

MGM CONSTRUCTEUR

Les Chalets de Juliette

LE GRAND BORNAND (74)

Dossier n°AF.19348

Etude géotechnique de conception
Phase Avant-Projet (G2 AVP)



MGM CONSTRUCTEUR

Les Chalets de Juliette

LE GRAND BORNAND (74)

Dossier n°AF.19348

Date	Version	Ingénieur chargé du dossier	Contrôle externe	Objet de la version - Modification
08/06/2026	1	G. CHAUMONTET g.chaumontet@kaena.fr 07 49 92 75 33  Pays de Savoie 320 rue des Grives 74150 RUMILLY Tél : 04 58 10 05 74 SIRET : 510 277 478 - Code NAF : 7112P	E. JOVET e.jovet@kaena.fr 	Version initiale

Sommaire	1
Présentation.....	1
1. Intervenants, missions, documents communiqués.....	1
2. Investigations géotechniques.....	1
Description du site et du contexte.....	3
3. État des lieux	3
4. Sensibilité générale du site vis-à-vis de sa situation et de son histoire	9
Synthèse géotechnique.....	10
5. Caractéristiques lithologiques	10
6. Caractéristiques hydrologiques	12
7. Caractéristiques géomécaniques.....	12
8. Risques sismiques – Données règlementaires.....	13
9. Sensibilité du site liée à la structure géotechnique du site.....	14
Description du projet et de son environnement	15
10. Caractéristiques du projet	15
11. ZIG (Zone d'Influence Géotechnique) du projet.....	17
12. Sensibilité générale du projet.....	17
Adaptation de l'ouvrage au site.....	18
13. Principales applications pratiques.....	18
Fondations	19
14. Fondations de la structure	19
Terrassement / Soutènement - phase provisoire.....	21
15. Préparation du site.....	21
16. Terrassements provisoires	21
17. Soutènements provisoires	22
Niveau bas	24
18. Traitement du niveau bas.....	24
Voirie, Voie d'accès et Parking	26
19. Rappel de la structure de chaussée	26
20. Caractéristiques de la couche de forme sous voirie et parking	26
Gestion de l'eau - phases provisoire et définitive.....	28
21. Gestion de l'eau en phase provisoire de chantier.....	28
22. Protection vis-à-vis des eaux souterraines en phase définitive.....	29
23. Protection vis-à-vis des eaux de ruissellement.....	29
Terrassement définitif	30
24. Gardes de terrassement.....	30
25. Reprofilage des talus définitifs	30
26. Ouvrages de soutènement définitifs	31
Missions complémentaires – Enjeux du projet - Risques résiduels.....	33
27. Enjeux principaux du projet et risques résiduels	33
28. Missions complémentaires	34
29. Aléas géotechniques	34

Annexes.....	35
--------------	----

1. Intervenants, missions, documents communiqués

1.1. Intervenants

Les intervenants dans l'acte de construire sont :

Maître d'ouvrage	Architecte
MGM CONSTRUCTEUR	STELLA ARCHITECTURE

1.2. Mission du B.E. de géotechnique KAENA

Contrat de prestation géotechnique entre KAENA et MGM CONSTRUCTEUR : contrat référencé D.2520589.v2 en date du 07/07/2025, ainsi que de son avenant D.2521752 du 20/10/2026 et acceptés le 31/10/2025.

➤ Études géotechniques de conception - Phase Avant-projet (G2 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, une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

Les limites de cette mission et les enchaînements des missions géotechniques qui sont recommandés par la norme NF P 94-500, sont rappelés dans les extraits joints en annexe.

1.3. Documents communiqués

Les documents communiqués pour la présente étude sont les suivants :

Plans et documents graphiques			
Désignation	Origine	Format	Date
Plan masse provisoire avec insertion topographique	STELLA ARCHITECTURE	PDF	31/10/2024
Plan des niveaux		PDF	31/10/2024
Coupes		PDF	31/10/2024

2. Investigations géotechniques

2.1. Implantation – Nivellement

➤ Implantation des sondages

Les sondages ont été implantés à partir des existants dans le voisinage du terrain, qui sont représentés sur le fond de plan topographique transmis.

La position de ces sondages est repérée sur le plan joint en annexe.

➤ Altimétrie de la tête des sondages

L'altimétrie des sondages a été extrapolée à partir du fond de plan topographique. Les côtes sont donc fournies à titre indicatif uniquement, et devront être vérifiées, voire corrigées si nécessaires, par un géomètre référent. Elles

doivent être considérées avec toute la réserve de précision qui s'impose, de minimum +/- 0.5 m compte tenu du contexte du site très en pente.

Le système altimétrique de référence est le NGF normal (IGN 69).

L'intitulé TA correspond au Terrain Actuel, soit la surface topographique au moment de notre intervention.

L'intitulé TN correspond au Terrain Naturel, soit la surface topographique du terrain non remanié.

2.2. Reconnaissances in-situ

➤ Sondages et mesures de caractéristiques géomécaniques par :

- 10 sondages au pénétromètre dynamique démontable moyennement lourd (DPM) norme NF EN 22476-2, descendus entre 1.0 m et 2.2 m de profondeur, référencés D1 à D10 ;
- 2 forages destructifs avec enregistrement de paramètres (VA, CR, PO, PI) et essais pressiométriques régulièrement répartis ($PI^* < 5$ MPa) par forage selon la norme NF EN ISO 22476-4, effectués jusque 15.0 et 20.0 m de profondeur, référencés PR1 à PR2.

➤ Instrumentation mise en place par :

- Pose de 2 piézomètres à 15.0 m de profondeur (PVC Ø45/50 mm), dans les sondages PR1 et PR2, référencés Pz.

NOTA IMPORTANT : compte tenu de la difficulté d'exécution des sondages (technico-économique et autorisations d'accès sur les différentes parcelles), la campagne de sondages initialement prévue n'a pas pu être réalisée. Des sondages complémentaires seront indispensables afin de préciser les conclusions et les préconisations de ce présent rapport. Elles pourront être revenues partiellement ou en totalité selon les nouveaux éléments apportés. Ce rapport est édité à titre indicatif et constitue à ce stade du projet un document de travail. Les solutions proposées ne peuvent être tenues comme définitivement arrêtées.

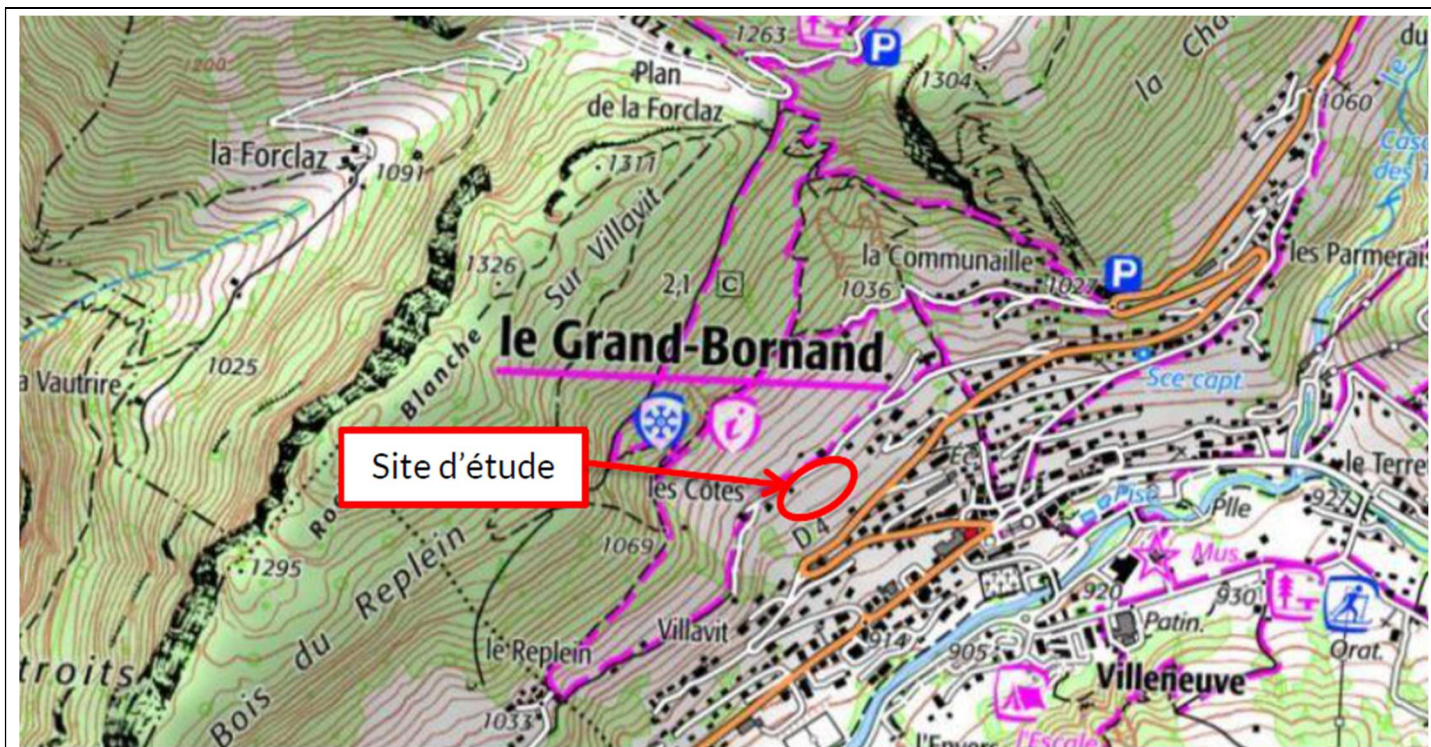
Le détail des résultats des différentes reconnaissances et essais obtenus est donné dans les annexes correspondantes sous forme de coupes et diagrammes.

DESCRIPTION DU SITE ET DU CONTEXTE

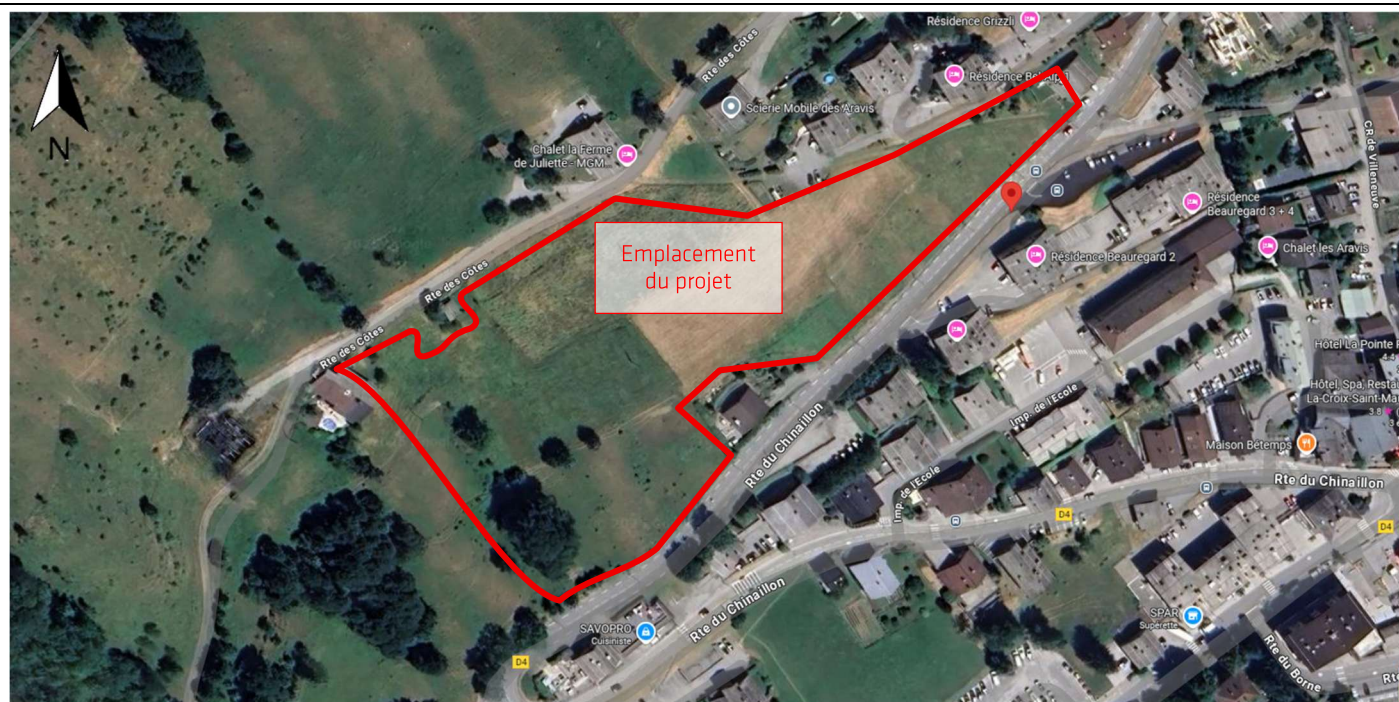
3. État des lieux

3.1. Localisation

Adresse : LE GRAND BORNAND (74), Route du Chinaillon



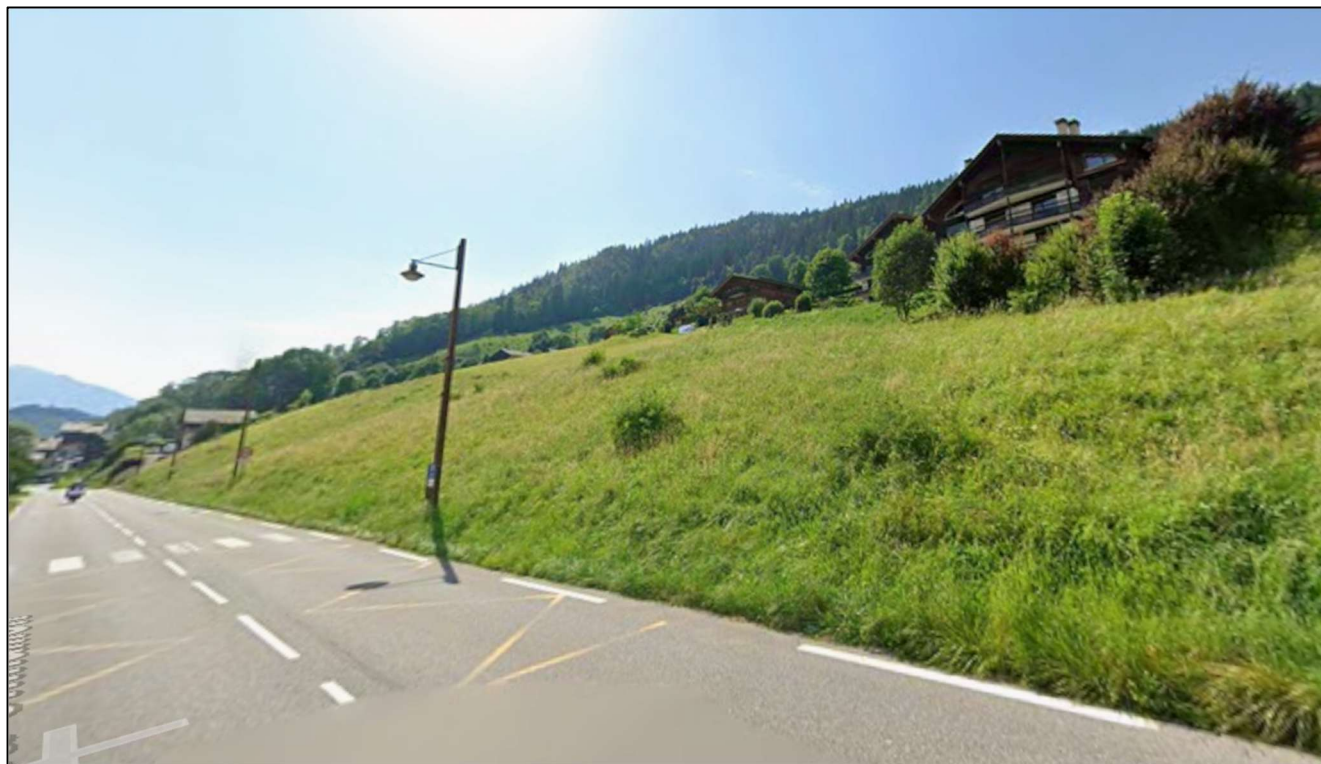
Extrait Carte IGN 1/25000 – (source : Géoportail)



Photographie aérienne (source : Géoportail)

3.2. Topographie et géomorphologie – Examen visuel du site

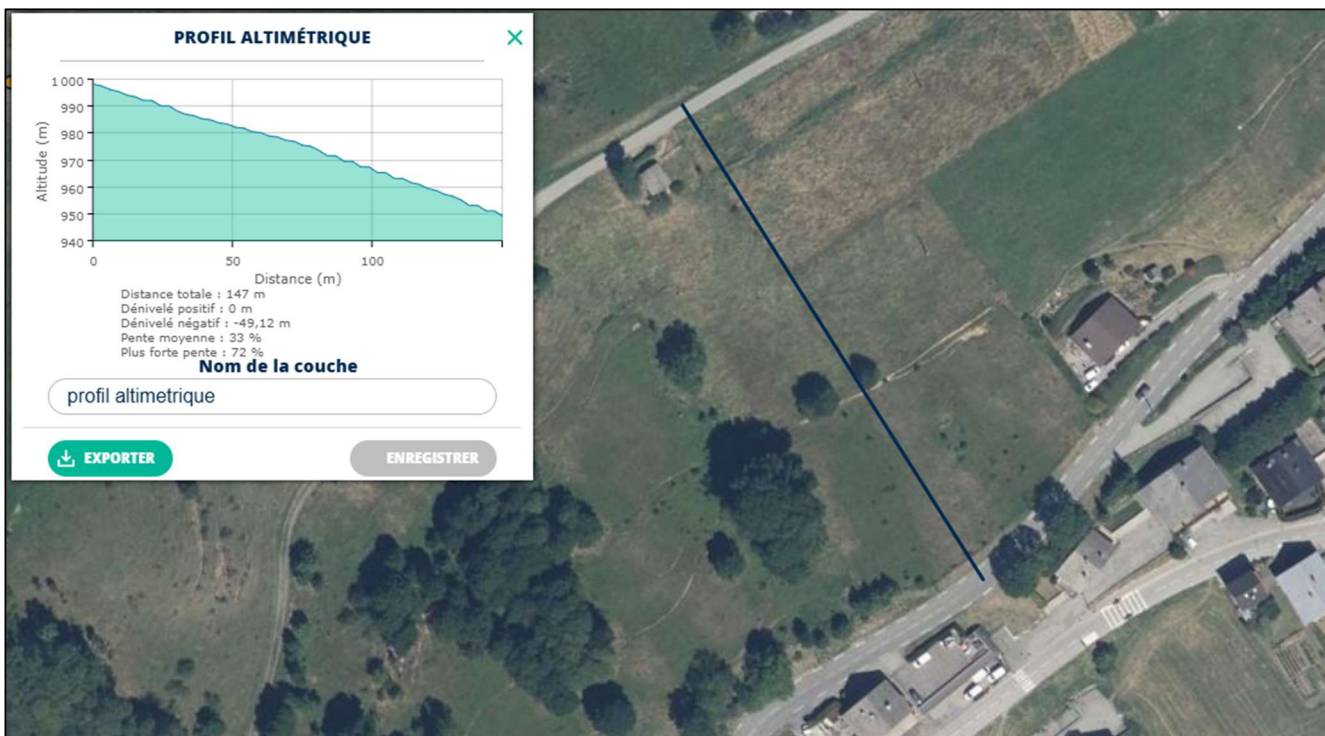
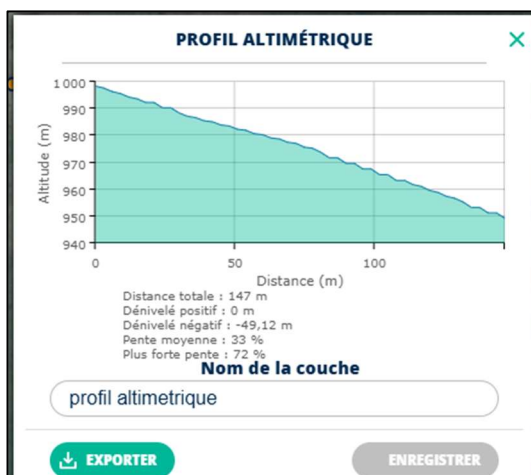
- Altimétrie du terrain : Comprise entre les cotes 950.0 m NGF côté Sud et 996.0 m NGF côté Nord ;
- Contexte général : Terrain situé en moyenne montagne dans un versant orienté vers le Sud ;
- Végétation : Terrain enherbé type pré avec quelques arbres de grandes tailles côté Sud-Ouest du site ;
- Occupation du site : Terrain inoccupé au droit de la zone retenue pour le projet.



Vue panoramique du site depuis le Nord-Est (source : Google Street view – Juillet 2024)

➤ Géomorphologie :

- Terrain remodelé par l'activité agricole ;
- Terrain en pente régulière importante de l'ordre de 30 à 45% ;
- Pas d'indice d'instabilité visible au moment de notre intervention a priori – forte végétation.





Profils topographiques du site (source : Géoportail)

➤ Eau :

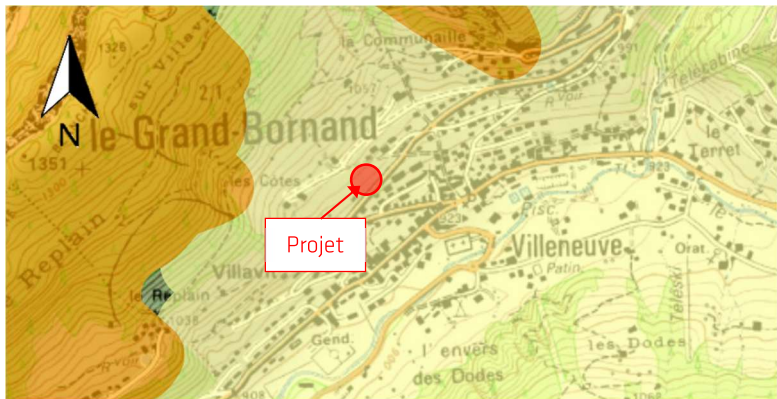
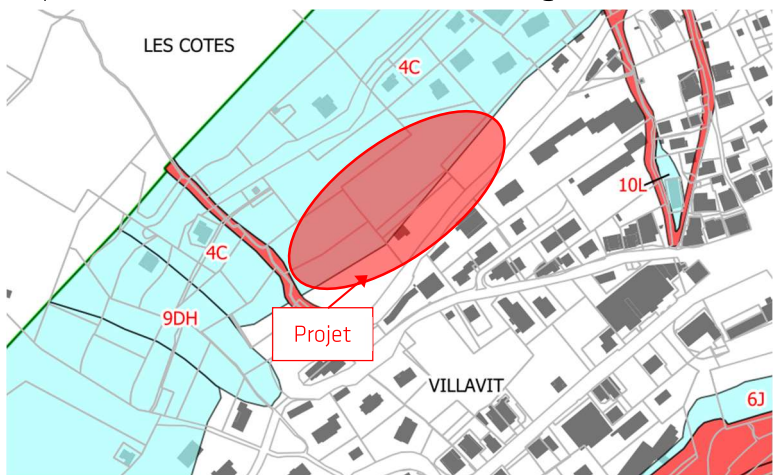
- Pas d'indice de circulation d'eau de ruissellement ni de résurgence d'eau souterraine le jour de notre intervention ;
- Nombreuses sources et captages connus dans le secteur ;
- Nombreux cours d'eau/ruisseaux temporaires et permanents entaillant le versant ;
- Cours d'eau Le Borne 250 m au Sud.

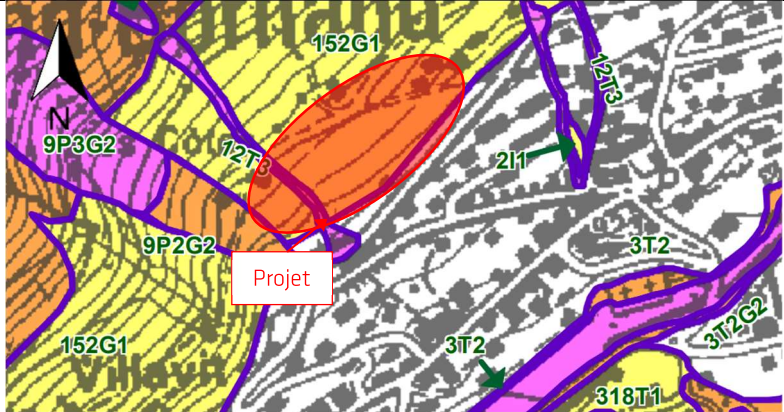


Vue aérienne en relief (source : « Google Earth »)

3.3. Risques Naturels

Il est de la responsabilité des constructeurs de valider ou de compléter ces informations, en interrogeant les services compétents et en consultant les documents originaux sur format papier, en mairie ou en préfecture. Il s'agit de s'assurer de la concordance entre les travaux envisagés et l'ensemble des mesures de protection demandées par l'administration.

Risque	Carte / source	Aléa / niveau de risque
<u>Retrait-gonflement des sols</u>	 <i>Extrait de la carte d'aléa de phénomènes de retrait-gonflement des sols (BRGM)</i> <u>Carte 2026 la même ?</u> http://www.georisques.gouv.fr/	<u>Degré d'aléa :</u> ☒ Faible ☐ Moyen ☐ Fort
<u>Hydrogéologique et hydraulique</u> ☐ Inondation ☒ Crue torrentielle ☐ Remontée de nappe <u>Géologique</u> ☒ Mouvement de terrain ☒ Stabilité de pente ☐ Cavité souterraine ☐ Mines	Commune règlementée par un PPRN approuvé et modifié le 20/02/2020, relatif notamment aux crues torrentielles et mouvements de terrain. Le site se trouve au droit d'une zone à prescriptions faibles à moyennes constructibles sous conditions - règlement 4C.  <i>Extrait de la carte réglementaire du PPRN « Grand-Bordant Sud »</i> Le site se trouve au droit d'une zone d'aléa faible vis-à-vis des glissements de terrain, recoupé en bordure Ouest par une zone d'aléa fort vis-à-vis des crues torrentielles. De plus, en limite Sud-Ouest du site il se distingue un couloir d'aléa mouvement de terrain moyen à fort.	<u>Degré d'aléa :</u> ☒ Faible ☐ Moyen ☐ Fort <u>Constructibilité :</u> ☒ Sous conditions ☐ Non constructible

	 Extrait de la carte réglementaire du PPRN « Grand-Bordant » http://www.haute-savoie.gouv.fr Section IAL : Information Acqureur et Locataire	
Sismique	http://www.georisques.gouv.fr/	☐ Zone 2 (aléa faible) ☐ Zone 3 (aléa modéré) ☒ Zone 4 (aléa moyen)

3.4. Occupation historique du site

L'enquête historique a permis de recenser les photographies aériennes suivantes :

Photographies aériennes du site (source : Géoportail)	
 1936– Photographie la plus ancienne disponible	 1973

D'après l'examen des photographies aériennes d'archives, il apparaît que le site a été occupé par le terrain naturel, exploité anciennement pour des activités agricoles jusqu'à aujourd'hui.

Les photographies ne mettent pas en évidence des mouvements de terrains massifs ou de constructions au droit du site, même lors de la construction des parcelles mitoyennes dans les années 1970-1980, ou durant la création route sous-jacente.

4. Sensibilité générale du site vis-à-vis de sa situation et de son histoire

De ces éléments, nous retiendrons les risques et aléas principaux liés à la situation du terrain, dont il faudra tenir compte dans la conception et l'adaptation du projet au site :

Topographie	Pente moyenne avec versant important en amont
Géomorphologie	Terrain dans un contexte de versant
Environnement	Environnement montagnard d'urbanisation modérée
Hydrogéologie	Nombreuses sources et nombreux ruisseaux entaillant le versant Ruissellement lié à la pente du versant Cours d'eau Borne en aval
Risques naturels	Zone de risque de mouvement de terrain réglementée par le PPRn Sensibilité des sols au retrait-gonflement : Aléa faible
Historique / enquête	Présence de réseau au droit de la zone d'étude

La synthèse des reconnaissances, des résultats d'enquêtes et des observations effectuées sur le site est donnée ci-après. Elle vise à apporter une représentation de la structure géotechnique du site, la plus proche de la réalité possible. Cette vision est cependant par définition incomplète, car basée en partie sur des sondages ponctuels, ne donnant que certaines informations partielles (par exemple uniquement visuelles, ou d'autres uniquement géomécaniques). Elle peut, de ce fait, ignorer ou mal évaluer la présence de certaines discontinuités ou hétérogénéités toujours possibles, le milieu naturel ne répondant pas à une logique statistique ou linéaire.

Les aléas liés à ces hétérogénéités ou discontinuités devront être précisés, si besoin, par des moyens de reconnaissances complémentaires, et par une intervention régulière d'un spécialiste en géotechnique au fur et à mesure de la conception et de l'exécution des ouvrages (cf. enchaînement des missions).

5. Caractéristiques lithologiques

5.1. Carte géologique

D'après la carte géologique du BRGM de ANNECY-BONNEVILLE n°678 au 1/50 000, le terrain se situe dans un contexte de formations glaciaires, type moraines de versant (GyT), surmontant le rocher marneux et calcaire (g1, e5-6, n4-5).

Il est à noter que le contexte géologique du site est très accidenté, présentant de nombreux marqueurs de mouvements de terrains passés (failles sub-verticales, terrains éboulés, plissements avec succession d'anticlinaux et synclinaux, etc.). De plus, le site se trouve au droit d'un anticlinal.



Extrait de la carte géologique du secteur d'étude (source : BRGM)

Les particularités géotechniques caractéristiques et généralement observées de la formation morainique sont :

- Une hétérogénéité verticale et latérale ;
- Des éléments hétérométriques et polygéniques ;

- La présence d'éléments de taille importante (blocs, ...) ;
- Un toit irrégulier.

Les particularités géotechniques caractéristiques et généralement observées du substratum rocheux calcaire sont :

- Une hétérogénéité verticale et latérale ;
- Une sensibilité à la dissolution ;
- Une frange superficielle d'altération au niveau de son toit de caractéristiques et d'épaisseur potentielle très variables ;
- Un toit irrégulier, des plongements importants sur de faibles distances.

5.2. Investigations in situ

La lithologie des formations en place apparaît relativement homogène d'après les données disponibles (peu de sondage réalisés). Elle peut être décrite comme suit, du haut vers le bas :

- **TV : Terre végétale limoneuse** sur une épaisseur de l'ordre de 0.2 à 0.3 m ;
- **Unité 1 : Limons graveleux**, marron, identifiés jusque 0.8 à 1.0 m/TA. Ils correspondent aux matériaux de recouvrement de type colluvions ou éboulement de versant.

Cette formation correspond au sol de résistance faible à moyenne mesurée dans les sondages au pénétromètre D1 à D10 jusque 0.6 à 2.0 m/TA.

NOTA : Ces données sont à considérer avec modération puisque les sondages pénétrométriques sont réalisés à l'aveugle et ne permettent pas de distinguer les variations de lithologie, et donc la présence nécessairement de remblais.

- **Unité 2 : Graves limoneuses à Limons graveleux**, marron, identifiés jusque 9.2 à 12.5 m/TA. Cette formation correspond aux moraines du secteur, de résistance globalement bonne, à passées hétérogènes de plus faible résistance.

Cette formation correspond au sol de résistance élevée à très élevée dans les sondages au pénétromètre D1 à D10 jusqu'aux profondeurs de refus, soit entre 1.0 et 2.2 m/TA.

NOTA 1 : Des passages ponctuels de plus faible résistance se distinguent dans ce faciès notamment vers 6.0 m/TA en PR2. Ils semblent répartis aléatoirement, ce qui est cohérent avec le type de dépôts de moraines de versant.

NOTA 2 : Compte tenu du type de dépôts rencontrés sur site, il ne peut pas être attribuer systématiquement les refus des sondages pénétrométriques à la présence des moraines surconsolidées. Ils pourraient en effet également être liés à la présence de blocs de taille imposante.

NOTA 3 : Compte tenu du maillage très faible des sondages réalisés, le modèle retenu à ce stade du projet ne peut pas être retenu comme définitif et représentatif de l'ensemble du site. Des sondages complémentaires seront indispensables pour valider les terrains in situ.

Le toit de cette formation a été reconnu aux profondeurs et cotes suivantes :

Toit d'apparition de la formation au droit des sondages												
Sondage : Référence	PR1	PR2	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
Cote des sondages (en m NGF) – à confirmer par relevé géomètre	973.5	972.0	982.5	969.5	966.5	981.5	976.5	969.0	980.5	978.5	976.5	967.0
Profondeur d'apparition du toit de la formation (en m/TA)	1.0	0.8	2.0	0.6	0.6	0.8	0.7	1.4	0.8	0.9	0.8	1.0

Cote correspondante (en m NGF)	972.5	971.2	980.5	968.9	965.9	980.7	975.8	967.6	979.7	977.6	975.7	966.0
-----------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

NOTA : profondeurs basées sur des variations de résistance pénétrométrique d'essais réalisés à l'aveugle, ainsi que sur des remontées partielles de cuttings de matériaux déstructurés issus de forage en petit diamètre. Elles devront être validées impérativement par des sondages complémentaires, dès la phase conception, permettant d'apprécier avec précision les interfaces des différents faciès, type sondages carottés. Ces sondages permettront en plus de mieux caractériser les matériaux en place (non remaniés) et leur comportement.

- Unité 3 : Formation de résistance très élevée, correspondant vraisemblablement au substratum rocheux du secteur, reconnue jusqu'aux arrêts des sondages pressiométriques à 15.0 et 20.0 m/TA.

6. Caractéristiques hydrologiques

6.1. Résultat des mesures et enquête in situ

Les niveaux d'eau mesurés dans les piézomètres mis en place sont donnés dans le tableau suivant :

Niveaux d'eau mesurés dans les piézomètres					
Piézomètre n°		PR1 + Pz		PR2 + Pz	
		m/TA	Cote (en m NGF)	m/TA	Cote (en m NGF)
Mesures effectuées	22/04/2026	13.2	960.3	11.4	960.6

Tableau récapitulatif des mesures piézométriques

Les sondages étant fait sur une période de courte durée – 1 valeur par Pz (en l'absence de chronique piézométrique à long terme sur minimum 1 an), ces données présentées ne permettent pas de statuer forcément sur une situation pérenne, ni sur le niveau maximum qui peut être atteint. Des fluctuations au cours des saisons et des épisodes pluvieux peuvent se produire.

6.2. Synthèse hydrogéologique

- Le contexte hydrogéologique du site est marqué par :
 - Des circulations d'eau provenant du versant et susceptibles de former une nappe. Ces circulations sont peuvent apparaître selon des cheminements préférentiels (par exemple au sein de chenaux plus graveleux, aux interfaces de faciès ou au toit du substratum) et de façon intermittente dans le temps (par exemple en période pluvieuse continue ou à la fonte des neiges) ;
 - Le débit et le niveau d'apparition peuvent varier fortement en fonction des conditions météorologiques ;
 - Des rétentions d'eau sous forme de « poche d'eau » proches des structures enterrées – réseau traversant la parcelle en zone centrale.

7. Caractéristiques géomécaniques

Les caractéristiques géomécaniques mesurées et correspondant à l'organisation géologique décrite précédemment, sont données dans le tableau récapitulatif ci-après. Les données qui suivent ont pour objet de préciser les hypothèses de calcul pour la justification des ouvrages. En phase projet (mission G2 PRO), et en fonction des ouvrages à dimensionner, les caractéristiques à retenir pourront être sensiblement revues.

Faciès	Pressiomètre		Pénétromètre dynamique
	Pression limite PI * (MPa)	Module Pressiométrique E _M (MPa)	Résistance de pointe q _d (MPa)

Unité n°1 – Limons graveleux	-	-	[0.5-20.0] 1.5
Unité n°2 – Moraines supposées gravo-limoneuse	[2.52 - >5.0] 2.5*	[25 - > 200] 40.0*	[2.0 - >50.0] 5.0*
Unité n°3 – Substratum supposé	[>5.0] 5.0	[139 - >200] 140*	-

* : Prise en compte des passées de moindre résistance compte tenu du faible maillage du terrain à ce stade du projet

8. Risques sismiques – Données réglementaires

Les normes et documents réglementaires utilisables sont les suivants :

- NF EN 1998-1, 1998-5 : Règles de l'Eurocode 8 - « Calcul des structures pour leur résistance aux séismes – Partie 5 : Fondations, soutènements et aspects géotechniques » ;
- La zone de sismicité (selon décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010).

Les principales données parasismiques, déduites des éléments précédents, permettent de retenir les paramètres suivants :

- Zone de sismicité : Zone 4 (aléa moyen) ;
- Classe de sols – Application des règles de l'Eurocode 8

Classe de sol	Description du profil stratigraphique	Coefficient d'amplification S
B	Dépôts raides de sable, de gravier ou d'argile sur-consolidée, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécaniques avec la profondeur	1.35

NOTA : la classe de sol pourra être revue après réalisation des sondages complémentaires.

- Accélération nominale : application des règles de l'Eurocode 8

Rappel : l'Accélération Nominale a_g (m/s²) est définie par la relation : $a_g = \gamma_1 \cdot S_T \cdot a_{gr}$

Les différents paramètres sont récapitulés dans le tableau suivant :

Zone sismique	Pic d'accélération de référence a_{gr} (m/s ²) pour un sol de référence de classe A	Coefficient d'importance de l'ouvrage γ_1			
		Catégorie d'importance de l'ouvrage			
		I	II	III	IV
Zone 4	1.6	0.8	1.0	1.2	1.4
S_T : coefficient topographique		1.0		1.2	

Coefficients d'importance et coefficient topographique proposés en fonction de la catégorie d'importance de l'ouvrage

* Nota :

On peut admettre que S_T décroît linéairement en fonction de la hauteur de l'ouvrage par rapport à la base du talus, jusqu'à valoir 1 à la base. Dans le cas d'une couche lâche, le coefficient donné ci-dessus doit être augmenté d'au moins 20%.

- Risque de liquéfaction :

Les reconnaissances réalisées permettent de retenir que les sols sont a priori non suspects de liquéfaction, pour les raisons suivantes :

- Sol résistant et hétérométrique jusqu'à plus de 15 m de profondeur.

9. Sensibilité du site liée à la structure géotechnique du site

Les tendances générales et les principaux aléas liés à la structure géotechnique du site apparaissent être les suivants :

- Structure géotechnique apparaissant a priori homogène et peu déformable, sur la base des sondes réalisés de très faible densité compte tenu du projet. Sous 0.5 à 2.0 m de limons de recouvrement, les terrains sont constitués par les moraines gravo-limoneuses du secteur, relativement compactes jusque 9.0 à 12.5 m/TA, puis le substratum rocheux :
- Les formations en place sont constituées en partie de formations glaciaires / d'éboulis. La présence de blocs de grande taille est possible, même si les sondages n'ont détecté que des blocs de taille modérée ;
- Le toit du substratum est susceptible de varier brutalement en quelques mètres de distance, pouvant induire des difficultés lors des travaux (rattrapages importants en fondation, difficultés de terrassements en déblais).
- Le substratum rocheux du secteur étant calcaire (d'après la carte géologique) est constitué de formations sensibles à des phénomènes de dissolution en présence d'eau : la formation de karsts, lapiaz, dolines, fontis peut exister localement, même si aucun indice n'a été détecté dans les sondages et dans l'examen visuel du site.
- Contexte hydrogéologique marqué par des circulations d'eau provenant du versant à plus ou moins faible profondeur, et susceptibles d'apparaître selon des cheminements préférentiels de façon intermittente dans le temps selon les conditions météorologiques/les saisons.

DESCRIPTION DU PROJET ET DE SON ENVIRONNEMENT

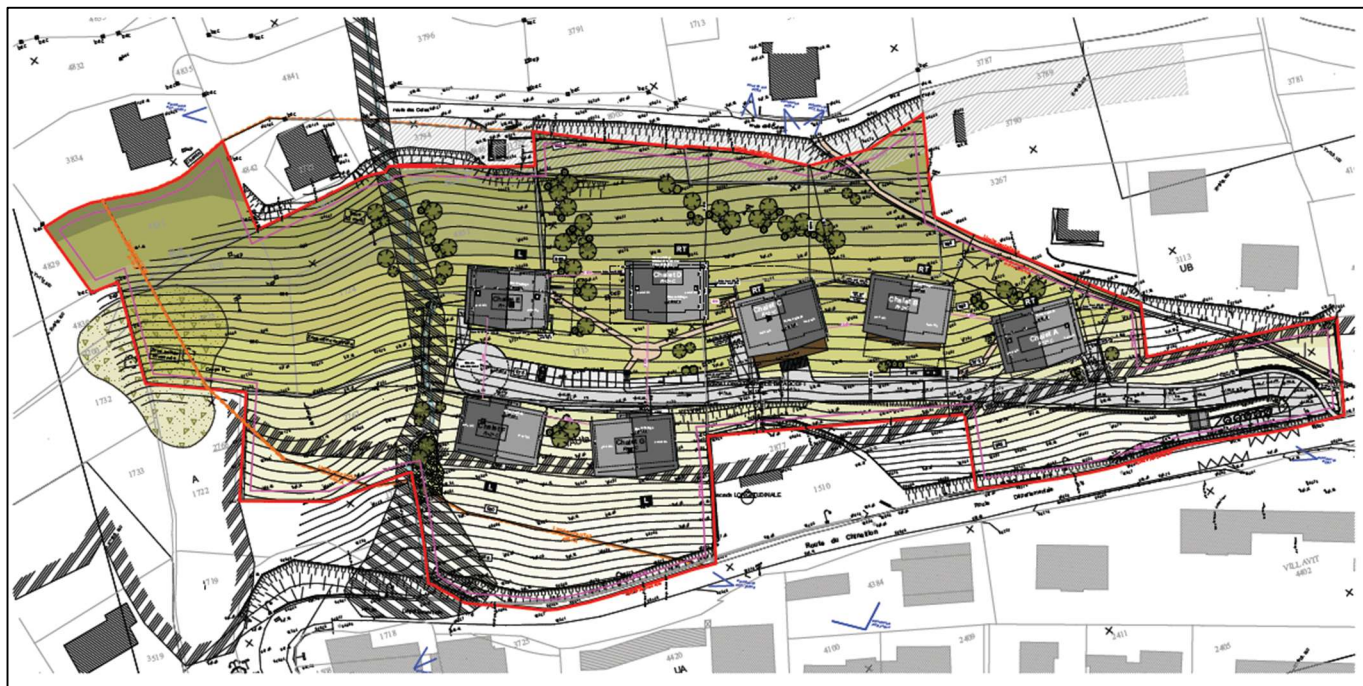
10. Caractéristiques du projet

10.1. Description des ouvrages

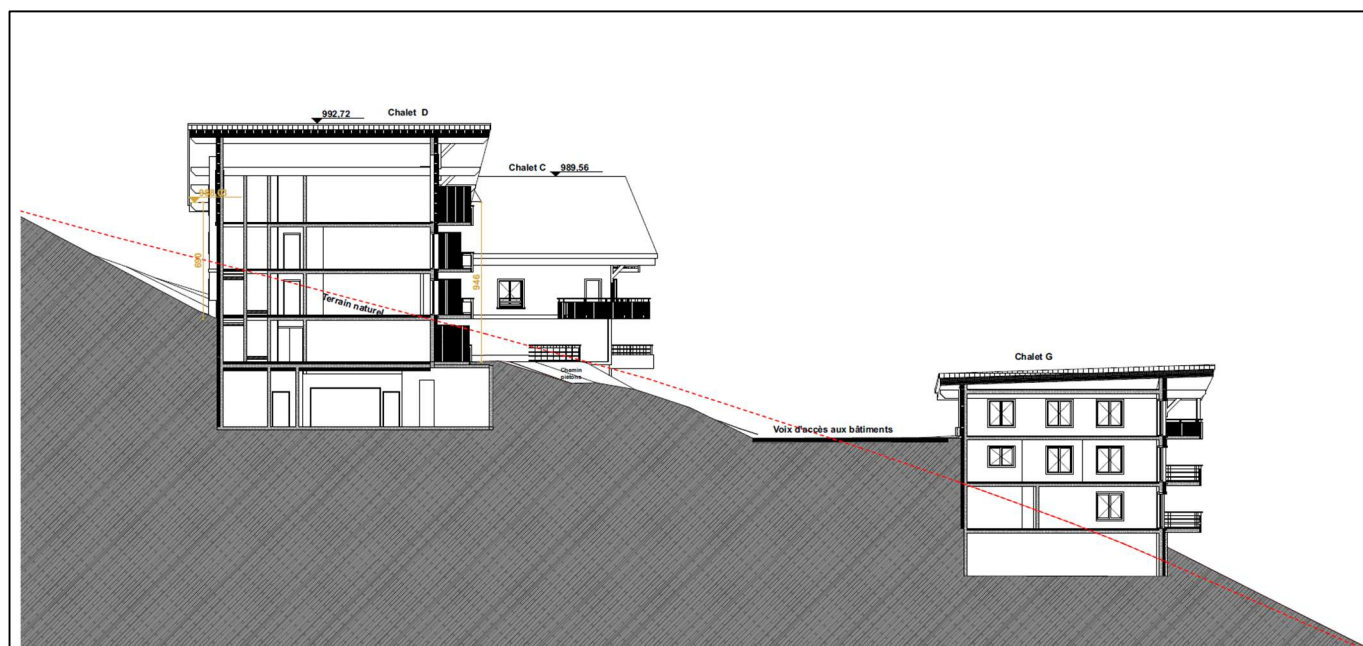
➤ Constructions envisagées :

Désignation	Bâtiments A à G
Dimensions approximatives	$\approx 400 \text{ m}^2$ par bâtiment hors sous-sol débordants $\approx 500 \text{ m}^2$ avec sous-sol débordant $\approx 2800 \text{ m}^2$ pour les bâtiments sur sous-sol commun
Type d'ouvrage	Logements touristiques
Nombre de niveaux	R+2+C à R+2+C sur R-2
Cote du niveau le plus bas	968.6 à 976.7 m NGF
Nature du niveau bas	Dallage sur terre-plein Plancher porté bâtiment F et G
Structure	Béton armé vraisemblablement
Descentes de charges sur la structure (Estimées aux ELS - à confirmer par le BE structure)	40 à 200 t par appui isolé 15 à 40 t/ml par appui continu
Sollicitations appliquées aux dallages (Estimées aux ELS - à confirmer par le BE structure)	0.25 à 0.50 t/m^2

Tableau récapitulatif des principales caractéristiques des bâtiments et constructions envisagés



Plan masse du projet (source : STELLA)



Coupe du projet - Bâtiment D et G (source : STELLA)

A noter :

- Localement la superstructure sera débordante du sous-sol, d'après les documents qui nous ont été transmis. Les dispositions particulières ci-après seront nécessaires afin de limiter l'impact des travaux de terrassement sur la mise en œuvre du dallage et des fondations de la superstructure (voir paragraphes terrassement et dallage) ;
- Certains bâtiments présentent des décrochés de niveaux, le remblaiement des gardes de terrassement en remblai technique est difficilement réalisable. Le dallage se trouvant dans l'emprise de ces zones devra être traité en **plancher porté** par les fondations ;
- Le bâtiment présente des décrochés de niveaux, un approfondissement des fondations du/des niveaux supérieur(s) sera nécessaire afin de respecter la règle des 3H/2V entre arêtes de fondations. Dans le cas contraire les murs enterrés devront être dimensionnés pour reprendre les charges apportées par les fondations amont. Si les fondations ne peuvent pas traverser les gardes de terrassement, des déports de fondations ;
- Il sera indispensable de s'assurer que les charges appliquées sur les fondations prennent en compte les éventuels remblais périphériques de surélévations.

➤ Voiries et chaussées :

Désignation	Stationnement	Voirie de desserte
Type chaussée envisagée	Voirie lourde / Voirie légère	Voirie lourde / Voirie légère
Linéaire ou surface approximatifs	21 places de stationnements	≈ 260 ml

Tableau récapitulatif des voiries et chaussées envisagées

10.2. Terrassements provisoires :

- Altimétrie des niveaux finis : 968.6 à 976.7 m NGF ;
- Hauteurs approximatives des terrassements en déblais provisoires estimées :
 - o Côté Amont des bâtiments : 6.0 à 15.0 m ;
 - o Côté Aval des bâtiments : 0.0 à 8.0 m.

Ces travaux de grande hauteur représentent le risque principal du projet.

11. ZIG (Zone d'Influence Géotechnique) du projet

Définition de la ZIG : Volume du terrain au sein duquel il y a interaction entre l'ouvrage, ou les travaux nécessaires à sa réalisation) et son environnement (sols et ouvrages environnants).

Dans le cas présent, la ZIG est constituée par :

- La parcelle où est placé le futur projet ;
- Les ouvrages existants sur les parcelles voisines amont ;
- Les limites de propriété relativement éloignées du projet hors voirie d'accès et à 3 m côté Est ;
- La Route du Chinaillon et ses réseaux associés située en aval du projet.

12. Sensibilité générale du projet

La sensibilité générale du projet vis-à-vis de sa destination et de la ZIG va être fortement conditionnée par les aspects suivants :

- Ouvrages souples pouvant admettre des tassements différentiels modérés (à confirmer par le BE structure) ;
- Ouvrages aux descentes de charges estimées moyennes à importantes (à confirmer le BE Structure) ;
- Travaux de terrassement avec des déblais importants à proximité d'ouvrages sensibles ;
- Travaux de terrassement en déblai avec peu de recul par rapport aux limites ;
- Travaux de terrassement importants dans un terrain de pente élevée ;
- Projet nécessitant des phasages de travaux successifs ;
- Modification importante des conditions d'écoulement des eaux de surfaces ;
- Modification importante des conditions d'écoulement des eaux de ruissellement de versant.

13. Principales applications pratiques

Les principales applications pratiques pour l'adaptation du projet au sol sont les suivantes :

Ouvrages géotechniques ou travaux nécessaires à l'adaptation au sol du projet	Recommandations pour la conception des principaux ouvrages géotechniques
Préparations préalables	- Décapage de la terre végétale et de la végétation avec purge des systèmes racinaires - Dévoisement et purge des réseaux au droit du tènement - Drainage préalable impératif
Terrassements provisoires	- Terrassements en retro sans remanier les sols supports - Protection immédiate des arases de terrassements contre le remaniement et les variations de teneur en eau - Moyen d'excavation à prévoir pour terrassements dans des sols très résistants (pelle puissante, brise-roche, riper, déroctage) - Terrassements délicats en présence de venues d'eau à associer à des moyens d'épuisement de fond de fouille, de drainage
Talus et soutènements provisoires	- Talutages envisageables selon une pente de 1v/1h dans la limite de 3.0 à 3.5 m de hauteur - Protection du ravinement de surface par des feuilles de polyane transparentes soigneusement fixées - Talutages envisageables moyennant la mise en place de mesures de protection vis-à-vis des eaux souterraines et des eaux de ruissellement - Soutènements provisoires par parois clouées
Dispositions vis-à-vis de la ZIG	- Diagnostic des ouvrages avoisinant par constat d'huissier
Solution de fondation et traitement du niveau bas	- Fondations superficielles par semelles isolées et/ou continues - Dallage sur terre-plein - Décrochés à traiter en porte à faux
Gestion de l'eau dans le sol	- Phase provisoire : drainage de chantier, merlon de protection à l'amont du chantier pour éviter les eaux de ruissellement dans la fouille, drainage des parois de soutènement, voire tranchées et puits avec pompage - Phase définitive : protection des murs par imperméabilisation et drainage périphérique actif ou protection des murs par étanchéité et drainage périphérique actif

Tableau récapitulatif des recommandations pour la conception des principaux ouvrages géotechniques

14. Fondations de la structure

Les solutions de fondation envisageables sont les suivantes :

- Semelles superficielles continues et/ou isolées, ancrées de 0,3 m minimum dans la formation n°2 de moraine et descendues à 1.0 m de profondeur minimum / terrain fini extérieur.

14.1. Fondations superficielles par semelles continues et/ou isolées

Les fondations pourront être superficielles de type continues et/ou isolées ancrées au minimum de 0.3 m dans la formation 2 (moraines gravelo-limoneuses supposée).

Le toit de la formation n°2 est reconnu entre 0.6 et 2.0 m par rapport au terrain actuel au droit des sondages réalisés.

L'assise des fondations sera ancrée au minimum de 0.3 m dans cette couche repère.

Dans les zones aval, des rattrapages en gros béton pourraient s'avérer nécessaires.

Le bâtiment présente des décrochés de niveaux, un approfondissement des fondations du/des niveaux supérieur(s) sera nécessaire afin de respecter la règle des 3H/2V entre arêtes de fondations successives. Dans le cas contraire les murs enterrés devront être dimensionnés pour reprendre les charges apportées par les fondations amont.

Les surprofondeurs en lien avec cette préconisation pourront être limitées et rattrapées en recul, par la mise en œuvre de redans successifs selon une pente de 3H/2V.

Dans tous les cas, l'encastrement devra assurer les conditions de mise hors gel des fondations, soit une profondeur minimale de 1.0 m par rapport à la plus proche surface exposée au gel, compte tenu de l'altitude du site.

Dans le cas d'un pointement rocheux au droit du projet (à valider par des sondages complémentaires ou à l'ouverture pleine masse), il devra être réalisé un décaissé supplémentaire du substratum rocheux de façon à permettre une intercalation de matelas sableux monogranulaire d'au moins 40 cm d'épaisseur entre la fondation et le point dur.

14.2. Exemples de prédimensionnement

Des exemples de prédimensionnement ont été réalisés pour différentes géométries de fondation selon la norme NF P 94-261 (norme d'application de l'Eurocode 7).

Les principaux résultats obtenus sont donnés dans le tableau ci-après.

- Contraintes de pré-dimensionnement :

A partir des hypothèses géo-mécaniques prises en compte, on obtient la valeur suivante de la contrainte q_{net} pour des charges verticales centrées :

$$q_{net} = 1\,000 \text{ kPa}$$

En première approche, les contraintes admissibles calculées selon q_{net} sont les suivantes :

États limites types :	E.L.U. accidentels		E.L.U. transitoires et durables		E.L.S. caractéristiques et quasi-permanents	
	$\gamma_{R,v}$	$\gamma_{R,d,v}$	$\gamma_{R,v}$	$\gamma_{R,d,v}$	$\gamma_{R,v}$	$\gamma_{R,d,v}$
Coefficients partiels de résistance $\gamma_{R,v}$ et de méthode $\gamma_{R,d,v}$	1,2	1,2	1,4	1,2	2,3	1,2
Contrainte admissible $\sigma_{R;d}$ (kPa)	800		650		400*	

Remarque : pour des charges inclinées, le coefficient de réduction i_{Δ} devra être appliqué pour pondérer q_{net} .

Pour des charges en crête de talus de pente β , le coefficient de réduction i_β devra être appliqué pour pondérer q_{net} .

* : Prise en compte des passées de moindre résistance. Cette valeur pourra être revue après réalisation des sondages complémentaires.

➤ Tassements sous semelles :

Les tassements sous fondations pourront être calculés après réalisation de sondages complémentaires pour déterminer les modèles représentatifs au droit des différents bâtiments, ainsi qu'après réception de plans de fondations et des descentes de charges du projet.

Pour rappel, des descentes de charges hétérogènes peuvent conduire à des tassements différentiels. Ce phénomène sera d'autant plus marqué compte tenu des épaisseurs variable de couche entre l'amont et l'aval (lithologie suivant la pente de versant).

14.3. Recommandations sismiques

Le projet se trouve en zone sismique, et les recommandations suivantes devront être appliquées :

- Fondations par semelles filantes à maille fermée régulière (mode le mieux adapté) ou par semelles isolées à relier par un réseau de longrines bidirectionnelles. Les fondations doivent être suffisamment rigides pour transmettre au sol et de manière uniforme les actions localisées reçues de la superstructure ;
- Fondations en béton armé, pour la reprise des efforts de cisaillement lors des déplacements du sol ;
- Veiller à ce que l'assise des fondations soit horizontale ;
- Système de fondation homogène sous un même corps de bâtiment, à moins de délimiter des parties par joints parasismiques.

14.4. Dispositions constructives

- Pour des raisons de bonne exécution, largeur des fondations conçues supérieure ou égale à 0.5 m pour des semelles continues et 0.7 m pour les semelles isolées ;
- En cas de mitoyennetés différées en temps au cours de la construction, une reprise de tassement est à prévoir sur le premier bâtiment construit. Un entraînement de la fondation par le tassement du bâtiment en cours de construction est certain sans précaution spéciale ;
- En cas de deux bâtiments, ou de deux parties d'un même bâtiment fondées de façon différente, ou présentant un nombre de niveaux assez différents, il conviendra de s'assurer que la structure peut s'adapter sans danger aux tassements différentiels risquant de se produire. Dans le cas contraire, les projeteurs devront prévoir un joint de construction intéressant toute la hauteur de l'ouvrage, y compris les fondations elles-mêmes ;
- Des fondations établies à des niveaux différents et à proximité de talus doivent respecter la règle des 3 de base pour 2 de hauteur entre arêtes de fondations et/ou pied de talus (norme NF 94-261), à moins de dispositions particulières ;
- La présence d'eau pourra entraîner des sujétions de blindage de parois, et de pompages pour épuisement des fouilles lors des travaux de fondation, ainsi que l'utilisation de béton hydrofuge ;
- Des sur-profondeurs du toit de la couche d'ancrage sont toujours possibles et pourront nécessiter des rattrapages et surconsommation de béton ;
- La reconnaissance ayant mis en évidence de fortes variations de niveau du toit du sol de fondation, il faut s'attendre à des adaptations locales (sur-profondeurs), des reprises par purge et du coulage de béton maigre ;
- La présence de rocher a été mise en évidence. Cette formation présente la particularité de varier brutalement en profondeur d'apparition et en quelques mètres de distance. Ces variations peuvent amener des difficultés pour l'exécution du chantier : sur-profondeur supplémentaire en fondation, déroctage supplémentaire en terrassement, ancrage par crayonnage et/ou cloutage ;
- Les points durs (blocs rocheux, affleurements, etc.) seront, selon le cas (visite de chantier et de géotechnicien nécessaire), éliminés, pontés, ou décaissés de façon à permettre une intercalation de matelas sableux monogranulaire d'au moins 40 cm d'épaisseur entre la fondation et le point dur ;
- Les fondations doivent être coulées à l'avancement et à pleine fouille impérativement et non coffrées sur une plate-forme pré-terrassée ou reconstituée. Afin d'éviter une décompression du sol de fondation, ce dernier devra être protégé immédiatement et au minimum par un béton de propreté ;
- Tout sol décomprimé localement sera purgé et remplacé par un béton maigre ;
- Au niveau des fosses ascenseur des adaptations particulières de mise hors d'eau ou de redans des fondations pourront être nécessaires.

TERRASSEMENT / SOUTÈNEMENT - PHASE PROVISOIRE

15. Préparation du site

Préambule : les indications des chapitres suivants, fournies en estimant des conditions normales d'exécution pendant les travaux, seront forcément adaptées aux conditions réelles rencontrées : intempéries et niveau de nappe, matériels utilisés, provenance et qualité des matériaux, phasages, plannings et précautions particulières. Nous rappelons que les conditions d'exécution sont absolument prépondérantes pour obtenir le résultat attendu, qu'elles ne peuvent être définies précisément actuellement, et que seules des orientations peuvent être retenues à ce stade de l'étude.

15.1. Démolition

Non concerné

15.2. Décapage – Préparation du sol

Ce point est primordial pour permettre une exécution des travaux dans des conditions satisfaisantes. Il est impératif de prévoir au démarrage du chantier :

- Décapage des matériaux végétalisés en prenant soin d'extraire la totalité des systèmes racinaires ;
- Réalisation d'un réseau de fossés ou tranchées étanches côté amont du terrain, pour capter les eaux de ruissellement provenant du versant ;
- Purge et dévoiement de l'ensemble des réseaux existants sur l'emprise du projet.

16. Terrassements provisoires

Ce chapitre devra bien être pris en compte par l'ensemble des intervenants (Maître d'œuvre, Architecte, Ingénieurs structure, BE VRD, Contrôleur, Entreprises).

16.1. Traficabilité

Les plates-formes au niveau de l'arase de terrassement seront constituées au droit des plates-formes des bâtiments amont par gravelo-limoneux, à limoneux au droit de la voirie et des plateformes des bâtiments aval. Ils seront très sensibles à l'eau, ainsi qu'au remaniement et à la décompression. La traficabilité sera alors médiocre en présence d'eau.

16.2. Terrassabilité

La présence de matériaux limoneux nécessite de réaliser les travaux par temps sec, ainsi que de protéger les arases de terrassement au fur et à mesure de l'avancement des travaux. Des contraintes d'exécution (changement de consistance, perte de portance, ...) sont à prendre en compte.

Le projet comporte des déblais dans des matériaux très résistants. Il sera nécessaire de prévoir l'emploi d'engins ou de procédés spéciaux (éclateur, dérocteur, pelle puissante, brise-roche hydraulique, marteau pneumatique).

16.3. Valorisation des déblais issus du site

Les matériaux morainiques graveleux peuvent théoriquement être réutilisables en remblais périphériques drainants et éventuellement en couche de forme sous voirie, sous réserve d'un calibrage soigneux (élimination des particules fines et des gros éléments, conservation d'une granulométrie 0/80 mm ou 0/100 mm de préférence, ou 20/80 mm en remblais périphériques drainants). La faisabilité technico-économique de leur valorisation, ainsi que les précautions d'exécution, nécessitent la mise en œuvre d'une étude spécifique avec essai au laboratoire, ainsi que la réalisation de sondages complémentaires in situ permettant leur prélèvement et l'appréhension de leur lithologie non déstructurée.

La proportion plus ou moins importante en particules fines des moraines, ou le caractère potentiellement friable du substratum, pourra toutefois rendre difficile leur traitement et leur réemploi.

Les matériaux superficiels limoneux seront inaptes au réemploi en l'état en remblai technique, en drainage ou en couche de forme. Ils seront mis en décharge ou stockés dans les zones d'espaces verts. Le remblai sera réalisé par des matériaux d'apport.

16.4. Talus provisoires

Pour les terrassements provisoires (**inférieurs à 6 mois**), on retiendra les recommandations suivantes :

➤ Pente des talus provisoires :

- Talus provisoires réglés avec une pente maximale de 1H/1V dans la limite de 3.0 à 3.5 m de hauteur. Au-delà de 3.0 m de hauteur de talus dans les matériaux meubles, les talus seront composés de risbermes intermédiaires de 1.0 m minimum de largeur afin d'en assurer la stabilité, voire de soutènements – Point devant être validé impérativement par un dimensionnement à un stade plus avancé de la conception du projet sur la base de plan et coupe de terrassement ;
- Blocage de pied de talus (espace limité) par mur poids de type enrochement ou blocs béton – à valider en phase G2PRO sur la base d'un plan de terrassement.

NOTA 1 : Pour des talus concernés plus de 6 mois, les pentes seront abaissées à 3H/2V.

NOTA 2 : Ces adaptations pourront également être étudié en phase EXE selon la tenue réelle des matériaux à l'ouverture ou des arrivées d'eau observées. Une gestion précise des arrivées d'eau et un contrôle renforcé des terrassements sera indispensable.

➤ Renforcement et drainage des talus provisoires (cf. partie drainage en phase chantier) :

- Mise en œuvre d'éperons drainants, réalisés jusqu'à 3.0 à 5.0 m à l'intérieur du talus minimum au droit d'arrivées d'eau ponctuelle de type source constatée ;
- Mise en œuvre de placages granulaires (masque poids stabilisateur) sur 1.0 à 2.0 m d'épaisseur minimum.

➤ Protection des talus provisoires :

- Mise en place de protection contre les eaux de ruissellement en période pluvieuse : fossé étanche ou merlon pour détourner les eaux de ruissellement hors emprise des talus fragiles ;
- Mise en place rapide de feuilles de polyane transparentes ancrées en tête et en pied, afin de limiter le risque de dégradation / altération ;
- Gestion des arrivées d'eau par mise en œuvre de drainage (cf. paragraphe drainage de chantier)
- Purge et/ou épinglage des blocs rocheux instables.

➤ Stockage des déblais et du matériel de chantier :

Les stockages des déblais et matériels de chantier sont :

- Interdits en tête des talus provisoires ;
- Interdits dans la zone amont du projet ;

NOTA : Si des stockages importants sont prévus dans le cadre du projet, ils devront faire l'objet d'une étude spécifique vis-à-vis de la stabilité des talus en phase provisoire et des avoisinants en amont (mission G2 PRO ou EXE).

17. Soutènements provisoires

17.1. Répartition des ouvrages de soutènements et des talus provisoires

Compte tenu du recul insuffisant et des hauteurs de terrassements, la réalisation d'ouvrage de soutènements provisoires de type parois clouées (dans le cas d'une autorisation de tréfond sous les parcelles voisines) ou butonnées, seront nécessaires à l'amont de l'ensemble des bâtiments.

Ces ouvrages de soutènements seront dimensionnés dans le cadre d'une mission G2 phase PROJET.

NOTA : Selon les aménagements en phase travaux, des soutènements pourraient également s'avérer nécessaire côté aval des bâtiments – point à préciser à la réception d'un plan du terrassement et du PIC.

Remarques :

- Ces soutènements pourront, lorsque le recul le permet, être surmontés d'un talus calé à une pente de 1H/1V (ou 3H/2V s'ils sont conservés plus d'une saison) tout en conservant une banquette de 0.5 m minimum en limite de propriété (ou plus en fonction des avoisinants) et de minimum 0.5 m en tête de paroi ;
- Les soutènements devront être capables de reprendre les efforts engendrés par les existants actuels (voirie, constructions voisines). Ils devront permettre d'assurer également la stabilité des retours de talus ;
- L'arase de la paroi devra impérativement être prévue à une altimétrie concordante avec les avoisinants, les retombées d'étanchéité et les adaptations nécessaires pour la bonne mise en œuvre des éléments du gros-œuvre ;
- Le phasage des travaux sera étudié en phase G2PRO ;
- Les ouvrages de soutènements devront assurer un bon drainage pour évacuer les potentielles arrivées d'eau évitant ainsi l'apparition de pressions hydrostatiques à l'arrière des ouvrages ;
- **Des autorisations de tréfonds devront être demandées pour clouage sur les parcelles voisines et s'affranchir d'une solution de butonnage.**
- Il devra être pris en compte la possibilité de déformation des terrains en amont des parois (décompression des sols, déplacement de la paroi).

Les solutions définitives de soutènement provisoires (type, hauteurs, parements, ancrages, ...) seront étudiées en phase PRO sur la base d'un plan et coupe de terrassement en concertation avec l'équipe de maîtrise d'œuvre.

17.2. Paramètres de pré-dimensionnement – phase avant-projet

En l'absence d'essais spécifiques et à ce stade du projet, les paramètres à prendre en compte pour le dimensionnement des ouvrages sont :

Faciès Description	Poids volumique en kN/m ³	Long terme	
		ϕ' en degrés	c' en kPa
Unité 1 : Limons graveleux	18	27	5
Unité 2 : Moraines supposées	20	30	3
Unité 3 : Substratum supposé	24	40	10

Ces valeurs devront être précisées dans les phases d'études ultérieures du projet sur la base de sondages complémentaires (mission G2 PRO et G3 EXE).

18. Traitement du niveau bas

Le niveau bas pourra être traité en **dallage sur terre-plein**, à la condition stricte du respect des sujétions suivantes :

- Purge complète des potentiels remblais existants, ainsi que les matériaux végétalisés, lâches ou susceptibles de générer des points durs ;
- Exécution des terrassements en déblais et en remblais, selon les préconisations décrites dans ce présent rapport afin de conserver un sol sain et non remanié par les travaux (risque de remaniement par circulation des engins et par décompression en présence d'eau) ;
- La mise en œuvre d'un drainage sous dallage pérenne ;
- L'exécution d'une forme sous dallage afin d'obtenir une portance satisfaisante pour la mise en œuvre du dallage conforme au DTU 13.3.

Le niveau bas de la zone de décroché en amont du bâtiment E, ainsi que les bâtiments aval G et F dont le niveau bas est surélevé par rapport au TA, seront impérativement traité en **dalle portée** par les fondations.

18.1. Préparation de la plateforme sous dallage

La méthodologie suivante est à respecter :

- Procéder au terrassement de la dernière couche "en rétro" sans faire évoluer les engins sur la pleine masse ;
- Mettre en place un géotextile anticontaminant ;
- Protéger la plate-forme au fur et à mesure de l'avancement du décapage par la mise en œuvre d'une première couche épaisse de matériaux nobles et insensibles à l'eau (par exemple de classe D3 selon la norme NF P11-300) ;
- Interrompre les travaux dans des conditions météorologiques trop défavorables ;
- Toute zone remaniée ou décomprimée, par la circulation des engins ou par des intempéries, sera purgée et remblayée avec un matériau noble insensible à l'eau.

18.2. Caractéristiques de la forme support de dallage

18.2.1. Matériaux constitutifs

- Grave naturelle alluvionnaire de classe D₃ selon la norme NF P 11-300, de granulométrie répartie d/D de type Ø 20/40 ou 40/80 mm par exemple (création d'un matelas drainant).

NOTA : En cas d'exécution délicate, plateforme de travail très limoneuse et arrivées d'eau importantes, il pourra être prévu un cloutage en fond de forme par une grave naturelle concassée de dimension Ø80/150 mm par exemple, mise en œuvre au refus

18.2.2. Épaisseurs

- Couche de forme drainante 20/40 mm : **0.3 à 0.4 m**, pour un module de Westergaard visé pour le support, $K_w = 50 \text{ MPa/m}$ (critère minimum demandé par la norme NF P 11-213-1 à 3 - DTU 13.3 Dallages) ;

NOTA : La couche de forme sera conçue pour permettre la libre circulation de l'eau interceptée par la forme drainante vers l'exutoire, et répartir les eaux sous dallage. Il s'agira notamment de créer des passages au travers des longrines et des semelles de fondation qui forment des barrages à l'écoulement des eaux.

18.3. Dispositions constructives

Des matériaux insensibles à l'eau et de comportement mécanique similaire peuvent également être admis, sous réserve de l'agrément par le Maître d'œuvre.

Cette épaisseur devra être précisée en concertation avec le BET, en fonction des sollicitations du dallage et des critères de portance requis pour le support.

Ces épaisseurs sont données à titre indicatif, et tiennent compte d'une exécution des terrassements conformes à nos préconisations et dans des conditions météorologiques satisfaisantes. Elles pourront être revues sensiblement (augmentées ou réduites), en fonction des conditions réelles du chantier et notamment :

- De la qualité des travaux préparatoires réalisés ;

- Des conditions météorologiques et hydrogéologiques au moment du chantier ;
- De la qualité des matériaux mis en œuvre ;
- Du matériel de compactage.

18.4. Module d'Young Es

Pour le dimensionnement du dallage selon les préconisations du DTU 13.3, les valeurs de module d'Young à retenir pour chacun des faciès sont les suivantes, du haut vers le bas :

Faciès	Profondeur moyenne de la base / TA	Épaisseurs moyennes / NB	Module œdométrique estimé	Module d'Young Es
Unité 1 : Limons graveleux	0.5 à 2.0 m	A purger		
Unité 2 : Moraines supposées	9.2 à 12.5 m	8.0 à 12.0 m	50 MPa*	35 MPa*
Unité 3 : Substratum supposé	> 15.0 m	> 5.0 m	100 MPa	75 MPa

* : prise en compte des passées de moindre résistance observées dans les sondages, données potentiellement adaptées après réalisation de sondages complémentaires

18.5. Critères de réception de la forme support

Les critères de réception devront être précisés impérativement par les documents de consultation ou par l'étude d'exécution de l'Entreprise.

L'utilisation de grave crue ne permet pas la réalisation de contrôle par essai à la plaque (essai non représentatif).

Nous proposons de retenir un critère de réception suivant pour des essais réalisés sur l'arase de terrassement avant mise en place de la couche de forme.

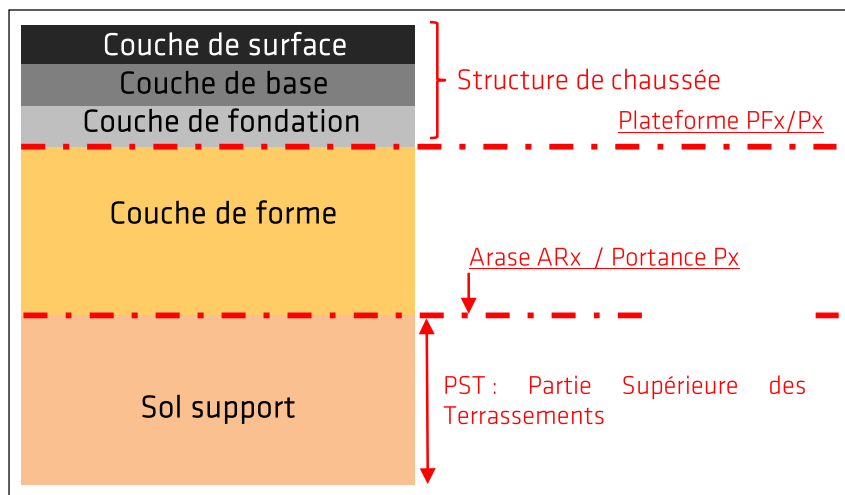
Au stade actuel de l'étude, les critères suivants sont proposés :

Critères de réception de l'arase terrassement			
Ouvrage	Module de Westergaard Kw	Module de déformation E_{v2} , 2 ^{ème} cycle	Rapport E_{v2} / E_{v1}
Dallage	25-30 MPa/m minimum	25-30 MPa minimum	< 2,2

19. Rappel de la structure de chaussée

Des voiries, voie d'accès et zones de stationnement sont prévus au projet.

Le paragraphe suivant traite seulement de la partie « couche de forme » et est fourni à titre indicatif sur la base uniquement sur les sondages réalisés sur site. Il n'intègre pas le dimensionnement de la structure de chaussée (réalisable en mission G2 PRO spécifique à la voirie au besoin sur la base d'essais spécifiques au laboratoire pour déterminer la PST-AR).



Coupe schématique d'une chaussée avec couche de forme

20. Caractéristiques de la couche de forme sous voirie et parking

Les structures de chaussées des voiries reposeront sur une couche de forme, dont les caractéristiques qui peuvent être retenues à ce stade de l'étude sont résumées ci-après :

20.1. Matériaux constitutifs

- Couche de forme : Grave naturelle alluvionnaire de classe D₃ selon la norme NF P 11-300, de granulométrie répartie 0/D (de type Ø 0/80 ou 0/100 mm par exemple) ;
- Renforcement d'arase par cloutage (en option) : En cas d'exécution délicate liée à la présence d'eau, cloutage du fond de forme par une grave naturelle concassée de dimension Ø80/150 ou 100/200 mm par exemple, mise en œuvre au refus.

20.2. Épaisseur

- Voirie et parking VL : 0.5 à 0.6 m, pour un module EV2 visé de 50 MPa (critère minimum demandé par une plateforme de type PF2), avec intercalation d'un géotextile entre le sol support.
- Voirie et parking PL : 0.7 à 0.8 m, pour un module EV2 visé de 70 MPa (critère minimum demandé par une plateforme de type PF2/PF3).

20.3. Dispositions constructives

Des matériaux insensibles à l'eau et de comportement mécanique similaire peuvent également être admis, sous réserve de l'agrément par le Maître d'œuvre.

Cette épaisseur devra être précisée en concertation avec le BET, en fonction des sollicitations apportées par le trafic et des critères de portance requis pour le support.

Ces épaisseurs sont données à titre indicatif, et tiennent compte d'une exécution des terrassements conformes à nos préconisations et dans des conditions météorologiques satisfaisantes. Ces épaisseurs pourront être revues sensiblement (augmentées ou réduites), en fonction des conditions réelles du chantier et notamment :

- De la qualité des travaux préparatoires réalisés ;
- Des conditions météorologiques et hydrogéologiques au moment du chantier ;
- De la qualité des matériaux mis en œuvre ;
- Du matériel de compactage.

Compte tenu de l'enjeu important que représente l'exécution de la forme support de dallages, sa conception et sa mise en œuvre devront faire l'objet d'une attention particulière de la part des Concepteurs. Il conviendra de prévoir :

- Une étude spécifique avant le démarrage des travaux ;
- La réalisation d'une ou plusieurs planches d'essais, afin de préciser si la structure prévue permet d'obtenir les résultats escomptés.

20.4. Critères de réception de la forme support

Les critères de réception devront être précisés impérativement par les documents de consultation ou par l'étude d'exécution de l'Entreprise.

Au stade actuel de l'étude, les critères suivants sont proposés :

Critères de réception de la forme support de structure de chaussée	
Ouvrage	Module de déformation E_{v2} , 2 ^{ème} cycle
Voirie / Parking VL	50 MPa minimum
Voirie / Parking PL	70 MPa minimum

GESTION DE L'EAU - PHASES PROVISOIRE ET DEFINITIVE

21. Gestion de l'eau en phase provisoire de chantier

➤ Protection contre les eaux de ruissellement préalablement au démarrage des travaux :

Le terrain est exposé à un risque de ruissellement provenant du versant / de la voie d'accès en cas d'épisode pluvieux intense et/ou continu. Ces eaux de ruissellement peuvent avoir un effet déstabilisateur sur la tenue des talus provisoires et sur la portance de la plate-forme de chantier. On réalisera un merlon de protection en enrobé / en béton pour assurer une efficacité maximale.

➤ Gestion de l'eau dans la fouille

La présence de venues d'eau à faible profondeur et la qualité médiocre des sols superficiels nécessitent la mise en place d'un drainage au fur et à mesure de l'avancement des travaux. Ce drainage sera constitué par :

- Le terrassement des arases en pente vers un ou plusieurs points bas collecteurs, afin de faciliter l'évacuation rapide des eaux de pluie en contexte météorologique défavorable et durable, limitant ainsi l'altération des matériaux de la plateforme ;
- La réalisation d'un réseau de cunettes transversales et périphériques, mise en œuvre à l'avancement, afin de collecter les venues d'eau, par gravité ou si nécessaire par relevage ;
- Le captage de toutes sources ou venues d'eau mises à jour par les terrassements de pleine masse pouvant contribuer à la déstabilisation des talus provisoires et à l'altération de l'arase ;
- Une évacuation soit gravitaire, soit via un dispositif de relevage (type puisard et pompe par exemple) vers un exutoire pérenne et sous réserve des autorisations adaptées.

Dans tous les cas, les dispositions spécifiques seront adaptées au cas par cas pour assurer à tout moment la mise au sec de la plateforme (prévoir des formes de pentes pour assurer le drainage des plateformes).

NOTA : Suite à la réalisation des sondages complémentaires, il pourra être mis en évidence la présence d'une nappe d'écoulement de versant. Le cas échéant des adaptations de la gestion relativement contraignante pourraient être à réaliser (matelas drainant de 0.4 à 0.5 m d'épaisseurs avec puits de pompage par exemple, etc.).

➤ Gestion des venues d'eau dans les talus :

Les terrassements en déblai intercepteront des circulations de versant qui se manifesteront par des résurgences d'eau ou des sources de débits variables dans les talus exposés côté amont. Ces venues d'eau devront être captées et évacuées, afin de limiter le risque de ravinement et d'altération du talus par :

- Des éperons drainants réalisés jusque 3.0 à 5.0 m à l'intérieur du talus potentiellement ;
- Ou des masques drainants sur 1.0 à 2.0 m d'épaisseur minimum ;
- La récupération des eaux captées en pied des ouvrages par un fossé périphérique ou une tranchée drainante.

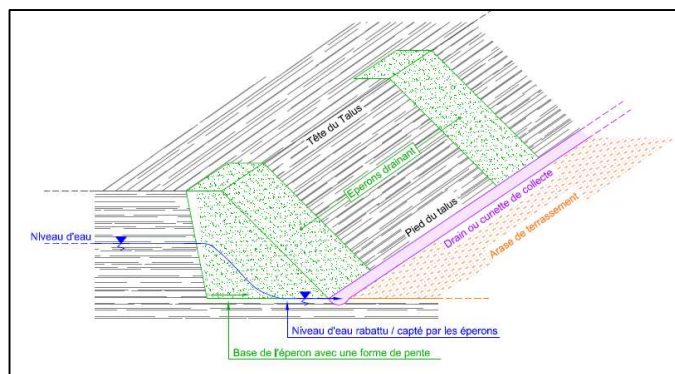


Schéma de principe d'éperons drainants

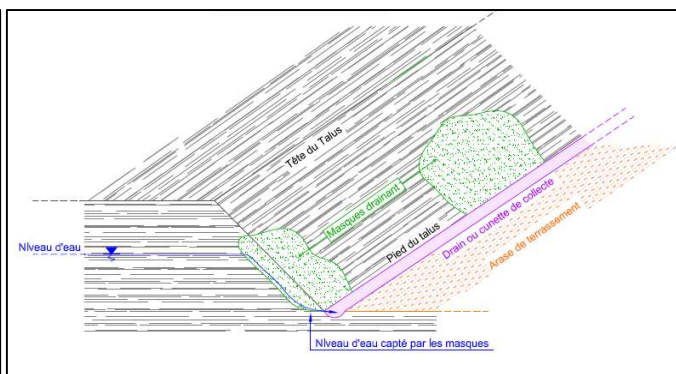


Schéma de principe de placages ou masques granulaires drainants

Les dispositions spécifiques seront adaptées au cas par cas pour assurer à tout moment la mise au sec de la plateforme.

22. Protection vis-à-vis des eaux souterraines en phase définitive

Compte tenu du contexte hydrogéologique (circulations d'eau souterraines de versant supposées à ce stade) et de la conception du projet (un niveau de sous-sol enterré et 2 à 3 niveaux semi-enterrés), il est nécessaire de prévoir un système de protection spécifique contre les infiltrations d'eau. Les précautions suivantes sont à respecter :

➤ **Drainage périphérique des bâtiments, constitué par :**

- Pour les garages et partie d'immeuble pour lesquels une humidité et de légers passages d'eau sont tolérés : Une imperméabilisation des murs enterrés par enduit bitumineux + protection par Delta MS ;
- Pour les locaux nobles et parties d'immeuble pour lesquels aucune humidité n'est acceptée : Une étanchéité des murs enterrés par revêtement étanche (type étanchéité collée/soudée par exemple) ;
- Un complexe drainant mis en place en pied des murs enterrés, sur l'arase supérieure des semelles, et raccordé à un exutoire gravitaire pérenne. Ce complexe sera composé d'un drain, entouré d'un massif filtrant de graviers roulés propres et protégé par un géotextile anti-contaminant.
- L'ensemble des eaux collectées seront évacuées vers un exutoire adapté (réseau EP par exemple). Cette solution est soumise à l'acceptation par les autorités compétentes d'un rejet définitif dans les réseaux.

Remarques importantes :

- Si l'évacuation des eaux de drainage n'est pas envisageable gravitairement, il sera impératif de prévoir dans chaque puisard la mise en place de 2 pompes de relevage (dont une de sécurité dans le cas où la première tombe en panne et avec un fonctionnement en alternance) et d'un système de sécurité (système d'alarme en cas de dysfonctionnement des pompes) ;
- En cas d'impossibilité d'évacuer les eaux souterraines collectées, il sera nécessaire de prévoir un cuvelage. La mise en place d'un cuvelage implique l'adaptation du système de fondation avec la réalisation d'un « faux-radier » et d'un dallage liaisonné aux fondations dimensionné à la sous-pression.
- Des réserves dans les soubassements devront-être pratiquées afin d'assurer la continuité hydrogéologique et éviter toute zone non drainée ;
- L'ensemble du dispositif sera raccordé à un exutoire adapté par évacuation gravitaire ou par relevage sous réserve d'un accord des autorités compétentes ces eaux seront impérativement à rejeter directement sans transiter dans le bassin de rétention des eaux pluviales qui n'est pas dimensionné pour récupérer les eaux souterraines ;
- Il faudra prévoir pour les locaux sensibles (locaux techniques, ascenseurs, ...), il est impératif de prévoir un cuvelage ou une étanchéité soudée ;

23. Protection vis-à-vis des eaux de ruissellement

Nous recommandons de prévoir :

- Des contre-pentes du terrain aménagé en périphérie de l'ouvrage, afin d'éloigner les eaux de ruissellement des façades du projet (bâtiments et voirie) ;
- Des dispositifs de drainage en pied des talus définitifs (fossé, drains avec massif drainant et géotextile, ...) connectés gravitairement, ou par relevage si besoin, à un exutoire pérenne, afin d'éviter l'apport massif d'eau sur le bâtiment en période pluvieuse intense et durable.

24. Gardes de terrassement

Compte tenu :

- du projet prévoyant des terrassements provisoires en déblais relativement importants en périphérie des bâtiments ;
- du contexte hydrogéologique avec des circulations d'eau en périphérie des constructions ;

Les gardes de terrassements devront être remblayées avec soins sur une largeur minimum de 0.5 m selon les dispositions envisageables suivantes :

➤ **Au droit des futures voiries, parkings, cheminement piéton avec revêtement sensibles à la déformation, aménagements extérieurs (murets, escaliers) :**

- Des granulats nobles D₃ (selon la norme NF P 11-300) ou similaire de type Ø 0/80 ou 0/100 mm, compactés selon les préconisations du GTR et isolés du terrain naturel par un géotextile anticontaminant ;
- Des granulats nobles crus drainants de type Ø 40/80 ou 50/100 mm et isolés du TN par un géotextile anticontaminant ;
- Contrôle de compactage par essais à la plaque, au pénétromètre dynamique ou pénétromètre densitographe ;
 - o **Contrôles par essais à la plaque** : un contrôle régulier, au fur et à mesure de l'avancement du remblai, est nécessaire. Ce contrôle est à prévoir à chaque couche unitaire d'apport et au minimum tous les mètres d'épaisseur. Les critères de réception du remblai par essais à la plaque Ø 60 cm seront à préciser en mission G2 PRO ;
 - o Contrôles par sondage au pénétromètre dynamique : le critère de réception pourra être $R_d > 8$ à 12 MPa, à préciser en mission G2 PRO ;
 - o Les modalités des ouvrages extérieurs placés dans les gardes de terrassements devront être précisées une fois ces ouvrages définis (phase projet).

➤ **Au droit des futurs espaces verts :**

Il peut être envisagé l'emploi des matériaux du site ou matériaux d'apport de qualité intermédiaire (C₁B₃, C₁B₄, C₁B₅, A₁), moyennant les conditions suivantes :

- Proscrire l'emploi de matériaux argileux, difficiles à mettre en œuvre et à compacter (matériaux classés A2 ou A3 à éviter) ;
- Mise en œuvre en période sèche et en compactant par couche selon les recommandations du GTR ;
- Acceptation par le Maître d'ouvrage que des tassements ultérieurs puissent se produire (densification de ce matériau difficile à obtenir en fonction de son état hydrique) ;
- Protection complémentaire des murs enterrés : par exemple drainage vertical par hourdis creux, nappe drainante, étanchéité soudée ;
- Protection des étanchéités contre le risque d'arrachement lié au tassement ultérieur des remblais mis en œuvre.

25. Reprofilage des talus définitifs

En phase définitive, nous recommandons de prévoir :

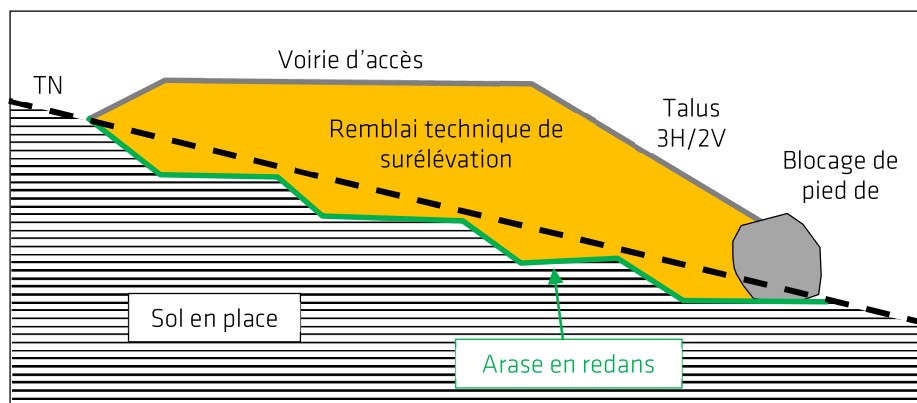
- Des talus définitifs réglés avec une pente maximale de 3H/2V pour des hauteurs maximales de 3.0 à 3.5 m, rapidement recouverts de toile adaptée, afin de les protéger des eaux de pluie et des intempéries, ainsi que pour favoriser le démarrage rapide de la végétation pour limiter l'érosion et le ravinement. Pour des hauteurs plus importantes des soutènements définitifs seront nécessaires ;
- Une surveillance et un entretien régulier des talus, avec intervention rapide en cas d'instabilité constatée en cours de vie de l'ouvrage.

NOTA : S'il est prévu dans certaines zones des remblais techniques / paysagés de surélévation, ils seront réalisés selon une méthodologie précise (préparation de la plateforme, type de matériaux, etc.) à développer au stade PRO sur la base de plan et coupe d'aménagements définitifs.

Les zones devant recevoir un remblai technique / paysagé seront préparées selon la méthodologie suivante :

- Terrassement des arases en redans successifs séparant des plates-formes réglées avec une contre-pente orientée vers l'amont ;
- Mise en œuvre, sur géotextile anticontaminant, d'une première couche de matériaux d'apport drainants avec drain collecteur en pied de redans et connectés à un exutoire pérenne ;
- Fermeture de la couche drainante par un second géotextile anticontaminant ;
- Elévation progressive et compactage des remblais techniques / paysagés dans le respect des directives du GTR92, ainsi que selon les préconisations définies en phase EXE en fonction de matériaux et des moyens de compactages envisagés, avec profilage des talus à 3H/2V et si besoin, blocage en pied par mur poids, sur une épaisseur à adapter à l'avancement ;
- **Contrôles par essais à la plaque** : un contrôle régulier au fur et à mesure de l'avancement du remblai est nécessaire. Ce contrôle est à prévoir à chaque couche unitaire d'apport et au minimum tous les mètres d'épaisseur. Les critères de réception du remblai par essais à la plaque Ø 60 cm selon le mode opératoire du L.C.P.C. Norme pourront être :
 - o Un module EV2 ≥ 35 MPa avec $EV2/EV1 \leq 2.2$ pour les premières couches ;
 - o Un module EV2 ≥ 50 MPa avec $EV2/EV1 \leq 2.2$ pour la couche finale ;
- Contrôles par sondage au pénétromètre dynamique, le critère de réception pourra être :
 - o $R_d > 10$ MPa.

Schéma de principe pour la réalisation d'une voirie d'accès au-dessus du remblai technique



Les débords de la base du remblai de surélévation par rapport au nu extérieur des ouvrages seront au minimum de 1.0 m.

26. Ouvrages de soutènement définitifs

Les murs enterrés des bâtiments serviront de soutènements définitifs. Ils devront donc être dimensionnés comme tels en prenant en compte les efforts de poussée des terres et les efforts engendrés par les voiries projetées autour du soutènement.

En fonction des hauteurs de poussées de terre pouvant être reprises par la structure (à définir par le BE Structure en phase conception), des parois clouées définitives pourront être localement retenues afin de réduire les poussées reprises par les bâtiments.

Ce point sera précisé et dimensionné en phase G2PRO sur la base des données du BE Structure.

De plus, le projet prévoit côté Sud-Est des murets de soutènements pour la voie d'accès et la zone des poubelles. Ils sont prévus sur une hauteur d'environ 1.5 à 3.0 m environ de hauteur.

Il pourra s'agir de mur poids type enrochement maçonné ou blocs titan scellés. Leur dimensionnement devra être réalisés en phase G2 PRO sur la base de plan

Il est à noter qu'au droit de la coupe de 3.0 m de hauteur compte tenu de l'aménagement amont des terrains (voirie de desserte provisoire du chantier, faible espace disponible, voirie définitive de desserte des logements et versant pentu important), un soutènement par mur poids pourra être difficile à justifier. Si un mur structurel en limite du transformateur ne peut reprendre les charges, une solution alternative pourrait être nécessaire, de type paroi clouée définitive par exemple.

Ces ouvrages de soutènements définitifs devront être correctement drainés (massif drainant ou nappes drainantes à l'arrière, drain en pied, barbacanes) pour évacuer les eaux souterraines et dimensionné pour la reprise de la poussée des terres en phase définitive.

MISSIONS COMPLEMENTAIRES – ENJEUX DU PROJET – RISQUES RESIDUELS

27. Enjeux principaux du projet et risques résiduels

Classement des enjeux liés aux aléas en fonction de chaque ouvrage géotechnique envisagé

Enjeux	Description	Aléa / niveau de risque
Enjeux et risques vis-à-vis des fondations et des dallages	- Risque de tassements, liés à la distribution des descentes de charges et à la compressibilité des sols - Risque en exécution lié à la présence de blocs, de matériaux rocheux - Risque en exécution lié à la présence d'eau - Aléas de surconsommation de béton et de de surprofondeur du sol de fondation - Nécessité de mise en place d'une technicité forte / adaptations du système de fondations	<u>Degré d'aléa :</u> ☐ Faible ☐ Moyen ☒ Fort
Enjeux liés aux terrassements provisoires et à la gestion des eaux souterraines, aux conditions météorologiques	- Risque de devoir terrasser au sein de sols très résistants, rocheux - Risque de défaut d'obtention des critères de portance des plates-formes dans les zones de faibles déblais - Aléa de surcoût, retard de planning - Valorisation incertaine des matériaux de déblai - Nécessité de mise en place d'une technicité forte	<u>Degré d'aléa :</u> ☐ Faible ☐ Moyen ☒ Fort
Enjeux liés à la ZIG	- Zone d'instabilité de grande ampleur côté amont compte tenu des hauteurs de terrassement prévues	<u>Degré d'aléa :</u> ☐ Faible ☐ Moyen ☒ Fort
Enjeux liés aux Talutage, Soutènement	- Soutènement de technicité forte et de grande hauteur - Talutage délicat lié à la présence d'eau, ainsi qu'à la présence de blocs - Stabilité provisoire sensible aux conditions météorologiques - Confortement du substratum rocheux à adapter en fonction de son état d'altération / de fracturation - Aléa en cas d'instabilité : Arrêt de chantier, fermeture d'axe routier, protection des personnes et des biens (liste non exhaustive)	<u>Degré d'aléa :</u> ☐ Faible ☐ Moyen ☒ Fort
Enjeux liés aux terrassements définitifs	- Risque de déformation des structures périphériques liée au tassement des sols d'assise / des remblais périphériques - Difficulté de fondation des ouvrages extérieurs - Stabilité des talus définitifs pouvant nécessiter des travaux spécifiques, une surveillance à long terme, des travaux ultérieurs	<u>Degré d'aléa :</u> ☐ Faible ☐ Moyen ☒ Fort
Enjeux liés à la protection définitive vis-à-vis de l'eau	- Aléa sur l'estimation des eaux à drainer et à rejeter vers un exutoire, ainsi que sur les autorisations à obtenir pour le rejet	<u>Degré d'aléa :</u> ☐ Faible ☐ Moyen ☒ Fort

Enjeux liés à la gestion des eaux pluviales	Hors mission	
---	--------------	--

Le présent rapport constitue un ensemble indissociable dans sa totalité, y compris avec les annexes. La mauvaise utilisation qui pourrait en être faite suite à une communication ou reproduction partielle sans l'accord écrit de la société Kaëna ne saurait l'engager.

28. Missions complémentaires

Cette étude correspond à la mission G2 AVP d'étude géotechnique de conception – phase Avant-Projet – selon les termes de la norme NF P 94-500 relative aux missions géotechniques (extraits joints en annexe).

Pour que la mission de Conception soit complète, la norme des missions géotechniques recommande un enchaînement des missions géotechniques en synchronisation avec les phases de conception du projet de l'équipe d'ingénierie.

De ce fait, les études géotechniques de conception G2 PRO, G2 DCE/ACT sont nécessaires.

De plus, des aléas géotechniques peuvent apparaître en cours des travaux. Il est rappelé que les études de conception G2 doivent être complétées par les missions G3 et G4 (études géotechniques de réalisation) :

- **Mission G3** : Etude EXE (Phase étude et phase Suivi) de la part de l'Entreprise.
- **Mission G4** : Supervision géotechnique des travaux par la Maitrise d'œuvre et le Géotechnicien (visa des études d'exécution et avis sur les travaux exécutés, sur le DOE et le DIUO).

Compte tenu de la difficulté d'exécution des sondages (technico-économique et autorisations d'accès sur les différentes parcelles), la campagne de sondages initialement prévue n'a pas pu être réalisée. Des sondages complémentaires seront indispensables afin de préciser les conclusions et les préconisations de ce présent rapport. Elles pourront être revenues partiellement ou en totalité selon les nouveaux éléments apportés. Ce rapport est édité à titre indicatif et constitut à ce stade du projet un document de travail. Les solutions proposées ne peuvent être tenues comme définitivement arrêtées.

Conformément aux remarques détaillées dans ce présent rapport, des sondages complémentaires au droit de chaque bâtiment seront indispensables afin de définir un modèle de terrain plus fiable, ainsi que de mieux appréhender les caractéristiques des différentes lithologies.

29. Aléas géotechniques

- Les reconnaissances de sol procédant par sondages ponctuels, les résultats ne sont pas rigoureusement extrapolables à l'ensemble du site. Il persiste des aléas (exemple : hétérogénéité locale) qui peuvent entraîner des adaptations, tant de la conception que de l'exécution, qui ne sauraient être à la charge du géotechnicien ;
- Des modifications dans l'implantation, la conception ou l'importance des constructions, ainsi que dans les hypothèses prises en compte et en particulier dans les indications de la partie « *Présentation* » du présent rapport, peuvent conduire à des remises en cause des prescriptions. Une nouvelle mission devra alors être confiée à Kaëna, afin de réadapter ces conclusions ou de valider par écrit le nouveau projet ;
- De même, des éléments nouveaux, mis en évidence lors de l'exécution des travaux et n'ayant pu être détectés au cours des reconnaissances de sol (exemples : dissolution, cavité, hétérogénéité localisée, venues d'eau, etc.), peuvent rendre caduques certaines des recommandations figurant dans le rapport.

Extrait de la norme sur les missions d'ingénierie géotechniques

Documents graphiques et résultats d'investigations

Plan d'implantation des sondages

Diagrammes des sondages au pénétromètre

Coupe des forages pressiométriques

ANNEXE EXTRAIT DE LA NORME FRANCAISE SUR LES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (NF P 94 500 de novembre 2013)

CLASSIFICATION DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE TYPES

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

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

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

Phase Étude de Site (ES)

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

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

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

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

Phase Avant-projet (AVP)

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

Phase Projet (PRO)

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

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

Phase DCE / ACT

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

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

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

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

Elle comprend deux phases interactives :

Phase Étude

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

Phase Suivi

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

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Elle comprend deux phases interactives :

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

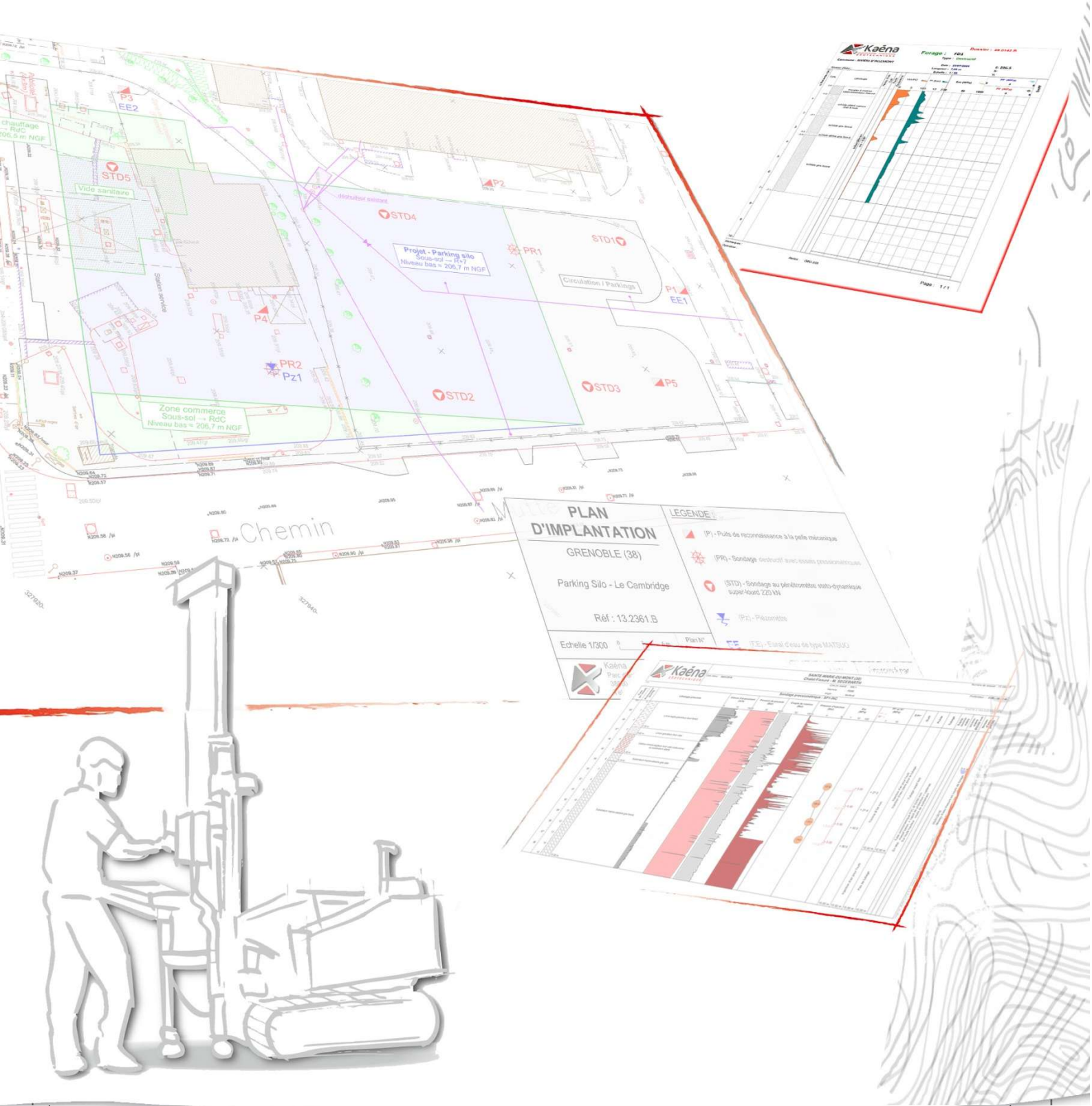
- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique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

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

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

DOCUMENTS GRAPHIQUES ET RESULTATS DES INVESTIGATIONS





Kaëna Dauphiné & Siège social
L'épicentre - Voie des chassottes
38660 St Vincent de Mercuze
Tel : 04 76 97 94 64 - contact@kaena.fr

Kaëna Pays de Savoie
520 rue des grives
74150 Rumilly - Tel : 04 58 10 05 74
paysdesavoie@kaena.fr

Kaëna Rhône et Saône
Parc Aktiland- 1 rue de lombardie
69800 St Priest- Tel : 04 28 29 21 65
rhoneetsaone@kaena.fr

SAS au capital de 98350.00 € - N° SIREN 510277478 - Code NAF 7112B - RCS GRENOBLE - TVA FR 77510 277 478

