



Agence PACA

Centre d'Activités Concorde

Lot 14 – 11, Avenue de Rome – ZI Les Estroublans

13127 VITROLLES

Tél : 04.42.46.08.09 – Fax : 04.42.46.08.10



Siège Social

9 Boulevard de l'Europe

21800 QUETIGNY LES DIJON

Tél. : 03 80 48 93 20 – Fax : 03 80 48 93 30

ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION

Phase d'Avant-Projet

(G1 + G2 AVP + G5)

18/04250/MARSE/01

CALVI (20)

Programme Scorpion

Camp Raffalli

03 Février 2020

Etude géotechnique de Conception Phase d'Avant-Projet (G1 + G2 AVP)

Programme Scorpion

CALVI (20)

Camp Raffalli

N° AFFAIRE		18/04250/MARSE		BAT	MISSIONS : G1+G2 AVP		
INDICE	DATE	Nbre de Pages		ETABLI PAR	VERIFIE PAR	MODIFICATIONS OBSERVATIONS	APPROUVE PAR
		Texte	Annexes				
0	03/02/2020	36	136	JC. MACHIN	G. FLORIS	Première émission	G. FLORIS
A							
B							
C							

SOMMAIRE

I - CADRE DE L'INTERVENTION	4
I.1. INTERVENANTS.....	4
I.2. PROJET, DOCUMENTS REÇUS ET HYPOTHESES	4
I.3. MISSIONS	8
II - CONTENU DE LA RECONNAISSANCE COMPLÉMENTAIRE	9
II.1. LE SITE	9
II.2. ANALYSE DES VUES AERIENNES D'ARCHIVE	12
II.3. CONTENU DE LA RECONNAISSANCE	13
II.4. IMPLANTATION ET NIVELLEMENT DES SONDAGES.....	14
III - CADRE GEOLOGIQUE - RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE.....	15
III.1. NATURE ET CARACTERISTIQUES DES SOLS	15
III.2. ESSAIS EN LABORATOIRE.....	17
III.3. RECONNAISSANCES DE FONDATIONS	17
III.4. DIAGNOSTIC DES AFFAISSEMENTS DES ENROBES – BATIMENT 101	18
III.5. RISQUES NATURELS ET ANTHROPIQUES	19
III.6. CLASSE SISMIQUE – RISQUE DE LIQUEFACTION	19
III.7. HYDROGEOLOGIE	20
III.8. POLLUTION	20
IV - TERRASSEMENTS	21
IV.1. Contraintes du site	21
IV.2. Extraction	21
IV.3. Stabilité des talus et des avoisinants – terrassement en pleine fouille.....	22
IV.4. Mise en œuvre des remblais	22
IV.5. Sujétions d'exécution	23
IV.6. Mise hors d'eau	23
V - ETUDE DU BÂTIMENT 0101.....	24
V.1. Fondation de la structure sur remblai de substitution	24
VI - ETUDE DES BÂTIMENTS (HORS 0101)	28
VI.1. Fondation des structures par semelles	28
VI.2. DallageS	30
VII - RECOMMANDATIONS POUR LA MISE AU POINT DU PROJET	32
Conditions d'utilisation du présent document.....	33
Tableau 2 - Classification des missions d'ingénierie géotechnique	35
ANNEXES	36

I - CADRE DE L'INTERVENTION

I.1. INTERVENANTS

A la demande et pour le compte du Service d'Infrastructure de la Défense, GEOTEC a réalisé la présente étude au Camp Raffalli de CALVI (20).

I.2. PROJET, DOCUMENTS REÇUS ET HYPOTHESES

Les documents suivants ont été mis à la disposition de GEOTEC :

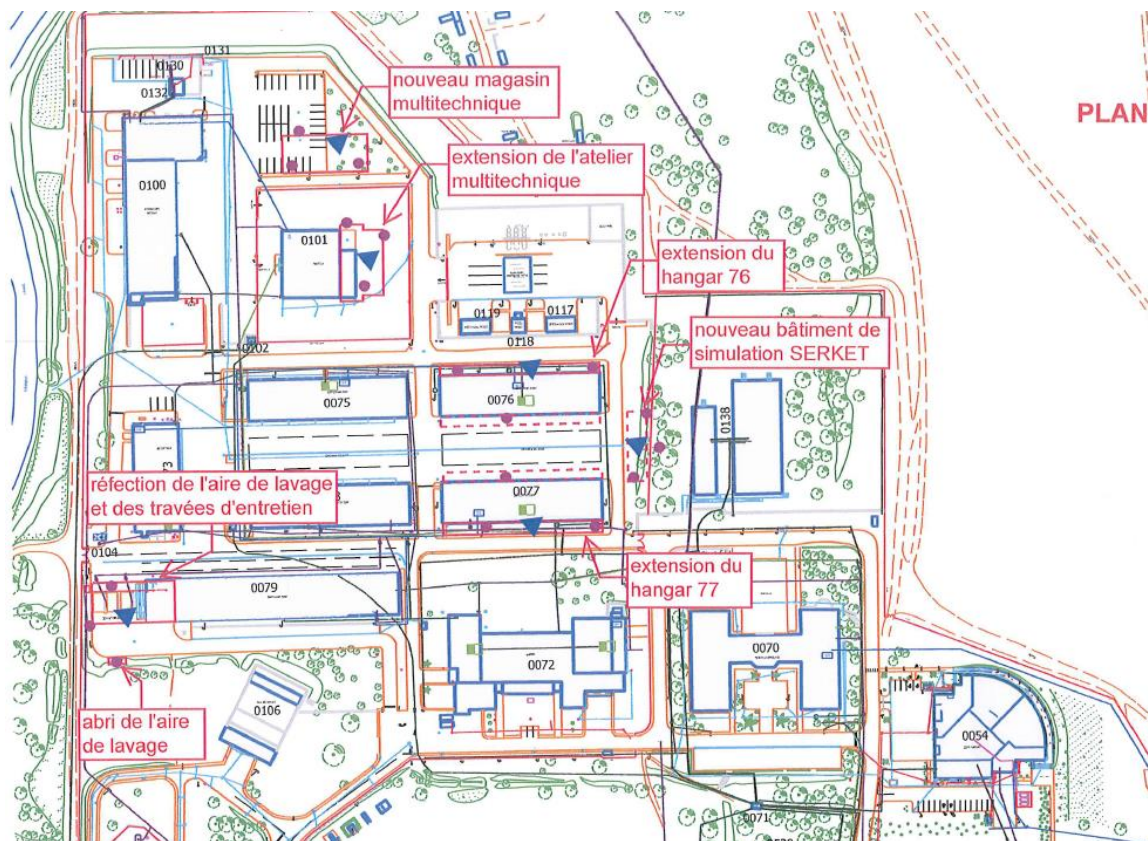
- Plans et coupes des projets, au format pdf,
- Extrait topographique de la zone d'étude, au format dwg,
- Descriptif sommaire des travaux envisagés,
- Plan de masse du projet avec implantation des sondages souhaités.

Remarque : toutes les abréviations utilisées dans ce rapport sont conformes à la norme XP 94-010 hormis les suivantes :

- PHEC : plus hautes eaux connues,
 Rd : résistance dynamique apparente (formule des Hollandais),
 RdC : rez de chaussée,
 TA : terrain actuel.

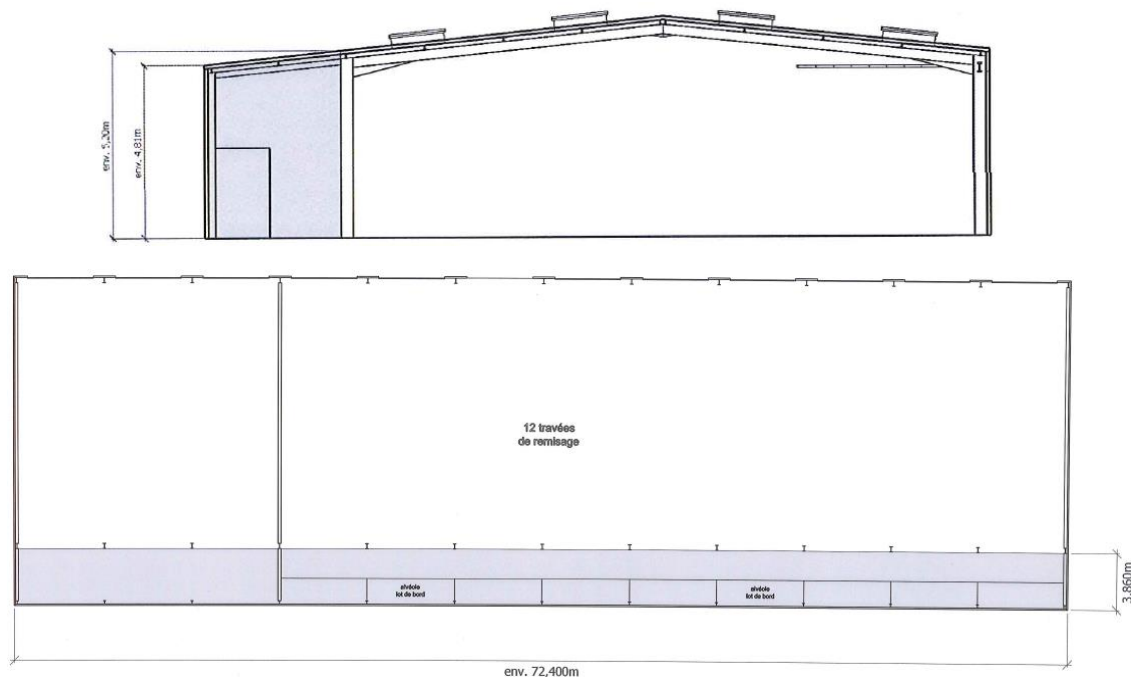
Dans le cadre du programme de modernisation de l'armée de terre, dite « Programme Scorpion », le camp Raffalli de CALVI va accueillir, entre autres, l'arrivée de Véhicules blindés multi-rôles (VBMR).

Ce programme nécessite la construction d'infrastructures spécifiques destinées à assurer les opérations de maintenance. A ce stade, les infrastructures suivantes sont envisagées :



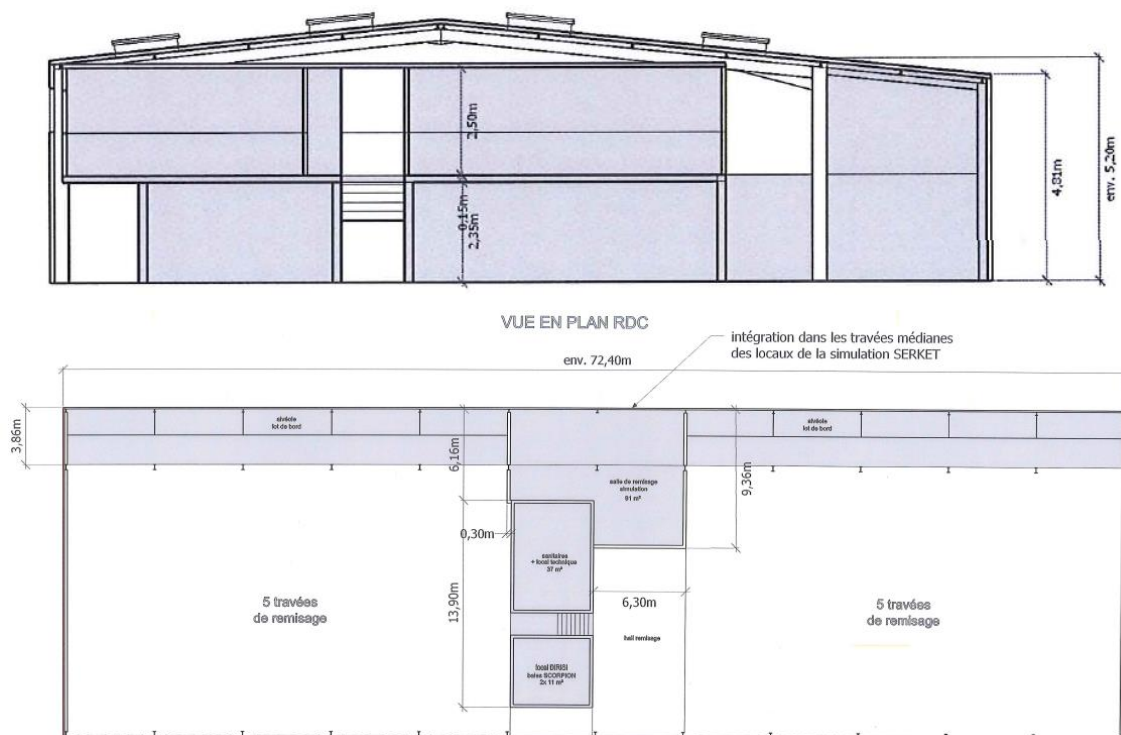
Plan de masse général du projet

- **Extension de l'abri véhicules n° 77** : extension de 270 m², constituée par une charpente métallique, bardage et couverture simple-peau, à dallage béton.



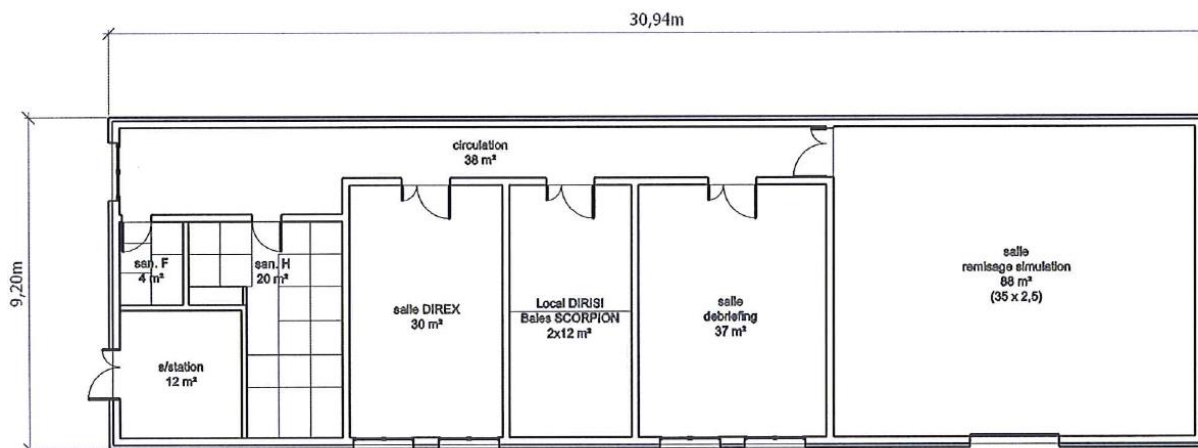
Plan de masse & coupe du projet d'extension du hangar n°77

- **Extension de l'abri véhicules n° 76** : extension de 270 m², constituée par une charpente métallique, bardage et couverture simple-peau, dallage béton ; construction en surélévation d'une surface de bureaux de 90 m² dans une des travées médianes, constitués par des modules préfabriqués à ossatures métalliques reposant sur des poteaux ou sur une plateforme en acier ; construction sous la surface des bureaux, en RDC, de locaux sanitaires et techniques à murs en béton.



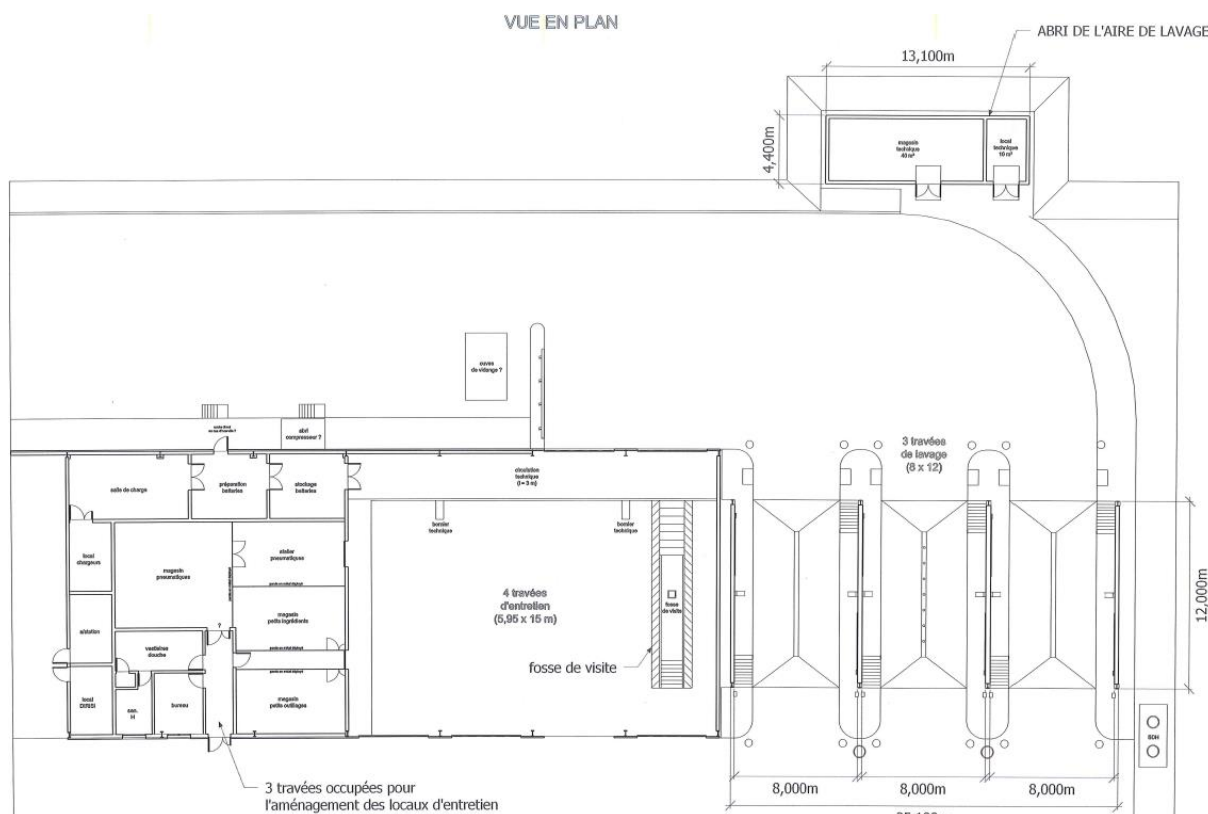
Plan de masse & coupe du projet d'extension du hangar n°76

- **Construction d'un bâtiment de simulation SERKET** de 290 m², en simple RDC, à dallage et parois en béton, couvert d'une toiture-terrasse.



Plan de masse du projet de construction du bâtiment SERKET

- **Réfection partielle de la station-service** : Après démolition de l'aire de lavage attenante au hangar n°79 côté NE, il est prévu la construction d'une nouvelle aire de lavage sur une surface de 300 m², composée de :
 - 3 travées ouvertes à structure en charpente métallique et couverture et bardage latéraux en bacs acier simple-peau ;
 - Construction d'un bâtiment de 60 m² en maçonnerie, à couverture en bacs acier ; Ce projet s'intègre au sein d'un talus de 1.5m de hauteur environ ;
 - Après démolition des ponts-fosses de visite existants dans le bâtiment n°79, reconstruction d'une partie du dallage avec un dallage renforcé et construction d'une fosse de visite en béton armé. La profondeur de la fosse n'est pas connue.



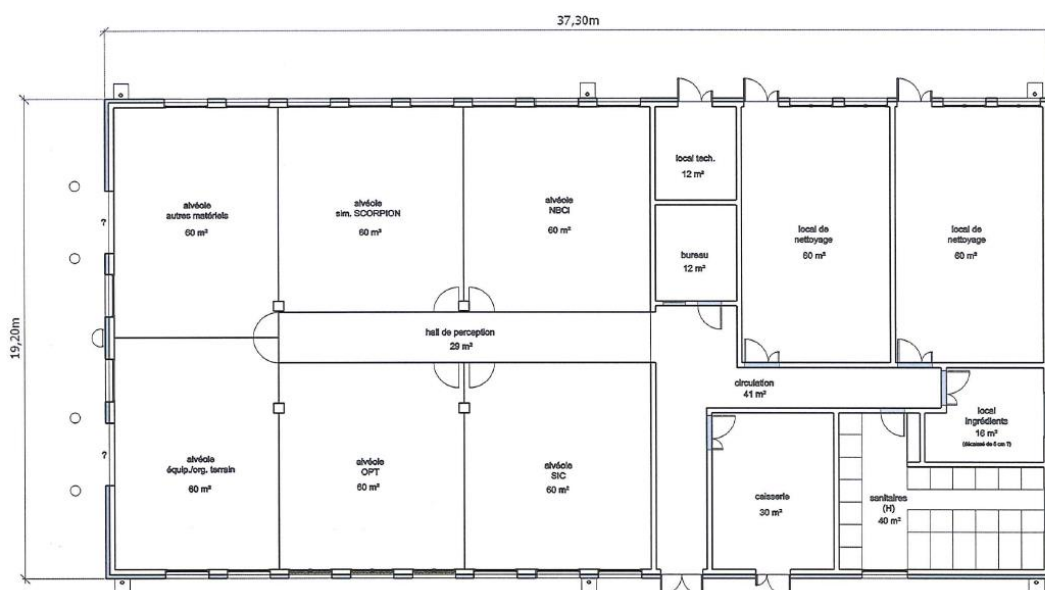
Plan de masse du projet de réfection de la station-service

- **Extension de l'atelier NT11 multi-technique (n° 101)** : après démolition de l'atelier nautique côté SO, extension de 680 m² composée :
 - D'un hall pour véhicules de 330 m² en charpente métallique et à couverture et bardage en bacs acier double-peau, à dallage renforcé, équipé d'un pont roulant d'une capacité de levage de 10T ;
 - D'ateliers techniques totalisant 350 m² dans un bâtiment en simple RDC, à dallage sur terre-plein et parois en béton, couvert par une toiture terrasse.



Plan de masse & coupe du projet d'extension du bâtiment 101

- **Construction d'un magasin multi-technique** de 720 m², en simple RDC, à dallage sur terre-plein et parois en béton, couvert d'une toiture-terrasse.



Plan de masse du projet de construction du magasin multi-technique

En l'absence d'éléments précis, les charges transmises par la structure sont supposées être limitées à :

- 200 à 500 kN / poteau (≈ 20 à 50 t) ;
- 50 à 150 kN / ml pour les murs porteurs (≈ 5 à 15 t/ ml) ;
- 10 à 20 kN / m² pour les dallages (≈ 1 à 2 t/m²).

Ces charges devront être calculées avec précision par le BET Structures ou l'entreprise, et transmises à GEOTEC si elles diffèrent de celles prises par hypothèse.

I.3. MISSIONS

Conformément à ses offres Référencées :

- 18/04250/MARSE indice B du 26 Juillet 2018, GEOTEC a reçu une mission de conception géotechnique, phases préliminaire (G1) et d'avant-projet (G2 AVP) ;
- 18/04250/MARSE/01 indice A du 23/09/2019, GEOTEC a reçu une mission de diagnostic géotechnique (G5) de recherche de circulations d'eau dans le sol ;
- 18/04250/MARSE/02 indice B du 17/10/2019, GEOTEC a reçu une mission de diagnostic géotechnique (G5) de diagnostic de fondations du bâtiment 0101 et des dallages existants des bâtiments 0100 et 0079 ;
- 18/04250/MARSE/03 indice 0 du 17/10/2019, GEOTEC a reçu une mission de diagnostic géotechnique (G5) de diagnostic structurel des dallages existants des bâtiments 0101 et 0079.

Le présent rapport 18/04250/MARSE/01 traite de l'ensemble des devis précités, en un seul document.

Des investigations géotechniques complémentaires ont été réalisées par GEOTEC dans le cadre de la présente mission d'étude géotechnique de conception phase avant-projet G2 AVP selon les termes de la norme NF P 94-500 révisée en novembre 2013, relative aux missions géotechniques (extraits joints).

Il est rappelé que la phase avant-projet de la mission d'étude géotechnique de conception G2 et le diagnostic géotechnique G5 doivent être complétés par les phases projet (PRO) et DCE/ACT puis par des missions G3 (étude et suivi de conception réalisée par le géotechnicien de l'entreprise) et G4 (géotechnique d'exécution) afin de limiter les aléas géotechniques qui peuvent apparaître en cours ou après réception des ouvrages. GEOTEC reste à la disposition des intervenants, et notamment de l'équipe de maîtrise d'œuvre, pour l'exécution des missions complémentaires de conception G2 et G4, la mission G3 étant réalisée par les entreprises de travaux.

L'exploitation et l'utilisation de ce rapport doivent respecter les « Conditions générales » données en fin de rapport.

*

*

*

II - CONTENU DE LA RECONNAISSANCE COMPLÉMENTAIRE

II.1. LE SITE

Le terrain étudié est localisé dans l'enceinte du Camp Raffalli sur la commune de CALVI (20).



Vue aérienne de la zone étudiée – source : www.geoportail.gouv.fr

Il correspond aux infrastructures existantes du camp Raffalli (bâtiments, chaussées, accotements, espaces enherbés) dans lequel s'insère le projet d'extensions et créations de bâtiments. On note la présence d'un cours d'eau torrentiel en limite Nord-Est du camp. D'après les informations recueillies, le lit de ce cours d'eau était à l'origine implanté sous l'implantation du camp actuel.

- **Extensions des abris véhicules n° 76 & 77 :**

Les bâtiments existants, à ossature métallique, dallage sur terre-plein sont à usage de stationnements de véhicules. Les extensions projetées sont prévues sur les faces arrières des bâtiments, à usage de trottoirs.



Vues respectives des faces Sud et Nord du bâtiment n°77



Vues respectives des faces Nord et Sud du bâtiment n°76

- **Construction d'un bâtiment de simulation SERKET :**

L'implantation du projet est localisée au droit d'une zone enherbée et partiellement arborée.



- **Réfection partielle de la station-service :**

Cette zone correspond à l'aire de lavage existante et au bâtiment de maintenance attenant. L'implantation du local technique est localisé au droit d'un talus de 1.5m de hauteur.



Vues de l'implantation de l'aire de lavage et du local technique

- **Extension de l'atelier NTI1 multi-technique (n° 101) :**

Le bâtiment à étendre est de type RdC à R+1 en maçonnerie traditionnelle. L'extension projetée est implantée au droit des enrobés périphériques, localement affectés d'affaissement localisés concentriques. La mise à niveau de la plateforme de cette zone a été réalisée en remblais, sans précisions spécifiques sur les matériaux mis en œuvre et la date de réalisation.



Vues générales de l'implantation de l'extension



Vues des affaissements sur les enrobés au droit du projet

- **Construction d'un magasin multi-technique :**

Le bâtiment neuf sera implanté à cheval entre une zone enherbée et partiellement arborée et des parkings en enrobé à usage partiel de stockage de conteneurs.



Vue générale de l'implantation du bâtiment

II.2. ANALYSE DES VUES AERIENNES D'ARCHIVE

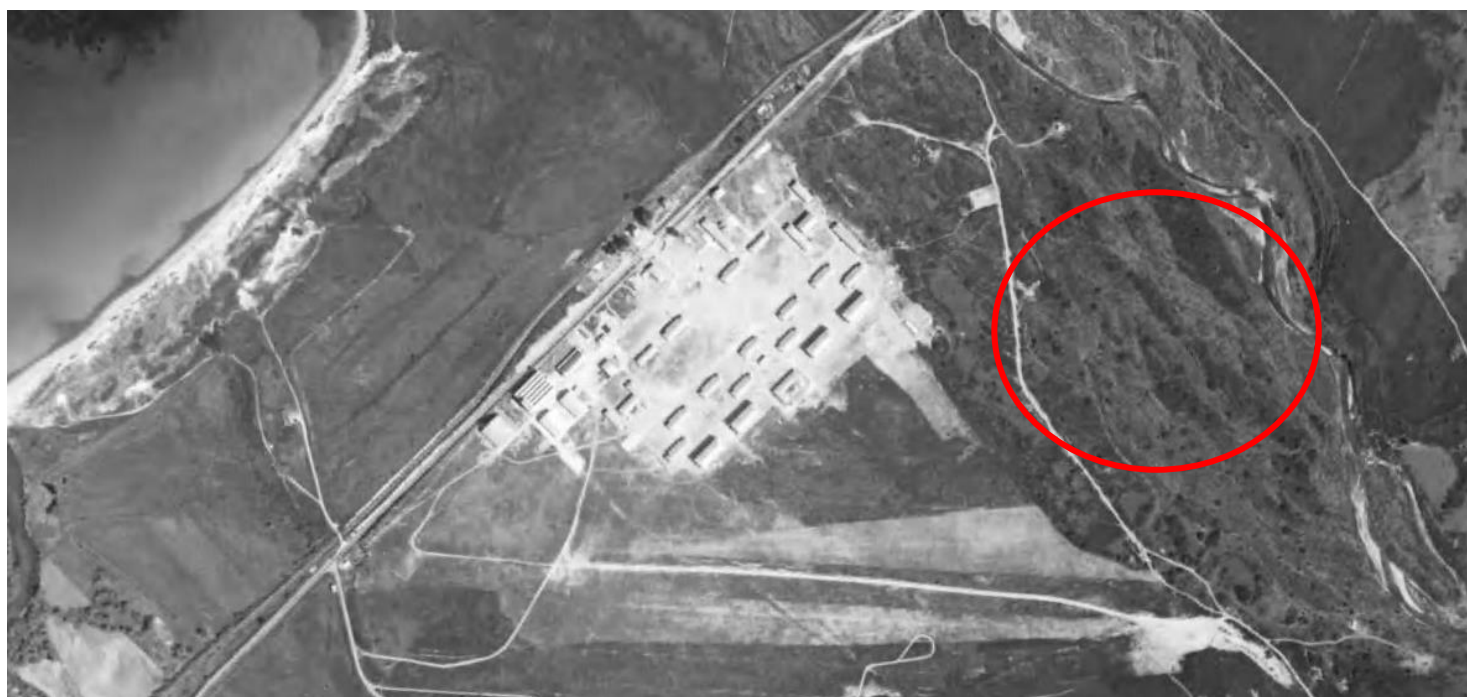
Les photographies aériennes et cartographies d'archive disponibles sur le site www.geoportail.gouv.fr sont présentées ci-dessous :



Carte de l'état-major de 1820-1866



Photographie aérienne de 1951



Photographie aérienne de 1960

L'analyse de ces photographies anciennes montre que la partie du site étudié est localisé entre le lit actuel et l'ancien lit du cours d'eau.

II.3. CONTENU DE LA RECONNAISSANCE

La campagne de reconnaissance de la mission G2-AVP a consisté en l'exécution de :

- **6 sondages pressiométriques** (SP1 à SP6), réalisés en roto-percussion en Ø64mm jusqu'à 10m/TA, permettant la réalisation de profils pressiométriques ;
- **13 sondages géologiques** (F1 à F13), réalisés à la pelle mécanique et conduites jusqu'au refus obtenu à une profondeur comprise entre 0.5 et 1.7m/TA. Ils ont permis de préciser la lithologie des terrains étudiés et de prélever des échantillons pour des essais en laboratoire ;
- **1 reconnaissance de la géométrie apparente des fondations** du bâtiment multi technique, au moyen d'une ouverture à la pelle mécanique. Les reconnaissances initialement prévues pour les bâtiments 76 et 77 n'ont pas été réalisées car les nouvelles fondations n'ont pas d'impact sur celles existantes ;
- **20 essais au pénétromètre dynamique** (P1 à P20) poussés au refus entre 0.2 et 2.0m/TA. Ils ont été réalisés à l'aide d'un pénétromètre dynamique de type B. Ces essais ont permis de mesurer en continu la résistance mécanique de chaque horizon traversé. Cette résistance s'interprète en termes d'homogénéité et de portance du sol.

Nota : les sondages géologiques à la tarière mécanique ont été substitués par des fouilles à la pelle mécanique.

- **En laboratoire :**
 - o **3 analyses GTR** comprenant par échantillon, une mesure de la teneur en eau, une analyse granulométrique et une mesure de la valeur au bleu.
- **Inspection caméra des réseaux** identifiés par le Maître d'Ouvrage, objet d'un rapport distinct.

Les campagnes missions G5 complémentaires ont consistés en l'exécution de :

- **3 sondages pressiométriques** (SP7 à SP9), réalisés en roto-percussion en Ø64mm jusqu'à 8.5 à 10m/TA, permettant la réalisation de profils pressiométriques ;
- **1 piézomètre PVC** Ø51/60mm de 9m de profondeur, crépiné de 3 à 9m et muni d'un bouchon de fond et d'une bouche à clé de protection, a été installé au sein du forage SP1 après réalésage du forage en Ø89mm. **Le suivi du niveau de la nappe n'est pas prévu dans notre offre ;**
- **2 sondages destructifs** (SD1 et SD2), réalisés en roto-percussion en Ø64mm jusqu'à 10m/TA, réalisés à proximité immédiate des affaissements existants autour du bâtiment 0101 ;
- **1 reconnaissance de la géométrie apparente des fondations** de l'extension existante du bâtiment 0101, au moyen d'une ouverture à la pelle mécanique ;
- **3 carottages manuels des dallages des bâtiments 0079 et 0100.** Un de 2 sondages prévu dans le bâtiment 0079 n'a pu être réalisé en raison de la méconnaissance des réseaux internes ;
- Au sein des carottages précédents, **2 essais au pénétromètre dynamique Panda** (Pda1 et Pda2), conduits jusqu'au refus obtenu à 0.26 et 1.15m/TA ;

En laboratoire, en cours de réalisation :

- **2 analyses de compression sur carottes béton**, pour détermination du Rc selon la norme NF EN 12504-1. Un des prélèvements ne sera réalisable en raison de la fissuration du dallage.

La campagne de mesures géophysiques (tomographie électrique et Géoradar) est précisée et détaillée dans le rapport spécifique à cette intervention, en annexe du présent rapport.

La campagne de mesures structurelles des dallages (géoradar haute fréquence) est précisée dans le rapport spécifique à cette intervention, en annexe du présent rapport.

Nota : Le sondage carotté initialement prévu n'a pu être réalisé en raison de la présence des blocs/boules au sein des alluvions et remblais, engendrant des refus prématurés de notre outillage. Les essais en laboratoire qui découlaient de ces prélèvements n'ont ainsi pu être maintenus également.

II.4. IMPLANTATION ET NIVELLEMENT DES SONDAGES

La position des sondages et essais figure sur le schéma d'implantation en annexe.

L'implantation a été réalisée au mieux des conditions d'accès et au mieux de la précision des plans remis pour la campagne de reconnaissance.

Les têtes de nos sondages ont été nivelés par extrapolation avec l'extrait topographique transmis.

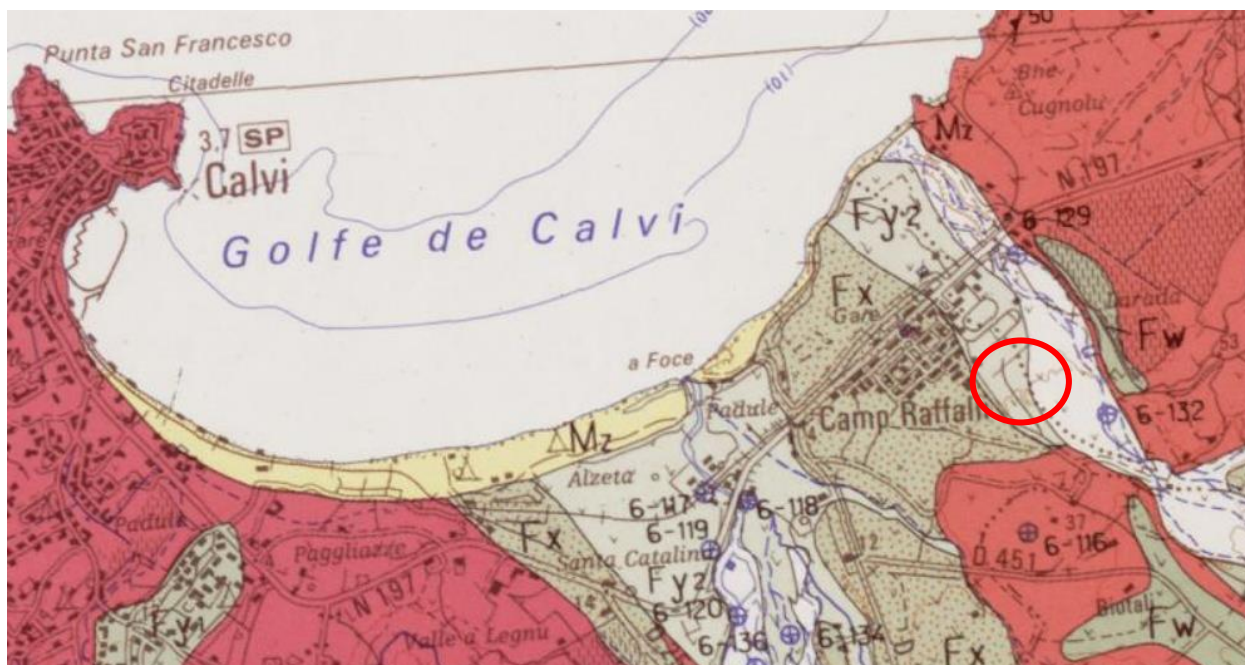
Les profondeurs sont comptées par rapport au Terrain Actuel (TA).

*
* *

III - CADRE GEOLOGIQUE - RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE

D'après la carte géologique du secteur éditée au 1/50000^{ème} par le BRGM et connaissance de la zone d'étude, la succession géologique suivante est attendue sous les aménagements liés à l'historique du site :

- Alluvions fluviales récentes (Fy2) à très récente (Fy3) composées de blocs, galets et graviers, à matrice sableuse à argileuse brune.



III.1. NATURE ET CARACTERISTIQUES DES SOLS

La campagne de reconnaissance a mis en évidence les formations suivantes, sous le recouvrement végétal ou les enrobés et couches de formes associées :

- **des remblais sablo-limoneux à cailloux, galets et blocs**, identifiés irrégulièrement jusqu'à des profondeurs variant de 0.2 à 3.0m/TA. Ces remblais peuvent présenter des variations latérales et verticales de faciès suivant l'historique du site. Par ailleurs, leur épaisseur et leur emprise peut également varier suivant les travaux réalisés sur le site ;

Les caractéristiques mécaniques des remblais également très hétérogène et ponctuellement faibles avec :

$$\begin{aligned} R_d &> 9 \text{ MPa,} \\ 3.31 &\leq E_M \leq 39.6, \\ P_l^* &\text{ de } >0.26 \text{ à } >4.71. \end{aligned}$$

Nota important : de nombreuses anomalies géophysiques ont été détectées superficiellement autour du bâtiment 0101 (cf. rapport spécifique joint en annexe). La présence de circulations d'eau résiduelles de l'ancien lit du cours d'eau adjacent à la base a été écartée lors de cette étude. Les anomalies détectées peuvent toujours correspondre à des défaut de consistance des remblais de la mise à niveau de la plateforme.

- **Les alluvions sablo-limoneuses à limono-sableuses brune à graviers, galets et blocs**, reconnues au-delà de la couche précédente et jusqu'à la base de nos sondages profonds (soit jusqu'à 10m/TA). Les sondages géologiques à la pelle mécanique et essais pénétrométriques ont connus des refus au sein de cette couche, entre 0.15 et 2.0m/TA.

Ces matériaux présentent une forte variation latérale de faciès en terme de granulométrie, avec la présence de poches à dominante tantôt graveleuses, tantôt matricielles (sables à limons). Les blocs peuvent présenter une taille importante, d'ordre métrique.

Photographies des matériaux extraits des fouilles à la pelle mécanique :



Les caractéristiques mécaniques de ces alluvions sont globalement élevées avec les valeurs statistiques suivantes :

$$5.5 \leq E_M \leq 272.0 \text{ (moyenne harmonique de 41.0 MPa),}$$

$$Pl^* \text{ de } 1.12 \text{ à } >5 \text{ MPa (moyenne géométrique de 3.96 MPa).}$$

III.2. ESSAIS EN LABORATOIRE

Les échantillons prélevés en F5 (0.4-1.4m), F6 (0.5-1.2m) et F9 (0.1-1.2m) ont permis de classer les sols en C1B3 à C1B4 selon le GTR. Il s'agit de sols grossiers, granulaires, emballés dans une matrice fine à dominante limoneuse à sableuse, modérément sensible à l'eau et faiblement argileuse.

III.3. RECONNAISSANCES DE FONDATIONS

Deux fouilles de reconnaissances de la géométrie apparente des fondations ont été réalisées au droit de la façade Nord du bâtiment n°101 (RF1) et de son extension (RF2).

La fouille RF1 a permis de mettre en évidence une fondation (a priori filante) ancrée à -0.78m/TA dans les remblais limono-sableux à galets et graviers. Cette fondation présente un débord de 0.2m par rapport au nu du mur de maçonnerie, à 0.25m/TA.

La fouille RF2 a permis de mettre en évidence une fondation (a priori filante) ancrée à -0.77m/TA dans les remblais limono-sableux à galets et graviers. Cette fondation présente un débord de 0.23m par rapport au nu du mur de maçonnerie, à 0.27m/TA.

Les fondations des deux bâtiments mitoyens sont donc identiques.

Les relevés sont présentés en annexe de ce rapport et les photographie ci-dessous.



Gauche : photographie de RF1 (bât. conservé) / Gauche photographie de RF2 (bât. démoli)

III.4. DIAGNOSTIC DES AFFAISSEMENTS DES ENROBES – BATIMENT 101

Les enrobés périphériques au bâtiment n°101, dont il est prévu l'extension, présentent des désordres importants de type affaissements concentriques, sur une emprise de l'ordre de 2/3m de diamètre et sur une hauteur de 20/30cm.

3 fouilles à la pelle mécanique (F11 à F13) et 2 essais au pénétromètre dynamique (P19 et P20) ont été réalisés au droit de ces affaissements pour identifier la nature et la consistance de sols lors de la première phase de sondages.

2 sondages destructifs (SD1 et SD2) et 2 sondages pressiométriques (SP7 et SP8) ont été effectués en complément à proximité immédiate de deux affaissements (cf. plan d'implantation joint en annexe).

Il en ressort une nature de sol similaire aux autres reconnaissances réalisées sur le site, sablo-limoneuse à graviers, galets et blocs, à la fois pour les remblais que pour le terrain naturel. La résistance des terrains superficiels, vraisemblablement associée aux remblais, est cependant légèrement inférieure ponctuellement, avec :

- Des valeurs R_d variant de 3.5 à 7 MPa ;
- Des valeurs de pl^* pouvant atteindre 0.26 MPa en SP7.

Ces baisses de portances peuvent peut-être à l'origine des désordres survenus et potentiellement dus à des défauts de mise en œuvre du remblai ou de comportement à long terme.

La nappe a été identifiée à 3m de profondeur le 21/01/2020 dans le piézomètre installé en SP7.

D'après les inspections vidéos menées dans l'environnement des regards 20 et 21 (cf. rapport et plan d'inspection du rapport concerné), aucune anomalie franche ne permet d'associer les désordres de surfaces aux réseaux existants. On note toutefois la présence de dépôts importants (entrées de terre, cailloux, blocs) entre les regards 09 et 20.

L'injection d'eau continue lors d'épisodes pluvieux (par le biais des défauts d'étanchéité des fissures concentriques) peut générer des emportements de fines et donc des chutes de portance des matériaux par réaménagement mécanique.

On note par ailleurs que les affaissements sont régulièrement le siège de stagnations d'eau importante au retour des séquences pluvieuses, stagnations qui s'infiltrant progressivement dans le sol et peuvent engendrer des chutes de compacité.

L'origine de ces affaissements n'est donc pas clairement associée à un dysfonctionnement notoire de l'état des conduites béton sous-jacentes ni par la circulation d'eau de l'ancien lit du cours d'eau. Bien que les chutes de portance puissent être liées à des infiltrations continues lors d'épisodes pluvieux, les défauts de consistance superficiels laissent à penser à un défaut de consistance des remblais de mise à niveau de la plateforme du bâtiment 0101.

Les anomalies identifiées dans les détections géophysiques sont repérées dans le rapport spécifique présenté en annexe.

III.5. RISQUES NATURELS ET ANTHROPIQUES

Selon le décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 portant sur la délimitation des zones de sismicité, la commune de CALVI est inscrite en zone de sismicité 1 (faible).

La commune de CALVI a fait l'objet de 4 arrêtés de catastrophe naturelle (inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues).

D'après le site de renseignement www.georisques.gouv.fr, les risques et aléas suivants sont présents sur le site étudié :

Risque étudié	Niveau d'aléa
Retrait-gonflement des argiles	Aléa faible
Mouvements de terrain	Non concerné dans un rayon < 500m
Cavités	Non concerné dans un rayon < 500m
Installations industrielles	Aucun site référencé dans un rayon < 500m
Sites pollués ou potentiellement pollués	Aucun site référencé dans un rayon < 500m
Secteurs d'Information sur les Sols (SIS)	Aucune information dans un rayon < 1000m
Anciens sites industriels et activités de service	Aucun site référencé dans un rayon < 500m
Territoire à risque important d'inondation (TRI)	Non concerné
Commune soumise à un PPRN	Oui (site a priori non concerné)

En fonction de l'historique précis de la zone d'étude, les épaisseurs, extensions et natures des remblais peuvent être différentes de ceux identifiés en sondages, ce qui ne peut être caractérisé. Les remblais peuvent contenir des vestiges de matériaux de construction (réseaux, dalles béton, pavés...) et/ou des obstacles de grandes dimensions.

III.6. CLASSE SISMIQUE – RISQUE DE LIQUEFACTION

- Accélération de référence au rocher et de calcul

Selon l'article 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal », l'accélération maximale de référence au niveau d'un sol rocheux, dénommée a_{gr} , vaut **0.4 m/s² en zone de sismicité 1**.

L'accélération horizontale de calcul au niveau d'un sol de type rocheux (classe A au sens de la norme NF EN 1998-1 septembre 2005 dite EC8-1), a_g , est égale à a_{gr} multipliée par le coefficient d'importance γ_i du bâtiment soit $a_g = \gamma_i \cdot a_{gr}$. (Classe de l'ouvrage à préciser par le maître d'ouvrage).

- Classe de sol

Selon l'article 3.1.2 « *Identification des classes de sol* » de l'EC8-1, l'identification des classes de sols nécessite la détermination de la vitesse des ondes de cisaillement sur les 30 mètres supérieurs, ou des mesures de l'indice de pénétration N_{SPT} . En l'absence de telles mesures, en première approche à partir de corrélation avec les essais réalisés et selon notre connaissance du contexte local, on pourra retenir :

- classe du sol = B pour les alluvions sablo-graveleuses présentent à faible profondeur ;
- valeur du paramètre du sol correspondant $S = 1.35$.

- Risque de liquéfaction

Les terrains rencontrés ne sont pas sujet au phénomène de liquéfaction sous séisme.

III.7. HYDROGEOLOGIE

Lors de notre campagne de reconnaissance mi-octobre 2018, aucun niveau d'eau ni arrivée d'eau n'a été relevée en sondages jusqu'à 1.5m/TA au droit des fouilles à la pelle mécanique.

Les sondages profonds nécessitant l'injection d'eau pour leur réalisation, aucune observation hydrogéologique pertinente n'a ainsi pu être menée.

Un niveau d'eau a été relevé à 3m de profondeur le 21/01/2020 au droit du piézomètre installé en SP7. Le suivi de ce piézomètre n'est pas prévu dans notre étude.

Ces relevés ayant un caractère ponctuel et instantané, ils ne permettent pas de préciser l'ensemble des circulations d'eau qui peuvent se produire en période pluvieuse, ni les variations de fluctuation d'une éventuelle nappe.

Des venues d'eau et circulation d'eau sont attendues à l'interface formations de recouvrement / calcaire et dans les fissurations du substratum, notamment au retour de séquences pluvieuses.

III.8. POLLUTION

Lors de notre intervention, nous n'avons détecté aucun indice évident de pollution dans les sondages réalisés (c'est-à-dire sous une forme détectable visuellement ou olfactivement).

Il n'est toutefois pas impossible que le terrain soit imprégné de substances polluantes. Cependant, la recherche de polluant n'est pas l'objet d'une mission géotechnique en général ni de notre mission en particulier.

Lors de travaux de terrassement, dès lors que les terres sont évacuées hors du site, ces dernières prennent un statut de déchet. Leur valorisation ou leur élimination en dehors du site doit donc répondre aux réglementations « déchets », conformément à l'Ordonnance n° 2010-1579 du 17 décembre 2010. Suite aux arrêtés du 12/12/2014, l'installation de stockage doit valider l'acceptation des terres après réception d'une Demande d'Acception Préalable (DAP) généralement portée par le terrassier ou l'entreprise générale (au nom du Maître d'Ouvrage). La DAP doit intégrer des analyses chimiques en laboratoire sur les terres à excaver. GEOTEC est à la disposition des intervenants pour réaliser cette prestation qui permettra de déterminer l'exutoire approprié (ISDI – Installation de Stockage de Déchets Inertes, ISDND – Déchets Non Dangereux ou ISDD – Déchets Dangereux, voire Biocentre) et d'anticiper les éventuels surcoûts en résultant.

Les enrobés de surfaces peuvent toujours présenter, suivant leur date et conditions de mise en œuvre, des traces d'amiante et de HAP.

*

*

*

IV - TERRASSEMENTS

IV.1. CONTRAINTES DU SITE

Le mode d'exécution des terrassements dépendra étroitement des conditions environnementales, en particulier :

- du niveau d'assise et de la sensibilité des mitoyens pouvant nécessiter la réalisation de fouilles blindées ;
- de la présence de voirie circulée ou non à plus ou moins grande distance de la fouille et des possibilités de neutralisation partielle ou totale de celles-ci ;
- de l'espace libre disponible pour envisager éventuellement une solution par talutage.

Mais de nombreux autres facteurs peuvent être déterminants pour le choix du mode d'exécution des terrassements (présence de réseaux sous chaussée, d'anciens ouvrages enterrés, etc.).

Dans le cas de mitoyens, il est recommandé :

- avant tout démarrage des travaux, de faire réaliser **un diagnostic de la (des) structure(s) de l'existant et des avoisinants** par un bureau d'études structures ; il définira le cas échéant les confortements ou précautions à prendre, nécessaires à la réalisation des travaux (reprise en sous-œuvre, chaînage, contreventement etc.) ainsi que les déformations à ne pas dépasser ;
- un référé préventif sera établi avant le début des travaux. Il permettra de relever tous les désordres éventuels des constructions existantes ;

Compte tenu de la topographie de la zone d'étude et en considérant un calage du niveau des bâtiments approximativement à celui du TA, aucun terrassement significatif n'est envisagé (déblai et remblai inférieur à 1m).

Les spécificités suivantes ont néanmoins été retenues :

- Création d'une plateforme en remblai pour la réalisation du local technique de l'aire de lavage, sur une hauteur de 1.5m environ,
- **Substitution des remblais pour réaliser les fondations de l'extension du bâtiment 0101 (cf. paragraphe V) ;**
- Création d'une fosse de visite dans le bâtiment 79, dont la profondeur et l'extension ne sont pas connues.

Les terrassements sont a priori prévus d'être réalisés de manière classique par talutage et aucun soutènement n'est envisagé à ce stade des études (à préciser néanmoins en phase PRO).

IV.2. EXTRACTION

Dans les sols meubles (formations de recouvrement, remblais hors blocs...) les travaux de terrassement ne poseront pas de problèmes particuliers d'exécution. Les déblais pourront être extraits par des engins à lame ou à godet.

Dans les formations compactes (Alluvions blocailleuses, gros blocs dans les recouvrements...), les travaux de terrassement nécessiteront l'emploi d'engins de forte puissance (BRH, ripper, explosif par exemple). **Nous rappelons que des blocs de taille métrique peuvent être rencontrés dans les alluvions.**

Dans tous les cas, la méthodologie mise en œuvre devra tenir compte des avoisinants. Si nécessaire, une étude de vibrations sera menée.

IV.3. STABILITE DES TALUS ET DES AVOISINANTS – TERRASSEMENT EN PLEINE FOUILLE

Des **talus en déblai provisoires secs et non surchargés en tête**, d'une hauteur maximale de 1.5m, pourront être terrassés selon une pente de :

- 3H/2V (3 horizontalement pour 2 verticalement) dans toutes les couches référencées.

Si l'environnement du site ne permet pas ce talutage au large, ou si des ouvrages se situent dans la zone d'influence des talus, on prévoira un ouvrage de soutènement, de type berlinoise par exemple à dimensionner dans le cadre de la mission G2-PRO.

Les talus définitifs d'une hauteur maximale de 1.5 m pourront être dressés selon une pente de :

- 3H/2V (3 horizontalement pour 2 verticalement) dans toutes les couches référencées.

IV.4. MISE EN ŒUVRE DES REMBLAIS

Le remblai de mise à niveau de la plateforme au droit du local technique de la station de lavage (à valider en phase PRO) sera constitué :

- Soit des matériaux alluvionnaires issus du site et réutilisés dans les conditions du GTR, après écrêtement des gros blocs dont le Dmax sera supérieur à 250mm ;
- Soit de matériaux noble d'apport insensible à l'eau, non gélif, de type D2 ou D3 (type 0/100 à 0/250) selon le GTR par exemple et comportant 4 à 8 % de fines.

Les qualités de ce matériau devront être contrôlées au démarrage du chantier (identification GTR, planche d'essai, examen par un ingénieur géotechnicien) afin d'en valider les caractéristiques. Le matériau sera mis en place par couches soigneusement compactées selon le GTR. **Des redents d'accrochage seront aménagés sur les zones non horizontales ou sur les talus.**

Une couche de finition constituée par un matériau propre de granulométrie 0/80 à 0/100 sur une épaisseur minimale de 0,5 m soigneusement compactée sera ensuite mise en place.

Des essais de contrôle à la plaque devront être prévus pour s'assurer de la qualité du compactage. Ils seront réalisés tous les 0,5 m à 0,8 m d'élévation d'au moins 1 essai tous les 500 m².

Les valeurs minimales à obtenir (au niveau de l'assise des fondations et du dallage) seront :

$$EV_2 > 50 \text{ MPa}$$

$$EV_2 / EV_1 < 2,2$$

$$K_w > 50 \text{ MPa / m}$$

Sans ces essais et contrôles réalisés et/ou suivis par GEOTEC ou son mandataire dans le cadre d'une mission G4 de supervision géotechnique d'exécution, GEOTEC ne saurait engager sa responsabilité sur cette solution (ce qui n'exonère pas l'entreprise de son auto contrôle au titre de sa mission G3).

IV.5. SUJETIONS D'EXECUTION

Les règles de l'art seront respectées et notamment :

- drainage permanent de la plate-forme (*gravitaire, tranchées, pompage ...*) ;
- si malgré ces précautions, le drainage n'est pas suffisant, on devra prendre les dispositions suivantes : cloutage, géotextile, traitement au liant hydraulique,... ;
- protection des talus en phase provisoire (*fossés de tête et de pied, polyane ...*) ; dans certains cas, tranchées drainantes, masques drainants, éperons drainants, drains subhorizontaux à prévoir ;
- protection de talus en phase définitive (engazonnement, plantations, système pérenne de récupération des eaux,...).

IV.6. MISE HORS D'EAU

- Phase provisoire

Lors de notre intervention (*Mi-October 2018*), nous n'avons pas observé de niveau d'eau dans les sondages jusqu'à 1.5m/TA (sondages à la pelle mécanique).

Cependant, en fonction de la date de réalisation des terrassements, des arrivées sont possibles. Un pompage provisoire pourra alors être nécessaire afin d'épuiser ces venues d'eau et d'assécher les fouilles de fondations.

Assainissement du site : du fait de la nature limoneuse à limono-argileuse des terrains de recouvrement (limons orangés blocailleux), un drainage du terrain sera réalisé pour assainir le site en phase travaux et/ou provisoire. Il pourra s'agir soit de tranchées drainantes soit de fossés. La pente sera au minimum de 5 mm/m. Ces ouvrages tiendront compte de la topographie du site et seront raccordés à un exutoire dimensionné de manière suffisante et implanté de manière non dangereuse pour le projet et les avoisinants.

- Phase définitive

Toute infiltration d'eau au niveau des fondations sera proscrite. Pour ce faire, les eaux de ruissellement et de toiture seront soigneusement collectées (gouttières, contre-pente, ...) et évacuées vers un exutoire dimensionné de manière suffisante et implanté de manière non dangereuse pour les existants et avoisinants.

*

*

*

V - ETUDE DU BÂTIMENT 0101

V.1. FONDATION DE LA STRUCTURE SUR REMBLAI DE SUBSTITUTION

- Principe de fondation

Compte tenu de la présence d'anomalies superficielles détectées sur la plateforme autour du bâtiment 0101, vraisemblablement affectées à un défaut de consistance des remblais, on prévoira les adaptations spécifiques suivantes pour l'extension envisagée.

Le principe de fondation consistera à reporter les charges développées par la structure par l'intermédiaire de **semelles** superficielles filantes ou isolées sollicitant un remblai technique, **en substitution des remblais existants**, moyennant un encastrement minimal de $h \geq 0.5$ m dans ce remblai (garde hors-gel).

L'épaisseur de ce remblai compacté sous la base des fondations sera adapté à l'épaisseur des remblais existants et de $H \geq 1.5$ m minimum. Il aura un **débord périmétrique $D \geq H$** m défini selon le schéma ci-après.

Les dallages seront également fondés sur le remblai d'apport selon le schéma ci-après.

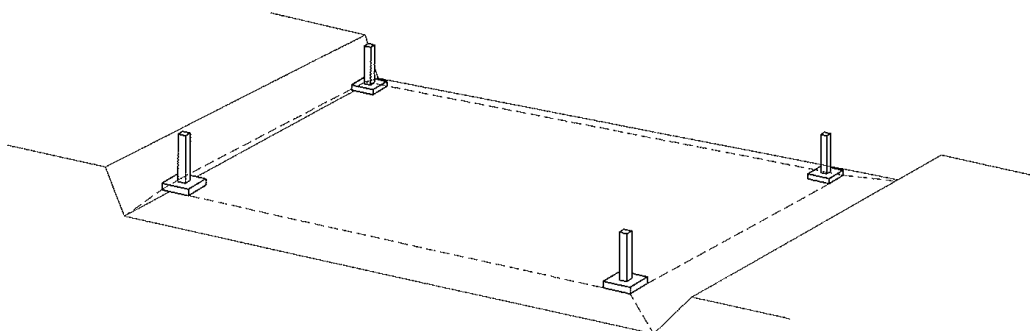
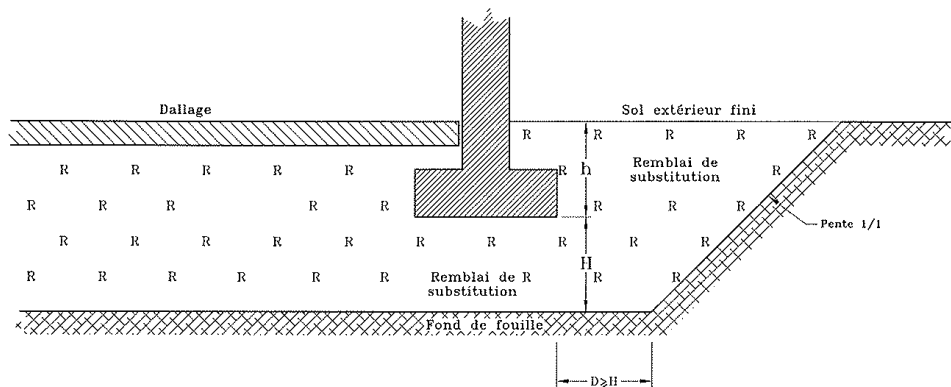
Nota important : Une reprise en sous-œuvre préalable des fondations du bâtiment conservé n'est pas à exclure en fondation de l'assise de substitution réelle, afin de ne pas déstabiliser l'existant (cf. prescriptions du paragraphe IV.1).

- Définition et mise en œuvre du remblai technique de substitution

Pour la mise en œuvre du remblai technique qui servira de sol d'assise aux fondations de la superstructure et de support aux dallages, on procédera de la façon suivante :

- Purge des structures de chaussée des remblais sur 1.5 m d'épaisseur au minimum **et pouvant aller jusqu'à 2.5m en SP7**; Localement, la purge pourra être plus importante en fonction de l'historique du site et de l'épaisseur réelle des remblais ;
- Examen du fond de forme ainsi créé par un géotechnicien pour avis sur la qualité du sol ;
- Compactage du fond de forme ;
- Dans le cas où le fond de forme présenterait une teneur en eau trop importante (sol sujet au matelassage), il conviendra de prévoir le cloutage du fond de forme par incorporation jusqu'au refus de concassé 100/200 ou équivalent. Pour cette raison, les travaux seront réalisés en période sèche.
- Pose d'un géotextile (assurant à la fois une fonction anti-contaminante et de renforcement) sur tout le fond de forme (après le cloutage éventuel) ;

Coupe schématique et vue isométrique de fondations superficielles isolées et dallage sur remblai de substitution totale



Le remblai sera constitué d'un matériau noble insensible à l'eau, non gélif, de type D2 ou D3 (type 0/100 à 0/250) selon le GTR par exemple et comportant 4 à 8 % de fines. Les qualités de ce matériau devront être contrôlées au démarrage du chantier (identification GTR, planche d'essai, examen par un ingénieur géotechnicien) afin d'en valider les caractéristiques. Le matériau sera mis en place par couches soigneusement compactées d'épaisseur inférieure à 0.60 m selon le GTR. Des redents d'accrochage seront aménagés sur les zones non horizontales ou sur les talus.

Une couche de finition constituée par un matériau propre de granulométrie 0/20 sur une épaisseur minimale de 0,1 m soigneusement compactée (assise du dallage) sera ensuite mise en place.

Des essais de contrôle à la plaque devront être prévus pour s'assurer de la qualité du compactage. Ils seront réalisés tous les 0,5 m à 0,8 m d'élévation d'au moins 1 essai tous les 500 m². Les valeurs minimales à obtenir (au niveau de l'assise des fondations et du dallage) seront :

$$EV_2 > 50 \text{ MPa}$$

$$EV_2 / EV_1 < 2,2$$

$$K_w > 50 \text{ MPa / m}$$

Sans ces essais et contrôles réalisés et/ou suivis par GEOTEC ou son mandataire dans le cadre d'une mission G4 de supervision géotechnique d'exécution, GEOTEC ne saurait engager sa responsabilité sur cette solution (ce qui n'exonère pas l'entreprise de son auto contrôle au titre de sa mission G3).

- Contraintes de calcul (Eurocode NF P 94-261)

Sous réserve du respect du principe de fondation précité, et en l'absence au stade actuel de la connaissance des dimensions des semelles, les contraintes verticales centrées de calcul à prendre en compte pour la justification vis-à-vis des Etats limite Ultime et de Service seront limitées à :

Aux ELU fondamentaux, $\leq \frac{q_{net}}{1,68} = 0.33 \text{ MPa}$ Aux ELS qp et caractéristiques, $\leq \frac{q_{net}}{2,76} = 0.2 \text{ MPa}$
--

- Tassements

En prenant en compte les hypothèses suivantes :

- base du remblai technique calée entre 1.5 et 2.5m/TA ,
- épaisseur du remblai technique de 0.5m minimum sous l'assise des fondations ;
- base des fondations calée à minimum 0.75m/TA (soit e niveau des fondations du bâtiment conservé) ;
- De la substitution totale des remblais.

On s'attendra à des tassements différentiels de l'ordre du centimètre. Il conviendra de vérifier leur admissibilité par la structure lors de la phase de conception du projet. La phase projet de la mission d'étude géotechnique de conception (G2 PRO) devra permettre d'affiner ces calculs de tassement.

- Largeur et profondeur minimales

En aucun cas, la largeur des semelles filantes ne sera inférieure à 40 cm (60 cm pour les semelles isolées), afin d'assurer un bon contact sol-fondation.

- Dallages

Les dallages seront également fondés sur le remblai d'apport défini précédemment.

Avant le coulage du dallage, un compactage soigneux de la couche de finition devra être réalisé.

Les dallages seront calculés et conçus conformément au DTU 13.3 et en fonction de la répartition des charges d'exploitation.

Les dallages seront complètement désolidarisés des structures.

*

* *

VI - ETUDE DES BÂTIMENTS (HORS 0101)

VI.1. FONDATION DES STRUCTURES PAR SEMELLES

- Principe de fondation – niveaux d'assise

Sous les descentes de charges estimées au paragraphe I.2, le principe de fondation consistera à reporter les charges de la structure par l'intermédiaire de **semelles superficielles isolées et/ou filantes** (selon les nécessités), descendues dans **les alluvions sablo-limoneuses brunes à graviers et blocs**.

Le niveau d'assise respectera le plus restrictif des critères suivants :

- ancrage de 0.3 m dans les alluvions ;
- profondeur minimale de 0.7m/TA ;
- ancrage de 0.5 m sous l'arase terrassement ;
- profondeur minimale de 0.5 m/sol extérieur fini (hors gel).

De plus, les fondations du projet et les fondations avoisinantes (*bâtiment, voirie, talus, réseaux, etc.*) arrêtées à des niveaux différents seront établies en redents selon une pente de 3H / 2V.

Par ailleurs, la profondeur d'assise des fondations devra être définie en fonction des efforts appliqués (moments de renversement, efforts horizontaux, de soulèvement...).

- Contraintes limites de calcul (EC7)

Selon les prescriptions de la norme NF P 94-261, pour démontrer qu'une fondation superficielle supporte la charge de calcul avec une sécurité adéquate vis-à-vis d'une rupture par défaut de portance du terrain, on doit vérifier l'inégalité suivante :

$$V_d - R_0 \leq R_{v;d}$$

Avec :

V_d : valeur de calcul de la composante verticale de la charge transmise

R_0 : valeur du poids du sol après travaux au niveau de la base de la fondation en faisant abstraction de celle-ci

$$R_{v;d} = A' \cdot \frac{q_{net}}{\Gamma}$$

Avec, pour $R_{v;d}$ dans le cas des méthodes pénétrométriques et pressiométriques, un coefficient de sécurité global Γ de 1,68 (ELU fondamental) et 2,76 (ELS quasi-permanent et ELS caractéristique).

Sous réserve du respect du principe de fondation précité, et en l'absence au stade actuel de la connaissance des dimensions des semelles, les contraintes verticales centrées de calcul à prendre en compte pour la justification vis-à-vis des Etats limite Ultime et de Service seront limitées à :

Aux ELU fondamentaux, $\leq \frac{q_{net}}{1,68} = 0.49 \text{ MPa}$
Aux ELS qp et caractéristiques, $\leq \frac{q_{net}}{2,76} = 0.3 \text{ MPa}$

- Paramètres de dimensionnement

Les paramètres de sols nécessaires au calcul des murs contre terre pour la réalisation de la fosse de visite dans le bâtiment n°79 sont les suivants :

<i>Nature des sols</i>	<i>Profondeur base (m/TA)</i>	<i>E_M (MPa)</i>	<i>pl* (MPa)</i>	<i>α</i>	<i>C' (kPa)</i>	<i>φ' (°)</i>	<i>γh (kN/m³)</i>
Remblais	-	-	-	0.67	0	25	18
Alluvions sablo graveleuses	> 10	70	2.5	0.33	0	35	19

- Tassements

Moyennant une exécution soignée des fouilles et pour des fondations ancrées de 30cm dans les alluvions, les tassements théoriques seront inférieurs au centimètre en absolus et en différentiel.

Le calcul précis des tassements suivant les cas de charges des différents bâtiments devra être affiné en mission G2-PRO.

- Dispositions constructives générales

En aucun cas, la largeur des semelles les moins chargées ne sera inférieure à 60 cm pour les semelles isolées et 40cm pour des semelles filantes, afin d'assurer un bon contact sol / fondation.

Le plan de fondation sera conçu de manière à éviter les affouillements sous les existants et les tassements par influence.

Les fondations devront être dimensionnées en fonction de l'ensemble des efforts (soulèvements du au vent, moments...) dans le cadre de la mission G2 PRO.

- Sujétions d'exécution

Compte tenu du caractère fortement blocailleux de l'horizon d'assise, les fonds de fouille seront finis manuellement afin d'assurer une bonne planéité de la géométrie de la fouille de fondation.

Il convient de couler le béton de propreté ou le gros béton dès l'ouverture des fouilles afin d'éviter l'altération ou la décompression du sol d'assise. Le béton des semelles sera ensuite coulé à pleine fouille sur toute la hauteur.

Toute poche de de moindre consistance ou contenant des débris anthropiques ou évolutifs détectée à l'ouverture des fouilles sera purgée et remplacée par un gros béton coulé pleine fouille.

Dans les formations compactes (*gros blocs dans les recouvrements et les alluvions ...*), les travaux de terrassement nécessiteront l'emploi d'engins de forte puissance (*BRH, marteau pneumatique...*).

Tout vestige (*souche d'arbre, ancien ouvrage enterré, ...*) sera purgé et remplacé par un gros béton coulé pleine fouille.

Des sur-profondeurs de l'horizon d'ancrage ne sont pas à exclure, ce qui nécessitera un gros béton de rattrapage.

En cas d'arrivées d'eau à l'ouverture des fouilles, il conviendra de les assécher par un dispositif adapté à leur importance et à la nature des terrains (*drainage, pompage par exemple*).

Compte tenu du risque d'éboulement des sols (au sein des formations de recouvrement notamment...) le blindage des fouilles pourra s'avérer nécessaire. Ce matériel devra être présent sur site en phase travaux. Toute poche de glissement de matériaux au sein de la fouille devra être purgée manuellement avant le coulage du béton de propreté.

Tous les travaux devront être réalisés selon les règles de l'Art.

VI.2. DALLAGES

- Principe

La cote de calage des niveaux bas des dallages est supposée calé approximativement au niveau du TA. Ce point est un paramètre prépondérant pour le dimensionnement des assises de dallage pour connaître la nature des sols d'assise.

Un dallage sur terre-plein peut être envisagé. Pour une charge d'exploitation maximale de 20kN/m² (estimation à confirmer), les tassements absolus attendus seront inférieurs au centimètre en sollicitation des alluvions sablo-graveleuses.

Remarque importante : En l'absence d'éléments, ces valeurs devront impérativement être vérifiées dans le cadre de la mission G2-PRO et de la connaissance de la géométrie des terrassements et des charges surfaciques appliquées par le projet.

Nota : l'attention est attirée sur le fait que ces calculs n'ont de validité qu'au droit des sondages réalisés. Ailleurs, des hétérogénéités naturelles de stratigraphie et de caractéristiques mécaniques des sols peuvent induire des tassements absolus et différentiels supérieurs à ceux ici estimés. En cas de besoin, un complément d'étude serait à prévoir au sein de la phase projet d'étude géotechnique de conception (G2 PRO).

- Préparation de la plate-forme - PST

Après décapage de la terre végétale (ou enrobés et remblais superficiels suivants les secteurs) et de la frange superficielle de recouvrement sur un minimum de 50cm d'épaisseur, le fond de forme / Partie Supérieure de Terrassement (PST) obtenu sera constitué par les alluvions sablo-limoneuses à graviers, galets et blocs, permettant une classification de type **PST3-AR2** (sols considérés insensibles à l'eau).

Le compactage du fond de forme sera adapté à la nature du sol et aux conditions climatiques au moment des travaux.

Si des pluies se produisent pendant les travaux ou si les précipitations sont abondantes au cours des 2 mois précédents les travaux, des adaptations seront nécessaires (*cloutage du fond de forme, drainage, traitement à la chaux, etc.*) pouvant engendrer un surcoût non négligeable.

- Couche de forme

Une couche de forme propre ($4 < \text{passant à } 80 \mu\text{m} < 8\%$) bien graduée ($ES > 30$, et compris dans le fuseau de Talbot) compactée à 95 % de l'OPM sera mise en œuvre, sur une épaisseur suffisante pour obtenir les valeurs suivantes, conformément au DTU 13-3 :

$$\begin{aligned} EV_2 &> 50 \text{ MPa} \\ EV_2 / EV_1 &< 2,2 \\ K_w &> 50 \text{ MPa / m} \end{aligned}$$

A titre indicatif, pour des travaux réalisés dans de bonnes conditions climatiques, l'épaisseur de la couche de forme sera d'au moins 0.30 m sur un fond de forme de portance minimale $EV_2 > 60 \text{ MPa}$ (cas d'une assise dans les alluvions). Ces épaisseurs devront être adaptées à la portance réelle du fond de forme mesurée lors des travaux et en fonction des conditions climatiques.

Des valeurs supérieures pourront être demandées par le concepteur.

- Dispositions constructives & paramètres de dimensionnement des dallages

Les dallages seront conçus, dimensionnés et réalisés suivant le DTU 13-3.

Les modules d'élasticité E_s du sol, estimés à partir des caractéristiques pressiométriques, à prendre en compte pour le calcul(*) selon DTU 13.3 sont :

Couches	Module estimé – E_s (MPa)
<i>Couche de forme</i>	<i>40 à 50 MPa - Hypothèses à valider</i>
<i>Alluvions sablo-limoneuses à blocailleuses</i>	<i>100</i>

(*) cas simplifié d'un modèle élastique linéaire

- Essais de contrôle

La couche de forme (voiries / dallages) sera réceptionnée par essais à la plaque mode opératoire LCPC afin de s'assurer que les valeurs cibles suivantes ont bien été atteintes :

$$\begin{aligned} EV_2 &> 50 \text{ MPa} \\ EV_2 / EV_1 &< 2,2 \\ K_w &> 50 \text{ MPa / m (dallages)} \end{aligned}$$

Conformément au DTU 13-3, pour les dallages, au moins un essai pour 500 m² (et pour 50 cm d'épaisseur de la couche de forme) sera réalisé, avec un minimum de 3.

Sans ces essais et contrôles réalisés et/ou suivis par GEOTEC ou son mandataire dans le cadre d'une mission G4 de supervision géotechnique d'exécution, GEOTEC ne saurait engager sa responsabilité sur ces travaux (ce qui n'exonère pas l'entreprise de son auto contrôle au titre de sa mission G3).

- Sujétions particulières

On veillera à limiter les infiltrations d'eau au niveau de ces sols supports de chaussée (fossés, drainage, ...).

Les couches de chaussée seront mises en œuvre, compactées et contrôlées suivant les spécifications en vigueur.

Les éventuelles tranchées de pose de réseaux sous chaussée seront remblayées selon les règles techniques en vigueur. Les conditions d'excavations devront être adaptées au contexte géotechniques (présence de rocher à très faible profondeur).

VII - RECOMMANDATIONS POUR LA MISE AU POINT DU PROJET

Le présent rapport constitue le compte rendu et fixe la fin de la phase avant-projet de la mission d'étude géotechnique de conception. Ces phases G1 et G2AVP confiées à GEOTEC ont permis de donner les hypothèses géotechniques à prendre en compte des résultats des investigations, et présente certains principes d'adaptation au sol des ouvrages géotechniques projetés.

Les principales incertitudes qui subsistent concernent le contexte géotechnique du site et le projet sont notamment :

- Les descentes de charge des ouvrages envisagés et efforts appliqués (moments de renversement, efforts horizontaux, soulèvements dû au vent...) et le plan de calepinage des fondations,
- La présence de vestiges au droit du projet, nécessitant des adaptations sur site (BRH...),
- la géométrie des terrassements pour la fosse de visite du bâtiment 79 et le calage de la plateforme de remblai du local technique de l'aire de lavage (cote retenue pour la plateforme, hauteurs des déblais et remblais...),
- L'épaisseur et l'état de consistance des remblais autour et sous le bâtiment 0101, qu'il convient de substituer dans le cadre de l'extension projetée,
- Les variations latérales et verticales de faciès au sein des alluvions,
- Les cotes des niveaux d'eau au sens des Eurocodes (EE, EH, EB...), non connues à ce stade des études,
- Les circulations d'eau superficielle en période pluvieuse, difficilement quantifiables,
- L'historique du site, notamment vis-à-vis de la géométrie (extensions latérales et épaisseurs) et de la nature des remblais,

Ces incertitudes peuvent avoir une incidence importante sur le coût final des ouvrages géotechniques : il conviendra d'en tenir compte lors de la mise au point du projet. A cet effet, la mise en œuvre de l'ensemble des missions géotechniques (G2PRO à G4) devra suivre la présente étude).

Nous restons à l'entière disposition des Responsables du Projet pour tout renseignement complémentaire.

*

* *

CONDITIONS D'UTILISATION DU PRESENT DOCUMENT

1. **GEOTEC** ne peut être en aucun cas tenu à une obligation de résultats car les prestations d'études et de conseil sont réputées incertaines par nature, **GEOTEC** n'est donc tenu qu'à une obligation de moyens.
2. Le présent document et ses annexes constituent un tout indissociable. Les interprétations erronées qui pourront en être faites à partir d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager la Société **GEOTEC**. En particulier, il ne s'applique qu'aux ouvrages décrits et uniquement à ces derniers.
3. Toute modification du projet initial concernant la conception, l'implantation, le niveau ou la taille de l'ouvrage devra être signalée à **GEOTEC**. En effet, ces modifications peuvent être de nature à rendre caducs certains éléments ou la totalité des conclusions de l'étude.
4. Si, en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, **GEOTEC** a été amené dans le présent document à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient au Maître d'Ouvrage ou à son Maître d'Œuvre, de communiquer par écrit ses observations éventuelles à **GEOTEC** sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour aucune raison être reproché à **GEOTEC** d'avoir établi son étude pour le projet décrit dans le présent document.
5. Les moyens techniques à la disposition de **GEOTEC** pour la présente étude ne permettent d'obtenir qu'une identification ponctuelle des sols, sur les seuls lieux d'implantation des sondages mentionnés ci-avant, lesquels portent sur une profondeur limitée.

En conséquence, des éléments nouveaux mis en évidence lors de reconnaissances complémentaires ou lors de l'exécution des fouilles ou des fondations et n'ayant pu être détectés au cours des opérations de reconnaissance (par exemple : failles, remblais anciens ou récents, caverne de dissolution, hétérogénéité localisée, venue d'eau, pollution, etc.) peuvent rendre caduques les conclusions du présent document en tout ou en partie.

Ces éléments nouveaux ainsi que tout incident important survenant au cours des travaux (éboulements des fouilles, dégâts occasionnés aux constructions existantes, glissement de talus, etc.) doivent être immédiatement signalés à **GEOTEC** pour lui permettre de reconsidérer et d'adapter éventuellement les solutions initialement préconisées et ceci dans le cadre de missions complémentaires.

6. Pour les raisons développées au § 4, et sauf stipulation contraire explicite de la part de **GEOTEC**, l'utilisation de la présente étude pour chiffrer, à forfait ou non, le coût de tout ou partie des ouvrages d'infrastructure ne saurait en aucun cas engager la responsabilité de **GEOTEC**. Une mission G2 d'étude géotechnique de projet minimum est nécessaire pour estimer des quantités, coûts et délais d'ouvrages géotechniques.
7. **GEOTEC** ne pourrait être rendu responsable des modifications apportées à la présente étude sans son consentement écrit.
8. Il est vivement recommandé au Maître d'Ouvrage, au Maître d'Œuvre ou à l'Entreprise de faire procéder, au moment de l'ouverture des fouilles ou de la réalisation des premiers pieux ou puits, à une visite de chantier par un spécialiste. Cette visite est normalement prévue par **GEOTEC** lorsqu'elle est chargée d'une mission G4 de supervision géotechnique d'exécution. Le client est alors prié de prévenir **GEOTEC** en temps utile.

Cette visite a pour objet de vérifier que la nature des sols et la profondeur de l'horizon de fondation sont conformes aux données de l'étude. Elle donne lieu à l'établissement d'un compte-rendu.

9. Les éventuelles altitudes indiquées pour chaque sondage (*qu'il s'agisse de cotes de références rattachées à un repère arbitraire ou de cotes NGF*) ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des essais. Pour que ces altitudes soient garanties, il convient qu'elles soient relevées par un Géomètre Expert. Il en va de même pour l'implantation des sondages sur le terrain.
10. Hydrogéologie : les relevés des venues d'eau dans les sondages ont un caractère ponctuel et instantané.
11. Le Maître d'Ouvrage devra informer **GEOTEC** de la date de Déclaration Réglementaire d'Ouverture du Chantier (*DROC*) et faire réactualiser le présent document en cas d'ouverture de chantier plus de 2 ans après la date d'établissement du présent document. De même il est tenu d'informer **GEOTEC** du montant global de l'opération et de la date prévisible de réception de l'ouvrage.

Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

(Extraits de la norme NF P 94-500 du 30 novembre 2013 – Chapitre 4.2)

Le Maître d'Ouvrage doit associer l'ingénierie géotechnique au même titre que les autres ingénieries à la Maîtrise d'Œuvre et ce, à toutes les étapes successives de conception, puis de réalisation de l'ouvrage. Le Maître d'Ouvrage, ou son mandataire, doit veiller à la synchronisation des missions d'ingénierie géotechnique avec les phases effectives à la Maîtrise d'Œuvre du projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions d'ingénierie géotechnique sont donnés dans les tableaux 1 et 2. Deux ingénieries géotechniques différentes doivent intervenir : la première pour le compte du Maître d'Ouvrage ou de son mandataire lors des étapes 1 à 3, la seconde pour le compte de l'entreprise lors de l'étape 3.

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 : Etude géotechnique préalable (G1)		Etude géotechnique préalable (G1) Phase Etude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Etude préliminaire, Esquisse, APS	Etudes 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	Fonctions des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Etude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Etude 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 (<i>choix constructifs</i>)
	PRO	Etudes géotechniques de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (<i>choix constructifs</i>)
	DCE/ACT	Etude 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 : Etudes géotechniques de réalisation (G3/G4)		A la charge de l'entreprise	A la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Etude de suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Etude (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)	Etude 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 (<i>réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience</i>)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	Etude et suivi géotechniques d'exécutions (G3) Phase Suivi (en interaction avec la Phase Etude)	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
A toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

TABLEAU 2 - CLASSIFICATION DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

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.

ETAPE 1 : ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE (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).

ETAPE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE 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, participé à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)

ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES 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 GEOTECHNIQUE 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 GEOTECHNIQUE (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).

ANNEXES

- Annexe 1 : PLAN DE SITUATION
- Annexe 2 : PLAN D'IMPLANTATION
- Annexe 3 : SONDAGES & ESSAIS – MISSION G2-AVP
- Annexe 4 : SONDAGES & ESSAIS – MISSION G5
- Annexe 5 : ESSAIS EN LABORATOIRE
- Annexe 6 : DIAGNOSTIC STRUCTUREL ET CAPACITE PORTANTE DES DALLAGES DES BATIMENTS 0079 et 0100
- Annexe 7 : DIAGNOSTIC GEOPHYSIQUE : RECHERCHES D'ANOMALIES DANS LE SOL PAR METHODES GEORADAR ET TOMOGRAPHIE ELECTRIQUE

Annexe 1 : Plan de situation

Annexe 2 : Plans d'implantation

Annexe 3 :

Sondages et essais in-situ – Mission G2-AVP

Annexe 4 :

Sondages et essais in-situ – Mission G5

Annexe 5 : Essais en laboratoire

Annexe 6 :
Diagnostic structurel et capacité portante des dallages des
bâtiments 0079 et 0100

Annexe 7 :
**Diagnostic géophysique : Recherches d'anomalies dans le sol
par méthodes Géoradar et Tomographie électrique**