

ESTIMATION DES COÛTS - PHASE 2

Numéro et intitulé du poste		Unité	Quantité	Prix HT unitaire	Montant HT
1	TRAVAUX PRELIMINAIRES				
1.1	INSTALLATION ET REPLIEMENT DE CHANTIER	F	1	35 000.00	35 000.00
1.2	DOCUMENTS D'EXECUTION	F	1	5 000.00	5 000.00
1.3	IMPLANTATION DES OUVRAGES ET PIQUETAGE	F	1	2 500.00	2 500.00
1.4	ACCES AU SITE ET OUVRAGES PROVISOIRES (DERIVATION, POMPAGES, BATARDEAUX, RAMPES PROVISOIRES, ETC.)	F	1	5 000.00	5 000.00
1.5	DOSSIER DE RECOLEMENT	F	1	2 000.00	2 000.00
1.6	TRAVAUX EN REGIE	h	200	50.00	10 000.00
	Total 1 : Travaux préliminaires				59 500.00
2	MISE EN ŒUVRE DES AMENAGEMENTS				
2.1	DECAPAGE DE LA TERRE VEGETALE ET RENAPPAGE	m ²	1 500	5.00	7 500.00
2.2	FOURNITURE ET POSE D'UN CANAVEAU BETON ET PLATELAGE BOIS	m	160	350.00	56 000.00
2.3	DEMONTAGE ET EVACUATION DE CANALISATION	ml	400	30.00	12 000.00
2.4	TERRASSEMENT EN DEBLAI ET REPROFILAGE DU NOUVEAU LIT DU RETORT	m ³	10 000	10.00	100 000.00
2.5	REPROFILAGE DE LA PISTE DE LOGNAN EN REMBLAI	m ³	8 000	10.00	80 000.00
2.6	EVACUATION DES EXCEDENTS DE MATERIAUX	m ³	2 000	30.00	60 000.00
2.7	REPRISE DES EXUTOIRES EP	U	4	500.00	2 000.00
2.8	CREATION DE PISTE (largeur 4.00m)	m	500	120.00	60 000.00
2.9	CREATION DE SENTIER PIETON (largeur 2.00m)	m	500	50.00	25 000.00
2.10	FOURNITURE ET POSE DE CHEMINEMENTS BOIS SUR PILOTIS (largeur 2.20m)	m	140	550.00	77 000.00
2.11	FOURNITURE ET POSE DE PONTONS BOIS SUR PILOTIS	m ²	250	400.00	100 000.00
2.12	FOURNITURE ET POSE D'OUVRAGES DE FRANCHISSEMENT BOIS SUR FONDATION BETON (4mx6m)	U	1	35 000.00	35 000.00
2.13	FOURNITURE DE GRAINES ET ENSEMENCEMENT (piste de Lognan)	m ²	4 000	1.00	4 000.00
	Total 2 : Mise en œuvre des aménagements				618 500.00
RECAPITULATIF					
	1 - Travaux préliminaires				59 500.00
	2 - Mise en œuvre des aménagements				618 500.00
Total H.T. :	Restauration du complexe milieux humides et ruisseau du Retort sur le secteur du Val Claret PHASE 2				678 000.00
	TVA 20,0 %				135 600.00
Total T.T.C. :	Restauration du complexe milieux humides et ruisseau du Retort sur le secteur du Val Claret PHASE 2				813 600.00

ESTIMATION DES COÛTS - PHASE 3


Numéro et intitulé du poste		Unité	Quantité	Prix HT unitaire	Montant HT
1	TRAVAUX PRELIMINAIRES				
1.1	INSTALLATION ET REPLIEMENT DE CHANTIER	F	1	15 000.00	15 000.00
1.2	DOCUMENTS D'EXECUTION	F	1	2 000.00	2 000.00
1.3	IMPLANTATION DES OUVRAGES ET PIQUETAGE	F	1	1 000.00	1 000.00
1.4	ACCES AU SITE ET OUVRAGES PROVISOIRES (DERIVATION, POMPAGES, BATARDEAUX, RAMPES PROVISOIRES, ETC.)	F	1	1 000.00	1 000.00
1.5	DOSSIER DE RECOLEMENT	F	1	1 000.00	1 000.00
1.6	TRAVAUX EN REGIE	h	200	50.00	10 000.00
	Total 1 : Travaux préliminaires				30 000.00
2	MISE EN ŒUVRE DES AMENAGEMENTS - SECTEUR TICHOT				
2.1	DECAPAGE DE LA TERRE VEGETALE ET RENAPPAGE	m ²	1 500	5.00	7 500.00
2.2	DEMONTAGE ET EVACUATION DE CANIVEAU	ml	160	30.00	4 800.00
2.3	TERRASSEMENT EN DEBLAI ET REPROFILAGE DU NOUVEAU LIT DU RETORT	m ³	850	10.00	8 500.00
2.4	DEMONTAGE ET EVACUATION DE CANALISATION	ml	160	30.00	4 800.00
2.5	EVACUATION DES EXCEDENTS DE MATERIAUX	m ³	850	30.00	25 500.00
2.6	FOURNITURE ET POSE D'OUVRAGES DE FRANCHISSEMENT BOIS SUR FONDATION BETON (4mx6m)	U	1	35 000.00	35 000.00
	Total 2 : Mise en œuvre des aménagements - Secteur Tichot				86 100.00
3	MISE EN ŒUVRE DES AMENAGEMENTS - SECTEUR FRONT DE NEIGE				
3.1	DECAPAGE DE LA TERRE VEGETALE ET RENAPPAGE	m ²	3 000	5.00	15 000.00
3.2	DEMONTAGE ET EVACUATION DE CANIVEAU	ml	150	30.00	4 500.00
3.3	TERRASSEMENT EN DEBLAI ET REPROFILAGE DU NOUVEAU LIT DU RETORT	m ³	2 000	10.00	20 000.00
3.4	DEMONTAGE ET EVACUATION DE CANALISATION	ml	190	30.00	5 700.00
3.5	EVACUATION DES EXCEDENTS DE MATERIAUX	m ³	2 000	30.00	60 000.00
3.6	FOURNITURE ET POSE DE CHEMINEMENTS BOIS SUR PILOTIS (largeur 2.20m)	m	90	550.00	49 500.00
3.7	FOURNITURE ET POSE D'OUVRAGES DE FRANCHISSEMENT BOIS SUR FONDATION BETON (4mx6m)	U	1	35 000.00	35 000.00
	Total 3 : Mise en œuvre des aménagements - Secteur Front de neige				189 700.00
	RECAPITULATIF				
	1 - Travaux préliminaires				30 000.00
	2 - Mise en œuvre des aménagements - Secteur Tichot				86 100.00
	3 - Mise en œuvre des aménagements - Secteur Front de neige				189 700.00
Total H.T. :	Restauration du complexe milieux humides et ruisseau du Retort sur le secteur du Val Claret PHASE 3				305 800.00
	TVA 20,0 %				61 160.00
Total T.T.C. :	Restauration du complexe milieux humides et ruisseau du Retort sur le secteur du Val Claret PHASE 3				366 960.00

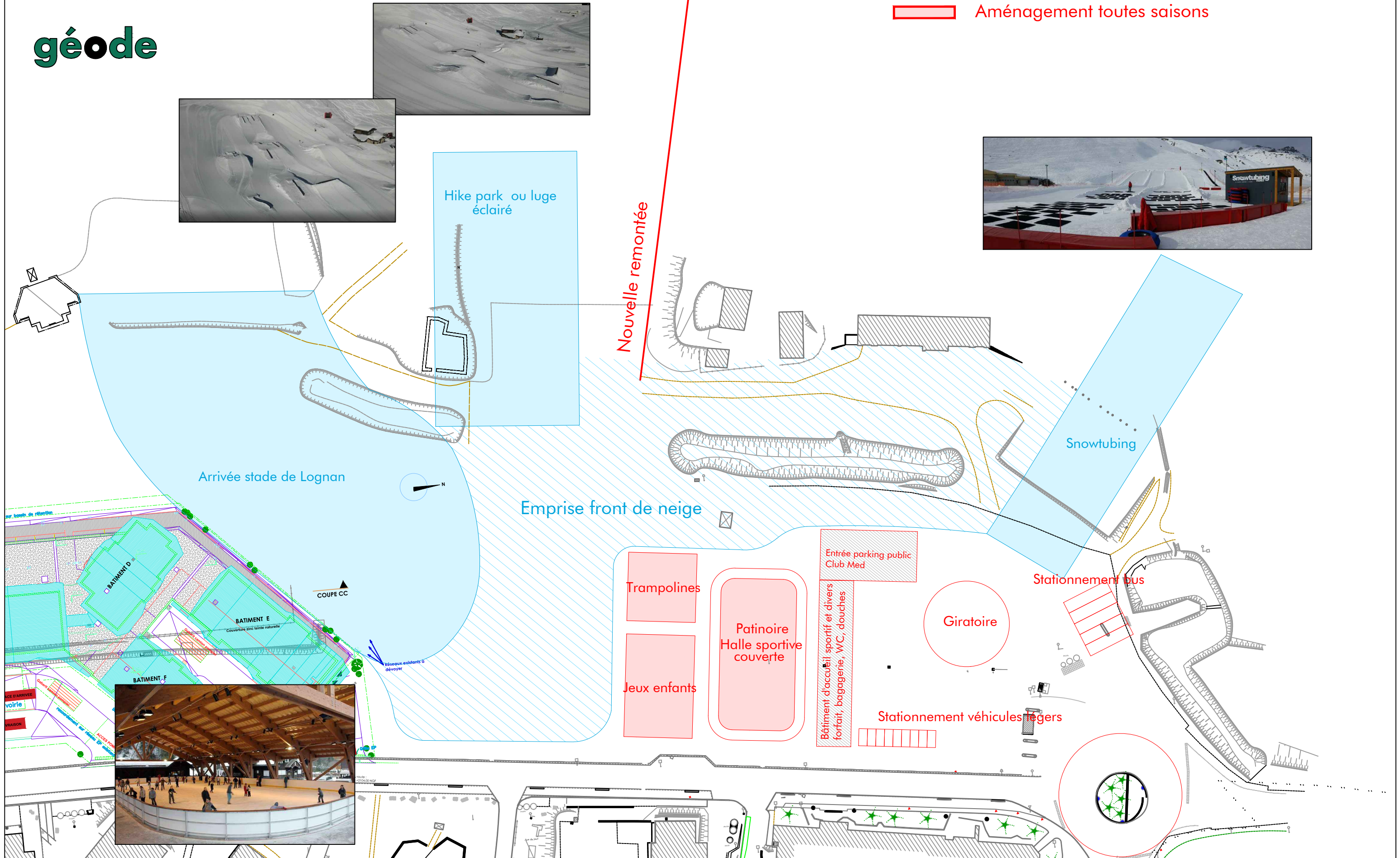
RECAPITULATIF		
	PHASE 1	206 800.00
	PHASE 2	678 000.00
	PHASE 3	305 800.00
Total H.T. :	Restauration du complexe milieux humides et ruisseau du Retort sur le secteur du Val Claret	1 190 600.00
	TVA 20,0 %	238 120.00
Total T.T.C. :	Restauration du complexe milieux humides et ruisseau du Retort sur le secteur du Val Claret	1 428 720.00

Le 20 décembre 2023
BIOTEC Ingénierie Ecologique
 Cécile DAURIAT et Philippe ADAM

Commune de Tignes
Aménagement de l'entrée du Val Claret
Etude de faisabilité

géode

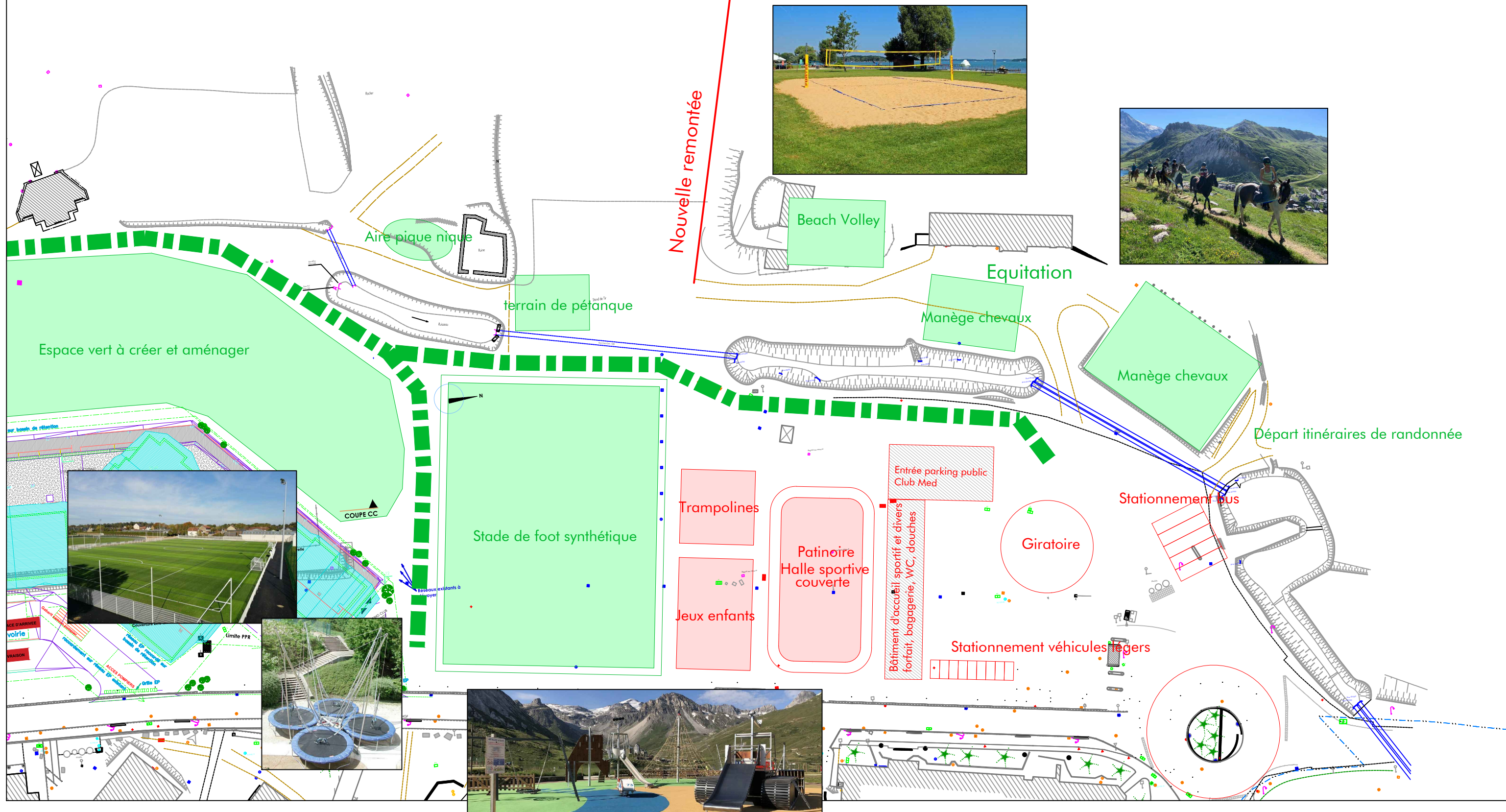
-  Plateau sportif : organisation hivernale
-  Aménagement toutes saisons



Commune de Tignes
Aménagement de l'entrée du Val Claret
Etude de faisabilité

géode

-  Plateau sportif : organisation estivale
-  Cheminement piéton
-  Aménagement toutes saisons



ANNEXE 2 – Etude géotechnique G2-PRO

FONDASOL – 17/01/2024



fondasol

Etude géotechnique G2 - Phase Projet

Rapport n° PR.RAGT.22.0214 – Pièce n°007 (17/01/2024)

INDIGO

Construction du parking automobile « Boucle Est »

TIGNES (73) – Val-Claret

AGENCE CONCEPTION GRANDS PROJETS

231, route de Morières
Z.A. Saint Montange
84270 VEDENE

☎ 04.90.31.54.76

📠 04 90 25 08 94

✉ grands-projets@fondasol.fr

SUIVI DES MODIFICATIONS ET MISES A JOUR

FTQ.261-B

Rév.	Date	Nb pages	Modifications	Rédacteur	Contrôleur
-	24/11/2023	110	1 ^{ère} version	S. BRIAT	B. DAMOUR
A	17/01/2024	140	Chapitre D complété : G2PRO « injections »	S. BRIAT	B. DAMOUR
B					

REV PAGE	-	A	B	C	REV PAGE	-	A	B	C	REV PAGE	-	A	B	C	REV PAGE	-	A	B	C
1	X	X			51	X	X			101	X				151				
2	X	X			52	X	X			102	X				152				
3	X	X			53	X	X			103	X				153				
4	X	X			54	X	X			104	X				154				
5	X	X			55	X	X			105	X				155				
6	X	X			56	X	X			106	X				156				
7	X	X			57	X	X			107	X				157				
8	X	X			58	X	X			108	X				158				
9	X	X			59	X	X			109	X				159				
10	X				60	X	X			110	X				160				
11	X				61	X	X			111		X			161				
12	X				62	X	X			112		X			162				
13	X	X			63	X	X			113		X			163				
14	X	X			64	X	X			114		X			164				
15	X	X			65	X				115		X			165				
16	X	X			66	X				116		X			166				
17	X				67	X				117		X			167				
18	X				68	X				118		X			168				
19	X				69	X				119		X			169				
20	X				70	X				120		X			170				
21	X	X			71	X				121		X			171				
22	X				72	X				122		X			172				
23	X				73	X				123		X			173				
24	X				74	X				124		X			174				
25	X				75	X				125		X			175				
26	X	X			76	X				126		X			176				
27	X				77	X				127		X			177				
28	X				78	X				128		X			178				
29	X	X			79	X				129		X			179				
30	X	X			80	X				130		X			180				
31	X	X			81	X				131		X			181				
32	X	X			82	X				132		X			182				
33	X	X			83	X				133		X			183				
34	X	X			84	X				134		X			184				
35	X	X			85	X				135		X			185				
36	X	X			86	X				136		X			186				
37	X	X			87	X				137		X			187				
38	X	X			88	X				138		X			188				
39	X	X			89	X				139		X			189				
40	X	X			90	X				140		X			190				
41	X	X			91	X				141					191				
42	X	X			92	X				142					192				
43	X	X			93	X				143					193				
44	X	X			94	X				144					194				
45	X	X			95	X				145					195				
46	X	X			96	X				146					196				
47	X	X			97	X				147					197				
48	X	X			98	X				148					198				
49	X	X			99	X				149					199				
50	X	X			100	X				150					200				

SOMMAIRE

A. GENERALITES	8
A.1. OBJET DE CETTE NOTE	8
A.2. CONTRAT DE MISSIONS GEOTECHNIQUES	8
A.3. INTERVENANTS DE L'OPERATION	8
A.4. DONNEES D'ENTREE	9
A.4.1. Documents FONDASOL de Missions G1 & G2	9
A.4.2. Autres rapports d'études géotechniques	9
A.4.3. Documents et fichiers reçus pour cette étude G2PRO	10
B. DONNEES ET HYPOTHESES DU PROJET	13
B.1. GEOMETRIE DU PARKING	13
B.1.1. Plan de masse (« projet décalé 2m à l'Est »)	13
B.1.2. Localisation de la paroi de soutènement	14
B.1.3. Plans de fondation	14
B.2. DOCUMENTS DE REFERENCE	15
B.2.1. Codes/Normes applicables aux structures	15
B.2.2. Codes/Normes applicables aux terrassements	15
B.2.3. Normes et textes applicables aux travaux d'injection	16
B.3. EXIGENCES CONSTRUCTIVES	17
B.3.1. Catégorie de durée d'utilisation du projet	17
B.3.2. Exigences de calcul : catégorie géotechnique des ouvrages	17
B.3.3. Exigences parasismiques selon l'EC8	17
B.4. CONDITIONS DE CHARGEMENT : Actions transmises par le terrain	18
B.4.1. Charges permanentes amont	18
B.4.2. Charges d'exploitation amont : charges de circulation sur remblais	18
B.4.3. Actions climatiques : charges de neige	18
B.4.4. Actions sismiques	18
B.5. CONTRAINTES GEOTECHNIQUES DU SITE	19
B.5.1. Risque de liquéfaction	19
B.5.2. Classe de sol sismique	19
B.5.3. Zone d'Influence Géotechnique (ZIG)	20
B.5.4. Investigations géotechniques phase exécution	21
B.6. PERIODE DE REALISATION DES TRAVAUX	21
C. GEOLOGIE, GEOTECHNIQUE ET HYDROGEOLOGIE	22
C.1. GEOLOGIE	22
C.1.1. Contexte géologique général	22
C.1.2. Aléa existant en présence de gypse et mécanismes	22
C.1.3. Données géotechniques d'archives	22
C.2. SYNTHESE GEOTECHNIQUE	23
C.2.1. Investigations géotechniques pour le projet	23
C.2.2. Lithologie	24
C.2.3. Géomécaniques	25
C.3. HYDROGEOLOGIE	29

C.3.1.	Contexte hydrogéologique général _____	29
C.3.2.	Paramètres hydrodynamiques des aquifères - perméabilités _____	29
C.3.3.	Niveaux d'eau de projet _____	29
C.4.	SYNTHESE GRAPHIQUE _____	30
C.4.1.	Profils stratigraphiques en travers (résultats par interpolation) _____	30
C.4.2.	Profils stratigraphiques en long (résultats par interpolation) _____	32
D.	TRAVAUX PREPARATOIRE DE COMPLEMENT DE VIDES DANS LES TERRAINS _____	35
D.1.	OBJET _____	35
D.2.	Géotechnique et hydrogéologie _____	35
D.2.1.	Niveaux d'eau phase chantier _____	35
D.2.2.	Synthèse géotechnique _____	35
D.2.3.	Analyses granulométriques _____	35
D.2.4.	Perméabilités des moraines _____	37
D.2.5.	Porosité des moraines _____	37
D.3.	CONTEXTE ET ALEA CAVITE _____	38
D.3.1.	Contexte _____	38
D.3.2.	Vides et cavités reconnues par les sondages in situ _____	39
D.3.1.	Isohyphes des dépressions du toit des formations très denses _____	43
D.4.	COMPLEMENT DES CAVITES VIDES _____	44
D.4.1.	Cavités reconnues par investigations préalables aux terrassements _____	44
D.4.2.	Cavités découvertes durant les terrassements _____	47
D.5.	TRAITEMENTS PAR INJECTIONS ENVISAGEABLES _____	48
D.5.1.	Procédés d'injections de consolidation par injections « liquide » et/ou « solide » _____	48
D.5.2.	Injections solides de refoulement _____	48
D.6.	DESCRIPTION DU TRAITEMENT _____	50
D.6.1.	Solution de traitement retenue _____	50
D.6.2.	Objectifs à atteindre _____	50
D.6.3.	Mailles des forages d'injection _____	51
D.6.4.	Volumes de sol à traiter _____	52
D.6.5.	Plans de projet d'implantation des forages d'injection _____	54
D.7.	TRAVAUX _____	57
D.7.1.	Phasage des travaux _____	57
D.7.2.	Etudes d'exécution _____	58
D.7.3.	Plots d'essai _____	58
D.7.4.	Essais de réception _____	58
D.7.5.	Diverses préconisations (non exhaustives) _____	59
D.7.6.	Quantités (estimatif phase PRO) _____	60
E.	TRAVAUX DE TERRASSEMENT, DE MISE HORS D'EAU DES FOUILLES ET DE DRAINAGE _____	61
E.1.	Mise hors d'eau de la fouille : Prédimensionnement des débits d'exhaure _____	61
E.2.	TERRASSEMENT EN DEBLAIS _____	61
E.2.1.	Rippabilité _____	61
E.2.2.	Profilage _____	61
E.3.	TERRASSEMENT EN REMBLAIS _____	63
E.3.1.	Réutilisation des matériaux extraits _____	63
E.3.2.	Remblais d'apport _____	63

E.4.	DRAINAGE	64
E.4.1.	Ouvrages de drainage du gros œuvre	64
E.4.2.	Ouvrages de drainage des parois clouées ou parois berlinoises	66
F.	OUVRAGES DE SOUTÈNEMENT : PAROI CLOUÉE PERMANENTE	67
F.1.	OBJET	67
F.2.	NATURE DE TRAVAUX	67
F.2.1.	Principe constructif	67
F.2.2.	Présence de vides et terrains décomprimés	68
F.2.3.	Phasage de travaux	68
F.3.	METHODOLOGIE DE CALCUL	69
F.3.1.	Talus en déblais de sols cloués	69
F.3.2.	Efforts dans le parement	71
F.3.3.	Logiciels utilisés	71
F.4.	HYPOTHESES DE CALCUL	72
F.4.1.	Lithologie / Modèle géotechnique de calcul	72
F.4.2.	Niveaux d'eau de calcul	72
F.4.3.	Corrosion des armatures de clous d'ancrage	74
F.4.4.	Caractéristiques des clous d'ancrage	76
F.5.	REPERAGE DES COUPES DE CALCUL : P06 et P17	77
F.6.	CALCULS : Coupe P06	78
F.6.1.	Géométrie	78
F.6.2.	Phasage	79
F.6.3.	CALCULS / RESULTATS	80
F.6.4.	DIMENSIONNEMENT DU PAREMENT	83
F.7.	CALCULS : Coupe P17	84
F.7.1.	Géométrie	84
F.7.2.	Phasage	84
F.7.3.	CALCULS / RESULTATS	85
F.7.4.	DIMENSIONNEMENT DU PAREMENT	88
G.	PAROI BERLINOISE PROVISOIRE	89
G.1.	OBJET	89
G.2.	NATURE DE TRAVAUX	89
G.2.1.	Principe constructif	89
G.2.2.	Présence de vides et terrains décomprimés	90
G.2.3.	Phasage de travaux	90
G.3.	METHODE DE CALCUL	91
G.3.1.	Principe de calcul	91
G.3.2.	Modèles et approches de calcul	92
G.3.3.	Logiciel utilisé	93
G.3.4.	Liste des vérifications NF P94-282	93
G.3.1.	Résultats des calculs	93
G.4.	HYPOTHESES DE CALCUL DES ECRANS	94
G.4.1.	ACTIONS EXTERIEURES	94
G.4.2.	Caractéristiques des matériaux	94
G.4.3.	Critères de dimensionnement	94
G.4.4.	Hypothèses géotechniques	95

G.5.	REPERAGE DES COUPES DE CALCUL : P06 et P17	96
G.6.	COUPE : BER-P06	97
G.6.1.	P06	97
G.6.2.	Coupe de calcul	97
G.6.3.	Hypothèses de calcul	98
G.6.4.	Phasage de calcul	98
G.6.5.	Résultats : Efforts et déformations (calculs KREA)	99
G.6.6.	Justifications	101
G.7.	COUPE : BER-P17	104
G.7.1.	Géométrie	104
G.7.2.	Coupe de calcul	104
G.7.3.	Hypothèses de calcul	105
G.7.4.	Phasage de calcul	105
G.7.5.	Résultats : Efforts et déformations (calculs KREA)	106
G.7.1.	Justifications	108
G.8.	CARACTERISTIQUES DES PAROIS BERLINOISES ET DES TIRANTS	111
G.8.1.	Coupe BER-P06	111
G.8.2.	Coupe BER-P17	112
H.	POUSSEES DES TERRES CONTRE L'OUVRAGE DU PARKING	113
H.1.	METHODOLOGIE ET HYPOTHESES	113
H.2.	POUSSEES EN P06 (Hauteur de soutènement modélisée = 11,80 m)	114
H.2.1.	Poussées (ELS) statiques – AVEC surcharges de neige + ratrack	114
H.2.2.	Poussées (ELS) statiques – SANS surcharge	115
H.2.3.	Poussées (ELU) sismiques – AVEC surcharge de neige	116
H.2.4.	Poussées (ELU) sismiques – SANS surcharge	117
H.3.	POUSSEES EN P17 (Hauteur de soutènement modélisée = 10,55 m)	118
H.3.1.	Poussées (ELS) statiques – AVEC surcharge de neige	118
H.3.2.	Poussées (ELS) statiques – SANS surcharge	119
H.3.3.	Poussées (ELU) sismiques – AVEC surcharge de neige + ratrack	120
H.3.4.	Poussées (ELU) sismiques – SANS surcharge	121
I.	ETUDE DES SEMELLES FILANTES DE FONDATION DU PARKING	122
I.1.	DONNEES DU PROJET DE FONDATION	122
I.1.1.	Plans de fondation A.I.A.	122
I.1.2.	Descente de charges (DdC) A.I.A. du 25/10/2023	124
I.2.	Type et niveaux d'assise des fondations	127
I.2.1.	Type/mode de fondation	127
I.2.2.	Profondeur hors-gel à atteindre	127
I.2.3.	Niveaux d'assise des semelles de fondation	127
I.3.	Préconisations d'exécution	127
I.4.	Critères de dimensionnement des fondations	129
I.4.1.	Stabilités externes : Glissement	129
I.4.2.	Stabilités externes : Renversement	129
I.4.3.	Stabilités externes : Mobilisation du sol (contraintes de calcul)	129
I.4.4.	Tassements et déformations admissibles [ELS]	131
I.5.	CALCULS/RESULTATS : VERIFICATIONS DES SEMELLES DE FONDATION	132
I.5.1.	Avec DdC N°01	133
I.5.2.	Avec DdC N°02	134

1.5.3. Raideurs des semelles de fondation _____	135
ANNEXES _____	137
Annexe 1 : Enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique (NF P94-500) _____	138
Annexe 2 : Missions types d'ingénierie géotechnique (NF P94-500) _____	139

A. GENERALITES

A.1. OBJET DE CETTE NOTE

Ce document est le rendu de l'étude G2PRO du projet de construction d'un parking d'environ 180 m de long à Tignes Val-Claret (73).

Cette étude géotechnique traite de la conception et dimensionnement APD/PRO des ouvrages géotechniques, avec les rendus suivants :

- Synthèse des données géotechniques et hydrogéologiques (niveaux d'eau caractéristiques),
- Définition des modèles géotechniques par zones : stratigraphie et valeur géotechniques caractéristiques retenues pour les calculs de dimensionnement phase APD/PRO,
- Description des travaux de terrassement et des ouvrages de drainage,
- Dimensionnement APD/PRO (géométries et caractéristiques) d'un écran de soutènement en paroi berlinoise provisoire avec tirants d'ancrage (2 profils de calcul),
- Dimensionnement APD/PRO (géométries et caractéristiques) d'une paroi clouée définitive (2 profils de calcul),
- Définition des diagrammes de poussées statiques et sismiques contre le mur de soutènement amont du parking,
- Dimensionnement/Vérifications APD/PRO des portances des semelles de fondation superficielles,
- Définition des travaux préparatoires de comblement de vides dans les terrains (chapitre D).

La présente étude ne traite pas des éléments suivants qui sont présentés dans les pièces FONDASOL avec les références indiquées ci-dessous :

- du dimensionnement des ouvrages de drainage (tranchées drainantes, couche drainante, ...), hormis les drains subhorizontaux et barbacanes intégrées à la solution paroi clouée ou à la solution paroi berlinoise, ni de la recherche des exutoires de rejet des eaux – Voir document FONDASOL pièce n°004, réf. [5] ;
- de l'interprétation des sondages destructifs de recherche de vide en cours de réalisation sur les mois de novembre et décembre 2023 – Voir document FONDASOL pièce n°005, réf.[6].

A.2. CONTRAT DE MISSIONS GEOTECHNIQUES

Le maître de l'ouvrage a mandaté la société FONDASOL pour la réalisation de missions géotechniques au sens de la norme NF P94-500 (Missions Géotechniques Types – Révision novembre 2013).

L'étude géotechnique G2 de conception phase PRO a été confiée à FONDASOL, Agence de Lyon, à la suite de l'acceptation de nos devis :

- n°SQ.RAGT.23.07.043 – Indice A (17/07/2023) par lettre de commande du 20/07/2023 ;
- n°SQ.RAGT.23.12.078 - 1^{ère} diffusion (22/12/2023) par mail de commande du 29/12/2023.

Ces missions géotechniques donneront lieu à l'élaboration de différents rapports et pièces graphiques. L'ensemble des documents établis forment un ensemble unique et indissociable.

A.3. INTERVENANTS DE L'OPERATION

Maître de l'ouvrage :	Ville de Tignes
Maître d'ouvrage concessionnaire :	INDIGO
Maître d'œuvre :	A.I.A.

A.4. DONNEES D'ENTREE

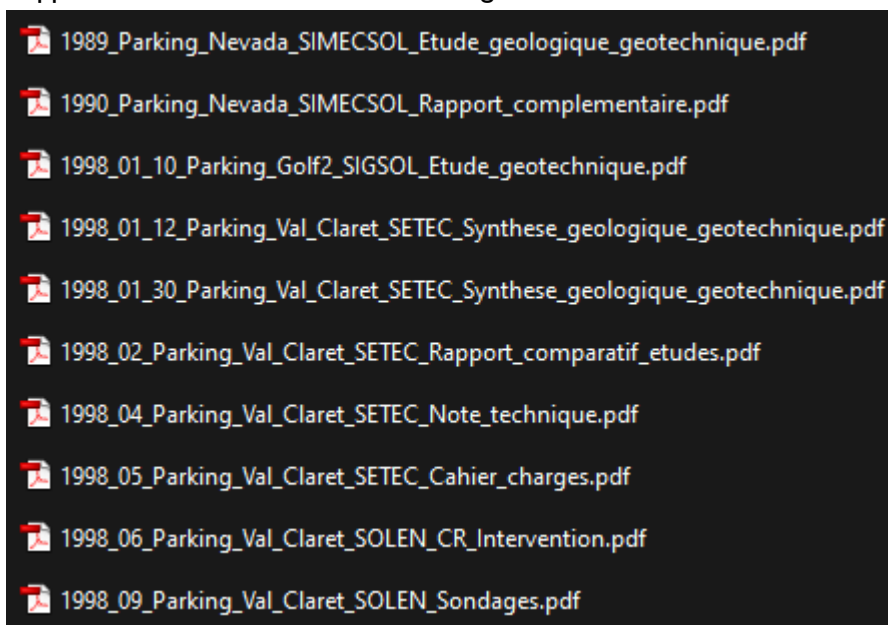
A.4.1. Documents FONDASOL de Missions G1 & G2

Liste des documents FONDASOL (réf. n° PR.RAGT.22.0214) établis dans le cadre du projet Parking « Boucle Est » sont les suivants :

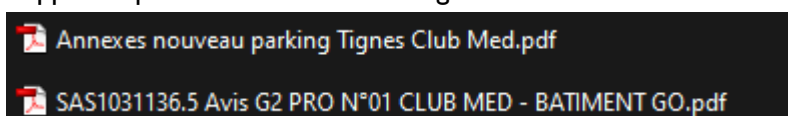
Réf.	N° Pièce	Indice	Intitulé du document FONDASOL	Date
[1]	001	A	Rapport d'étude géotechnique G2AVP	13/01/2023
[2]	002	-	Rapport d'étude environnementale : Diagnostic du milieu souterrain	26/10/2022
[3]	003	-	Rapport d'étude environnementale : Caractérisation d'enrobés (Amiante et HAP)	26/10/2022
[4]	001	-	Compte-rendu d'investigations géophysiques par méthodes combinées	23/06/2023
[5]	004	D	Rapport d'étude hydrogéologique G5 stade AVP : Estimation des niveaux caractéristiques selon les Eurocodes et des débits de mise hors d'eau en phase chantier (avec enceinte étanche en périphérie du site)	17/01/2024
[6]	005	A	Synthèse géologique G5	08/12/2023
[7]	006	A	Compte-rendu d'investigations géotechniques complémentaires G2PRO – à fin décembre 2023	16/01/2024
Le présent document :				
[8]	007	A	Rapport d'étude géotechnique G2PRO	12/01/2024

A.4.2. Autres rapports d'études géotechniques

Rapports SIMECSOL et SETEC – Parking du Golf :



Rapport Equaterre GIPGC – Parking Boucle-Est :



A.4.3. Documents et fichiers reçus pour cette étude G2PRO

Pour mener à bien cette mission, nous étions en possession des documents suivants :

- +---00_Entrants devis
 - | Offre pour la réalisation d'une étude de sols G2-AVP - TIGNES (73).msg
 - | RE_ Offre pour la réalisation d'une étude de sols G2-AVP - TIGNES (73).msg
 - | TIGNES - Parking Boucle Est - Programme d'étude de sols - 27 06 2022.pdf
- +---01_Entrants G2AVP
 - | 2023-02-20_DEC-KKP-4208-ParkingBoucleEstValClaret-73-sign,.pdf
 - | PPT Cadrage avec l'AE_Tignes - V3.pdf
 - | PR.RAGT.22.0214 - 001 - G2AVP-commentaire_AIAI.pdf
 - | PR.RAGT.22.0214 - 001 - G2AVP-commentaire_AIAI_suite diffusion.pdf
- +---2020-02-11_Plan topo GEODE (faisabilit,)
 - | 23901 faisabilite_envoi.dwg
- +---2021-11-30_Rapport Equaterre GIPGC Boucle-Est
 - | Annexes nouveau parking Tignes Club Med.pdf
 - | SAS1031136.5 Avis G2 PRO Nø01 CLUB MED - BATIMENT GO.pdf
- +---2021-12-07_R,seaux sur boucle Est
 - | Plan_Parking_Boucle_Est_Val_Claret.pdf
 - | SET687-12.2021 Parking Boucle Est Val Claret (demande).pdf
 - | SET687-12.2021 Parking Boucle Est Val Claret.pdf
- +---2022-06-08_Plan de masse et coupes
 - | TIGNES - Boucle Est - Offre numero 3 - 08 06 2022 - Coupe courante sur ouvrage.
- Vue g,n,rale.pdf
 - | TIGNES - Boucle Est - Offre numero 3 - 08 06 2022 - Plan masse.pdf
- +---2022-07-22_Plan des réseaux EP et fibre (envoi Tignes)
 - | 21506_RECOL_TIGNES-LAC 24-03-16.dwg
 - | TR_Parking_Boucle Est_ - TIGNES.msg
- +---2022-11-18_Coupes P01 ... P20
 - | P1 ... P20.pdf
 - | P1.pdf
 - | P10.pdf
 - | P11.pdf
 - | P12-P13.pdf
 - | P14-P15-P16-P17.pdf
 - | P18-P19.pdf
 - | P2.pdf
 - | P20.pdf
 - | P3.pdf
 - | P4.pdf
 - | P5.pdf
 - | P6.pdf
 - | P7.pdf
 - | P8.pdf
 - | P9.pdf
 - | PLAN TERST TALUS I-I + BERLINOISES EST.pdf
 - | Tignes-Coupes 2022 11 18.zip
- +---2022-12-20_Etude SIMECSOL & SETEC (envoi AIA)
 - | 1989_Parking_Nevada_SIMECSOL_Etude_geologique_geotechnique.pdf
 - | 1990_Parking_Nevada_SIMECSOL_Rapport_complementaire.pdf

- 1998_01_10_Parking_Golf2_SIGSOL_Etude_geotechnique.pdf
- 1998_01_12_Parking_Val_Claret_SETEC_Synthese_geologique_geotechnique.pdf
- 1998_01_30_Parking_Val_Claret_SETEC_Synthese_geologique_geotechnique.pdf
- 1998_02_Parking_Val_Claret_SETEC_Rapport_comparatif_etudes.pdf
- 1998_04_Parking_Val_Claret_SETEC_Note_technique.pdf
- 1998_05_Parking_Val_Claret_SETEC_Cahier_charges.pdf
- 1998_06_Parking_Val_Claret_SOLEN_CR_Intervention.pdf
- 1998_09_Parking_Val_Claret_SOLEN_Sondages.pdf

+---2023-07-13_Plans de fondation

- aia0856a21-STR-FONDR-I_Geometre.dwg
- aia0856a21-STR-FONDR-I_Geometre.dxf
- aia0856a21-STR-FONDR-I_Geometre.jpg
- aia0856a21-STR-FONDR-I_Geometre.pdf
- aia0856a21-STR-FONDR-I_Geometre2.jpg
- STR-500-FondationsR-I_VarI.pdf
- STR-504-CoupesDetails_VarI.pdf

+---2023-08-02_Plan topo GEODE

- 25001_Topo_500.pdf
- 25001_topo.dwg

+---_DCE Golf 1 & Golf 2

+---Parking_Golf1

- Parking_Golf1_plans.pdf

\---Parking_Golf2_DCE

- Parking_Golf2_DCE_lotI_cahier_details.pdf
- Parking_Golf2_DCE_lotI_plans.pdf
- Parking_Golf2_DCE_lotI_plans_coupes.pdf

\---_PPRN

- Annexe 1_Tignes_2006.pdf
- Annexe 2_ouvrages_Tignes_2006.pdf
- AP.pdf
- Documents graphiques_Tignes_2006.pdf
- Note de presentation_Tignes_2006.pdf
- Reglement_Tignes_2006.pdf

+---2022-11-18_Coupes P01 ... P20

- P1 ... P20.pdf
- P1.pdf
- P10.pdf
- P11.pdf
- P12-P13.pdf
- P14-P15-P16-P17.pdf
- P18-P19.pdf
- P2.pdf
- P20.pdf
- P3.pdf
- P4.pdf
- P5.pdf
- P6.pdf
- P7.pdf
- P8.pdf
- P9.pdf
- PLAN TERST TALUS I-I + BERLINOISES EST.pdf

+---2023-02-02_Fichiers dwg AVP
| 2023-02-02_Fichiers dwg AVP.zip
| aia0856a21-STR-FONDR-I_Geometre.bak
| aia0856a21-STR-FONDR-I_Geometre.dwg
| aia0856a21-STR-FONDR-I_Geometre.dxf
| aia0856a21-STR-FONDR-I_Geometre.jpg
| aia0856a21-STR-FONDR-I_Geometre.pdf
| aia0856a21-STR-FONDR-I_Geometre.svg
| aia0856a21-STR-FONDR-I_Geometre.l.gif
| aia0856a21-STR-FONDR-I_Geometre2.gif
| aia0856a21-STR-FONDR-I_Geometre2.jpg
| bloc1.dxf
| bloc1.pdf
| bloc2.dxf
+---2023-07-13_Plans de fondation
| 2023-07-13_Plans de fondation.zip
| STR-500-FondationsR-I_Var1.pdf
| STR-504-CoupesDetails_Var1.bak
| STR-504-CoupesDetails_Var1.dwg
| STR-504-CoupesDetails_Var1.pdf
+---2023-10-25-DDC
| Tignes_DCC_PRO(modifi.).xlsx
| Tignes_DCC_PRO.xlsx
+---2023-11-07_Plan de fondation
| PK_TIGNES_STRfondationsSI_TOPO_RESEAUX-Model.pdf
| PK_TIGNES_STRfondationsSI_TOPO_RESEAUX.dwg

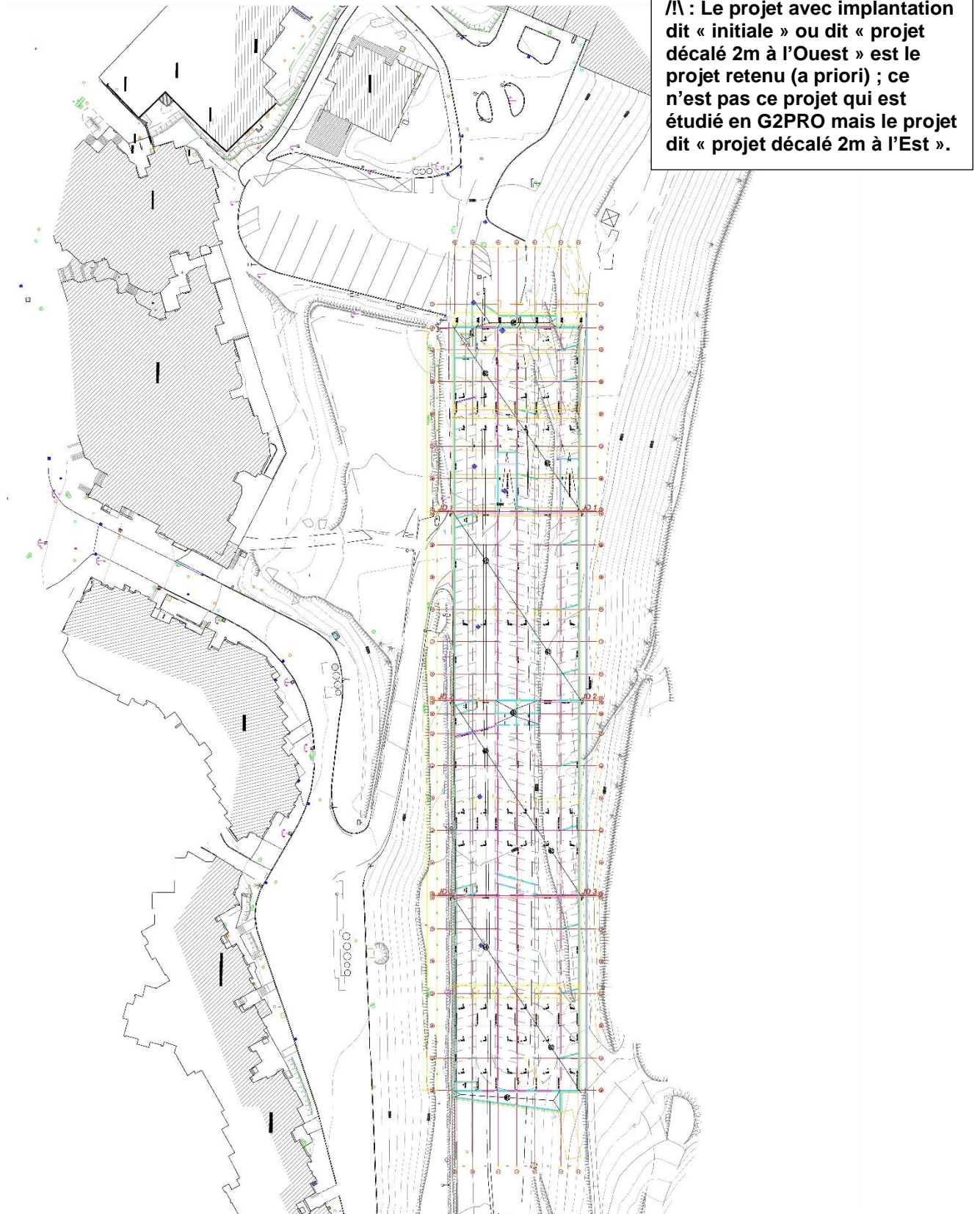
!! Note importante :

Les plans du projet reçus le 07/11/2023 correspondant à une implantation du projet dite "implantation initiale" ou "décalé de 2 m à l'Ouest", ne sont pas pris en compte dans la présente étude G2PRO.

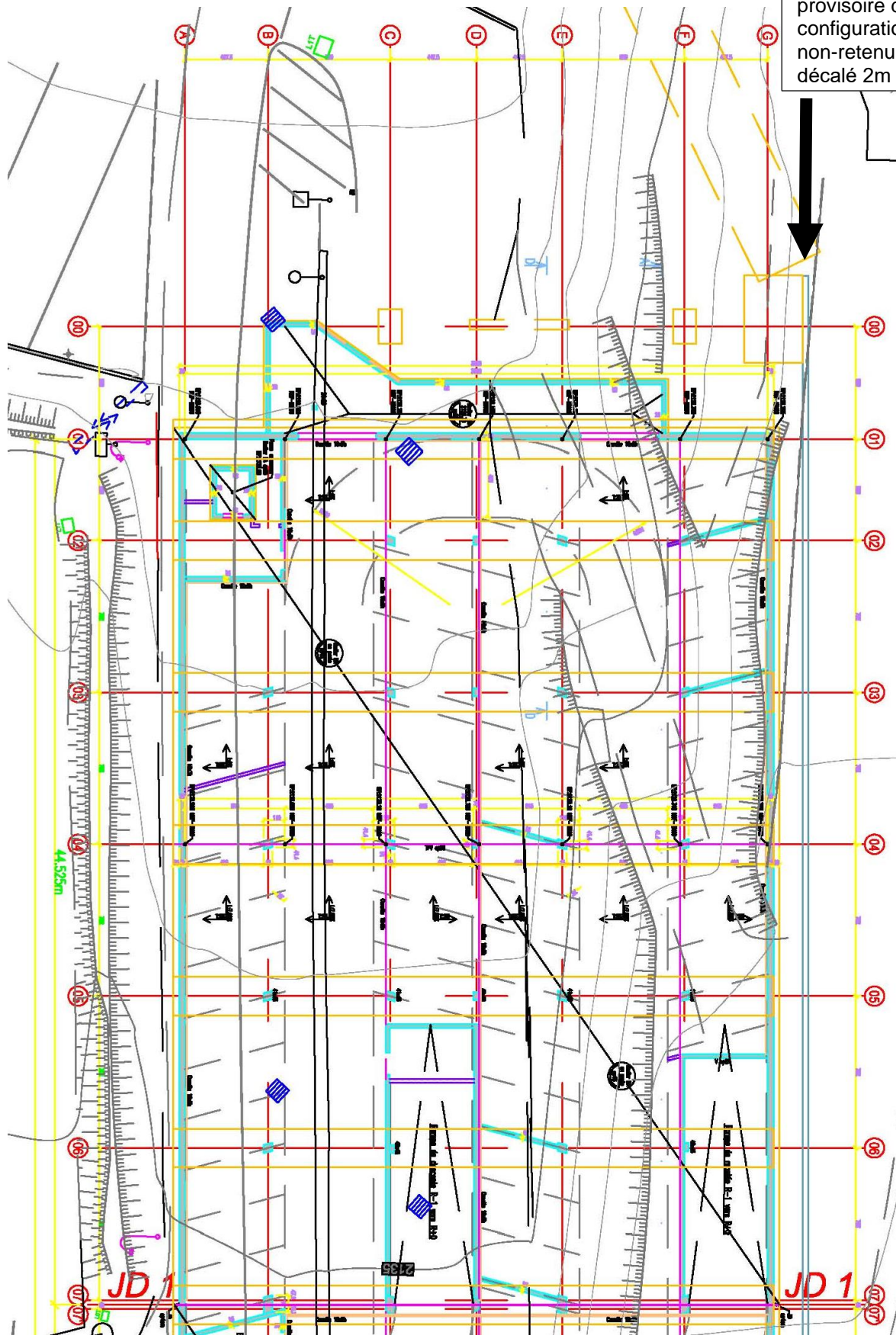
B. DONNEES ET HYPOTHESES DU PROJET

B.I.GEOMETRIE DU PARKING

B.I.1. Plan de masse (« projet décalé 2m à l'Est »)



B.I.2. Localisation de la paroi de soutènement



Axe d'implantation de l'écran de soutènement provisoire dans la configuration du projet non-retenu « projet décalé 2m à l'Est ».

B.I.3. Plans de fondation

Voir § I.I.1.

B.2.DOCUMENTS DE REFERENCE

B.2.1. Codes/Normes applicables aux structures

Les normes et règlements appliqués pour justifier et concevoir les ouvrages géotechniques sont référencés ci-après :

- [001] NF EN 1990 : Eurocode 0 - Bases de calcul des structures avec son Annexe nationale et son amendement, et l'annexe nationale NF EN 1990/A1/NA
- [002] NF EN 1993-1-1, Eurocode 3 - Calcul des structures en acier - Partie 1-1 : règles générales et règles pour les bâtiments, et l'annexe nationale NF EN 1993-1-1/NA
- [003] NF EN 1992-1-1, Eurocode 2 - Calcul des structures en béton - Partie 1-1 : règles générales et règles pour les bâtiments, et l'annexe nationale NF EN 1992-1-1/NA
- [004] NF EN 1992-1, Eurocode 2 - Calcul des structures en béton - Partie 2 : ponts en béton - Calcul des dispositions constructives, et l'annexe nationale NF EN 1992-2/NA
- [005] NF EN 1993-5, Eurocode 3 - Calcul des structures en acier - Partie 5 : Pieux et palplanches, et l'annexe nationale NF EN 1993-5/NA
- [006] NF EN 1997-1 : Eurocode 7 - Calcul géotechnique – partie 1 : Règles générales (et amendement 1 : NF EN 1997-1/A1), et l'annexe nationale NF EN 1997-1/NA
- [007] NF EN 1998-1 : Eurocode 8 - Calcul des structures pour leur résistance au séisme ; Partie 1 : règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments, et l'annexe nationale NF EN 1998-1/NA
- [008] NF EN 1998-2 : Eurocode 8 - Calcul des structures pour leur résistance aux séismes - Partie 2 : ponts, et l'annexe nationale NF EN 1998-2/NA
- [009] NF EN 1998-5 : Eurocode 8 - Calcul des structures pour leur résistance aux séismes - Partie 5 : fondations, ouvrages de soutènement et aspects géotechniques, et l'annexe nationale NF EN 1998-5/NA
- [010] NF P94-500, Missions d'ingénierie géotechnique – Classifications et spécifications
- [011] NF P94-261 – Justification des ouvrages géotechniques – Normes d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations superficielles, et l'amendement A1
- [012] NF P94-262 (et amendement NF P94-262/A1) : Calcul géotechnique – Fondations profondes
- [013] NF P94-270 : Calcul géotechnique - Ouvrages de soutènement - Remblais renforcés et massifs en sol cloué
- [014] NF P94-281 : Justification des ouvrages géotechniques de soutènement - Murs
- [015] NF P94-282 (et amendement NF P 94-282/A1) : Calcul géotechnique – Ouvrages de soutènement – Ecrans
- [016] NF DTU 13.1 - Travaux de bâtiment - Fondations Superficielles - Parties 1 et 2
- [017] NF DTU 13.2 - Travaux de bâtiment - Fondations Profondes - Parties 1 et 2
- [018] NF EN 1536 : Exécution des travaux géotechniques spéciaux – Pieux
- [019] NF EN 1537 : Exécution des travaux géotechniques spéciaux - Tirants d'ancrage

B.2.2. Codes/Normes applicables aux terrassements

Les normes et règlements appliqués pour justifier et concevoir les ouvrages géotechniques sont référencés ci-après :

- [020] NF P11-300 - Exécution des terrassements - Classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et des couches de forme d'infrastructures routières
- [021] Guide Techniques de Réalisation des remblais et couches de forme (GTR).

B.2.3. Normes et textes applicables aux travaux d'injection

- Norme NF EN 12715 relative à l'exécution des travaux géotechniques spéciaux, Injections, AFNOR, Octobre 2000 ;
- Les recommandations de l'AFTES, notamment celle publiée à la revue TOS mars-avril /mai-juin 2006 : « Conception et réalisation des travaux d'injection des sols et des roches » (GT8R2F1) ;
- Injection des sols – Tome I et 2, éditions Eyrolles 1964 par H. CAMBEFORT ;
- Amélioration et renforcement des sols – Tome I et 2, éditions Le Moniteur 2018.

B.3. EXIGENCES CONSTRUCTIVES

B.3.1. Catégorie de durée d'utilisation du projet

Suivant l'annexe nationale NF P94-251-1/NA de l'Eurocode 7 (EN 1997 – I), nous avons retenu la catégorie de durée.

Ouvrage géotechnique	Catégorie de durée d'utilisation du projet	Durée indicative d'utilisation du projet (années)
Fondations superficielles de type semelles filantes	4	50
Remblais de couche drainante	4	50
Remblais de couche de forme pour voiries	4	50
Talus en sols cloués : paroi clouée	4	50
Comblement de vide dans les terrains par injections de matériaux et/ou par terrassement de substitution	4	50
Ouvrages de drainage permanents : drains subhorizontaux, tranchée drainante, ...	4	50
Rabattement provisoire des nappes phréatiques	I	10
Terrassement en talus, drainage	I	10
Ecran de soutènement en paroi berlinoise	I	10

B.3.2. Exigences de calcul : catégorie géotechnique des ouvrages

Suivant l'Annexe Nationale NF P94-251-1/NA de l'Eurocode 7 (EN 1997-I :2005), nous avons retenu la catégorie ci-après :

Ouvrage géotechnique	Catégorie géotechnique	Classes de conséquence	Conditions de site	Bases des justifications
Tous	2	CC2	Simple	Reconnaissance géotechnique et calculs nécessaires

B.3.3. Exigences parasismiques selon l'EC8

DONNEES PARASISMIQUES DU PROJET

Zone sismique : Zone 3

Catégorie d'importance : II

CLASSES SISMIQUES DE SOLS

Selon le § B.5.2, la classe sismique des sols selon l'EC8 est :

- Classe C pour la détermination du spectre de réponse sismique de la structure.

ACTIONS SISMIQUES DU PROJET

Les paramètres à prendre en compte sont donc les suivants :

- valeur de l'accélération : $a_{gr} = 1.1 \text{ m/s}^2$ (zone de sismicité 3)
- coefficient d'importance : $\gamma_I = 1.0$ (ouvrage de catégorie d'importance II)
- paramètre de sol : $S = 1.50$ (sol de classe C)

Ce qui conduit à une accélération maximale :

$$\text{Classe C : } a_{\max} = a_{gr} \times \gamma_I \times S = 1.1 \times 1.0 \times 1.50 = 1.65 \text{ m/s}^2$$

B.4.CONDITIONS DE CHARGEMENT :Actions transmises par le terrain

Les actions considérées en AVP/PRO et à considérer en EXE sont celles définies dans les :

- Normes eurocodes EN1990, EN1991 et leurs annexes nationales ;
- Documents Particuliers du Marché (DPM) de travaux.
NB : FONDASOL ne dispose pas des DPM de travaux.

B.4.1. Charges permanentes amont

Néant (la charge de neige est une variable quasi permanente pondérée).

B.4.2. Charges d'exploitation amont : charges de circulation sur remblais

Une surcharge uniformément répartie de 540 kN/m² est à prendre en compte au niveau de la plateforme amont en remblais. Cette surcharge couvre les effets des charges routières et d'engins type ratrak/dameuse.

Cette surcharge est à prendre en compte en phase de service à court terme et à long terme.

B.4.3. Actions climatiques : charges de neige

NF EN 1991-1-3 et son annexe Nationale

Région E

Pour une altitude inférieure à 200 m :

Valeur caractéristique de la charge de neige (S_{k,0}) : 1.4 kN/m²
Variation de la valeur caractéristique (I_s) : 9,05 kN/m²

Pour l'altitude de la position :

Majoration altitude : $\Delta s_2 = 7 * 2140 / 1000 - 4.8 = 10.18$ kN/m²
Charge de neige (S_k) : 11.58 kN/m² arrondi à 12 kN/m²

Charge exceptionnelle de neige (S_{Ad}) : Nous ne disposons pas de cette hypothèse.

B.4.4. Actions sismiques

Accélération sismique et coefficients sismiques

Classe de sol		C
Zone de sismicité		3
Catégorie d'importance de l'ouvrage		II
Facteur pour le calcul du coefficient sismique horizontal	r =	1
Accélération maximale de référence pour un sol de classe A	a _{gr} =	1.10
Accélération de pesanteur	g =	9.81
Coefficient d'importance	γ _I =	1.00
Valeur de calcul de l'accélération horizontale au niveau d'un sol rocheux	a _g =	1.10
Valeur de calcul de l'accélération verticale au niveau d'un sol rocheux	a _{vg} =	0.99
Paramètre caractéristique de la classe de sol défini dans NF EN 1998-1	S =	1.50
Rapport $\alpha = a_g / g$	α =	0.11
Coefficient sismique horizontal	k_h =	0.168
Coefficient sismique vertical	k_v =	0.084


NB : Toutes ces hypothèses d'actions non géotechniques sont à faire valider par le Maître d'œuvre de conception.

B.5.CONTRAINTES GEOTECHNIQUES DU SITE

B.5.1. Risque de liquéfaction

Sur la base des niveaux d'eau EB définis en [7], ces niveaux d'eau interceptent uniquement les formations rocheuses alors le risque de liquéfaction des sols est à exclure pour ce projet.

B.5.2. Classe de sol sismique



PR.RAGT.22.0214
NOM DU CALCUL : classe de sol (MASW moyen)
PROJET : TIGNES

Classe de sol sismique selon l'EUROCODE 8, Article 3.1.2

SONDAGE : MASW
OUTIL : Classe Sol Sismique EC8 v1.2

DONNÉES

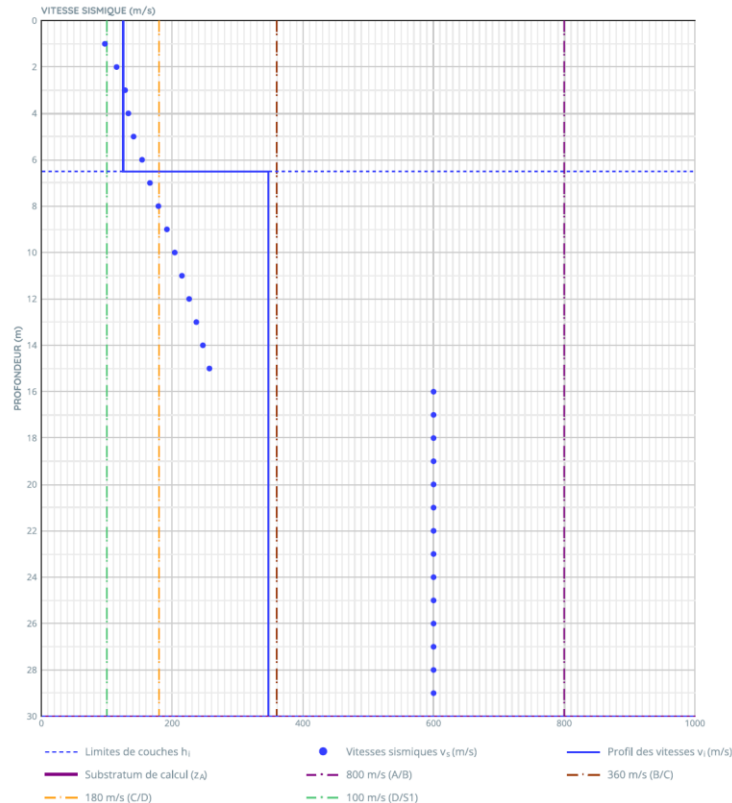
TYPE DE PROFIL : 1 - Vitesse sismique (v_s) PROFONDEUR DU SUBSTRATUM (z_A) IMPOSÉE : $z_A = 30.0$ m

Couches de sol		RÉSULTATS DE 0M À 30M		
N° COUCHE	Base z_{inf} (m)	Épaisseur h_i (m)	Vitesse v_i (m/s)	Classe
1	Moraines	6.50	125.2	D
2	Rocher	30.00	347	C
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

PROFIL DE MESURES : v_s (m/s)

N°	z (m)	v_s (m/s)
1	1.0	97.0
2	2.0	115.0
3	3.0	128.0
4	4.0	133.0
5	5.0	141.0
6	6.0	154.0
7	7.0	166.0
8	8.0	179.0
9	9.0	192.0
10	10.0	204.0
11	11.0	215.0
12	12.0	226.0
13	13.0	237.0
14	14.0	247.0
15	15.0	257.0
16	16.0	600.0
17	17.0	600.0
18	18.0	600.0
19	19.0	600.0
20	20.0	600.0
21	21.0	600.0
22	22.0	600.0
23	23.0	600.0
24	24.0	600.0
25	25.0	600.0
26	26.0	600.0
27	27.0	600.0
28	28.0	600.0
29	29.0	600.0
30		
31		
32		
33		

REPRÉSENTATION GRAPHIQUE



MOYENNE HARMONIQUE DES VITESSES SISMIQUES
 $v_{sA} = 250$ m/s de 0 m à la profondeur z_A
 $v_{s30, calculée} = 250$ m/s de 0 m à 30 m

NB : Ce résultat est corroboré par les vitesses sismiques mesurées en réf. [4] de l'ordre de 350 à 600 m/s sur un volume de sols représentatif (cf. Pièce 006).

RÉSULTAT

CLASSE DE SOL SISMIQUE
C

CARACTÉRISTIQUES
Dépôts profonds de sable de densité moyenne, de gravier ou d'argile moyennement raide ayant des épaisseurs de quelques dizaines à quelques centaines de mètres

B.5.3. Zone d'Influence Géotechnique (ZIG)

Définition et emprise : La Zone d'Influence Géotechnique est définie par l'impact des travaux d'excavation et l'impact des aménagements existants ou futurs sur les ouvrages du projet.

A ce stade des études (PRO), et sans tenir compte des effets des pompages de rabattement provisoire de la nappe phréatique, on considère que la Z.I.G. inclut une zone de 30 m en débord autour de la fouille du projet et jusqu'à 2100 m NGF (environ 30 m de profondeur).

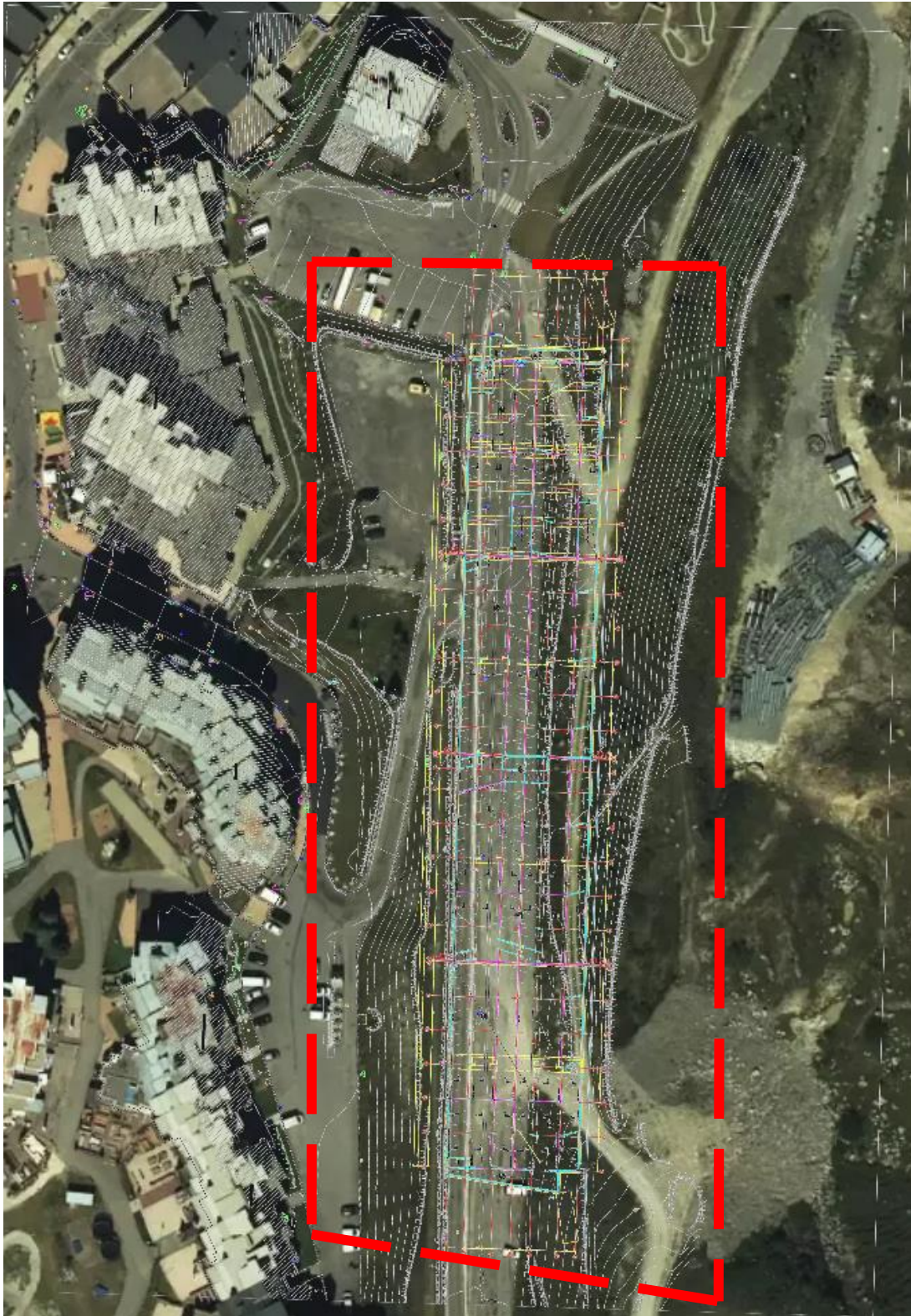


Figure 1 : Emprise de la ZIG définie par l'impact des travaux et sur l'édification

B.5.4. Investigations géotechniques phase exécution

À la suite de la découverte d'un vide franc au droit du sondage SPI I, des sondages destructifs avec enregistrement des paramètres de forages pour la recherche de vide ont été réalisés par FONDASOL au cours des mois de novembre et décembre 2023. Une interprétation des résultats de ces sondages a été réalisée au document FONDASOL Pièce N°005, réf. [6].

Les missions G3 phase études et suivi géotechnique de l'entreprise devront :

- Définir le programme détaillé des investigations pour maîtriser le risque résiduel de la présence de vide et terrains décomprimés au droit des fondations du projet ;
- Interpréter tous les résultats pour conclure sur la présence de vide dans les terrains à l'avancement des terrassements et assurer la sécurité des biens et des personnes contre le risque d'effondrement de terrain au niveau des plateformes de chantier ;
- Un point d'arrêt de la mission G3 sur le risque de présence de vide devra être fait sur les terrains avant de démarrer la construction des fondations de l'ouvrage.

Dans ce cadre, l'entreprise pourra procéder :

- En période de préparation, à la réalisation des sondages par forage destructifs pour recherche de vide au droit des appuis porteurs les plus chargés de la structure et en complément de ceux réalisés par FONDASOL.
- Au cours de l'exécution des terrassements, l'entreprise pourra réaliser des prospections géophysiques de mesures de microgravimétrie aux niveaux des arases de terrassement intermédiaires et en fonds de fouille.

B.6.PERIODE DE REALISATION DES TRAVAUX

Les travaux de terrassement, soutènement et gros œuvre sont programmés pour démarrer avant le début du printemps 2024 et être ajournés à la fin de l'automne 2024 pour éventuellement redémarrer à la même période en 2025.

La fonte des neiges (pour toutes températures $> 0^{\circ}\text{C}$) fera monter les niveaux piézométriques. Les vitesses et niveaux de remontées piézométriques seront proportionnelles aux hauteurs de neiges et cumuls des facteurs de fonte : durées $> 0^{\circ}\text{C}$, pluies, vent Foen,

C. GEOLOGIE, GEOTECHNIQUE ET HYDROGEOLOGIE

C.I. GEOLOGIE

C.I.1. Contexte géologique général

La description du contexte géologique locale est présentée en détail au :

- Rapport Pièce n° 001 : G2AVP, réf. [1], voir § B2.1 ;
- Rapport Pièce n°006 : G5 Synthèse géologique, réf. [6].

C.I.2. Aléa existant en présence de gypse et mécanismes

La description de l'aléa dissolution de gypse est présentée au § B2.2 du rapport Pièce n°001 - G2AVP, réf. [1].

Le risque d'effondrement de terrain à la surface topographique est présenté au § B.2.4.4 et au § B.2.5 du rapport Pièce n°001 - G2AVP, réf. [1].

En complément, la définition de l'aléa dissolution de gypse et du risque d'apparition de doline au droit du projet est traité dans le rapport Pièce n°006 - Synthèse géologique G5, réf.[6].

C.I.3. Données géotechniques d'archives

Les documents d'archive contenant des données géotechniques à proximité du site du projet sont listés au § A.4.2.

Un rappel des principales données géotechniques de ces archives est présenté au §B2.3 du rapport Pièce n°001 - G2AVP, réf. [1].

C.2. SYNTHÈSE GÉOTECHNIQUE

C.2.1. Investigations géotechniques pour le projet

Les données géotechniques disponibles au droit du projet proviennent des trois campagnes de reconnaissance présentées ci-dessous.

Campagne d'investigations géotechniques réalisée par EQUATERRE en octobre 2021 :

- 3 fouilles à la pelle mécanique notés S1 à S3 descendus entre 1,2 et 2,2 m/TA ;
- 7 sondages au pénétromètres dynamiques notés P1, P2, P3, P4, P4bis, P5, P5bis descendus entre 2,8 et 9,8 m/TA ;
- 3 forages destructifs avec enregistrement des paramètres de forage, notés F1, F2 et F3 descendus à 15 m/TA.

Campagne d'investigations géotechniques réalisée par FONDASOL en septembre et octobre 2022 :

- 4 sondages préssiométriques notés SPI à SP4 descendus entre 20 et 30 m/TA avec réalisation d'essais préssiométriques ;
- 2 sondages carottés notés SC1 et SC2 descendus jusqu'à 10 m/TA ;
- L'équipement piézométrique des sondages SPI, 3 et 4 à l'aide d'un tube PVC Ø45/50 mm dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau ci-après.

Campagne d'investigations géophysiques réalisée par FONDASOL en juin 2023 :

- 3 profils sismiques MASW : MASWE01, MASWE02 et MASWE03 ;
- 3 panneaux électriques : PE01, PE02 et PE03.

Campagne d'investigations géotechniques réalisée par FONDASOL en août et septembre 2023 :

- 3 sondages carottés notés SC11 et SC13 descendus entre 14 et 15 m/TA ;
- 7 sondages destructifs notés SD12 à SD18 descendus entre 7.4 et 15.3 m/TA ;
- 3 sondages préssiométriques notés SPI1 à SPI3 descendus entre 18 et 19 m/TA. Ces ouvrages ont été équipés piézométriquement comme le présente le tableau ci-après ;
- 7 sondages à la pelle mécanique notés PM1 à PM7 descendus entre 1.5 et 4.0 m/TA ;
- La réalisation de 5 tests de perméabilité par injection au droit des piézomètres in-situ ;
- L'équipement des sondages SD16+PZ à SD18+PZ, SPI+PZ et SPI1+PZ à SPI3+PZ à l'aide de sondes piézométriques automatiques dont le suivi est prévu sur une période de 1 an soit jusqu'en octobre 2024.

Campagne d'investigations géotechniques réalisée par FONDASOL en novembre et décembre 2023 :

- 45 sondages destructifs notés SDxx descendus à -5m m/base fondation projet ;
- 2 sondages préssiométriques notés SPI4 et SPI5 descendus entre 31 et 16 m/TA.

C.2.2. Lithologie

Les sondages ont permis de mettre en évidence la succession lithologique suivante :

- **Des matériaux de couverture** : terre végétale, enrobé et béton bitumineux sur couche de forme, ...
- **Formation 1 : des remblais** qui correspondent à l'aménagement en déblai/remblai du parking existant, ou des terrains naturels du site qui ont été remaniés ; ces matériaux de remblai sont le plus souvent extraits des terrassements de déblai des moraines de couverture de versant.
- **Formations 2 : une formation argileuse à graveleuse en proportion variables.** Il peut s'agir de moraines ou de formations d'éboulis (colluvions de versant), dont les lithologies sont très proches (formations de granulométrie étalée et anguleuse comme roulées en surface). Elles peuvent présenter des caractéristiques mécaniques très variables en plan et en profondeur dues au mode de dépôt.

Pour cette formation nous rappelons la description donnée par le bureau d'études SIGSOL dans son rapport réf : SIGSOL/73971004-MAIRIE DE TIGNES-PARKING DU GOLF N°2 :

« Le soubassement triasique est recouvert, au droit du PARKING DU GOLF, par les formations morainiques des dépôts glaciaires anciens datés du Würm (dernière grande glaciation quaternaire) et du post-Würm.

Elles résultent de placages de matériaux hétérométriques charriés par les glaciers et arrachés au "bassin-versant" glaciaire de ce secteur.

Elles sont généralement constituées par des cailloutis et des blocs hétérométriques émoussés et parfois volumineux de natures diverses emballés dans une gangue argilo-sableuse et sablo-argileuse d'abondance et de consistance variables.

Ces formations morainiques qui présentent des épaisseurs variables pouvant atteindre plusieurs dizaines de mètres, masquent le substratum sous-jacent.

Ces formations meubles de couverture dessinent souvent une topographie "molle" généralement caractéristique, le plus souvent recouverte par une strate herbacée dans les zones non urbanisées ».

- **Formations 3** : Il s'agit de la formation 2 avec des compacités élevées. Seul le sondage SPI3 a reconnu cette formation.
- **Formation 4-1 : le rocher très altéré** assimilé à l'unité briançonnaise. Cette formation peut comporter des niveaux de gypse.
- **Formation 4-2 : le rocher sain et fracturé** assimilé à l'unité briançonnaise. Cette formation peut comporter des niveaux de gypse.

En amont du projet, le merlon paravalanche est constitué de matériaux qui n'ont pas été reconnus par les sondages d'investigations.

C.2.3. Géomécaniques

C.2.3.1. Essais pressiométriques

Les essais pressiométriques réalisés dans le cadre des 2 campagnes d'investigations ont permis de mesurer les caractéristiques géomécaniques des terrains traversés. L'analyse pressiométrique est menée sur l'ensemble des essais effectués sur le site du projet.

Les tableaux, ci-après, présente une synthèse des caractéristiques géomécaniques mesurées par horizon.

C.2.3.1.1. Remblais (F1)

	Unités	Min.	Max.	Ecart -type	q25	Médian	q75	Arithmétique	Harmonique	Géométrique	Cubique	m-0.5s	m+0.5s
Remblais													
Prof.	m	1.10	4.30	1.07	2.00	3.10	3.50	2.79	2.26	2.54	3.13	1.72	2.25
Top	m (NGF)	2136.40	2142.20	1.84	2138.50	2140.20	2140.90	2139.66	2139.66	2139.66	2139.66	2137.82	2138.74
Base	m (NGF)	2132.90	2140.30	2.66	2134.80	2136.70	2139.30	2136.87	2136.87	2136.87	2136.87	2134.21	2135.54
Pressiomètre													
EM	MPa	1.80	15.80	3.70	4.55	6.45	7.83	6.80	4.93	5.84	8.63	3.10	4.95
pfM*	MPa	0.11	1.50	0.32	0.37	0.56	0.64	0.57	0.39	0.48	0.74	0.24	0.41
pLM*	MPa	0.20	2.46	0.58	0.64	1.09	1.35	1.06	0.69	0.88	1.34	0.48	0.77
EM/pLM*		4.38	9.53	1.46	5.61	6.74	7.48	6.77	6.45	6.61	7.08	5.30	6.04

C.2.3.1.2. Moraines +/- compactes (F2)

	Unités	Min.	Max.	Ecart-type	q25	Médian	q75	Arithmétique	Harmonique	Géométrique	Cubique	m-0.5s	m+0.5s
Moraines													
Prof.	m	5.40	16.50	4.20	6.68	10.00	14.00	10.47	8.77	9.60	11.97	6.27	8.37
Top	m (NGF)	2132.90	2140.30	2.58	2135.88	2137.80	2139.50	2137.35	2137.35	2137.35	2137.35	2134.77	2136.06
Base	m (NGF)	2123.70	2136.00	4.53	2125.85	2128.45	2133.30	2129.42	2129.41	2129.41	2129.43	2124.89	2127.15
Pressiomètre													
EM	MPa	2.80	43.30	8.18	8.35	11.50	15.40	13.47	9.48	11.39	18.22	5.29	9.38
pfM*	MPa	0.18	2.16	0.50	0.68	0.99	1.45	1.05	0.74	0.91	1.26	0.55	0.80
pLM*	MPa	0.29	2.72	0.69	1.07	1.45	2.16	1.57	1.15	1.39	1.83	0.88	1.23
EM/pLM*		5.90	18.97	2.53	6.81	7.86	9.68	8.50	7.99	8.21	9.34	5.97	7.23

Valeurs écartées : SPI1 à -4.5 m / SPI2 à -3.0 m / SP3 à -11.5 m / SP4 à -5.0 et -6.0 m

C.2.3.1.3. Moraines très compactes (F3)

	Unités	Min.	Max.	Ecart-type	q25	Médian	q75	Arithmétique	Harmonique	Géométrique	Cubique	m-0.5s	m+0.5s
Moraines compactes													
Prof.	m	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	0.00	10.00	5.00	15.00
Top	m (NGF)	2134.00	2134.00	2134.00	2134.00	2134.00	2134.00	2134.00	2134.00	0.00	2134.00	1067.00	3201.00
Base	m (NGF)	2128.30	2128.30	2128.30	2128.30	2128.30	2128.30	2128.30	2128.30	0.00	2128.30	1064.15	3192.45
Pressiomètre													
EM	MPa	55.50	112.60	22.46	61.43	76.15	94.83	80.10	74.18	0.00	86.13	68.87	91.33
pfM*	MPa	3.34	4.86	0.65	4.44	4.82	4.84	4.46	4.34	0.00	4.54	4.13	4.78
pLM*	MPa	3.82	4.86	0.44	4.56	4.82	4.84	4.58	4.53	0.00	4.62	4.36	4.80
EM/pLM*		11.56	23.19	4.16	15.34	17.50	19.60	17.44	16.38	0.00	18.38	15.36	19.52

C.2.3.1.4. Rocher très altéré (F4-1)

	Unités	Min.	Max.	Ecart-type	q25	Médian	q75	Arithmétique	Harmonique	Géométrique	Cubique	m-0.5s	m+0.5s
Rocher très altéré													
Prof.	m	7.00	20.00	5.27	11.00	18.00	20.00	15.20	12.84	14.09	16.75	12.57	17.83
Top	m (NGF)	2121.70	2134.50	4.88	2127.20	2133.00	2133.60	2130.00	2129.99	2129.99	2130.01	2127.56	2132.44
Base	m (NGF)	2118.70	2133.40	5.19	2124.00	2124.20	2130.40	2126.14	2126.13	2126.13	2126.15	2123.55	2128.73
Pressiomètre													
EM	MPa	10.00	54.00	12.85	15.73	20.10	31.95	24.82	19.68	21.97	30.96	18.39	31.24
pfM*	MPa	0.74	4.77	0.99	1.36	1.56	1.99	1.85	1.52	1.66	2.39	1.35	2.34
pLM*	MPa	1.44	5.92	1.23	2.20	2.48	3.27	2.95	2.55	2.73	3.45	2.33	3.56
EM/pLM*		5.67	11.00	1.56	6.91	8.27	9.21	8.19	7.89	8.04	8.48	7.41	8.97

C.2.3.1.5. Rocher sain et fracturé (F4-2)

	Unités	Min.	Max.	Ecart-type	q25	Médian	q75	Arithmétique	Harmonique	Géométrique	Cubique	m-0.5s	m+0.5s
Rocher sain fracturé													
Prof.	m	17.00	30.00	4.38	18.13	18.75	19.75	20.42	19.71	0.00	21.42	18.23	22.61
Top	m (NGF)	2123.70	2133.40	3.42	2125.23	2129.00	2130.23	2128.28	2128.28	0.00	2128.29	2126.57	2130.00
Base	m (NGF)	2110.20	2122.40	4.34	2120.65	2121.80	2122.13	2119.78	2119.77	0.00	2119.79	2117.61	2121.95
Pressiomètre													
EM	MPa	71.10	427.20	91.39	112.00	143.00	241.05	178.75	145.36	0.00	222.85	133.06	224.45
pfM*	MPa	2.60	4.92	0.44	4.67	4.86	4.89	4.70	4.64	0.00	4.74	4.48	4.92
pLM*	MPa	4.50	4.92	0.07	4.83	4.87	4.90	4.85	4.85	0.00	4.86	4.82	4.89
EM/pLM*		15.81	88.11	18.96	23.08	29.26	50.04	36.85	29.98	0.00	46.05	27.37	46.33

C.2.3.2. Essais en laboratoire : Résistances de cisaillement (c' ; φ')

Extrait du rapport SIGSOL/73971004-MAIRIE DE TIGNES-PARKING DU GOLF N°2 :

VIII.2 RESULTATS

Les deux essais entrepris aboutissent aux résultats suivants:

5m-5,50m (moraines): $c'=0$, $\varphi'=30^\circ$

11,50m-13,50m (gypse) : $c'=0$, $\varphi'=39^\circ$

C.2.3.3. Modèle géomécanique général du projet

N°	Sol	Prof.	Zbase	γ_h	γ_d	γ'	EM	pfM*	pLM*	α	EM/PIM*	Cu	Φ_u	C'	Φ'	Ψ	v
		m	m (NGF)	kN/m3	kN/m3	kN/m3	MPa	MPa	MPa			kPa	deg	kPa	deg	deg	
F0	Merlon paravalanche			20.0	19.0	10.0						10	30	0	35	0	0.33
F1	Remblais	-5.80	2134.0	20.0	19.0	10.0	4.0	0.35	0.60	0.50	7	5	30	0	30	0	0.33
F2	Moraines	4.50	2123.7	20.0	19.0	10.0	10	0.70	1.20	0.50	8	10	30	0	30	0	0.33
F3	Moraines compactes	-0.10	2128.3	20.0	19.0	10.0	70	4.00	4.00	0.33	18	15	30	0	35	5	0.33
F4-1	Rocher très altéré	9.50	2118.7	22.0	21.0	12.0	20	1.20	2.00	0.67	10	20	35	0	39	9	0.33
F4-2	Rocher sain/fracturé	18.00	2110.2	23.0	22.0	13.0	140	5.00	5.00	0.50	28	30	35	0	39	9	0.33

C.3. HYDROGEOLOGIE

C.3.1. Contexte hydrogéologique général

Se reporter au document FONDASOL Pièce n°004 indice C, réf. [5].

C.3.2. Paramètres hydrodynamiques des aquifères - perméabilités

Se reporter au document FONDASOL Pièce n°004 indice C, réf. [5].

C.3.3. Niveaux d'eau de projet

Une estimation des niveaux caractéristiques est présentée au document [5] sur la base des chroniques piézométriques disponibles à fin septembre 2023.

En l'absence de données hydrogéologiques complémentaires (fin du suivi piézométrique en cours), les hypothèses hydrogéologiques et les niveaux d'eau retenus pour les études G2PRO sont les suivants.

- ZONE NORD -			- ZONE SUD -		
Nord	Nord	Centre	Centre	Sud	Sud
0	5	11	11	18	25
SP1+PZ	SP13+PZ	SP2+PZ	SP12+PZ	SP11+PZ	SP4+PZ
2 136.4	2 138.3	2 138.7	2 140.4	2 141.1	2 144.0
[NGF]					
<i>B =</i>	15.0	15.0	17.0	17.0	6.0
					17.0

Ouvrage en service (situations permanente et transitoire sismique) - Niveaux d'eau :

EE	2 136.4	2 138.3	2 138.7	2 140.4	2 141.1	2 144.0	[NGF]
EH	2 133.4	2 136.0	2 138.7	2 139.6	2 135.4	2 138.7	[NGF]
EB	2 122.9	2 126.0	2 129.1	2 127.6	2 131.2	2 126.7	[NGF]

EE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	[m/TA]
EH	3.0	2.3	0.0	0.8	5.7	5.3	[m/TA]
EB	13.5	12.3	9.6	12.8	9.9	17.3	[m/TA]

Phases travaux (situations transitoires) - Niveaux d'eau :

<i>As-dalle =</i>	2 129.20	2 129.92	2 133.55	2 133.55	2 137.05	2 138.52	[NGF]
FF =	2 128.20	2 128.92	2 132.55	2 132.55	2 136.05	2 137.52	[NGF]
EH =	2 133.40	2 136.00	2 138.70	2 139.60	2 135.40	2 138.70	[NGF]
Δrabatt. =	5.2	7.1	6.2	7.1	-0.6	1.2	[m/FF]

Tableau des niveaux d'eau de référence selon les EUROCODES

!! Note importante :

Les niveaux d'eau EB, EH et EE donnés ci-avant sont provisoires car le suivi piézométrique n'est pas terminé. Ces niveaux sont définis sur la base des derniers relevés disponibles lors de la mise à jour de l'étude hydrogéologique de projet datée du 14/12/2023.

La présente étude est basée sur niveaux définis dans le document FONDASOL Pièce n°004, réf. [5], indice A du 14/12/2023.

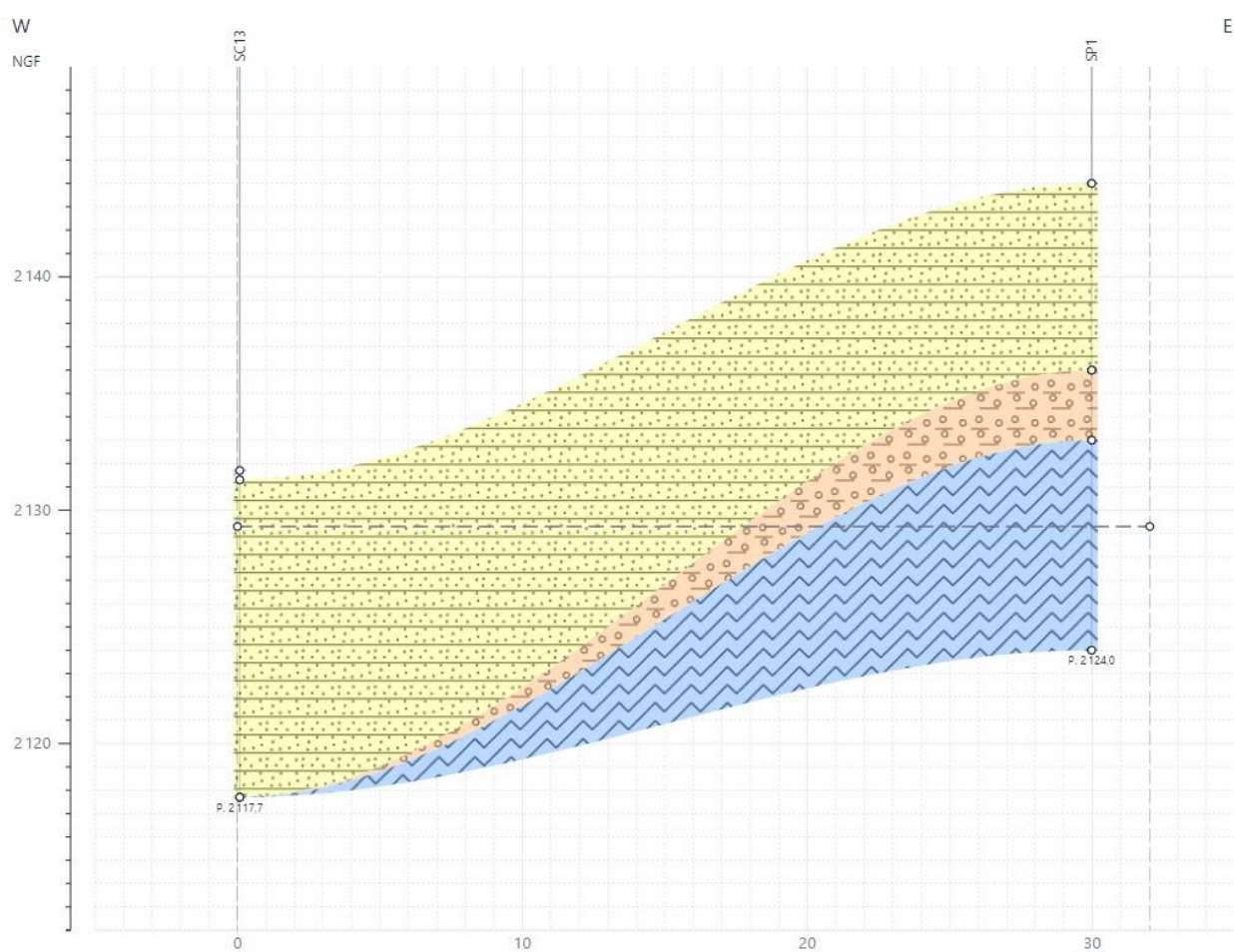
C.4. SYNTHESE GRAPHIQUE

Légende lithologique :

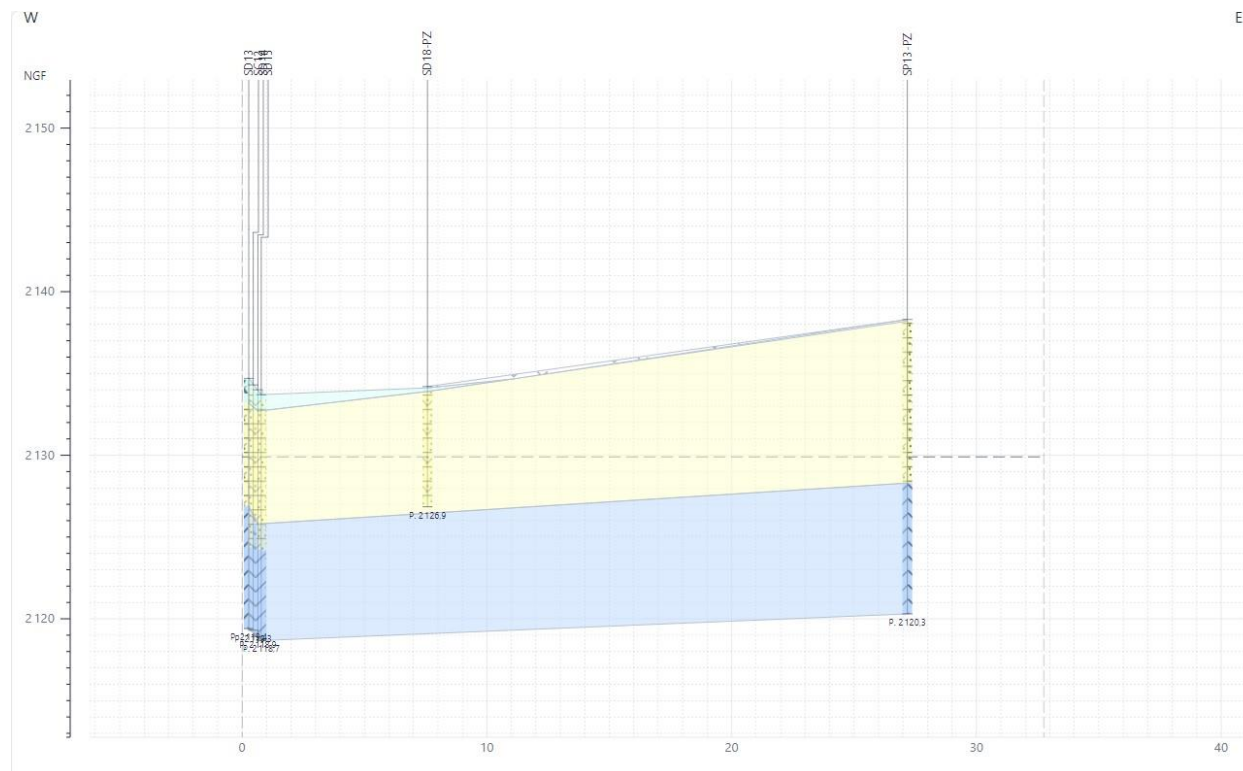
Motif	Couleur	Nom	Code
	Dark blue	Remblais	R1
	Yellow	Moraines	SL1
	Orange	Moraines compactes	4MC
	Purple	Rocher sain fracturé	Ra
	White	Vide, fontis	Code
	Green	Rocher très altéré	Rs

C.4.1. Profils stratigraphiques en travers (résultats par interpolation)

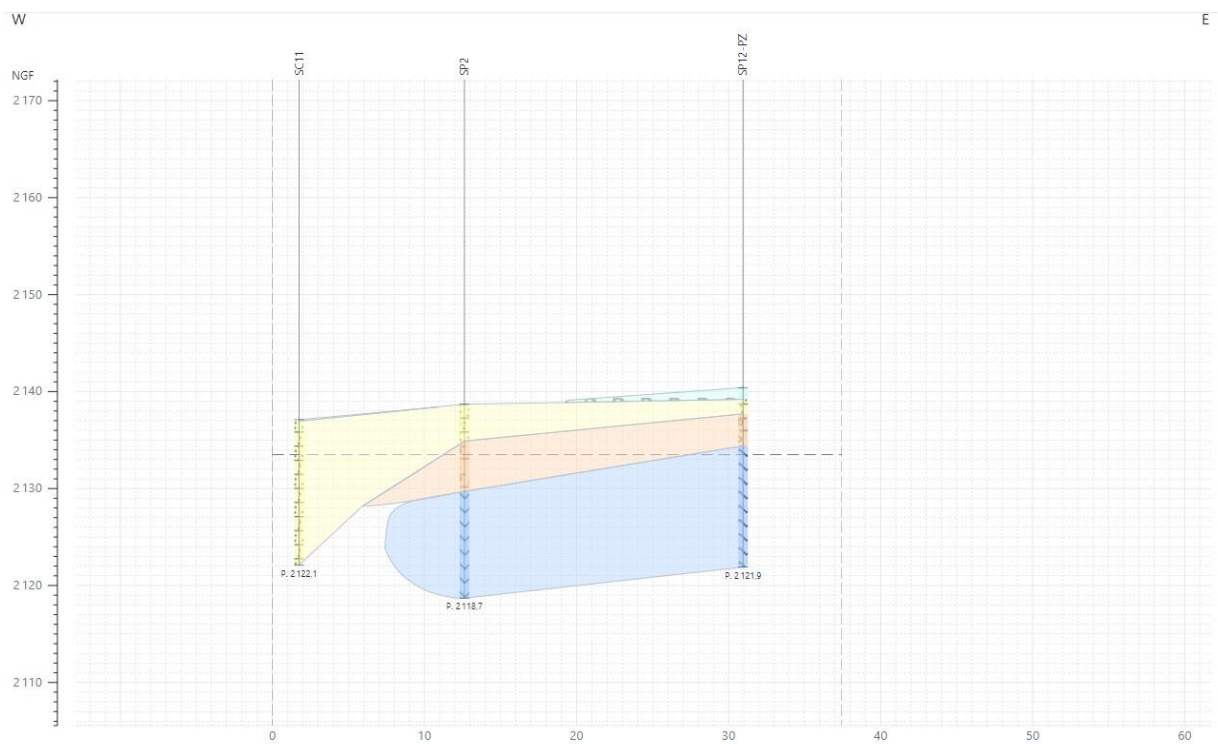
Profil en file 00 :



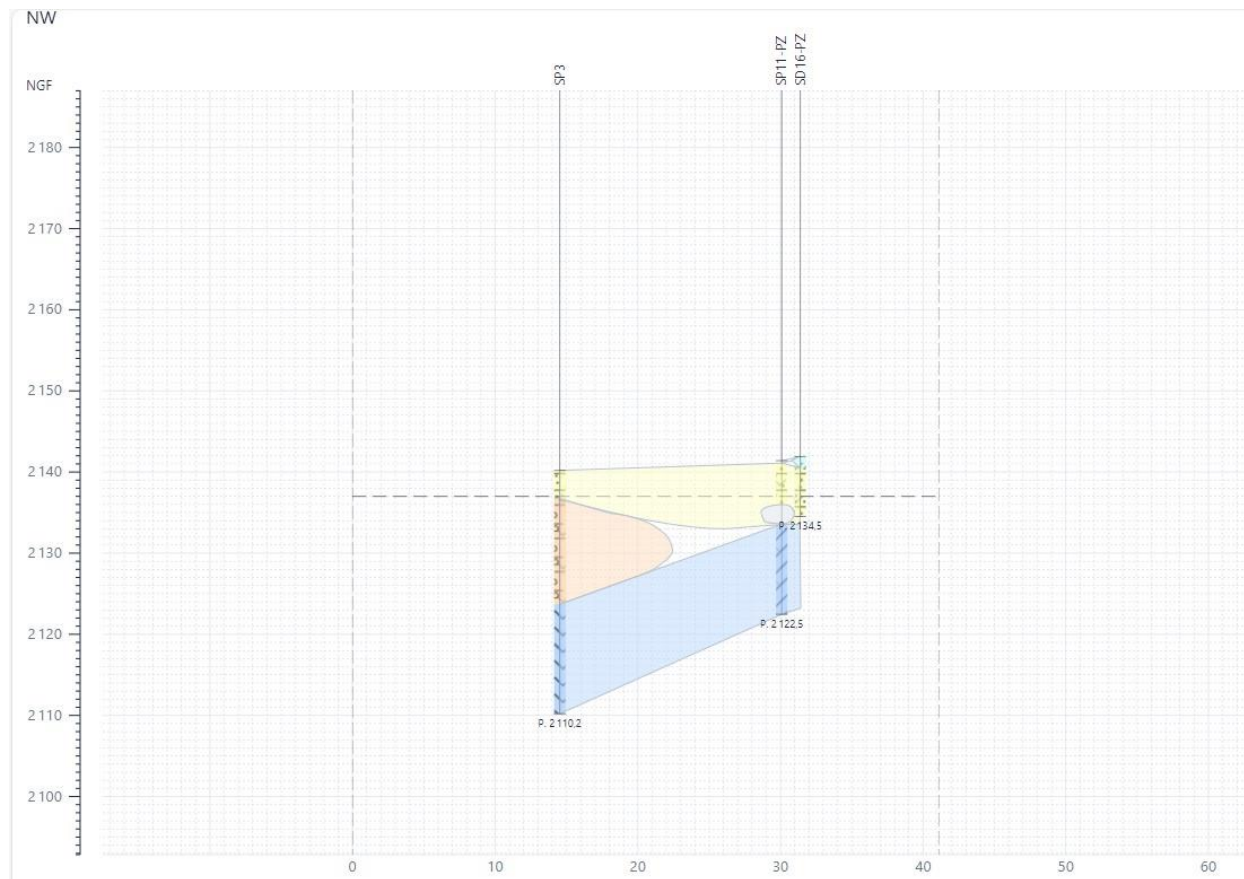
Profil en file 05 :



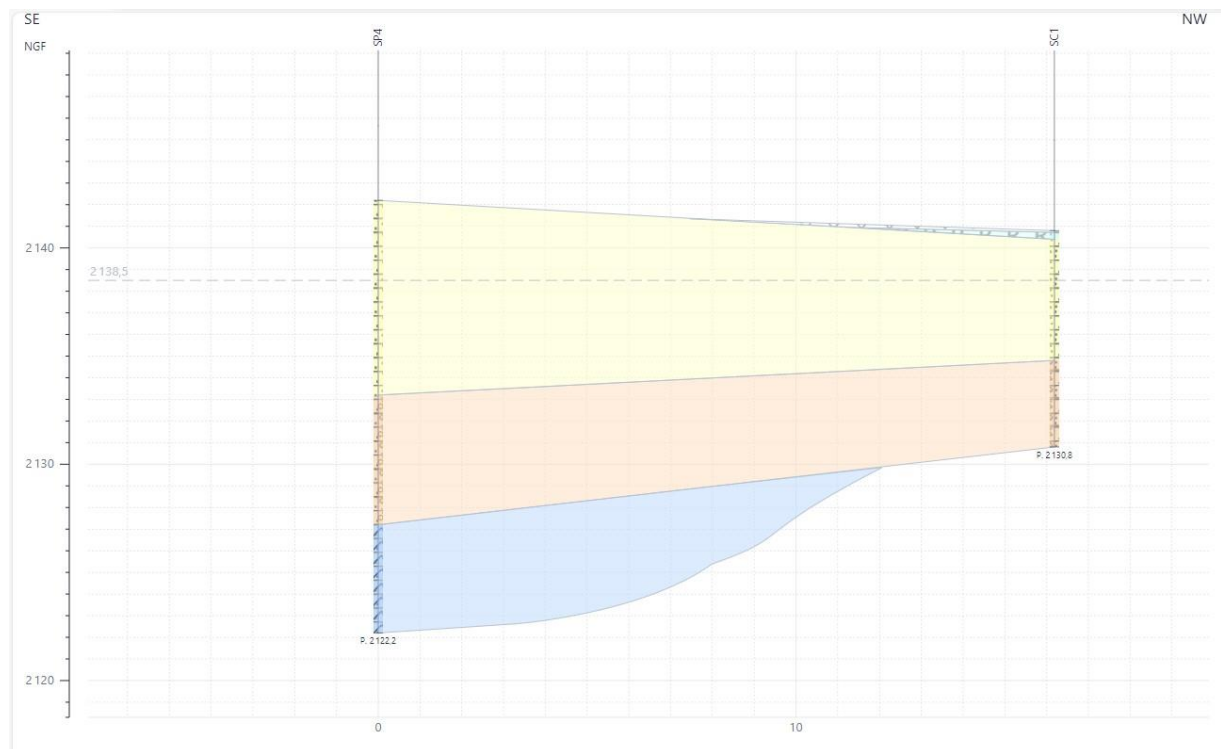
Profil en file 11 :



Profil en file 18 :

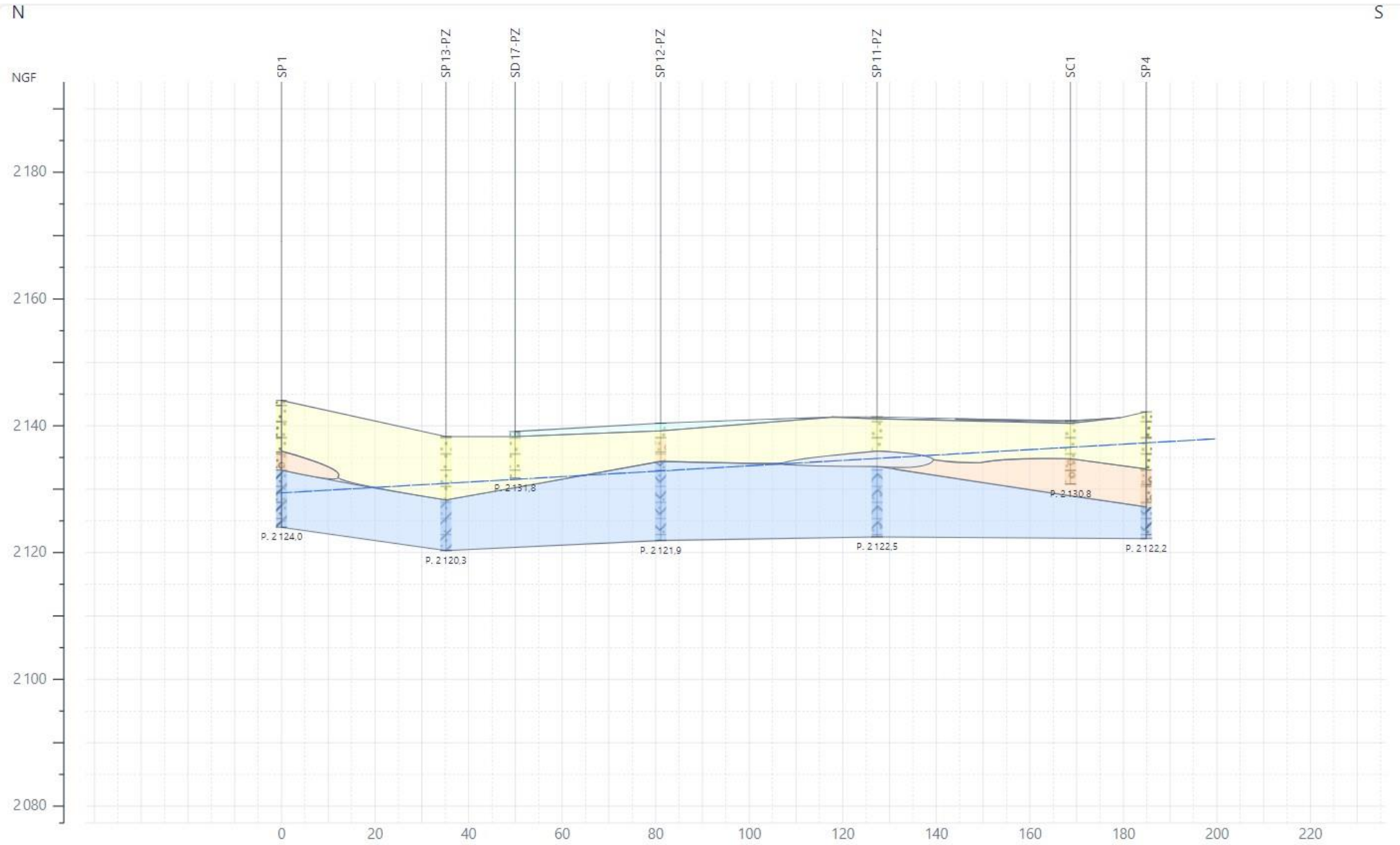


Profil en file 24 :

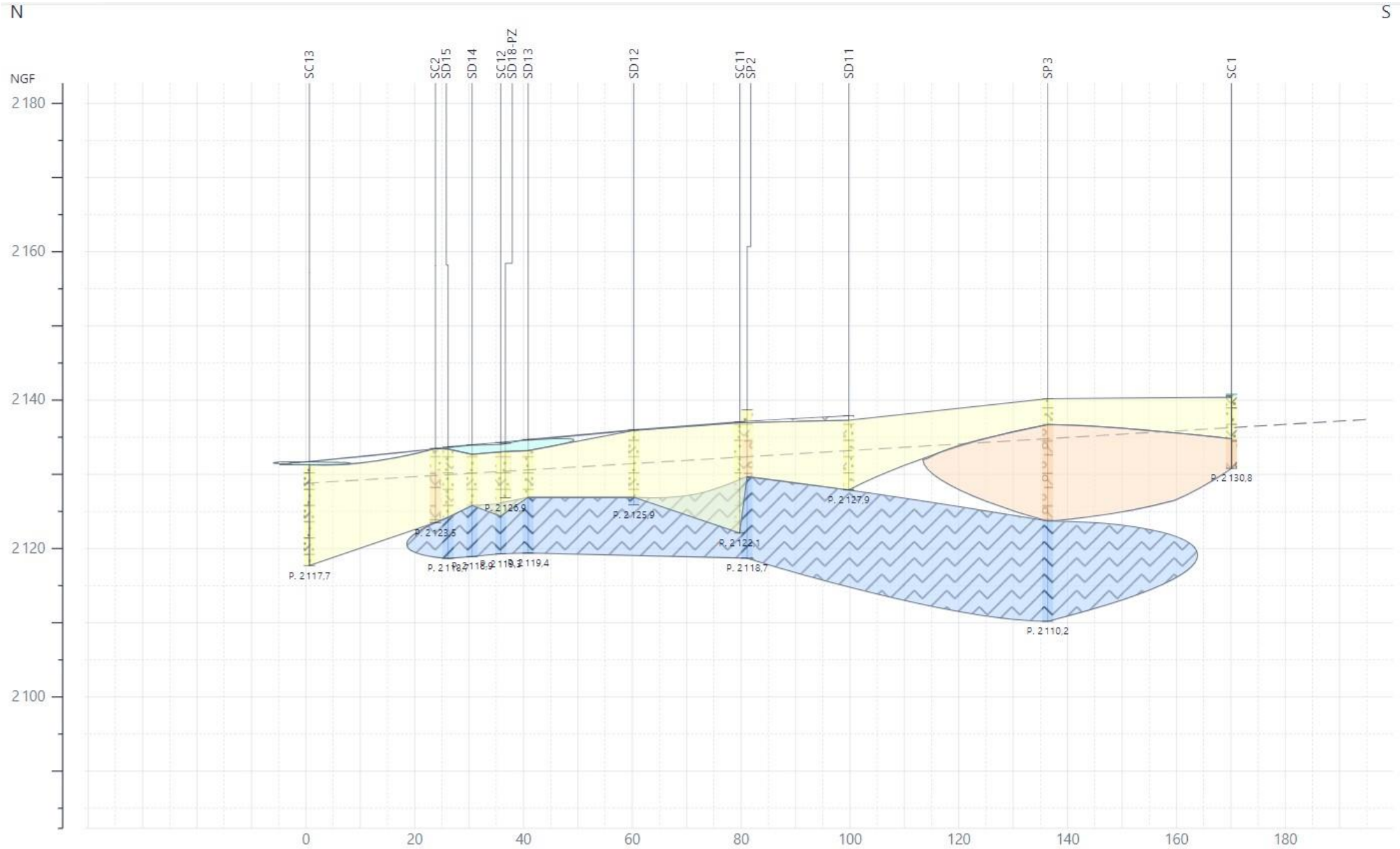


C.4.2. Profils stratigraphiques en long (résultats par interpolation)

Profil du coté amont (proche file G) :



Profil du coté aval (proche file A) :



D. TRAVAUX PREPARATOIRE DE COMPLEMENT DE VIDES DANS LES TERRAINS

D.1. OBJET

Le présent chapitre D concerne l'étude spécifique des travaux de préparation des arases de terrassement en présence de vide. Elle définit les conditions de :

- Mise en sécurité des travaux contre les risques d'effondrement de cavité caché sous les arases de terrassement,
- Travaux de terrassement au droit de cavité reconnues avec excavation en redans, purge, remblaiement de comblement et de substitution ;
- Travaux d'injection par forages depuis des plateformes pour comblement de vides décelés et d'injection de consolidation des terrains décomprimés.

Les prescriptions qui découlent de ce chapitre doivent être appliquées en préalable au démarrage des travaux terrassement et intéressent à la fois la sécurité du chantier et la stabilité des ouvrages définitifs et provisoires dont les soutènements en particulier (stabilité des fiches mécanique en butée contre les terrains sans vide à vérifier).

D.2. Géotechnique et hydrogéologie

D.2.1. Niveaux d'eau phase chantier

Pour la définition des modèles hydrogéologiques du site, on se reportera au document FONDASOL Pièce n°004, réf. [5].

D.2.2. Synthèse géotechnique

Pour la définition des modèles géotechniques du site, on se reportera au chapitre C du présent document.

D.2.3. Analyses granulométriques

D.2.3.1. Sur échantillons entre 0 et -2 m/TA

Pour l'étude G2AVP, des analyses granulométriques ont été réalisées sur des échantillons dans les sondages à la pelle mécanique jusqu'à 2 mètres de profondeur depuis la surface des terrains actuels.

Tous ces résultats sont présentés au § C.3.1 du document FONDASOL Pièce N°001 indice A, réf. [1].

Selon la classification des matériaux, issue de la norme NF P11-300, les matériaux constituant les remblais sont de classes :

- CIA1, CIA2 et CIB5.

D.2.3.2. Sur échantillons entre -1,5 et -12,5 m/TA

Pour l'étude G2PRO « injection » (présent chapitre D), des essais d'identification ont été menés en laboratoire sur les matériaux prélevés au droit des sondages carottés dans le but de déterminer leur classe GTR (hors état hydrique) conformément à la norme NF P11-300.

Les résultats obtenus sont récapitulés au sein du tableau suivant.



RÉCAPITULATIF D'ESSAIS DE LABORATOIRE

Projet N° : RAGT.22.0214		Nom du projet : TIGNES - PARKING VAL CLARET						Ingénieur d'étude, visa : Bénédicte SAINTIER				RESPONSABLE DU LABORATOIRE : Junist SELY														Page 1 / 1					
Indice mémo :		Date 04/01/2024														Nom Jean-Marc BIDEY-COMBES														Visa	
Forage	Prof. moyenne (m)	Nature	Wn	ρ	ρ _d	ρ _s	W _L	W _p	I _p	VBS	Ca CO ₃	D _{max}	Passant à					Proctor		Proctor+IPI		IPI	LA	MDE	FS	SE	FR	DG	Classification		
			%	t/m ³	t/m ³	t/m ³	%	%	%	(-)	%	mm	50 mm 0/D	2 mm 0/D	80 μm 0/D	63 μm 0/D	2 μm 0/D	2 mm 0/50	80 μm 0/50	W _{opn} %	P _{dopn} t/m ³	W _{opn} %	P _{dopn} t/m ³	%	-	-	%	%		-	-
Normes			94-050	94-053	94-053	94-054	A-051 & 52			94-068	94-048	A-056 & 57							94-093				94-078	1097-1	1097-2	18-576	933-8	94-066	94-067	11-300	
Remarques:			*Wn = teneur en eau sur 0/20 (NF P11-300)														*Ic ne peut être calculé uniquement si le matériau < 400μm (NF P94-051)														
Nombre d'essais			10									10	10	10	10	7	10	10													
SC11	1.50	limon graveleux sableux marron	20.7									35	100.0	65.0	34.7	33.5	5.7	65.0	34.7												
	2.50	grave limono sableuse marron	22.1									65	94.1	51.9	29.0	27.5	5.0	55.1	30.8												
	11.70	sable gris	20.0									28	100.0	90.7	10.8	10.0	1.5	90.7	10.8												
SC12	2.20	sable graveleux gris	8.4									35	100.0	72.4	6.2	5.6		72.4	6.2												
	3.50	sable graveleux gris	12.5									30	100.0	64.4	9.6	7.8		64.4	9.6												
SC13	3.35	argile graveleux sableuse marron	17.6									55	98.6	64.6	37.6	36.1	9.0	65.5	38.1												
	4.80	grave sableuse grise	3.8									70	96.6	24.0	4.2	3.9		24.8	4.4												
	6.50	grave sableuse grise	7.4									30	100.0	34.4	13.7	12.9	2.2	34.4	13.7												
	11.50	grave limono sableuse grise	6.8									25	100.0	38.6	17.2	16.5	2.3	38.6	17.2												
	12.50	grave limono sableuse verte	11.3									55	89.4	41.3	18.2	17.1	3.0	46.2	20.3												

Selon la classification des matériaux, issue de la norme NF PI I-300, les matériaux constituant des moraines sont de classes :

- CIA1 : matériaux grossiers (sables, graves et blocs) englobés dans une matrice très silteuse voire argileuse,
- CIA2 : matériaux grossiers englobés dans une matrice argileuse à limoneuse,
- CIB5 : matériaux grossiers englobés dans une matrice très sableuse voire silteuse.

Tout comme à l'échelle du secteur, pour les moraines en place, il s'agit de matériaux granulaires caractérisés par une forte proportion en éléments grossiers, dont le diamètre maximum est supérieur à 50 mm, contenus dans une matrice fine sablo-limoneuse plus ou moins abondante.

Ces résultats mettent en évidence une certaine hétérogénéité des moraines en place sur l'ensemble du secteur d'étude avec des variations lithologiques de faciès.

D.2.4. Perméabilités des moraines

Se reporter au document FONDASOL Pièce n°004, réf. [5].

D.2.5. Porosité des moraines

Enquête bibliographique – AFTES GT8R2FI :

Tableau 4.1 - Ordres de grandeur de porosité des sols

Type de sol	Principales formations	Cu	Porosité n
Sables homogènes	Sables de Fontainebleau, Sables de Beauchamp, etc Sables marins	1,5 à 3	35% – 40%
Sables et graviers	Alluvions	3 à 20	25% – 35%
Sables, galets et blocs	Eboulis – Remblais hétérogènes	20 à 100	15% – 25%

Nota :

- Les ordres de grandeur présentés, ci-avant, à défaut de mesures de densité, délicates compte tenu nature des matériaux ne permettant pas un prélèvement intact ;
- la porosité dépendra de la fraction fine (a priori plus forte dans les matériaux de classe CIB5 que ceux de classe CIA1/A2) et évidemment de la présence localisée de matériaux beaucoup plus crus dans les zones de fortes circulations d'eau.

D.3. CONTEXTE ET ALEA CAVITE

D.3.1. Contexte

À la suite de la découverte d'un vide franc au droit du sondage SPI I-PZ, des sondages destructifs avec enregistrement des paramètres de forages (avec calibrage) pour la recherche de vide ont été réalisés sur les mois de novembre et décembre 2023.

Une interprétation des résultats de ces sondages a été réalisée :

- Aucun vide supplémentaire n'a été reconnu, ni même dans un rayon d'environ 2 m autour de la cavité au droit de SPI I-PZ ;
- Le traitement des enregistrements des paramètres de forage a permis de mettre en évidence des dépressions du toit du « substratum (*) » ; Dans ces zones de « dépression », on peut constater la présence de moraines « décomprimées », ou moins compactes par rapport au reste du site.

(*) : Ici, on parle du toit des formations très compactes indifférenciées : moraines très denses ou rocher (formations à gypses, kargneules).

Chaque zone en présence de vide reconnu et/ou de terrains « décomprimés » peut être le signe d'un phénomène d'effondrement de cavités dans le substratum gypseux consécutif à sa dissolution par des circulations d'eau. Nous rappelons qu'une cavité de dissolution s'est ouverte (= effondrement jusqu'en surface) à l'aplomb de l'entrée du parking du « Golf I » lors de sa construction et qui a été comblée (nous n'avons pas de renseignements complémentaires à ce sujet).

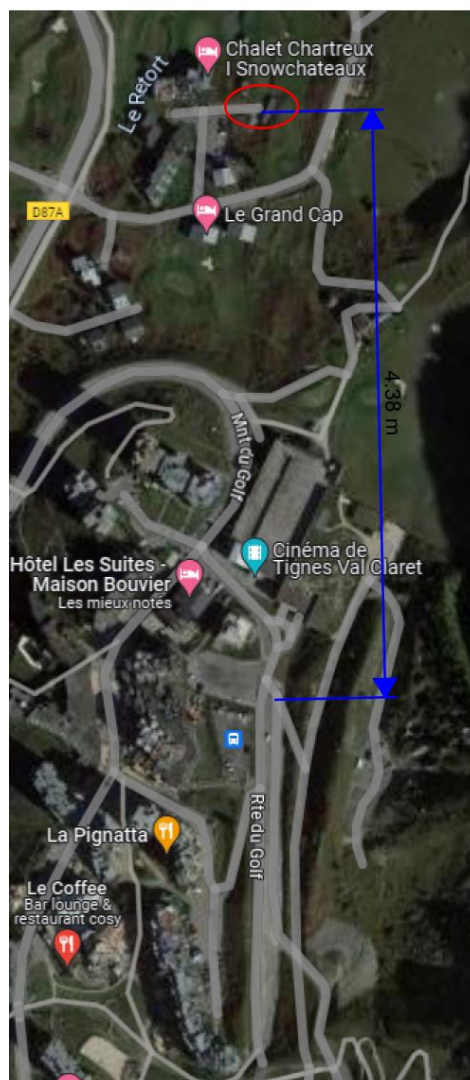
En complément, se reporter au document FONDASOL Pièce n°005, réf.[6].

Concernant le contexte hydrogéologique, la présence de sources utilisées en adduction d'eau par la ville de Tignes implique la nécessité de préserver la ressource en eau :

- la source « Caffo » (ou « Rosière ») est utilisée pour la fabrication de neige de culture et peut également constituer un recours pour compléter l'alimentation en eau potable de Tignes en cas de forte fréquentation touristique.

Cette source se situe en aval du projet à environ 400 /450 m à vol d'oiseau, voir le plan ci-joint.

Dans ce contexte, le risque de recouper des passages de fortes circulations d'eau souterraine est important et les conséquences d'un impact sur cette ressource sont majeures. Cela contraint, voire conditionne, les solutions techniques des travaux.



D.3.2. Vides et cavités reconnues par les sondages in situ

D.3.2.1. En dehors de l'emprise du projet (Golf I & 2)

Les sondages suivants ont permis de reconnaître la présence de vides et, ou de cavités dans les terrains :

Sondage :	N° file projet	Vide-cavité / sol décomprimé	Profondeur [m/TN]	Cotes [NGF]
<i>Investigations géotechniques réalisées par SIMECSOL en janvier 1989 :</i>				
SPR1		RAS		
SPR2		RAS		
SPR3		RAS		
SPR4		RAS		
SPR5		RAS		
SPR6		RAS		
<i>Investigations géotechniques réalisées par SIGSOL en octobre et novembre 1997 :</i>				
SC6		Gypse « altéré » avec perte totale de fluide	-10.8 à -11.5	
		Successions de petits vides	-11.5 à -13.5	
		Gypses très altérés ou des matériaux de remplissage de vides de dissolution	-17.6 à -18.5	
SP1		Matériaux altérés avec des consistances amoindries	-9.4 à -12.3	
		Matériaux altérés avec des consistances amoindries	-25.8 à -30	
SP2		Matériaux altérés avec des consistances amoindries	-3.0 à -10.2	
		Matériaux altérés avec des consistances amoindries	-14.8 à -20	
SP4		Matériaux altérés avec des consistances amoindries	-1.8 à -6.2	
		Matériaux altérés avec des consistances amoindries	-14.8 à -20	
SP5		Matériaux altérés avec des consistances amoindries	-3.2 à -10.6	
		Matériaux altérés avec des consistances amoindries	-14.0 à -16.5	
SD7		Matériaux altérés avec des consistances amoindries	-6.1 à -9.2	
		Matériaux très altérés avec des consistances faibles	-9.2 à -11.3	
		Matériaux très altérés avec des consistances faibles	-12.3 à -20	
SD8		Matériaux altérés avec des consistances amoindries	-16.5 à -18.8	
SD9		RAS		
<i>Investigations géotechniques réalisées par SOLEN en juin et septembre 1998 :</i>				
D1				
D2				
D3		VIA \geq 1500 m/h		
D4		VIA \geq 1500 m/h		
D5				
D6		VIA \geq 1500 m/h		
D7				
D8				
D9				
D10				
D11				
D12				
D13				
D14				
D15				
D16		VIA \geq 1500 m/h		
D17				
D18				
D19				
D20				
D21		VIA \geq 1500 m/h		
D22				
D23				
D24				
D25				

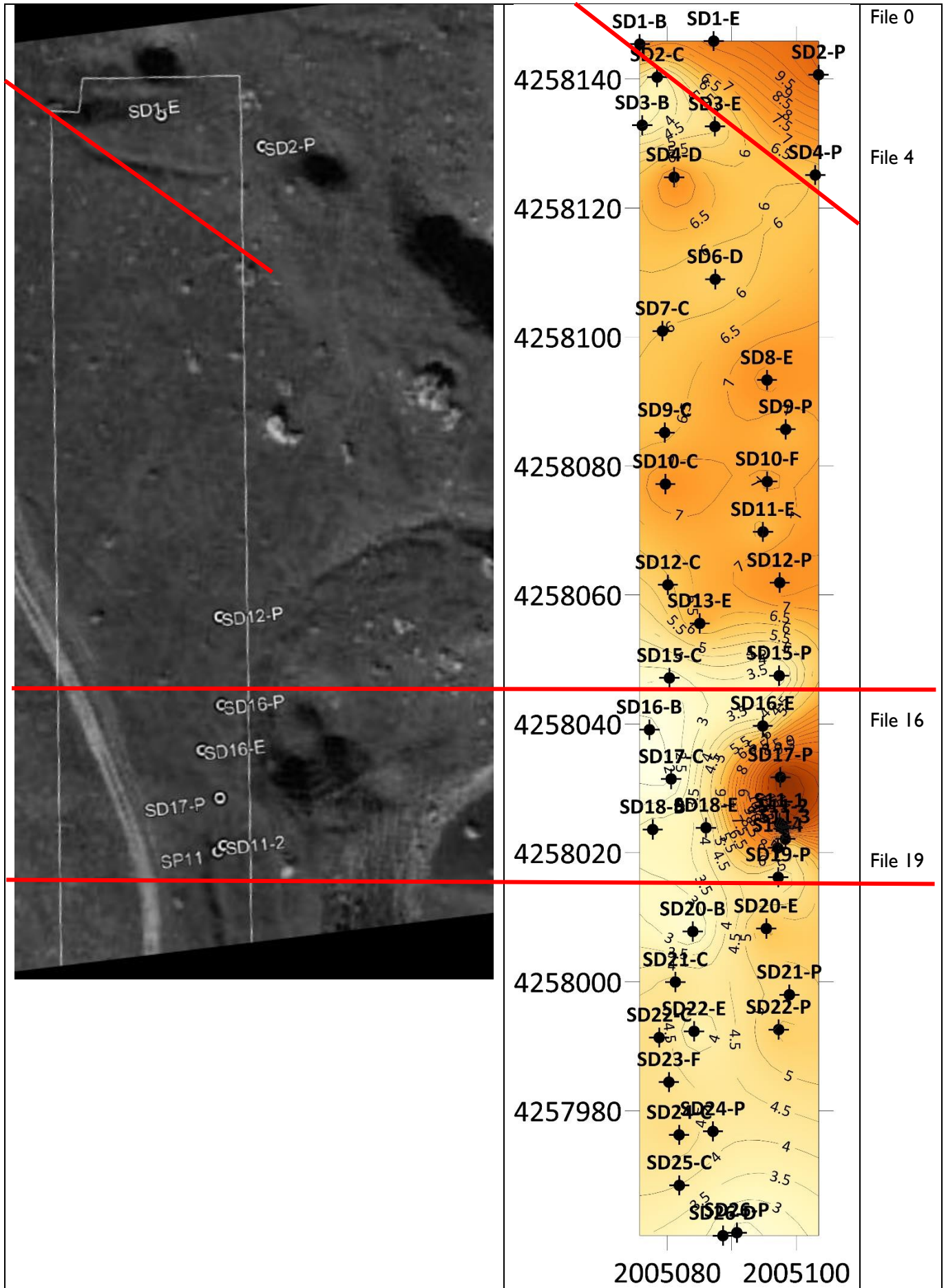
D26		VIA \approx 1500 m/h		
D27		VIA \geq 1500 m/h		
D28				
D29				
D30				
D31				
D32				
D33				
P33				
P34				
P35-2				
D36				
D37				
D38				
D25bis				

D.3.2.1. Dans l'emprise du projet parking « Boucle Est »

Sondage :	N° file projet	Vide-cavité / sol décomprimé	Profondeur [m/TN]	Cotes [NGF]
<i>Investigations géotechniques réalisées par EQUATERRE en octobre 2021 :</i>				
PI+F1	19-20	Niveau très lâche, cavité remplie de matériaux sableux ou chenaux sableux	-5.4 à -8.2	2134.9 à 2132.1
			-8.2 à -9.2	2132.1 à 2131.1
P2+F2	23-24	RAS		
P3+F3	27	RAS		
<i>Investigations géotechniques réalisées par FONDASOL en septembre et octobre 2022 :</i>				
PSPD1	<i>Hors projet</i>	RAS		
PSPD2	07-08	RAS		
PSPD3	08	RAS		
PSPD4	13	RAS		
PSPD5	21-22	RAS		
PSPD6	26-27	RAS		
SP01	00-01	Sols décomprimés ($0.3 \leq P_l^* \leq 0,85$)	-3.5 à -8	
SP02	10-11	RAS		
SP03	19	Sols décomprimés ($5.9 \leq E_M \leq 12,1$)	-3.5 à -16.5	
SP04	25	Sols décomprimés ($5.9 \leq E_M \leq 12,1$)	-2.5 à -15	
SC01	23			
SC02	03-04			
<i>Investigations géophysiques réalisées par FONDASOL en juin 2023 :</i>				
PE01	A			
PE02	D			
PE03	G			
MASW01	A			
MASW02	D			
MASW03	G			
<i>Investigations géotechniques réalisées par FONDASOL en août et septembre 2023 :</i>				
SC11	10-11			
SC12	05			
SC13	00			
SPI1-PZ	18-19	Vide	-5.7 à -7.0	
		Sols lâches (remplissage)	-7.0 à -11.0	
SPI2-PZ	11	RAS		
SPI3-PZ	05-06	RAS		
SPI4	02	Sols décomprimés ($10 \leq E_M \leq 13$)	-7.5 à -9.5	
SPI5	18			
<i>Investigations géotechniques réalisées par FONDASOL en novembre et décembre 2023 :</i>				
SD01-B	01	Vitesses élevées de :	-5.4 à -7.8	
SD01-E	01	Vitesses élevées au droit de plusieurs passages recoupés de :	-3.0 à -9.2	
SD02-C	02			
SD02-P	02	Vitesses élevées jusqu'à :	-11	
SD03-B	03			
SD03-E	03			
SD04-D	04			
SD04-P	04	Vitesses élevées jusqu'à :	-3	
SD06-D	06			
SD07-C	07			
SD08-E	08	Vitesses élevées jusqu'à :	-4	
SD09-C	09			
SD09-P	09	Vitesses moyennement élevées jusqu'à :	-6.6	
SD10-C	10			
SD10-F	10			
SD11	11			

SD11-I	18-19			
SD11-2	18-19	Vitesses élevées jusqu'à :	-5 et de -14 à -17	
SD11-3	18-19			
SD11-4	18-19	Vide ou Sols lâches (remplissage)	-5.4 à -6.8	
SD11-E	11	Vitesses élevées jusqu'à	-2.2	
SD12	12			
SD12-C	12			
SD12-P	12			
SD13	13			
SD13-E	13			
SD14	14			
SD15	15			
SD15-C	15			
SD15-P	15			
SD16-B	16	Vitesses élevées de :	-1.4 à -2.0	
SD16-E	16	Vitesses moyennement élevées jusqu'à :	-4.5 et au- delà de -6.5	
SD16-PZ	16			
SD17-C	17			
SD17-P	17	Vitesses moyennement élevées sur toute la hauteur du sondage et plus importantes en profondeur (15.16m)		
SD17-PZ				
SD18-B	18			
SD18-E	18			
SD18-PZ	05			
SD19-P	19	Vitesses élevées jusqu'à :	-3.5	
SD20-B	20			
SD20-E	20	Vitesses élevées jusqu'à :	-2.8	
SD21-C	21			
SD21-P	21	Vitesses élevées jusqu'à :	-3.5	
SD22-C	22			
SD22-E	22	Vitesses élevées de :	-1.0 à -2.5	
SD22-P	22	Vitesses élevées jusqu'à :	-2.8	
SD23-F	23			
SD24-C	24			
SD24-P	24	Vitesses élevées de :	-3.0 à -4.4	
SD25-C	25			
SD26-D	26			
SD26-P	26			

D.3.1. Isohypses des dépressions du toit des formations très denses



D.4. COMPLEMENT DES CAVITES VIDES

Les vides doivent impérativement être comblés, afin de garantir la portance du sol.

Les travaux consisteront à remplir les vides par l'injection de mortier et à compacter les sols décomprimés autour des cavités vides et des zones de dépression du toit des formations très denses identifiées au §D.3.1.

D.4.1. Cavités reconnues par investigations préalables aux terrassements

D.4.1.1. Procédé de comblement (par injections solides)

Afin de combler les cavités reconnues, l'entreprise effectuera un forage pour l'incorporation d'un mortier pompable dans chaque cavité vide reconnue par toutes les investigations géotechniques préalables aux travaux (des études de projet et de la période de préparation des travaux pour les études G3).

Ce forage sera réalisé à l'aplomb des cavités reconnues et jusqu'à une profondeur d'au moins 15m depuis la cote 2141,0 NGF, soit jusqu'à la cote 2126,0 NGF.

Le procédé d'injection pour incorporer le mortier pompable et combler les cavités sera le procédé d'injection solide présenté au § D.5.2.

D.4.1.2. Moyens à mettre en œuvre

Le comblement de cavité par l'injection solide de mortier (pompable) sera réalisé à partir d'un ou plusieurs forages en diamètre 150 mm, ce qui nécessite un atelier de forage.

L'injection de comblement nécessite :

- une centrale de fabrication des mortiers d'injection (malaxeur, bac de reprise, ...),
- un atelier de forage,
- un atelier d'injection composé de pompes et d'une unité de pilotage et d'enregistrement.

Au préalable, un plot d'essai doit être réalisé. Il permettra de définir la composition du mortier et les paramètres de traitement (maille, pression et volumes d'injection, absorption).

L'efficacité des injections solides est vérifiée à l'issue des travaux par des forages de contrôle. Les critères de réception sont liés, selon les objectifs visés :

- à la disparition des vides (sondages destructifs avec enregistrement de paramètres),
- à la pression limite mesurée au pressiomètre.