

ANNEXE II : Etude géotechnique d'avant projet (SAGE, 2017)


Société d'Aménagement de la Plagne

ABEST

Projet d'extension de la retenue de la Forcle Station de La Plagne (73)

Etude géotechnique d'avant-projet

Gières, décembre 2017– RP7817_AVP

		SOCIETE ALPINE DE GEOTECHNIQUE 2, rue de la Condamine – B.P. 17 - 38610 GIERES			
Rév.	Date	Commentaires	Etabli par	Vérifié par	Approuvé par
0	07/12/2017	Rapport initial	A. PEYROT	F. BLANCHET	F. BLANCHET

SOMMAIRE

1 -	INTRODUCTION	3
2 -	CONTEXTE GENERAL	4
2.1.	<i>Situation et description du projet.....</i>	<i>4</i>
2.2.	<i>Contexte géologique.....</i>	<i>4</i>
2.3.	<i>Contexte hydrogéologique.....</i>	<i>4</i>
3 -	RESULTATS DES RECONNAISSANCES	5
3.1.	<i>Observations de terrain.....</i>	<i>5</i>
3.2.	<i>Sondages à la pelle mécanique</i>	<i>6</i>
3.3.	<i>Sondages à la pelle existants</i>	<i>6</i>
3.4.	<i>Essai en laboratoire</i>	<i>7</i>
3.5.	<i>Prospection géophysique</i>	<i>7</i>
4 -	SYNTHESE GEOTECHNIQUE	8
5 -	RISQUES NATURELS.....	9
5.1.	<i>Effondrement, cavités.....</i>	<i>9</i>
5.2.	<i>Mouvements de terrain.....</i>	<i>10</i>
5.3.	<i>Risques amiantifères</i>	<i>10</i>
5.4.	<i>Sismicité</i>	<i>10</i>
6 -	JUSTIFICATION DE LA STABILITÉ	11
6.1.	<i>Hypothèses de calcul</i>	<i>11</i>
6.2.	<i>Méthode de calcul</i>	<i>12</i>
6.3.	<i>Résultats</i>	<i>12</i>
7 -	PRECONISATIONS TECHNIQUES.....	13
7.1.	<i>Caractéristiques de l'ouvrage.....</i>	<i>13</i>
7.2.	<i>Implantation de l'ouvrage.....</i>	<i>13</i>
7.3.	<i>Terrassements – Réutilisation des matériaux</i>	<i>13</i>
7.4.	<i>Géométrie du projet</i>	<i>14</i>
7.5.	<i>Assise des remblais.....</i>	<i>14</i>
7.6.	<i>Mise en œuvre des remblais</i>	<i>14</i>
7.7.	<i>Dispositif d'étanchéité et de drainage.....</i>	<i>15</i>
8 -	CONCLUSIONS	16

FIGURES

FIGURE 1 : Plan de situation

FIGURE 2 : Extrait de la carte géologique

FIGURE 3 : Implantation des reconnaissances, au 1/1 000^{ème}

FIGURE 3 : Implantation des reconnaissances sur le projet, au 1/1 000^{ème}

ANNEXES

ANNEXE 1 : Plan fourni par ABEST

ANNEXE 2 : Coupes géotechniques

ANNEXE 3 : Résultats des sondages à la pelle

ANNEXE 4 : Résultats de la prospection géophysique

ANNEXE 5 : Résultats des essais en laboratoire

ANNEXE 6 : Résultats des calculs de stabilité (Coupe 4)

ANNEXE 7 : Classification des missions d'ingénierie géotechnique

■ ■ ■

1 - INTRODUCTION

Intervenants :

- Maître d'Ouvrage : SAP – Société d'Aménagement de la station de La Plagne
Immeuble La Cembraie
73 210 LA PLAGNE
- Maître d'Oeuvre : ABEST
75 rue Derobert
73 400 UGINE

Objet :

Le présent rapport est effectué à la demande du Maître d'œuvre ABEST et pour le compte de la SAP. Il porte sur le projet d'extension de la retenue d'altitude de La Forcle sur le domaine skiable de La Plagne (73).

Les objectifs du présent rapport sont les suivants :

- préciser les contextes géotechnique et hydrogéologique du site ;
- analyser les risques naturels à prendre en compte pour le projet ;
- établir la synthèse géotechnique du projet ;
- définir les préconisations techniques à prendre en compte pour le projet.

Il s'agit d'une mission de type **G2 AVP** selon la norme NFP94-500 de novembre 2013.

Documents consultés :

- Plan du projet établi par ABEST le 17/11/2017 ;
- « Rapport d'étude géotechnique – Missions USG : G0-G12 – La Plagne (73) – Retenue collinaire du Diable », établie par Equaterre (*ref : affaire n° fg/br n°1010717-1 d'avril 2002*) ;
- Carte géologique du BRGM, Feuille de Moûtiers, au 1/50 000^{ème}.

2 - CONTEXTE GENERAL

2.1. Situation et description du projet

La retenue existante de Forcle, est située au Sud de Belle-Plagne, sur le domaine skiable de La Plagne (73). Elle est implantée au Nord-Est du Col de la Grande Forcle. Elle présente actuellement un volume de stockage de 92 000 m³.

Le projet prévoit une extension au Nord-Ouest avec la création d'une digue en remblai et d'un déblai, en vue d'obtenir un volume de stockage de 290 000 m³. La zone concernée par l'extension est située entre les altitudes 2 245 et 2270 m NGF.

2.2. Contexte géologique

D'après la carte géologique du BRGM (*feuille de Moûtiers, au 1/50 000^{ème}*), le substratum local est constitué de quartzites blancs et de quartzites versicolores du Trias inférieur (*tQ*), et de quartzites blanchâtre du Permo-trias (*rt*). En extrémité Ouest du site, ces formations sont en contact avec les gypses (*tG*) et les cargneules (*tK*) de la Nappe des gypses. Sur le secteur de La Plagne, la carte géologique indique la présence de nombreuses dolines liées à la présence de la Nappe des gypses.

2.3. Contexte hydrogéologique

Un petit lac naturel est présent en amont du site et se déverse dans la retenue existante. Aucun cours d'eau ne traverse l'emprise du projet.

3 - RESULTATS DES RECONNAISSANCES

3.1. Observations de terrain

Le site envisagé pour l'extension de la retenue de la Forcle est délimité par :

- au Nord, une zone de replat ou pentes faibles, délimitée par une piste 4x4 en aval, au-delà de laquelle on observe des pentes de l'ordre de 10 à 15° ;
- à l'Ouest, une crête peu marquée, d'origine morainique, sur laquelle se développe un téléski ;
- au Sud, une zone de replat en amont duquel se trouve un petit lac naturel. En amont de ce replat, on observe des éboulis crus, au sein duquel chemine une piste 4x4. Ces éboulis sont situés au pied de falaises de quartzites.
- à l'Est, la retenue existante.

La retenue existante a été aménagée au sein des quartzites moyennement fracturées. Les talus de déblais correspondent essentiellement à des quartzites +/- altérées. Ils sont pentés à 35° en moyenne.

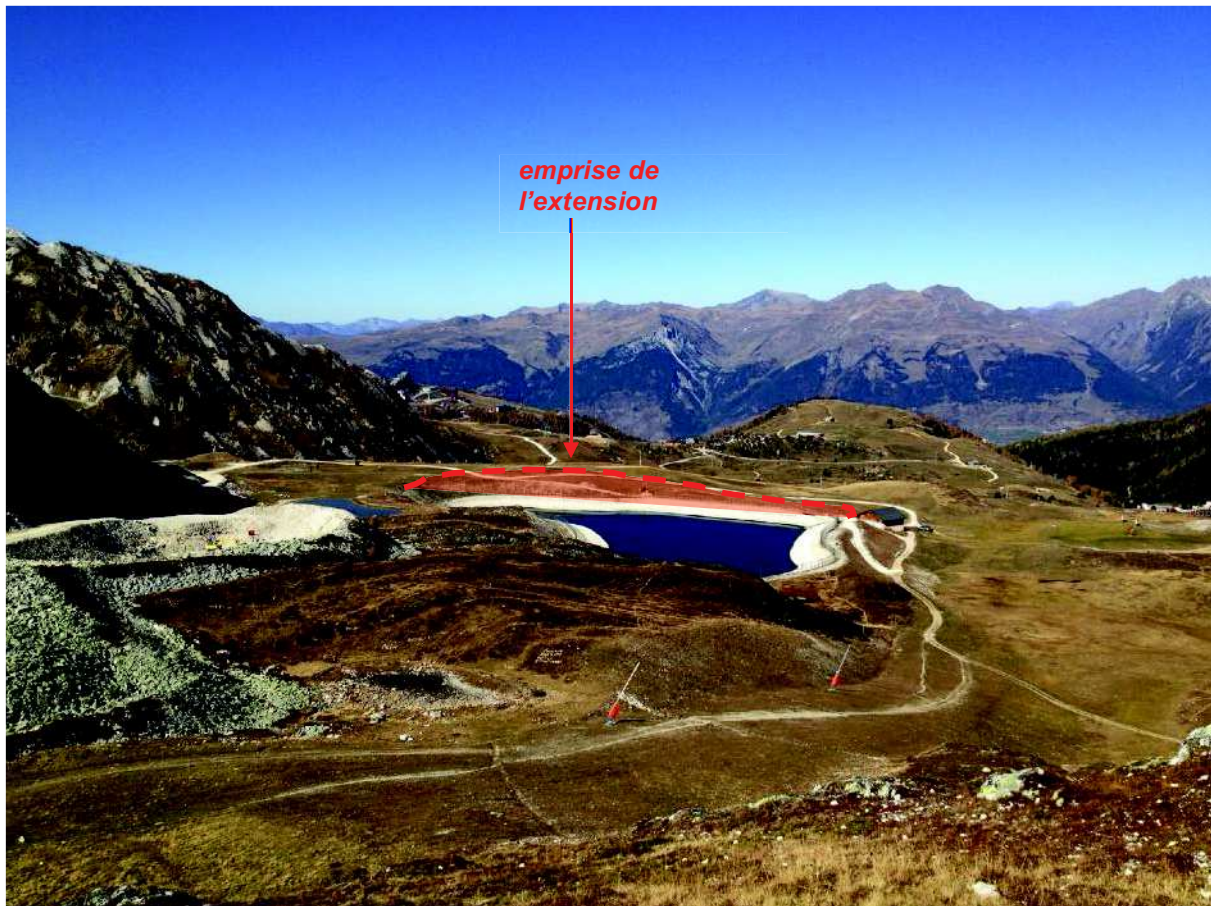


Figure 1 : vue d'ensemble

3.2. Sondages à la pelle mécanique

Neuf sondages à la pelle mécanique ont été réalisés au droit du site. Les coupes de chaque sondage sont fournies en annexe. Elles sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

	TP1	TP2	TP3	TP4	TP5
Terre végétale	0 à 0,2 m/TN	0 à 0,2 m/TN	0 à 0,1 m/TN	0 à 0,2 m/TN	0 à 0,1 m/TN
Moraines sablo-limoneuses à cailloux et blocs	/	0,2 à 1,9 m/TN	/	/	/
Graves et blocs à matrice sableuse / sablo-limoneuse (quartzites altérées)	0,2 à > 3,0 m/TN	1,9 à > 2,8 m/TN	0,1 à > 3,0 m/TN	0,2 à > 3,0 m/TN	0,1 à > 2,0 m/TN
Quartzites peu altérées	/	/	/	/	/
Cause arrêt sondage	effondrement	Volontaire	Volontaire	Volontaire	Effondrement
Venue d'eau	non	non	non	non	non

	TP6	TP7	TP8	TP9
Terre végétale	0 à 0,1 m/TN	0 à 0,1 m/TN	0 à 0,4 m/TN	0 à 0,4 m/TN
Moraines sablo-limoneuses à cailloux et blocs	/	/	0,4 à 1,7 m/TN	0,4 à 2,2 m/TN
Graves et blocs à matrice sableuse / sablo-limoneuse (quartzites altérées)	0,1 à 1,0 m/TN	0,1 à 1,0 m/TN	/	/
Quartzites peu altérées	1,0 à > 1,2 m/TN	/	/	/
Cargneules	/	/	1,7 à 2,5 m/TN	2,2 à > 3,5 m/TN
Cause arrêt sondage	Refus	Volontaire	Volontaire	Limite pelle
Venue d'eau	non	non	non	non

3.3. Sondages à la pelle existants

Dans le cadre de l'étude géotechnique de 2002 portant sur la réalisation de la retenue existante, dix sondages à la pelle avaient été effectués. Deux sondages, S9 et S1, avaient été implantés à proximité de l'emprise de l'extension étudiée. Leurs résultats sont indiqués ci-dessous. Les autres sondages ayant été implantés au droit de la cuvette de l'ouvrage existant et donc en dehors de l'extension, seule une synthèse de leurs résultats est présentée ci-dessous.

	S1	S9	S2 à S8 et S10
Terre végétale	0 à 0,1 m/TN	0 à 0,1 m/TN	0 à 0,1 / 0,2 m/TN
Eboulis caillouto-limoneux	0,1 à 0,4 m/TN	/	0,1 / 0,2 à 0,3 / 0,5 m/TN
Graves et blocs à matrice sableuse / sablo-limoneuse (quartzites altérées)	/	/	/
Quartzites saines	> 0,4 m/TN	> 0,1 m/TN	/
Cargneules	/	/	
Cause arrêt sondage	Refus	Refus	Refus
Venue d'eau	non	non	en S2, à -0,5 m/TN

3.4. Essai en laboratoire

Deux essais d'identification en laboratoire ont été réalisés sur des échantillons prélevés au sein des quartzites très altérées recoupées par les sondages TP3 et TP4. Les résultats sont les suivants :

Sondage	Prof.	Description des terrains	Wnat %	%<80µm	VBS (0/50mm)	Classe GTR
TP3	2,0 m/TN	Graves sableuses	5,6	3,6	0,03	D₃
TP4	2,8 m/TN	Graves sableuses	2,8	15,8	0,04	C₁B₅

3.5. Prospection géophysique

Deux panneaux électriques de 80 m et un profil sismique de 55 m ont été réalisés en partie Nord-Ouest de l'emprise de l'extension, dans la zone où les sondages à la pelle ont révélé la présence de cargneules.

Le panneau électrique PE1 met en évidence des résistivités assez homogènes. On peut toutefois distinguer :

- une couche superficielle d'environ 2 m d'épaisseur, présentant des résistivités moyennes (300 à 900 ohm.m). Ces valeurs correspondent potentiellement à des terrains meubles de type moraines ;
- au-delà, des résistivités moyennes à élevées, comprises entre 400 et 1200 ohm.m. Ces valeurs correspondent vraisemblablement à des cargneules.

Le panneau électrique PE2, révèle :

- à l'Ouest, une couche superficielle d'environ 2 m d'épaisseur présentant des résistivités moyennes à assez élevées (300 à 1000 ohm.m) surmontant des terrains caractérisés par des résistivités moyennes à élevées (500 à 1300 ohm.m). Cette zone correspond probablement à des cargneules surmontées par des terrains meubles de type moraines.
- à l'Est, des résistivités assez élevées à très élevées, comprises entre 1 000 et 5 000 ohm.m. Ces valeurs correspondent aux quartzites recoupées par le sondage à la pelle TP7 réalisés dans cette zone.

Le profil sismique PS1 associé au panneau électrique PE2 met en évidence :

- une couche superficielle d'environ 2 m d'épaisseur caractérisées par des vitesses sismiques faibles ($V_p = 318$ m/s)
- une couche intermédiaire présentant des vitesses sismiques moyennes ($V_p = 700$ m/s)
- un substratum sismique caractérisé par des vitesses sismiques moyennement élevées ($V_p = 1\,429$ m/s), ce qui correspond vraisemblablement aux cargneules.

4 - SYNTHÈSE GEOTECHNIQUE

D'après les reconnaissances géotechniques et géophysiques effectuées dans le cadre de cette étude, la structure de terrain au droit du projet d'extension est la suivante :

- de la terre végétale limoneuse avec localement des cailloux, sur une épaisseur assez faible (*0,1 à 0,2 m en majorité, et localement jusqu'à 0,4 m*) ;
- des moraines limono-sableuses à cailloux et blocs, de couleur marron à ocre, rencontrées en extrémité Ouest de l'emprise, au niveau de la crête où est implanté le télésiège existant. Elles ont été recoupées par les sondages TP2, TP8 et TP9 jusqu'à une profondeur comprise entre 1,7 et 2,2 m. Cette formation est caractérisée par des vitesses sismiques faibles ($V_p = 318$ m/s) et des résistivités moyennes à assez élevées (300 à 1 000 ohm.m) ;
- des éboulis de quartzites et des quartzites altérés, constitués de graves et blocs dans une matrice sableuse et localement sablo-limoneuse. Ces matériaux sont classés globalement D_3 et C_1B_5 pour les plus fins. Sur l'emprise de la future cuvette, cette formation a été recoupée directement sous la terre végétale.
- des quartzites plus massives, situées au-delà. Cette formation a conduit au refus du sondage à la pelle TP6 ainsi que de l'ensemble des sondages réalisés en 2002 par Equaterre.
- des cargneules, présentes sous les moraines, en extrémité Ouest de l'emprise. Cette formation entraîne le refus

5 - RISQUES NATURELS

5.1. Effondrement, cavités

Les formations de la nappe des gypses (*gypses et cargneules*) situées à l'Ouest du projet sont concernées par le risque d'effondrement. Comme l'indique la carte géologique, de nombreuses dolines sont présentes au Nord-Ouest du site étudié. D'après les observations effectuées sur site, la doline la plus proche du projet est située à environ 150 m de ce dernier.



Figure 2 : doline située à 150 m au Nord-Ouest du site étudié

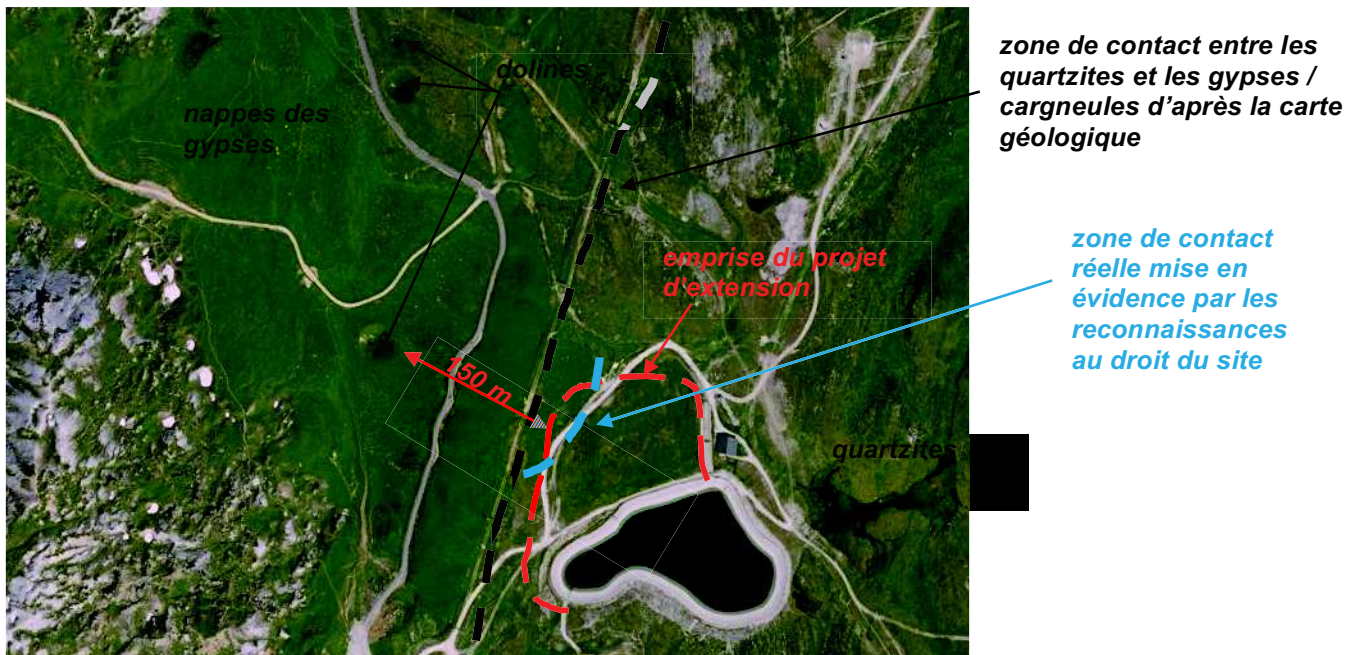


Figure 3 : vue aérienne du site

D'après la carte géologique, l'emprise du projet est située en dehors de la nappe des gypses (*zone de contact théorique située juste à l'Ouest du bord de l'emprise*). Cependant, les reconnaissances effectuées sur site mettent en évidence la présence de cargneules dans l'emprise du projet. La zone de contact réelle est donc probablement située plus à l'Est que ne l'indique la carte géologique.

C'est pourquoi il a été réalisé une campagne de prospection géophysique par panneaux électriques, en vue de vérifier l'absence de cavités souterraines dans cette zone. Les résultats du panneau électrique sont précisés au paragraphe 3.4. Ils ne mettent pas en évidence d'anomalie particulière. Par ailleurs, aucun indice d'effondrement n'a été observé au droit ou à proximité de l'emprise du projet. Le risque d'effondrement semble donc peu probable a priori. Toutefois, afin d'éviter tout aléa en phase chantier, il est recommandé de décaler l'implantation de la retenue, en vue de sortir de la zone de cargneules et d'assurer une assise homogène au sein des quartzites.

5.2. Mouvements de terrain

5.2.1. Glissement de terrain

D'après les reconnaissances effectuées, le projet n'est pas concerné par les risques de glissement de terrain.

5.2.2. Chutes de blocs

En amont du site, on observe les falaises constituant le massif du Roc du Diable, qui culmine à 2 426 m. Ces falaises correspondent à des quartzites et apparaissent assez fracturées.

Toutefois, l'emprise de l'extension de la retenue est située à plus de 150 m en aval du pied de ces falaises, et cette distance correspond essentiellement à un replat. La probabilité d'atteinte est donc quasi-nulle.

Le projet n'est donc pas concerné par les risques de chutes de blocs.



Figure 4 : vue depuis le Nord-Ouest du site

5.3. Risques amiantifères

Les formations géologiques au sein desquels s'inscrit le projet ne sont pas concernées par la présence d'amiante environnementale. La carte d'aléa fournie par le BRGM classe la zone en Aléa nul à très faible.

5.4. Sismicité

Le projet est situé **en zone d'aléa modéré** (accélération de référence en site rocheux de $1,1 \text{ m/s}^2$) au point de vue sismique selon la révision du zonage sismique de la France (article R563-1 à R563-8 du Code de l'Environnement).

6 - JUSTIFICATION DE LA STABILITÉ

6.1. Hypothèses de calcul

6.1.1. Profil de calcul

Les calculs sont effectués selon la Coupe 4, qui correspond au profil le plus défavorable au niveau de la digue en remblais. A ce stade du projet, aucun calcul n'a été réalisé au niveau des déblais, compte-tenu que les pentes envisagées au niveau des talus de déblai sont inférieures ou égales aux pentes observées au niveau des déblais existants. Ces calculs seront effectués en phase PRO. Il sera également réalisé un calcul selon un profil intéressé par la présence de carneules, une fois la géométrie de la bêche d'assise connue, en phase PRO (*notons toutefois que les pentes en aval de la digue dans la zone concernée est plus favorable que pour la Coupe 4 étudiée ci-après*).

6.1.2. Caractéristiques géomécaniques

Les caractéristiques géomécaniques sont estimées sur la base des reconnaissances géotechniques. Elles sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Couche de sol	Poids volumique (kN/m ³)	Angle de frottement (°)	Cohésion (kPa)
Terrains superficiels	19	33	0
Quartzites	21	40	10
Remblais de digue	20	35	0
Bêche d'assise	20	38	0

6.1.3. Hydrologie

Aucun niveau d'eau n'est pris en compte dans les calculs de stabilité compte-tenu du système d'étanchéité mis en place et du caractère drainant des remblais qui seront mis en œuvre.

6.1.4. Surcharge

Aucune surcharge n'est prise en compte dans les calculs de stabilité.

6.1.5. Sismicité

Le projet est situé **en zone d'aléa modéré** (*accélération de référence en site rocheux de 1,1 m/s²*) au point de vue sismique selon la révision du zonage sismique de la France (*article R563-1 à R563-8 du Code de l'Environnement*). Les terrains au droit du site correspondent à un sol de classe A (rocher compact) au sens de l'Eurocode 8 (*EC8 – partie 1 – EN 1998-1 – décembre 2004*). L'ouvrage est considéré comme un ouvrage de classe III.

L'accélération du sol est égale à : $a_g = 1,32 \text{ m/s}^2$. Elle conduit (avec $\tau = 1$, $r = 2$) aux coefficients sismiques suivants : $k_h = 0,067$ $k_v = +/- 0,034$

6.2. Méthode de calcul

Les calculs effectués dans le cadre de l'analyse de la stabilité sont basés sur la prise en compte de surfaces de ruptures circulaires. Les calculs sont réalisés avec le logiciel TALREN. Les ruptures modélisées sont calculées selon la méthode de BISHOP. La vérification de la stabilité est menée aux ELU, avec application de coefficients de sécurité partiels et de modèle issus des « Recommandations pour la justification de la stabilité des barrages et des digues en remblais » du CFBR (*version approuvée de 2015*), à savoir :

		ELU normal d'exploitation	ELU extrême de séisme
Paramètres du sol	$\tan\varphi'$	1,25	1,0
	c'	1,25	1,0
	γ	1,0	1,0
Facteur de modèle	γ_d	1,2	1,1

NB : en appliquant ces coefficients partiels, le facteur de sécurité recherché est $FS > 1,0$.

6.3. Résultats

Profil de calcul	Situation de calcul	FS obtenu	FS recherché
Coupe 4	ELU Normal d'Exploitation	1,09	1,0
	ELU extrême – Séisme pesant	1,27	1,0
	ELU extrême – Séisme allégrant	1,25	1,0

D'après les résultats, la stabilité de l'ouvrage est vérifiée sous les conditions étudiées.

7 - PRECONISATIONS TECHNIQUES

7.1. Caractéristiques de l'ouvrage

D'après les plans qui nous ont été transmis, les caractéristiques de l'ouvrage projeté sont les suivantes :

Caractéristiques principales	Volume d'eau stocké à la cote nominale	300 000 m ³ <i>92 000 m³ actuel</i>
	Surface d'eau à la cote nominale	3,25 ha
Calages altimétriques (cote en NGF)	Niveau normal des eaux	2 262,5 m NGF
	Revanche envisagée /niveau nominal	1,0 m
	Niveau de la crête de digue	2 263,5 m NGF
	Cote du fond de la retenue	2 243,5 m NGF
Digue	Largeur en crête	6,0 m
	Pente des talus extérieurs	2H/1V
	Pente des talus intérieurs	2,5H/1V
	Risberme	non
	Hauteur	20,0 m
Déblais / remblais retenue	Volumes de déblais	162 000 m ³
	Volume de remblais	104 000 m ³
	Excédent remblais	58 000 m ³

7.2. Implantation de l'ouvrage

Les reconnaissances effectuées révèlent la présence de cargneules en extrémité Ouest de l'assise de la digue projetée. Aucune cavité ou indice de cavité n'a été mis en évidence par les reconnaissances. Toutefois, il est recommandé, à ce stade de l'étude, de modifier l'implantation du projet afin de sortir de la zone de cargneules et d'assurer une assise homogène au sein des quartzites. Pour cela, un décalage de la digue Ouest doit être étudié.

7.3. Terrassements – Réutilisation des matériaux

Les terrassements en déblai concerneront les formations suivantes :

- des éboulis de quartzite et des quartzites altérés, qui pourront être terrassés à l'aide de pelles mécaniques puissantes ;
- localement des moraines limono-sableuses marron ou ocre, à cailloux et blocs ;
- les quartzites altérées, qui devront très probablement nécessiter l'emploi du minage. Il n'est toutefois pas à exclure que l'utilisation du BRH s'avère plus efficace dans les zones les plus fracturées.

Les éboulis en surface seront classés principalement D₃ et localement C₁B₅ pour les plus fins. Ces matériaux pourront être réutilisés pour les remblais de la digue.

Les déblais de quartzites seront concassés afin d'être réutilisés en remblai pour la digue. Une partie sera concassée et criblée en vue d'obtenir les matériaux pour la réalisation de la bêche d'assise (*granulométrie recherchée : 40-150 mm*), les matériaux drainants pour le drainage de l'ouvrage (*granulométrie recherchée : 20-80 mm*), et les matériaux de confinement (*granulométrie recherchée : 0-150 mm avec moins de 5% de fines*).

7.4. Géométrie du projet

Pour les déblais extérieurs à la cuvette, on limitera les pentes à :

- 66 % (33,7°) au sein des terrains moraines, en extrémité Ouest des déblais prévus
- 70 % (35,0°) au sein des quartzites altérées

A l'intérieur de la cuvette, les déblais et les remblais seront pentés, au maximum, à :

- 40 % (21,8°)

Pour les remblais extérieurs à la cuvette, on limitera les pentes à :

- 50 % (26,6°)

7.5. Assise des remblais

Une bêche d'assise sera prévue au pied des remblais, afin d'assurer une assise homogène au sein des quartzites. Elle présentera les dimensions courantes suivantes :

- épaisseur 1,0 m
- largeur 3,0 m

Le bêche d'assise sera réalisée en matériaux concassés et criblés issus des déblais de quartzites et équipée d'un drain renforcé de diamètre 160 mm.

7.6. Mise en œuvre des remblais

A la base des remblais, il sera mis en œuvre un tapis drainant d'épaisseur 40 cm, constitué de graves concassées de granulométrie 20-100 mm ou équivalent.

Les remblais seront constitués de :

- matériaux issus des éboulis et quartzites altérés, classés D₃ à C₁B₅ ;
- matériaux issus des déblais de quartzites, concassés afin d'obtenir une granulométrie 0-200 mm ou équivalent ;
- matériaux d'origine morainique, en faible proportion. Ces matériaux seront utilisés préférentiellement au sommet des remblais.

Ces matériaux seront mis en œuvre par couche élémentaire de 0,40 m et compactés selon les recommandations du GTR, en fonction du matériel utilisé.

Des essais à la plaque seront réalisés au fur et à mesure de la montée des remblais. Les objectifs de compactage seront les suivants :

$$EV2 > 50 \text{ MPa} \quad \text{et} \quad EV2/EV1 < 2.$$

7.7. Dispositif d'étanchéité et de drainage

7.7.1. Fond de la retenue

En fond de retenue, le Dispositif d'Etanchéité et de Drainage par Géosynthétiques (DEDG) aura la structure suivante :

- Un tapis drainant d'épaisseur 40 cm (*matériaux de granulométrie 20-80 mm ou équivalent*) associé à une tranchée équipée d'un drain de diamètre 200 mm,
- Une couche de réglage d'épaisseur 5 à 10 cm (*matériaux de granulométrie 5-30 mm ou équivalent*),
- Un géotextile anti-poinçonnant ($m > 1200 \text{ g/m}^2$),
- La géomembrane.

7.7.2. Flancs de la retenue

Compte-tenu de l'agressivité des talus terrassés (*terrains rocheux*), le Dispositif d'Etanchéité et de Drainage par Géosynthétiques (DEDG) aura la structure suivante :

- Une couche support (*matériaux de granulométrie 5-30 mm ou équivalent*) de 30 cm d'épaisseur,
- Un complexe anti-poinçonnant et drainant (*type geodrain, avec $m > 1200 \text{ g/m}^2$*),
- La géomembrane.
- Un géocomposite anti-poinçonnant et d'accroche ($m > 1200 \text{ g/m}^2$), qui devra être dimensionné par le fournisseur vis-à-vis des efforts de traction.

En cas de venues d'eau sur les talus de la cuvette, il sera mis en œuvre des éperons drainants à connecter au drain de fond.

7.7.3. Confinement

Le confinement du DEG sera constitué de graves concassées de granulométrie 0-150 mm avec une teneur en fines inférieure à 5 %. Des essais en laboratoire pourront être demandés en phase chantier afin de vérifier cette dernière condition avant mise en œuvre du confinement.

Dans la zone de batillage, le confinement sera constitué de matériaux plus grossier, de granulométrie 40-200 mm ou équivalent.

8 - CONCLUSIONS

Les reconnaissances effectuées sur le site du projet d'extension de la retenue de Forcle ont permis de mettre en évidence la présence de quartzites altérées à faible profondeur sur l'essentiel de l'emprise, et également des moraines et un substratum constitué de cargneules en extrémité Ouest de l'emprise.

D'après les reconnaissances effectuées, le projet est implanté principalement au sein des quartzites, et plus localement, en extrémité Ouest, au sein des cargneules appartenant à la Nappe des gypses. Aussi, il est recommandé d'adapter l'implantation du projet afin de sortir le projet de cette formation. Par ailleurs, les dispositions techniques définies au paragraphe 6 devront être suivies.

Une étude géotechnique de projet (*mission G2 PRO*) devra être réalisée, en vue notamment de :

- préciser la géométrie de la bêche d'assise, en particulier en extrémité Ouest de l'emprise ;
- affiner les calculs de stabilité de l'ouvrage ;
- préciser les préconisations techniques de réalisation.

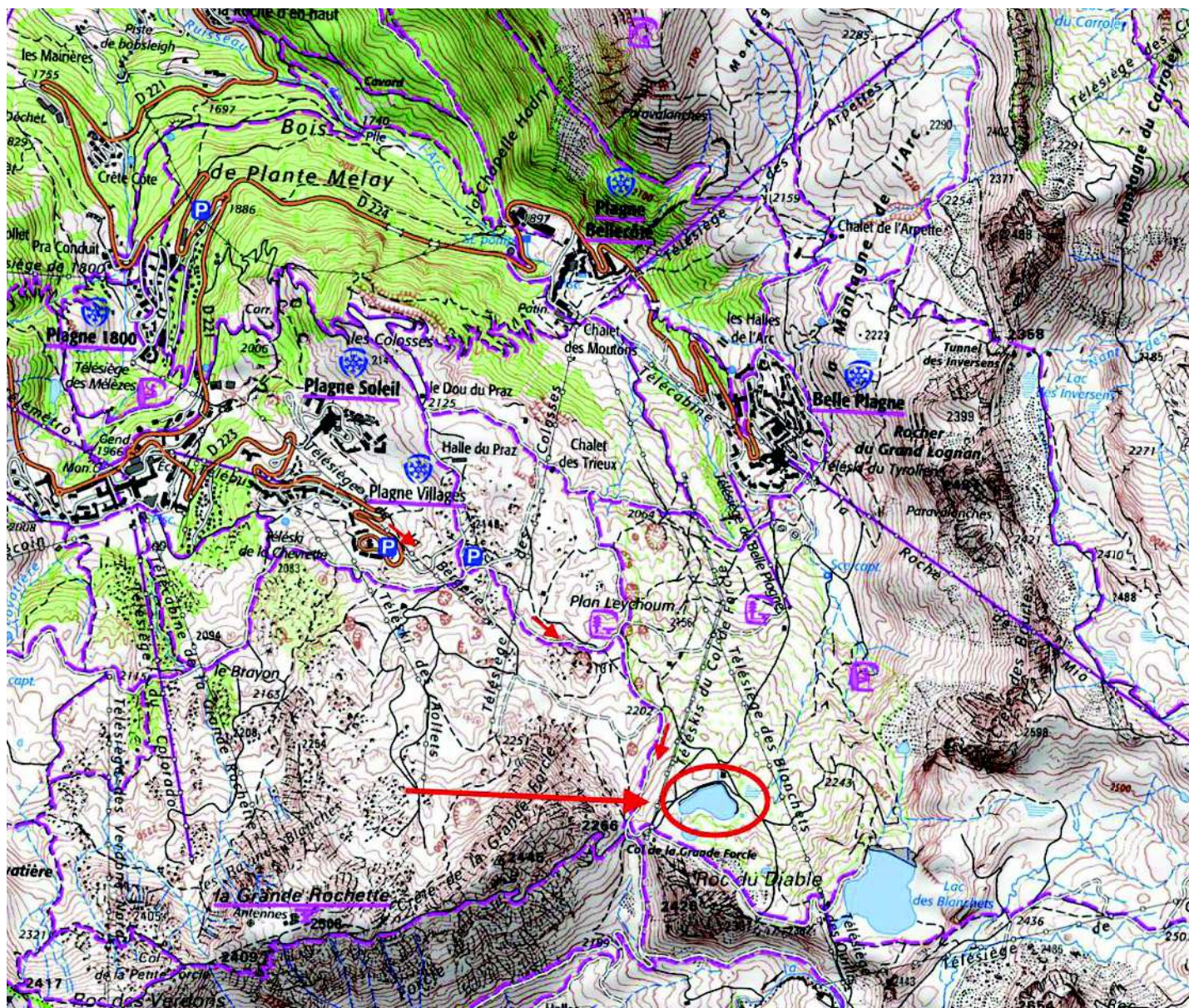
Une mission de supervision géotechnique d'exécution (*mission G4*) devra être réalisée par un géotechnicien afin de :

- contrôler l'assise des remblais et valider les dimensions de la bêche d'assise ;
- contrôler la stabilité des talus de déblais ;
- superviser la mise en œuvre des remblais ;
- contrôler le support de l'étanchéité.

■ ■ ■

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

FIGURES



RP7817

2017

G2 AVP

Projet d'agrandissement de la Retenue de la Forcle
Station de La Plagne

Figure 1




Plan de situation du projet - Carte IGN

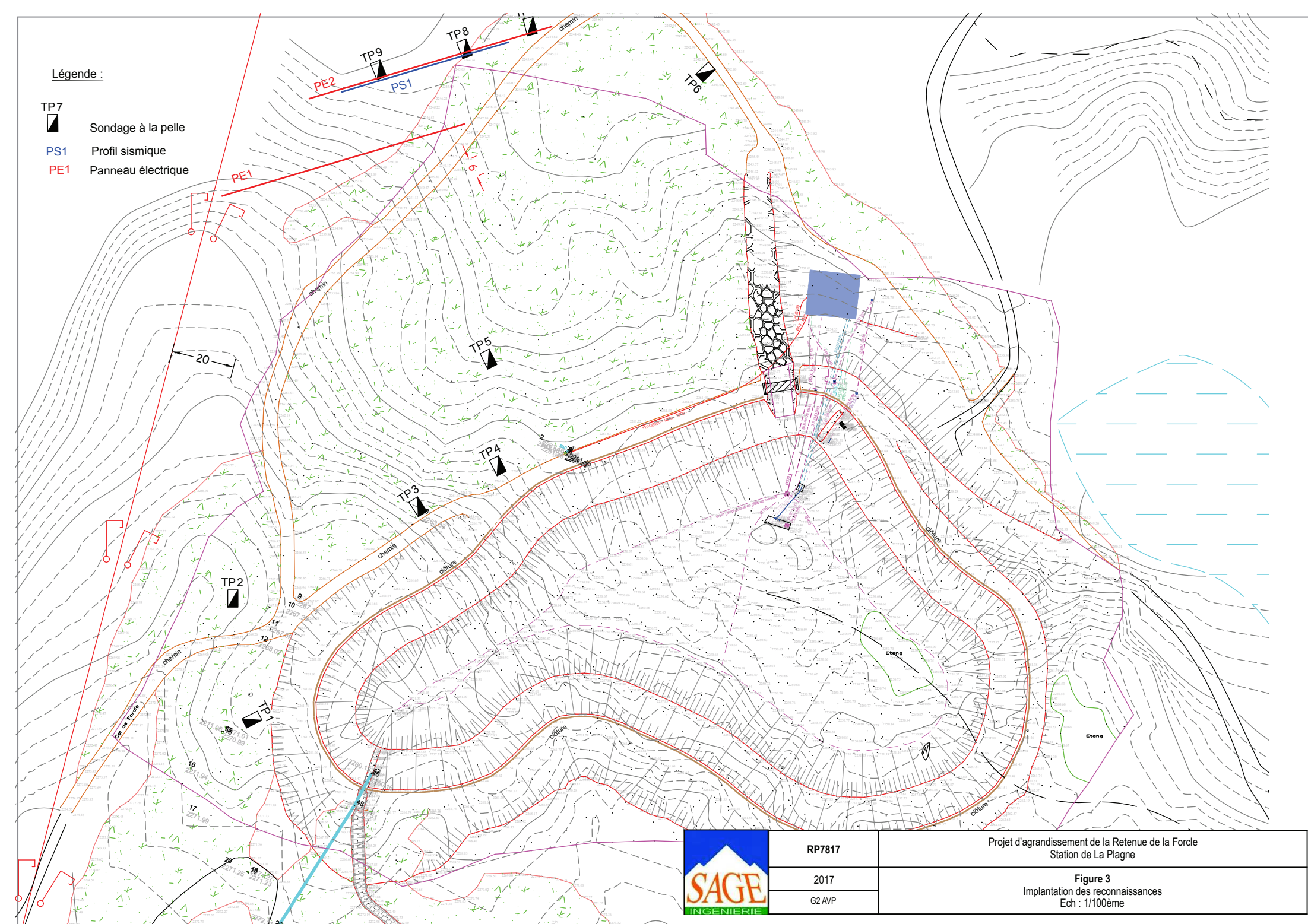


G2 AVP

Figure 2
Carte géologique

Légende :

- TP7
 Sondage à la pelle
- PS1
 Profil sismique
- PE1
 Panneau électrique



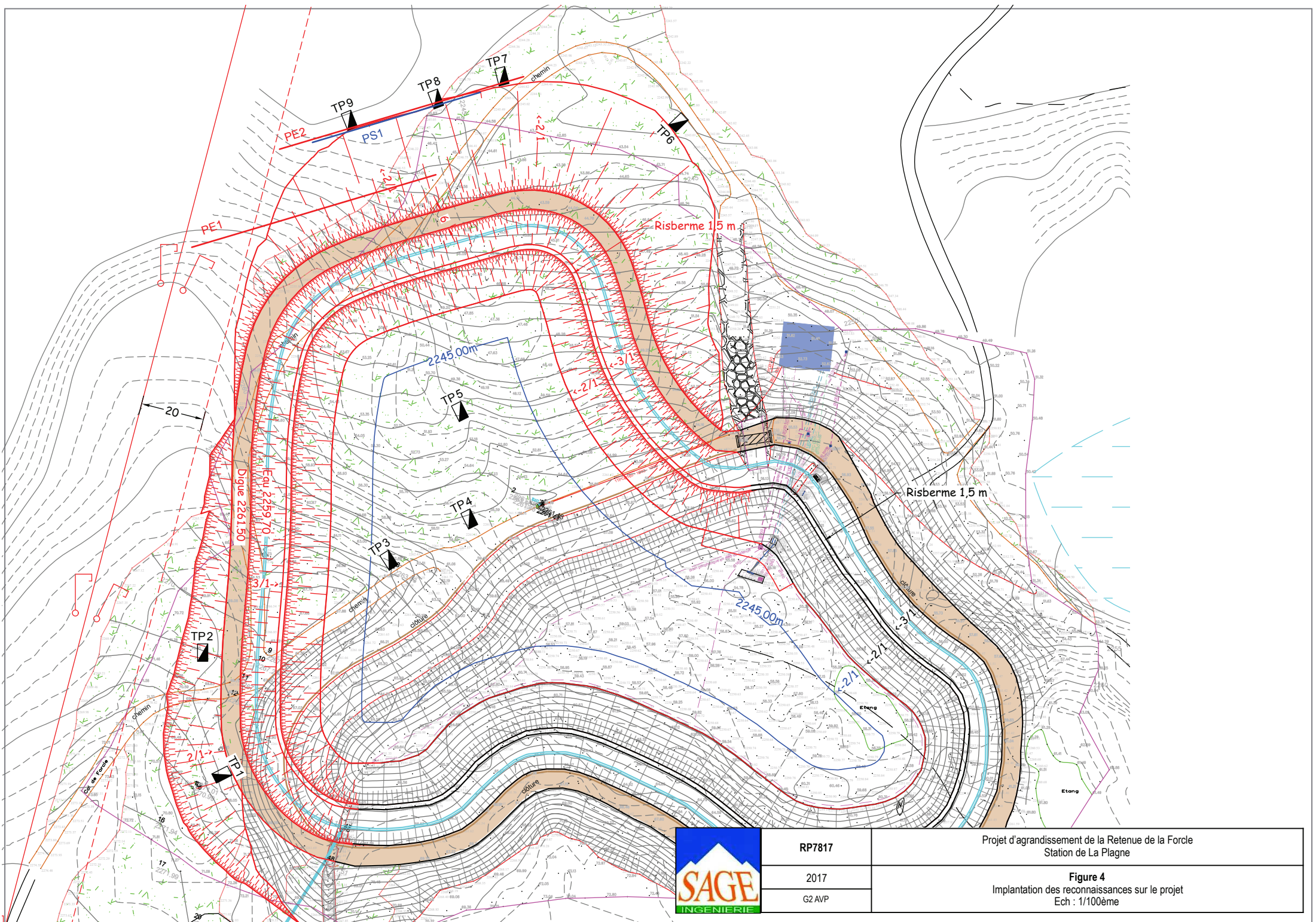
RP7817

2017

G2 AVP

Projet d'agrandissement de la Retenue de la Forcle
Station de La Plagne

Figure 3
Implantation des reconnaissances
Ech : 1/100ème



RP7817

2017

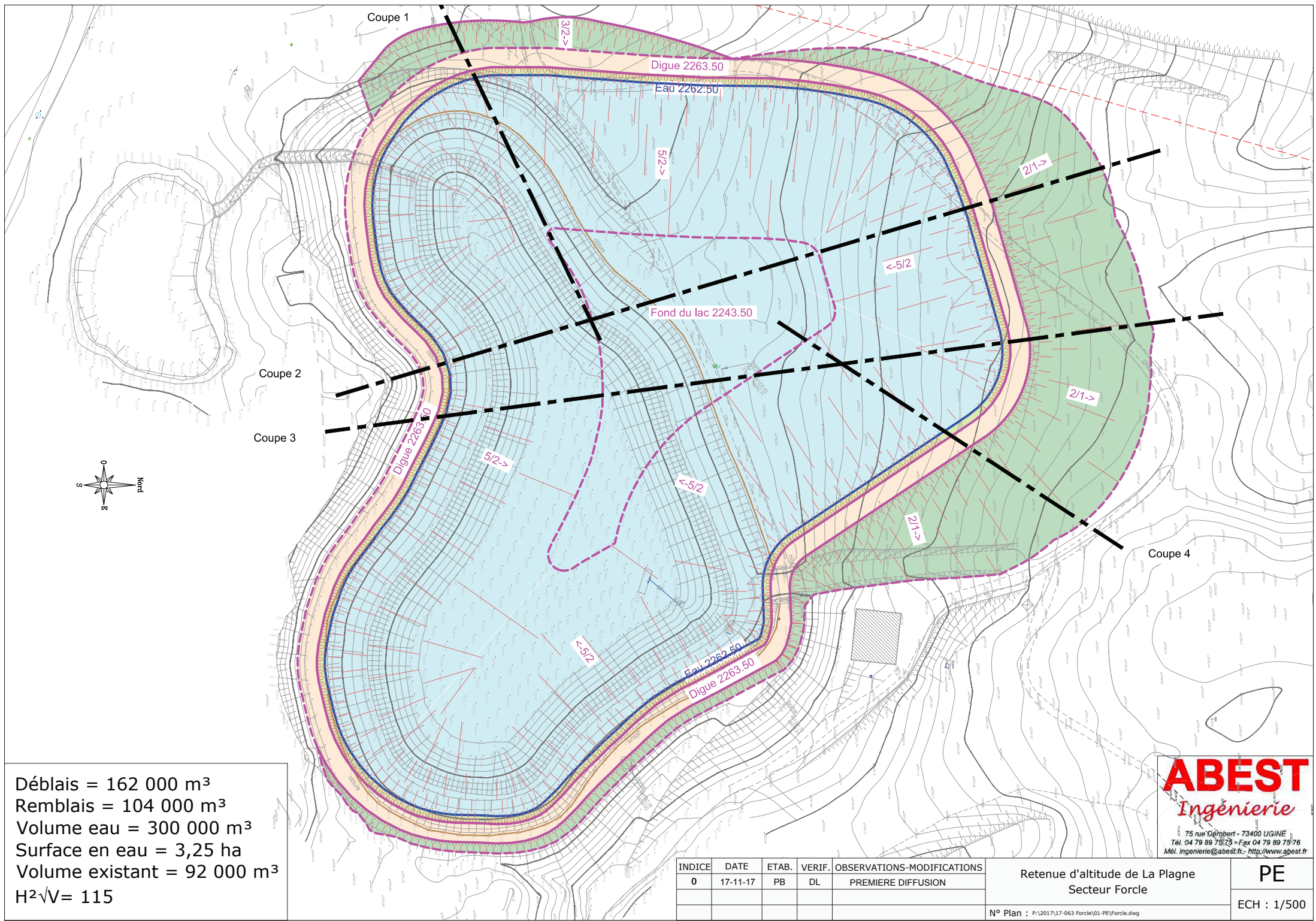
G2 AVP

Projet d'agrandissement de la Retenue de la Forcle
Station de La Plagne

Figure 4
Implantation des reconnaissances sur le projet
Ech : 1/100ème

ANNEXE 1

Plan fourni par ABEST



Déblais = 162 000 m³
Remblais = 104 000 m³
Volume eau = 300 000 m³
Surface en eau = 3,25 ha
Volume existant = 92 000 m³
 $H^2\sqrt{V} = 115$

INDICE	DATE	ETAB.	VERIF.	OBSERVATIONS-MODIFICATIONS
0	17-11-17	PB	DL	PREMIERE DIFFUSION

Retenue d'altitude de La Plagne
Secteur Forcle

PE

N° Plan : P:\2017\17-063 Forcle\01-PE\Forcle.dwg

ECH : 1/500

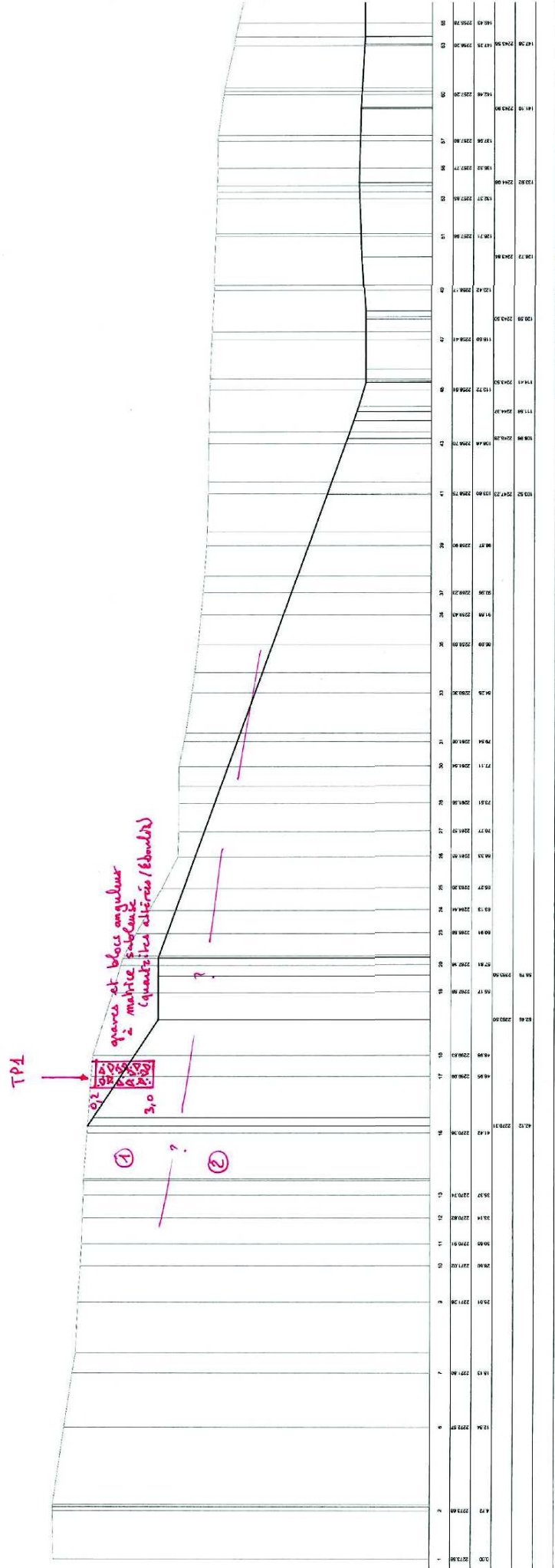
ABEST
Ingénierie

75 rue Diderot - 73400 UGINE
Tél. 04 79 89 75 75 - Fax 04 79 89 75 76
Mél. ingenierie@abest.fr - <http://www.abest.fr>

ANNEXE 2

Coupes géotechniques

- ① quartzites altérés / éboulis
- ② quartzites peu altérés



- ② quantités abstraites / chaudières
- ③ quantités pour abstraites
- ④ aréaires
- ⑤ conques

Quantité de chaudières
quantités de chaudières

TP4

Quantité de chaudières
quantités de chaudières
Quantité de chaudières
quantités de chaudières

TP5

Quantité de chaudières
quantités de chaudières
Quantité de chaudières
quantités de chaudières

TP5

Quantité de chaudières
quantités de chaudières
Quantité de chaudières
quantités de chaudières

②

③

④

⑤

⑥

⑦

⑧

⑨

⑩

⑪

⑫

⑬

⑭

⑮

⑯

⑰

⑱

⑲

⑳

㉑

㉒

㉓

㉔

㉕

㉖

㉗

㉘

㉙

㉚

㉛

㉜

㉝

㉞

㉟

㊱

㊲

㊳

㊴

㊵

㊶

㊷

㊸

㊹

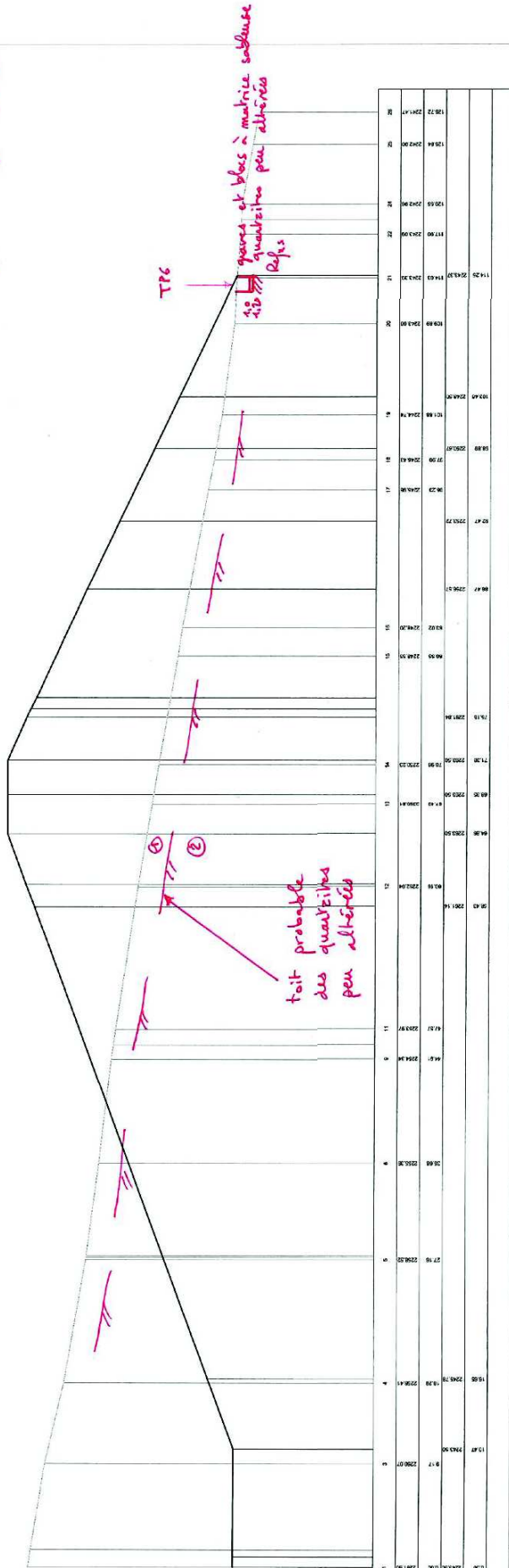
㊺

㊻

㊼

㊽

- ① quantzeites altérés / éboulis
- ② quantzeites peu altérés



Coupe 4

Echelle en X : 1/400
Echelle en Y : 1/200

PC : 2231.00 m

Profil	Altitudes TN	Dist cumulées TN	Altitudes Projet	Dist cumulées PROJET
1	95.1802	0.00	95.1802	0.00
2	95.1802	1.00	95.1802	1.00
3	95.1802	2.00	95.1802	2.00
4	95.1802	3.00	95.1802	3.00
5	95.1802	4.00	95.1802	4.00
6	95.1802	5.00	95.1802	5.00
7	95.1802	6.00	95.1802	6.00
8	95.1802	7.00	95.1802	7.00
9	95.1802	8.00	95.1802	8.00
10	95.1802	9.00	95.1802	9.00
11	95.1802	10.00	95.1802	10.00
12	95.1802	11.00	95.1802	11.00
13	95.1802	12.00	95.1802	12.00
14	95.1802	13.00	95.1802	13.00
15	95.1802	14.00	95.1802	14.00
16	95.1802	15.00	95.1802	15.00
17	95.1802	16.00	95.1802	16.00
18	95.1802	17.00	95.1802	17.00
19	95.1802	18.00	95.1802	18.00
20	95.1802	19.00	95.1802	19.00
21	95.1802	20.00	95.1802	20.00
22	95.1802	21.00	95.1802	21.00
23	95.1802	22.00	95.1802	22.00
24	95.1802	23.00	95.1802	23.00
25	95.1802	24.00	95.1802	24.00
26	95.1802	25.00	95.1802	25.00
27	95.1802	26.00	95.1802	26.00
28	95.1802	27.00	95.1802	27.00
29	95.1802	28.00	95.1802	28.00
30	95.1802	29.00	95.1802	29.00
31	95.1802	30.00	95.1802	30.00
32	95.1802	31.00	95.1802	31.00
33	95.1802	32.00	95.1802	32.00
34	95.1802	33.00	95.1802	33.00
35	95.1802	34.00	95.1802	34.00
36	95.1802	35.00	95.1802	35.00
37	95.1802	36.00	95.1802	36.00
38	95.1802	37.00	95.1802	37.00
39	95.1802	38.00	95.1802	38.00
40	95.1802	39.00	95.1802	39.00
41	95.1802	40.00	95.1802	40.00
42	95.1802	41.00	95.1802	41.00
43	95.1802	42.00	95.1802	42.00
44	95.1802	43.00	95.1802	43.00
45	95.1802	44.00	95.1802	44.00
46	95.1802	45.00	95.1802	45.00
47	95.1802	46.00	95.1802	46.00
48	95.1802	47.00	95.1802	47.00
49	95.1802	48.00	95.1802	48.00
50	95.1802	49.00	95.1802	49.00
51	95.1802	50.00	95.1802	50.00
52	95.1802	51.00	95.1802	51.00
53	95.1802	52.00	95.1802	52.00
54	95.1802	53.00	95.1802	53.00
55	95.1802	54.00	95.1802	54.00
56	95.1802	55.00	95.1802	55.00
57	95.1802	56.00	95.1802	56.00
58	95.1802	57.00	95.1802	57.00
59	95.1802	58.00	95.1802	58.00
60	95.1802	59.00	95.1802	59.00
61	95.1802	60.00	95.1802	60.00
62	95.1802	61.00	95.1802	61.00
63	95.1802	62.00	95.1802	62.00
64	95.1802	63.00	95.1802	63.00
65	95.1802	64.00	95.1802	64.00
66	95.1802	65.00	95.1802	65.00
67	95.1802	66.00	95.1802	66.00
68	95.1802	67.00	95.1802	67.00
69	95.1802	68.00	95.1802	68.00
70	95.1802	69.00	95.1802	69.00
71	95.1802	70.00	95.1802	70.00
72	95.1802	71.00	95.1802	71.00
73	95.1802	72.00	95.1802	72.00
74	95.1802	73.00	95.1802	73.00
75	95.1802	74.00	95.1802	74.00
76	95.1802	75.00	95.1802	75.00
77	95.1802	76.00	95.1802	76.00
78	95.1802	77.00	95.1802	77.00
79	95.1802	78.00	95.1802	78.00
80	95.1802	79.00	95.1802	79.00
81	95.1802	80.00	95.1802	80.00
82	95.1802	81.00	95.1802	81.00
83	95.1802	82.00	95.1802	82.00
84	95.1802	83.00	95.1802	83.00
85	95.1802	84.00	95.1802	84.00
86	95.1802	85.00	95.1802	85.00
87	95.1802	86.00	95.1802	86.00
88	95.1802	87.00	95.1802	87.00
89	95.1802	88.00	95.1802	88.00
90	95.1802	89.00	95.1802	89.00
91	95.1802	90.00	95.1802	90.00
92	95.1802	91.00	95.1802	91.00
93	95.1802	92.00	95.1802	92.00
94	95.1802	93.00	95.1802	93.00
95	95.1802	94.00	95.1802	94.00
96	95.1802	95.00	95.1802	95.00
97	95.1802	96.00	95.1802	96.00
98	95.1802	97.00	95.1802	97.00
99	95.1802	98.00	95.1802	98.00
100	95.1802	99.00	95.1802	99.00
101	95.1802	100.00	95.1802	100.00
102	95.1802	101.00	95.1802	101.00
103	95.1802	102.00	95.1802	102.00
104	95.1802	103.00	95.1802	103.00
105	95.1802	104.00	95.1802	104.00
106	95.1802	105.00	95.1802	105.00
107	95.1802	106.00	95.1802	106.00
108	95.1802	107.00	95.1802	107.00
109	95.1802	108.00	95.1802	108.00
110	95.1802	109.00	95.1802	109.00
111	95.1802	110.00	95.1802	110.00
112	95.1802	111.00	95.1802	111.00
113	95.1802	112.00	95.1802	112.00
114	95.1802	113.00	95.1802	113.00
115	95.1802	114.00	95.1802	114.00
116	95.1802	115.00	95.1802	115.00
117	95.1802	116.00	95.1802	116.00
118	95.1802	117.00	95.1802	117.00
119	95.1802	118.00	95.1802	118.00
120	95.1802	119.00	95.1802	119.00
121	95.1802	120.00	95.1802	120.00
122	95.1802	121.00	95.1802	121.00
123	95.1802	122.00	95.1802	122.00
124	95.1802	123.00	95.1802	123.00
125	95.1802	124.00	95.1802	124.00
126	95.1802	125.00	95.1802	125.00
127	95.1802	126.00	95.1802	126.00
128	95.1802	127.00	95.1802	127.00
129	95.1802	128.00	95.1802	128.00
130	95.1802	129.00	95.1802	129.00
131	95.1802	130.00	95.1802	130.00
132	95.1802	131.00	95.1802	131.00
133	95.1802	132.00	95.1802	132.00
134	95.1802	133.00	95.1802	133.00
135	95.1802	134.00	95.1802	134.00
136	95.1802	135.00	95.1802	135.00
137	95.1802	136.00	95.1802	136.00
138	95.1802	137.00	95.1802	137.00
139	95.1802	138.00	95.1802	138.00
140	95.1802	139.00	95.1802	139.00
141	95.1802	140.00	95.1802	140.00
142	95.1802	141.00	95.1802	141.00
143	95.1802	142.00	95.1802	142.00
144	95.1802	143.00	95.1802	143.00
145	95.1802	144.00	95.1802	144.00
146	95.1802	145.00	95.1802	145.00
147	95.1802	146.00	95.1802	146.00
148	95.1802	147.00	95.1802	147.00
149	95.1802	148.00	95.1802	148.00
150	95.1802	149.00	95.1802	149.00
151	95.1802	150.00	95.1802	150.00
152	95.1802	151.00	95.1802	151.00
153	95.1802	152.00	95.1802	152.00
154	95.1802	153.00	95.1802	153.00
155	95.1802	154.00	95.1802	154.00
156	95.1802	155.00	95.1802	155.00
157	95.1802	156.00	95.1802	156.00
158	95.1802	157.00	95.1802	157.00
159	95.1802	158.00	95.1802	158.00
160	95.1802	159.00	95.1802	159.00
161	95.1802	160.00	95.1802	160.00
162	95.1802	161.00	95.1802	161.00
163	95.1802	162.00	95.1802	162.00
164	95.1802	163.00	95.1802	163.00
165	95.1802	164.00	95.1802	164.00
166	95.1802	165.00	95.1802	165.00
167	95.1802	166.00	95.1802	166.00
168	95.1802	167.00	95.1802	167.00
169	95.1802	168.00	95.1802	168.00
170	95.1802	169.00	95.1802	169.00
171	95.1802	170.00	95.1802	170.00
172	95.1802	171.00	95.1802	171.00
173	95.1802	172.00	95.1802	172.00
174	95.1802	173.00	95.1802	173.00
175	95.1802	174.00	95.1802	174.00
176	95.1802	175.00	95.1802	175.00
177	95.1802	176.00	95.1802	176.00
178	95.1802	177.00	95.1802	177.00
179	95.1802	178.00	95.1802	178.00
180	95.1802	179.00	95.1802	179.00
181	95.1802	180.00	95.1802	180.00
182	95.1802	181.00	95.1802	181.00
183	95.1802	182.00	95.1802	182.00
184	95.1802	183.00	95.1802	183.00
185	95.1802	184.00	95.1802	184.00
186	95.1802	185.00	95.1802	185.00
187	95.1802	186.00	95.1802	186.00
188	95.1802	187.00	95.1802	187.00
189	95.1802	188.00	95.1802	188.00
190	95.1802	189.00	95.1802	189.00
191	95.1802	190.00	95.1802	190.00
192	95.1802	191.00	95.1802	191.00
193	95.1802	192.00	95.1802	192.00
194	95.1802	193.00	95.1802	193.00
195	95.1802	194.00	95.1802	194.00
196	95.1802	195.00	95.1802	195.00
197	95.1802	196.00	95.1802	196.00
198	95.1802	197.00	95.1802	197.00
199	95.1802	198.00	95.1802	198.00
200	95.1802	199.00	95.1802	199.00
201	95.1802	200.00	95.1802	200.00
202	95.1802	201.00	95.1802	201.00
203	95.1802	202.00	95.1802	202.00

ANNEXE 3

Résultats des sondages
à la pelle

SONDAGE A LA PELLE MECANIQUE - TP1

Date : 16 septembre 2017

Profondeur [m]	Lithologie	Description des terrains
0,0		Terre végétale limoneuse noire à nombreux cailloux
0,2		Graves et blocs anguleux à matrice sableuse grise : <ul style="list-style-type: none">• $\phi_{\max} = 500 \text{ mm}$• environ 25 % de blocs > 50 mm Formation compacte
3,0		Arrêt pour cause d'effondrement du haut des parois du puit
Aucune venue d'eau Tenue des parois : moyenne à médiocre (absence de cohésion) Sondage réalisé à la pelle mécanique		
Chantier : Projet d'extension de la Retenue de Forcle Station de La Plagne (73) Sondage : TP1		

SONDAGE A LA PELLE MECANIQUE - TP2

Date : 16 septembre 2017

Profondeur [m]	Lithologie	Description des terrains
0,0		Terre végétale limoneuse marron
0,2		Moraines sablo-limoneuses grises / marron à cailloux et quelques blocs : <ul style="list-style-type: none"> • $\phi_{\max} = 200 \text{ mm}$ • environ 5 % de blocs > 50 mm Formation compacte
1,9		Graves et blocs anguleux à matrice sableuse grise (quartzites altérées) : <ul style="list-style-type: none"> • $\phi_{\max} = 600 \text{ mm}$ • environ 25 % de blocs > 50 mm Formation compacte à très compacte
2,8		Arrêt au sein des quartzites altérées très compactes
Aucune venue d'eau Tenue des parois : bonne Sondage réalisé à la pelle mécanique		
Chantier : Projet d'extension de la Retenue de Forcle Station de La Plagne (73) Sondage : TP2		

SONDAGE A LA PELLE MECANIQUE - TP3

Date : 16 septembre 2017

Profondeur [m]	Lithologie	Description des terrains
0,0		Terre végétale limoneuse brune à cailloux
0,1		Graves et blocs anguleux à matrice sableuse grise (quartzites altérées) : <ul style="list-style-type: none">• $\phi_{\max} = 600 \text{ mm}$• environ 25 % de blocs > 50 mm Formation compacte Prélèvement d'un échantillon à -2,0 m/TN
3,0		Arrêt au sein des quartzites altérées compactes
Aucune venue d'eau Tenue des parois : assez mauvaise (absence de cohésion) Sondage réalisé à la pelle mécanique		
Chantier : Projet d'extension de la Retenue de Forcle Station de La Plagne (73) Sondage : TP3		

SONDAGE A LA PELLE MECANIQUE - TP4

Date : 16 septembre 2017

Profondeur [m]	Lithologie	Description des terrains
0,0		Terre végétale limoneuse brune à cailloux
0,2		Graves et blocs anguleux à matrice sablo-limoneuse grise (quartzites altérées) : <ul style="list-style-type: none">• $\phi_{\max} = 700 \text{ mm}$• environ 30 % de blocs > 50 mm Formation compacte Prélèvement d'un échantillon à -2,8 m/TN
3,0		Arrêt au sein des quartzites altérées compactes
Aucune venue d'eau Tenue des parois : assez mauvaise (absence de cohésion) Sondage réalisé à la pelle mécanique		
Chantier : Projet d'extension de la Retenue de Forcle Station de La Plagne (73) Sondage : TP4		

SONDAGE A LA PELLE MECANIQUE - TP5

Date : 16 septembre 2017

Profondeur [m]	Lithologie	Description des terrains
0,0		Terre végétale limoneuse brune à cailloux
0,1		Graves et blocs anguleux à matrice sableuse grise (quartzites altérées) : <ul style="list-style-type: none">• $\phi_{\max} = 500 \text{ mm}$• environ 25 % de blocs > 50 mm Formation compacte
2,0		Arrêt pour cause d'effondrement des parois du puit
Aucune venue d'eau Tenue des parois : mauvaise (absence de cohésion) Sondage réalisé à la pelle mécanique		
Chantier : Projet d'extension de la Retenue de Forcle Station de La Plagne (73) Sondage : TP5		

SONDAGE A LA PELLE MECANIQUE - TP6

Date : 16 septembre 2017

Profondeur [m]	Lithologie	Description des terrains
0,0		Terre végétale limoneuse brune à cailloux
0,1		Graves et blocs anguleux à matrice sableuse grise / beige (quartzites altérées) : <ul style="list-style-type: none">• $\phi_{\max} = 400 \text{ mm}$• environ 20 % de blocs > 50 mm Formation compacte
1,0		Quartzites fracturées et moyennement altérées Formation très compacte
1,2		Refus mécanique sur les quartzites très compactes
Aucune venue d'eau Tenue des parois : mauvaise (absence de cohésion) Sondage réalisé à la pelle mécanique		
Chantier : Projet d'extension de la Retenue de Forcle Station de La Plagne (73) Sondage : TP6		

SONDAGE A LA PELLE MECANIQUE - TP7

Date : 16 septembre 2017

Profondeur [m]	Lithologie	Description des terrains
0,0		Terre végétale marron
0,1		Graves et blocs anguleux à matrice sableuse beige / ocre (quartzites altérées) : <ul style="list-style-type: none">• $\phi_{\max} = 200 \text{ mm}$• environ 20 % de blocs > 50 mm Formation compacte
1,0		Quartzites altérées +/- rippables Formation très compacte
1,5		Arrêt au sein des quartzites très compactes
Aucune venue d'eau Tenue des parois : moyenne Sondage réalisé à la pelle mécanique		
Chantier : Projet d'extension de la Retenue de Forcle Station de La Plagne (73) Sondage : TP7		

SONDAGE A LA PELLE MECANIQUE - TP8

Date : 16 septembre 2017

Profondeur [m]	Lithologie	Description des terrains
0,0		Terre végétale marron
0,4		Moraines limono-sableuses ocres à cailloux et blocs : <ul style="list-style-type: none">• $\phi_{\max} = 400$ mm• environ 10 % de blocs > 50 mm Formation peu à moyennement compacte
1,7		Cargneules compactes mais rippables
2,5		Refus mécanique sur cargneules très compactes
Aucune venue d'eau Tenue des parois : bonne Sondage réalisé à la pelle mécanique		
Chantier : Projet d'extension de la Retenue de Forcle Station de La Plagne (73) Sondage : TP8		

SONDAGE A LA PELLE MECANIQUE - TP9

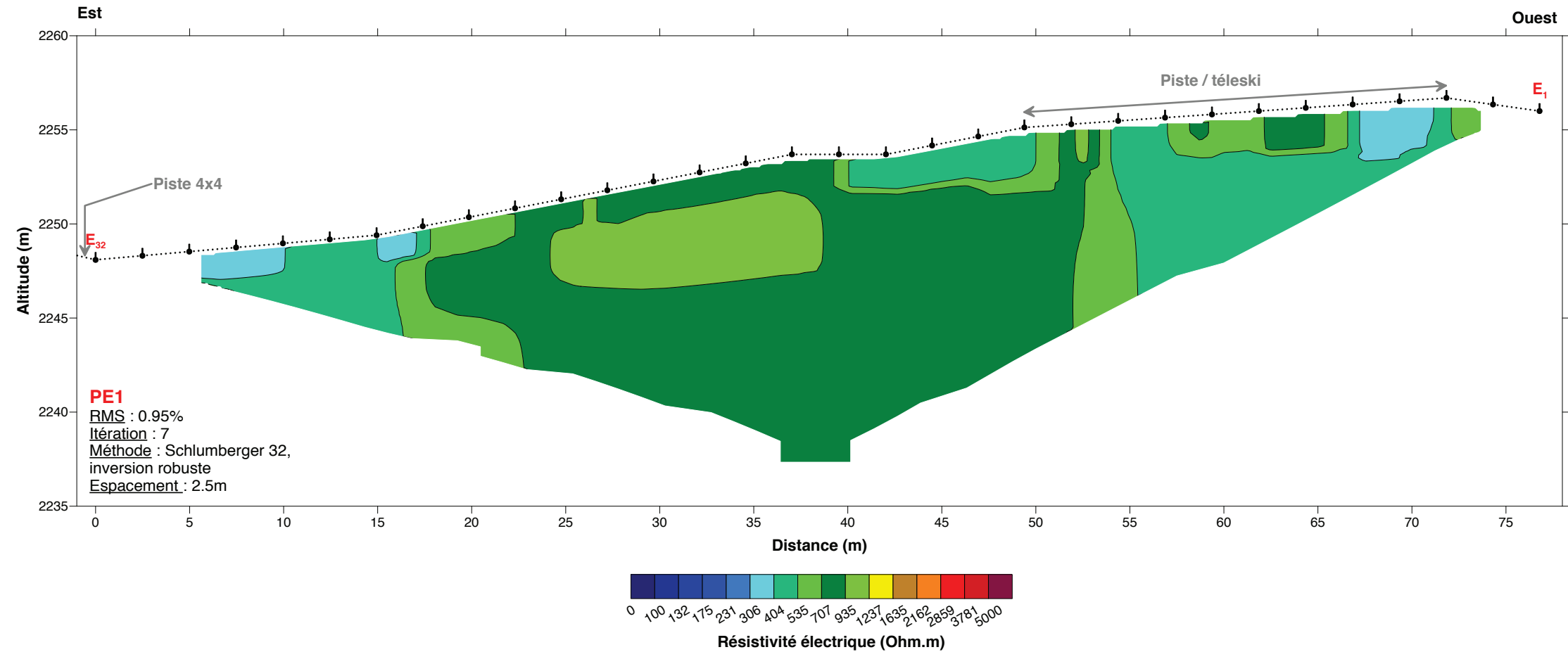
Date : 16 septembre 2017

Profondeur [m]	Lithologie	Description des terrains
0,0		Terre végétale marron
0,4		Moraines limoneuses, légèrement sableuses, ocre à cailloux et blocs : <ul style="list-style-type: none">• $\phi_{\max} = 200 \text{ mm}$• environ 10 % de blocs > 50 mm Formation peu à moyennement compacte
2,2		Cargneules assez compactes et aisément rippables
3,5		Arrêt en limite de pelle – Toit des cargneules très compactes non recoupé
Aucune venue d'eau Tenue des parois : bonne Sondage réalisé à la pelle mécanique		
Chantier : Projet d'extension de la Retenue de Forcle Station de La Plagne (73) Sondage : TP9		

ANNEXE 4

Résultats de la
prospection géophysique

Agrandissement retenue col de la Forcle - La Plagne RP 7817

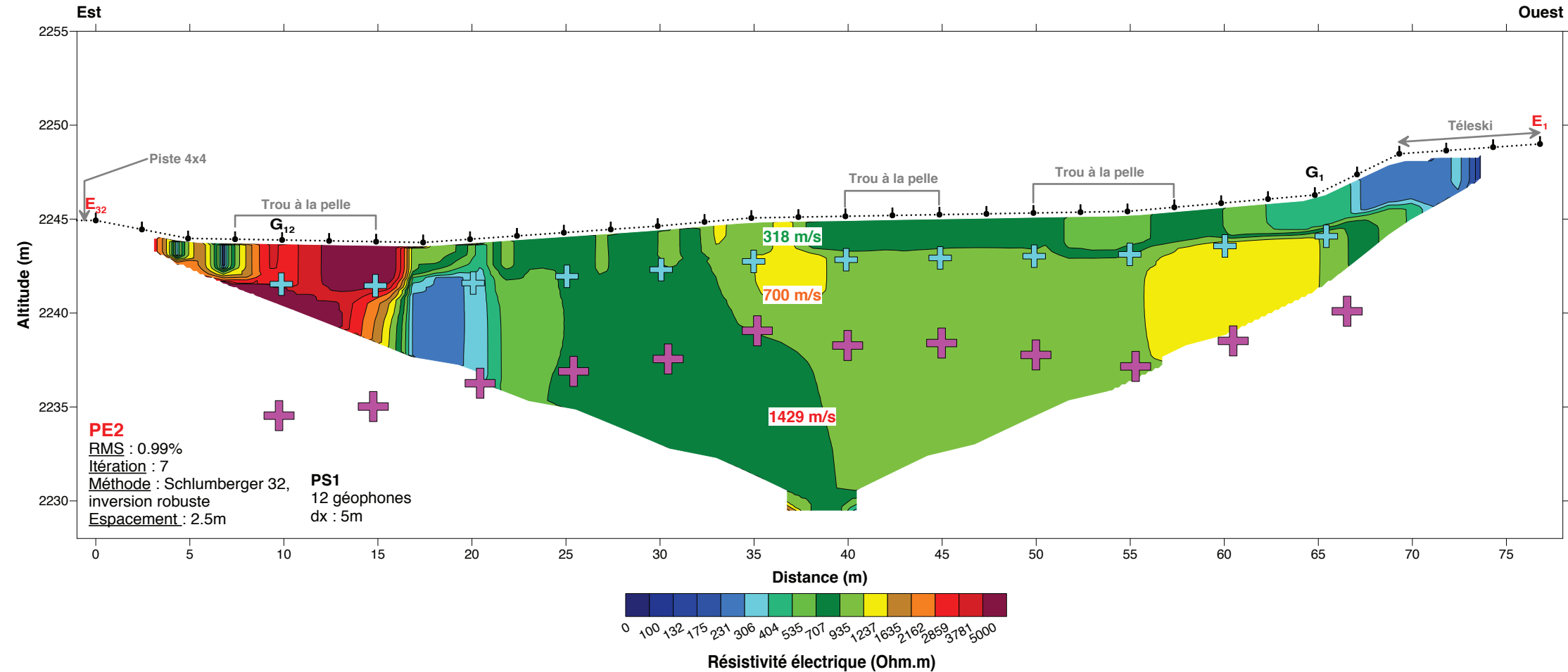


Echelle : 1/200^{ème}



Société Alpine de Géotechnique
Adresse postale : B.P.172 38 610 GIERES
Tél. 04 76 44 75 72 Fax : 04 76 44 20 18
E.mail : sage@sage-ingenierie.com

Agrandissement retenue Col de la Forcle - La Plagne RP 7817



Echelle : 1/200^{ème}



Société Alpine de Géotechnique
Adresse postale : B.P.172 38 610 GIERES
Tél. 04 76 44 75 72 Fax : 04 76 44 20 18
E.mail : sage@sage-ingenierie.com

ANNEXE 5

Résultats des essais en
laboratoire

ESSAIS EN LABORATOIRE - Classification des matériaux (norme NF P 11-300)



SAGE
2 rue de la condamine
38610 GIERES
04 76 44 75 72

Affaire : La Plagne - le Forcle

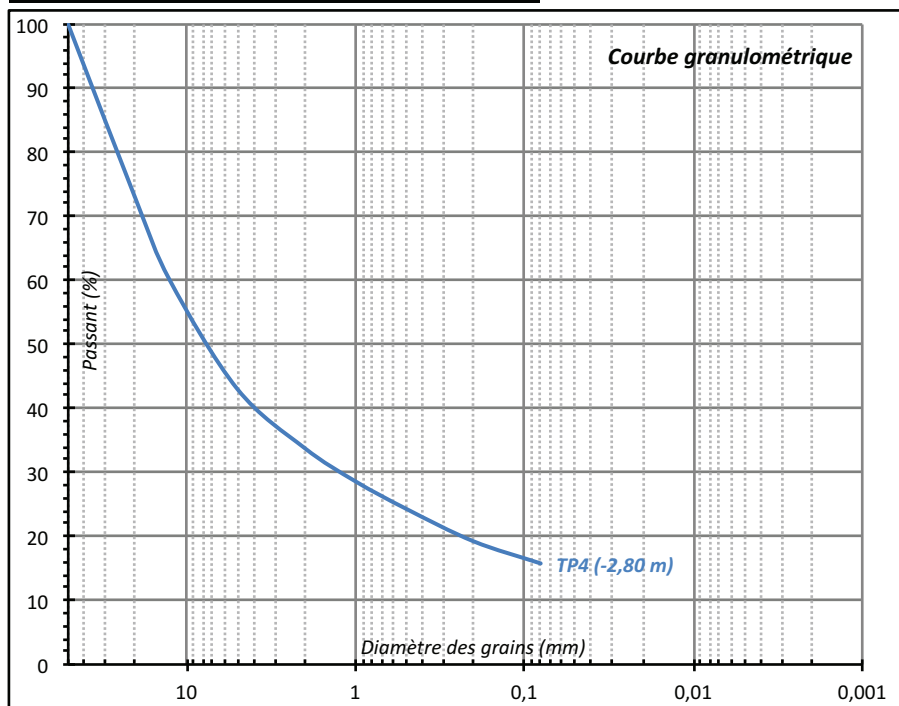
N° RP : 7817

Date : Novembre 2017

Sondage : TP4 **Profondeur (m) :** 2,80

Nature et remarques : Graves sableuses

Analyse granulométrique (norme NF P 94-056) :



Ouverture tamis (mm)	50	20	12,5	5	2	1	0,5	0,2	0,08
Passant (%)	100,0	72,8	60,0	43,1	33,8	28,6	24,3	19,3	15,8

Sur fraction 0/50 mm :

Passant 80 µm (%)	15,8
Passant 2 mm (%)	33,8

Observations de terrain :

Dmax (mm)	700
Estimation visuelle des éléments $\phi > 50$ mm (%)	30

Remarques :

Autres essais réalisés :

Essai	Norme	Paramètre	Valeur
Sur fraction 0/50 mm :			
Teneur en eau naturelle	NF P 94-050	W_{nat} (%)	2,8
Limite de liquidité	NF P 94-051	W_L (%)	/
Indice de plasticité	NF P 94-051	I_p (%)	/
Valeur au bleu	NF P 94-068	VBS	0,04

Classification GTR (norme NF P 11-300)

C1B5

ESSAIS EN LABORATOIRE - Classification des matériaux (norme NF P 11-300)



SAGE

2 rue de la condamine
38610 GIERES
04 76 44 75 72

Affaire : La Plagne - Le forcle

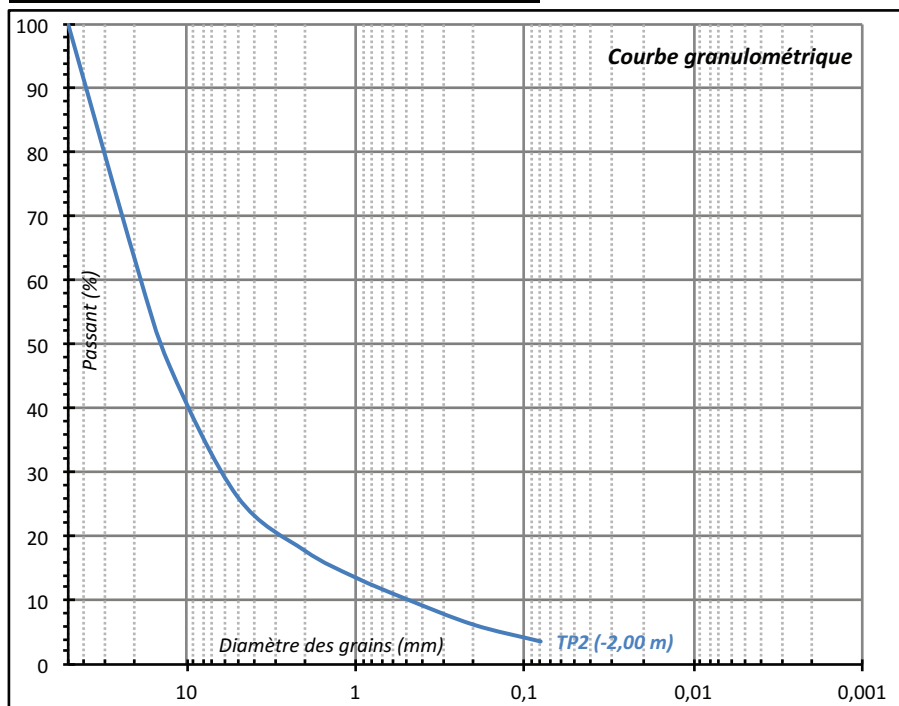
N° RP : 7817

Date : Novembre 2017

Sondage : TP3 **Profondeur (m) :** 2,00

Nature et remarques : Graves sableuses

Analyse granulométrique (norme NF P 94-056) :



Ouverture tamis (mm)	50	20	12,5	5	2	1	0,5	0,2	0,08
Passant (%)	100,0	62,9	46,5	26,3	17,8	13,6	10,2	6,2	3,6

Sur fraction 0/50 mm :

Passant 80 µm (%)	3,6
Passant 2 mm (%)	17,8

Observations de terrain :

Dmax (mm)	600
Estimation visuelle des éléments $\phi > 50$ mm (%)	25

Remarques :

Autres essais réalisés :

Essai	Norme	Paramètre	Valeur
Sur fraction 0/50 mm :			
Teneur en eau naturelle	NF P 94-050	W_{nat} (%)	5,6
Limite de liquidité	NF P 94-051	W_L (%)	/
Indice de plasticité	NF P 94-051	I_p (%)	/
Valeur au bleu	NF P 94-068	VBS	0,03

Classification GTR (norme NF P 11-300)

D3

ANNEXE 6

Résultats des calculs de
stabilité (Coupe 4)

Données du projet

Numéro d'affaire : RP7817

Titre du calcul : Extension Retenue Forcle

Lieu : La Plagne (73)

Commentaires : Coupe 4

Système d'unités : kN, kPa, kN/m3

γ_w : 10.0

Couches de sol

	Nom	Couleur	γ	ϕ	c	Δc	qs clous	pl	KsB	Anisotropie	Favorable	Coefficients de sécurité spécifiques
1	Remblais		20,0	35,00	0,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
2	Terrains superficiels		19,0	33,00	0,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
3	Quartzites		21,0	40,00	10,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
4	Bêche d'assise		20,0	38,00	0,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non

Couches de sol (cont.)

	Nom	Couleur	$\Gamma\gamma$	Γc	$\Gamma\tan(\phi)$	Type de cohésion	Courbe
1	Remblais		-	-	-	Effective	Linéaire
2	Terrains superficiels		-	-	-	Effective	Linéaire
3	Quartzites		-	-	-	Effective	Linéaire
4	Bêche d'assise		-	-	-	Effective	Linéaire

Points

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	0,000	-9,000	2	1,500	-9,000	3	9,000	-10,500	4	16,000	-12,500	5	27,500	-14,500	6	35,500	-15,500
7	41,000	-16,000	8	47,000	-17,000	9	64,500	-19,500	10	75,000	-21,500	11	83,000	-23,000	12	92,500	-24,500
13	103,500	-26,500	14	114,000	-27,500	15	120,500	-28,000	16	129,000	-29,500	17	131,000	-30,000	18	135,500	-31,000
19	142,000	-32,000	20	155,000	-33,000	21	71,000	-7,500	22	64,500	-7,500	23	10,000	-27,500	24	0,000	-27,500
25	114,000	-29,000	26	103,295	-28,316	27	75,000	-23,000	28	64,500	-21,500	29	47,500	-18,500	30	40,500	-17,274
31	35,500	-17,000	32	37,943	-17,134	33	27,000	-16,000	34	16,000	-14,000	35	3,000	-11,000	36	0,000	-10,755
37	110,500	-29,000	39	110,261	-28,761	40	108,474	-26,974	42	115,064	-27,582	43	120,500	-29,500	44	135,500	-32,500
45	142,000	-33,500	46	155,000	-34,500												

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	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8
8	8	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12	13	15	15	16	16	16	17
17	19	18	18	18	17	19	19	20	20	14	21	21	21	22	22	22	7	24	23	24
27	26	27	28	27	28	29	28	29	30	29	30	31	30	32	32	32	7	33	32	23
34	32	31	35	31	33	36	33	34	37	34	35	38	35	36	39	25	37	40	37	39
41	39	25	42	39	26	43	39	40	44	40	13	45	40	14	47	25	42	48	42	14
49	42	15	50	25	43	51	43	44	52	44	45	53	45	46						



Talren v5
v5.2.5

Imprimé le : 28 nov. 2017 17:29:03
Calcul réalisé par : SAGE INGENIERIE
Projet : Extension Retenue Forcle

Données de la situation 1

Nom de la phase : Phase 1

Nom de la situation : ELU Normal d'exploitation

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : CFBR -courant

Détail du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γ_{min}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{ϕ}	1,250	$\Gamma_{c'}$	1,250	Γ_{cu}	1,000
Γ_Q	1,300	$\Gamma_{qsl,clou,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,tirant,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,tirant,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,bande}$	1,000
Γ_{pl}	1,000	$\Gamma_{a,clou}$	1,000	$\Gamma_{a,tirant}$	1,000	$\Gamma_{a,bande}$	1,000	Γ_{buton}	1,000	Γ_{s3}	1,200

Type de surface de rupture : Circulaire manuelle

Origine du quadrillage manuel : X= 98,500; Y= 33,000

Incrément en X / Incrément en Y : X= 5,000; Y= 5,000

Angle du maillage par rapport à : l'horizontale= 0,00; la verticale= 0,00

Nombre de centres en X / en Y : en X= 10; en Y= 10

Incrément sur le rayon : 1,000

Nombre d'incréments sur le rayon : 6

Abscisse émergence limite aval : 114,000

Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : X= 69,000; Y= -7,500

Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Non

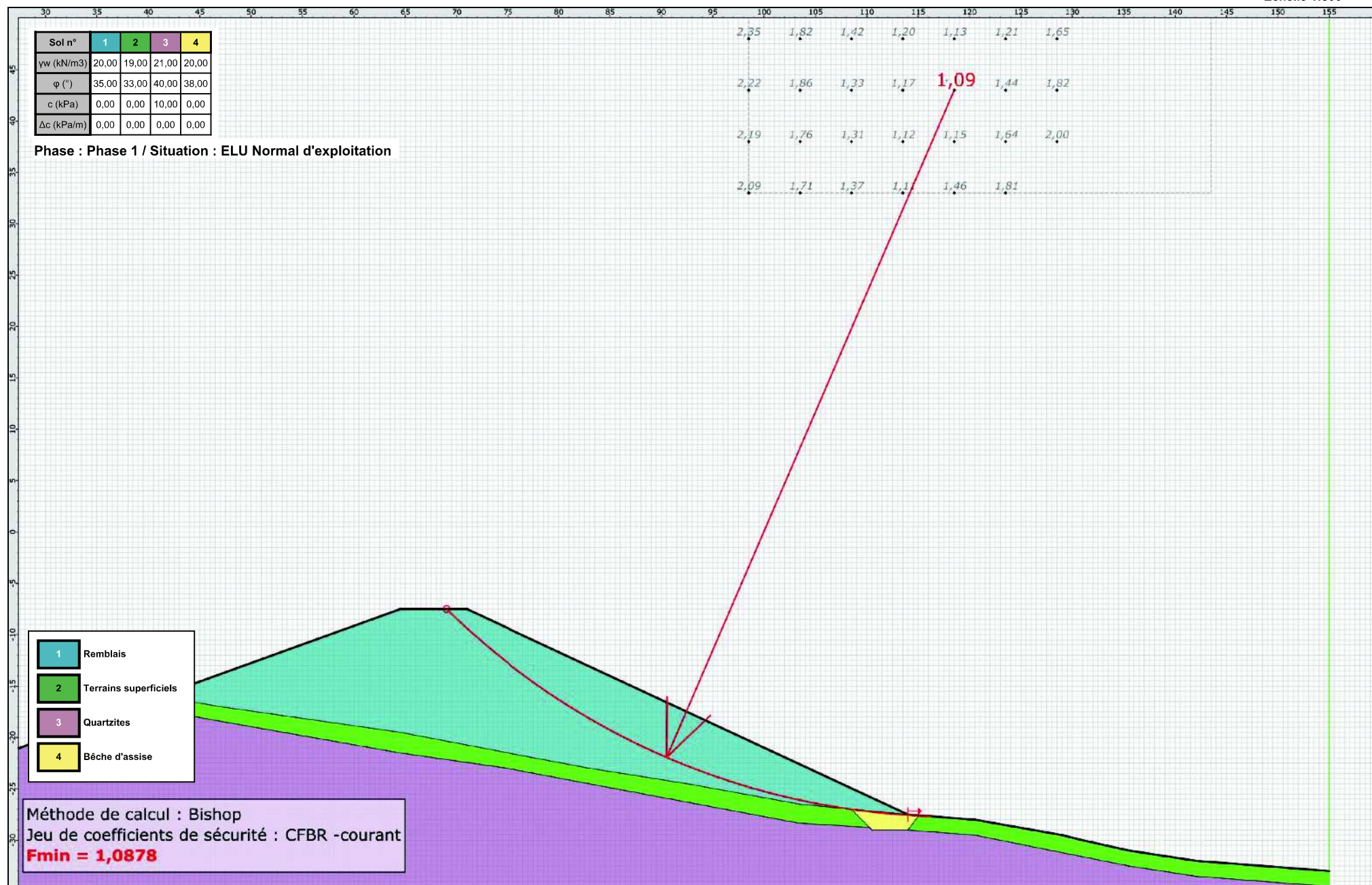
Résultats

Coefficient de sécurité minimal : 1,0878

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : N°= 106; X0= 118,50; Y0= 43,00; R= 70,71

Sol n°	1	2	3	4
γ_w (kN/m ³)	20,00	19,00	21,00	20,00
φ (°)	35,00	33,00	40,00	38,00
c (kPa)	0,00	0,00	10,00	0,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00

Phase : Phase 1 / Situation : ELU Normal d'exploitation



Données de la situation 2

Nom de la phase : Phase 1

Nom de la situation : ELU Accidentel - Séisme pesant

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : CFBR accidentelle

Détail du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γ_{min}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{ϕ}	1,000	$\Gamma_{c'}$	1,000	Γ_{cu}	1,000
Γ_Q	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,tirant,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,tirant,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,bande}$	1,000
Γ_{pl}	1,000	$\Gamma_{a,clou}$	1,000	$\Gamma_{a,tirant}$	1,000	$\Gamma_{a,bande}$	1,000	Γ_{buton}	1,000	Γ_{s3}	1,100

Type de surface de rupture : Circulaire manuelle

Origine du quadrillage manuel : X= 89,500; Y= 11,500

Incrément en X / Incrément en Y : X= 5,000; Y= 5,000

Angle du maillage par rapport à : l'horizontale= 0,00; la verticale= 0,00

Nombre de centres en X / en Y : en X= 12; en Y= 12

Incrément sur le rayon : 1,000

Nombre d'incréments sur le rayon : 6

Abscisse émergence limite aval : 114,000

Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : X= 68,500; Y= -7,500

Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Oui

Coefficient ah/g (accélération horizontale) : 0,067

Coefficient av/g (accélération verticale) : 0,034

Résultats

Coefficient de sécurité minimal : 1,2653

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : N°= 381; X0= 119,50; Y0= 46,50; R= 74,27

Sol n°	1	2	3	4
γ_w (kN/m ³)	20,00	19,00	21,00	20,00
φ (°)	35,00	33,00	40,00	38,00
c (kPa)	0,00	0,00	10,00	0,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00

Phase : Phase 1 / Situation : ELU Accidentel - Séisme pesant

3,55	2,91	2,46	1,96	1,57	1,36	1,27	1,64	2,05
3,42	2,86	2,35	1,86	1,54	1,31	1,32	1,86	2,22
3,35	2,74	2,25	1,80	1,59	1,30	1,66	2,03	
3,31	2,72	2,17	1,79	1,35	1,31	1,88	2,21	
3,27	2,63	2,12	1,79	1,32	1,72	2,06	2,40	
3,17	2,56	2,09	1,70	1,49	1,94	2,26		
3,18	2,52	2,10	1,68	1,82	2,17	2,48		
3,15	2,52	2,08	1,74	2,08	2,40	2,74		

1	Remblais
2	Terrains superficiels
3	Quartzites
4	Bêche d'assise

Méthode de calcul : Bishop
Jeu de coefficients de sécurité : CFBR accidentelle
Fmin = 1,2653

Données de la situation 3

Nom de la phase : Phase 1

Nom de la situation : ELU Accidentel - Séisme allégeant

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : CFBR accidentelle

Détail du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γ_{min}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{ϕ}	1,000	$\Gamma_{c'}$	1,000	Γ_{cu}	1,000
Γ_Q	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,tirant,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,tirant,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,bande}$	1,000
Γ_{pl}	1,000	$\Gamma_{a,clou}$	1,000	$\Gamma_{a,tirant}$	1,000	$\Gamma_{a,bande}$	1,000	Γ_{buton}	1,000	Γ_{s3}	1,100

Type de surface de rupture : Circulaire manuelle

Origine du quadrillage manuel : X= 89,500; Y= 11,500

Incrément en X / Incrément en Y : X= 5,000; Y= 5,000

Angle du maillage par rapport à : l'horizontale= 0,00; la verticale= 0,00

Nombre de centres en X / en Y : en X= 12; en Y= 12

Incrément sur le rayon : 1,000

Nombre d'incréments sur le rayon : 6

Abscisse émergence limite aval : 114,000

Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : X= 68,500; Y= -7,500

Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Oui

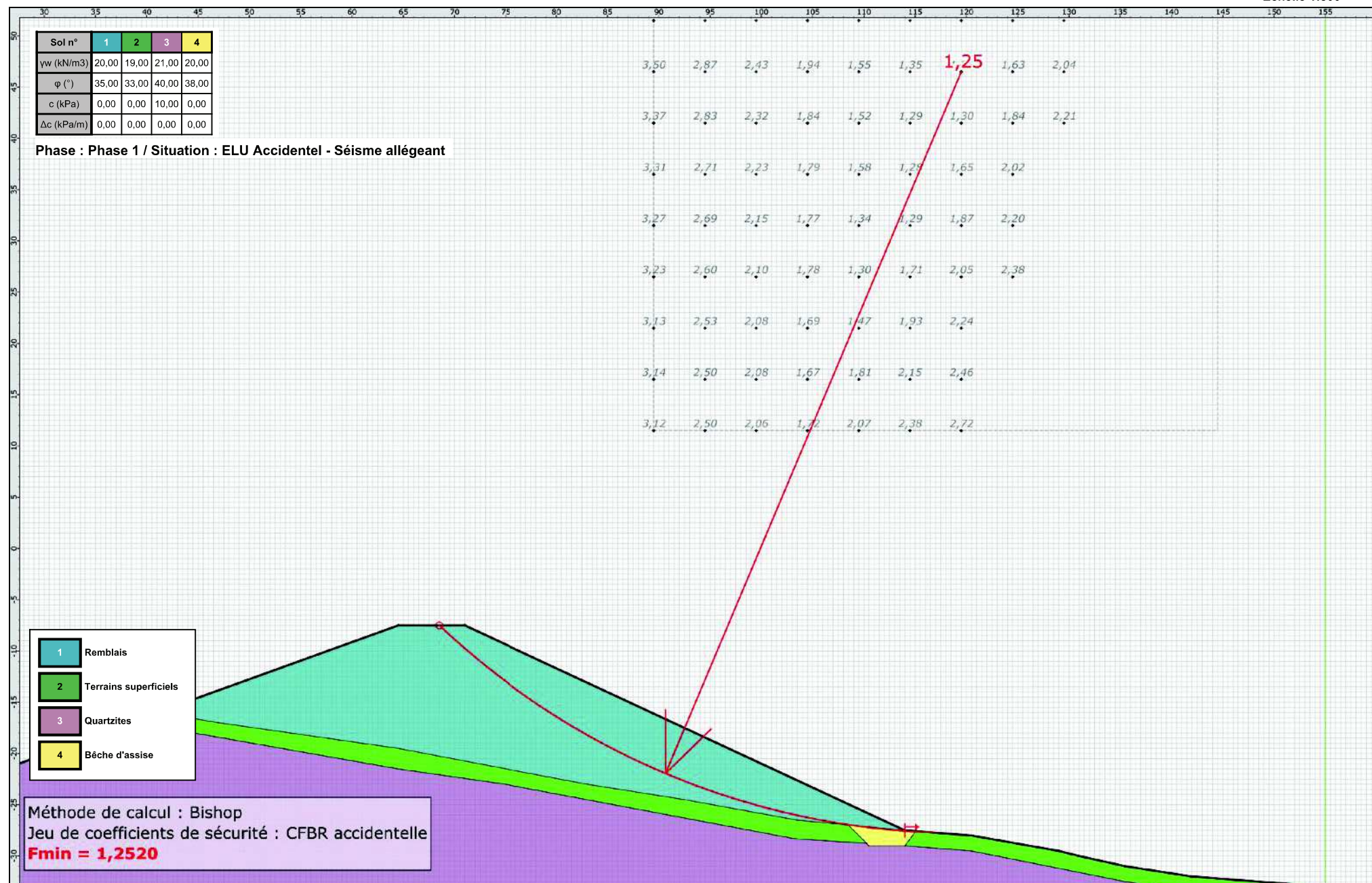
Coefficient ah/g (accélération horizontale) : 0,067

Coefficient av/g (accélération verticale) : -0,034

Résultats

Coefficient de sécurité minimal : 1,2520

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : N°= 381; X0= 119,50; Y0= 46,50; R= 74,27



ANNEXE 7

Classification des missions
d'ingénierie géotechnique
(Norme NFP 94-500)

4.2.4 - Tableaux synthétiques

Tableau 1 – Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

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

Tableau 2 – Classification des missions d'ingénierie géotechnique

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

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

Phase Étude de Site (ES)

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

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.
- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

Phase Avant-projet (AVP)

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

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

Phase Projet (PRO)

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

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

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

- Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

Tableau 2 – Classification des missions d'ingénierie géotechnique**ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées) ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)**

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

Phase Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).