

ETUDE GEOTECHNIQUE



TERREAL

VEXIN SUR EPTE (27)

CAHAIGNES

Projet d'ouverture de carrière

DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE G5



Sommaire

1. Situation de la zone d'étude	4
1.1. Extrait de cadastre	4
1.2. Image aérienne	4
2. Contexte de l'étude	5
2.1. Données générales.....	5
2.1.1. Identification du projet	5
2.1.2. Partenaires techniques	5
2.1.3. Documents transmis	5
2.2. Missions confiées à GEOCENTRE-FORSOL.....	6
2.3. Description de la zone d'étude	7
2.3.1. Situation et état existant.....	7
2.3.2. Topographie	8
2.3.3. Contexte géotechnique et hydrogéologique	8
2.3.4. Enquête documentaire – Risques et aléas naturels.....	9
2.4. Caractéristiques du projet	11
2.4.1. Description du projet	11
2.4.2. Sollicitations appliquées en tête de talus	13
2.4.3. Terrassements	13
2.4.4. Avoisinants.....	14
3. Investigations géotechniques réalisées.....	15
3.1. Sondages et essais in situ	15
3.2. Essais en laboratoire	16
4. Synthèse des investigations.....	17
4.1. Succession géotechnique.....	17
4.1.1. Formation 1 : Couches superficielles.....	17
4.1.2. Formation 2 : Sable fin	18
4.1.3. Formation 3 : Argile	19
4.1.4. Formation 4 : Marnes crayeuses	20
4.2. Synthèse géotechnique.....	21
4.2.1. Préambule.....	21
4.2.2. Modèle géotechnique.....	21
4.3. Contexte hydrogéologique.....	24
4.4. Perméabilité	25



5. Principe généraux de terrassement en déblai	26
5.1. Dispositions vis-à-vis de l'eau en phase d'exploitation	26
5.2. Déblai : Conditions d'extraction.....	26
6. Stabilité des talus	27
6.1. Méthode calcul	27
6.2. Géométrie des talus de terrassements.....	27
6.3. Hypothèses géotechniques.....	30
6.4. Modèle hydrogéologique	30
6.5. Surcharge	30
6.6. Résultats des calculs.....	31
7. Conditions générales d'utilisation du présent rapport	35

DOCUMENTS DE LA PARTIE ANNEXE

Notes générales sur les missions géotechniques

Plan d'implantation des sondages

Sondages in-situ

PV des essais de laboratoire

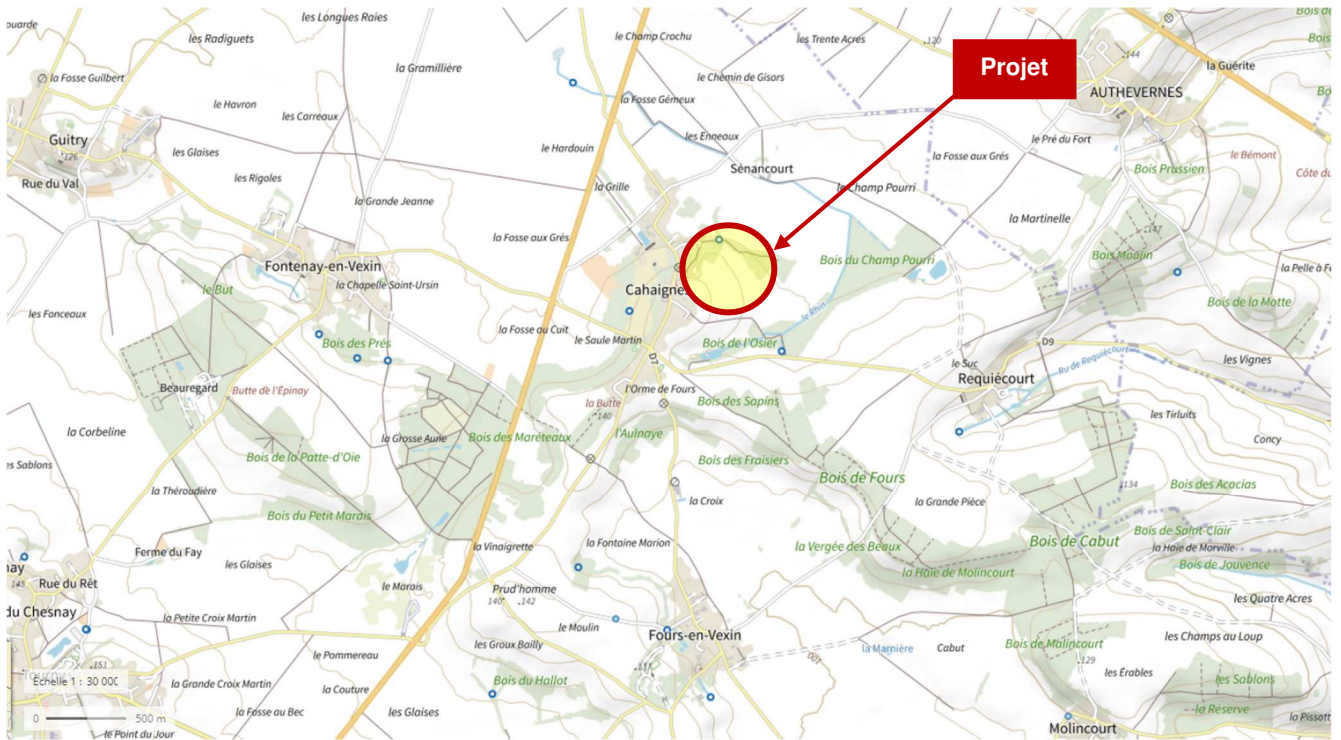
Profils géologiques

Profils d'excavation

Notes de calculs GEOSTAB

1. Situation de la zone d'étude

1.1. Extrait de cadastre



1.2. Image aérienne





2. Contexte de l'étude

2.1. Données générales

2.1.1. Identification du projet

Projet : Projet d'ouverture de carrière d'argile Terreal de Cahaignes
Localisation : CAHAIGNES
Commune : VEXIN SUR EPTE (27).

Maître d'ouvrage : TERREAL
Référence de la commande : 3000614246 signé en date du 02/12/2022.

2.1.2. Partenaires techniques

Client/Maître d'ouvrage : TERREAL
Bureau d'étude : COMIREM SCOP

2.1.3. Documents transmis

Les documents transmis dans le cadre de notre mission sont les suivants :

- Cah_phase1_alternative ;
- Cah_phase2_alternative ;
- Cah_phase3_alternative ;
- Rapport Technique Expertise Géologie - Minéralogie - Valorisation Novembre 2013 MAJ ;
- LAN2 à LAN9, LAN9, LAN14 à LAN16, LAN21, LAN24, LAN 25, LAN27 à LAN29, LAN31, LAN33, LAN34 et LAN36 à LAN38 ;
- Avis_expert ;
- Mémoire d'analyse Dossier Terreal (JMFA) v1.0.



2.2. Missions confiées à GEOCENTRE-FORSOL

La mission commandée, de type diagnostic géotechnique – Mission G5 selon la norme NFP 94.500 qui définit les missions géotechniques, est la suivante :

- Définir le programme d'investigation géotechnique adapté et spécifique au contexte géotechnique et à l'optimisation recherchée et le réaliser,
- Synthétiser l'ensemble des résultats réalisés dans le rapport technique d'expertise Géologie - Minéralogie - Valorisation et de la présente mission de diagnostic géotechnique G5,
- Fournir le contexte géotechnique du site (identifier les différents horizons géologiques, les caractériser d'un point de vue mécanique et relever les niveaux rencontrés en sondages),
- Établir une note d'hypothèse géotechnique permettant l'étude de stabilité des talus définitifs en phase 3 ;
- Identifier les risques géologiques majeurs, et notamment risque sismique, classe de sol,
- Etablir une note de calcul de justification des talus définitifs en phase 3.

2.3. Description de la zone d'étude

2.3.1. Situation et état existant

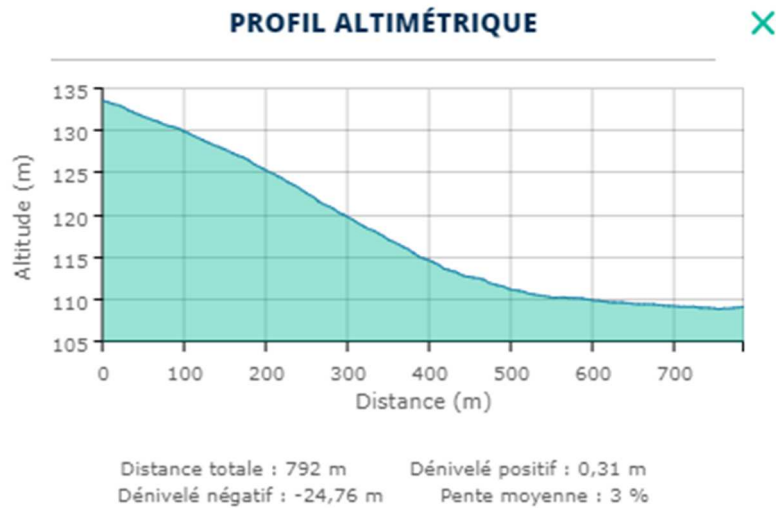
Les terrains concernés par le projet d'ouverture de carrière d'argile sont localisés au Nord de la commune de VEXIN SUR EPTE au lieu-dit CAHAIGNES. Ils correspondent aux parcelles cadastrées 6, 7, 46, 47, 48, 177 et 179 de la section ZE. Lors de notre intervention en Janvier 2023, le site correspondait à une parcelle agricole.

Photographies du site



2.3.2. Topographie

Les profils topographiques extraits du site Géoportail indiquent que les côtes NGF du terrain au droit de la parcelle agricole sont comprises entre 134 et 106 NGF.



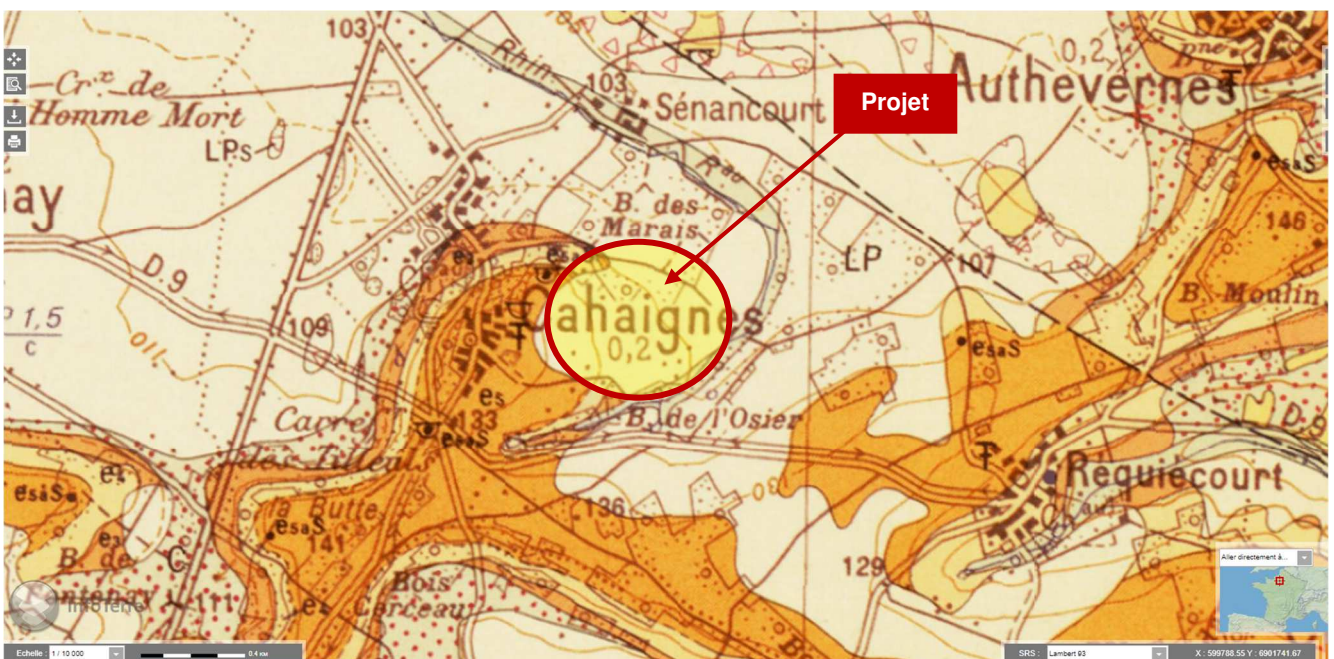
Au regard de ces éléments, le site présente une pente générale descendant orientée le Nord-Est.

2.3.3. Contexte géotechnique et hydrogéologique

2.3.3.1. Géologie

La carte géologique au 1/50 000 éditée par le BRGM et le rapport technique de TERREAL permettent de préciser que les formations devant être rencontrées sur le site sont en principe les suivantes :

- Des formations limoneuses en tête ;
- Les formations du Lutétien constituées de matériaux sablo-argileux ;



2.3.3.2. **Hydrogéologie - Inondation**

La commune de VEXIN SUR EPTE est soumise à un Plan de prévention des risques naturels (PPR). Toutefois, la zone étudiée est située hors des zones de prescription.

INONDATION



Le Plan de prévention des risques naturels (PPR) de type Inondation nommé PPR - Epte aval a été approuvé sur le territoire de votre commune, mais n'affecte pas votre bien.
Date de prescription : 04/07/2001
Date d'approbation : 14/03/2005

Un PPR approuvé est un PPR définitivement adopté.

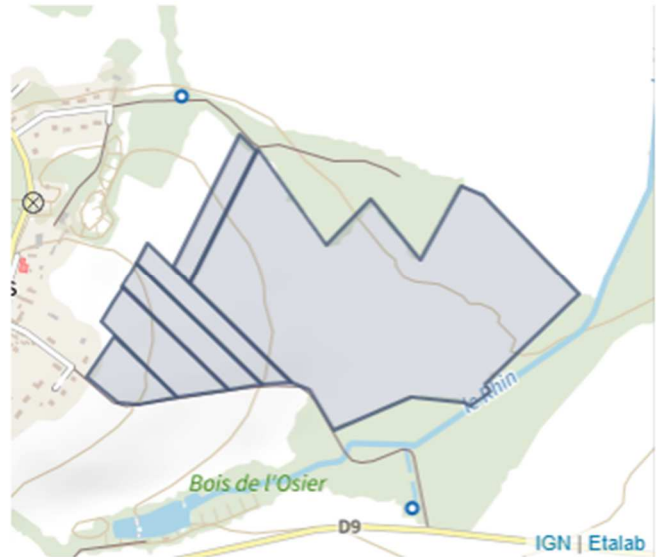
Le PPR couvre les aléas suivants :

Inondation

Par une crue à débordement lent de cours d'eau

Par ruissellement et coulée de boue

Le plan de prévention des risques est un document réalisé par l'Etat qui interdit de construire dans les zones les plus



Toutefois la commune de VEXIN SUR EPTE a fait l'objet de 6 classements pour « *Inondations et coulées de boue* ».

Inondations et/ou Coulées de Boue : 6

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
INTE0100678A	26/07/2001	26/07/2001	03/12/2001	19/12/2001
INTE1328613A	26/07/2013	26/07/2013	21/11/2013	23/11/2013
INTE1826529A	28/05/2018	28/05/2018	04/10/2018	03/11/2018
INTE9500070A	17/01/1995	31/01/1995	06/02/1995	08/02/1995
INTE9900627A	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
IOCE1133767A	03/09/2011	03/09/2011	12/12/2011	15/12/2011

2.3.4. **Enquête documentaire – Risques et aléas naturels**

2.3.4.1. **Sismicité**

Si l'on se réfère d'une part aux décrets 2010-1254 et 2010-1255 du 22 octobre 2010 et à l'arrêté daté du même jour, parus au journal officiel du 29 octobre 2010, et d'autre part à l'arrêté modificatif du 19 juillet 2011 paru au journal officiel du 28 juillet 2011, la commune de VEXIN SUR EPTE est située en zone 1 dite de sismicité « Très faible ».

2.3.4.2. Argile

Les cartes d'aléa « *retrait/gonflement des sols argileux* » consultables sur le site du *Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire* (www.georisques.gouv.fr) indiquent que le site est classé en zone d'exposition faible.

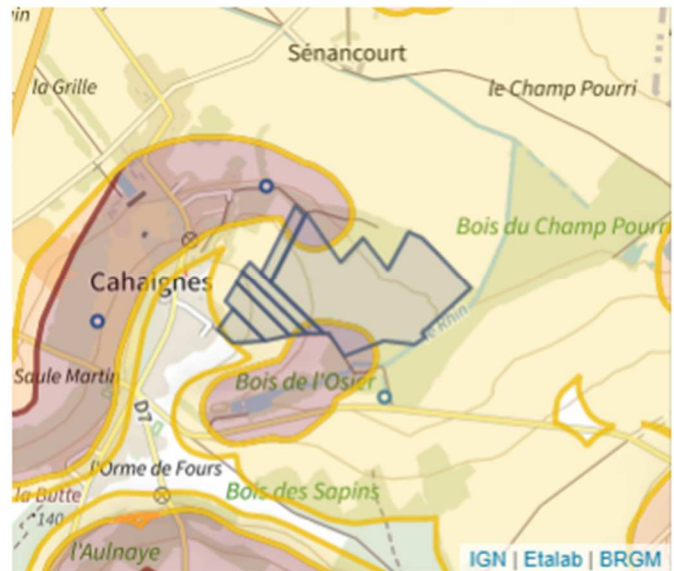
ARGILE : 1/3



- 1 : Exposition faible
- 2 : Exposition moyenne
- 3 : Exposition fort

Les sols argileux évoluent en fonction de leur teneur en eau. De fortes variations d'eau (sécheresse ou d'apport massif d'eau) peuvent donc fragiliser progressivement les constructions (notamment les maisons individuelles aux fondations superficielles) suite à des gonflements et des tassements du sol, et entraîner des dégâts pouvant être importants. Le zonage argile identifie les zones exposées à ce phénomène de retrait-gonflement selon leur degré d'exposition.

Exposition faible : La survenance de sinistres est possible en cas de sécheresse importante, mais ces désordres ne toucheront qu'une faible proportion des bâtiments (en priorité



Par ailleurs, la commune de VEXIN SUR EPTE a fait l'objet de 5 classements en CATASTROPHE NATURELLE SECHERESSE.

Sécheresse : 5

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
INTE0600495A	01/07/2003	30/09/2003	16/06/2006	14/07/2006
INTE1228647A	01/04/2011	21/06/2011	11/07/2012	17/07/2012
INTE1905474A	01/07/2017	30/09/2017	27/02/2019	23/03/2019
INTE1917051A	01/10/2018	31/12/2018	18/06/2019	17/07/2019
INTE9300001A	01/05/1989	31/12/1991	25/01/1993	07/02/1993

2.3.4.3. Radon

Le potentiel radon de la commune de VEXIN SUR EPTE est de catégorie 1 (faible).

2.3.4.4. Cavités souterraines

Les cartes d'aléa « *Cavités souterraines* » consultables sur le site du *Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire* (www.georisques.gouv.fr) n'indiquent pas la présence de cavités souterraines répertoriées à proximité du site (dans un rayon de 500 m).

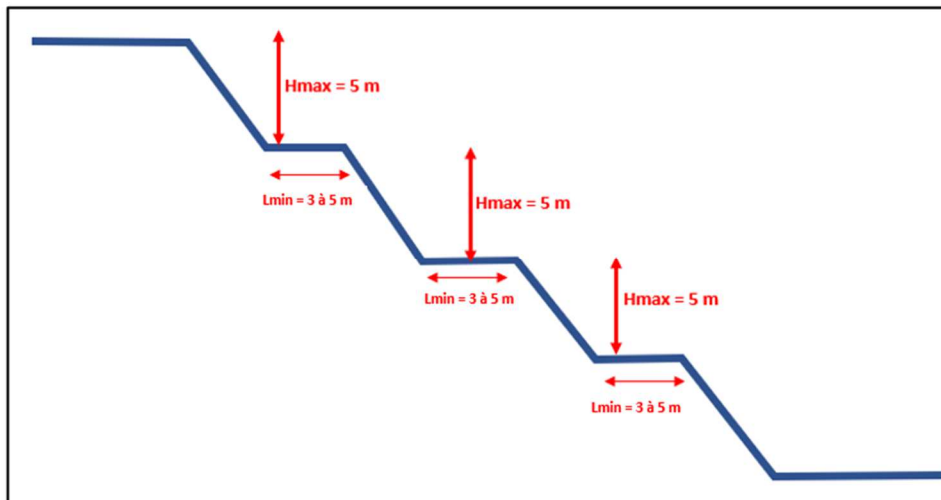
2.4. Caractéristiques du projet

2.4.1. Description du projet

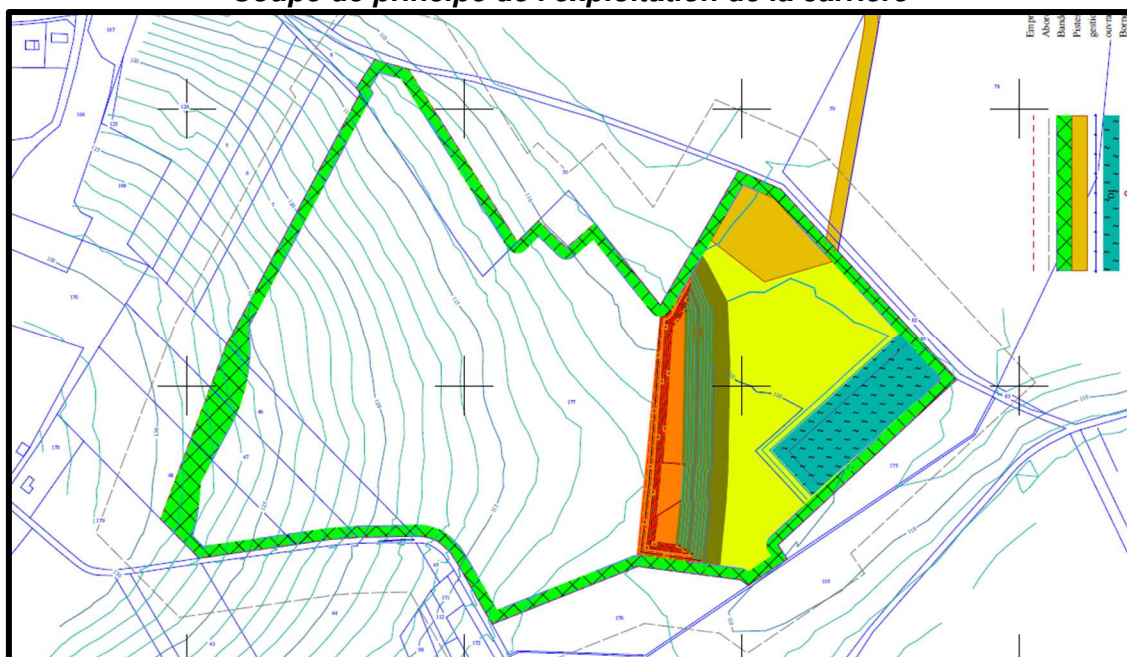
Le projet consiste en l'exploitation d'une carrière d'argile par TERREAL sur les parcelles cadastrales de la section ZE N°6, 7, 46, 47, 48, 177 et 179 situées au niveau du chemin de Feuguerolles à CAHAIGNES (27).

Le projet d'exploitation de la carrière prévoit la réalisation de travaux de terrassement en déblai sur une hauteur maximale de 17,0 m. Les travaux de terrassements en déblais seront réalisés en :

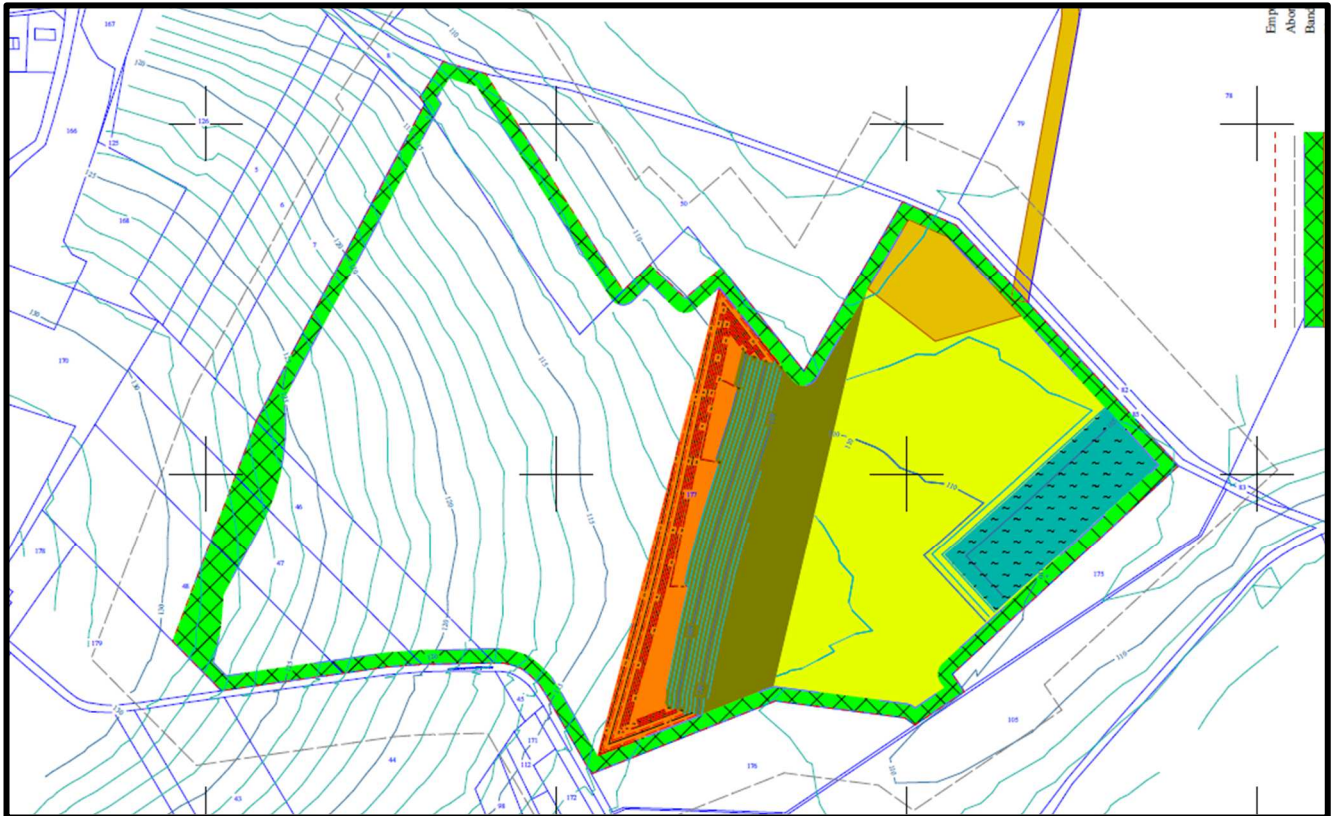
- 3 phases de 5 années soit une durée totale de 15 ans ;
- Une pente générale intégratrice limitée à 3H/2V ;
- Plusieurs gradins de 5 m de hauteur maximale et des banquettes résiduelles de 3 à 5 m de largeur minimale.



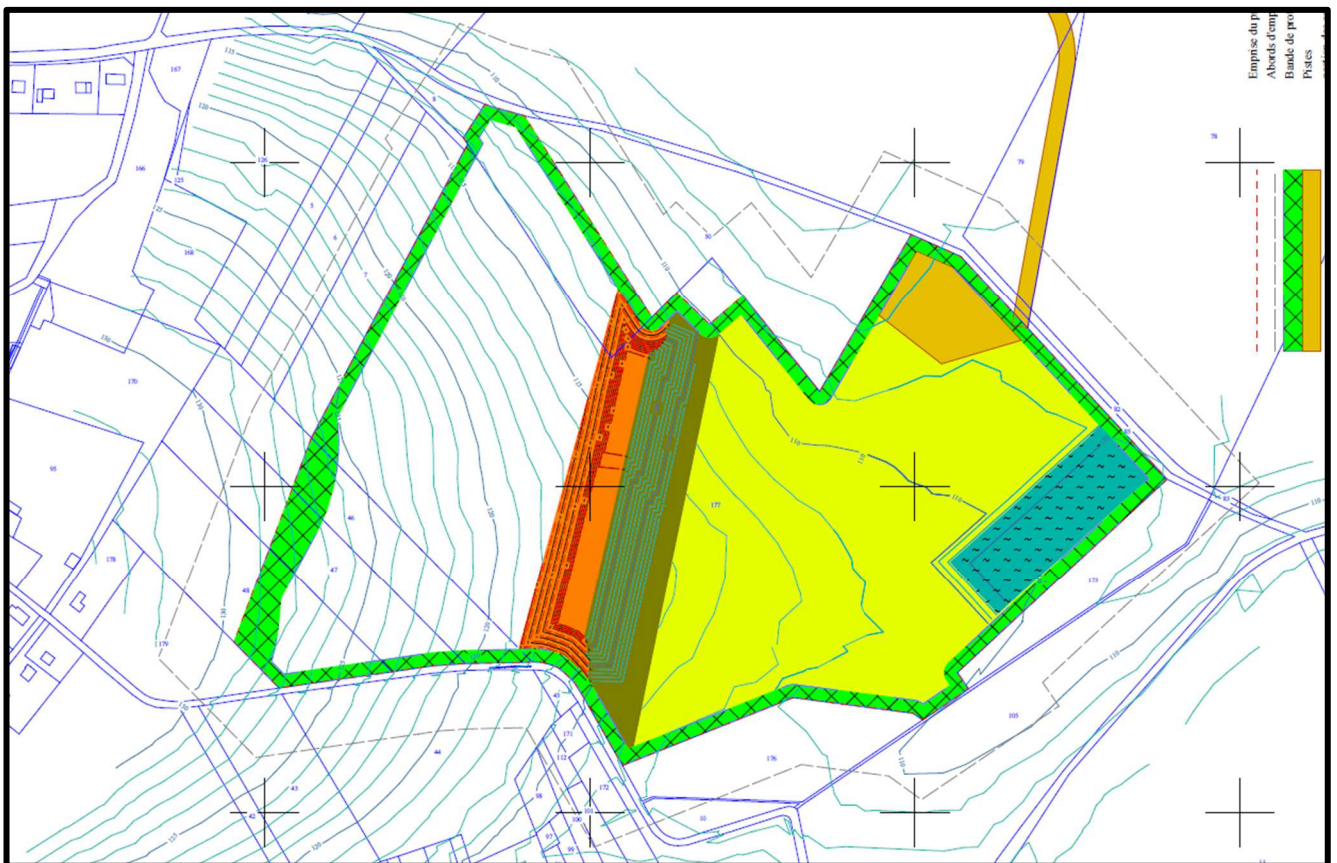
Coupe de principe de l'exploitation de la carrière



Extrait du plan de masse du projet phase 1



Extrait du plan de masse du projet phase 2

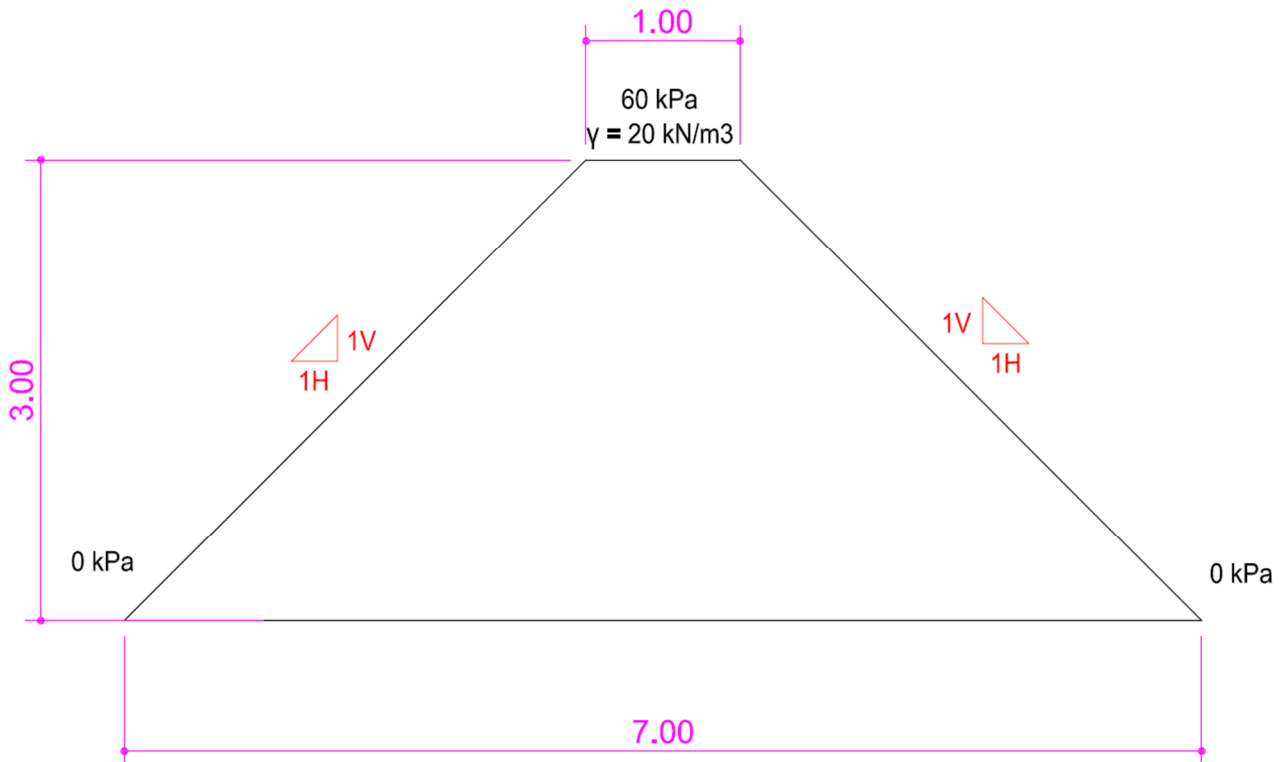


Extrait du plan de masse du projet phase 3

2.4.2. Sollicitations appliquées en tête de talus

Il a été considéré :

- Une surcharge en tête de talus d'environ 1 T/m² correspondant aux surcharges de circulation des engins de chantier ou d'exploitation de la carrière ;
- Un merlon de 3 m de hauteur en tête des talus au droit du profil P3 et P4.



Dans le cas de charges réelles différentes des estimations ci-dessus, il conviendrait de revoir tout ou partie de nos conclusions.

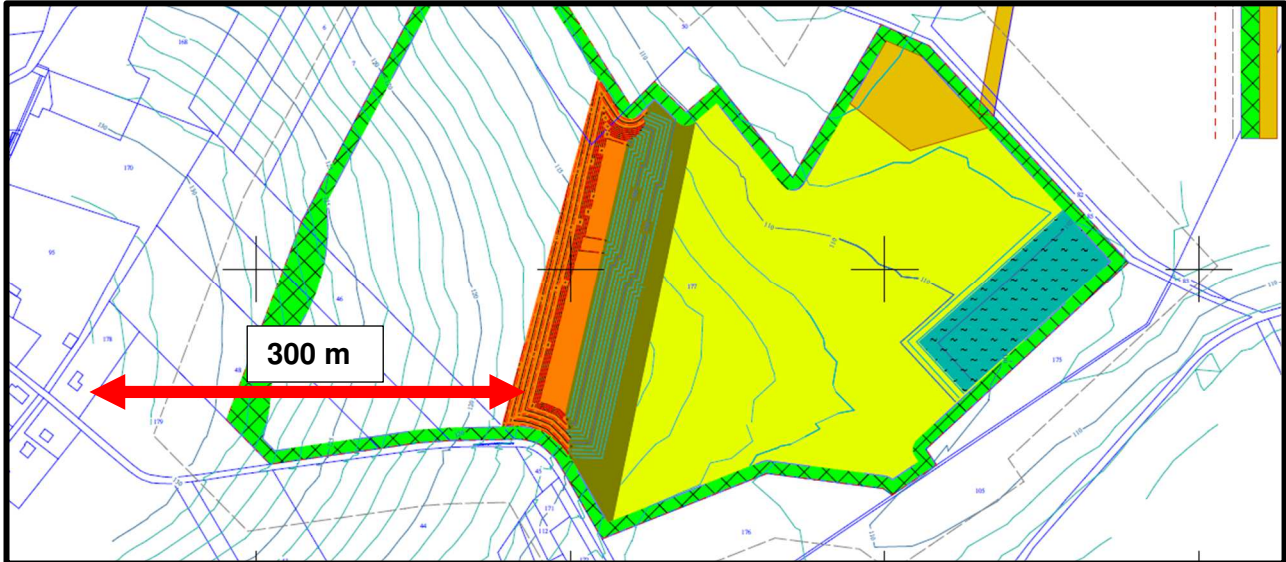
2.4.3. Terrassements

Comme introduit dans le paragraphe §2.4.1, les terrassements prévisibles pour l'exploitation de la carrière d'argile seront exclusivement en déblai sur une hauteur maximale estimée à 17 m.

Il conviendrait de réexaminer les conclusions du présent rapport si les mouvements de terre réels étaient différents des hypothèses indiquées ci-avant.

2.4.4. Avoisinants

Les avoisinants au projet, situés dans la Zone d'Influence Géotechnique (ZIG) sont des maisons individuelles à environ 300 m de la crête de talus en phase 3.



Extrait du plan de masse du projet phase 3 illustrant la distance avec les avoisinants



Photographies des premières maisons individuelles situées à proximité de la carrière

3. Investigations géotechniques réalisées

3.1. Sondages et essais in situ

Les investigations géotechniques réalisées en Janvier 2023 par GEOCENTRE FORSOL dans le cadre de la présente mission G5 sont les présentées dans le tableau suivant :

Type de Sondages	Réf.	Cote de tête (NGF)	Prof. (m)	Observations
Sondage carotté : Ø114 LS	SC1	114,9	20	Arrêt- Piézomètre
	SC2	115,9	20	Arrêt - Piézomètre

Par ailleurs, il est important de rappeler que TERREAL a réalisé au préalable des investigations géotechniques dans le cadre de son étude d'expertise (2013).

Sondage d'expertise - 2013				
Type de Sondages	Réf.	Cote de tête (NGF)	Prof. (m)	Observations
Sondage carotté : Ø114 LS	LAN2	Non communiqué	15,0	
	LAN3		13,5	
	LAN4		12,0	
	LAN6		13,5	
	LAN7		12,0	
	LAN8		12,0	
	LAN9		12,0	
	LAN14		13,4	
	LAN15		12,0	
	LAN16		10,5	
	LAN19		12,0	
	LAN21		13,5	
	LAN24		16,5	
	LAN25		16,5	
	LAN27		16,5	
	LAN28		13,5	
	LAN29		12,0	
	LAN31		21,0	
LAN33	18,0			
LAN34	13,5			
LAN36	22,5			
LAN37	21,0			
LAN38	16,5			

Les coupes des sondages sont présentées en annexes.

3.2. Essais en laboratoire

Les essais en laboratoire réalisés dans le cadre de la présente étude sont les suivantes :

Type d'essai	Norme	Nbr. réalisés	Commentaire
Teneur en eau	NF P 94-050	8	SC1 entre 2,4 – 2,5 m/TA
Granulométrie par tamisage	NF P 94-056	4	SC1 entre 5,0 – 5,1 m/TA
Valeur au bleu de Méthylène	NF P 94-068	2	SC1 entre 9,7 – 9,85 m/TA
Limites d'Atterberg	NF EN ISO 17892-12	2	SC1 entre 9,9 – 10,0 m/TA
Classification GTR	NF P 94-300	4	SC2 entre 1,2 – 1,6 m/TA
Essai triaxial consolidé drainé	NF EN ISO 17892-9	1	SC2 entre 1,6 – 2,0 m/TA
Cisaillement consolidé drainé à la boîte	NF EN ISO 17892-10	3	SC2 entre 5,35 – 5,6 m/TA
Perméabilité à l'œdomètre	NF EN ISO 17892-11	4	SC2 entre 19,1 – 19,2 m/TA

Les PV des essais en laboratoire sont présentés en annexes.

4. Synthèse des investigations

La profondeur des formations est donnée par rapport au niveau du terrain tel qu'il était au moment de la reconnaissance et noté Terrain Actuel (TA) dans la suite du rapport.

4.1. Succession géotechnique

4.1.1. Formation 1 : Couches superficielles

4.1.1.1. Lithologie

Sous la couverture végétale, les sondages ont mis en évidence les couches superficielles constituée de :

- Limon argileux ou sableux de teintes marron/gris/brun/orange ;
- Argile limoneuse ou sableuse de teintes brun/gris/orange marquée par la présence de débris coquilliers ;

Les tableaux ci-après présentent la base de la formation 1 au droit des sondages :

LAN2	LAN3	LAN4	LAN6	LAN7	LAN8	LAN9	LAN14
0,7 m/TA	0,3 m/TA	0,5 m/TA	NI	0,7 m/TA	NI	0,5 m/TA	0,7 m/TA

LAN15	LAN16	LAN19	LAN21	LAN24	LAN25	LAN27	LAN28
0,5 m/TA	0,3 m/TA	0,5 m/TA	NI	2,0 m/TA	0,8 m/TA	1,4 m/TA	NI

LAN29	LAN31	LAN33	LAN34	LAN36	LAN37	LAN38	SC1	SC2
0,4 m/TA	0,5 m/TA	1,9 m/TA	1,9 m/TA	1,9 m/TA	NI	0,4 m/TA	2,6 m/TA	1,6 m/TA

NI : Non identifié

4.1.1.2. Caractéristiques physiques

- **Identification GTR**

Les résultats des analyses en laboratoire sont consignés dans le tableau ci-après.

Formation / type de sol	Prof. (m) échantillon	w _n (%)	Limites d'Atterberg				Tamisat < 80 μm	Classe G.T.R.
			Wl (%)	Wp (%)	Ip	Ic		
SC2 Argile limoneuse	1,2 – 1,6	26,7	35	22	13	0,67	85,5	A2th

Les matériaux testés appartiennent à la classe A2th GTR. Il s'agit d'un matériau moyennement plastique mais néanmoins sensible à l'eau avec un temps de réaction très court vis-à-vis des variations hydriques. Leur consistance peut donc chuter brutalement en cas d'exposition aux intempéries.

- **Paramètres de cisaillement**

Les résultats de l'essai de cisaillement consolidé drainé à la boîte sont consignés dans le tableau ci-après.

Formation / type de sol	Prof. (m) échantillon	Cp (kPa)	Φ_p (°)	Cf (kPa)	Φ_f (°)
SC2 /Argile limoneuse	1,2 – 1,6	8,2	33	4,6	32,2

4.1.2. Formation 2 : Sable fin

4.1.2.1. Lithologie

Sous les couches superficielles de la formation 1 (soit à partir de 0,3 à 2,6 m/TA), les sondages ont mis en évidence des sables fins +/- argileux à moyens de teintes marron/verdâtres marqués par débris de coquilliers.

Les tableaux ci-après présentent la base de la formation 2 au droit des sondages :

LAN2	LAN3	LAN4	LAN6	LAN7	LAN8	LAN9	LAN14
NI	3,4 m/TA	NI	3,0 m/TA	NI	3,1 m/TA	NI	NI

LAN15	LAN16	LAN19	LAN21	LAN24	LAN25	LAN27	LAN28
NI	NI	2,3 m/TA	NI	6,6 m/TA	7,9 m/TA	3,2 m/TA	NI

LAN29	LAN31	LAN33	LAN34	LAN36	LAN37	LAN38	SC1	SC2
NI	NI	7,5 m/TA	3,4 m/TA	8,4 m/TA	8,3 m/TA	7,0 m/TA	5,6 m/TA	3,7 m/TA

4.1.2.2. Caractéristiques physiques

- **Identification GTR**

Les résultats des analyses en laboratoire sont consignés dans le tableau ci-après.

Formation / type de sol	Prof. (m) échantillon	w_n (%)	VBS (g/100g)	Tamisat < 80 μ m	Classe G.T.R.
SC2 Sable fin +/- argileux	1,6 – 2,0	18,6	1,29	22,5	B5

Les matériaux testés appartiennent à la classe B5 GTR. Il s'agit d'un matériau peu plastique généralement peu sensible à l'eau. Toutefois une dérive vers les classes voisines est possible.

- **Paramètres de cisaillement**

Les résultats de l'essai de cisaillement consolidé drainé à la boîte sont consignés dans le tableau ci-après.

Formation / type de sol	Prof. (m) échantillon	Cp (kPa)	Φ_p (°)	Cf (kPa)	Φ_f (°)
SC2 / Sable fin +/- argileux	1,6 – 2,0	4,9	42,3	3,8	34,2

4.1.3. Formation 3 : Argile

4.1.3.1. Lithologie

Sous les sables fins +/- argileux de la formation 1, soit à partir de 2,3 à 8,4 m de profondeur, les sondages ont mis en évidence des formations argileuses constituées de plusieurs faciès :

- En tête des argiles +/- sableuses à débris coquilliers de teinte gris/marron/verdâtre/orange (**F3a**) ;
- En partie intermédiaire des argiles +/- silteuses de teintes gris, bleu et orange marquées par des passages en lie de vin et des nodules de lignite (**F3b**) ;
- En profondeur des argiles +/- sableuses et des sables fins à moyens de teintes violet/jaune/vert /gris (**F3c**).

Les tableaux ci-après présentent la base de la formation 2 au droit des sondages :

Formations	LAN2	LAN3	LAN4	LAN6	LAN7	LAN8	LAN9	LAN14
F3a « Argile +/- sableuse »	2,8 m/TA	5,6 m/TA	6,6 m/TA	6,0 m/TA	5,6 m/TA	6,0 m/TA	6,0 m/TA	5,4 m/TA
F3b « Argile +/- silteuse »	11,1 m/TA	12,2 m/TA	> 12,0 m/TA	11,4 m/TA	11,3 m/TA	> 12,0 m/TA	10,8 m/TA	11,0 m/TA
F3c « Argile sableuse et sable fin »	> 15,0 m/TA	> 13,5 m/TA	NA	> 13,5 m/TA	> 13,5 m/TA	NA	> 12,0 m/TA	> 13,4 m/TA

Formations	LAN15	LAN16	LAN19	LAN21	LAN24	LAN25	LAN27	LAN28
F3a « Argile +/- sableuse »	3,9 m/TA	4,3 m/TA	5,6 m/TA	4,2 m/TA	7,4 m/TA	9,5 m/TA	8,0 m/TA	3,7 m/TA
F3b « Argile +/- silteuse »	10,7 m/TA	9,2 m/TA	11,2 m/TA	11,6 m/TA	15,4 m/TA	14,7 m/TA	14,8 m/TA	11,7 m/TA
F3c « Argile sableuse et sable fin »	> 12,0 m/TA	> 10,5 m/TA	> 12,0 m/TA	> 13,5 m/TA	> 16,5 m/TA	> 16,5 m/TA	> 16,5 m/TA	> 13,5 m/TA

Formations	LAN29	LAN31	LAN33	LAN34	LAN36	LAN37	LAN38	SC1	SC2
F3a « Argile +/- sableuse »	4,8 m/TA	14,3 m/TA	13,7 m/TA	5,2 m/TA	14,4 m/TA	11,2 m/TA	8,7 m/TA	9,3 m/TA	6,6 m/TA
F3b « Argile +/- silteuse »	9,9 m/TA	20,6 m/TA	16,8 m/TA	12,7 m/TA	21,2 m/TA	19,8 m/TA	15,1 m/TA	16,2 m/TA	14,5 m/TA
F3c « Argile sableuse et sable fin »	> 12,0 m/TA	> 21,0 m/TA	> 18,0 m/TA	> 13,5 m/TA	> 22,5 m/TA	> 21,0 m/TA	> 16,5 m/TA	20,0 m/TA	20,0 m/TA

NA : Non atteinte

4.1.3.2. Caractéristiques mécaniques

- **Identification GTR**

Les résultats des analyses en laboratoire sont consignés dans le tableau ci-après.

Formation / type de sol	Prof. (m) échantillon	w _n (%)	VBS (g/100g)	Limites d'Atterberg				Tamisat < 80 µm	Classe G.T.R.
				Wl (%)	Wp (%)	Ip	Ic		
SC1 F3b « Argile grise-bleutée »	9,7 – 9,85	41,0	-	113	32	81	0,89	98,0	A4
SC2 F3a « Argile sableuse »	5,35 – 5,60	25	1,31	-	-	-	-	30,4	B5

- **F3a : Argile +/- sableuse**

Les matériaux testés appartiennent à la classe B5 GTR. Il s'agit d'un matériau peu plastique généralement peu sensible à l'eau. Toutefois une dérive vers les classes voisines est possible.

- **F3b : Argile grise-bleutée**

Les matériaux testés appartiennent à la classe A4 GTR. Il s'agit d'un matériau très plastique et très sensible à l'eau et au remaniement. Par ailleurs, les sols A₄ sont très sensibles au phénomène de retrait par dessiccation.

- **Paramètres de cisaillement**

Les résultats de l'essai de cisaillement consolidé drainé à la boîte et triaxial consolidé drainé sont consignés dans le tableau ci-après.

Formation / type de sol	Prof. (m) échantillon	Cisaillement à la boîte				Triaxial	
		C _p (kPa)	Φ _p (°)	C _f (kPa)	Φ _f (°)	C' (kPa)	Φ' (°)
SC2 / F3a « Argile sableuse »	5,3 – 5,6	15,0	44,4	11,0	44,1	-	-
SC1 / F3b « Argile grise-bleutée »	9,7 – 9,85	-	-	-	-	39,9	7,4

4.1.4. Formation 4 : Marnes crayeuses

4.1.4.1. Lithologie

Sous les argiles +/- sableuses de la formation 3b, soit à partir de 9,2 à 21,2 m de profondeur, les sondages ont mis en évidence le substratum constitué de marne crayeuse +/- sableuse de teinte crème avec des passages argilo-sableux de teintes marron-verdâtres.

Cette formation a été reconnue jusqu'à l'arrêt des sondages, soit 22,5 m de profondeur au maximum.

4.2. Synthèse géotechnique

4.2.1. Préambule

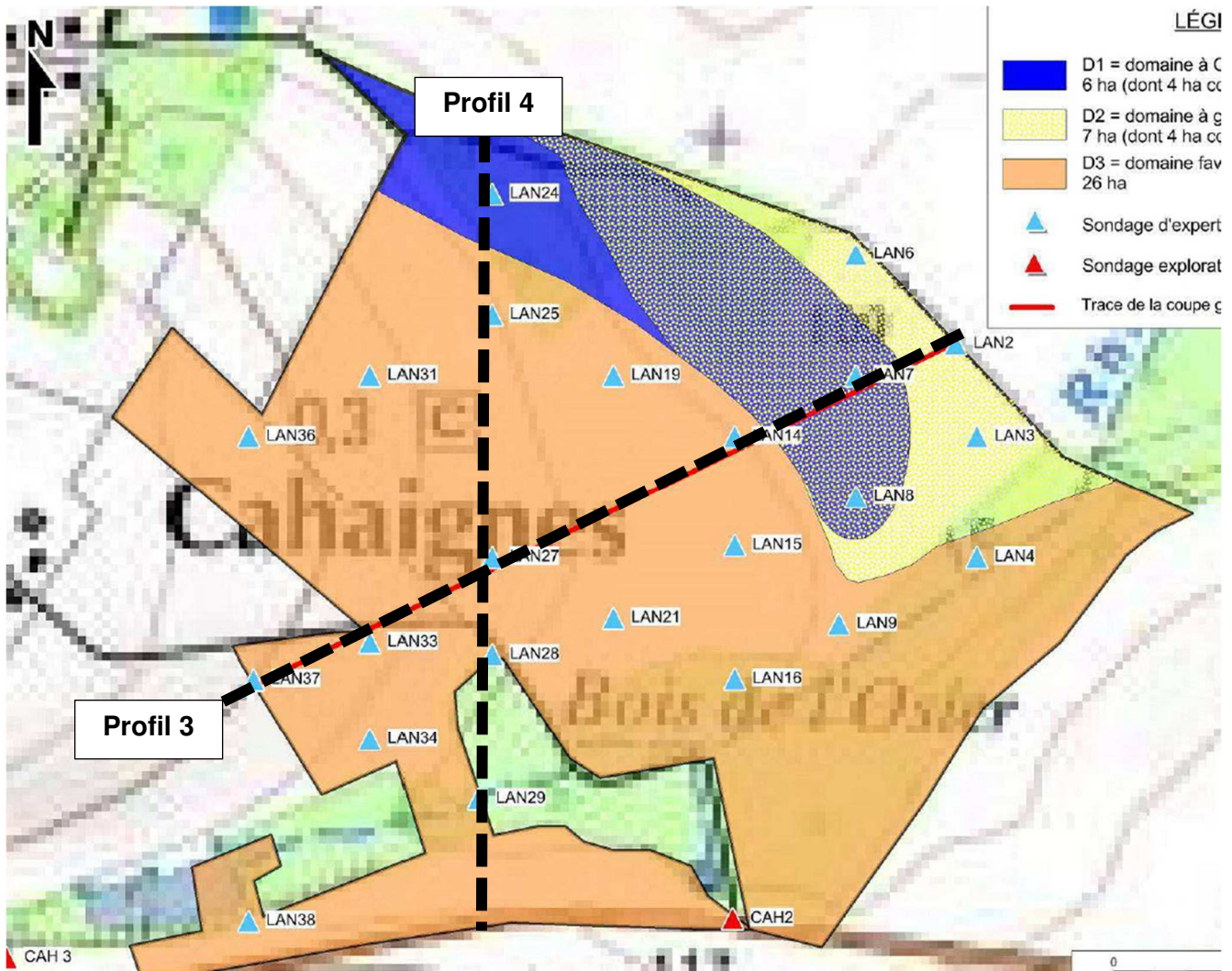
Les données qui suivent ont pour seul objet de préciser les hypothèses de calcul retenues pour la justification des talus d'exploitation de la carrière. La conception et la méthodologie de mise en œuvre devront intégrer les adaptations inhérentes aux variations des limites de couches et aux hétérogénéités locales toujours possibles.

4.2.2. Modèle géotechnique

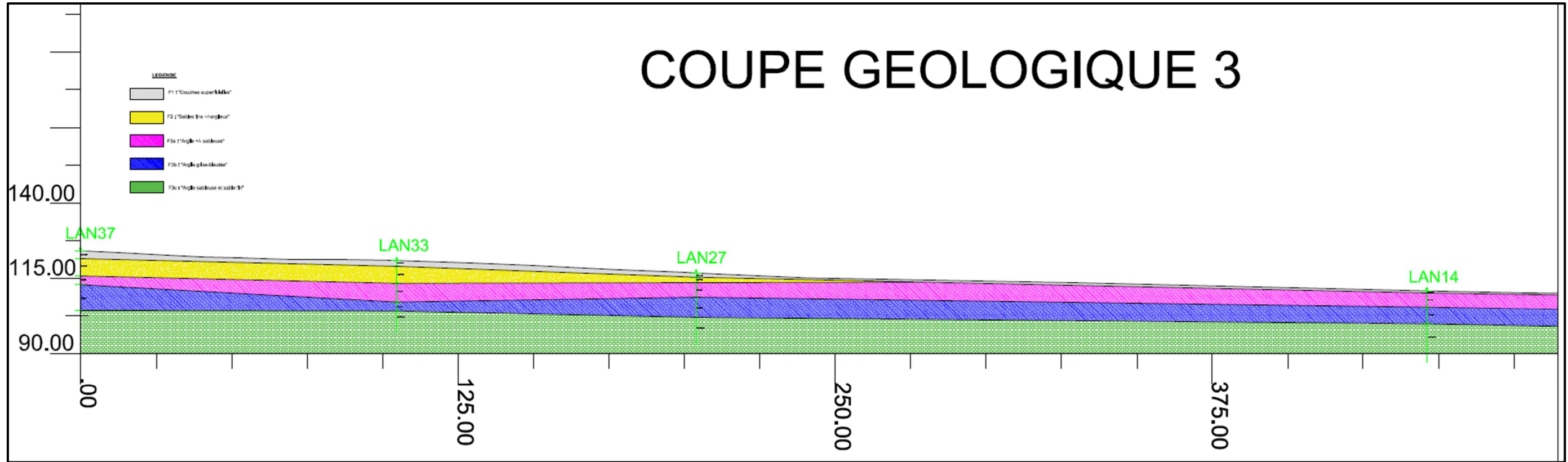
Sur la base des résultats de la reconnaissance de sols, il est proposé le modèle géotechnique représentatif récapitulé dans le tableau suivant :

Formation « Nature »	γ (kN/m ³)	C' (kPa)	Φ' (°)
Formation 1 « Couches superficielles »	18	8	33
Formation 2 « Sables fins +/- argileux »	18	5	42
Formation 3a « Argile +/- sableuse »	18	15	44
Formation 3b « Argile gris-bleutée »	18	40	7
Formation 3c « Argile sableuse et sable fin »	18	15	44

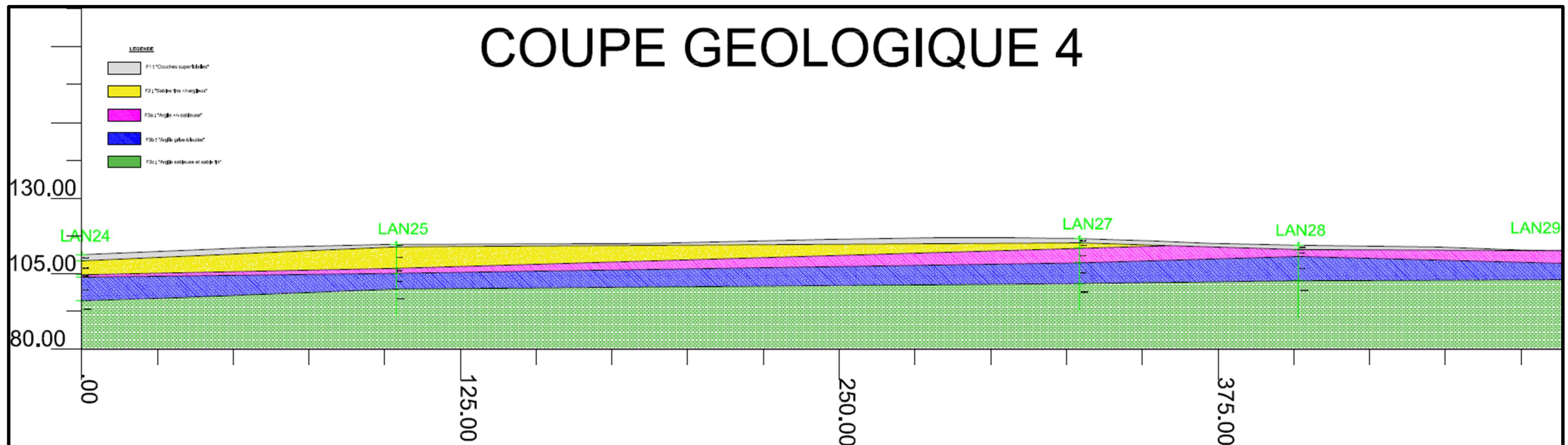
Concernant la stratigraphie, vous trouverez ci-après les 2 profils géologiques qui seront traités dans ce rapport.



COUPE GEOLOGIQUE 3



COUPE GEOLOGIQUE 4



4.3. Contexte hydrogéologique

Les jours d'intervention, les niveaux d'eau non stabilisés mesurés en fin de forage dans les sondages s'établissaient comme suit :

SC1	SC2
0,6 m/TA	1,2 m/TA
114,3 NGF	114,7 NGF

Il peut correspondre à :

- Des circulations aléatoires au sein de la formation 1 à la faveur de passages plus perméables (faciès sableux).
- Ou à une nappe phréatique en lien avec LE RHIN situé à l'Est du site (cf. photographie ci-après).

Photographies du RHIN en partie Est du site



A noter que le fluide résiduel utilisé pour la foration des sondages a pu également impacter les niveaux d'eau naturel dans les sols.

Pour compléter ces constatations ponctuelles et instantanées au moment des reconnaissances, le BE COMIREM SCOP a réalisé un relevé des niveaux d'eau le 08/02/2023 au droit des piézomètres SC1 et SC2. Les relevés réalisés synthétisés dans le tableau ci-après :

SC1	SC2
1,0 m/TA	0,6 m/TA
113,9 NGF	115,3 NGF

Au regard de ces éléments, il conviendra de retenir un niveau d'eau en période défavorable 0,6 m/TA (proche du niveau du terrain actuel pour chacun des sondages). Il s'agit d'une nappe superficielle d'imbibition baignant les couches superficielles ; elle ne correspond pas à une nappe au sens strict du terme.



4.4. Perméabilité

Les résultats des essais de perméabilité à l'œdomètre réalisés permettent de caractériser la perméabilité des couches :

Sondages	Nature du sol	Frange testée (m)		Perméabilité k (m/s)
		de	à	
SC1	F1 : Argile sableuse	2,4	2,5	$1,5 \cdot 10^{-6}$
	F2 : Sable fin argileux	5,0	5,1	$2,1 \cdot 10^{-9}$
	F3b : Argile	9,9	10,0	$7,8 \cdot 10^{-11}$
SC2	F4 : Marne crayeuse	19,1	19,2	$6,8 \cdot 10^{-9}$

Cet essai indique une perméabilité faible des différentes formations.

5. Principe généraux de terrassement en déblai

Les indications données dans les chapitres suivants, qui sont fournies en estimant des conditions normales d'exécution pendant les travaux, devront forcément être adaptées aux conditions réelles rencontrées au moment du chantier (intempéries, matériels utilisés, provenance et qualité des matériaux, phasages, ...).

5.1. Dispositions vis-à-vis de l'eau en phase d'exploitation

La fraction limono-argileuse des sols des formations 1 et 3 de classe A2 et A3 GTR présentera une grande sensibilité à l'eau et au remaniement.

En fonction de la période d'exploitation de la carrière et des conditions météorologiques avant et pendant l'exploitation, les sujétions liées à l'eau concernent principalement des chutes de portance de la Partie Supérieure des Terrassements (PST) par saturation de la fraction fine des sols en présence avec éventuellement la création de zone de rétention dans les points bas.

Pour limiter au maximum les sujétions liées à l'eau, il est donc demandé :

- De travailler uniquement sous des conditions climatiques favorables sans pluie et de laisser les sols se ressuyer, sans aucun trafic de chantier, après une période de pluies prolongées ;
- De prévoir une maîtrise des eaux de ruissellement au moyen de formes de pente (3-4 % minimum) associées à des fossés drainants évacuants les eaux vers un point bas ou des puisards.
- **De prévoir des dispositifs d'épuisement et de pompage dans la fouille afin de permettre un travail au sec : fossés en pied de talus + collecteur + exutoire.**

Le non-respect de ces recommandations pourrait conduire à des difficultés d'exploitation et donc à des adaptations des plannings (allongement des délais) et des méthodologies.

5.2. Déblai : Conditions d'extraction

Comme indiqué en présentation du projet, la réalisation de la carrière d'argile nécessitera des travaux de terrassement en déblais sur une hauteur maximale d'environ 17 m.

Au vu des résultats des sondages, ces terrassements en déblai intéresseront les sols des formations 1, 2 et 3. Ces sols sont justifiables de l'utilisation d'engin de terrassement classique de type pelle mécanique de puissance moyenne à forte.

6. Stabilité des talus

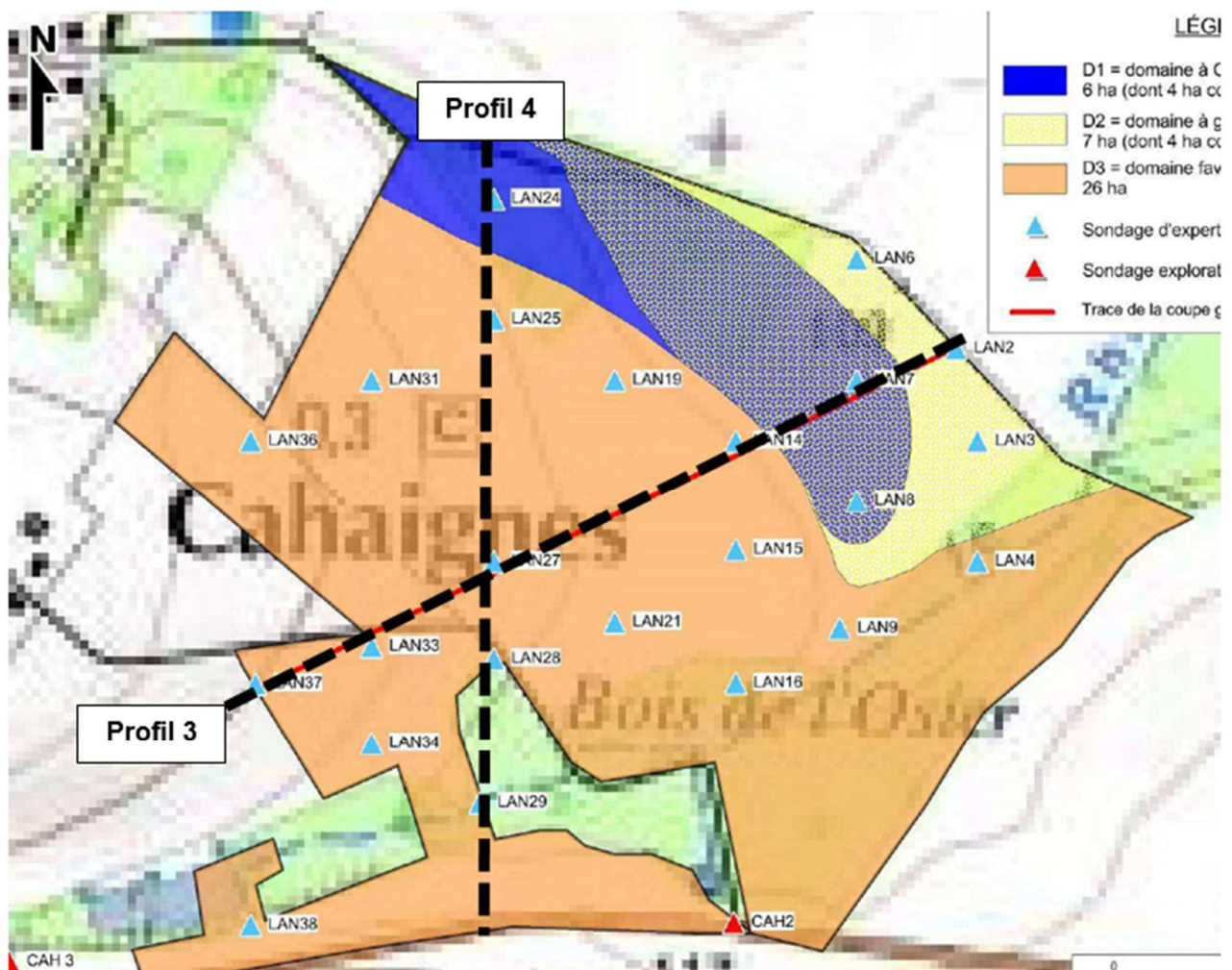
6.1. Méthode calcul

Les calculs de justification sont réalisés à l'aide du logiciel GEOSTAB en rupture circulaire sous conditions statiques suivant la méthode traditionnelle : sans application de coefficients de pondérations partiels sur les différents paramètres. La stabilité du TALUS est obtenue pour un coefficient de sécurité global égal à 1,5 (coefficient usuellement recherché).

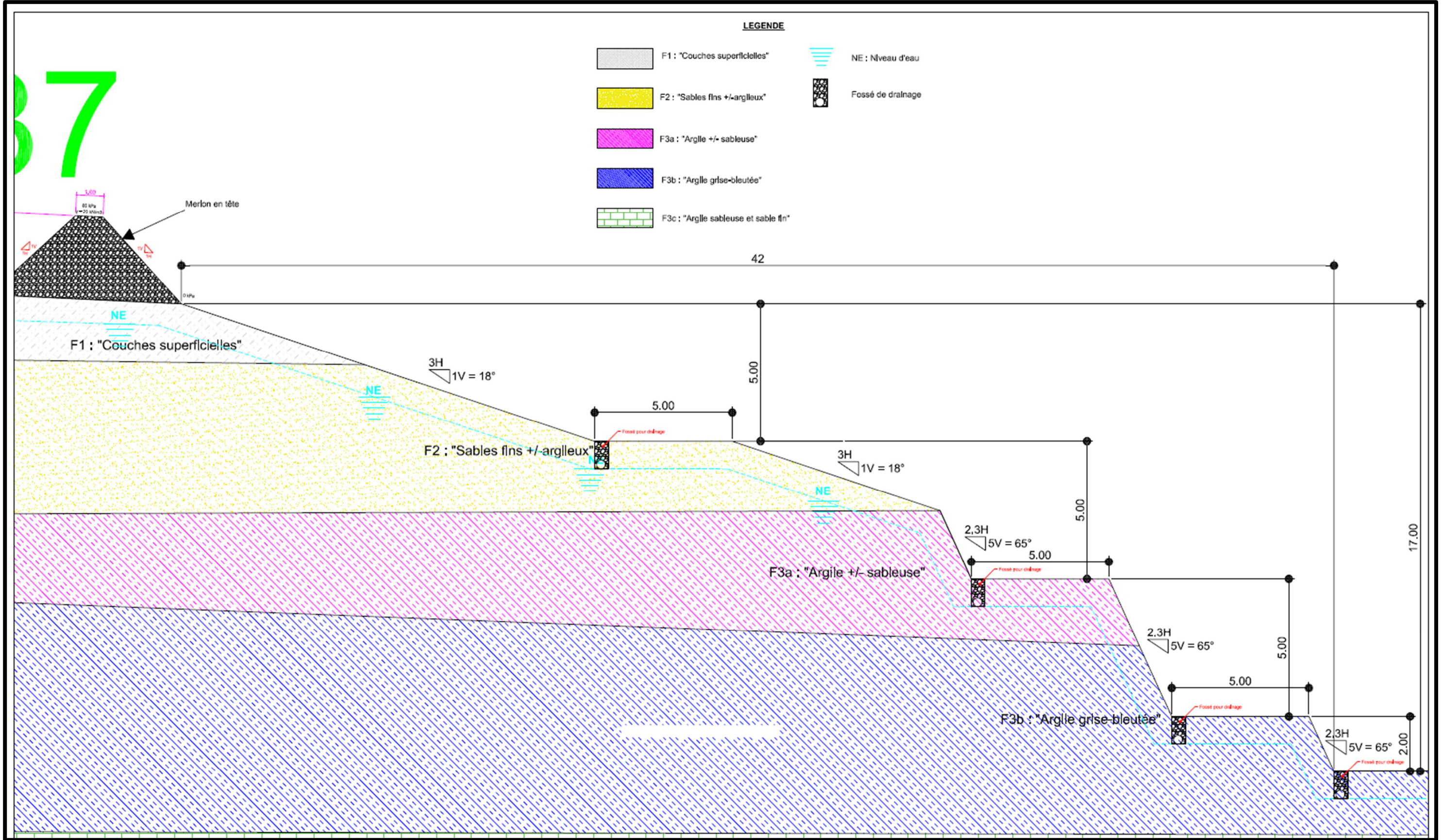
6.2. Géométrie des talus de terrassements

D'après les profils géologiques 3 et 4 présentés en pages 24, il a été défini deux profils d'exploitation de la carrière à étudier dans le cadre de la présente étude G5. Ils présentent des directions :

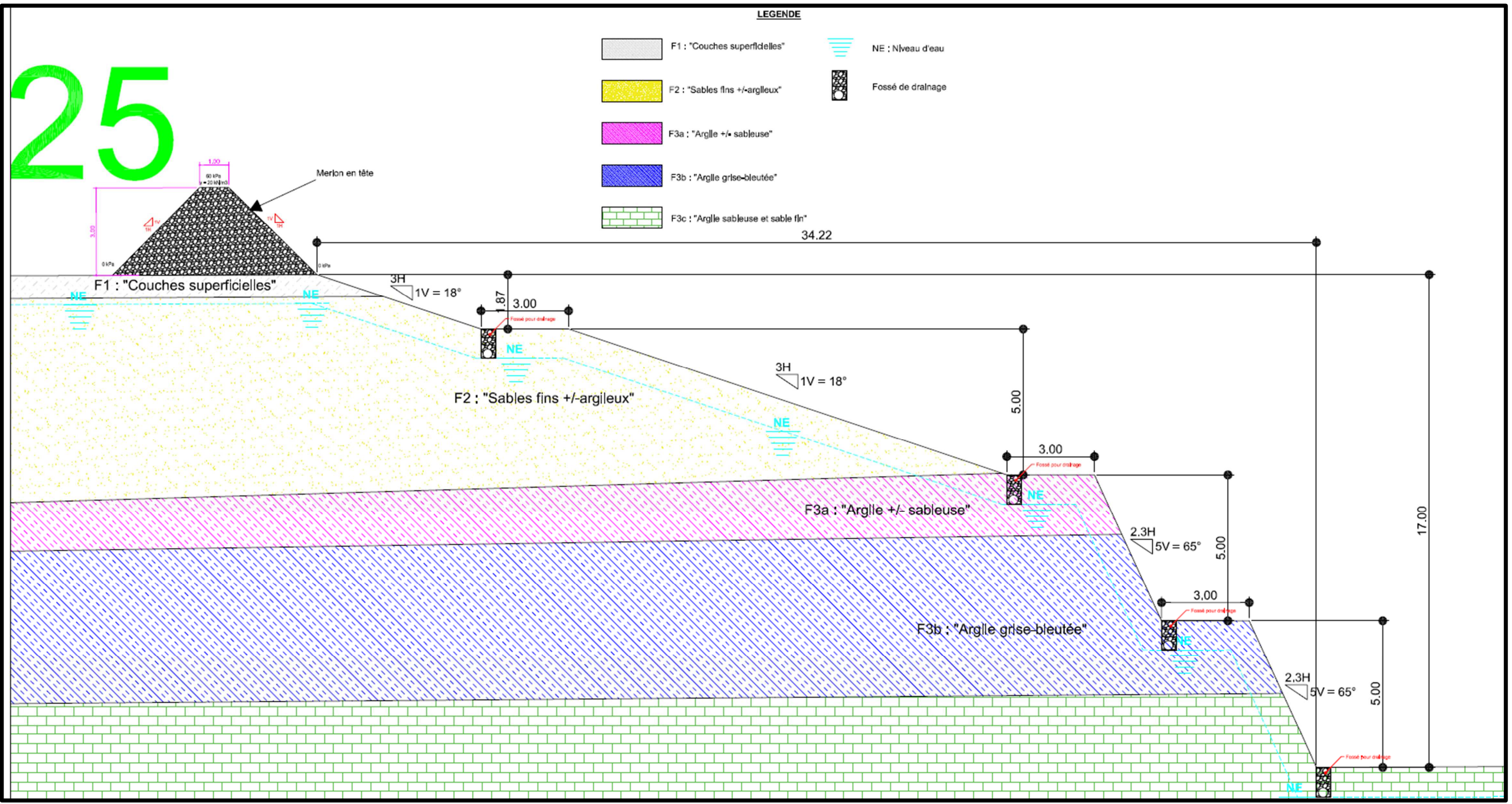
- Sud-Ouest vers Nord-Est pour le profil P3 ;
- Nord vers Sud pour le profil P4.



Profil d'excavation au droit du profil géologique P3



Profil d'excavation au droit du profil géologique P4



6.3. Hypothèses géotechniques

Les paramètres géotechniques considérés sont les mêmes que ceux présentés dans le paragraphe §4.2.2.

Formation « Nature »	γ (kN/m ³)	C' (kPa)	ϕ' (°)
Formation 1 « Couches superficielles »	18	5	32
Formation 2 « Sables fins +/- argileux »	18	5	42
Formation 3a « Argile +/- sableuse »	18	15	44
Formation 3b « Argile gris-bleutée »	18	40	7
Formation 3c « Argile sableuse et sable fin »	18	15	44

6.4. Modèle hydrogéologique

D'après les informations communiquées par le BET COMIREM SCOPE et les relevés piézométriques, il a été considéré de manière défavorable la présence d'une nappe au sein des couches superficielles de la formation 1 et des sables fins de la formation 2.

Le niveau de nappe considéré est le suivant :

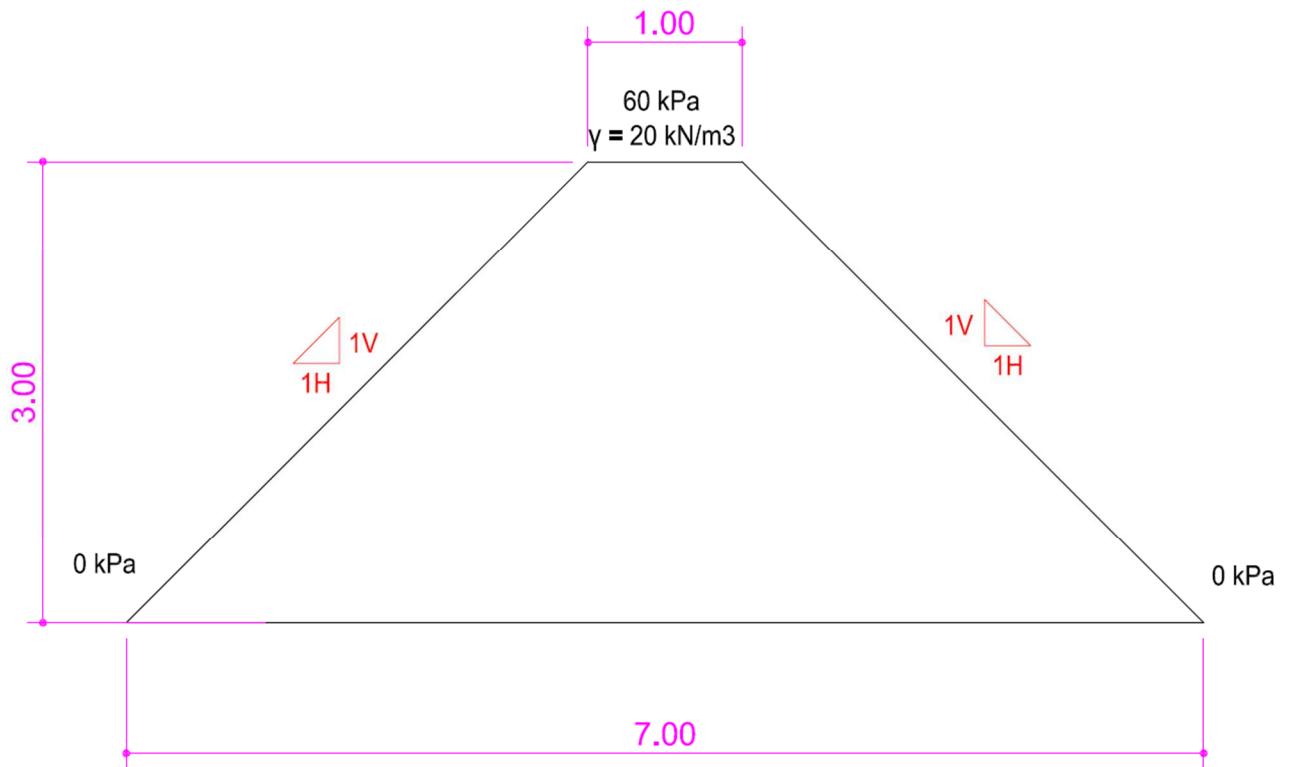
- En amont du talus d'excavation : -1,0 m/TN ;
- Au niveau de la fouille : la nappe sera drainée à -1 m/fond de de fouille suivant le profil du talus (cf. coupes pages 28 et 29).

NOTA : Compte tenu de la présence de nappe au sein des formations 1 et 2, l'entreprise TERREAL a prévu de mettre en place des dispositifs de drainage et d'épuisement de la fouille. Par ailleurs il est important de signaler que de tel dispositifs sont déjà appliqués par TERREAL sur les carrières de la région.

6.5. Surcharge

Dans les modèles de calcul, il a été considéré :

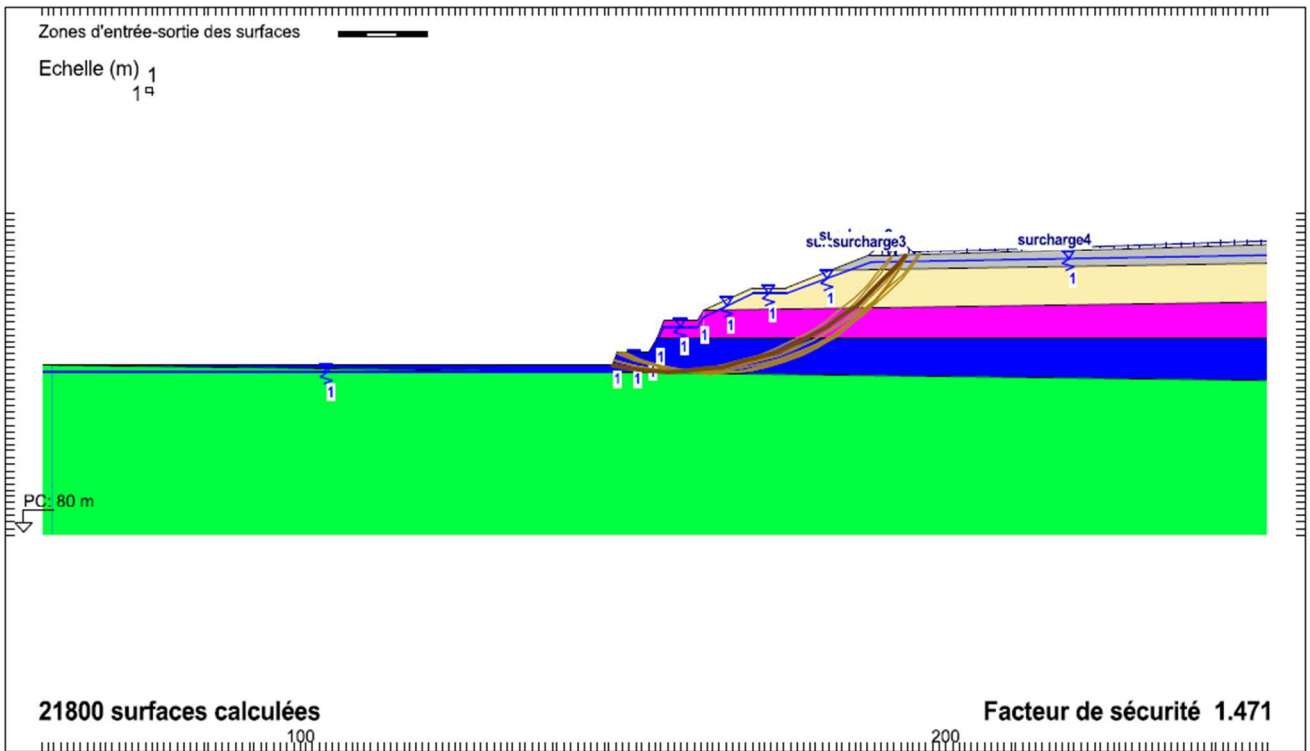
- Une surcharge en tête de talus d'environ 1 T/m² correspondant aux surcharges de circulation des engins de chantier ou d'exploitation de la carrière ;
- Un merlon de 3 m de hauteur en tête de talus au droit des profils P3 et P4.



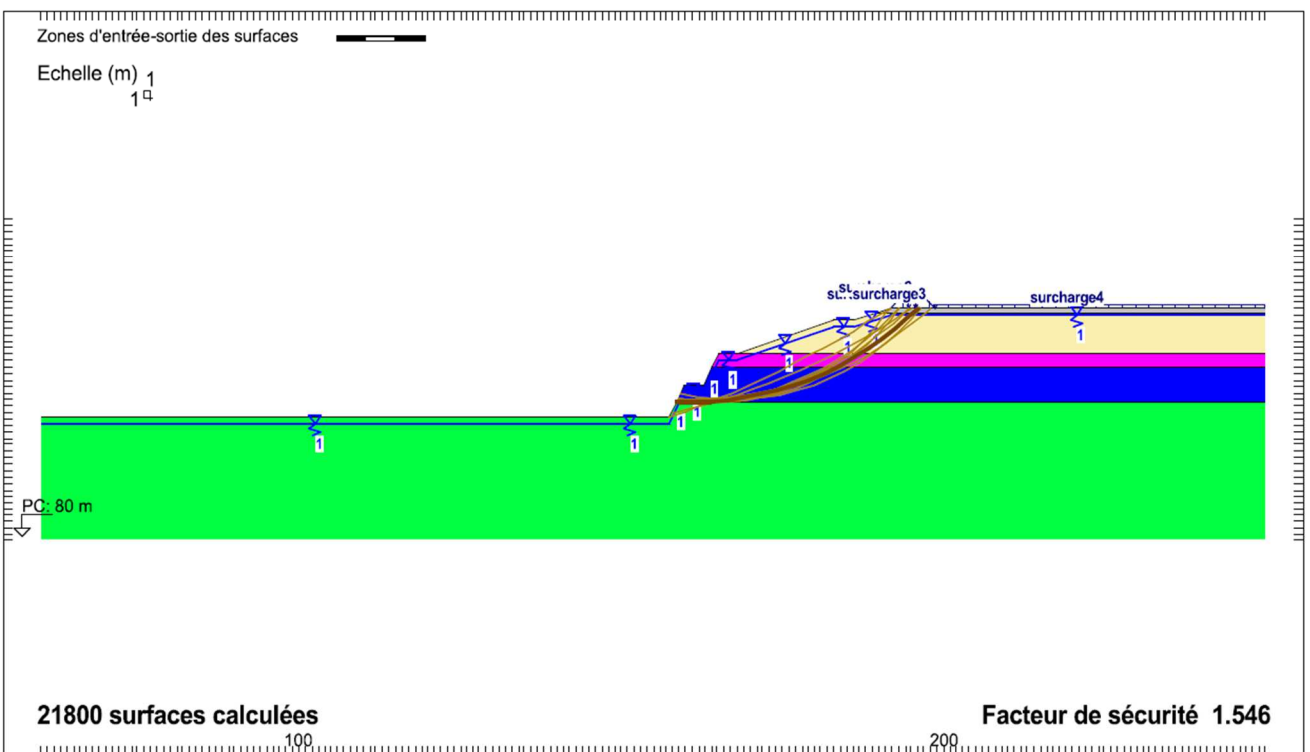
6.6. Résultats des calculs

Les détails des calculs sont fournis en annexe. Le tableau ci-après récapitule les résultats obtenus (coefficient de sécurité F) au droit des profils

Profil P3	Profil P4
1,47 \approx 1,5 (Acceptable)	1,55 > 1,5



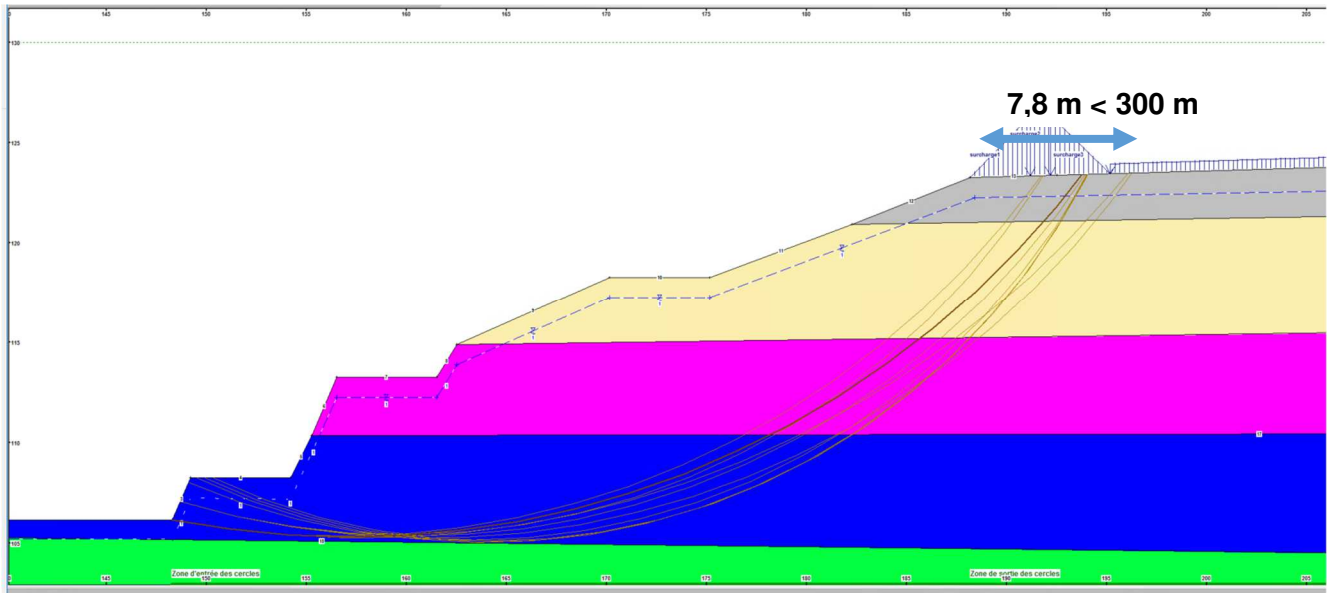
Extrait GEOSTAB - Profil P3



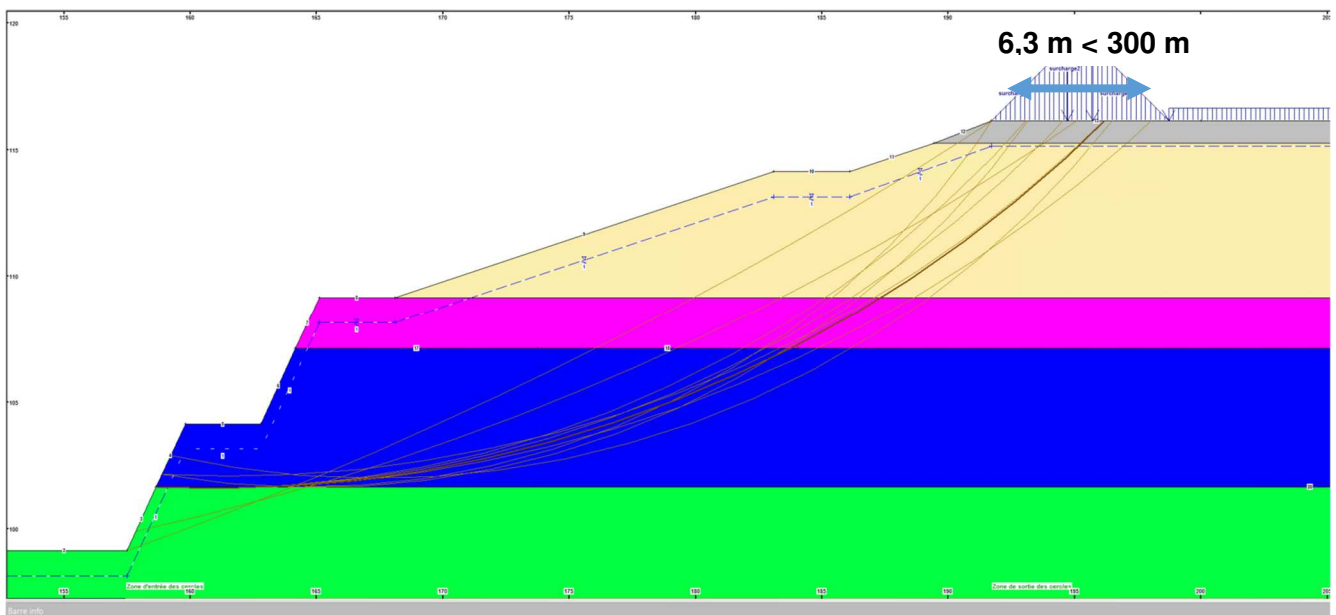
Extrait GEOSTAB - Profil P4

Les coefficients de sécurité obtenus au grand glissement au droit des profils P3 et P4 sont respectivement de 1,47 et 1,55.

Compte-tenu de la configuration de coupe étudiée, les critères de stabilité générale sont également vérifiés et ne remettent pas en cause la pérennité des avoisinants situés dans la ZIG (cf. page 14 et schémas ci-après).



Profil P3 – Profondeur du glissement par rapport à la crête de talus



Profil P4 – Profondeur du glissement par rapport à la crête de talus



NOTA : Même si la stabilité au grand glissement est vérifiée avec :

- Des pentes de talus :



Formations 1 et 2	Formations 3 et 4
1H/3V soit 18°	2,3H/5V soit 65°

- Un drainage de la nappe à -1 m par rapport au fond de fouille suivant le profil de terrassement en déblai ;

il peut subsister des risques de glissements superficiels (glissement de peau). Ces risques d'instabilité locale sont à prévoir et nécessiteront des adaptations spécifiques à savoir un adoucissement des pentes de talus.

7. Conditions générales d'utilisation du présent rapport

- Les reconnaissances de sol procèdent par sondages ponctuels, les résultats ne sont pas rigoureusement extrapolables à l'ensemble du site. Il persiste des aléas (exemple : hétérogénéités locales) qui peuvent entraîner des adaptations tant de la conception que de l'exécution qui ne sauraient être à la charge du géotechnicien.
- Les divers intervenants devront être particulièrement vigilants et signaler dès leur découverte, la présence d'anomalies (surépaisseur de remblais, réseaux, venues d'eau, hétérogénéité localisée, dissolution, cavité, etc.) afin que puissent être immédiatement prises les mesures adéquates. La découverte d'anomalie non rencontrée par les sondages peut rendre caduques certaines des recommandations figurant dans le rapport.
- Les calculs et conclusions indiqués auparavant ne concernent que les ouvrages décrits dans ce rapport.
- Le présent rapport et ces annexes constituent un tout indissociable. Une mauvaise utilisation qui pourra être faite suite à une communication ou une reproduction partielle ne saurait engager GEOCENTRE.
- Des modifications dans l'implantation, la conception ou l'importance des constructions ainsi que dans les hypothèses prises en compte peuvent conduire à des remises en cause des prescriptions. En pareil cas, une nouvelle mission devrait alors être confiée à GEOCENTRE-FORSOL afin de réadapter ces conclusions ou de valider par écrit le nouveau projet.

Ingénieur en charge du dossier	Ingénieur contrôle interne
	
Fine MBAYE	Jérôme SABATIER



NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES

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 avec détection au plus tôt de leur survenance	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		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

Extrait de la norme AFNOR sur les MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (NF P 94.500 - version de Novembre 2013)

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

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

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

Phase Étude de Site (ES)

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

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisnants 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 avoisnants), 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 avoisnants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

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

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



ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en oeuvre 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).



PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

plan d'implantation

Rédigez une description pour votre carte.

Légende






-  3 Chem. de l'Osier
-  April Fabric
-  Église Notre-Dame
-  Élément 1
-  Mairie



Figure 2 : Plan d'implantation des sondages et représentation des trois domaines définis.

