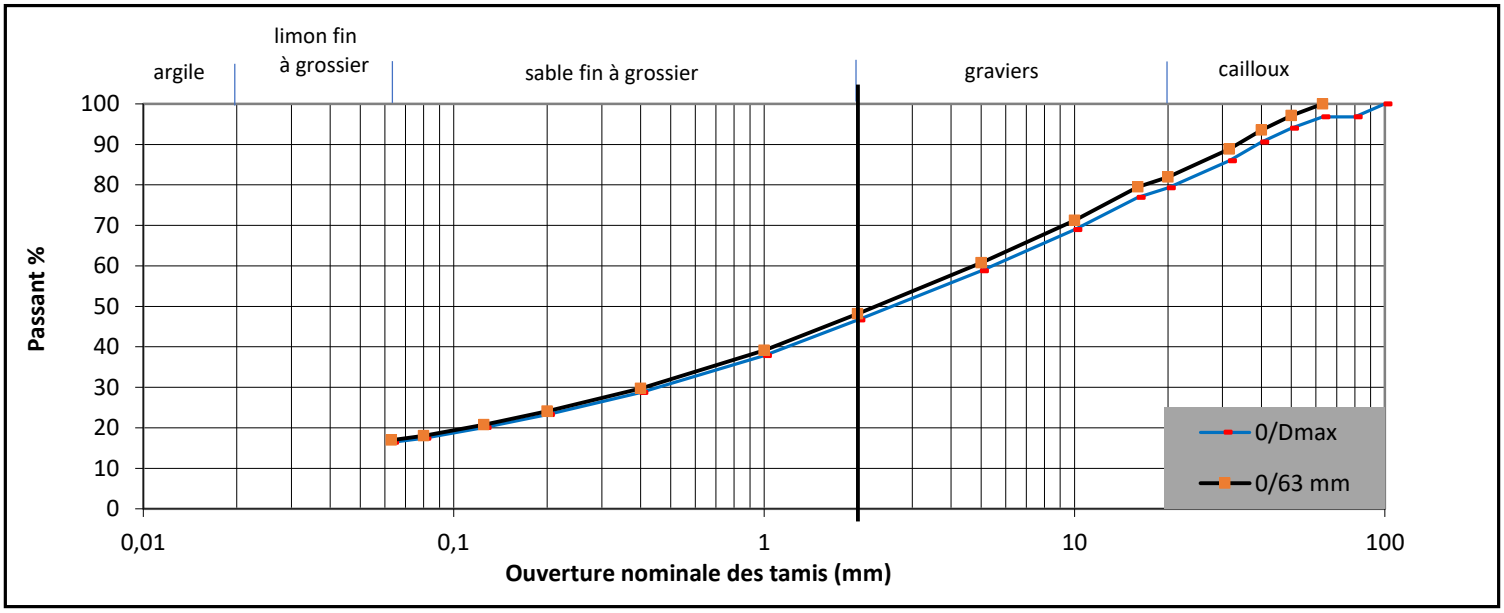
IDENTIFICATION DE L'ECHANTILLON	
Sondage	P2
Profondeur	1,00 m
Dmax	90 mm
Description	graves (anguleuses et roulées) sableuses légèrement limoneuse marron

INFORMATIONS GENERALES	
Date de prélèvement	-
Réception labo	-
Mode prélèvement	pelle mécanique
Conservation	sac

Température étuve 105°C

ANALYSE GRANULOMETRIQUE NF EN ISO 17892-4

Ø Tamis (en mm)	100	80	**63**	50	40	31,5	20	16	10	**5**	2	1	0,4	0,2	0,125	0,08	**0,063**
% Passant	100,0	96,8	**96,8**	94,0	90,6	86,0	79,3	76,9	68,9	58,8	46,6	37,8	28,7	23,3	20,1	17,4	**16,4**
% Passant sur 0/63mm			**100,0**	97,1	93,6	88,8	81,9	79,5	71,2	60,7	48,1	39,1	29,7	24,1	20,8	18,0	17,0



TENEUR EN EAU NF EN ISO 17892 -1		
W_{nat} =	4,4	%

VALEUR AU BLEU NF EN 17542-3		
VBS =	0,13	g de bleu/100g sol

REMARQUES	Classe matériau
	VC2I1

L'opérateur des essais
Pierre-Yves BOYER

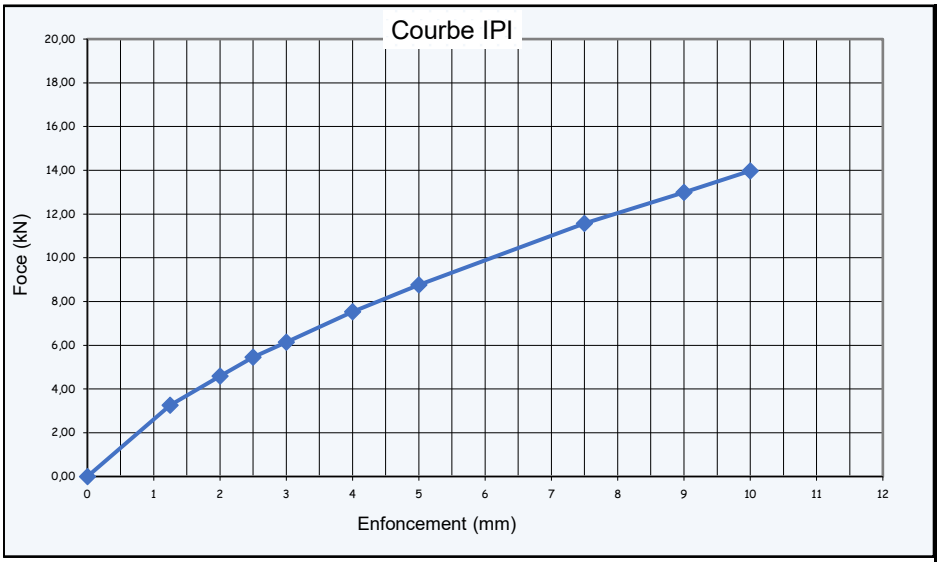
PROCES-VERBAL D'ESSAI
INDICE DE PORTANCE IMMEDIAT IPI
NF P 94-078

REFERENCES	
N° affaire	73--
Localisation	JO VAFT

IDENTIFICATION DE L'ECHANTILLON	
Sondage	P2
Profondeur	1,00 m
Description	graves (anguleuses et roulées) sableuses légèrement limoneuse marron

INFORMATIONS GENERALES	
Date de prélèvement	-
Réception labo	-
Mode prélèvement	pelle mécanique
Conservation	sac

Température étuve 105°C



Enfoncement (mm)	Force (kN)	Correction de la force (kN)
0	0,00	
1,25	3,25	
2	4,59	
2,5	5,46	
3	6,14	
4	7,53	
5	8,76	
7,5	11,57	
9	12,99	
10	13,98	

TENEUR EN EAU NF P 94-050		
W_{nat} =	4,4	%

INDICE PORTANT IMMEDIAT IPI				
Teneur en eau de confection en %	**W c =**	4,2	**IPI en % =**	43,9
Masse volumique sèche de confection kg/cm^3	**ρ_d c =**	2,14		

REMARQUES
Moule CBR Compactage normal/manuel

L'opérateur des essais
Pierre-Yves BOYER

Contrat 7304530

Briançon (05)
Voirie d'accès Fort des Têtes
SOLIDEO

Date : **27/05/2026** Cote NGF : **1381.9 m** Profondeur : **0,00 - 0,60 m**

Machine : **Pelle 9 T**

Forage : P3

Cote NGF	Prof. (m)	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	Photos
	0	Terre végétale 0,10 m - NGF : 1381,80 m		Pelle 9 tonnes - godet 45 cm	
		Limons graveleux à cailloux (30/40) et blocs (400) Refus sur toit rocher 0,60 m - NGF : 1381,30 m		0,60 m	

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

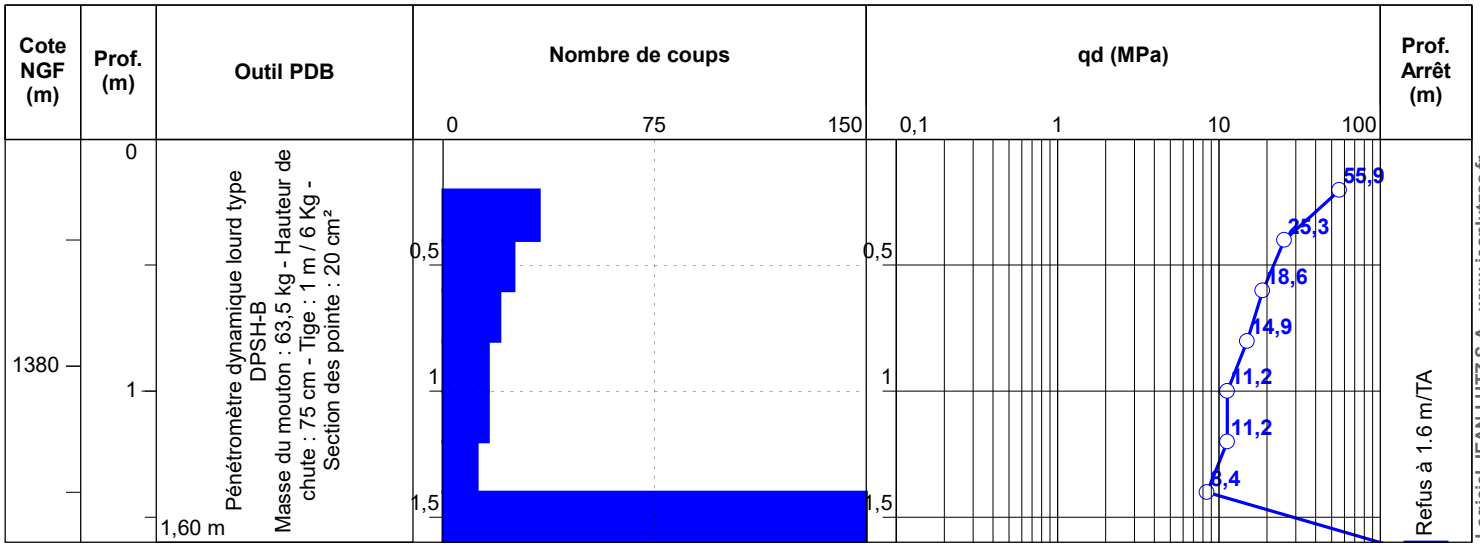
Briançon (05)
Voirie d'accès au Fort des Têtes
SOLIDEO

(Contrat 7304530)

Date début : **26/05/2026** Cote NGF : **1380.9 m** Profondeur : **0,00 - 1,60 m**

Machine : **Ecofore SL 160**

Forage : PN31



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

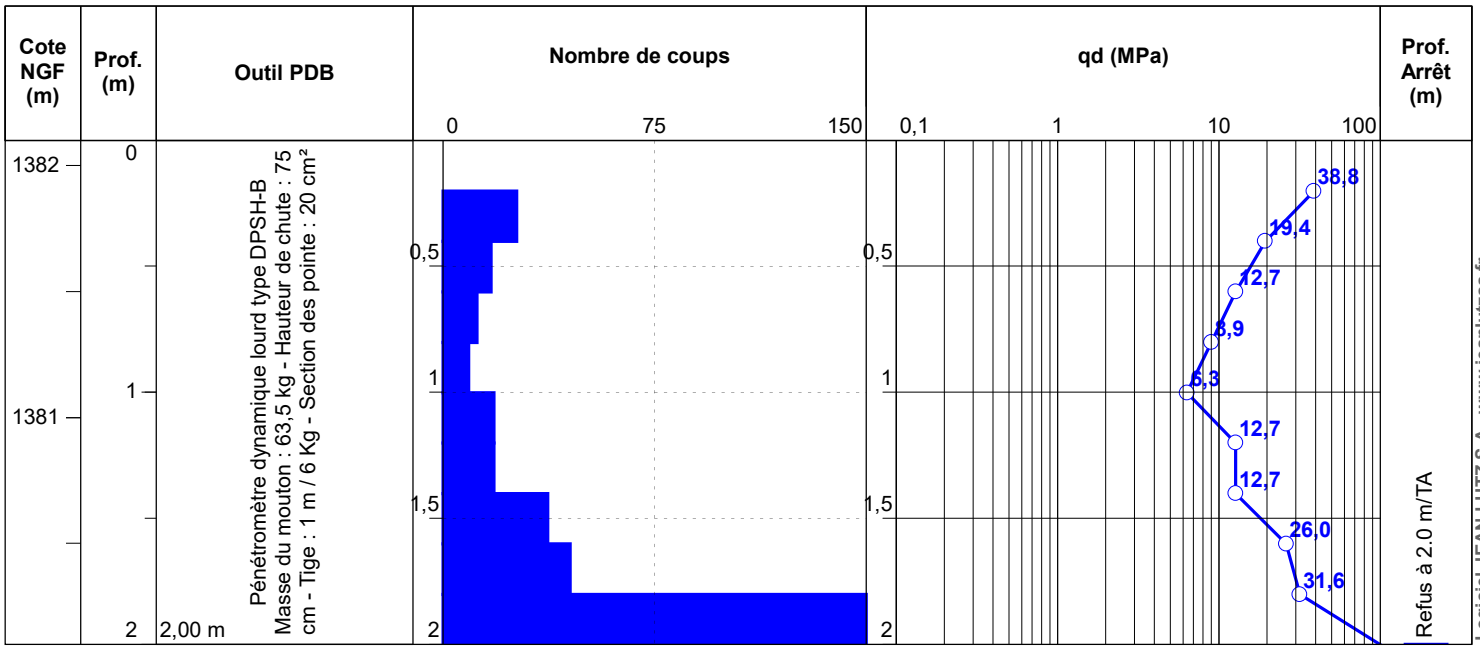
Briançon (05)
Voirie d'accès au Fort des Têtes
SOLIDEO

(Contrat 7304530)

Date début : **27/05/2026** Cote NGF : **1382.1 m** Profondeur : **0,00 - 2,00 m**

Machine : **Ecofore SL 160**

Forage : PN32



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

N° Dossier :	7304530	**Sondage :**	**P3**
Commune :	Briançon - VAFT (05)	Date :	27/05/2026
Client :	SOLIDEO	Opérateur:	L.M.

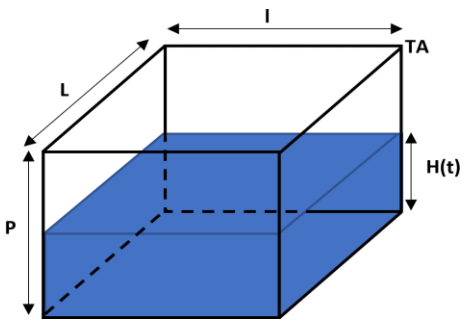
ESSAI DE PERMEABILITE - EP3
Essai à la fosse (MATSUO) à charge variable

Lithologie testée	**Limons à cailloux et blocs**	Saturation du sol	Oui
		Durée de l'essai [min]	45

Longueur de la fouille (L) [m]	0,80
Largeur de la fouille (l) [m]	0,45
Profondeur de la fouille / TA (P) [m]	0,65
Profondeur de la nappe / TA [m]	50,00

NB: TA = Terrain actuel (niveau de la surface)

Observations	Fin de l'essai à 45 min



Temps t [min]	Charge hydraulique H(t) [m]	Variations de charge ΔH(t) [m]
0	0,271	0,000
1	0,271	0,001
2	0,258	0,012
3	0,247	0,011
4	0,237	0,010
5	0,224	0,013
10	0,199	0,025
15	0,181	0,018
20	0,164	0,017
25	0,154	0,010
30	0,145	0,010
35	0,136	0,009
40	0,128	0,008
45	0,120	0,008

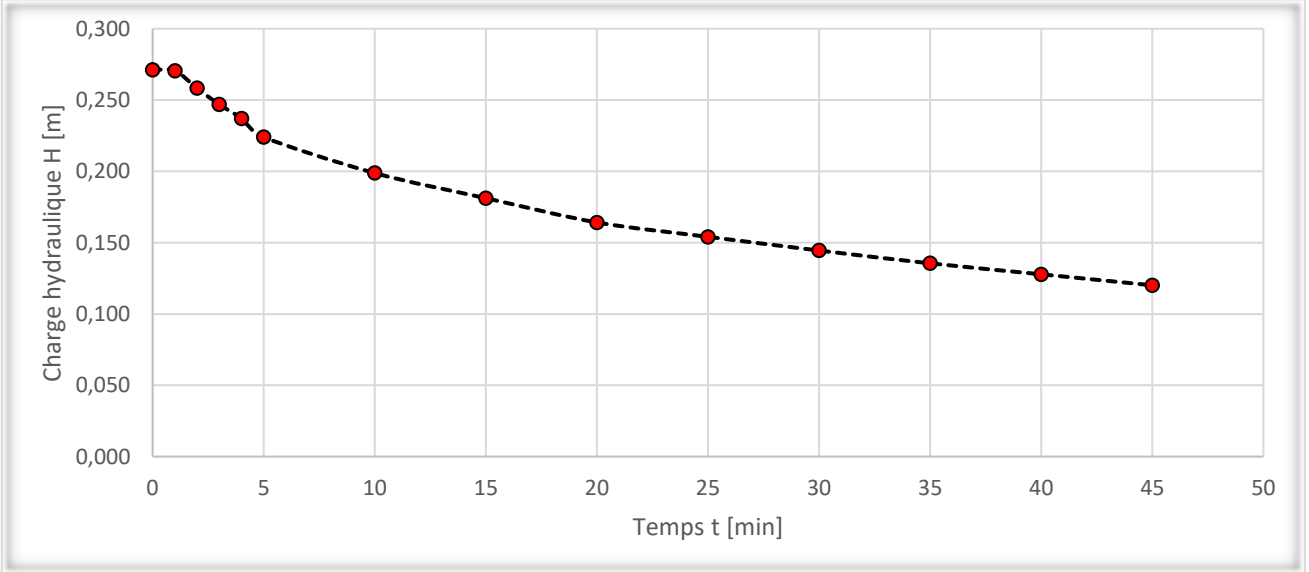
Profondeur de l'essai:

Niveau supérieur	0,38 m/TA
Niveau inférieur	0,65 m/TA

Le coefficient de perméabilité final a été obtenu en réalisant une moyenne des moyennes pondérées des perméabilités (calculées à partir de t(0) et par intervalles de temps) comprises entre 20 et 60 min.

Coefficient de perméabilité K :

K = 2,3E-05 m/s
= 81,983 mm/h



Contrat 7304530

Briançon (05)
Voirie d'accès Fort des Têtes
SOLIDEO

Date : **26/05/2026** Cote NGF : **1383.7 m** Profondeur : **0,00 - 0,30 m**

Machine : **Pelle 9 T**

Forage : P4

Cote NGF	Prof. (m)	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	Photos
	0	Blocs calcaires Arrêt : affouillement 0,30 m - NGF : 1383,40 m		Pelle 9 tonnes - godet 45 cm 0,30 m	

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

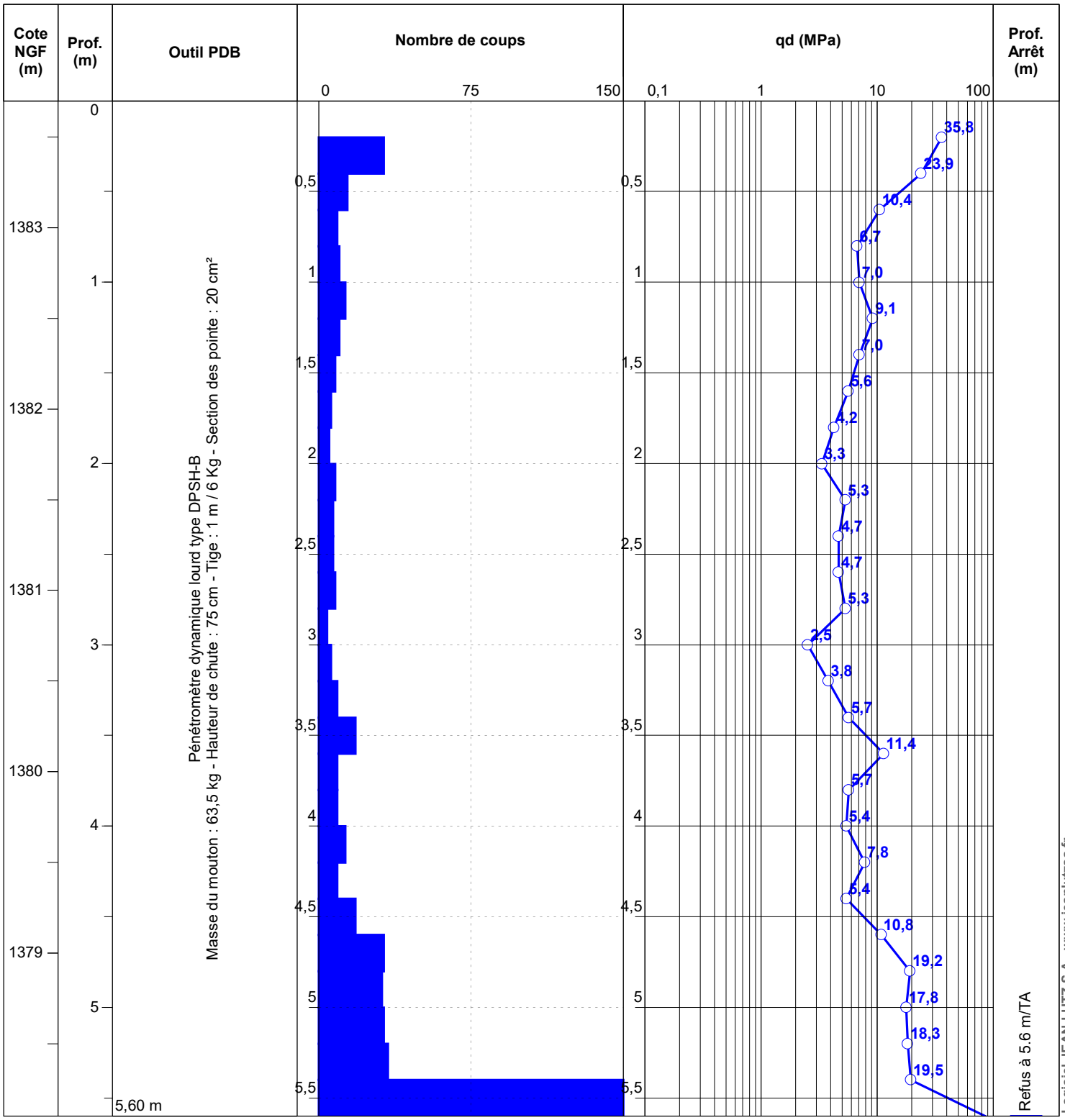
Briançon (05)
Voirie d'accès au Fort des Têtes
SOLIDEO

(Contrat 7304530)

Date début : **26/05/2026** Cote NGF : **1383.7 m** Profondeur : **0,00 - 5,60 m**

Machine : **Ecofore SL 160**

Forage : PN4



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

Client :	**SOLIDEO**	Date :	**27/05/2026**
Etude :	**Voirie d'accès au Fort des Têtes**	Type :	**Sondage pressiométrique**
Site :	**Briançon (05)**	Echelle :	**1/50**
Mission :	**G1** Affaire n°: **7304530**	Cote z :	**1384.1 m NGF**

SP4

Cote z (m NGF) | Lithologie | Prof. (m/T.N.) | Eau | Module pressiométrique Em (MPa) | Pression limite Pl* (MPa) O Pression de fluage Pf* (MPa) □ | Em/Pl* | Outil | Vitesse d'avancement (m/h) | Pression d'injection (bar) | Couple de rotation (bar) | Pression de poussée (bar)

- 1384 – 1383 : Enrobé et couche de forme — 0,40 m - NGF : 1383,70 m
- 1383 – 1382 : Limons bruns à cailloux — 1,50 m - NGF : 1382,60 m
- 1382 – 1381 : Graves à blocs lâches
- 1381 – 1380 : Éboulis crus — 4,60 m - NGF : 1379,50 m
- 1379 – 1378 : Graves sableuses de plus en plus compactes — 8,30 m - NGF : 1375,80 m
- 1375 – 1374 : Graves sableuses ou rocher (Cuttings sableux) — 11,00 m - NGF : 1373,10 m

Module pressiométrique Em (MPa) : échelle 1 – 10 – 100 – 1000

Prof. (m/T.N.)	Em (MPa)
1	1,9
2	9,8
3	1,9
4	1,9
5	21,6
6	99,0
7	82,0
8	97,1
9	133,2

Pression limite Pl* (MPa) O / Pression de fluage Pf* (MPa) □ : échelle 0,1 – 1 – 10

Prof. (m/T.N.)	Pl* (MPa)	Pf* (MPa)
1	0,26	0,31
2	0,80	1,20
3	0,17	0,32
4	0,17	0,35
5	2,14	3,11
6	3,66	5,00
7	3,34	5,00
8	3,83	5,00
9	3,81	5,00

Em/Pl* : 6,1 – 8,1 – 6,0 – 5,5 – 7,0 – 19,8 – 16,4 – 19,4 – 26,6

Outil : Tricône Ø 66 mm - Tubage NW Ø 88 mm (0 – 10,00 m) ; Tricône Ø 66 mm (10,00 m – 11,00 m)

Vitesse d'avancement (m/h) : échelle 0 – 1000 – 2000

Pression d'injection (bar) : échelle 0 – 10 – 20

Couple de rotation (bar) : échelle 0 – 100 – 200

Pression de poussée (bar) : échelle 0 – 50 – 100

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr
EXGTE 3.20/LB2EPF582FR

AE: arrivée d'eau en cours de forage - NE: niveau d'eau non stabilisé en fin de chantier - Atelier / Sondeur : Socomafor

N° Dossier :	7304530	**Sondage :**	**P4**
Commune :	Briançon - VAFT (05)	Date :	27/05/2026
Client :	SOLIDEO	Opérateur:	L.M.

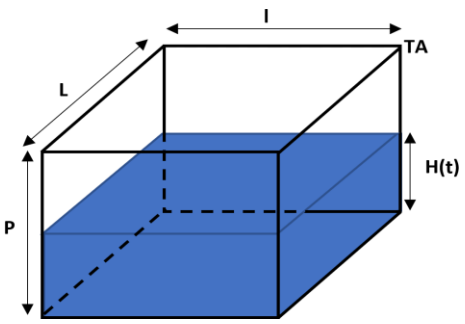
ESSAI DE PERMEABILITE - EP4
Essai à la fosse (MATSUO) à charge variable

Lithologie testée	**Éboulis graveleux**	Saturation du sol	Oui
		Durée de l'essai [min]	0,3

Longueur de la fouille (L) [m]	0,40
Largeur de la fouille (l) [m]	0,45
Profondeur de la fouille / TA (P) [m]	0,20
Profondeur de la nappe / TA [m]	50,00

NB: TA = Terrain actuel (niveau de la surface)

Observations	400 litres en 30 min - aucune accumulation d'eau dans la fosse



Temps t [min]	Charge hydraulique H(t) [m]	Variations de charge ΔH(t) [m]
0	0,200	0,000
0,3	0,000	0,200

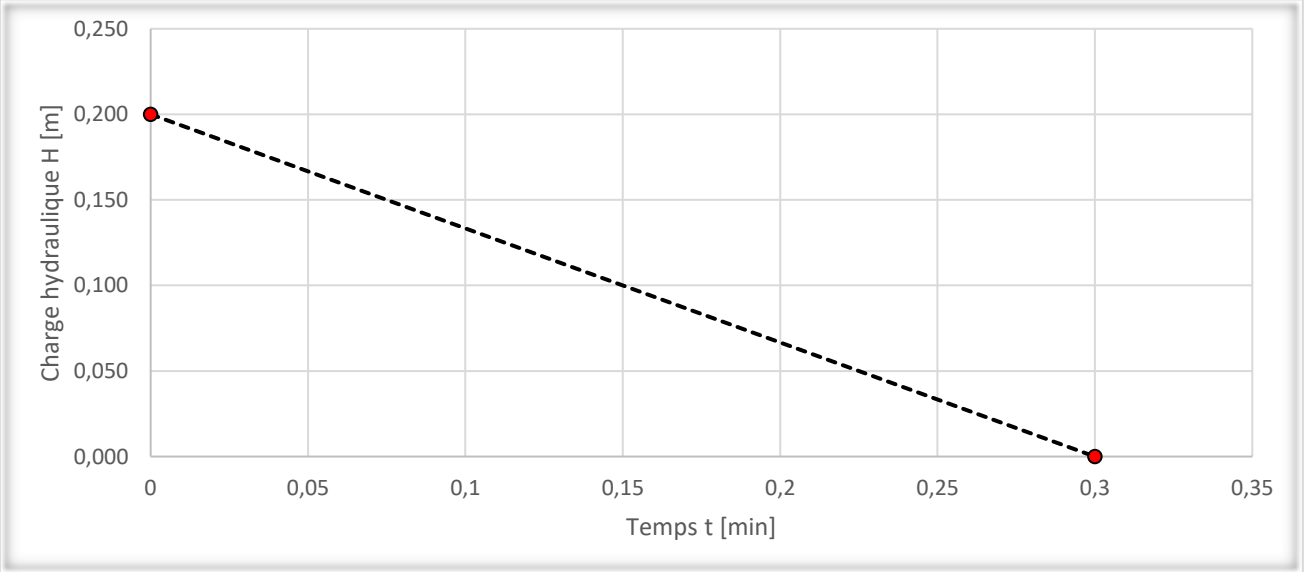
Profondeur de l'essai:

Niveau supérieur	0,00 m/TA
Niveau inférieur	0,20 m/TA

Le coefficient de perméabilité final a été obtenu en réalisant une moyenne pondérée des perméabilités (calculées à partir de t(0)) comprises entre 0 et 0,3 min.

Coefficient de perméabilité K :

K = 6,2E-03 m/s
= 22465,524 mm/h



Contrat 7304530

Briançon (05)
Voirie d'accès Fort des Têtes
SOLIDEO

Date : **26/05/2026** Cote NGF : **1384.0 m** Profondeur : **0,00 - 0,40 m**

Machine : **Pelle 9 T**

Forage : P5

Cote NGF	Prof. (m)	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	Photos
1384	0	Blocs calcaires Arrêt : affouillement 0,40 m - NGF : 1383,60 m		Pelle 9 tonnes godet 45 cm 0,40 m	

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

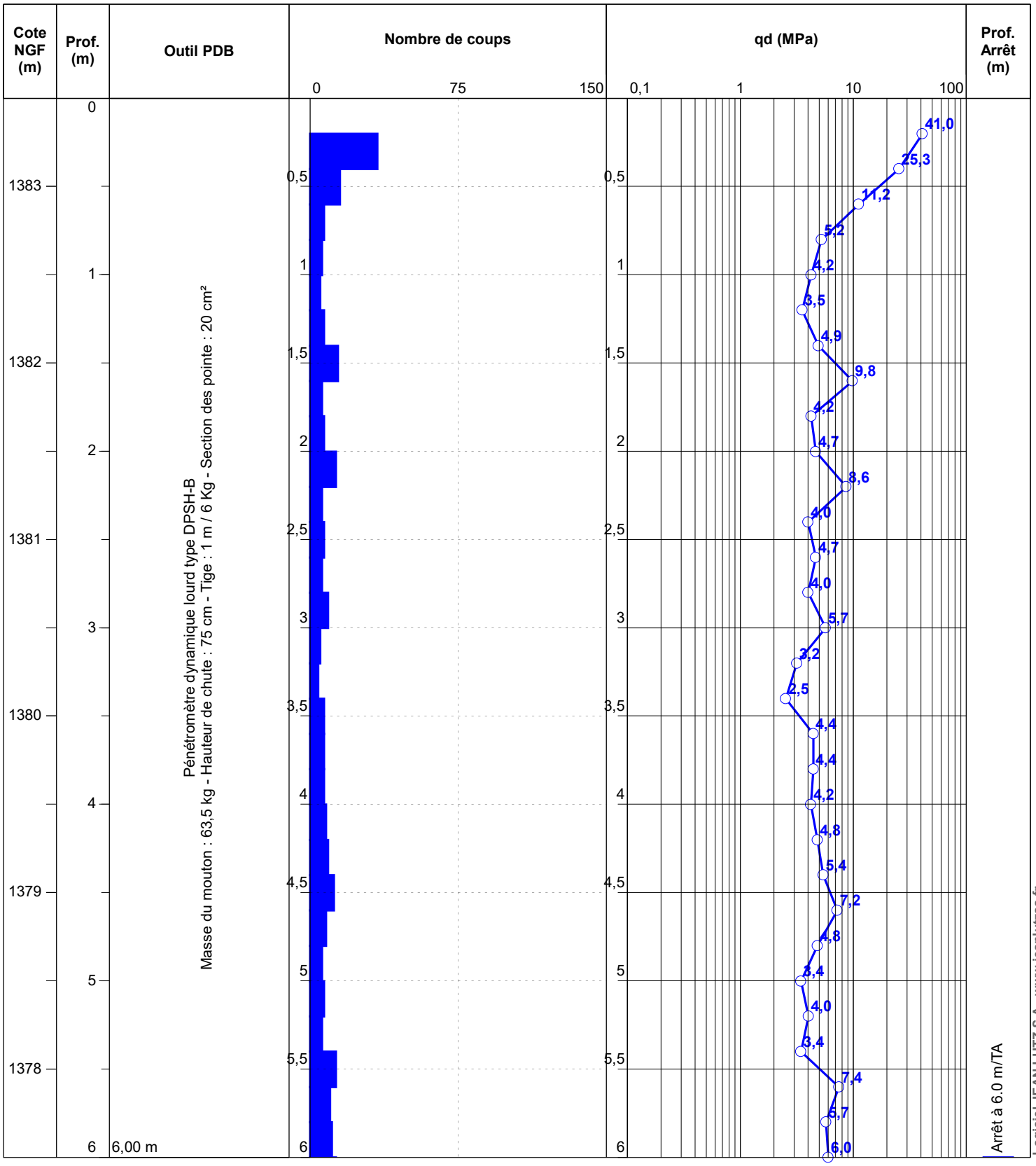
Briançon (05)
Voirie d'accès au Fort des Têtes
SOLIDEO

(Contrat 7304530)

Date début : **26/05/2026** Cote NGF : **1383.5 m** Profondeur : **0,00 - 6,00 m**

Machine : **Ecofore SL 160**

Forage : PN5



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

N° Dossier :	7304530		**Sondage :**	**P5**
Commune :	Briançon - VAFT (05)		Date :	26/05/2026
Client :	SOLIDEO		Opérateur:	L.M.

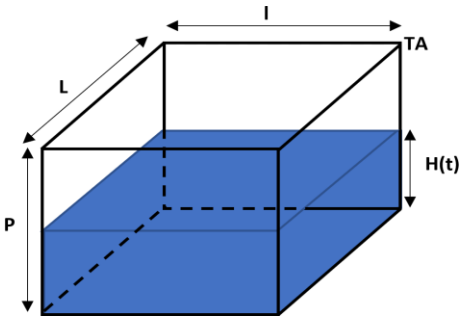
ESSAI DE PERMEABILITE - EP5
Essai à la fosse (MATSUO) à charge variable

Lithologie testée	**Éboulis graveleux**	Saturation du sol	Oui
		Durée de l'essai [min]	0,3

Longueur de la fouille (L) [m]	0,40
Largeur de la fouille (l) [m]	0,45
Profondeur de la fouille / TA (P) [m]	0,20
Profondeur de la nappe / TA [m]	50,00

NB: TA = Terrain actuel (niveau de la surface)

Observations	300 litres en 20 min - aucune accumulation d'eau dans la fosse



Temps t [min]	Charge hydraulique H(t) [m]	Variations de charge ΔH(t) [m]
0	0,200	0,000
0,3	0,000	0,200

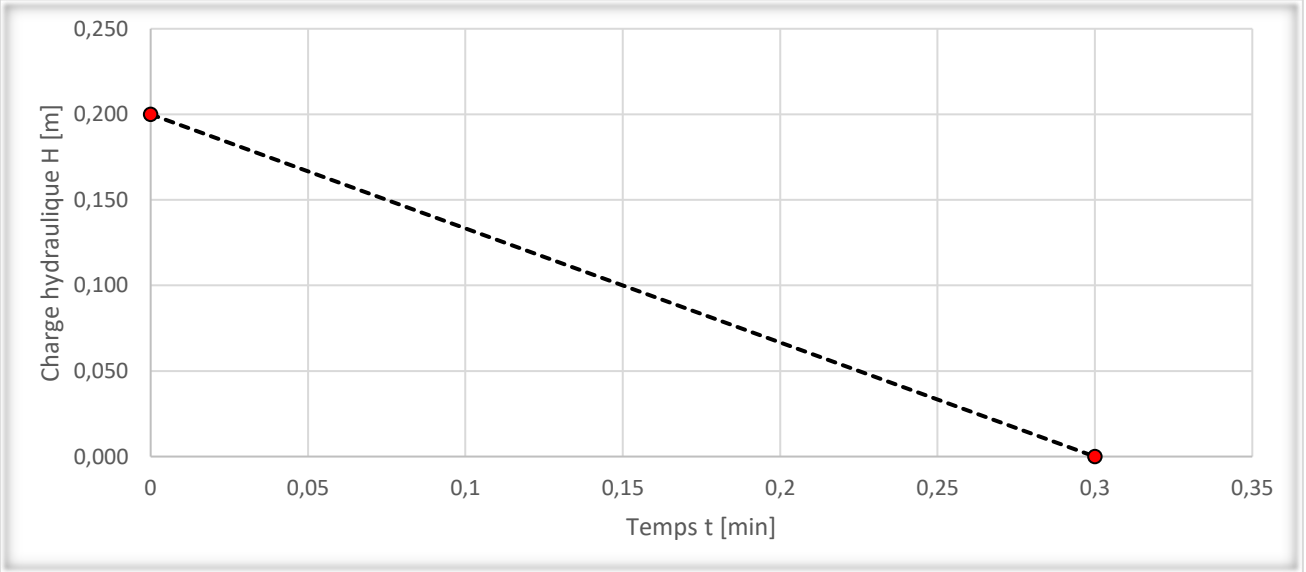
Profondeur de l'essai:

Niveau supérieur	0,00 m/TA
Niveau inférieur	0,20 m/TA

Le coefficient de perméabilité final a été obtenu en réalisant une moyenne pondérée des perméabilités (calculées à partir de t(0)) comprises entre 0 et 0,3 min.

Coefficient de perméabilité K :

K = 6,2E-03 m/s
= 22465,524 mm/h



Contrat 7304530

Briançon (05)
Voirie d'accès Fort des Têtes
SOLIDEO

Date : **26/05/2026** Cote NGF : **1386.7 m** Profondeur : **0,00 - 1,70 m**

Machine : **Pelle 9 T**

Forage : P6

Cote NGF	Prof. (m)	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	Photos
1386	0	Terre végétale 0,15 m - NGF : 1386,55 m		Pelle 9 tonnes - godet 45 cm	
	1	Limons graveleux à cailloux (30/40) et blocs (150/200) Arrêt : proximité HTA			
		1,70 m - NGF : 1385,00 m		1,70 m	

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

Briançon (05)
Voirie d'accès au Fort des Têtes
SOLIDEO

(Contrat 7304530)

Date début : **27/05/2026** Cote NGF : **1382.9 m** Profondeur : **0,00 - 0,60 m**

Machine : **Ecofore SL 160**

Forage : PN6

Cote NGF (m)	Prof. (m)	Outil PDB	Nombre de coups (0 / 75 / 150)	qd (MPa) (0,1 / 1 / 10 / 100)	Prof. Arrêt (m)
	0	pénétromètre dynamique lourd type DPSH-B Masse du mouton : 63,5 kg - Hauteur de chute : 75 cm - Tige : 1 m / 6 Kg - Section des p	0,5	0,5	Refus à 0.6 m/TA
	0,60 m			44,7 64,9	

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

Briançon (05)
Voirie d'accès au Fort des Têtes
SOLIDEO

(Contrat 7304530)

Date début : **27/05/2026** Cote NGF : **1382.9 m** Profondeur : **0,00 - 0,60 m**

Machine : **Ecofore SL 160**

Forage : PN6 bis

EXGTE 3.20/GTE

Cote NGF (m)	Prof. (m)	Outil PDB	Nombre de coups (0 / 75 / 150)	qd (MPa) (0,1 / 1 / 10 / 100)	Prof. Arrêt (m)
	0	pénétrométre dynamique lourd type DPSH-B Masse du mouton : 63,5 kg - Hauteur de chute : 75 cm - Tige : 1 m / 6 Kg - Section des p	0,5	42,5 / 92,2 / 0,5	Refus à 0.6 m/TA
	0,60 m				

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

N° Dossier :	7304530		**Sondage :**	**P6**
Commune :	Briançon - VAFT (05)		Date :	26/05/2026
Client :	SOLIDEO		Opérateur:	L.M.

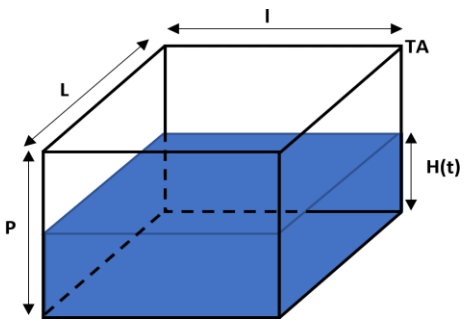
ESSAI DE PERMEABILITE - EP6
Essai à la fosse (MATSUO) à charge variable

Lithologie testée	**Remblais limoneux à cailloux et blocs**	Saturation du sol	Oui
		Durée de l'essai [min]	30

Longueur de la fouille (L) [m]	0,80
Largeur de la fouille (l) [m]	0,45
Profondeur de la fouille / TA (P) [m]	1,70
Profondeur de la nappe / TA [m]	50,00

NB: TA = Terrain actuel (niveau de la surface)

Observations	/



Temps t [min]	Charge hydraulique H(t) [m]	Variations de charge ΔH(t) [m]
0	0,173	0,000
1	0,156	0,018
2	0,140	0,015
3	0,127	0,013
4	0,115	0,012
5	0,104	0,011
10	0,058	0,046
15	0,008	0,050
20	0,007	0,000
25	0,007	0,001
30	0,006	0,001

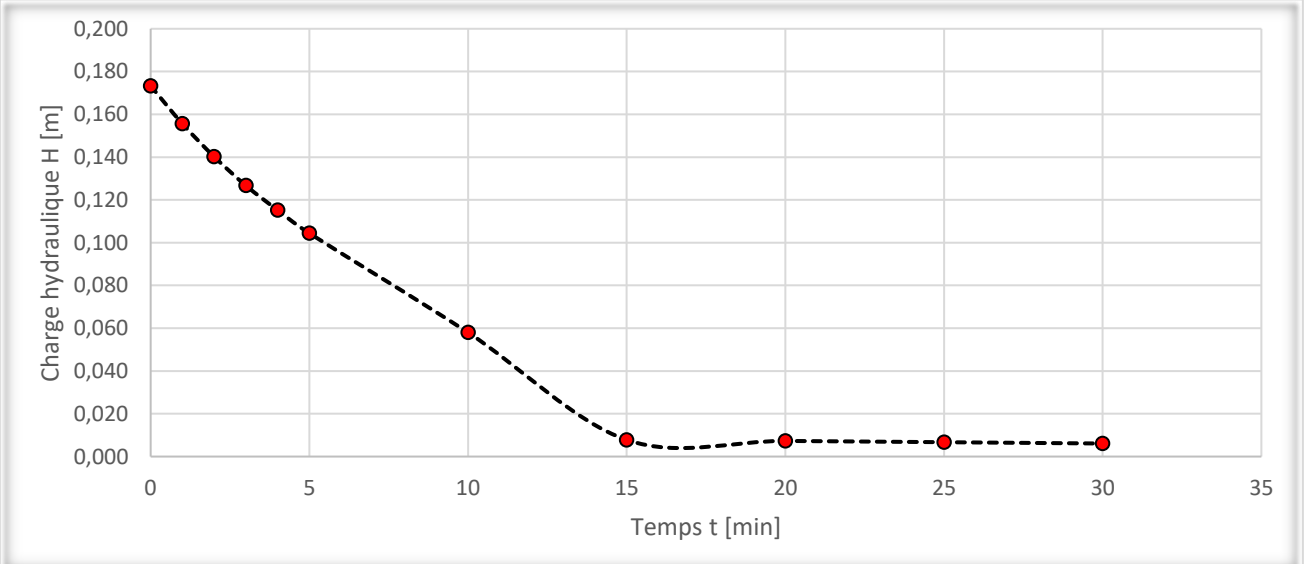
Profondeur de l'essai:

Niveau supérieur	1,53 m/TA
Niveau inférieur	1,70 m/TA

Le coefficient de perméabilité final a été obtenu en réalisant une moyenne des moyennes pondérées des perméabilités (calculées à partir de t(0) et par intervalles de temps) comprises entre 5 et 15 min.

Coefficient de perméabilité K :

K = 1,1E-04 m/s
= 409,430 mm/h



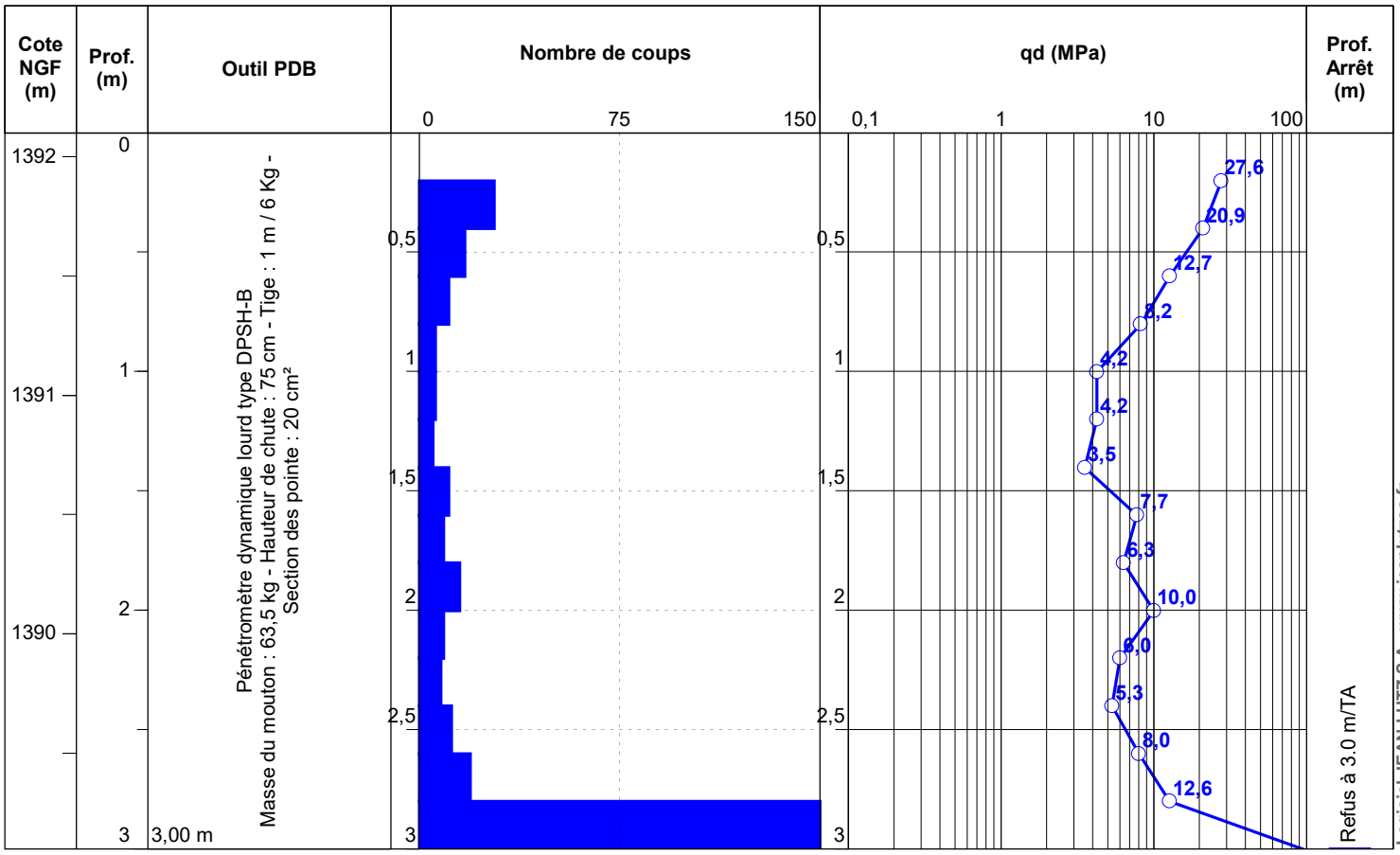
Briançon (05)
Voirie d'accès au Fort des Têtes
SOLIDEO

(Contrat 7304530)

Date début : **26/05/2026** Cote NGF : **1392.1 m** Profondeur : **0,00 - 3,00 m**

Machine : **Ecofore SL 160**

Forage : PN7



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

Briançon (05)
Voirie d'accès Fort des Têtes
SOLIDEO

Contrat 7304530

Date : **26/05/2026** Cote NGF : **1408.8 m** Profondeur : **0,00 - 1,30 m**

Machine : **Pelle 9 T**

Forage : P8

Cote NGF	Prof. (m)	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	Photos
1408	0	Terre végétale 0,10 m - NGF : 1408,70 m Limons graveleux à cailloux (30/40) et blocs (300/400) Arrêt : proximité HTA 1,30 m - NGF : 1407,50 m		Pelle 9 tonnes - godet 45 cm 1,30 m	
	1				

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

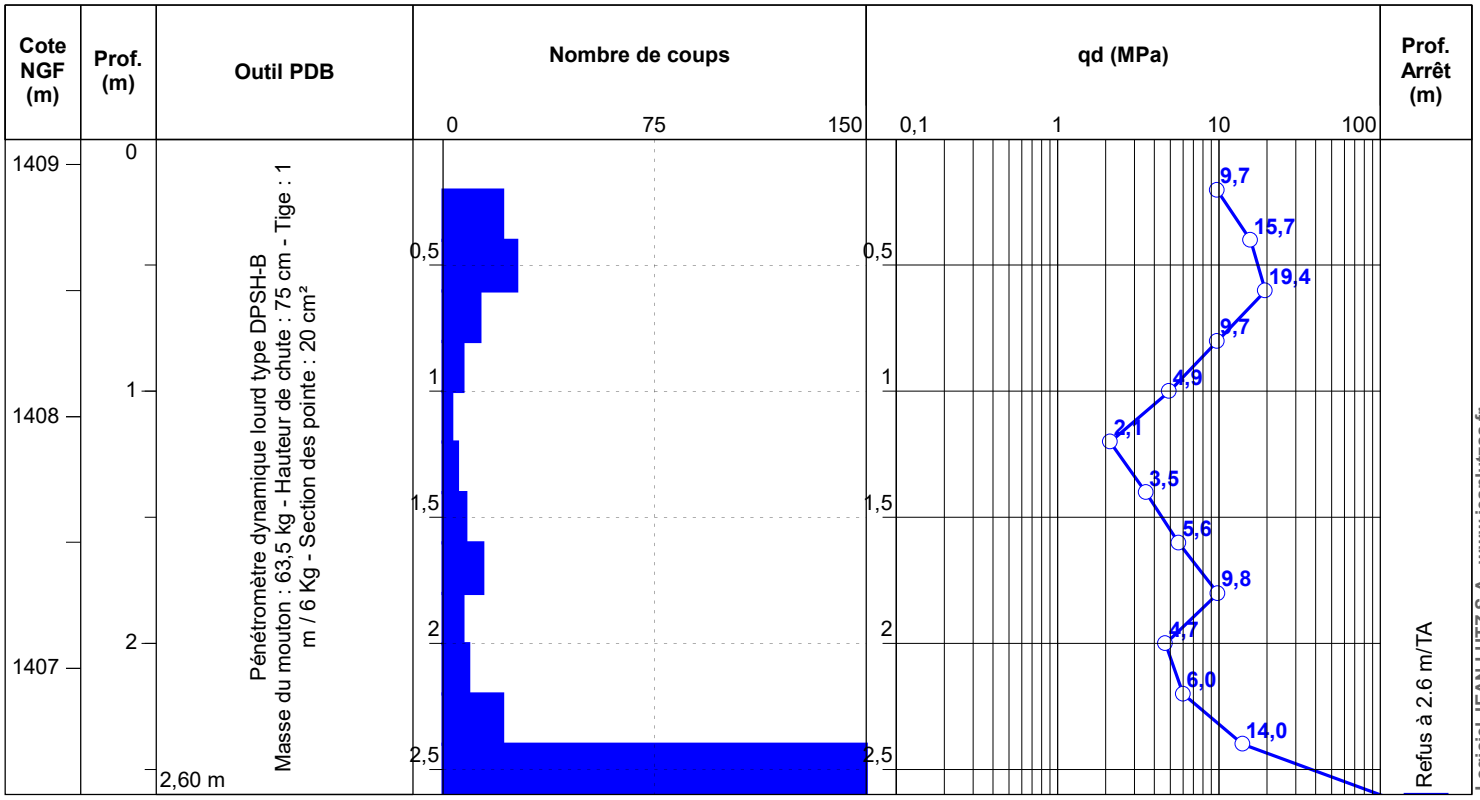
Briançon (05)
Voirie d'accès au Fort des Têtes
SOLIDEO

(Contrat 7304530)

Date début : **27/05/2026** Cote NGF : **1409.1 m** Profondeur : **0,00 - 2,60 m**

Machine : **Ecofore SL 160**

Forage : PN8



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

N° Dossier :	7304530	**Sondage :**	**P8**
Commune :	Briançon - VAFT (05)	Date :	26/05/2026
Client :	SOLIDEO	Opérateur:	L.M.

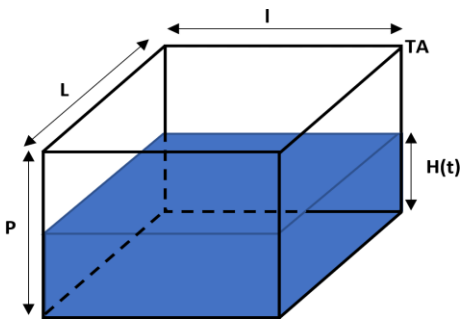
ESSAI DE PERMEABILITE - EP8
Essai à la fosse (MATSUO) à charge variable

Lithologie testée	**Limons à cailloux et blocs**	Saturation du sol	Oui
		Durée de l'essai [min]	60

Longueur de la fouille (L) [m]	0,80
Largeur de la fouille (l) [m]	0,45
Profondeur de la fouille / TA (P) [m]	1,50
Profondeur de la nappe / TA [m]	50,00

NB: TA = Terrain actuel (niveau de la surface)

Observations	/



Temps t [min]	Charge hydraulique H(t) [m]	Variations de charge ΔH(t) [m]
0	0,307	0,000
1	0,303	0,004
2	0,299	0,004
3	0,296	0,003
4	0,292	0,003
5	0,290	0,003
10	0,279	0,011
15	0,275	0,004
20	0,258	0,017
25	0,246	0,012
30	0,244	0,002
40	0,229	0,015
50	0,217	0,012
60	0,206	0,011

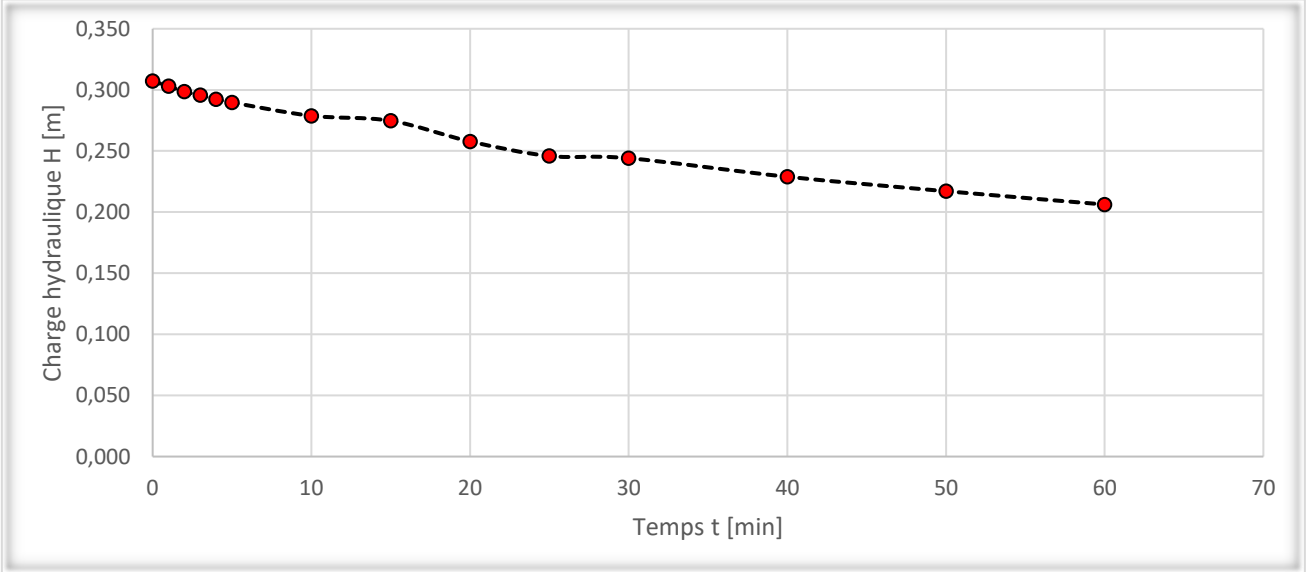
Profondeur de l'essai:

Niveau supérieur	1,19 m/TA
Niveau inférieur	1,50 m/TA

Le coefficient de perméabilité final a été obtenu en réalisant une moyenne pondérée des perméabilités (calculées par intervalles de temps) comprises entre 20 et 60 min.

Coefficient de perméabilité K :

K = 1,0E-05 m/s
= 36,654 mm/h



Contrat 7304530

Briançon (05)
Voirie d'accès Fort des Têtes
SOLIDEO

Date : **26/05/2026** Cote NGF : **1431.1 m** Profondeur : **0,00 - 2,10 m**

Machine : **Pelle 9 T**

Forage : P9

Cote NGF	Prof. (m)	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	Photos
1431	0	Terre végétale 0,30 m - NGF : 1430,80 m		Pelle 9 tonnes - godet 45 cm	
		Limons noirs cailloux et petits blocs (100/150) 0,65 m - NGF : 1430,45 m			
1430	1	Limons graveleux à cailloux (30/40) et blocs (150/200) Refus : limite pelle en sondage déporté			
	2	2,10 m - NGF : 1429,00 m		2,10 m	

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

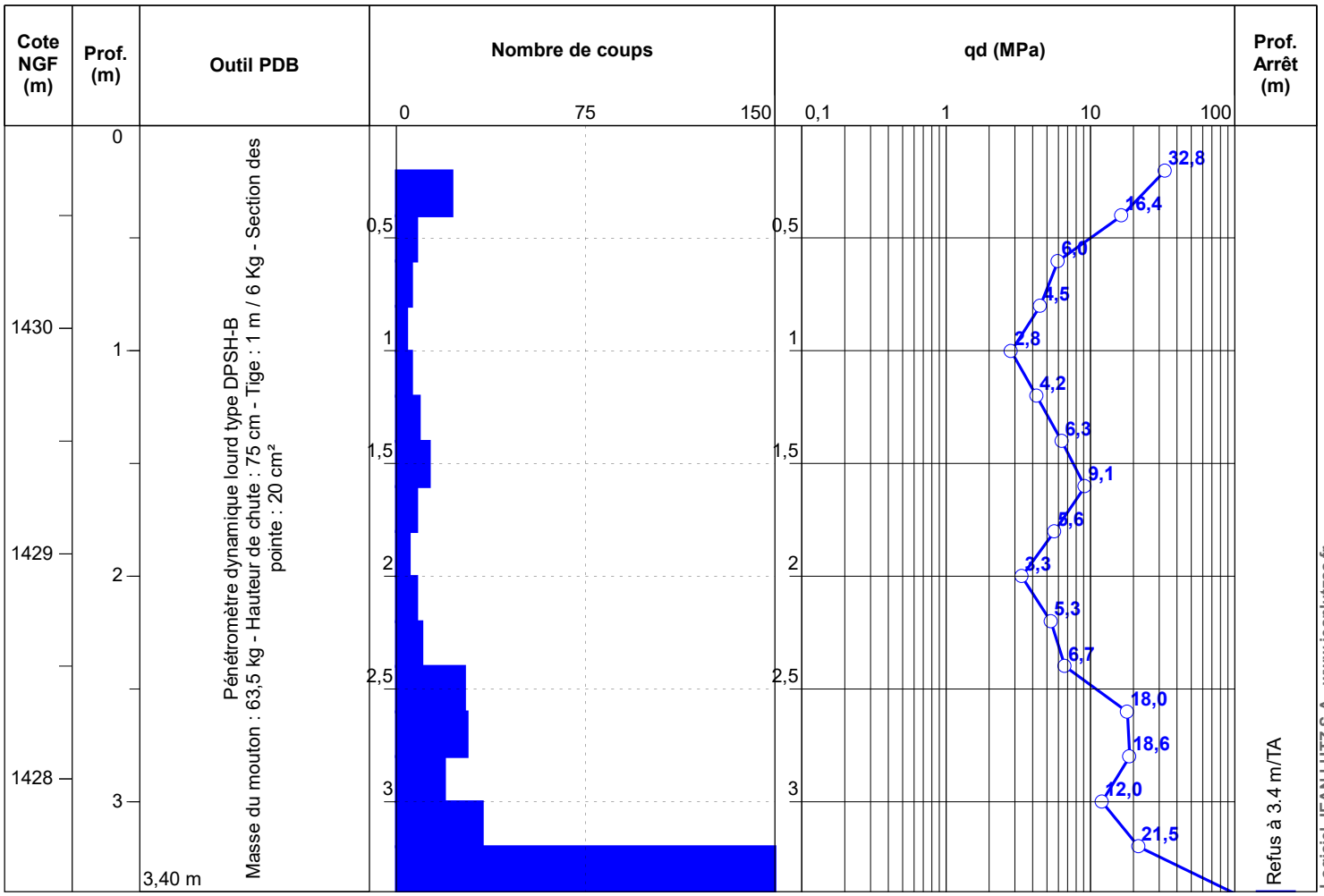
Briançon (05)
Voirie d'accès au Fort des Têtes
SOLIDEO

(Contrat 7304530)

Date début : **27/05/2026** Cote NGF : **1430.9 m** Profondeur : **0,00 - 3,40 m**

Machine : **Ecofore SL 160**

Forage : PN9



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

N° Dossier :	7304530	**Sondage :**	**P9**
Commune :	Briançon - VAFT (05)	Date :	26/05/2026
Client :	SOLIDEO	Opérateur:	L.M.

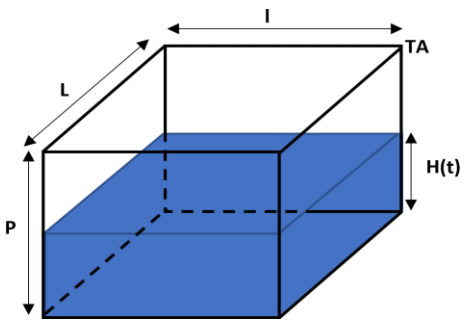
ESSAI DE PERMEABILITE - EP9
Essai à la fosse (MATSUO) à charge variable

Lithologie testée	**Limons à cailloux et blocs**	Saturation du sol	Oui
		Durée de l'essai [min]	60

Longueur de la fouille (L) [m]	0,80
Largeur de la fouille (l) [m]	0,45
Profondeur de la fouille / TA (P) [m]	2,10
Profondeur de la nappe / TA [m]	50,00

NB: TA = Terrain actuel (niveau de la surface)

Observations	/



Temps t [min]	Charge hydraulique H(t) [m]	Variations de charge ΔH(t) [m]
0	0,341	0,000
1	0,334	0,008
2	0,327	0,006
3	0,321	0,006
4	0,316	0,005
5	0,312	0,004
10	0,291	0,021
15	0,276	0,015
20	0,263	0,013
25	0,251	0,012
30	0,241	0,011
40	0,223	0,018
50	0,206	0,017
60	0,190	0,016

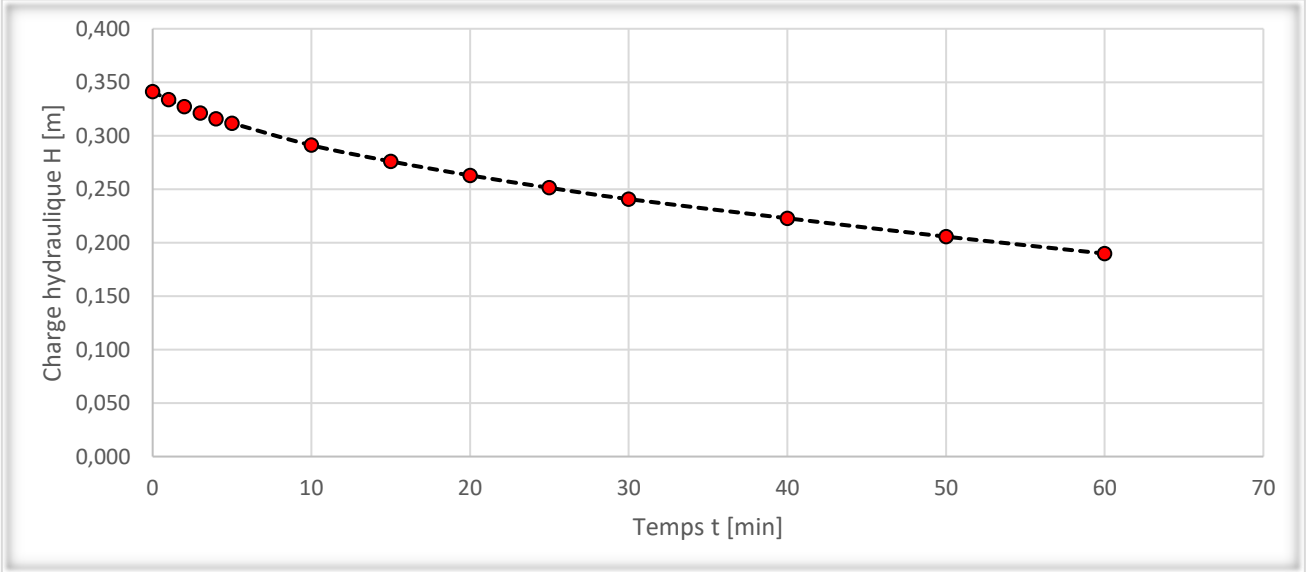
Profondeur de l'essai:

Niveau supérieur	1,76 m/TA
Niveau inférieur	2,10 m/TA

Le coefficient de perméabilité final a été obtenu en réalisant une moyenne pondérée des perméabilités (calculées par intervalles de temps) comprises entre 30 et 60 min.

Coefficient de perméabilité K :

K = 1,2E-05 m/s
= 42,397 mm/h



PROCES-VERBAL D'ESSAI
CLASSIFICATION D'UN SOL
NF EN ISO 17892

REFERENCES	
N° affaire	73--
Localisation	JO VAFT

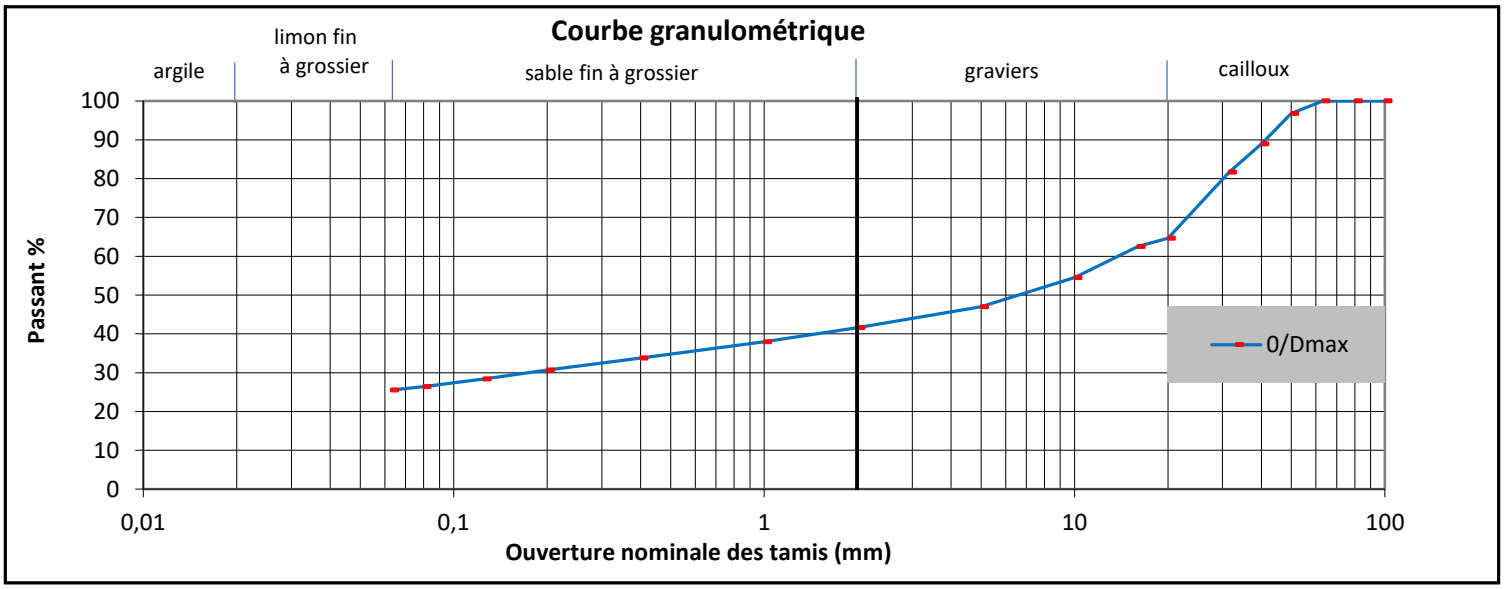
IDENTIFICATION DE L'ECHANTILLON	
Sondage	P9
Profondeur	1,70 - 1,80m
Dmax	56 mm
Description	graves (anguleuses et roulées) sablo-limoneuses beige

INFORMATIONS GENERALES	
Date de prélèvement	-
Réception labo	-
Mode prélèvement	pelle mécanique
Conservation	sac

Température étuve 105°C

ANALYSE GRANULOMETRIQUE NF EN ISO 17892-4

Ø Tamis (en mm)	100	80	**63**	50	40	31,5	20	16	10	5	**2**	1	0,4	0,2	0,125	0,08	**0,063**
% Passant	100,0	100,0	**100,0**	96,8	88,9	81,7	64,7	62,5	54,5	46,9	**41,6**	38,0	33,7	30,7	28,4	26,4	**25,5**
% Passant sur 0/63mm																	



TENEUR EN EAU NF EN ISO 17892 -1		
W_{nat} =	**11,2**	**%**

VALEUR AU BLEU NF EN 17542-3		
VBS =	**0,40**	**g de bleu/100g sol**

REMARQUES	Classe matériau
	I1

L'opérateur des essais
Pierre-Yves BOYER

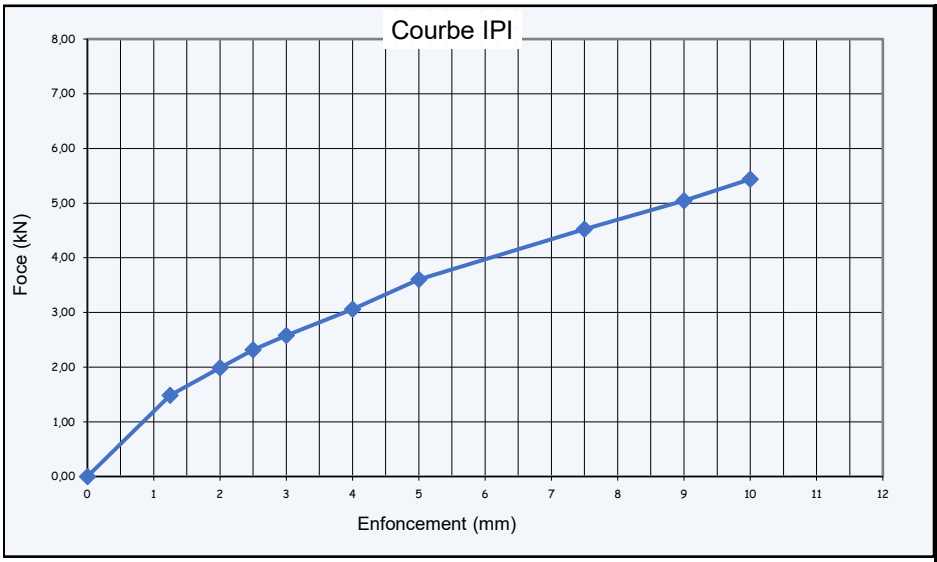
PROCES-VERBAL D'ESSAI
INDICE DE PORTANCE IMMEDIAT IPI
NF P 94-078

REFERENCES	
N° affaire	73--
Localisation	JO VAFT

IDENTIFICATION DE L'ECHANTILLON	
Sondage	P9
Profondeur	1,70 - 1,80m
Description	graves (anguleuses et roulées) sablo-limoneuses beige

INFORMATIONS GENERALES	
Date de prélèvement	-
Réception labo	-
Mode prélèvement	pelle mécanique
Conservation	sac

Température étuve 105°C



Enfoncement (mm)	Force (kN)	Correction de la force (kN)
0	0,00	
1,25	1,48	
2	1,99	
2,5	2,31	
3	2,58	
4	3,06	
5	3,60	
7,5	4,52	
9	5,04	
10	5,44	

TENEUR EN EAU NF P 94-050		
W_{nat} =	11,2	%

INDICE PORTANT IMMEDIAT IPI				
Teneur en eau de confection en %	**W c =**	10,7	**IPI en % =**	18,1
Masse volumique sèche de confection kg/cm^3	**ρ_d c =**	1,91		

REMARQUES
Moule CBR Compactage normal/manuel

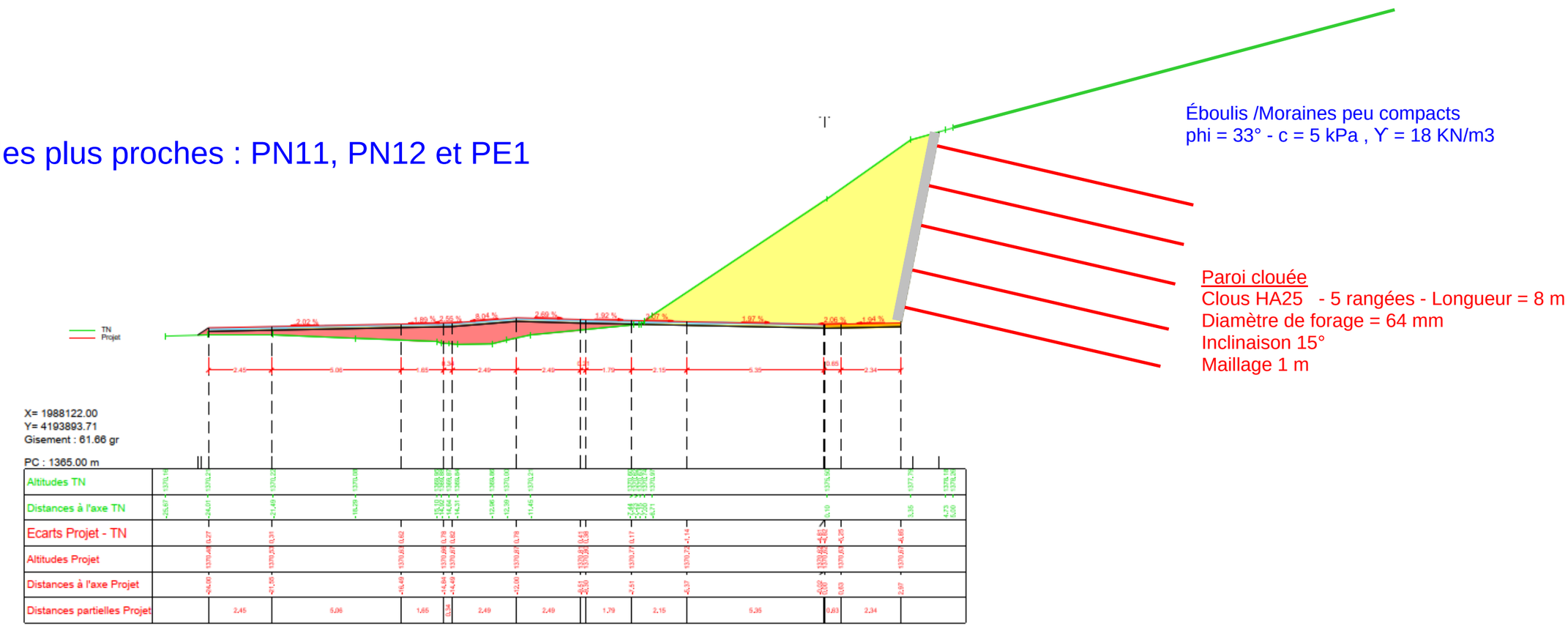
L'opérateur des essais
Pierre-Yves BOYER

Annexe III : Rapport ECR 4416560 v2 des mesures géophysiques

Annexe IV : **Carnet des murs de soutènements (zones 1,2 et 4)**

Zone 1 (Giratoire) - Profil Gir05
Paroi clouée

Sondages les plus proches : PN11, PN12 et PE1



Éboulis /Moraines peu compacts
phi = 33° - c = 5 kPa , Y = 18 KN/m3

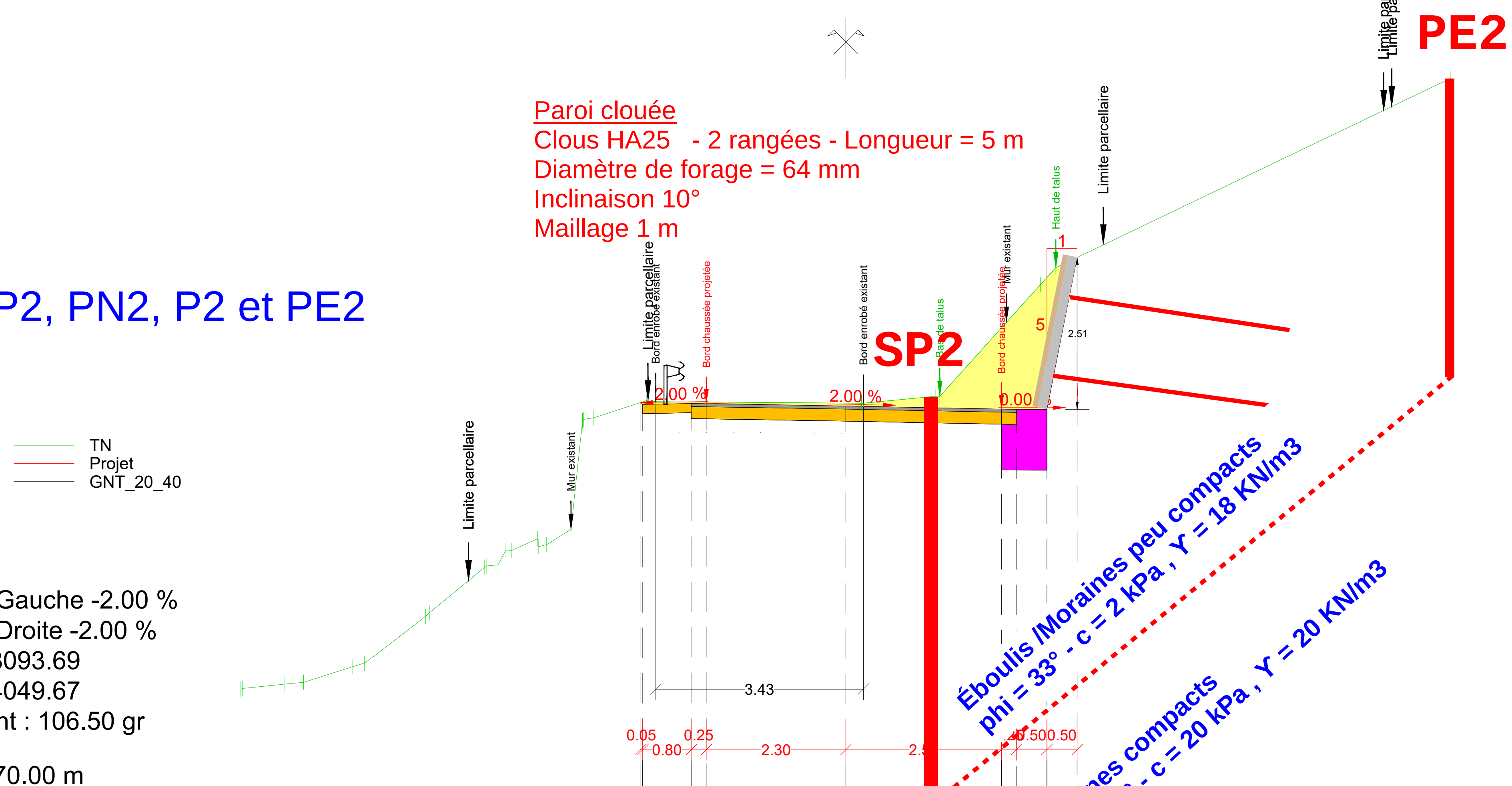
Paroi clouée
Clous HA25 - 5 rangées - Longueur = 8 m
Diamètre de forage = 64 mm
Inclinaison 15°
Maillage 1 m

Profil n°: TrA:31
Abscisse : 165.40 m
Echelle des longueurs : 1/100
Echelle des altitudes : 1/100

Déblai
Eme Couche de surface
GNT_0_315
GNT_20_40

Zone 2 - Profil A31
Paroi clouée avec parement de 80 cm (50 cm en béton + 30 cm en maçonnerie)

Sondages les plus proches : SP2, PN2, P2 et PE2



Dévers Gauche -2.00 %
Dévers Droite -2.00 %
X= 1988093.69
Y= 4194049.67
Gisement : 106.50 gr

PC : 1370.00 m

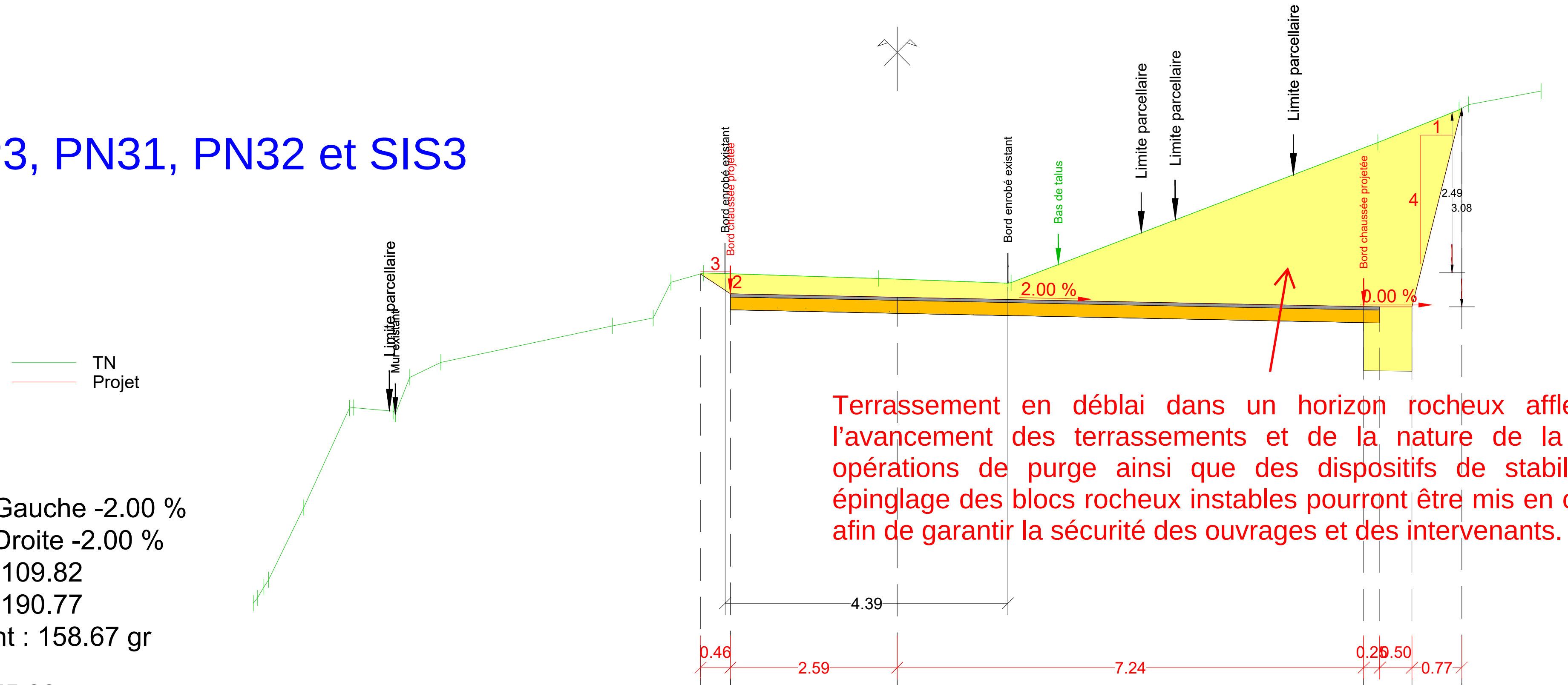
Altitudes TN	1371.67 1371.68 1371.75 1371.78 1372.04 1372.10 1372.21 1372.87 1372.93 1373.46 1373.68 1373.70 1373.72 1373.97 1374.15 1374.02 1374.05 1374.31 1376.10 1376.13 1376.12 1376.15 1376.44 1376.42 1376.39 1376.39 1376.5[cut off] 35[cut off] 1381.76
Distances à l'axe TN	-10.00 -9.97 -9.27 -8.96 -8.15 -7.96 -7.80 -6.95 -6.88 -6.24 -5.97 -5.94 -5.75 -5.62 -5.52 -5.09 -5.08 -4.94 -4.54 -4.35 -4.34 -4.34 -4.33 -4.17 -3.30 -3.14 0.26 0.29 1.55 3.22 3.47 10.00
Ecarts Projet - TN	-0.00 -0.05 -0.03 -0.02 -0.05 -1.34 -1.63 -2.18 0.00
Altitudes Projet	1376.40 1376.37 1376.39 1376.39 1376.35 1376.29 1376.29 1376.29 1378.80
Distances à l'axe Projet	-3.40 -3.35 -2.55 -2.30 -0.00 2.57 2.82 3.32 3.83
Distances partielles Projet	0.80 2.30 2.5[cut off] 0.50 0.50

Profil n°: TrA:57
Abscisse : 309.38 m
Echelle des longueurs : 1/100
Echelle des altitudes : 1/100

Déblai
Eme Couche de surface
GNT_0_315

Zone 3
Terrassement en déblai dans l'horizon rocheux affleurant
Profil TrA48 à 57

Sondages les plus proches : P3, PN31, PN32 et SIS3



Terrassement en déblai dans un horizon rocheux affleurant. En fonction de l'avancement des terrassements et de la nature de la roche rencontrée, des opérations de purge ainsi que des dispositifs de stabilisation par clouage ou épinglage des blocs rocheux instables pourront être mis en œuvre en phase chantier afin de garantir la sécurité des ouvrages et des intervenants.

Dévers Gauche -2.00 %
Dévers Droite -2.00 %
X= 1988109.82
Y= 4194190.77
Gisement : 158.67 gr

PC : 1375.00 m

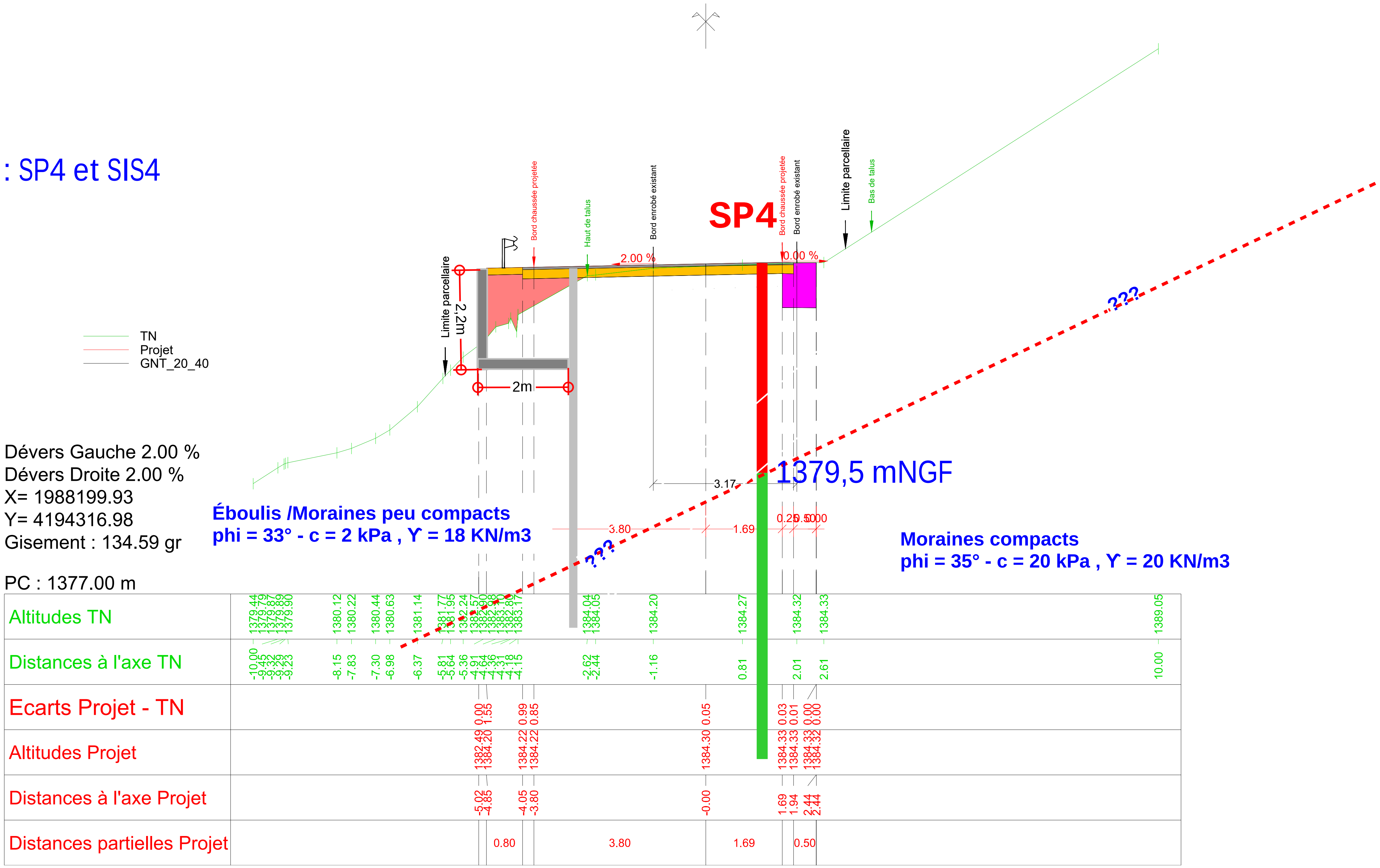
Altitudes TN	1376.66, 1376.74, 1376.92, 1377.03, 1378.15, 1379.69, 1379.70, 1379.64, 1379.60, 1380.17, 1380.41, 1380.97, 1381.09, 1381.65, 1381.79, 1381.78, 1381.71, 1381.63, 1381.64, 1383.82, 1384.33, 1384.41, 1384.62
Distances à l'axe TN	-10.00, -9.94, -9.84, -9.76, -9.22, -8.51, -8.44, -7.83, -7.79, -7.57, -7.09, -4.42, -3.79, -3.52, -3.01, -2.67, -0.29, 1.72, 1.77, 7.47, 8.73, 8.87, 10.00
Ecarts Projet - TN	0.00, -0.31, -0.28, -2.46, -2.57, -2.77, -0.00
Altitudes Projet	1381.78, 1381.47, 1381.42, 1381.27, 1381.27, 1381.27, 1384.35
Distances à l'axe Projet	-3.06, -2.59, -0.00, 7.24, 7.49, 7.99, 8.77
Distances partielles Projet	0.46, 2.59, 7.24, 0.50, 0.77

Profil n°: TrB:22
Abscisse : 156.22 m
Echelle des longueurs : 1/100
Echelle des altitudes : 1/100

- Remblai
- Déblai
- Eme Couche de surface
- GNT_0_315
- GNT_20_40

Zone 4 - Profil B22
Paroi berlinoise Tube (L = 8 m) - Dext = 114.3 mm - ép. de 14mm
Mur en L préfabriqué définitif (L = 2,2 m - B = 2,0 m)

Sondages les plus proches : SP4 et SIS4



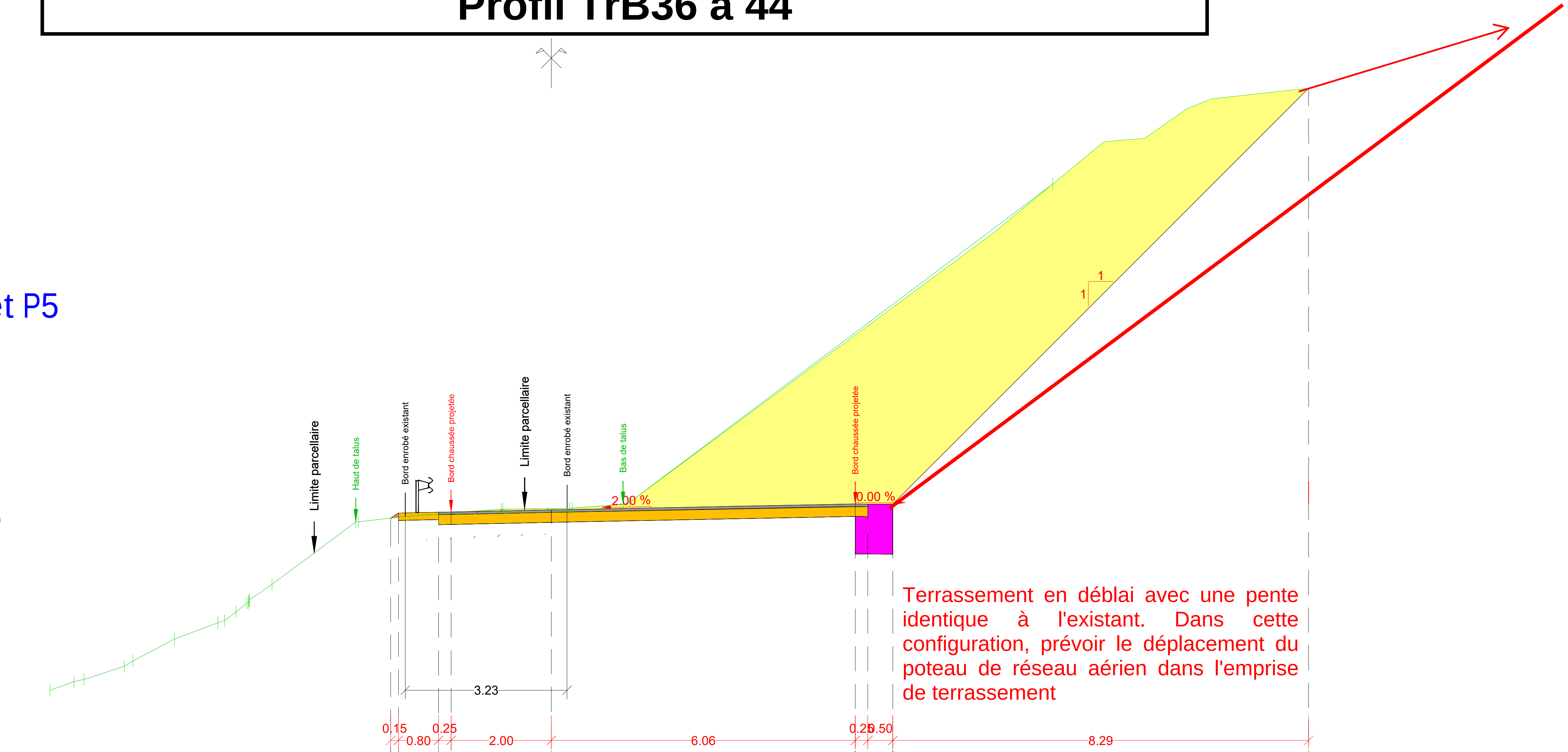
Profil n°: TrB:38
Abscisse : 280.00 m
Echelle des longueurs : 1/100
Echelle des altitudes : 1/100

Remblai
Déblai
Eme Couche de surface
GNT_0_315
GNT_20_40

Zone 5
Terrassement en déblai
Profil TrB36 à 44

Sondages les plus proches : PN5 et P5

TN
Projet
GNT_20_40



Dévers Gauche 2.00 %
Dévers Droite 2.00 %
X= 1988264.58
Y= 4194420.91
Gisement : 101.42 gr

PC : 1378.00 m

Altitudes TN	1379.71, 1379.88, 1379.92, 1380.18, 1380.29, 1380.73, 1381.05, 1381.09, 1381.28, 1381.45, 1381.50, 1381.50, 1381.50, 1381.50, 1381.82, 1383.06, 1383.07, 1383.17, 1383.32, 1383.32, 1383.33, 1383.33, 1383.34, 1383.41, 1383.45, 1389.80
Distances à l'axe TN	-10.00, -9.52, -9.32, -8.52, -8.34, -7.52, -6.65, -6.52, -6.29, -6.07, -6.04, -6.03, -6.03, -6.02, -5.57, -3.90, -3.84, -2.91, -1.00, -0.96, 0.31, 0.36, 0.42, 1.43, 1.56, 10.00
Ecarts Projet - TN	-0.00, 0.09, 0.04, 0.02, -0.03, -3.42, -3.61, -3.98
Altitudes Projet	1383.14, 1383.24, 1383.26, 1383.26, 1383.30, 1383.43, 1383.42, 1383.42, 1391.71
Distances à l'axe Projet	-3.20, -3.05, -2.25, -2.00, 0.00, 6.06, 6.31, 6.81, 15.11
Distances partielles Projet	0.80, 2.00, 6.06, 0.50, 8.29

Annexe V : **Profil de calculs – Parois clouées (zones 1 et 2)**

Données du projet

Type d'application : Calcul de stabilité classique

Numéro d'affaire : PACA250436

Titre du calcul : Paroi clouée Giratoire (zone 1)

Lieu : N/A

Commentaires : N/A

Système d'unités : kN, kPa, kN/m³

γw : 10.0

Points

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	25,670	1370,160	2	24,010	1370,210	3	21,490	1370,220	4	18,290	1370,080	5	15,100	1369,950	6	12,960	1369,860
7	11,450	1370,210	8	7,150	1370,630	9	6,710	1370,970	10	-0,100	1375,500	11	-3,350	1377,790	12	-5,000	1378,260
13	-9,000	1379,500	14	-10,000	1380,000	15	-19,000	1382,000	16	-21,000	1384,000	17	-34,000	1387,500	18	-49,000	1391,000
20	-2,970	1370,670	22	-4,457	1378,105												

Segments

	Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2
1	18	17	2	17	16	3	16	15	4	15	14	5	14	13	6	13	12	8	11	10
9	10	9	10	9	8	11	8	7	12	7	6	13	6	5	14	5	4	15	4	3
16	3	2	17	2	1	20	22	12	21	22	11	22	22	20	23	20	8			

Couches de sol

	Nom	Couleur	γ	φ	c	Δc	qs,clou	pmax	ks×B	Anisotropie	Favorable	Coefficients de sécurité spécifiques
1	Limons graveleux /moraines		18,0	33,00	5,0	0,0	50,0	-	-	Non	Non	Non

Couches de sol (cont.)

	Nom	Couleur	Γγ	Γc	Γtan(φ)	Type de cohésion	Courbe	Écoulement dans le sol	kh	kv
1	Limons graveleux /moraines		-	-	-	Effective	Linéaire	Non	-	-

Clous

	Nom	X	Y	Espacement horizontal	Inclinaison/horizontale	Largeur base de diffusion	Angle de diffusion	RNcal	Longueur	Rqs
1	Clou 1	-3,136	1371,500	1,000	15,00	1,000	10,00	250,0	8,000	-
2	Clou 2	-3,436	1373,000	1,000	15,00	1,000	10,00	250,0	8,000	-
3	Clou 3	-3,736	1374,500	1,000	15,00	1,000	10,00	250,0	8,000	-
4	Clou 4	-4,036	1376,000	1,000	15,00	1,000	10,00	250,0	8,000	-
5	Clou 5	-4,336	1377,500	1,000	15,00	1,000	10,00	250,0	8,000	-

Clous (cont.)

	Nom	Rayon équivalent	Règle de calcul de la résistance par frottement	Rc	Moment de plastification	El
1	Clou 1	0,055	RAcal,RCimp	0,0	-	-
2	Clou 2	0,055	RAcal,RCimp	0,0	-	-
3	Clou 3	0,055	RAcal,RCimp	0,0	-	-
4	Clou 4	0,055	RAcal,RCimp	0,0	-	-
5	Clou 5	0,055	RAcal,RCimp	0,0	-	-

Clous (cont.)

	Nom	Angle critique	Traction	Cisaillement	qsclou issu de	θbarre	σa	Valeur de Ra imposée	Rqs calculé à partir de qsclou
1	Clou 1	-	Externe	-	Abaques	-	-	Oui	Oui
2	Clou 2	-	Externe	-	Abaques	-	-	Oui	Oui
3	Clou 3	-	Externe	-	Abaques	-	-	Oui	Oui
4	Clou 4	-	Externe	-	Abaques	-	-	Oui	Oui
5	Clou 5	-	Externe	-	Abaques	-	-	Oui	Oui

Clous (cont.)

	Nom	Résistance au cisaillement variable le long du clou	Matériau du clou
1	Clou 1	Non	-
2	Clou 2	Non	-
3	Clou 3	Non	-
4	Clou 4	Non	-
5	Clou 5	Non	-

Échelle 1:315

Sol n°	1
γw (kN/m³)	18,00
φ (°)	33,00
c (kPa)	5,00
Δc (kPa/m)	0,00



Données de la phase 1

Nom de la phase : Initiale

Segments de la phase

	Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent
1	18	17	Limons graveleux /moraines	2	17	16	Limons graveleux /moraines	3	16	15	Limons graveleux /moraines
4	15	14	Limons graveleux /moraines	5	14	13	Limons graveleux /moraines	6	13	12	Limons graveleux /moraines
8	11	10	Limons graveleux /moraines	9	10	9	Limons graveleux /moraines	10	9	8	Limons graveleux /moraines
11	8	7	Limons graveleux /moraines	12	7	6	Limons graveleux /moraines	13	6	5	Limons graveleux /moraines
14	5	4	Limons graveleux /moraines	15	4	3	Limons graveleux /moraines	16	3	2	Limons graveleux /moraines
17	2	1	Limons graveleux /moraines	20	22	12	Limons graveleux /moraines	21	22	11	Limons graveleux /moraines

Liste des éléments activés

Polygones : Polygone entre les points 11,10,9,8,20,22
Polygone entre les points 18,17,16,15,14,13,12,22,20,8,7,6,5,4,3,2,1,xMax,xMin

Conditions hydrauliques : Néant

Données de la situation 1

Nom de la phase : Initiale

Nom de la situation : Retrocalage

Option de calcul : Calcul de stabilité externe générale

Type d'analyse paramétrique : Calcul de stabilité classique

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : Unitaire

Détails du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γmin	1,000	Γs1	1,000	Γ's1	1,000	Γtanφ	1,000	Γc'	1,000	Γcu	1,000
ΓQ	1,000	Γqsl,clou,ab	1,000	Γqsl,clou,es	1,000	Γqsl,tirant,ab	1,000	Γqsl,tirant,es	1,000	Γqsl,bande	1,000
Γpl	1,000	Γa,clou	1,000	Γa,tirant	1,000	Γa,bande	1,000	Γbuton	1,000	-	-

Détermination de ΓRd : Automatique

ΓRd : 1.0

Type de surface de rupture : Circulaire automatique

Nombre de découpages : 10

Incrément sur le rayon : 10,000

Abscisse émergence limite aval : -29,000

Type de recherche : Point de passage de base

Point de passage de base : X= 7,150; Y= 1370,630

Écarter les surfaces de peau : Non

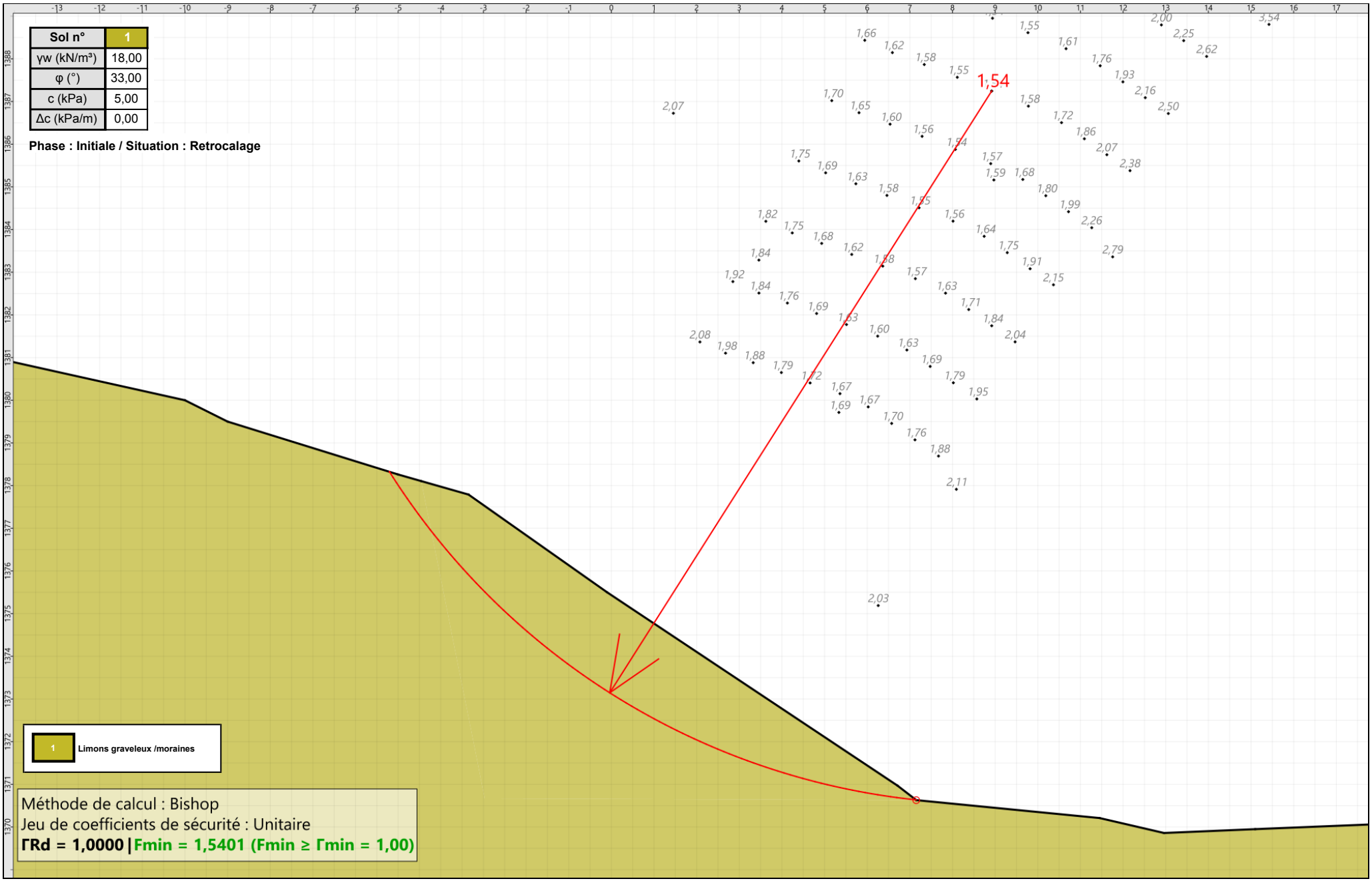
Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Non

Échelle 1:119

Sol n°	1
γw (kN/m³)	18,00
φ (°)	33,00
c (kPa)	5,00
Δc (kPa/m)	0,00

Phase : Initiale / Situation : Retrocalage



terrasol
setec

Talren v6
v6.2.20

Imprimé le : 1 juil. 2026 15:13:17
Calcul réalisé par : ANTEA GROUP

Projet : Paroi clouée Giratoire (zone 1)

Données de la phase 2

Nom de la phase : Phase définitive

Segments de la phase

	Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent
1	18	17	Limons graveleux /moraines	2	17	16	Limons graveleux /moraines	3	16	15	Limons graveleux /moraines
4	15	14	Limons graveleux /moraines	5	14	13	Limons graveleux /moraines	6	13	12	Limons graveleux /moraines
11	8	7	Limons graveleux /moraines	12	7	6	Limons graveleux /moraines	13	6	5	Limons graveleux /moraines
14	5	4	Limons graveleux /moraines	15	4	3	Limons graveleux /moraines	16	3	2	Limons graveleux /moraines
17	2	1	Limons graveleux /moraines	20	22	12	Limons graveleux /moraines	22	22	20	Limons graveleux /moraines
23	20	8	Limons graveleux /moraines								

Liste des éléments activés

Clous : Clou 1
Clou 2
Clou 3
Clou 4
Clou 5

Polygones : Polygone entre les points 18,17,16,15,14,13,12,22,20,8,7,6,5,4,3,2,1,xMax,xMin

Conditions hydrauliques : Néant

Données de la situation 1

Nom de la phase : Phase définitive

Nom de la situation : Satique

Option de calcul : Calcul de stabilité externe générale

Type d'analyse paramétrique : Calcul de stabilité classique

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : EC7 - NF P 94-270 / NF P 94-281 - Situation durable - Ouvrage courant - Stabilité générale

Détails du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γmin	1,000	Γs1	1,000	Γ's1	1,000	Γtanφ	1,250	Γc'	1,250	Γcu	1,400
ΓQ	1,300	Γqsl,clou,ab	1,850	Γqsl,clou,es	1,150	Γqsl,tirant,ab	1,400	Γqsl,tirant,es	1,000	Γqsl,bande	1,100
Γpl	1,400	Γa,clou	1,150	Γa,tirant	1,150	Γa,bande	1,250	Γbuton	1,250	-	-

Détermination de ΓRd : Automatique

ΓRd : 1.1

Type de surface de rupture : Circulaire automatique

Nombre de découpages : 10

Incrément sur le rayon : 10,000

Abscisse émergence limite aval : -33,500

Type de recherche : Point de passage de base

Point de passage de base : X= -2,970; Y= 1370,670

Écarter les surfaces de peau : Non

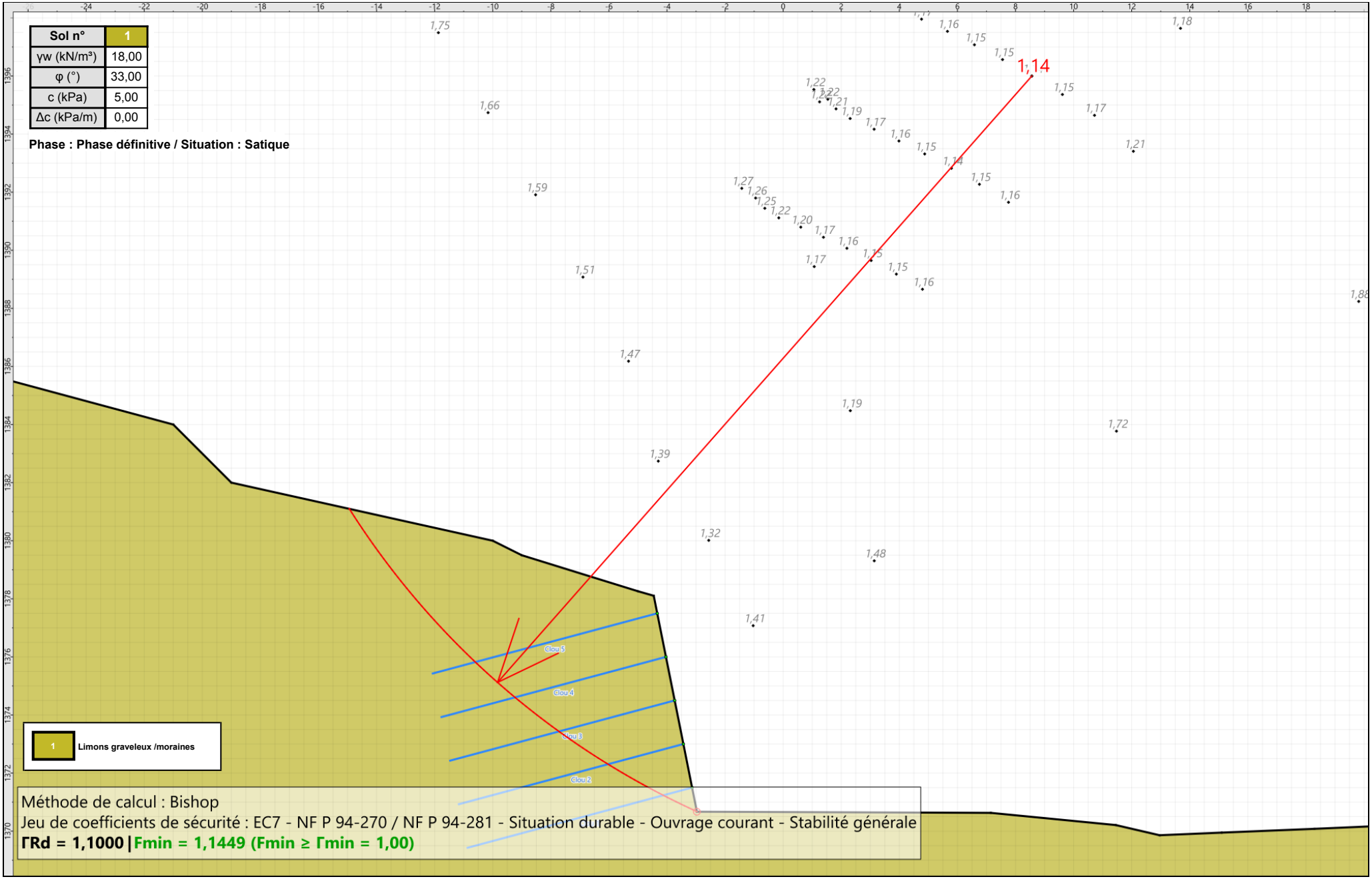
Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Non

Échelle 1:175

Sol n°	1
γw (kN/m³)	18,00
φ (°)	33,00
c (kPa)	5,00
Δc (kPa/m)	0,00

Phase : Phase définitive / Situation : Satique



Données de la phase 3

Nom de la phase : Phase définitive

Segments de la phase

	Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent
1	18	17	Limons graveleux /moraines	2	17	16	Limons graveleux /moraines	3	16	15	Limons graveleux /moraines
4	15	14	Limons graveleux /moraines	5	14	13	Limons graveleux /moraines	6	13	12	Limons graveleux /moraines
11	8	7	Limons graveleux /moraines	12	7	6	Limons graveleux /moraines	13	6	5	Limons graveleux /moraines
14	5	4	Limons graveleux /moraines	15	4	3	Limons graveleux /moraines	16	3	2	Limons graveleux /moraines
17	2	1	Limons graveleux /moraines	20	22	12	Limons graveleux /moraines	22	22	20	Limons graveleux /moraines
23	20	8	Limons graveleux /moraines								

Liste des éléments activés

Clous : Clou 1
Clou 2
Clou 3
Clou 4
Clou 5

Polygones : Polygone entre les points 18,17,16,15,14,13,12,22,20,8,7,6,5,4,3,2,1,xMax,xMin

Conditions hydrauliques : Néant

Données de la situation 1

Nom de la phase : Phase définitive

Nom de la situation : sismique

Option de calcul : Calcul de stabilité externe générale

Type d'analyse paramétrique : Calcul de stabilité classique

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : EC7 - NF P 94-270 / NF P 94-281 - Situation sismique - Stabilité générale

Détails du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γmin	1,000	Γs1	1,000	Γ's1	1,000	Γtanφ	1,000	Γc'	1,000	Γcu	1,000
ΓQ	1,000	Γqsl,clou,ab	1,700	Γqsl,clou,es	1,050	Γqsl,tirant,ab	1,400	Γqsl,tirant,es	1,000	Γqsl,bande	1,100
Γpl	1,000	Γa,clou	1,150	Γa,tirant	1,150	Γa,bande	1,250	Γbuton	1,250	-	-

Détermination de ΓRd : Automatique

ΓRd : 1.0

Type de surface de rupture : Circulaire automatique

Nombre de découpages : 10

Incrément sur le rayon : 10,000

Abscisse émergence limite aval : -17,000

Type de recherche : Point de passage de base

Point de passage de base : X= -2,970; Y= 1370,670

Écarter les surfaces de peau : Non

Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Oui

Coefficient kh (accélération horizontale) : 0,240

Coefficient kv (accélération verticale) : 0,120

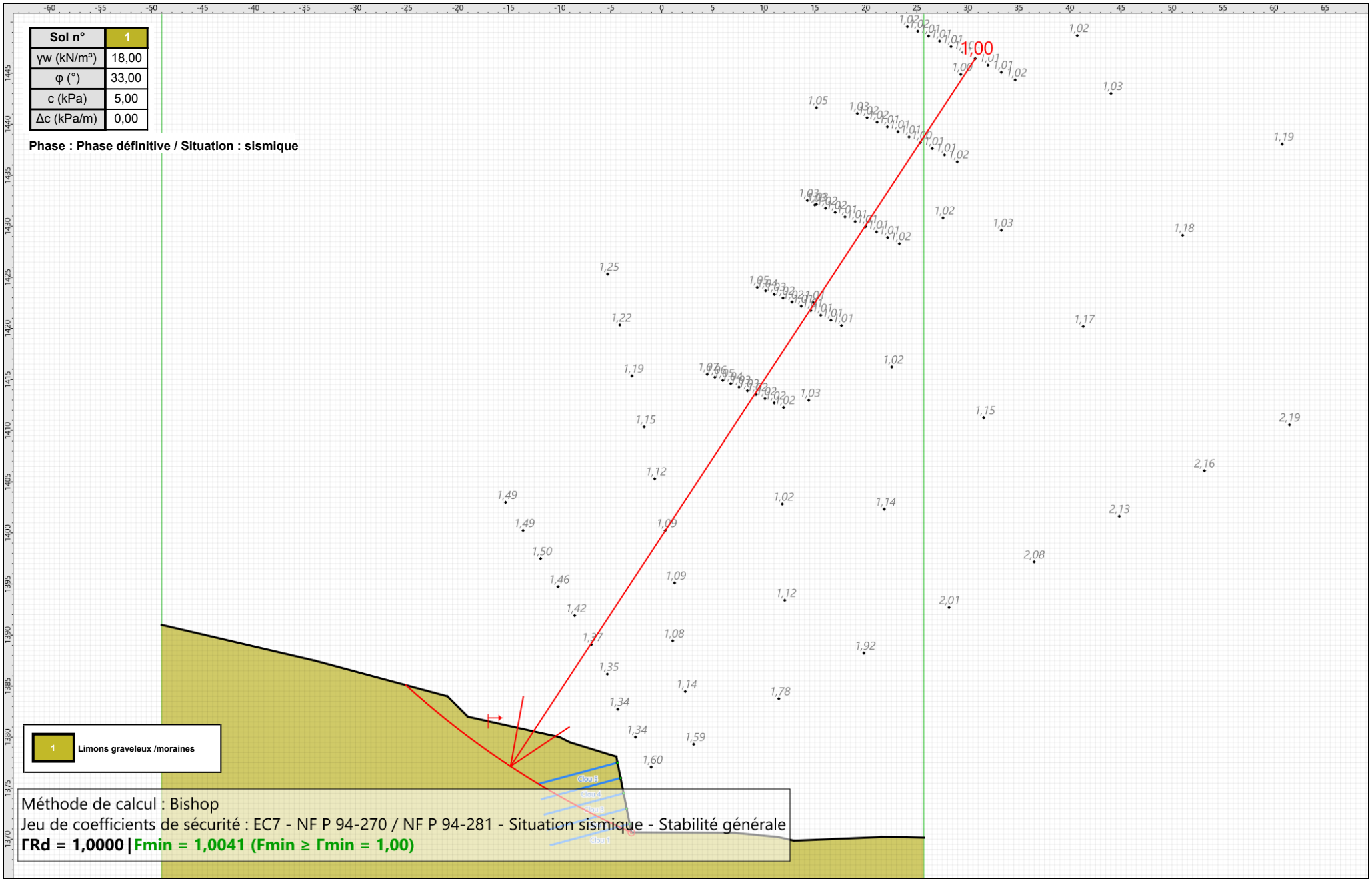
Recherche automatique de la combinaison sismique la plus défavorable : Non

Recherche automatique de l'accélération déstabilisante : Non

Échelle 1:499

Sol n°	1
γw (kN/m³)	18,00
φ (°)	33,00
c (kPa)	5,00
Δc (kPa/m)	0,00

Phase : Phase définitive / Situation : sismique



Données du projet

Type d'application : Calcul de stabilité classique

Numéro d'affaire : PACA250436

Titre du calcul : Profil A31 - zone 2

Lieu : N/A

Commentaires : N/A

Système d'unités : kN, kPa, kN/m³

γw : 10.0

Points

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	3,300	1376,420	2	-0,290	1376,390	3	-1,450	1376,510	4	-1,550	1376,510	5	-3,220	1378,350	6	-3,470	1378,630
7	-10,000	1381,760	8	-16,500	1386,450	9	4,330	1376,120	10	4,540	1374,310	11	6,240	1373,460	14	7,960	1372,100
15	8,960	1371,780	16	10,000	1371,670	17	-1,550	1369,600	18	-10,000	1377,000	19	10,000	1362,500	20	-16,500	1382,812
21	-3,310	1376,290	22	-3,819	1378,800												

Segments

	Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2
1	8	7	5	4	3	6	3	2	7	2	1	8	1	9	9	9	10	10	10	11
11	11	14	12	14	15	13	15	16	14	5	4	15	5	6	16	18	17	17	17	19
18	18	20	19	7	22	20	6	22	21	22	21	22	21	2						

Couches de sol

	Nom	Couleur	γ	φ	c	Δc	qs,clou	pmax	ks×B	Anisotropie	Favorable	Coefficients de sécurité spécifiques
1	Eboulis /moraine		18,0	33,00	2,0	0,0	50,0	-	-	Non	Non	Non
2	Moraine compacte		18,0	35,00	20,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non

Couches de sol (cont.)

	Nom	Couleur	Γγ	Γc	Γtan(φ)	Type de cohésion	Courbe	Écoulement dans le sol	kh	kv
1	Eboulis /moraine		-	-	-	Effective	Linéaire	Non	-	-
2	Moraine compacte		-	-	-	Effective	Linéaire	Non	-	-

Clous

	Nom	X	Y	Espacement horizontal	Inclinaison/horizontale	Largeur base de diffusion	Angle de diffusion	RNcal	Longueur	Rqs
1	Clou 1	-3,711	1378,265	1,000	10,00	1,000	10,00	250,0	5,000	-
2	Clou 2	-3,454	1377,000	2,000	10,00	1,000	10,00	250,0	5,000	-

Clous (cont.)

	Nom	Rayon équivalent	Règle de calcul de la résistance par frottement	Rc	Moment de plastification	EI
1	Clou 1	0,064	RAcal,RCimp	0,0	-	-
2	Clou 2	0,064	RAcal,RCimp	0,0	-	-

Clous (cont.)

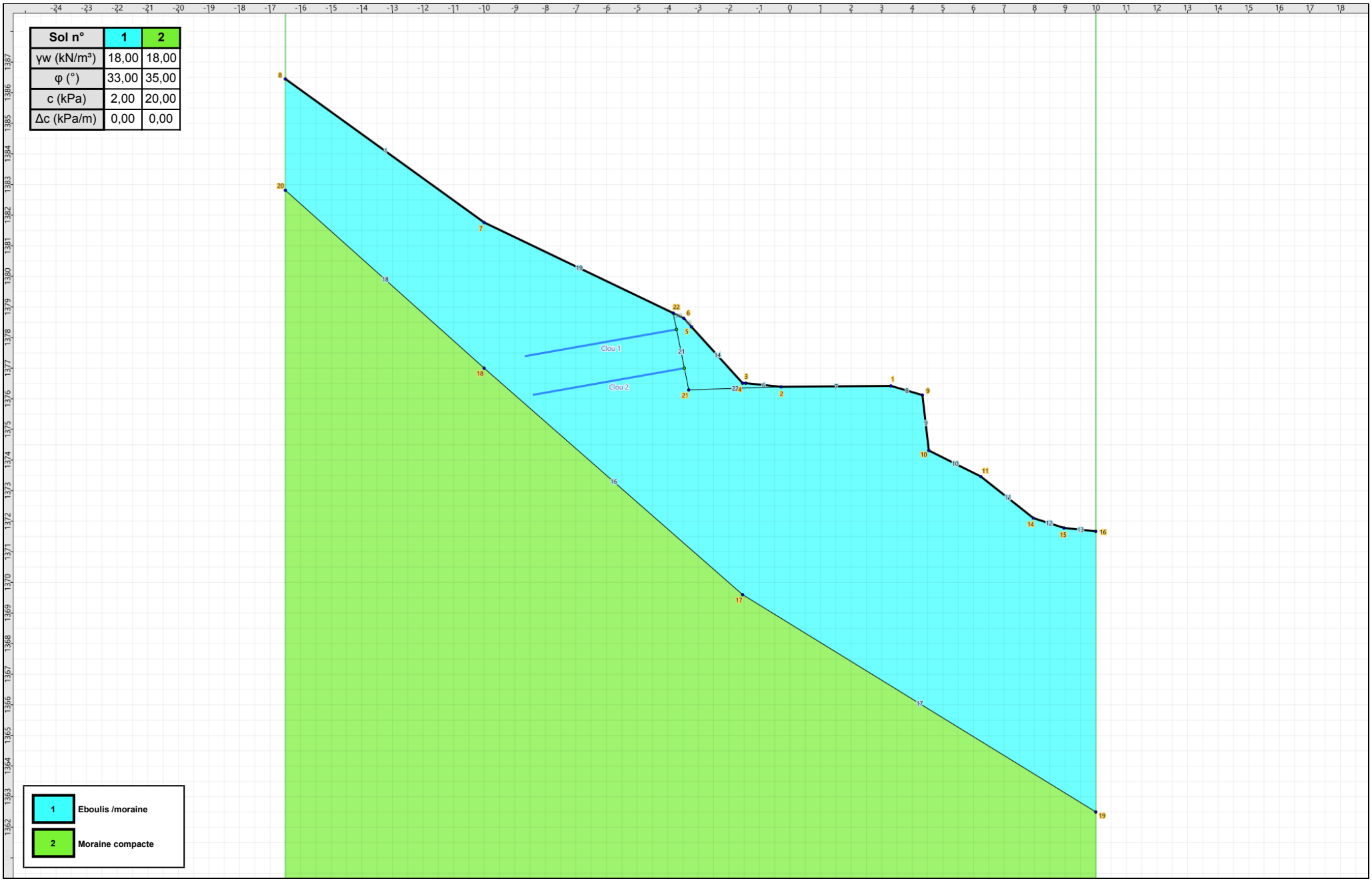
	Nom	Angle critique	Traction	Cisaillement	qsclou issu de	θbarre	σa	Valeur de Ra imposée	Rqs calculé à partir de qsclou
1	Clou 1	-	Externe	-	Abaques	-	-	Oui	Oui
2	Clou 2	-	Externe	-	Abaques	-	-	Oui	Oui

Clous (cont.)

	Nom	Résistance au cisaillement variable le long du clou	Matériau du clou
1	Clou 1	Non	-
2	Clou 2	Non	-

Échelle 1:167

Sol n°	1	2
γw (kN/m³)	18,00	18,00
φ (°)	33,00	35,00
c (kPa)	2,00	20,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00



Données de la phase 1

Nom de la phase : Rétrocalage

Segments de la phase

	Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent
1	8	7	Eboulis /moraine	5	4	3	Eboulis /moraine	6	3	2	Eboulis /moraine
7	2	1	Eboulis /moraine	8	1	9	Eboulis /moraine	9	9	10	Eboulis /moraine
10	10	11	Eboulis /moraine	11	11	14	Eboulis /moraine	12	14	15	Eboulis /moraine
13	15	16	Eboulis /moraine	14	5	4	Eboulis /moraine	15	5	6	Eboulis /moraine
16	18	17	Moraine compacte	17	17	19	Moraine compacte	18	18	20	Moraine compacte
19	7	22	Eboulis /moraine	20	6	22	Eboulis /moraine				

Liste des éléments activés

Polygones : Polygone entre les points 4,3,2,21,22,6,5
Polygone entre les points 8,7,22,21,2,1,9,10,11,14,15,16,19,17,18,20
Polygone entre les points 18,17,19,xMax,xMin,20

Conditions hydrauliques : Néant

Données de la situation 1

Nom de la phase : Rétrocalage

Nom de la situation : Retrocalage

Option de calcul : Calcul de stabilité externe générale

Type d'analyse paramétrique : Calcul de stabilité classique

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : Unitaire

Détails du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γmin	1,000	Γs1	1,000	Γ's1	1,000	Γtanφ	1,000	Γc'	1,000	Γcu	1,000
ΓQ	1,000	Γqsl,clou,ab	1,000	Γqsl,clou,es	1,000	Γqsl,tirant,ab	1,000	Γqsl,tirant,es	1,000	Γqsl,bande	1,000
Γpl	1,000	Γa,clou	1,000	Γa,tirant	1,000	Γa,bande	1,000	Γbuton	1,000	-	-

Détermination de ΓRd : Automatique

ΓRd : 1.0

Type de surface de rupture : Circulaire automatique

Nombre de découpages : 10

Incrément sur le rayon : 10,000

Abscisse émergence limite aval : -9,500

Type de recherche : Point de passage de base

Point de passage de base : X= -1,550; Y= 1376,510

Écarter les surfaces de peau : Non

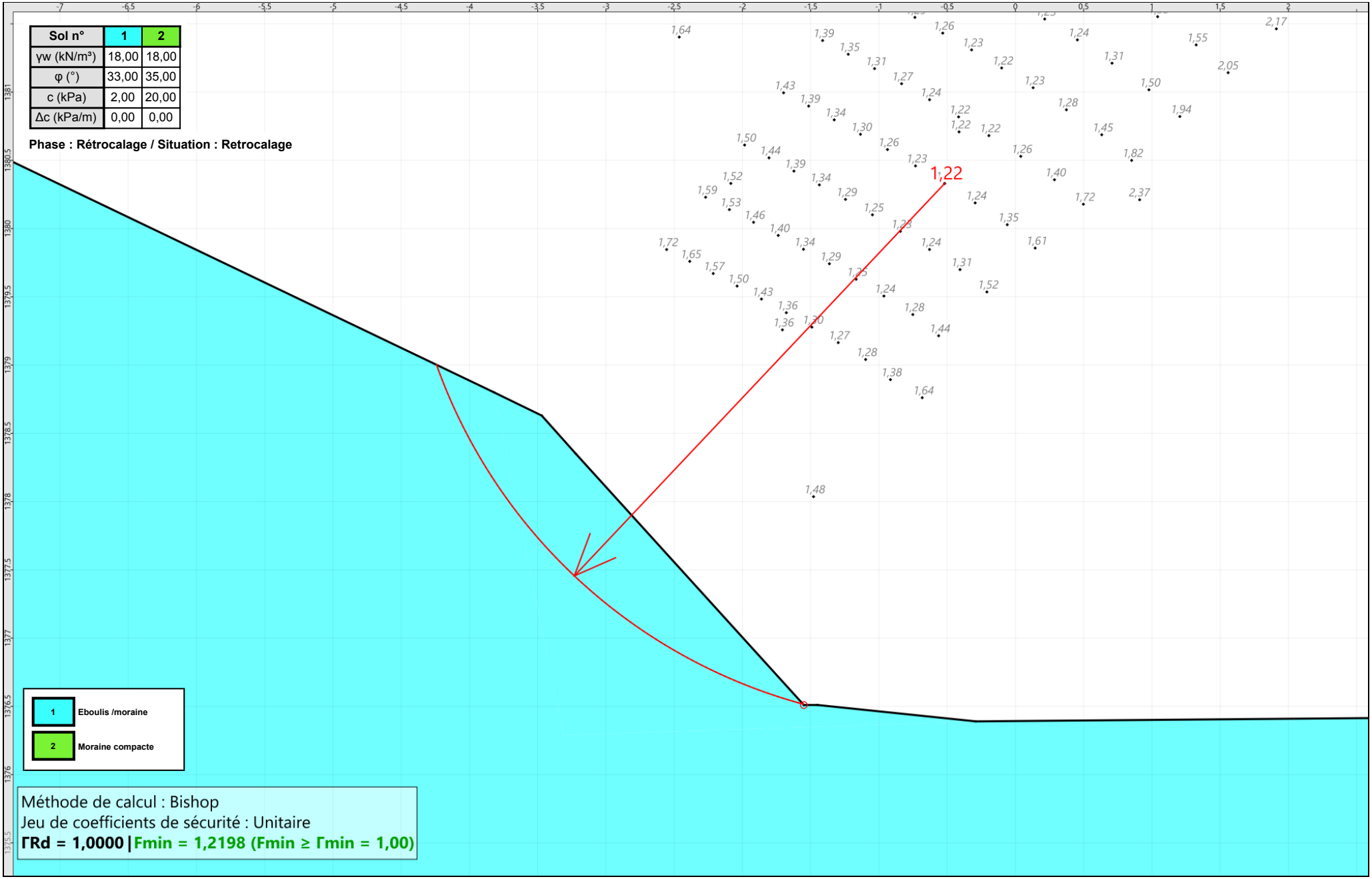
Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Non

Échelle 1:37

Sol n°	1	2
γw (kN/m³)	18,00	18,00
φ (°)	33,00	35,00
c (kPa)	2,00	20,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00

Phase : Rétrocalage / Situation : Retrocalage



Données de la phase 2

Nom de la phase : Définitive

Segments de la phase

	Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent
1	8	7	Eboulis /moraine	7	2	1	Eboulis /moraine	8	1	9	Eboulis /moraine
9	9	10	Eboulis /moraine	10	10	11	Eboulis /moraine	11	11	14	Eboulis /moraine
12	14	15	Eboulis /moraine	13	15	16	Eboulis /moraine	16	18	17	Moraine compacte
17	17	19	Moraine compacte	18	18	20	Moraine compacte	19	7	22	Eboulis /moraine
21	22	21	Eboulis /moraine	22	21	2	Eboulis /moraine				

Liste des éléments activés

Clous : Clou 1
Clou 2

Polygones : Polygone entre les points 8,7,22,21,2,1,9,10,11,14,15,16,19,17,18,20
Polygone entre les points 18,17,19,xMax,xMin,20

Conditions hydrauliques : Néant

Données de la situation 1

Nom de la phase : Définitive

Nom de la situation : Staique

Option de calcul : Calcul de stabilité externe générale

Type d'analyse paramétrique : Calcul de stabilité classique

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : EC7 - NF P 94-270 / NF P 94-281 - Situation durable - Ouvrage courant - Stabilité générale

Détails du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γmin	1,000	Γs1	1,000	Γ's1	1,000	Γtanφ	1,250	Γc'	1,250	Γcu	1,400
ΓQ	1,300	Γqsl,clou,ab	1,850	Γqsl,clou,es	1,150	Γqsl,tirant,ab	1,400	Γqsl,tirant,es	1,000	Γqsl,bande	1,100
Γpl	1,400	Γa,clou	1,150	Γa,tirant	1,150	Γa,bande	1,250	Γbuton	1,250	-	-

Détermination de ΓRd : Automatique

ΓRd : 1.1

Type de surface de rupture : Circulaire manuelle avec intervalles

Point d'entrée : X= -10,000; Y= 1381,760

Point de sortie : X= -3,310; Y= 1376,290

Exploration : Par pas de 10°

Angle au centre maximal : 180,00

Écarter les surfaces de peau : Non

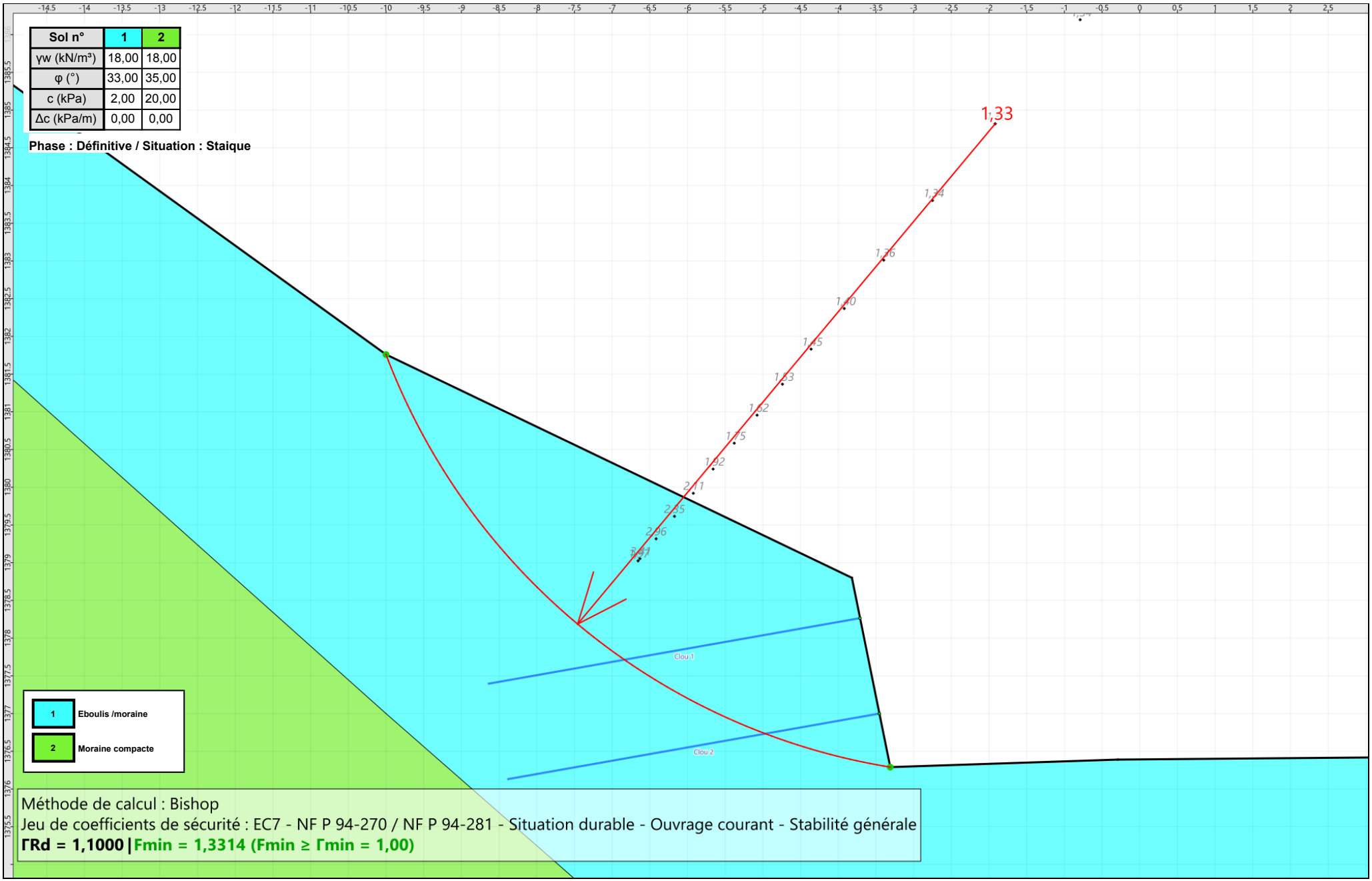
Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Non

Échelle 1:68

Sol n°	1	2
γw (kN/m³)	18,00	18,00
φ (°)	33,00	35,00
c (kPa)	2,00	20,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00

Phase : Définitive / Situation : Staique



Données de la situation 2

Nom de la phase : Définitive

Nom de la situation : Sismique

Option de calcul : Calcul de stabilité externe générale

Type d'analyse paramétrique : Calcul de stabilité classique

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : EC7 - NF P 94-270 / NF P 94-281 - Situation sismique - Stabilité générale

Détails du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γmin	1,000	Γs1	1,000	Γ's1	1,000	Γtanφ	1,000	Γc'	1,000	Γcu	1,000
ΓQ	1,000	Γqsl,clou,ab	1,700	Γqsl,clou,es	1,050	Γqsl,tirant,ab	1,400	Γqsl,tirant,es	1,000	Γqsl,bande	1,100
Γpl	1,000	Γa,clou	1,150	Γa,tirant	1,150	Γa,bande	1,250	Γbuton	1,250	-	-

Détermination de ΓRd : Automatique

ΓRd : 1.0

Type de surface de rupture : Circulaire manuelle avec intervalles

Point d'entrée : X= -10,000; Y= 1381,760

Point de sortie : X= -3,310; Y= 1376,290

Exploration : Par pas de 10°

Angle au centre maximal : 180,00

Écarter les surfaces de peau : Non

Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Oui

Coefficient kh (accélération horizontale) : 0,245

Coefficient kv (accélération verticale) : 0,122

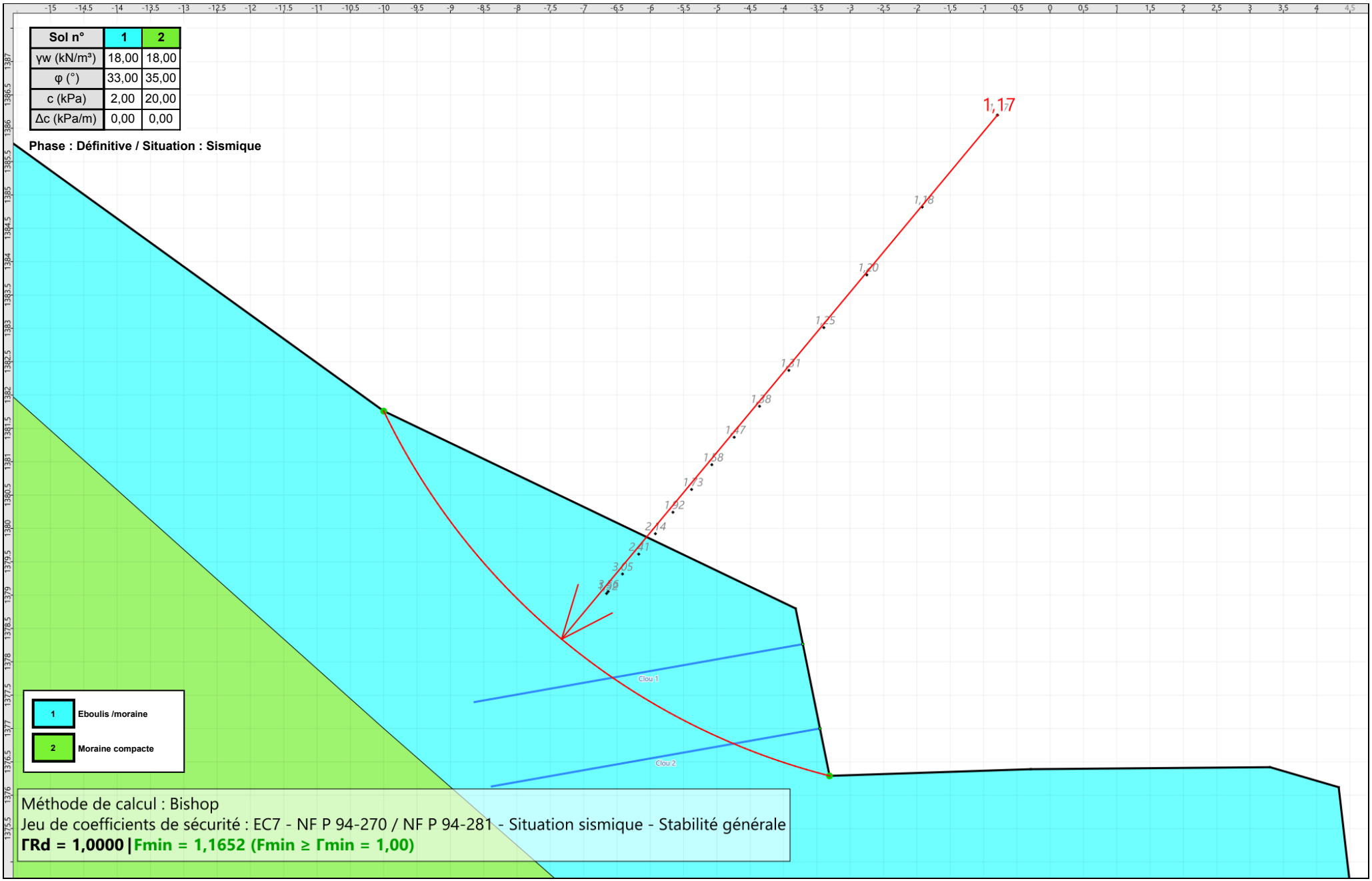
Recherche automatique de la combinaison sismique la plus défavorable : Non

Recherche automatique de l'accélération déstabilisante : Non

Échelle 1:76

Sol n°	1	2
γw (kN/m³)	18,00	18,00
φ (°)	33,00	35,00
c (kPa)	2,00	20,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00

Phase : Définitive / Situation : Sismique



Annexe VI : **Profil de calculs – Paroi et mur en L (zone 4)**

Calcul du mur de soutènement en T

Données d'entrée (Phase de construction 1 - Calcul statique)

Projet : Réaménagement voie d'accès au fort des trois têtes
Date : 30/06/2026

Paramètres

(saisie pour l'étude actuelle)

Matériaux et normes

Structures en béton : EN 1992-1-1 (EC2)
Coefficients EN 1992-1-1 : standard

Calcul des murs

Méthode de vérification : calcul selon EN 1997
Calcul de la pression active : Absi
Calcul de la pression passive : Absi
Calcul du séisme : Mononobe-Okabe
Forme du coin de sol : toujours considérer comme vertical
Bêche : considérer la bêche comme une base de fondation inclinée
Excentricité admissible : 0,333
Approche de calcul : 2 - réduction de la charge et de la résistance

Coefficient de réduction de la charge (F)					
Situation de calcul permanente					
		Défavorable		Favorable	
Charge permanente :	γ_G =	1,35	[–]	1,00	[–]
Charge variable :	γ_Q =	1,50	[–]	0,00	[–]
Action de l'eau :	γ_w =	1,35	[–]		

Coefficient de réduction de la résistance (R)			
Situation de calcul permanente			
Coefficient de réduction de la résistance au renversement :	γ_{Rv} =	1,40	[–]
Coefficient de réduction de la résistance au glissement :	γ_{Rh} =	1,10	[–]
Coefficient de réduction de la résistance du sol de fondation :	γ_{Re} =	1,40	[–]

Coefficients de combinaison pour les charges variables			
Situation de calcul permanente			
Coefficient de valeur de combinaison :	ψ_0 =	0,70	[–]
Coefficient de valeur fréquente :	ψ_1 =	0,50	[–]
Coefficient de valeur quasi-permanente :	ψ_2 =	0,30	[–]

Coefficient de réduction de la charge (F)					
Situation de calcul au séisme					
		Défavorable		Favorable	
Charge permanente :	γ_G =	1,00	[–]	1,00	[–]
Charge variable :	γ_Q =	1,00	[–]	0,00	[–]
Action de l'eau :	γ_w =	1,00	[–]		

Coefficient de réduction de la résistance (R)			
Situation de calcul au séisme			
Coefficient de réduction de la résistance au renversement :	γ_{Rv} =	1,00	[–]

[GEO5 - Murs cantilever (32 bit) | version 5.2024.121.0 | clé de protection 9598 / 1 | ANTEA France | Copyright © 2024 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.fr]
[itech | +33 (0) 1 49 76 12 59| geo5@itech-soft.com| http://www.itech-soft.com]

Coefficient de réduction de la résistance (R)			
Situation de calcul au séisme			
Coefficient de réduction de la résistance au glissement :	γ_{Rh} =	1,00	[–]
Coefficient de réduction de la résistance du sol de fondation :	γ_{Re} =	1,00	[–]

Matériau de la structure

Poids volumique γ = 25,00 kN/m^3
Le calcul des structures en béton a été effectué selon la norme EN 1992-1-1 (EC2).

Béton: C 25/30

Résistance cylindrique à la compression	f_{ck} =	25,00	MPa
Résistance à la traction	f_{ctm} =	2,60	MPa
Module d'élasticité	E_{cm} =	31000,00	MPa

Ferraillage longitudinal: B500B

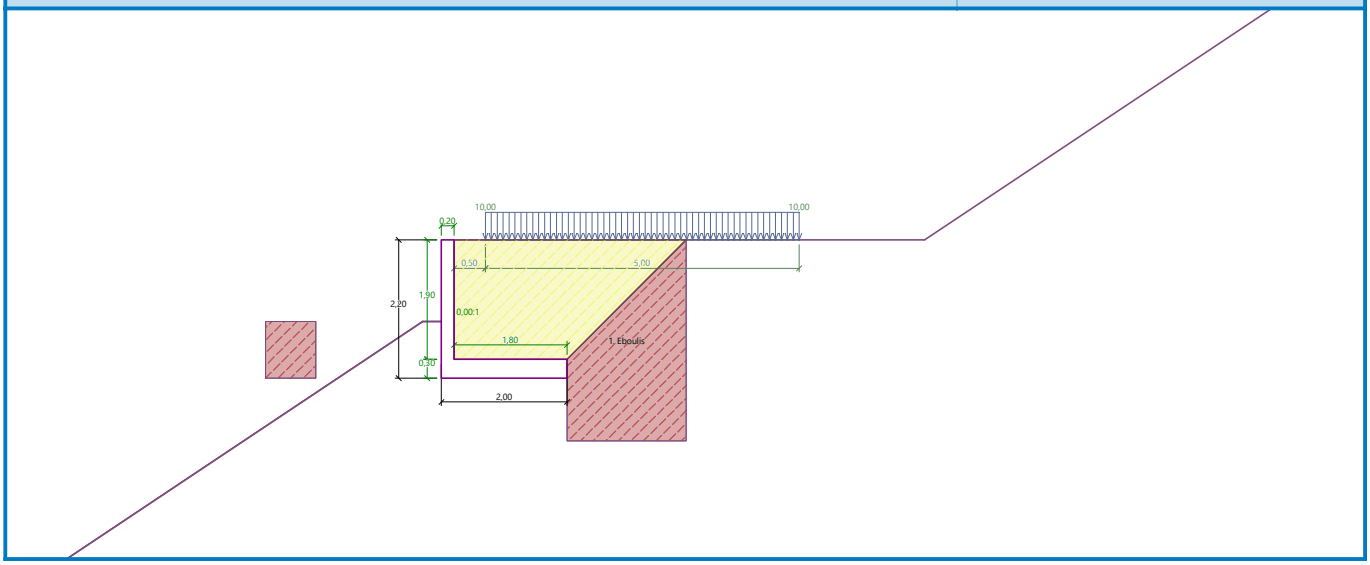
Limite d'élasticité	f_{yk} =	500,00	MPa

Géométrie de la structure

N°	Coordonnée X [m]	Profondeur Z [m]
1	0,00	0,00
2	0,00	1,90
3	1,80	1,90
4	1,80	2,20
5	-0,20	2,20
6	-0,20	1,90
7	-0,20	0,00

L'origine [0,0] se trouve dans le coin supérieur droit du mur.
Profil du mur = 0,98 m^2.

Nom : Géométrie | **Phase - calcul : 1 - 0**



[GEO5 - Murs cantilever (32 bit) | version 5.2024.121.0 | clé de protection 9598 / 1 | ANTEA France | Copyright © 2024 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.fr]
[itech | +33 (0) 1 49 76 12 59| geo5@itech-soft.com| http://www.itech-soft.com]

Paramètres de base des sols

N°	Nom	Echantillon	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]	γ_{su} [kN/m³]	δ [°]
1	Moraine compact		35,00	15,00	18,00	8,00	18,00
2	Eboulis		33,00	2,00	18,00	8,00	20,00
3	Remblais		35,00	0,00	18,00	8,00	20,00

Pour calculer la pression au repos, on suppose que tous les sols sont pulvérulents.

Paramètres des sols

Moraine compact

Poids volumique : $\gamma = 18,00$ kN/m³
État de contrainte : effectives
Angle de frottement interne : $\varphi_{ef} = 35,00$ °
Cohésion du sol : $c_{ef} = 15,00$ kPa
Angle de frot. structure-sol : $\delta = 18,00$ °
Sol : pulvérulent
Poids volumique du sol saturé : $\gamma_{sat} = 18,00$ kN/m³

Eboulis

Poids volumique : $\gamma = 18,00$ kN/m³
État de contrainte : effectives
Angle de frottement interne : $\varphi_{ef} = 33,00$ °
Cohésion du sol : $c_{ef} = 2,00$ kPa
Angle de frot. structure-sol : $\delta = 20,00$ °
Sol : pulvérulent
Poids volumique du sol saturé : $\gamma_{sat} = 18,00$ kN/m³

Remblais

Poids volumique : $\gamma = 18,00$ kN/m³
État de contrainte : effectives
Angle de frottement interne : $\varphi_{ef} = 35,00$ °
Cohésion du sol : $c_{ef} = 0,00$ kPa
Angle de frot. structure-sol : $\delta = 20,00$ °
Sol : pulvérulent
Poids volumique du sol saturé : $\gamma_{sat} = 18,00$ kN/m³

Remblai derrière la construction

Sol assigné : Remblais
Inclin. = 45,00 °

Profil géologique et assignation des sols

Information sur la position

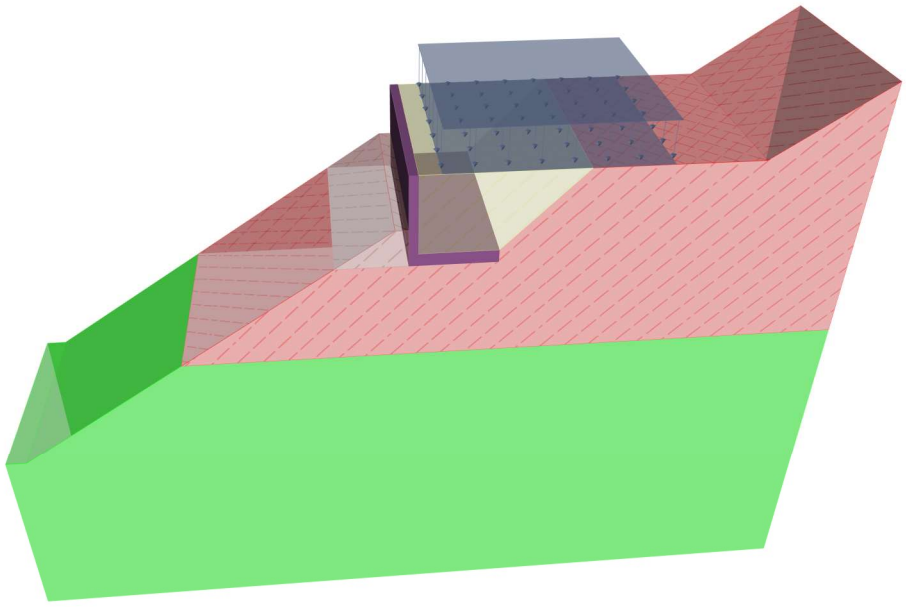
Cote de surface = 0,00 m

Profil géologique et assignation des sols

[GEO5 - Murs cantilever (32 bit) | version 5.2024.121.0 | clé de protection 9598 / 1 | ANTEA France | Copyright © 2024 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.fr]
[itech | +33 (0) 1 49 76 12 59| geo5@itech-soft.com| http://www.itech-soft.com]

N°	Epaisseur de la couche t [m]	Profondeur z [m]	Altitude [m]	Sol assigné	Echantillon
1	4,60	0,00 .. 4,60	0,00 .. -4,60	Eboulis	
2	-	4,60 .. ∞	-4,60 .. -	Moraine compact	

Nom : Profil et assignation	Phase - calcul : 1 - 0



Fondation

Type de fondation : sol - profil géologique

Profil du terrain

N°	Coordonnées x [m]	Profondeur z [m]
1	0,00	0,00
2	7,50	0,00
3	25,50	-12,00
4	26,50	-12,00

L'origine [0,0] se trouve dans le coin en haut à droite de la structure.
Coordonnée +z orientée vers le bas.

Effet de l'eau

La nappe phréatique est au-dessous de la structure.

Surcharges surfaciques saisies

N°	Surcharge nouv.	Surcharge modif.	Application	Grand. 1 [kN/m²]	Grand. 2 [kN/m²]	Ordre x x [m]	Longueur l [m]	Profondeur z [m]
1	Oui		variable	10,00	10,00	0,50	5,00	sur le terrain

[GEO5 - Murs cantilever (32 bit) | version 5.2024.121.0 | clé de protection 9598 / 1 | ANTEA France | Copyright © 2024 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.fr]
[itech | +33 (0) 1 49 76 12 59| geo5@itech-soft.com| http://www.itech-soft.com]

N°	Nom
1	Charge de circulation

Pression à l'avant de la structure

Pression à l'avant de la structure : au repos
Sol en aval de la structure - Eboulis
Hauteur du sol devant le mur h = 0,90 m

Profil du terrain en aval de la structure

N°	Coordonnées x[m]	Profondeur z[m]
1	0,00	0,00
2	0,00	-0,90
3	-0,30	-0,90
4	-9,30	5,10
5	-10,30	5,10

L'origine [0,0] se trouve à la limite inférieure gauche de la structure.
Coordonné positive +z orientée vers le bas.

Paramètres du calcul de la phase

Situation de calcul : permanente
Le mur peut se déplacer, la charge de la pression active est prise en compte dans le calcul.
Réduction de l'angle de frottement sol/sol : ne pas réduire

Vérification n° 1 (Phase de construction 1 - Calcul statique)

Bilan des forces appliquées à la structure

Nom	F_{hor} [kN/m]	Point z [m]	F_{vert} [kN/m]	Point x [m]	Coef. renv.	Coef. transl.	Coef. contrainte
Poids - mur	0,00	-0,58	24,50	0,65	1,000	1,000	1,350
Poids - sol	0,00	-0,90	0,00	0,00	1,000	1,000	1,350
Pression à l'avant	-3,21	-0,31	0,00	0,00	1,000	1,000	1,350
Poids - coin de sol	0,00	-1,25	61,56	1,10	1,000	1,000	1,350
Pression active	9,21	-0,74	5,68	2,00	1,350	1,350	1,350
Charge de circulation	4,57	-1,06	2,95	2,00	1,500	1,500	1,500
Charge de circulation	0,00	-2,20	13,00	1,35	0,000	0,000	1,500

Vérification du mur entier

Vérification de la résistance au renversement
Moment résistant M_{res} = 77,03 kNm/m
Moment de renversement M_{ovr} = 15,42 kNm/m

Résistance du mur au renversement ADMISSIBLE

Vérification de la résistance au glissement
Force horizontale résistante H_{res} = 61,37 kN/m
Force horizontale sollicitante H_{act} = 16,07 kN/m

Résistance du mur au glissement ADMISSIBLE

Vérification globale - MUR ADMISSIBLE

Contrainte maximale à la base de la fondation : 73,88 kPa

[GEO5 - Murs cantilever (32 bit) | version 5.2024.121.0 | clé de protection 9598 / 1 | ANTEA France | Copyright © 2024 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.fr]
[itech | +33 (0) 1 49 76 12 59| geo5@itech-soft.com| http://www.itech-soft.com]

Capacité portante du sol de fondation (Phase de construction 1 - Calcul statique)

Vérification de la fondation superficielle

Données d'entrée (Phase de construction 1 - ELU)

Paramètres

(saisie pour l'étude actuelle)

Matériaux et normes

Structures en béton : EN 1992-1-1 (EC2)
Coefficients EN 1992-1-1 : standard

Paramètres de base des sols

N°	Nom	Echantillon	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]	γ_{su} [kN/m³]	δ [°]
1	Moraine compact		35,00	15,00	18,00	8,00	18,00
2	Eboulis		33,00	2,00	18,00	8,00	20,00
3	Remblais		35,00	0,00	18,00	8,00	20,00

Pour calculer la pression au repos, on suppose que tous les sols sont pulvérulents.

Paramètres des sols

Moraine compact

Poids volumique : $\gamma = 18,00$ kN/m³
Type de sol : Sables et graviers
Coefficient rhéologique : $\alpha = 0,33$
Poids volumique du sol saturé : $\gamma_{sat} = 18,00$ kN/m³

Eboulis

Poids volumique : $\gamma = 18,00$ kN/m³
Type de sol : Sables et graviers
Coefficient rhéologique : $\alpha = 0,33$
Poids volumique du sol saturé : $\gamma_{sat} = 18,00$ kN/m³

Remblais

Poids volumique : $\gamma = 18,00$ kN/m³
Type de sol : Sables et graviers
Coefficient rhéologique : $\alpha = 0,33$
Poids volumique du sol saturé : $\gamma_{sat} = 18,00$ kN/m³

Essais

N°	Nom de l'essai	Déplacement de l'origine d_h [m]	Profondeur globale d_{tot} [m]
1	SP4	0,00	9,00

[GEO5 - Murs cantilever (32 bit) | version 5.2024.121.0 | clé de protection 9598 / 1 | ANTEA France | Copyright © 2024 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.fr]
[itech | +33 (0) 1 49 76 12 59| geo5@itech-soft.com| http://www.itech-soft.com]

Essai : SP4

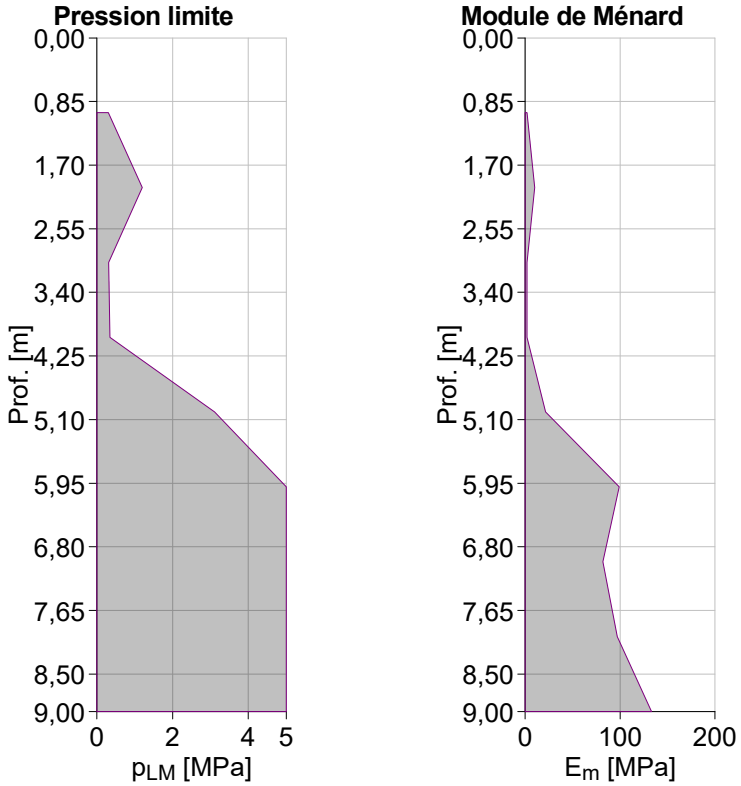


Table (PMT)

N°	Profondeur d [m]	Pression limite p_{LM} [MPa]	Module de Ménard E_m [MPa]
1	1,00	0,31	1,90
2	2,00	1,20	9,80
3	3,00	0,32	1,90
4	4,00	0,35	1,90
5	5,00	3,11	21,60
6	6,00	5,00	99,00
7	7,00	5,00	82,00
8	8,00	5,00	97,10
9	9,00	5,00	133,20

Fondation

Type : semelle filante

Profondeur à partir du terrain initial h_z = 2,20 m
Profondeur de la base de la fondation d = 0,90 m
Epaisseur de la fondation t = 0,30 m
Inclin. du terrain modifié s_1 = 29,54 °

Terrain de recouvrement

Type: saisir le poids volumique
Poids volumique du sol au-dessus de la fondation = 20,00 kN/m^3

Géométrie de la structure

Type : semelle filante

Long. totale de la semelle filante = 10,00 m
Larg. de la semelle filante (x) = 2,00 m

[GEO5 - Murs cantilever (32 bit) | version 5.2024.121.0 | clé de protection 9598 / 1 | ANTEA France | Copyright © 2024 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.fr]
[itech | +33 (0) 1 49 76 12 59| geo5@itech-soft.com| http://www.itech-soft.com]

Larg. du pilier selon l'axe x = 0,10 m

La charge saisie est considérée par unité de longueur de semelle filante.
Volume de la semelle filante = 0,60 m^3/m
Volume d'excavation = 1,80 m^3/m
Volume de remblai = 1,14 m^3/m

Matériau de la structure

Poids volumique γ = 25,00 kN/m^3

Profil géologique et assignation des sols

Information sur la position
Cote de surface = 0,00 m

Profil géologique et assignation des sols

N°	Epaisseur de la couche t [m]	Profondeur z [m]	Altitude [m]	Sol assigné	Echantillon
1	4,60	0,00 .. 4,60	0,00 .. -4,60	Eboulis	
2	-	4,60 .. ∞	-4,60 .. -	Moraine compact	

Charge

N°	Charge nouv.	Charge modif.	Nom	Type	N [kN/m]	M_y [kNm/m]	H_x [kN/m]
1	Oui		EL 1	de calcul	112,25	-4,48	-14,95
2	Oui		EL 2	de calcul	62,62	0,91	-16,07
3	Oui		EL 3	d'exploitation	72,16	-3,17	-10,56
4	Oui		EL 4	d'exploitation	59,16	1,23	-10,56

Calcul des essais : PMT
Type de calcul : calcul en conditions drainées

Calcul n° 1 (Phase de construction 1)

Calcul de la capacité - PMT

Pression limite du sol équivalente $p_{LM,avg}$ = 765,32 kPa
Profondeur équivalente de la profondeur D_e = 1,10 m
Coefficient de la capacité portante K_p = 1,219
Coefficient de l'effet de l'inclinaison de terrain g_q = 0,188
Coefficient de l'inclinaison de la charge i_δ = 0,812

Calcul de la capacité - PMT

Calcul de tassement - PMT

Coefficient de l'effet de l'inclinaison de terrain g_q = 0,19
Coefficient de l'effet de l'inclinaison de la base de fondation b_q = 1,00
Longueur effective l_{ef} = 10,00 m
Largeur effective b_{ef} = 2,00 m

Contrainte géostatique : considérée depuis le terrain initial
Module de Ménard équivalent E_c = 4,43 MPa
E_d = 5,13 MPa
Coefficient de forme λ_c = 1,40
λ_d = 2,14
Coefficient rhéologique α = 0,33

Vérification globale

Excentricité max. dans la direction de longueur de la semelle isolée e_x = 0,029<0,333

[GEO5 - Murs cantilever (32 bit) | version 5.2024.121.0 | clé de protection 9598 / 1 | ANTEA France | Copyright © 2024 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.fr]
[itech | +33 (0) 1 49 76 12 59| geo5@itech-soft.com| http://www.itech-soft.com]

Excentricité max. dans la direction de largeur de la semelle isolée e_y = 0,000<0,333
Excentricité dans l'espace maximale e_t = 0,029<0,333

Excentricité de la charge sur fondation ADMISSIBLE
Cas de charge le plus défavorable n° 1. (EL 1)
Calcul de : SP4
Contrainte dans la base de fondation σ = 75,02 kPa
Capac. port. du sol de fondation R_d = 142,18 kPa
Tassement de la fondation s_s = 2,58 mm

Coefficient de sécurité = 1,90 > 1,40
Capacité portante verticale ADMISSIBLE
Vérification de la capacité portante horizontale

Cas de charge le plus défavorable n° 2. (EL 2)
Angle de frottement fondation-sol ψ = 20,00 °

Capacité portante horizontale R_{dh} = 36,55 kN
Force horizontale extrême H = 16,07 kN

Coefficient de sécurité = 2,27 > 1,00
Capacité portante horizontale ADMISSIBLE

Semelle de fondation ADMISSIBLE

Dimension. n° 1 (Phase de construction 1)

Le calcul a été effectué en utilisant automatiquement les cas de charge les plus défavorables.
Vérification de l'armature longitudinale de la fondation selon l'axe x

4 pce profil 12,0 mm, enrobage 40,0 mm
Larg. de la section = 1,00 m
Hauteur de la section = 0,30 m

Pourcentage d'armature ρ = 0,18 % > 0,14 % = ρ_{min}
Situation de l'axe neutre x = 0,01 m < 0,16 m = x_{max}
Moment limite ultime M_{Rd} = 48,80 kNm > 30,47 kNm = M_{Ed}

Section ADMISSIBLE.
Vérification de la résistance de la semelle isolée au poinçonnement

Effort normal du pilier = 112,25 kN
Capacité portante maximale du contour du pilier

Force transférée dans le sol de fondation = 5,61 kN
Force transmise par la résistance au cisaillement de la semelle = 106,63 kN
Contour du pilier considéré u_0 = 2,00 m
Contrainte de cisaillement sur le contour du pilier $v_{Ed,max}$ = 0,29 MPa
Capacité portante du contour du pilier $v_{Rd,max}$ = 3,60 MPa

Section critique sans l'armature de cisaillement

Force transférée dans le sol de fondation = 62,63 kN
Force transmise par la résistance au cisaillement de la semelle = 49,61 kN
Distance entre la section et le pilier = 0,51 m
Long. de section u = 2,00 m
Contrainte de cisaillement appliquée à la section v_{Ed} = 0,10 MPa
Capacité portante de la section non armée $v_{Rd,c}$ = 0,45 MPa

$v_{Ed} < v_{Rd,c}$ => il n'est pas nécessaire d'utiliser l'armature

Résistance de la semelle isolée au poinçonnement ADMISSIBLE

[GEO5 - Murs cantilever (32 bit) | version 5.2024.121.0 | clé de protection 9598 / 1 | ANTEA France | Copyright © 2024 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.fr]
[itech | +33 (0) 1 49 76 12 59| geo5@itech-soft.com| http://www.itech-soft.com]

Données d'entrée (Phase de construction 2 - ELU)

Profil géologique et assignation des sols

Information sur la position
Cote de surface = 0,00 m
Profil géologique et assignation des sols

N°	Epaisseur de la couche t [m]	Profondeur z [m]	Altitude [m]	Sol assigné	Echantillon
1	4,60	0,00 .. 4,60	0,00 .. -4,60	Eboulis	
2	-	4,60 .. ∞	-4,60 .. -	Moraine compact	

Charge

N°	Charge nouv.	Charge modif.	Nom	Type	N [kN/m]	M_y [kNm/m]	H_x [kN/m]
1	Non	Non	EL 1	de calcul	112,25	-4,48	-14,95
2	Non	Non	EL 2	de calcul	62,62	0,91	-16,07
3	Non	Non	EL 3	d'exploitation	72,16	-3,17	-10,56
4	Non	Non	EL 4	d'exploitation	59,16	1,23	-10,56

Calcul n° 1 (Phase de construction 2)

Calcul de la capacité - PMT

Pression limite du sol équivalente	$p_{LM,avg}$	= 765,32	kPa
Profondeur équivalente de la profondeur	D_e	= 1,10	m
Coefficient de la capacité portante	K_p	= 1,219	
Coefficient de l'effet de l'inclinaison de terrain	g_q	= 0,188	
Coefficient de l'inclinaison de la charge	i_δ	= 0,709	

Calcul de la capacité - PMT

Calcul de tassement - PMT

Coefficient de l'effet de l'inclinaison de terrain	g_q	= 0,19	
Coefficient de l'effet de l'inclinaison de la base de fondation	b_q	= 1,00	
Longueur effective	l_{ef}	= 10,00	m
Largeur effective	b_{ef}	= 1,89	m

Contrainte géostatique : considérée depuis le terrain initial

Module de Ménard équivalent	E_c	= 4,43	MPa
	E_d	= 5,13	MPa
Coefficient de forme	λ_c	= 1,40	
	λ_d	= 2,14	
Coefficient rhéologique	α	= 0,33	

Vérification globale

Excentricité max. dans la direction de longueur de la semelle isolée	e_x	= 0,029<0,333
Excentricité max. dans la direction de largeur de la semelle isolée	e_y	= 0,000<0,333
Excentricité dans l'espace maximale	e_t	= 0,029<0,333

Excentricité de la charge sur fondation ADMISSIBLE
Calcul du cas de charge n° 2. (EL 2)
Calcul de : SP4

Contrainte dans la base de fondation	σ	= 53,25	kPa
Capac. port. du sol de fondation	R_d	= 124,27	kPa
Tassement de la fondation	s_s	= 0,99	mm

[GEO5 - Murs cantilever (32 bit) | version 5.2024.121.0 | clé de protection 9598 / 1 | ANTEA France | Copyright © 2024 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.fr]
[itech | +33 (0) 1 49 76 12 59| geo5@itech-soft.com| http://www.itech-soft.com]

Coefficient de sécurité = 2,33 > 1,40
Capacité portante verticale ADMISSIBLE
Vérification de la capacité portante horizontale

Calcul du cas de charge n° 2. (EL 2)
Angle de frottement fondation-sol ψ = 20,00 °

Capacité portante horizontale R_{dh} = 36,55 kN
Force horizontale extrême H = 16,07 kN

Coefficient de sécurité = 2,27 > 1,00
Capacité portante horizontale ADMISSIBLE

Semelle de fondation ADMISSIBLE

Dimension. n° 1 (Phase de construction 2)

Le calcul a été effectué en utilisant automatiquement les cas de charge les plus défavorables.
Vérification de l'armature longitudinale de la fondation selon l'axe x

4 pce profil 16,0 mm, enrobage 40,0 mm
Larg. de la section = 1,00 m
Hauteur de la section = 0,30 m

Pourcentage d'armature	ρ	= 0,32 %	>	0,14 %	=	ρ_{min}
Situation de l'axe neutre	x	= 0,03 m	<	0,16 m	=	x_{max}
Moment limite ultime	M_{Rd}	= 84,45 kNm	>	30,47 kNm	=	M_{Ed}

Section ADMISSIBLE.
Vérification de la résistance de la semelle isolée au poinçonnement

Effort normal du pilier = 112,25 kN
Capacité portante maximale du contour du pilier

Force transférée dans le sol de fondation		= 5,61	kN
Force transmise par la résistance au cisaillement de la semelle		= 106,63	kN
Contour du pilier considéré	u_0	= 2,00	m
Contrainte de cisaillement sur le contour du pilier	$v_{Ed,max}$	= 0,29	MPa
Capacité portante du contour du pilier	$v_{Rd,max}$	= 3,60	MPa

Section critique sans l'armature de cisaillement

Force transférée dans le sol de fondation		= 62,19	kN
Force transmise par la résistance au cisaillement de la semelle		= 50,06	kN
Distance entre la section et le pilier		= 0,50	m
Long. de section	u	= 2,00	m
Contrainte de cisaillement appliquée à la section	v_{Ed}	= 0,11	MPa
Capacité portante de la section non armée	$v_{Rd,c}$	= 0,46	MPa

$v_{Ed} < v_{Rd,c}$ => il n'est pas nécessaire d'utiliser l'armature

Résistance de la semelle isolée au poinçonnement ADMISSIBLE

Données d'entrée (Phase de construction 3 - ELS)

Profil géologique et assignation des sols

Information sur la position
Cote de surface = 0,00 m
Profil géologique et assignation des sols

N°	Epaisseur de la couche t [m]	Profondeur z [m]	Altitude [m]	Sol assigné	Echantillon
1	4,60	0,00 .. 4,60	0,00 .. -4,60	Eboulis	

[GEO5 - Murs cantilever (32 bit) | version 5.2024.121.0 | clé de protection 9598 / 1 | ANTEA France | Copyright © 2024 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.fr]
[itech | +33 (0) 1 49 76 12 59| geo5@itech-soft.com| http://www.itech-soft.com]

N°	Epaisseur de la couche t [m]	Profondeur z [m]	Altitude [m]	Sol assigné	Echantillon
2	-	4,60 .. ∞	-4,60 .. -	Moraine compact	

Charge

N°	Charge nouv.	Charge modif.	Nom	Type	N [kN/m]	M_y [kNm/m]	H_x [kN/m]
1	Non	Non	EL 1	de calcul	112,25	-4,48	-14,95
2	Non	Non	EL 2	de calcul	62,62	0,91	-16,07
3	Non	Non	EL 3	d'exploitation	72,16	-3,17	-10,56
4	Non	Non	EL 4	d'exploitation	59,16	1,23	-10,56

Calcul n° 1 (Phase de construction 3)

Calcul de la capacité - PMT

Pression limite du sol équivalente $p_{LM,avg}$ = 765,32 kPa
Profondeur équivalente de la profondeur D_e = 1,10 m
Coefficient de la capacité portante K_p = 1,219
Coefficient de l'effet de l'inclinaison de terrain g_q = 0,188
Coefficient de l'inclinaison de la charge i_δ = 0,818

Calcul de la capacité - PMT

Calcul de tassement - PMT

Coefficient de l'effet de l'inclinaison de terrain g_q = 0,19
Coefficient de l'effet de l'inclinaison de la base de fondation b_q = 1,00
Longueur effective l_{ef} = 10,00 m
Largeur effective b_{ef} = 2,00 m

Contrainte géostatique : considérée depuis le terrain initial
Module de Ménard équivalent E_c = 4,43 MPa
E_d = 5,13 MPa
Coefficient de forme λ_c = 1,40
λ_d = 2,14
Coefficient rhéologique α = 0,33

Vérification globale

Excentricité max. dans la direction de longueur de la semelle isolée e_x = 0,000<0,333
Excentricité max. dans la direction de largeur de la semelle isolée e_y = 0,000<0,333
Excentricité dans l'espace maximale e_t = 0,000<0,333

Excentricité de la charge sur fondation ADMISSIBLE

Calcul du cas de charge n° 3. (EL 3)
Calcul de : SP4
Contrainte dans la base de fondation σ = 54,98 kPa
Capac. port. du sol de fondation R_d = 143,28 kPa
Tassement de la fondation s_s = 1,12 mm

Coefficient de sécurité = 2,61 > 2,30

Capacité portante verticale ADMISSIBLE

Vérification de la capacité portante horizontale

Calcul du cas de charge n° 3. (EL 3)
Angle de frottement fondation-sol ψ = 20,00 °

Capacité portante horizontale R_{dh} = 40,02 kN
Force horizontale extrême H = 10,56 kN

[GEO5 - Murs cantilever (32 bit) | version 5.2024.121.0 | clé de protection 9598 / 1 | ANTEA France | Copyright © 2024 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.fr]
[itech | +33 (0) 1 49 76 12 59| geo5@itech-soft.com| http://www.itech-soft.com]

Coefficient de sécurité = 3,79 > 1,00
Capacité portante horizontale ADMISSIBLE

Semelle de fondation ADMISSIBLE

Dimension. n° 1 (Phase de construction 3)

Le calcul a été effectué en utilisant automatiquement les cas de charge les plus défavorables.

Vérification de l'armature longitudinale de la fondation selon l'axe x

4 pce profil 16,0 mm, enrobage 40,0 mm
Larg. de la section = 1,00 m
Hauteur de la section = 0,30 m

Pourcentage d'armature	ρ	=	0,32 %	>	0,14 %	=	ρ_{min}
Situation de l'axe neutre	x	=	0,03 m	<	0,16 m	=	x_{max}
Moment limite ultime	M_{Rd}	=	84,45 kNm	>	30,47 kNm	=	M_{Ed}

Section ADMISSIBLE.

Vérification de la résistance de la semelle isolée au poinçonnement

Effort normal du pilier = 112,25 kN

Capacité portante maximale du contour du pilier

Force transférée dans le sol de fondation		=	5,61 kN
Force transmise par la résistance au cisaillement de la semelle		=	106,63 kN
Contour du pilier considéré	u_0	=	2,00 m
Contrainte de cisaillement sur le contour du pilier	$v_{Ed,max}$	=	0,29 MPa
Capacité portante du contour du pilier	$v_{Rd,max}$	=	3,60 MPa

Section critique sans l'armature de cisaillement

Force transférée dans le sol de fondation		=	62,19 kN
Force transmise par la résistance au cisaillement de la semelle		=	50,06 kN
Distance entre la section et le pilier		=	0,50 m
Long. de section	u	=	2,00 m
Contrainte de cisaillement appliquée à la section	v_{Ed}	=	0,11 MPa
Capacité portante de la section non armée	$v_{Rd,c}$	=	0,46 MPa

$v_{Ed} < v_{Rd,c}$ => il n'est pas nécessaire d'utiliser l'armature

Résistance de la semelle isolée au poinçonnement ADMISSIBLE

Données d'entrée (Phase de construction 4 - ELS)

Profil géologique et assignation des sols

Information sur la position
Cote de surface = 0,00 m

Profil géologique et assignation des sols

N°	Epaisseur de la couche t [m]	Profondeur z [m]	Altitude [m]	Sol assigné	Echantillon
1	4,60	0,00 .. 4,60	0,00 .. -4,60	Eboulis	
2	-	4,60 .. ∞	-4,60 .. -	Moraine compact	

Charge

N°	Charge nouv.	Charge modif.	Nom	Type	N [kN/m]	M_y [kNm/m]	H_x [kN/m]
1	Non	Non	EL 1	de calcul	112,25	-4,48	-14,95
2	Non	Non	EL 2	de calcul	62,62	0,91	-16,07
3	Non	Non	EL 3	d'exploitation	72,16	-3,17	-10,56

[GEO5 - Murs cantilever (32 bit) | version 5.2024.121.0 | clé de protection 9598 / 1 | ANTEA France | Copyright © 2024 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.fr]
[itech | +33 (0) 1 49 76 12 59| geo5@itech-soft.com| http://www.itech-soft.com]

N°	Charge		Nom	Type	N	M_y	H_x
	nouv.	modif.			[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
4	Non	Non	EL 4	d'exploitation	59,16	1,23	-10,56

Calcul n° 1 (Phase de construction 4)

Calcul de la capacité - PMT

Pression limite du sol équivalente $p_{LM,avg}$ = 765,32 kPa
Profondeur équivalente de la profondeur D_e = 1,10 m
Coefficient de la capacité portante K_p = 1,219
Coefficient de l'effet de l'inclinaison de terrain g_q = 0,188
Coefficient de l'inclinaison de la charge i_δ = 0,795

Calcul de la capacité - PMT

Calcul de tassement - PMT

Coefficient de l'effet de l'inclinaison de terrain g_q = 0,19
Coefficient de l'effet de l'inclinaison de la base de fondation b_q = 1,00
Longueur effective l_{ef} = 10,00 m
Largeur effective b_{ef} = 1,91 m

Contrainte géostatique : considérée depuis le terrain initial
Module de Ménard équivalent E_c = 4,43 MPa
E_d = 5,13 MPa
Coefficient de forme λ_c = 1,40
λ_d = 2,14
Coefficient rhéologique α = 0,33

Vérification globale

Excentricité max. dans la direction de longueur de la semelle isolée e_x = 0,023<0,333
Excentricité max. dans la direction de largeur de la semelle isolée e_y = 0,000<0,333
Excentricité dans l'espace maximale e_t = 0,023<0,333

Excentricité de la charge sur fondation ADMISSIBLE

Calcul du cas de charge n° 4. (EL 4)
Calcul de : SP4
Contrainte dans la base de fondation σ = 50,79 kPa
Capac. port. du sol de fondation R_d = 139,30 kPa
Tassement de la fondation s_s = 0,82 mm

Coefficient de sécurité = 2,74 > 2,30

Capacité portante verticale ADMISSIBLE

Vérification de la capacité portante horizontale

Calcul du cas de charge n° 4. (EL 4)
Angle de frottement fondation-sol ψ = 20,00 °

Capacité portante horizontale R_{dh} = 35,29 kN
Force horizontale extrême H = 10,56 kN

Coefficient de sécurité = 3,34 > 1,00

Capacité portante horizontale ADMISSIBLE

Semelle de fondation ADMISSIBLE

Dimension. n° 1 (Phase de construction 4)

Le calcul a été effectué en utilisant automatiquement les cas de charge les plus défavorables.

Vérification de l'armature longitudinale de la fondation selon l'axe x

4 pce profil 16,0 mm, enrobage 40,0 mm
Larg. de la section = 1,00 m

[GEO5 - Murs cantilever (32 bit) | version 5.2024.121.0 | clé de protection 9598 / 1 | ANTEA France | Copyright © 2024 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.fr]
[itech | +33 (0) 1 49 76 12 59| geo5@itech-soft.com| http://www.itech-soft.com]

Hauteur de la section = 0,30 m

Pourcentage d'armature	ρ	=	0,32	%	>	0,14	%	= ρ_{min}
Situation de l'axe neutre	x	=	0,03	m	<	0,16	m	= x_{max}
Moment limite ultime	M_{Rd}	=	84,45	kNm	>	30,47	kNm	= M_{Ed}

Section ADMISSIBLE.

Vérification de la résistance de la semelle isolée au poinçonnement

Effort normal du pilier = 112,25 kN

Capacité portante maximale du contour du pilier

Force transférée dans le sol de fondation		=	5,61	kN
Force transmise par la résistance au cisaillement de la semelle		=	106,63	kN
Contour du pilier considéré	u_0	=	2,00	m
Contrainte de cisaillement sur le contour du pilier	$v_{Ed,max}$	=	0,29	MPa
Capacité portante du contour du pilier	$v_{Rd,max}$	=	3,60	MPa

Section critique sans l'armature de cisaillement

Force transférée dans le sol de fondation		=	62,19	kN
Force transmise par la résistance au cisaillement de la semelle		=	50,06	kN
Distance entre la section et le pilier		=	0,50	m
Long. de section	u	=	2,00	m
Contrainte de cisaillement appliquée à la section	v_{Ed}	=	0,11	MPa
Capacité portante de la section non armée	$v_{Rd,c}$	=	0,46	MPa

$v_{Ed} < v_{Rd,c}$ => il n'est pas nécessaire d'utiliser l'armature

Résistance de la semelle isolée au poinçonnement ADMISSIBLE

Dimension. n° 1 (Phase de construction 1 - Calcul statique)

Vérification du voile - armature en avant

Bilan des forces appliquées à la structure

Nom	F_{hor} [kN/m]	Point z [m]	F_{vert} [kN/m]	Point x [m]	Coef. moment	Coef. effort normal	Coef. force motr.
Poids - mur	0,00	-0,95	9,49	0,10	1,000	1,350	1,000
Pression à l'avant	-1,47	-0,20	0,00	0,00	1,000	1,000	1,000
Pression au repos	13,84	-0,63	0,00	0,20	1,350	1,000	1,350
Charge de circulation	7,67	-0,90	0,00	0,20	1,500	0,000	1,500

Vérification du voile - armature en avant

L'armature à l'avant n'est pas nécessaire

Vérification du voile - armature en arrière

Bilan des forces appliquées à la structure

Nom	F_{hor} [kN/m]	Point z [m]	F_{vert} [kN/m]	Point x [m]	Coef. moment	Coef. effort normal	Coef. force motr.
Poids - mur	0,00	-0,95	9,49	0,10	1,000	1,350	1,000
Pression à l'avant	-1,47	-0,20	0,00	0,00	1,000	1,000	1,000
Pression au repos	13,84	-0,63	0,00	0,20	1,350	1,000	1,350
Charge de circulation	7,67	-0,90	0,00	0,20	1,500	0,000	1,500

Vérification du voile - armature en arrière

Vérification du joint du mur à 1,90 m à partir de la tête du mur
Armature et dimensions de la section
5 pce profil 20,0 mm, enrobage 30,0 mm

[GEO5 - Murs cantilever (32 bit) | version 5.2024.121.0 | clé de protection 9598 / 1 | ANTEA France | Copyright © 2024 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.fr]
[itech | +33 (0) 1 49 76 12 59| geo5@itech-soft.com| http://www.itech-soft.com]

Aire d'armature spécifiée = 1570,8 mm²
Aire d'armature nécessaire = 323,4 mm²
Larg. section = 1,00 m
Haut. section = 0,20 m

Pourcentage d'armature ρ = 0,98 % > 0,14 % = ρ_{min}
Situation de l'axe neutre x = 0,04 m < 0,10 m = x_{max}
Force de cisaillement limite ultime V_{Rd} = 111,59 kN > 28,72 kN = V_{Ed}
Moment limite ultime M_{Rd} = 95,09 kNm > 21,90 kNm = M_{Ed}

Section ADMISSIBLE.

Vérification du talon

Bilan des forces appliquées à la structure

Nom	F_{hor} [kN/m]	Point z [m]	F_{vert} [kN/m]	Point x [m]	Partiel coefficient
Poids - mur	0,00	-0,15	13,50	1,10	1,350
Poids - coin de sol	0,00	-1,25	61,56	1,10	1,350
Pression active	9,21	-0,74	5,68	2,00	1,350
Charge de circulation	4,57	-1,06	2,95	2,00	1,500
Contrainte de contact	0,00	0,00	-133,15	1,10	1,000
Surcharges de gravitation 1	0,00	-2,20	13,05	1,35	1,500

Vérification du talon

Armature et dimensions de la section
5 pce profil 20,0 mm, enrobage 30,0 mm
Aire d'armature spécifiée = 1570,8 mm²
Aire d'armature nécessaire = 351,5 mm²
Larg. section = 1,00 m
Haut. section = 0,30 m

Pourcentage d'armature ρ = 0,60 % > 0,14 % = ρ_{min}
Situation de l'axe neutre x = 0,05 m < 0,16 m = x_{max}
Moment limite ultime M_{Rd} = 163,58 kNm > 21,90 kNm = M_{Ed}

Section ADMISSIBLE.

Calcul de la stabilité de pente

Données d'entrée (Phase de construction 1)

Projet

Paramètres

(saisie pour l'étude actuelle)

Calcul de la stabilité

Méthode de vérification : calcul selon EN 1997
Calcul du séisme : Standard
Approche de calcul : 3 - réduction de la charge GEO, STR et du matériau

Coefficient de réduction de la charge (F)					
Situation de calcul permanente					
		Etat STR		Etat GEO	
		Défavorable	Favorable	Défavorable	Favorable

[GEO5 - Murs cantilever (32 bit) | version 5.2024.121.0 | clé de protection 9598 / 1 | ANTEA France | Copyright © 2024 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.fr]
[itech | +33 (0) 1 49 76 12 59| geo5@itech-soft.com| http://www.itech-soft.com]

Coefficient de réduction de la charge (F)									
Situation de calcul permanente									
Charge permanente :	γ_G =	1,35	[–]	1,00	[–]	1,00	[–]	1,00	[–]
Charge variable :	γ_Q =	1,50	[–]	0,00	[–]	1,30	[–]	0,00	[–]
Action de l'eau :	γ_w =					1,00	[–]		

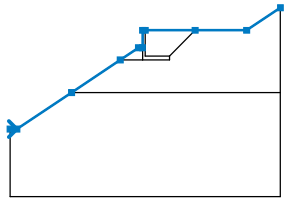
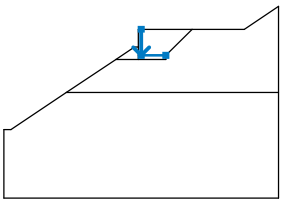
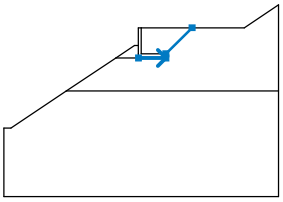
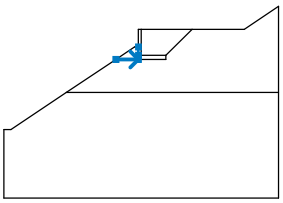
Coefficient de réduction du matériau (M)			
Situation de calcul permanente			
Coefficient de réduction de l'angle de frottement interne :	γ_ϕ =	1,25	[–]
Coefficient de réduction de la cohésion effective :	γ_c =	1,25	[–]
Coef. de réduc. de la résistance au cisaillement non drainée :	γ_{cu} =	1,40	[–]

Ancrages

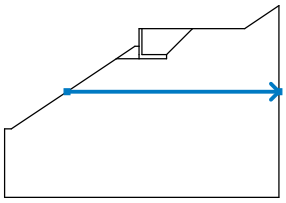
Méthode de vérification : états limites

Coefficients de réduction			
Coefficient de fiabilité de l'acier :	γ_s =	1,35	[–]
Coefficient de réduction à l'arrachement du sol :	γ_e =	1,35	[–]
Coefficient de réduction à l'arrachement du coulis de ciment :	γ_c =	1,35	[–]

Interface

N°	Placement de l'interface	Coordonnées des points de l'interface [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-10,00	-7,30	-9,50	-7,30	-5,45	-4,60
		-1,85	-2,20	-0,50	-1,30	-0,20	-1,30
		-0,20	0,00	0,00	0,00	3,70	0,00
		7,50	0,00	10,00	1,67		
2		0,00	0,00	0,00	-1,90	1,80	-1,90
3		-0,20	-2,20	1,80	-2,20	1,80	-1,90
		3,70	0,00				
4		-1,85	-2,20	-0,20	-2,20	-0,20	-1,90
		-0,20	-1,30				

[GEO5 - Murs cantilever (32 bit) | version 5.2024.121.0 | clé de protection 9598 / 1 | ANTEA France | Copyright © 2024 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.fr]
[itech | +33 (0) 1 49 76 12 59| geo5@itech-soft.com| http://www.itech-soft.com]

N°	Placement de l'interface	Coordonnées des points de l'interface [m]					
		x	z	x	z	x	z
5		-5,45	-4,60	10,00	-4,60		

Paramètres des sols - état de contraintes effectives

N°	Nom	Echantillon	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m^3]
1	Moraine compact		35,00	15,00	18,00
2	Eboulis		33,00	2,00	18,00
3	Remblais		35,00	0,00	18,00

Paramètres des sols - soulèvement hydraulique

N°	Nom	Echantillon	γ_{sat} [kN/m^3]	γ_s [kN/m^3]	n [–]
1	Moraine compact		18,00		
2	Eboulis		18,00		
3	Remblais		18,00		

Paramètres des sols

Moraine compact

Poids volumique :	γ = 18,00 kN/m^3
État de contrainte :	effectives
Résistance au cisaillement :	Mohr-Coulomb
Angle de frottement interne :	φ_{ef} = 35,00 °
Cohésion du sol :	c_{ef} = 15,00 kPa
Poids volumique du sol saturé :	γ_{sat} = 18,00 kN/m^3

Eboulis

Poids volumique :	γ = 18,00 kN/m^3
État de contrainte :	effectives
Résistance au cisaillement :	Mohr-Coulomb

[GEO5 - Murs cantilever (32 bit) | version 5.2024.121.0 | clé de protection 9598 / 1 | ANTEA France | Copyright © 2024 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.fr]
[itech | +33 (0) 1 49 76 12 59| geo5@itech-soft.com| http://www.itech-soft.com]

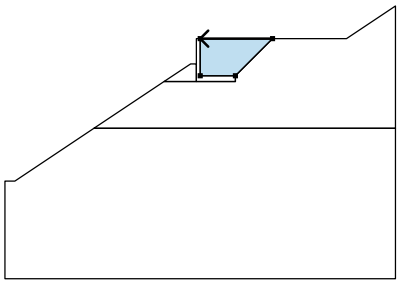
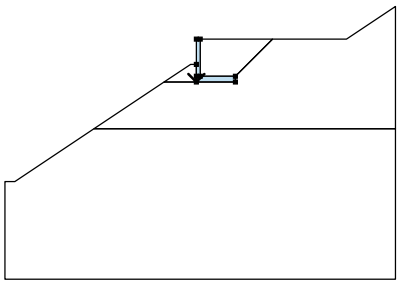
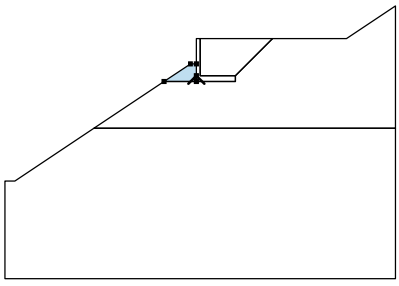
Angle de frottement interne : φ_{ef} = 33,00 °
Cohésion du sol : c_{ef} = 2,00 kPa
Poids volumique du sol saturé : γ_{sat} = 18,00 kN/m^3

Remblais
Poids volumique : γ = 18,00 kN/m^3
État de contrainte : effectives
Résistance au cisaillement : Mohr-Coulomb
Angle de frottement interne : φ_{ef} = 35,00 °
Cohésion du sol : c_{ef} = 0,00 kPa
Poids volumique du sol saturé : γ_{sat} = 18,00 kN/m^3

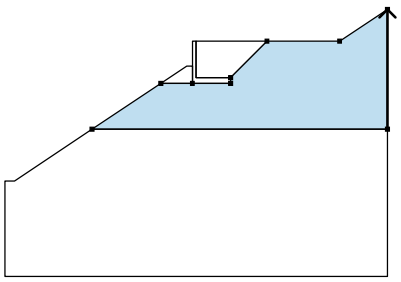
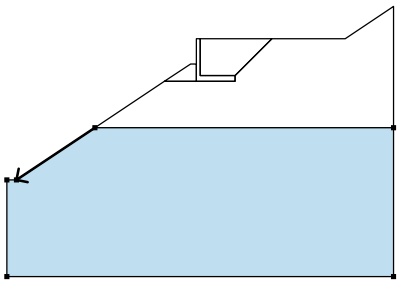
Modèles de solide

N°	Nom	Echantillon	γ [kN/m^3]
1	Matériau de la structure		25,00

Assignation et surfaces

N°	Placement de la surface	Coordonnées des points de la surface [m]				Sol assigné
		x	z	x	z	
1		3,70	0,00	0,00	0,00	Remblais
		0,00	-1,90	1,80	-1,90	
2		-0,20	-1,90	-0,20	-2,20	Matériau de la structure
		1,80	-2,20	1,80	-1,90	
		0,00	-1,90	0,00	0,00	
		-0,20	0,00	-0,20	-1,30	
3		-0,20	-2,20	-0,20	-1,90	Eboulis
		-0,20	-1,30	-0,50	-1,30	
		-1,85	-2,20			

[GEO5 - Murs cantilever (32 bit) | version 5.2024.121.0 | clé de protection 9598 / 1 | ANTEA France | Copyright © 2024 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.fr]
[itech | +33 (0) 1 49 76 12 59| geo5@itech-soft.com| http://www.itech-soft.com]

N°	Placement de la surface	Coordonnées des points de la surface [m]				Sol assigné
		x	z	x	z	
4		10,00	-4,60	10,00	1,67	Eboulis
		7,50	0,00	3,70	0,00	
		1,80	-1,90	1,80	-2,20	
		-0,20	-2,20	-1,85	-2,20	
		-5,45	-4,60			
5		-5,45	-4,60	-9,50	-7,30	Moraine compact
		-10,00	-7,30	-10,00	-12,30	
		10,00	-12,30	10,00	-4,60	

Surcharge

N°	Type	Application	Placement z [m]	Origine x [m]	Longueur l [m]	Largeur b [m]	Inclin. α [°]	Intensité q, q_1, f, F, x	Intensité q_2, z	Intensité unité
1	trapézoïdale	variable	sur la surface	x = 0,50	l = 5,00		0,00	10,00	10,00	kN/m^2

Identification des surcharges

N°	Nom
1	Charge de circulation

Eau

Type : Pas d'eau

Fissure de traction

La fissure de traction n'est pas saisie.

Séisme

Le séisme n'est pas considéré.

Paramètres du calcul de la phase

Situation de calcul : permanente

Résultats (Phase de construction 1)

Calcul 1

Surface de glissement circulaire

[GEO5 - Murs cantilever (32 bit) | version 5.2024.121.0 | clé de protection 9598 / 1 | ANTEA France | Copyright © 2024 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.fr]
[itech | +33 (0) 1 49 76 12 59| geo5@itech-soft.com| http://www.itech-soft.com]

Paramètres de la surface de glissement							
Centre :	x =	-4,52	[m]	Angles :	α_1 =	-4,99	[°]
	z =	4,99	[m]		α_2 =	58,54	[°]
Rayon :	R =	9,56	[m]				
Surface de glissement après l'optimisation.							

Le poids total du sol au-dessus de la surface de cisaillement: 286,19 kN/m

Segments de la limitation de la surface de glissement

N°	Premier point		Deuxième point	
	x [m]	z [m]	x [m]	z [m]
1	-9,64	-7,23	-4,27	-3,62

Limitation des points de la surface de glissement circulaire

Vérification de la stabilité de pente (Bishop)

Somme des forces actives : F_a = 156,77 kN/m

Somme des forces passives : F_p = 176,09 kN/m

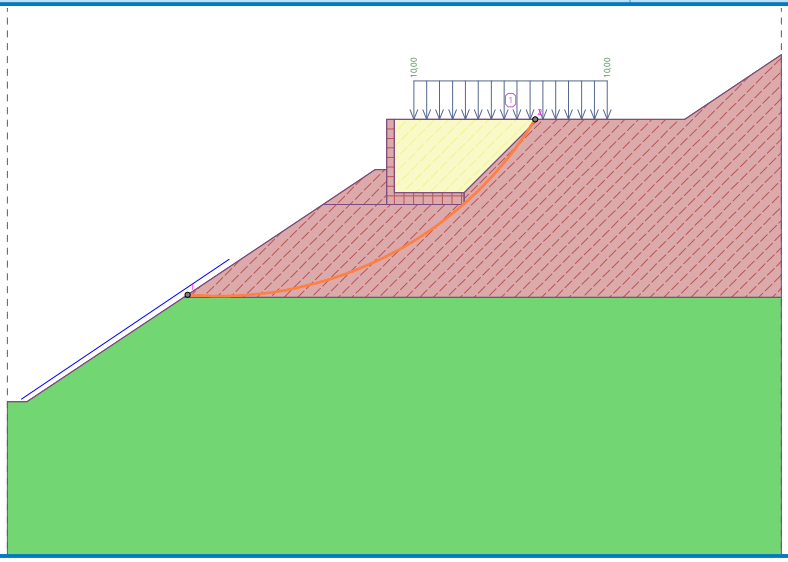
Moment de glissement : M_a = 1498,73 kNm/m

Moment résistant : M_p = 1683,43 kNm/m

Utilisation : 89,0 %

Stabilité de la pente ADMISSIBLE

Nom : Calcul	Phase - calcul : 1 - 1



Données d'entrée (Phase de construction 2 - Calcul sismique)

Profil géologique et assignation des sols

Information sur la position

Cote de surface = 0,00 m

Profil géologique et assignation des sols

N°	Epaisseur de la couche t [m]	Profondeur z [m]	Altitude [m]	Sol assigné	Echantillon
1	4,60	0,00 .. 4,60	0,00 .. -4,60	Eboulis	
2	-	4,60 .. ∞	-4,60 .. -	Moraine compact	

[GEO5 - Murs cantilever (32 bit) | version 5.2024.121.0 | clé de protection 9598 / 1 | ANTEA France | Copyright © 2024 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.fr]
[itech | +33 (0) 1 49 76 12 59| geo5@itech-soft.com| http://www.itech-soft.com]

Fondation

Type de fondation : sol - profil géologique

Profil du terrain

N°	Coordonnées x [m]	Profondeur z [m]
1	0,00	0,00
2	7,50	0,00
3	25,50	-12,00
4	26,50	-12,00

L'origine [0,0] se trouve dans le coin en haut à droite de la structure.
Coordonnée +z orientée vers le bas.

Effet de l'eau

La nappe phréatique est au-dessous de la structure.

Surcharges surfaciques saisies

N°	Surcharge		Application	Grand. 1 [kN/m²]	Grand. 2 [kN/m²]	Ordre x x [m]	Longueur l [m]	Profondeur z [m]
	nouv.	modif.						
1	Non	Non	variable	10,00	10,00	0,50	5,00	sur le terrain

N°	Nom
1	Charge de circulation

Pression à l'avant de la structure

Pression à l'avant de la structure : au repos
Sol en aval de la structure - Eboulis
Hauteur du sol devant le mur $h = 0,90$ m

Profil du terrain en aval de la structure

N°	Coordonnées x[m]	Profondeur z[m]
1	0,00	0,00
2	0,00	-0,90
3	-0,30	-0,90
4	-9,30	5,10
5	-10,30	5,10

L'origine [0,0] se trouve à la limite inférieure gauche de la structure.
Coordonné positive +z orientée vers le bas.

Séisme

Coefficient d'accélération horizontale $K_h = 0,2400$
Coefficient d'accélération verticale $K_v = 0,1200$

L'eau au-dessous de la nappe phréatique est liée.

Paramètres du calcul de la phase

Situation de calcul : sismique
Le mur peut se déplacer, la charge de la pression active est prise en compte dans le calcul.
Réduction de l'angle de frottement sol/sol : ne pas réduire

Vérification n° 1 (Phase de construction 2 - Calcul sismique)

Bilan des forces appliquées à la structure

Nom	F_{hor} [kN/m]	Point z [m]	F_{vert} [kN/m]	Point x [m]	Coef. renv.	Coef. transl.	Coef. contrainte
Poids - mur	0,00	-0,58	24,50	0,65	1,000	1,000	1,000

[GEO5 - Murs cantilever (32 bit) | version 5.2024.121.0 | clé de protection 9598 / 1 | ANTEA France | Copyright © 2024 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.fr]
[itech | +33 (0) 1 49 76 12 59| geo5@itech-soft.com| http://www.itech-soft.com]

Nom	F_{hor} [kN/m]	Point z [m]	F_{vert} [kN/m]	Point x [m]	Coef. renv.	Coef. transl.	Coef. contrainte
Séisme - struc.	5,88	-0,58	-2,94	0,65	1,000	1,000	1,000
Poids - sol	0,00	-0,90	0,00	0,00	1,000	1,000	1,000
Pression à l'avant	-3,21	-0,31	0,00	0,00	1,000	1,000	1,000
Poids - coin de sol	0,00	-1,25	61,56	1,10	1,000	1,000	1,000
Séisme - coin de sol	14,77	-1,25	-7,39	1,10	1,000	1,000	1,000
Pression active	9,21	-0,74	5,68	2,00	1,000	1,000	1,000
Séisme - pression active	7,68	-1,47	5,33	2,00	1,000	1,000	1,000
Charge de circulation	4,57	-1,06	2,95	2,00	0,300	0,300	0,300
Charge de circulation	0,00	-2,20	13,00	1,35	0,000	0,000	0,300

Vérification du mur entier

Vérification de la résistance au renversement

Moment résistant M_{res} = 97,41 kNm/m

Moment de renversement M_{ovr} = 40,37 kNm/m

Résistance du mur au renversement ADMISSIBLE

Vérification de la résistance au glissement

Force horizontale résistante H_{res} = 59,51 kN/m

Force horizontale sollicitante H_{act} = 35,70 kN/m

Résistance du mur au glissement ADMISSIBLE

Vérification globale - MUR ADMISSIBLE

Contrainte maximale à la base de la fondation : 67,31 kPa

Capacité portante du sol de fondation (Phase de construction 2 - Calcul sismique)

Dimension. n° 1 (Phase de construction 2 - Calcul sismique)

Vérification du voile - armature en avant

Bilan des forces appliquées à la structure

Nom	F_{hor} [kN/m]	Point z [m]	F_{vert} [kN/m]	Point x [m]	Coef. moment	Coef. effort normal	Coef. force motr.
Poids - mur	0,00	-0,95	9,49	0,10	1,000	1,000	1,000
Séisme - struc.	2,28	-0,95	-1,14	0,10	1,000	1,000	1,000
Pression à l'avant	-1,47	-0,20	0,00	0,00	1,000	1,000	1,000
Pression au repos	14,11	-0,62	0,00	0,20	1,000	1,000	1,000
Séisme - pression au repos	13,71	-0,95	0,00	0,20	1,000	1,000	1,000
Charge de circulation	7,76	-0,89	0,00	0,20	0,300	0,000	0,300

Vérification du voile - armature en avant

L'armature à l'avant n'est pas nécessaire

[GEO5 - Murs cantilever (32 bit) | version 5.2024.121.0 | clé de protection 9598 / 1 | ANTEA France | Copyright © 2024 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.fr]
[itech | +33 (0) 1 49 76 12 59| geo5@itech-soft.com| http://www.itech-soft.com]

Vérification du voile - armature en arrière

Bilan des forces appliquées à la structure

Nom	F_{hor} [kN/m]	Point z [m]	F_{vert} [kN/m]	Point x [m]	Coef. moment	Coef. effort normal	Coef. force motr.
Poids - mur	0,00	-0,95	9,49	0,10	1,000	1,000	1,000
Séisme - struc.	2,28	-0,95	-1,14	0,10	1,000	1,000	1,000
Pression à l'avant	-1,47	-0,20	0,00	0,00	1,000	1,000	1,000
Pression au repos	14,11	-0,62	0,00	0,20	1,000	1,000	1,000
Séisme - pression au repos	13,71	-0,95	0,00	0,20	1,000	1,000	1,000
Charge de circulation	7,76	-0,89	0,00	0,20	0,300	0,000	0,300

Vérification du voile - armature en arrière

Vérification du joint du mur à 1,90 m à partir de la tête du mur
Armature et dimensions de la section
5 pce profil 20,0 mm, enrobage 30,0 mm
Aire d'armature spécifiée = 1570,8 mm^2
Aire d'armature nécessaire = 623,3 mm^2
Larg. section = 1,00 m
Haut. section = 0,20 m

Pourcentage d'armature	ρ	=	0,98	%	>	0,14	%	= ρ_{min}
Situation de l'axe neutre	x	=	0,04	m	<	0,10	m	= x_{max}
Force de cisaillement limite ultime	V_{Rd}	=	111,59	kN	>	30,95	kN	= V_{Ed}
Moment limite ultime	M_{Rd}	=	95,09	kNm	>	41,16	kNm	= M_{Ed}

Section ADMISSIBLE.

Vérification du talon

Bilan des forces appliquées à la structure

Nom	F_{hor} [kN/m]	Point z [m]	F_{vert} [kN/m]	Point x [m]	Partiel coefficient
Poids - mur	0,00	-0,15	13,50	1,10	1,000
Poids - coin de sol	0,00	-1,25	61,56	1,10	1,000
Pression active	9,21	-0,74	5,68	2,00	1,000
Charge de circulation	4,57	-1,06	2,95	2,00	0,300
Contrainte de contact	0,00	0,00	-74,48	0,81	1,000
Surcharges de gravitation 1	0,00	-2,20	13,05	1,35	0,500

Vérification du talon

Armature et dimensions de la section
5 pce profil 20,0 mm, enrobage 30,0 mm
Aire d'armature spécifiée = 1570,8 mm^2
Aire d'armature nécessaire = 371,0 mm^2
Larg. section = 1,00 m
Haut. section = 0,30 m

Pourcentage d'armature	ρ	=	0,60	%	>	0,14	%	= ρ_{min}
Situation de l'axe neutre	x	=	0,05	m	<	0,16	m	= x_{max}
Force de cisaillement limite ultime	V_{Rd}	=	144,76	kN	>	13,67	kN	= V_{Ed}
Moment limite ultime	M_{Rd}	=	163,58	kNm	>	41,16	kNm	= M_{Ed}

Section ADMISSIBLE.

[GEO5 - Murs cantilever (32 bit) | version 5.2024.121.0 | clé de protection 9598 / 1 | ANTEA France | Copyright © 2024 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.fr]
[itech | +33 (0) 1 49 76 12 59| geo5@itech-soft.com| http://www.itech-soft.com]

Annexes

[GEO5 - Murs cantilever (32 bit) | version 5.2024.121.0 | clé de protection 9598 / 1 | ANTEA France | Copyright © 2024 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.fr]
[itech | +33 (0) 1 49 76 12 59| geo5@itech-soft.com| http://www.itech-soft.com]

DONNEES

GENERALITES :

Système d'unités :	Métrique, kN, kN/m²	**Niveau phréatique :**	0,00 m
Poids volumique de l'eau :	10,00 kN/m³	**Nombre d'itérations par phase de calcul :**	100
Pas de calcul :	0,20 m	**Prise en compte moments 2 ordre :**	non
Définition du projet :	Cotes		

CARACTERISTIQUES DES COUCHES DE SOL :

Couche	z [m]	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	φ [°]	c [kN/m²]	dc [kN/m²/m]	k0	kaγ	kpγ	kd	kr	kac	kpc	kh [kN/m²/m]	dkh [kN/m²/m/m]	δa/φ	δp/φ	kaγ,min	P,max [kN/m/m]
Eboulis /moraine peu compact	1384,22	18,00	8,00	33,00	2,00	0,000	0,455	0,296	4,740	0,455	0,455	1,086	5,519	30206	0	0,000	-0,330	0,100	10000,00
Moraine compact	1379,50	18,00	9,00	35,00	20,00	0,000	0,426	0,271	5,276	0,426	0,426	1,041	5,931	2075255	0	0,000	-0,330	0,100	10000,00

Valeurs de calcul des paramètres de la loi de comportement

		MISS							MEL						
Couche	Comportement	φ,d [°]	c,d [kN/m²]	dc,d [kN/m²/m]	kaγ,d	kpγ,d	kac,d	kpc,d	φ,d [°]	c,d [kN/m²]	dc,d [kN/m²/m]	kaγ,d	kpγ,d	kac,d	kpc,d
Eboulis /moraine peu compact	Drainé	33,00	2,00	0,000	0,296	4,740	1,086	5,519	33,00	2,00	0,000	0,296	4,740	1,086	5,519
Moraine compact	Drainé	35,00	20,00	0,000	0,271	5,276	1,041	5,931	35,00	20,00	0,000	0,271	5,276	1,041	5,931

CARACTERISTIQUES DE L'ECRAN :

Section	z,base [m]	EI [kNm²/m]	W [kN/m/m]
1	1376,22	1189	0,00

Cote de la tête de l'écran : z0 = 1384,22 m

DONNEES

SURCHARGE BOUSSINESQ	Phase	Côté	z [m]	x [m]	L [m]	αe	q [kN/m/m]	Nature
1	P0	Droite	1384,22	0,50	5,00	1,000	10,00	Permanente

ASSISTANTS

Assistant K0 :

Action	Nom Couche	φ [°]	β [°]	Roc	K0
Sol initial	Eboulis /moraine peu compact	33,00	0,00	1,000	0,455
Sol initial	Moraine compact	35,00	0,00	1,000	0,426

Assistant Kerisel & Absi, milieu pesant :

Action	Nom Couche	Coefficient	λ [°]	φ [°]	δ/φ	β/φ	Valeur
Sol initial	Eboulis /moraine peu compact	kaγ	0,00	33,00	0,000	0,000	0,296
Sol initial	Eboulis /moraine peu compact	kpγ	0,00	33,00	-0,330	0,000	4,740
Sol initial	Moraine compact	kaγ	0,00	35,00	0,000	0,000	0,271
Sol initial	Moraine compact	kpγ	0,00	35,00	-0,330	0,000	5,276

Assistant kac/kpc :

Action	Nom Couche	Coefficient	φ [°]	δ/φ	Valeur
Sol initial	Eboulis /moraine peu compact	kac	33,00	0,000	1,086
Sol initial	Eboulis /moraine peu compact	kpc	33,00	-0,330	5,519
Sol initial	Moraine compact	kac	35,00	0,000	1,041
Sol initial	Moraine compact	kpc	35,00	-0,330	5,931

Assistant kh, Schmitt :

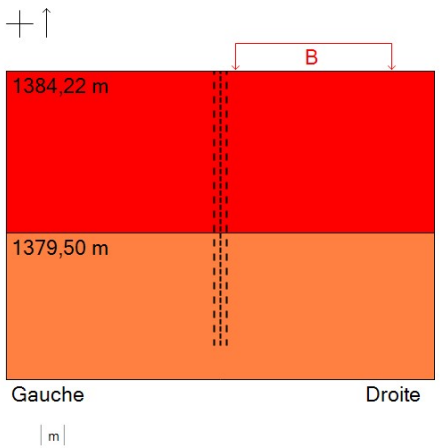
Action	Nom Couche	Em [kN/m²]	α	EI [kNm²/m]	kh [kN/m²/m]
Sol initial	Eboulis /moraine peu compact	2000	0,250	1189	30206
Sol initial	Moraine compact	63000	0,330	1189	2075255

Assistant paroi composite, Profilé Métallique :

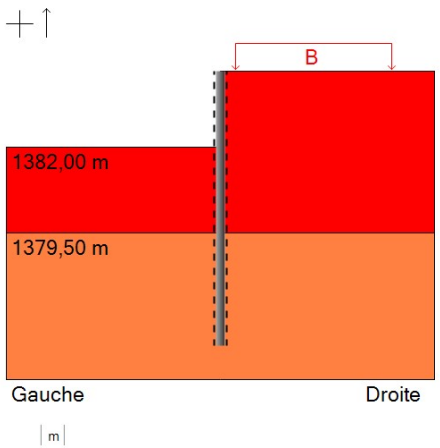
Action	Profilé	[1],E [kN/m²]	[1],eh [m]	[1],d [mm]	[1],e [mm]	[1],I [cm⁴]	[2],E [kN/m²]	[2],e [mm]	EI [kNm²/m]
Ecran initial	TUBEUROP 114.3/14	2,1E+008	1,00	-	-	566	0	0,00	1189

SYNTHESE PHASAGE

P0



P1 : Phase durable



- Poussée réduite :
  zt [m] = 1384,22
  zb [m] = 1376,22
  R = 0,228
  C = 1,000

- Surcharge de Boussinesq (côté droit) : n°1
  z [m] = 1384,22
  x [m] = 0,50
  L [m] = 5,00
  q [kN/m/m] = 10,00
  αe = 1,000
  Nature: Permanente

- Options MEL :
  Surexcavation :
  Δa,gauche [m] = 0,00 Δa,droite [m] = 0,00
  Méthode de calcul automatique.
  Sélection automatique du coté de la butée
  Correction automatique de l'inclinaison de contre butée.
  Calculer sollicitations ELU (MISS) : non

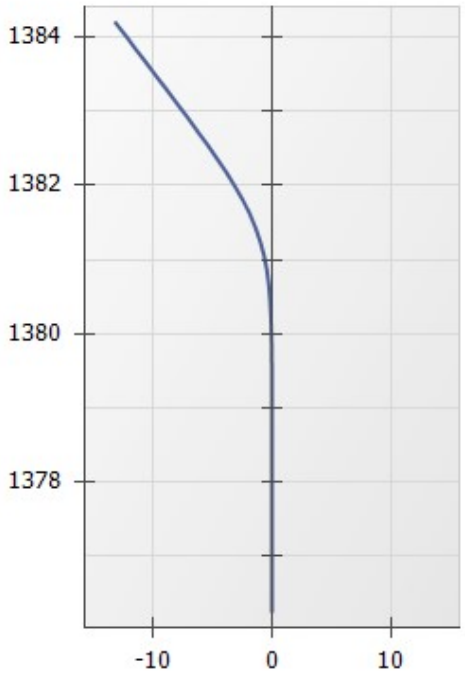
- Excavation (côté gauche) :
  zh [m] = 1382,00

terrasol
setec

Calcul réalisé par : ANTEA GROUP

RESULTATS ELU MEL - Phase P1

Déplacements [mm]



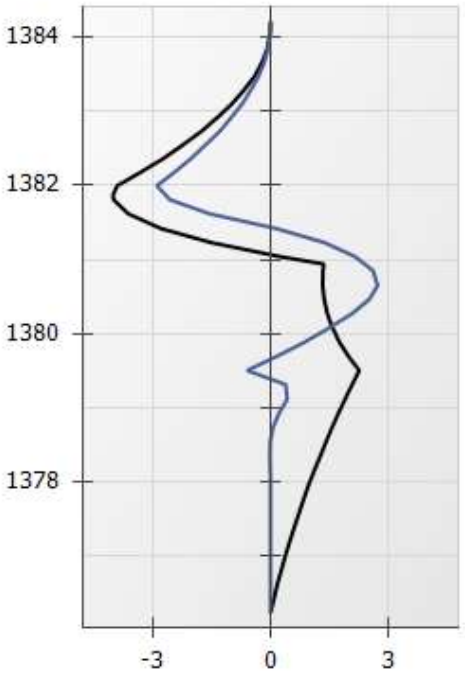
ELS
Dmin = -13,23 - Dmax = 0,00

Moment [kNm/m]



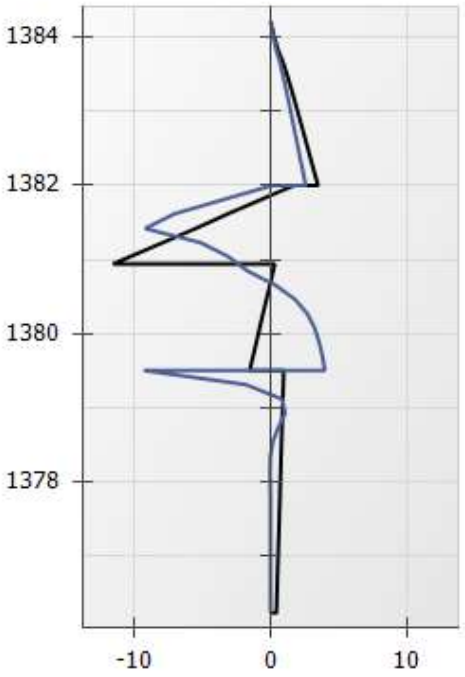
ELS
M.k min = -3,22 - M.k max = 0,01
ELU
M.d min = -5,56 - M.d max = 0,00

Effort Tranchant [kN/m]



ELS
V.k min = -2,89 - V.k max = 2,72
ELU
V.d min = -4,01 - V.d max = 2,25

Pressions terre/eau [kN/m/m]



ELS
Pd.k min = -9,27 - Pd.k max = 3,95
ELU
Pd.d min = -11,52 - Pd.d max = 3,46

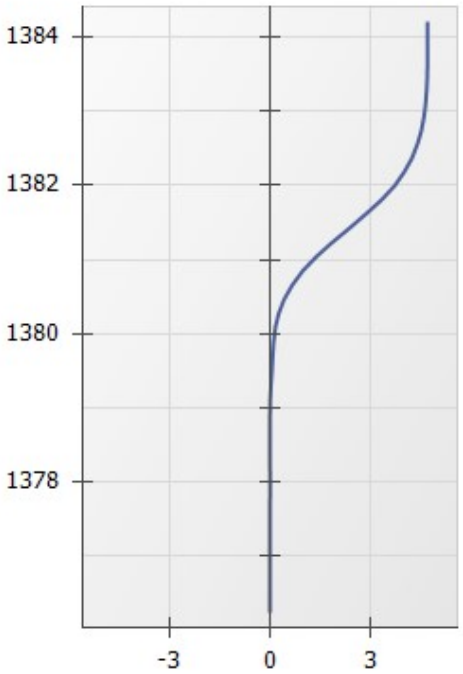
Légende des graphiques : --- Valeurs ELS --- Valeurs ELU --- Eau

terrasol
setec

Calcul réalisé par : ANTEA GROUP

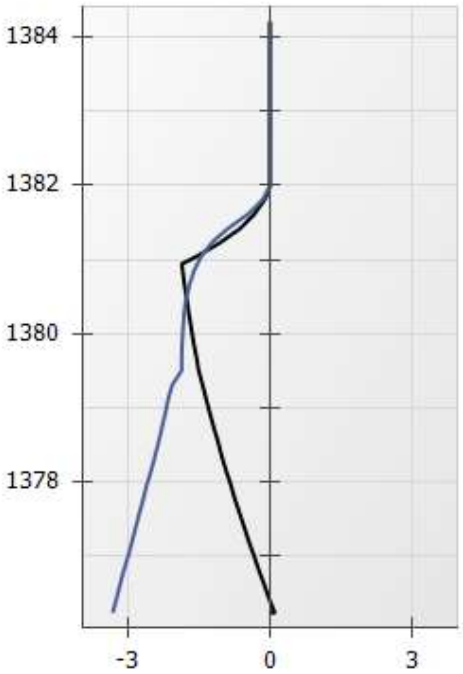
RESULTATS ELU MEL - Phase P1

Rotation [x0.001 rad]



ELS
Rmin = -0,00275 - Rmax = 4,72818

Effort Normal [kN/m]



ELS
N.k min = -3,35 - N.k max = 0,00
ELU
N.d min = -1,88 - N.d max = 0,10

Légende des graphiques : **--- Valeurs ELS** **--- Valeurs ELU** **--- Eau**

terrasol
setec

Calcul réalisé par : ANTEA GROUP

RESULTATS ELU MEL - Phase P1

Action(s) définie(s) dans cette phase :
- Excavation (côté gauche) : zh [m] = 1382,00

Le calcul a convergé au bout de 4 itérations.

Niveau	Rotation	Déplacmt.	Moment		Tranchant		Etat du sol		Pression des terres		Pression d'eau		Pression verticale		Poussée mobilisable		Butée mobilisable		Pression diff.	
			M.k	M.d	V.k	V.d	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	P.k	P.d
m	x0.001 rad	mm	kNm/m	kNm/m	kN/m	kN/m			kN/m/m	kN/m/m	kN/m/m	kN/m/m	kN/m/m	kN/m/m	kN/m/m	kN/m/m	kN/m/m	kN/m/m	kN/m/m	kN/m/m
1384,22	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,52	-	0,00
1384,04	-	-	-	0,00	-	-0,02	-	-	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	7,23	0,00	0,22	0,00	10,33	-	0,22
1384,04	-	-	-	0,00	-	-0,02	-	-	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	7,23	0,00	0,22	0,00	10,33	-	0,22
1383,85	-	-	-	-0,01	-	-0,09	-	-	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	12,91	0,00	0,51	0,00	16,46	-	0,51
1383,85	-	-	-	-0,01	-	-0,09	-	-	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	12,91	0,00	0,51	0,00	16,46	-	0,51
1383,67	-	-	-	-0,04	-	-0,22	-	-	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00	17,21	0,00	0,90	0,00	21,12	-	0,90
1383,67	-	-	-	-0,04	-	-0,22	-	-	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00	17,21	0,00	0,90	0,00	21,12	-	0,90
1383,48	-	-	-	-0,10	-	-0,41	-	-	0,00	1,23	0,00	0,00	0,00	20,80	0,00	1,23	0,00	24,99	-	1,23
1383,48	-	-	-	-0,10	-	-0,41	-	-	0,00	1,23	0,00	0,00	0,00	20,80	0,00	1,23	0,00	24,99	-	1,23
1383,30	-	-	-	-0,19	-	-0,67	-	-	0,00	1,52	0,00	0,00	0,00	24,06	0,00	1,52	0,00	28,51	-	1,52
1383,30	-	-	-	-0,19	-	-0,67	-	-	0,00	1,52	0,00	0,00	0,00	24,06	0,00	1,52	0,00	28,51	-	1,52
1383,11	-	-	-	-0,35	-	-0,98	-	-	0,00	1,81	0,00	0,00	0,00	27,17	0,00	1,81	0,00	31,88	-	1,81
1383,11	-	-	-	-0,35	-	-0,98	-	-	0,00	1,81	0,00	0,00	0,00	27,17	0,00	1,81	0,00	31,88	-	1,81
1382,93	-	-	-	-0,56	-	-1,34	-	-	0,00	2,08	0,00	0,00	0,00	30,21	0,00	2,08	0,00	35,17	-	2,08
1382,93	-	-	-	-0,56	-	-1,34	-	-	0,00	2,08	0,00	0,00	0,00	30,21	0,00	2,08	0,00	35,17	-	2,08
1382,74	-	-	-	-0,84	-	-1,75	-	-	0,00	2,36	0,00	0,00	0,00	33,23	0,00	2,36	0,00	38,42	-	2,36
1382,74	-	-	-	-0,84	-	-1,75	-	-	0,00	2,36	0,00	0,00	0,00	33,23	0,00	2,36	0,00	38,42	-	2,36
1382,56	-	-	-	-1,21	-	-2,21	-	-	0,00	2,63	0,00	0,00	0,00	36,23	0,00	2,63	0,00	41,67	-	2,63
1382,56	-	-	-	-1,21	-	-2,21	-	-	0,00	2,63	0,00	0,00	0,00	36,23	0,00	2,63	0,00	41,67	-	2,63
1382,37	-	-	-	-1,66	-	-2,72	-	-	0,00	2,91	0,00	0,00	0,00	39,23	0,00	2,91	0,00	44,92	-	2,91
1382,37	-	-	-	-1,66	-	-2,72	-	-	0,00	2,91	0,00	0,00	0,00	39,23	0,00	2,91	0,00	44,92	-	2,91
1382,19	-	-	-	-2,22	-	-3,28	-	-	0,00	3,18	0,00	0,00	0,00	42,24	0,00	3,18	0,00	48,17	-	3,18
1382,19	-	-	-	-2,22	-	-3,28	-	-	0,00	3,18	0,00	0,00	0,00	42,24	0,00	3,18	0,00	48,17	-	3,18
1382,00	-	-	-	-2,88	-	-3,90	-	-	0,00	3,46	0,00	0,00	0,00	45,26	0,00	3,46	0,00	51,43	-	3,46
1382,00	-	-	-	-2,88	-	-3,90	-	-	1,80	3,46	0,00	0,00	0,00	45,26	0,00	3,46	2,52	51,43	-	1,66
1381,87	-	-	-	-3,41	-	-4,01	-	-	3,65	3,65	0,00	0,00	2,41	47,45	0,07	3,65	5,12	53,80	-	0,00
1381,87	-	-	-	-3,41	-	-4,01	-	-	3,65	3,65	0,00	0,00	2,41	47,45	0,07	3,65	5,12	53,80	-	0,00
1381,81	-	-	-	-3,65	-	-3,99	-	-	4,47	3,74	0,00	0,00	3,46	48,41	0,11	3,74	6,26	54,84	-	-0,73
1381,81	-	-	-	-3,65	-	-3,99	-	-	4,47	3,74	0,00	0,00	3,46	48,41	0,11	3,74	6,26	54,84	-	-0,73
1381,62	-	-	-	-4,39	-	-3,62	-	-	7,14	4,03	0,00	0,00	6,92	51,58	0,21	4,03	10,00	58,26	-	-3,11
1381,62	-	-	-	-4,39	-	-3,62	-	-	7,14	4,03	0,00	0,00	6,92	51,58	0,21	4,03	10,00	58,26	-	-3,11
1381,42	-	-	-	-5,01	-	-2,79	-	-	9,81	4,32	0,00	0,00	10,38	54,75	0,32	4,32	13,74	61,69	-	-5,49
1381,42	-	-	-	-5,01	-	-2,79	-	-	9,81	4,32	0,00	0,00	10,38	54,75	0,32	4,32	13,74	61,69	-	-5,49
1381,23	-	-	-	-5,43	-	-1,51	-	-	12,49	4,61	0,00	0,00	13,85	57,95	0,59	4,61	17,48	65,14	-	-7,88

RESULTATS ELU MEL - Phase P1

Niveau	Rotation	Déplacmt.	Moment		Tranchant		Etat du sol		Pression des terres		Pression d'eau		Pression verticale		Poussée mobilisable		Butée mobilisable		Pression diff.	
			M.k	M.d	V.k	V.d	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	P.k	P.d
m	x0.001 rad	mm	kNm/m	kNm/m	kN/m	kN/m			kN/m/m	kN/m/m	kN/m/m	kN/m/m	kN/m/m	kN/m/m	kN/m/m	kN/m/m	kN/m/m	kN/m/m	kN/m/m	kN/m/m
1381,23	-	-	-	-5,43	-	-1,51	-	-	12,49	4,61	0,00	0,00	13,85	57,95	0,59	4,61	17,48	65,14	-	-7,88
1381,04	-	-	-	-5,56	-	0,24	-	-	15,16	4,90	0,00	0,00	17,31	61,15	0,91	4,90	21,22	68,61	-	-10,26
1381,04	-	-	-	-5,56	-	0,24	-	-	15,16	4,90	0,00	0,00	17,31	61,15	0,91	4,90	21,22	68,61	-	-10,26
1380,94	-	-	-	-5,48	-	1,35	-	-	16,58	5,06	0,00	0,00	19,15	62,87	1,08	5,06	23,22	70,46	-	-11,52
1380,94	-	-	-	-5,48	-	1,35	-	-	1,08	1,37	0,00	0,00	19,15	62,87	1,08	5,06	23,22	70,46	-	0,30
1380,85	-	-	-	-5,36	-	1,33	-	-	1,22	1,41	0,00	0,00	20,77	64,38	1,22	5,20	24,96	72,09	-	0,18
1380,85	-	-	-	-5,36	-	1,33	-	-	1,22	1,41	0,00	0,00	20,77	64,38	1,22	5,20	24,96	72,09	-	0,18
1380,65	-	-	-	-5,11	-	1,32	-	-	1,54	1,47	0,00	0,00	24,23	67,61	1,54	5,49	28,70	75,59	-	-0,06
1380,65	-	-	-	-5,11	-	1,32	-	-	1,54	1,47	0,00	0,00	24,23	67,61	1,54	5,49	28,70	75,59	-	-0,06
1380,46	-	-	-	-4,85	-	1,36	-	-	1,85	1,54	0,00	0,00	27,69	70,86	1,85	5,79	32,44	79,10	-	-0,31
1380,46	-	-	-	-4,85	-	1,36	-	-	1,85	1,54	0,00	0,00	27,69	70,86	1,85	5,79	32,44	79,10	-	-0,31
1380,27	-	-	-	-4,58	-	1,44	-	-	2,17	1,61	0,00	0,00	31,15	74,12	2,17	6,08	36,19	82,62	-	-0,56
1380,27	-	-	-	-4,58	-	1,44	-	-	2,17	1,61	0,00	0,00	31,15	74,12	2,17	6,08	36,19	82,62	-	-0,56
1380,16	-	-	-	-4,42	-	1,51	-	-	2,35	1,65	0,00	0,00	33,12	75,98	2,35	6,25	38,31	84,63	-	-0,70
1380,16	-	-	-	-4,42	-	1,51	-	-	2,35	1,65	0,00	0,00	33,12	75,98	2,35	6,25	38,31	84,63	-	-0,70
1380,08	-	-	-	-4,29	-	1,57	-	-	2,49	1,68	0,00	0,00	34,62	77,40	2,49	6,38	39,93	86,16	-	-0,80
1380,08	-	-	-	-4,29	-	1,57	-	-	2,49	1,68	0,00	0,00	34,62	77,40	2,49	6,38	39,93	86,16	-	-0,80
1379,88	-	-	-	-3,97	-	1,75	-	-	2,80	1,75	0,00	0,00	38,08	80,69	2,80	6,68	43,67	89,72	-	-1,05
1379,88	-	-	-	-3,97	-	1,75	-	-	2,80	1,75	0,00	0,00	38,08	80,69	2,80	6,68	43,67	89,72	-	-1,05
1379,69	-	-	-	-3,62	-	1,98	-	-	3,12	1,82	0,00	0,00	41,54	83,98	3,12	6,98	47,41	93,28	-	-1,29
1379,69	-	-	-	-3,62	-	1,98	-	-	3,12	1,82	0,00	0,00	41,54	83,98	3,12	6,98	47,41	93,28	-	-1,29
1379,50	-	-	-	-3,21	-	2,25	-	-	3,43	1,89	0,00	0,00	45,00	87,29	3,43	7,28	51,15	96,86	-	-1,54
1379,50	-	-	-	-3,21	-	2,25	-	-	1,39	2,34	0,00	0,00	45,00	87,29	1,39	2,69	81,18	132,05	-	0,95
1379,31	-	-	-	-2,79	-	2,07	-	-	1,49	2,41	0,00	0,00	48,47	90,62	1,49	2,79	85,35	136,06	-	0,92
1379,31	-	-	-	-2,79	-	2,07	-	-	1,49	2,41	0,00	0,00	48,47	90,62	1,49	2,79	85,35	136,06	-	0,92
1379,11	-	-	-	-2,41	-	1,89	-	-	1,60	2,49	0,00	0,00	51,95	93,96	1,60	2,89	89,53	140,08	-	0,89
1379,11	-	-	-	-2,41	-	1,89	-	-	1,60	2,49	0,00	0,00	51,95	93,96	1,60	2,89	89,53	140,08	-	0,89
1378,92	-	-	-	-2,06	-	1,72	-	-	1,71	2,56	0,00	0,00	55,42	97,31	1,71	3,00	93,71	144,11	-	0,86
1378,92	-	-	-	-2,06	-	1,72	-	-	1,71	2,56	0,00	0,00	55,42	97,31	1,71	3,00	93,71	144,11	-	0,86
1378,73	-	-	-	-1,75	-	1,56	-	-	1,81	2,64	0,00	0,00	58,89	100,67	1,81	3,10	97,89	148,14	-	0,83
1378,73	-	-	-	-1,75	-	1,56	-	-	1,81	2,64	0,00	0,00	58,89	100,67	1,81	3,10	97,89	148,14	-	0,83
1378,54	-	-	-	-1,46	-	1,41	-	-	1,92	2,71	0,00	0,00	62,36	104,04	1,92	3,20	102,07	152,19	-	0,79
1378,54	-	-	-	-1,46	-	1,41	-	-	1,92	2,71	0,00	0,00	62,36	104,04	1,92	3,20	102,07	152,19	-	0,79
1378,34	-	-	-	-1,20	-	1,26	-	-	2,03	2,79	0,00	0,00	65,84	107,41	2,03	3,31	106,24	156,25	-	0,76
1378,34	-	-	-	-1,20	-	1,26	-	-	2,03	2,79	0,00	0,00	65,84	107,41	2,03	3,31	106,24	156,25	-	0,76
1378,15	-	-	-	-0,98	-	1,11	-	-	2,13	2,86	0,00	0,00	69,31	110,79	2,13	3,41	110,42	160,31	-	0,73
1378,15	-	-	-	-0,98	-	1,11	-	-	2,13	2,86	0,00	0,00	69,31	110,79	2,13	3,41	110,42	160,31	-	0,73

RESULTATS ELU MEL - Phase P1

Niveau	Rotation	Déplacmt.	Moment		Tranchant		Etat du sol		Pression des terres		Pression d'eau		Pression verticale		Poussée mobilisable		Butée mobilisable		Pression diff.	
			M.k	M.d	V.k	V.d	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	P.k	P.d
m	x0.001 rad	mm	kNm/m	kNm/m	kN/m	kN/m			kN/m/m	kN/m/m	kN/m/m	kN/m/m	kN/m/m	kN/m/m	kN/m/m	kN/m/m	kN/m/m	kN/m/m	kN/m/m	kN/m/m
1377,96	-	-	-	-0,78	-	0,97	-	-	2,24	2,94	0,00	0,00	72,78	114,17	2,24	3,51	114,60	164,39	-	0,70
1377,96	-	-	-	-0,78	-	0,97	-	-	2,24	2,94	0,00	0,00	72,78	114,17	2,24	3,51	114,60	164,39	-	0,70
1377,76	-	-	-	-0,60	-	0,84	-	-	2,35	3,02	0,00	0,00	76,26	117,56	2,35	3,62	118,78	168,47	-	0,67
1377,76	-	-	-	-0,60	-	0,84	-	-	2,35	3,02	0,00	0,00	76,26	117,56	2,35	3,62	118,78	168,47	-	0,67
1377,57	-	-	-	-0,45	-	0,72	-	-	2,45	3,09	0,00	0,00	79,73	120,96	2,45	3,72	122,95	172,55	-	0,64
1377,57	-	-	-	-0,45	-	0,72	-	-	2,45	3,09	0,00	0,00	79,73	120,96	2,45	3,72	122,95	172,55	-	0,64
1377,38	-	-	-	-0,32	-	0,60	-	-	2,56	3,17	0,00	0,00	83,20	124,36	2,56	3,97	127,13	176,64	-	0,61
1377,38	-	-	-	-0,32	-	0,60	-	-	2,56	3,17	0,00	0,00	83,20	124,36	2,56	3,97	127,13	176,64	-	0,61
1377,18	-	-	-	-0,22	-	0,48	-	-	2,67	3,24	0,00	0,00	86,68	127,77	2,67	4,25	131,31	180,74	-	0,58
1377,18	-	-	-	-0,22	-	0,48	-	-	2,67	3,24	0,00	0,00	86,68	127,77	2,67	4,25	131,31	180,74	-	0,58
1376,99	-	-	-	-0,14	-	0,37	-	-	2,77	3,32	0,00	0,00	90,15	131,18	2,77	4,53	135,49	184,85	-	0,54
1376,99	-	-	-	-0,14	-	0,37	-	-	2,77	3,32	0,00	0,00	90,15	131,18	2,77	4,53	135,49	184,85	-	0,54
1376,80	-	-	-	-0,08	-	0,27	-	-	2,88	3,40	0,00	0,00	93,62	134,59	2,88	4,82	139,66	188,95	-	0,51
1376,80	-	-	-	-0,08	-	0,27	-	-	2,88	3,40	0,00	0,00	93,62	134,59	2,88	4,82	139,66	188,95	-	0,51
1376,61	-	-	-	-0,03	-	0,17	-	-	2,99	3,47	0,00	0,00	97,09	138,01	2,99	5,10	143,84	193,07	-	0,48
1376,61	-	-	-	-0,03	-	0,17	-	-	2,99	3,47	0,00	0,00	97,09	138,01	2,99	5,10	143,84	193,07	-	0,48
1376,41	-	-	-	-0,01	-	0,08	-	-	3,10	3,55	0,00	0,00	100,57	141,44	3,10	5,39	148,02	197,18	-	0,45
1376,41	-	-	-	-0,01	-	0,08	-	-	3,10	3,55	0,00	0,00	100,57	141,44	3,10	5,39	148,02	197,18	-	0,45
1376,22	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	3,20	3,63	0,00	0,00	104,04	144,86	3,20	5,68	152,20	201,30	-	0,42
1376,22	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
1376,22	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00

Butée mobilisable = 449,82 kN/m Butée mobilisée = 46,25 kN/m Rapport (1) = 9,727

RESULTATS ELS et ELU (Synthèse)

PHASE	Type Vérif.	M,d max kNm/m	V,d max kN/m	Vérif. Def. Butée	Vérif. Equ. Vert. kN/m	Vérif. Kranz
P1	MEL	-5,56	-4,01	OK	0,10	-
Extrema	-	-5,56	-4,01	-	-	-

Vérifications

Méthode de référence pour le recalcul de ka/kp : Kérisel

COEFFICIENTS PARTIELS 1 - Approche 2 (EC7 - NF P94-282)

Actions

Sol - Eau - Ecran	MISS	MEL
poussée limite du sol (Ypa)	1,00	1,35
pression d'eau (Ypw)	1,00	1,35
poids propre de l'écran (YW)	1,00	1,35

Actions

Sucharges appliquée sur le sol et l'écran	MISS	MEL
Sol - permanente (YG)	1,00	1,00
Sol - variable (YQ)	1,11	1,11
Ecran - permanente favorable (YG,inf)	1,00	1,00
Ecran - permanente défavorable (YG,sup)	1,00	1,35
Ecran - variable défavorable (YQ,sup)	1,11	1,50

Paramètre de résistance

Paramètres du sol	MISS	MEL
Cohésion effective (Yc')	1,00	1,00
Angle de frot. effectif (Yφ')	1,00	1,00
Cohesion non drainée (Ycu')	1,00	1,00

-

	MISS	MEL
Butée limite - phase durable (Ypb,D)	1,40	1,40
Butée limite - phase transitoire (Ypb,T)	1,10	1,10
Résistance des appuis (Yanc)	1,00	-
Effort déstabilisant (Ykrz)	1,10	-

Efforts, sollicitations et butée mobilisée : YE = 1,35

RESULTATS DES VERIFICATIONS

PHASE 1 - Durable

Jeu de coefficients utilisé pour cette phase : 1

L'écran est considéré en console (autostable).

La méthode D a été utilisée pour cette phase.

La butée pour cette phase est considérée à gauche.

Vérification du défaut de butée :

Vérification de la hauteur de fiche :

Point de pression nulle : z0 = 1381,87 m

Point de moment nul : zc = 1380,16 m

Côte du pied de l'écran : zp = 1376,22 m

f0 = z0 - zc = 1,71 m

fb = z0 - zp = 5,65 m

fb / f0 = 3,309 (≥ 1,2)

Vérification de la contre-butée :

Point de transition : zn = 1380,94 m

Contre-butée nécessaire à l'équilibre des efforts horizontaux : Ct,d = 14,01 kN/m

Contre-butée mobilisable sous zn : Cm,d = 233,00 kN/m

Facteur de mobilisation : α = 0,052

Cm,d ≥ Ct,d

Le défaut de butée est justifié pour cette phase.

Vérification de l'équilibre vertical :

Poids propre P de l'écran :

Pd = 0,00 kN/m

Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran :

Pv,d = 0,10 kN/m

Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran :

Tv,d = 0,00 kN/m

Résultante verticale Fv des surcharges "linéïques" appliquées sur la hauteur de l'écran :

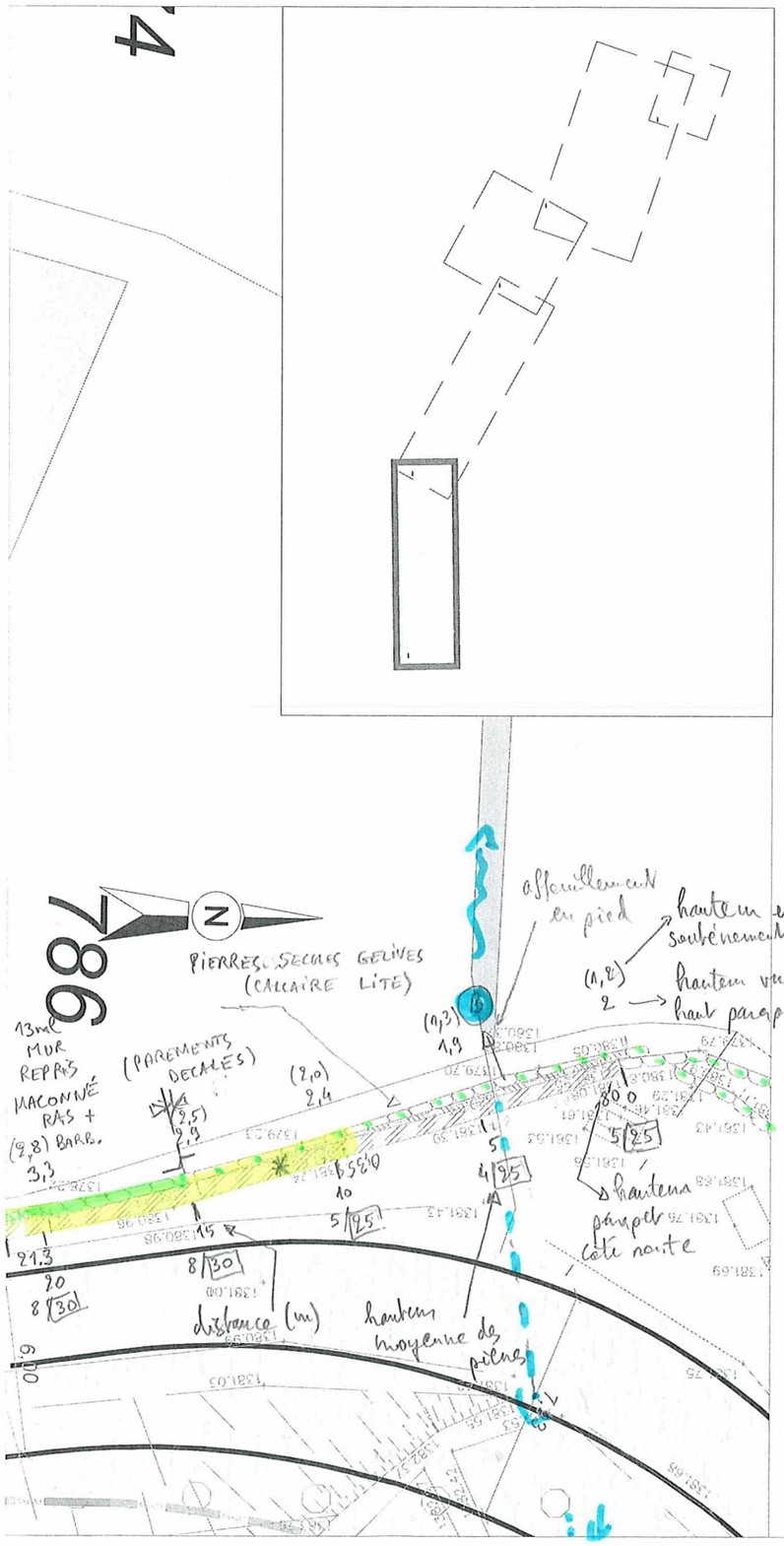
Fv,d = 0,00 kN/m Yq = valeur dépendant de la nature de chaque action.

Résultante ELU des efforts verticaux :

Rv,d = 0,10 kN/m

Charge verticale ELU de 0,10 kN/m à transmettre en pied de l'écran.
Equilibre vertical OK si portance en pointe garantie.

Annexe VII : **Notes terrain du diagnostic G5 et reportage photographique**



Légende:

Géoréférence :
Les coordonnées planimétriques sont exprimés dans le système géodésique RGF93-Projection conique conforme 45. Les coordonnées altimétriques sont exprimées dans le système d'altitude NGF-IGN 1969.

Légende

Parcelle	Etat
Commune	Privé

Légende

- Limite de prestation
- Voirie
- Trottoir
- Aire de stationnement
- Cheminement piéton (Tracé provisoire en fonction des compléments topographiques)
- Glissière bois

Confortement de talus / paroi

- Paroi 1m
- Paroi 1.50m
- Paroi 2m
- Paroi 3m
- Paroi 4m
- Paroi 5m
- Paroi 6m
- Paroi 7m
- Paroi 8m
- Mur soutenement cheminement piéton
- Mur soutenement de voirie

Xref :

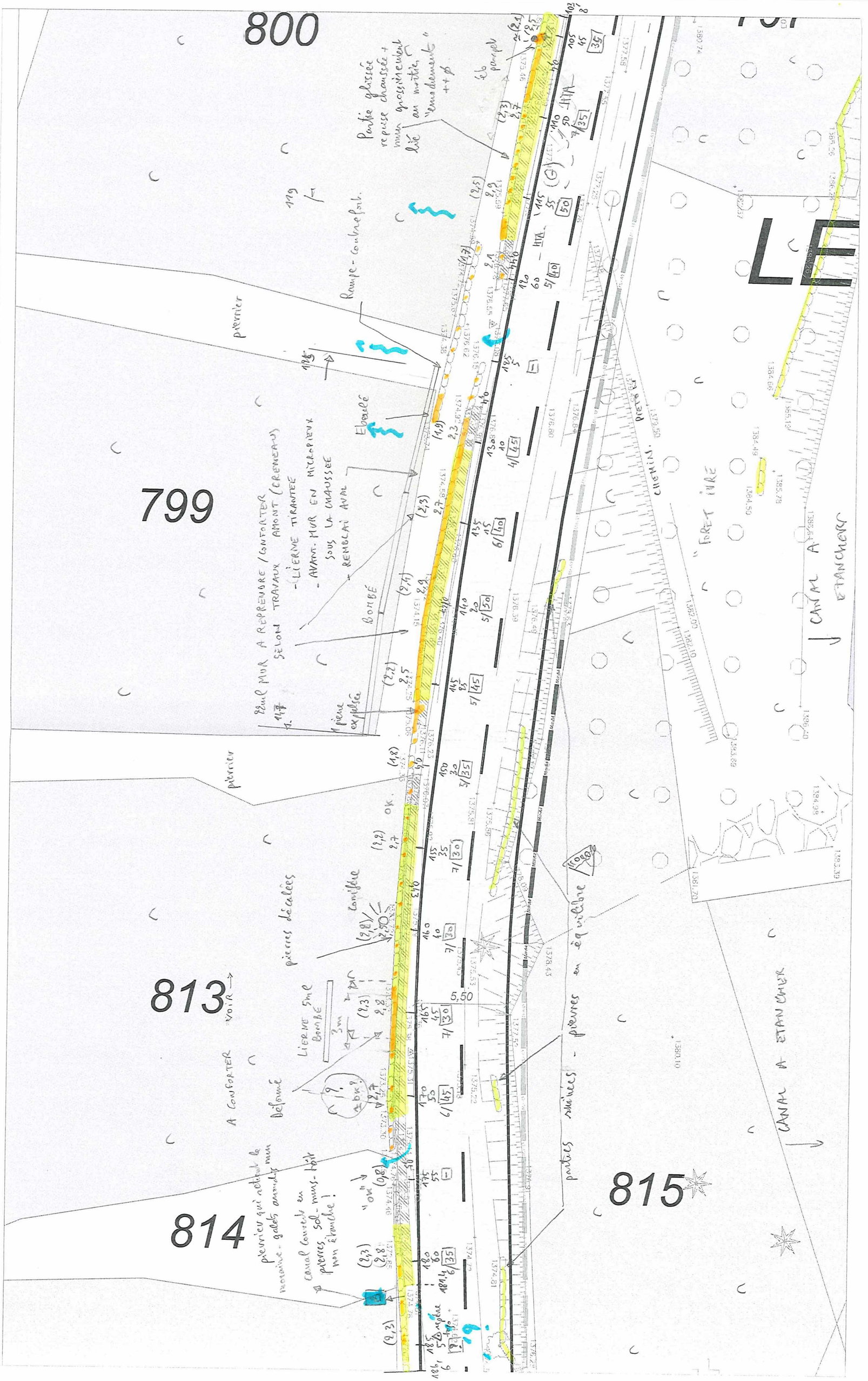
=> XREF_18023-TOPO.dwg
=> XREF_18277_Fort_Tete_planTopographique_Assemblage_CC45_IGN69.dwg
=> XREF_Cartouches.dwg
=> XREF_Encartage.dwg
=> XREF_AME_V01.dwg
=> XREF_Cadastre.dwg
=> XREF_Extrait_foncier.dwg

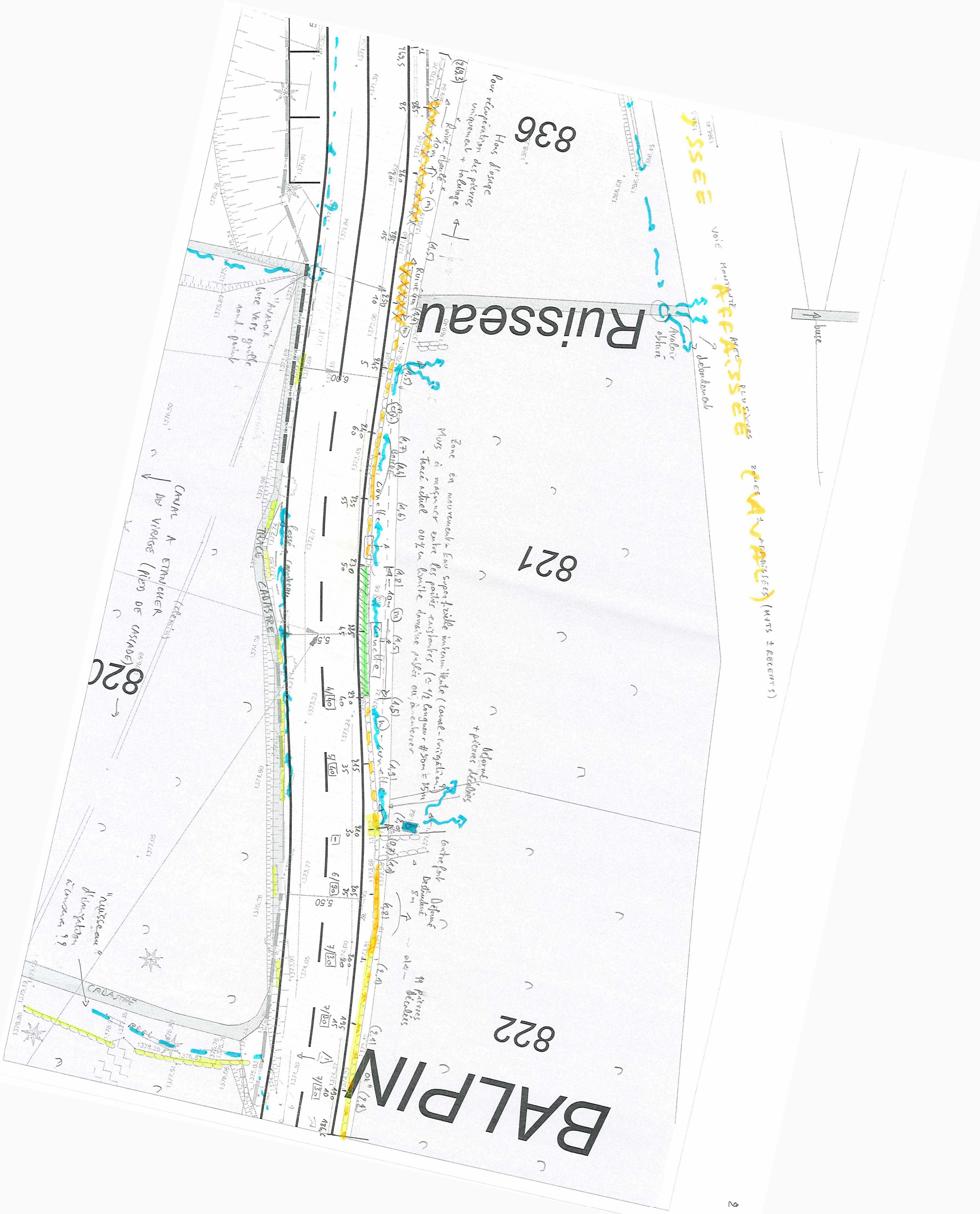
Mur = ≥ 2m de soutènement
Amorce = vestiges de murs anciens
passage sous voirie (tracé à confirmer)
exutoire aval buse béton
exutoire aval canal pierres couvert

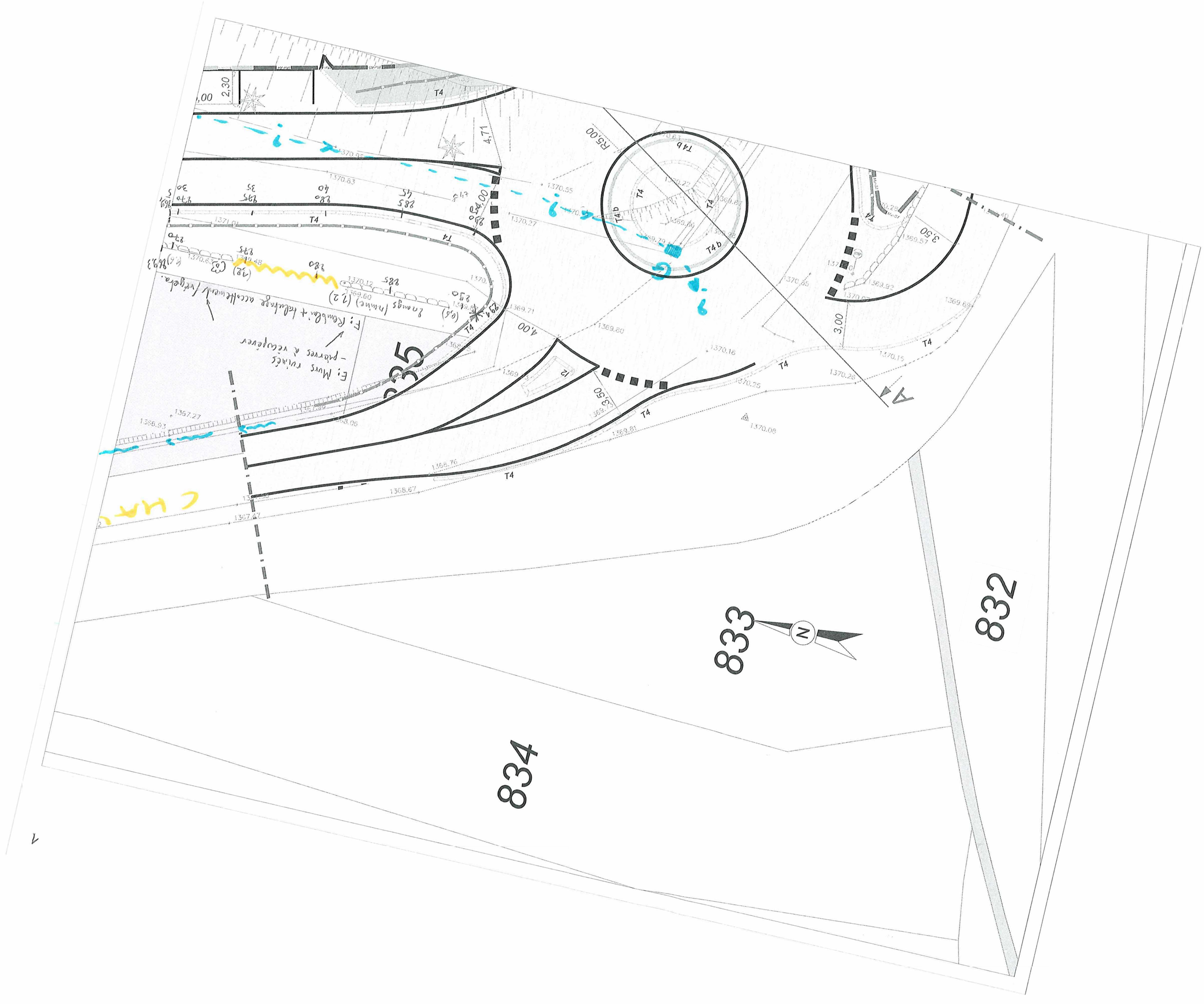
VP

Commune de Briançon (05100)
Département des Hautes-Alpes


Ruisseau
788
787
784
83
789
707
Chaussée
Largeur variable
5.50 => 6.00
B
35ml
← VOIR
MUR DEFORME EN TÊTE
("ok en bas")
OU TOUTE HAUTEUR
A REPRENDRE
"ok en bas"
RUINE
LIERNES (PROVISOIRE)
MICROPIEUX EN
AVANT MUR
(CHAUSSEE)
1 pierre expulsée
30x50
16ml LIERNE
8ml PRES D'EXPLOSER
8ml BOMBÉ
MUR ici EN PLUS PETIT APPAREIL
(20 cm)
→ + GROS 30.50cm
PIERRIER
EN MEILLEUR ETAT
QUAND APPUI TERRE EN AVAL
1 pierre décalée
A RECHARGER
1 pierre déchaussée
(46)
A RECHARGER
10ml lierne à mi-hauteur
ROUTE
AFFAISSEE
chaussée plat
"ruisseau" d'irrigation à conserver ??
CADASTRE
CANAL
A ETANCHER
6.00


800
799
813
814
815
pierrier
Rempl. mur à reprendre / conforter selon travaux amont (crémeaux)
- Lierne tirantée
- Avant. mur en micropieux sous la chaussée
Remblai aval
Pierre explosée
Bombé
Eboulé
Rampe - coulure pol.
Partie glissée reprise chaussée + mur provisoirement lié au matériel "remblaiements" ++ ϕ
Les pompiers
A conforter voir →
Bélonné
pierres décalées
Lierne 5me
Bombé
conifère
Canal couvert en pierres, sol - murs - hôt non étanche !
pierrier qui retient la maçonnerie - galets anciens mur
parties abîmées - pierres en équilibre
Canal A étanchéité
Chemin "Forêt Rue"
Canal A étanchéité


BALPIN
822
Ruisseau
827
836
820
CANAL A VIRAGE ETANCHER
CANALISE
Ruisseau
Haie
Arbre
Buse
Fossé
Route
Chemin
Talus
Bordure
Mur
Poteau
Clôture
Grille
Avaloir
Bouche
Puits
Borne
Regard
Ouvrage
Arbre abattu
Arbre à abattre
Arbre à élaguer
Arbre à planter
Haie à planter
Haie à arracher
Haie à abattre
Haie à élaguer
Haie à replanter
Haie à déplacer
Haie à couper
Haie à supprimer
Haie à créer
Haie à remplacer
Haie à entretenir
Haie à protéger
Haie à conserver
Haie à maintenir
Haie à restaurer
Haie à renforcer
Haie à compléter
Haie à densifier
Haie à diversifier
Haie à gérer
Haie à valoriser
Haie à mettre en valeur
Haie à mettre en place
Haie à mettre en œuvre
Haie à mettre en service
Haie à mettre en exploitation
Haie à mettre en production
Haie à mettre en culture
Haie à mettre en pâture
Haie à mettre en prairie
Haie à mettre en jachère
Haie à mettre en friche
Haie à mettre en bois
Haie à mettre en forêt
Haie à mettre en taillis
Haie à mettre en futaie
Haie à mettre en taillis sous futaie
Haie à mettre en futaie sur taillis
Haie à mettre en mélange
Haie à mettre en alignement
Haie à mettre en bosquet
Haie à mettre en verger
Haie à mettre en vergers
Haie à mettre en pépinière
Haie à mettre en jardin
Haie à mettre en parc
Haie à mettre en cimetière
Haie à mettre en terrain de sport
Haie à mettre en terrain de jeux
Haie à mettre en terrain de camping
Haie à mettre en terrain de golf
Haie à mettre en terrain de tennis
Haie à mettre en terrain de football
Haie à mettre en terrain de rugby
Haie à mettre en terrain de basket
Haie à mettre en terrain de volley
Haie à mettre en terrain de hand
Haie à mettre en terrain de foot
Haie à mettre en terrain de cricket
Haie à mettre en terrain de baseball
Haie à mettre en terrain de softball
Haie à mettre en terrain de hockey
Haie à mettre en terrain de polo
Haie à mettre en terrain de lacrosse
Haie à mettre en terrain de crosse
Haie à mettre en terrain de pelote
Haie à mettre en terrain de boules
Haie à mettre en terrain de pétanque
Haie à mettre en terrain de jeu de boules
Haie à mettre en terrain de jeu de quilles
Haie à mettre en terrain de jeu de palets
Haie à mettre en terrain de jeu de fléchettes
Haie à mettre en terrain de jeu de billard
Haie à mettre en terrain de jeu de cartes
Haie à mettre en terrain de jeu de dés
Haie à mettre en terrain de jeu de dominos
Haie à mettre en terrain de jeu de mikado
Haie à mettre en terrain de jeu de jonchets
Haie à mettre en terrain de jeu de pick-up sticks
Haie à mettre en terrain de jeu de mikado
Haie à mettre en terrain de jeu de jonchets
Haie à mettre en terrain de jeu de pick-up sticks


T4
T4b
R5.00
R4.00
4.71
2.30
3.50
3.00
4.00
835
833
832
834
N
T4
1370.55
1370.27
1370.63
1369.71
1369.20
1370.16
1370.25
1370.26
1370.08
1369.81
1368.76
1368.67
1367.27
1368.93
1367.47
1369.92
1370.15
1369.88
1369.57
1370.85
1370.22
1369.79
1369.60
1370.12
1370.48
1370.67
1371.01
1370.95
1369.83
1368.05
1369.00
1369.53
1369.81

A147613 Annexe VII

VAFT Briançon - Observations du mur aval – Diagnostique G5

Reportage photographique, page **1/7**

Les chiffres correspondent à la distance avec une origine au début du parapet côté virage au rocher et fin côté RD 902 (ex 9-0 montre une vue du mur entre le début et 9 m)



0RetourM1 (4)



0RetourM1



0RetourM2courbe



0RetourMurM3



0RetourMurM3M1



0RetourMurM3-M1



0Virageamont



0Virageaval



7-0bis



7-3bis



9-0



11-0buse



11-0face



12-8face



18-0detail



20-0



20-8



22-7

A147613 Annexe VII

VAFT Briançon - Observations du mur aval – Diagnostique G5

Reportage photographique page **2/7**

Les chiffres correspondent à la distance avec une origine au début du parapet côté virage au rocher et fin côté RD 902 (ex 9-0 montre une vue du mur entre le début et 9 m)


31-25


33-0bis


35-27bis


37-17


39-15


39pierredetail


40-0


42-18


42-30bis (2)


42-30bis


45-39bombé


55-38bis


60-40


62-55arbrecouché


62-58env


68-55


70-50


75-45

A147613 Annexe VII

VAFT Briançon - Observations du mur aval – Diagnostique G5

Reportage photographique page **3/7**

Les chiffres correspondent à la distance avec une origine au début du parapet côté virage au rocher et fin côté RD 902 (ex 9-0 montre une vue du mur entre le début et 9 m)



75-70



75-70face



80-60



80-73encoursexplosion



88-65bombé



88-75bombé



90 parapetaval



92-75



93-86barbacane



97-89barbacane



98-75explose



100-80barbacanedeloindessous



100-85bombement



100-88barbacane



100-88barbacane2



110-98arbrenetete



110-98facearbreentete



110-105glissement

A147613 Annexe VII

VAFT Briançon - Observations du mur aval – Diagnostique G5

Reportage photographique page **4/7**

Les chiffres correspondent à la distance avec une origine au début du parapet côté virage au rocher et fin côté RD 902 (ex 9-0 montre une vue du mur entre le début et 9 m)



118-130face



122-100



123-105facerampeavecglissement



125moraineéboulis



128-120



130-105



130-120



135-120



135-123face



135-125



145-105rampe



147-153parapetébouléreflet



149-123versrampe



150-140ebouledeloin



155-140parapetéboulé



155-140parapetéboulébiais



155-140parapetéboulécoté



160-155

A147613 Annexe VII

VAFT Briançon - Observations du mur aval – Diagnostique G5

Reportage photographique page **5/7**

Les chiffres correspondent à la distance avec une origine au début du parapet côté virage au rocher et fin côté RD 902 (ex 9-0 montre une vue du mur entre le début et 9 m)



160-155detail



161pierretombée



163-155



165-155



168-155



168-163pierrefendue



170-155



175-155



175-180



182-178



182bardetail



182barinterieur



182barinterieurdroit



182barinterieurgauche



190-180



195-160merloncontrefort



195-182



200-180

A147613 Annexe VII

VAFT Briançon - Observations du mur aval – Diagnostique G5

Reportage photographique page **6/7**

Les chiffres correspondent à la distance avec une origine au début du parapet côté virage au rocher et fin côté RD 902 (ex 9-0 montre une vue du mur entre le début et 9 m)


207-180


207cotecontrefort


208-185


208-201


208detail


209facecontrefort


210-180


210bardetail


210barface


213-210


215


215-210


220


220-210


225-210


230-200


230-215


235-210cunetteaval

A147613 Annexe VII

VAFT Briançon - Observations du mur aval – Diagnostique G5

Reportage photographique page **7/7**

Les chiffres correspondent à la distance avec une origine au début du parapet côté virage au rocher et fin côté RD 902 (ex 9-0 montre une vue du mur entre le début et 9 m)


240-210cunetteaval


245-210


245-210cunetteaval


250 ruisseau


250ruisseau


260-210vueensemble


260env


260env-210


265env-210


270-170panoramique


280-200


280-240


282env-275env


Muréboulélaissé


pierrevertebombe


pierriers


X


XX

Acteur majeur de l'ingénierie de l'environnement et de la valorisation des territoires

Mesure

Air ambiant
Air intérieur
Exposition professionnelle
Eau
Pollution atmosphérique

Environnement

Due diligence et conseil stratégique
Sites et sols pollués
Travaux de dépollution
Dossiers réglementaires



Eau

Traitement des effluents industriels
Eau ressource et géothermies
Eau potable et assainissement
Aménagement hydraulique

Data

Systèmes d'information et data management
Solutions pour le data management environnemental

Infrastructures

Déconstruction et désamiantage
Géotechnique
Fondations et terrassements
Ouvrages et structures
Risques naturels
Déchets et valorisation

Aménagement du territoire

Projet urbain
L'environnement au cœur des stratégies et projets
Stratégie territoriale et planification

Références :

Portées communiquées sur demande

MASE