

ETUDE GEOTECHNIQUE D'AVANT-PROJET (Mission G2 AVP)

Construction de 5 carrés

Parcelle n° 63 section BN
Rue Charles Dreyfus
OFFEMONT (90 300)



Rapport 6800063 v2 - Octobre 2024



VIVIALYS HABITAT INTERMEDIAIRE
Cité de l'Habitat - Route de Thann
68 460 LUTTERBACH

Client

NOM	VIVIALYS HABITAT INTERMEDIAIRE
ADRESSE	Cité de l'Habitat – Route de Thann 68 460 LUTTERBACH
INTERLOCUTEUR	M. LONGEOT

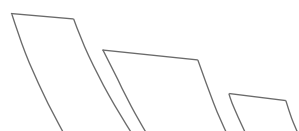
ECR Environnement

AGENCE DE	Mulhouse
ADRESSE	4 Av. de Strasbourg, 68350 Brunstatt-Didenheim
TELEPHONE	03 89 32 19 34
MAIL	mulhouse@ecr-environnement.com

RESPONSABLE D'AGENCE	S. SAMMUT
CHARGE D'AFFAIRES	C. LOBJOIE
CHARGÉE D'AFFAIRES	D. BONNET

DATE	INDICE	OBSERVATION / MODIFICATION	REDACTEUR	VERIFICATEUR
06/08/2024	0	Première diffusion	D. BONNET	S. RIPOLL
27/08/2024	1	Précisions apportées	M. CELERIN	-
16/10/2024	2	Dispositions de drainage	A. MARION	-

Rédacteur	Contrôle interne
 D. BONNET Chargée d'Affaires	 A. MARION



SOMMAIRE

1.	INTRODUCTION.....	4
1.1.	OPERATION – INTERVENANTS	4
1.2.	MISSION	4
1.3.	DOCUMENTS DE REFERENCE	5
2.	SITE ET PROJET	6
2.1.	PLAN DE SITUATION	6
2.2.	DESCRIPTION DU SITE.....	6
2.3.	HISTORIQUE DU SITE	8
2.4.	CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	10
2.5.	RISQUES NATURELS	11
2.6.	DESCRIPTION DU PROJET.....	14
3.	RESULTATS DES INVESTIGATIONS.....	18
3.1.	INVESTIGATIONS REALISEES.....	18
3.2.	IMPLANTATION DES SONDAGES ET ESSAIS.....	18
3.3.	LITHOLOGIE	19
3.4.	ESSAIS PRESSIOMETRIQUES	20
3.5.	HYDROGEOLOGIE	20
3.6.	PERMEABILITE DES SOLS	21
3.7.	DONNEES PARASISMIQUES REGLEMENTAIRES	22
4.	SYNTHÈSE GÉOTECHNIQUE	23
5.	PRÉCONISATIONS POUR L'AVANT-PROJET	24
5.1.	TERRASSEMENTS GENERAUX.....	24
5.1.1.	Principe	24
5.1.2.	Conditions de terrassement	24
5.1.3.	Drainage en phase chantier.....	24
5.1.4.	Talutage	25
5.1.5.	Préparation de la plateforme des voiries et parkings	25
5.2.	NIVEAUX BAS	26
5.2.1.	Principe	26
5.2.2.	Structure du dallage.....	26
5.2.3.	Contrôle du dallage.....	27
5.2.4.	Hypothèses de dimensionnement du dallage.....	27
5.3.	FONDACTIONS SUPERFICIELLES DE TYPE SEMELLES FILANTES	27
5.3.1.	Principe	27
5.3.2.	Méthodologie pour le dimensionnement des fondations	28
5.3.3.	Contraintes de calcul (Etats limites)	29
5.3.4.	Estimation des tassements.....	30
5.3.5.	Recommandations constructives spécifiques vis-à-vis du retrait / gonflement des argiles.....	30
5.3.6.	Recommandations de conception et de mise en œuvre des fondations.....	31
5.4.	MURS ENTERRES	32
5.5.	DRAINAGE DEFINITIF ET REMBLAIEMENTS PERIPHERIQUES	32



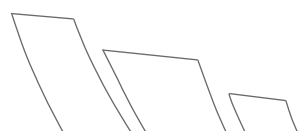
5.6.	PRECONISATIONS VIS-A-VIS DU POTENTIEL RADON	32
6.	<u>VOIRIE LEGERE ET STATIONNEMENTS</u>	33
6.1.1.	Couche de forme	33
6.1.2.	Contrôle	33
7.	<u>OBSERVATIONS</u>	34

FIGURES

Figure 1 :	Extrait de la carte topographique 1/15 000, Géoportail (IGN)	6
Figure 2 :	Vue aérienne du site datant de 2021 au 1/1000, Géoportail (IGN)	7
Figure 3 :	Photographies du site prises le 19/06/2024 (ECR ENVIRONNEMENT) – 1/2	7
Figure 4 :	Photographies du site prises le 19/06/2024 (ECR ENVIRONNEMENT) – 2/2	8
Figure 5 :	Prises de vue aériennes du site – remonterletemps.fr (GEOPORTAIL -IGN)	9
Figure 6 :	Extrait de la carte géologique de BELFORT au 1/50 000, BRGM	10
Figure 7 :	Profil altimétrique de la zone d'étude – GEOPORTAIL (IGN)	11
Figure 8 :	Plan de masse du projet au stade de la faisabilité transmis par la Maîtrise d'Ouvrage	16
Figure 9 :	Façade Sud du bâtiment B (sur sous-sol) transmis par la Maîtrise d'Ouvrage	17

ANNEXES

- Annexe 1 : Extrait de la norme NF P 94-500
- Annexe 2 : Conditions particulières
- Annexe 3 : Plan d'implantation des sondages et essais
- Annexe 4 : Coupes des sondages pressiométriques et de reconnaissances géologiques
- Annexe 5 : Coupes de sondages à la pelle hydraulique et résultats des essais MATSUO



1. INTRODUCTION

1.1. Opération – Intervenants

Opération : Construction de 5 bâtiments d'habitation

Adresse : Rue Charles Dreyfus – 90300 OFFEMONT – Parcelle 63 section BN

Maître d'ouvrage : VIVIALYS HABITAT INTERMEDIAIRE

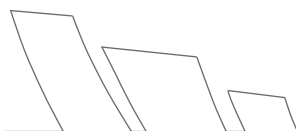
1.2. Mission

La présente étude a été réalisée par le bureau d'étude ECR Environnement, agence de Mulhouse, à la demande de et pour le compte de VIVIALYS HABITAT INTERMEDIAIRE, Maître d'Ouvrage. Elle honore notre offre n°2504516 du 17/06/2024.

Il s'agit d'une mission de type G2 AVP (Avant-Projet) au sens de la norme NF P 94-500 de novembre 2013 sur les missions d'ingénierie géotechnique jointe en Annexes.

L'étude a pour objectifs de :

- préciser le contexte géologique et hydrogéologique général du site ;
- reconnaître la nature et les caractéristiques géomécaniques des sols au stade l'avant-projet ;
- reconnaître les niveaux d'eau (nappe, circulations...) ;
- définir les modes de fondations envisageables en fonction des éléments communiqués ;
- fournir les paramètres de dimensionnement des fondations proposées ;
- étudier les conditions de faisabilité et de mise en œuvre des dallages et des voiries ;
- fournir les données parasismiques réglementaires (EC8) ;
- évaluer les sujétions d'exécution des travaux de terrassements et de fondations liées aux conditions géotechniques du site et aux caractéristiques du projet.



1.3. Documents de référence

Les documents suivants nous ont été fournis dans le cadre de la présente étude :

- Mail de consultation de VIVIALYS HABITAT INTERMEDIAIRE du 17/06/2024, avec dossier de présentation du projet, comprenant plan de situation et plan de masse non datés et sans échelle ;
- Mail du 05/08/2024 avec description du projet et :
 - o Plan de faisabilité v5 sur fond topographique du 20/06/2024 au 1/400, référencé FAISA-PDM-2D ;
 - o Façades des bâtiments A à E au 1/100 datées du 20/06/2024.



2. SITE ET PROJET

2.1. Plan de situation

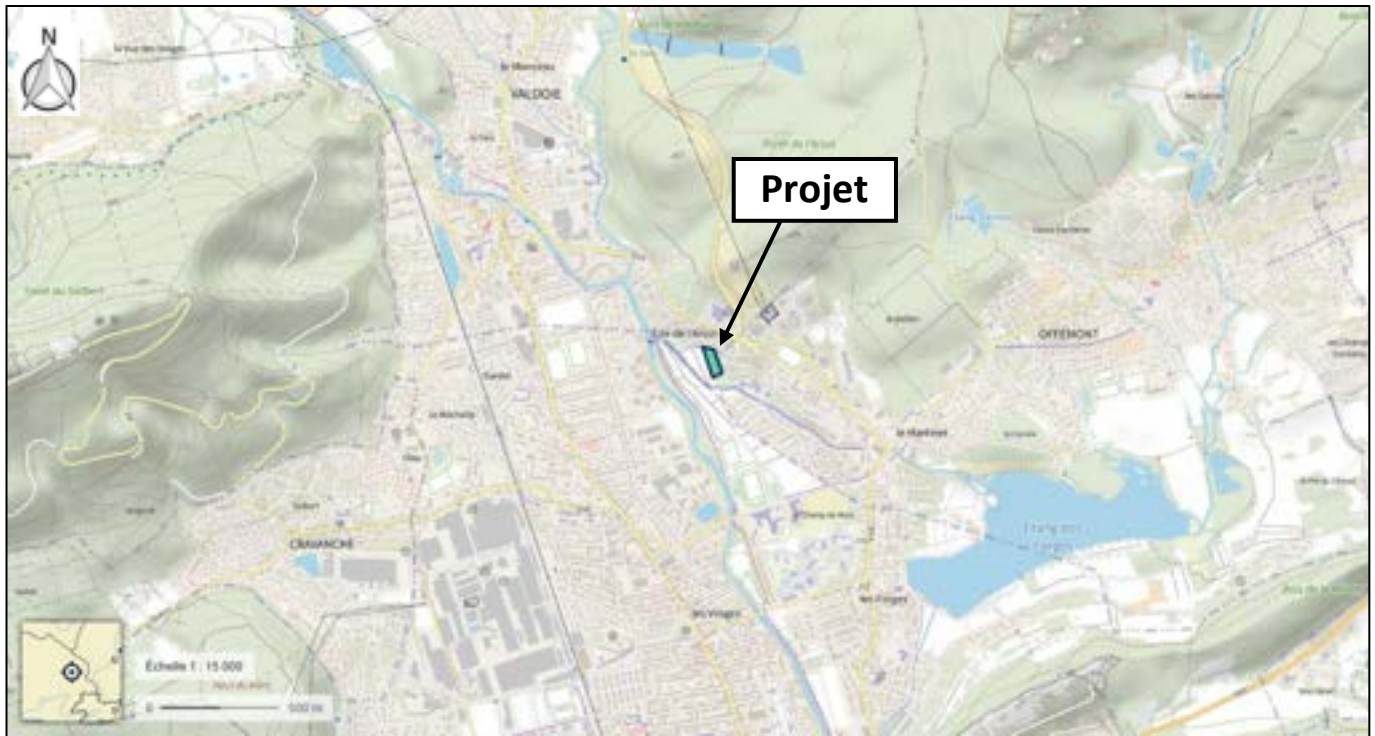


Figure 1 : Extrait de la carte topographique 1/15 000, Géoportail (IGN)

2.2. Description du site

La zone d'étude est localisée rue Charles Dreyfus, à l'Ouest de l'agglomération d'OFFEMONT (90).

Le site, d'une surface totale de 5 072 m², concerne la parcelle cadastrée 63 section BN. Il correspond actuellement à un terrain boisé.

La topographie du site est en faible pente vers le Sud. D'après le plan topographique, son altitude est calée entre 367.5 et 374.5 m NGF.

Le site étudié est bordé :

- À l'Est et au Sud par des parcelles boisées. On note sur la parcelle à l'Est du projet un talus de pente 2B/1H environ, en limite de propriété (voir plan topographique) ;
- Au Nord par la rue Charles Dreyfus ;
- A l'Ouest par des parcelles partiellement boisées et des cultures maraîchères.

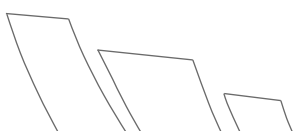




Figure 2 : Vue aérienne du site datant de 2021 au 1/1000, Géoportail (IGN)



Figure 3 : Photographies du site prises le 19/06/2024 (ECR ENVIRONNEMENT) – 1/2

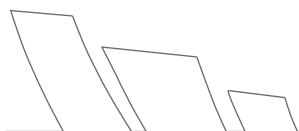




Figure 4 : Photographies du site prises le 19/06/2024 (ECR ENVIRONNEMENT) – 2/2

2.3. Historique du site

D'après les prises de vue aériennes disponibles sur le site remonterletemps.fr (GEOPORTAIL), la zone d'étude était exploitée en tant que terrains maraîchers avant d'être laissée en friche à partir des années 1955/1956 environ (voir figure 5).

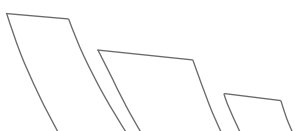
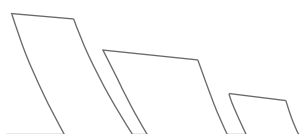




Figure 5 : Prises de vue aériennes du site – remonterletemps.fr (GEOPORTAIL -IGN)



2.4. Contexte géologique et hydrogéologique

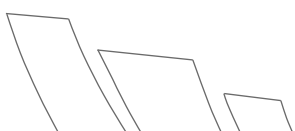
D'après la carte géologique de BELFORT initialement à l'échelle 1/50 000, le sous-sol du site est constitué, sous d'éventuels remblais et / ou terrains remaniés liés à l'histoire du site :

- Par des éboulis notés E ;
- Reposant vraisemblablement sur un substratum d'âge permien noté r et composé de Grès, conglomérats, argilolithes de teintes variables, à dominantes rouges ou violacées, renfermant des fragments de roches cristallines très altérées.



Figure 6 : Extrait de la carte géologique de BELFORT au 1/50 000, BRGM

Le site est localisé sur un coteau orienté Sud, à environ 250 m à l'Est de la Savoureuse (calée vers 362 m NGF – voir Fig. 7), en bordure de plaine alluviale. Il existe vraisemblablement une nappe en lien avec la Savoureuse, soumise à variations saisonnières. On note également un fossé drainant environ 30 m au Sud de la parcelle, longeant la promenade du Martinet et rattaché à la Savoureuse.



Il peut exister des circulations d'eau dans les terrains au-dessus de la nappe, ainsi que des écoulements gravitaires et écoulements de surface liés aux apports de versant liés à des infiltrations erratiques en période météorologique défavorable.



Figure 7 : Profil altimétrique de la zone d'étude – GEOPORTAIL (IGN)

2.5. Risques naturels

Sismique (décret n°2010-1255 du 22/10/2010) :

La commune de OFFEMONT (90) est située en zone de sismicité 3 (aléa modéré).

D'après le site de prévention des risques majeurs « géorisque.gouv.fr », un arrêté de reconnaissance de catastrophe naturelle a été pris sur la commune de OFFEMONT (90) en 2003 suite à des secousses sismiques :

Secousse Sismique : 1

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
INTE0300360A	22/02/2003	22/02/2003	26/06/2003	27/06/2003



Inondations et/ou coulées de boue :

D'après le site de prévention des risques majeurs « georisque.gouv.fr », six arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle ont été pris sur la commune de OFFEMONT (90) entre 1988 et 2016 suite à des inondations et des coulées de boue :

Inondations et/ou Coulées de Boue : 6

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
INTE0200563A	06/06/2002	06/06/2002	29/10/2002	09/11/2002
INTE1630434A	25/06/2016	25/06/2016	26/10/2016	07/12/2016
INTE8900481A	01/08/1988	02/08/1988	07/12/1988	18/12/1988
INTE9000113A	14/02/1990	16/02/1990	16/03/1990	23/03/1990
INTE9500103A	09/12/1994	10/12/1994	21/02/1995	24/02/1995
INTE9900627A	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999

D'après le site du BRGM « infoterre.fr », la zone d'étude est située en dehors d'« une enveloppe approchée des inondations potentielles cours d'eau et submersion marine de plus d'un hectare » mais est sujette aux inondations de cave (fiabilité moyenne).



Fig. 8 - Extrait de la cartographie du risque de remontée de nappes, GÉORISQUES



Mouvements de terrain :

D'après le site de prévention des risques majeurs « géorisque.gouv.fr », deux arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle ont été pris sur la commune de OFFEMONT (90) en 1988 et 1999 suite à des mouvements de terrain :

Mouvement de Terrain : 2

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
INTE8800481A	01/08/1988	02/08/1988	07/12/1988	18/12/1988
INTE9900627A	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999

Aucun mouvement de terrain n'est localisé à proximité immédiate de la parcelle.

D'après l'Atlas des mouvements de terrain du Territoire de Belfort, mis à jour en juin 2022, le site est localisé dans une zone de faible susceptibilité aux glissements (pente < 8°) (voir Fig. 9.).

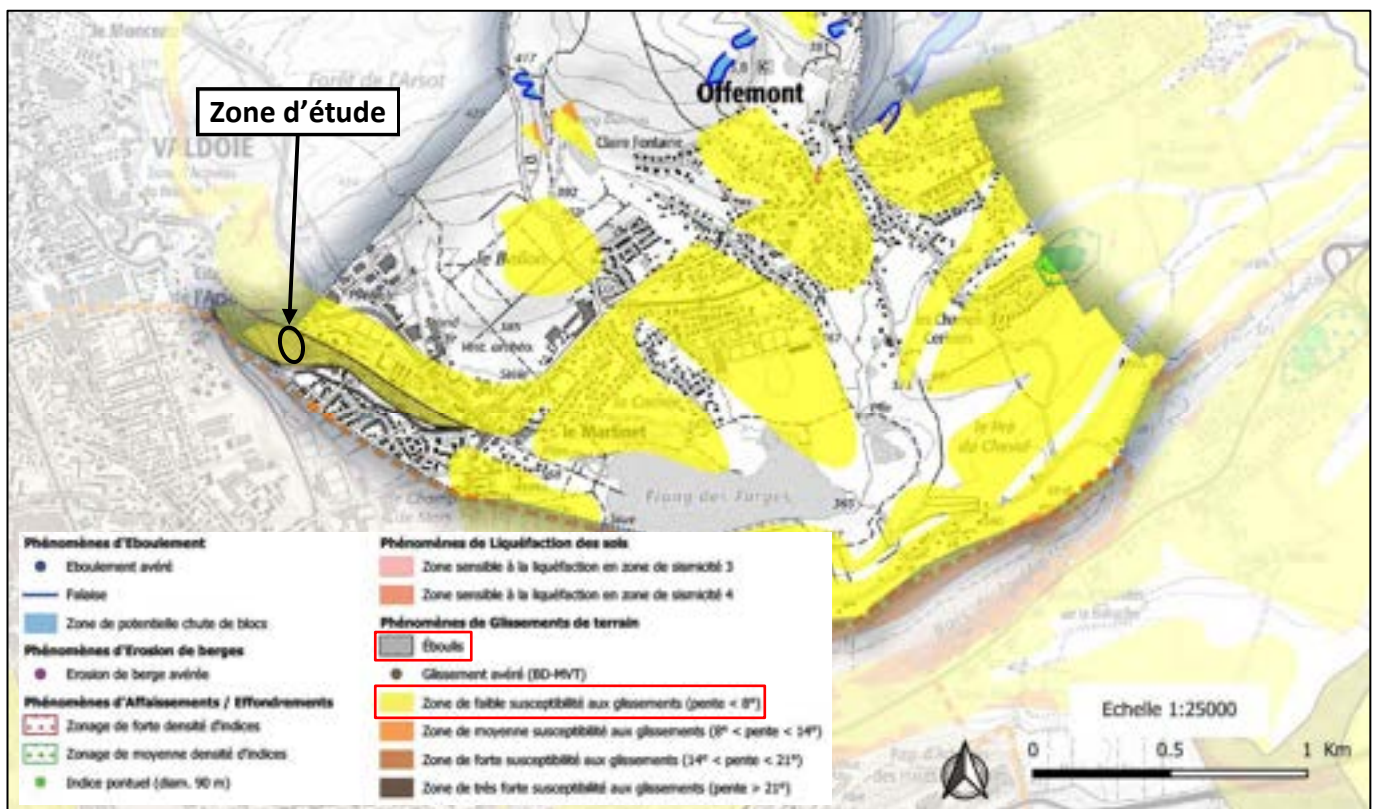


Fig. 9 – Atlas des mouvements de terrain du Territoire de Belfort - Carte de la commune de OFFEMONT - Site de la Préfecture du Territoire de Belfort

Cavités souterraines :

Aucune cavité souterraine n'est localisée à proximité immédiate de la parcelle.

Risque radon :

La commune de OFFEMONT (90) est située dans une zone à risque radon fort (catégorie 3).

Retrait gonflement des sols argileux :

D'après le site www.georisques.gouv.fr, le site est classé en zone d'exposition moyenne vis-à-vis du phénomène de retrait / gonflement des argiles.

D'après le site de prévention des risques majeurs « georisque.gouv.fr », trois arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle ont été pris sur la commune de OFFEMONT (90) entre 2018 et 2023 suite à des dommages causés par les mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols :

Sécheresse : 3

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
INTE1926058A	01/07/2018	31/12/2018	17/09/2019	26/10/2019
IOME2311008A	31/12/2021	30/03/2022	24/04/2023	09/06/2023
IOME2311008A	30/06/2022	29/09/2022	24/04/2023	09/06/2023

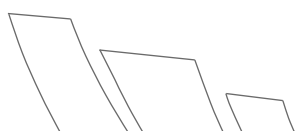
2.6. Description du projet

Le projet correspond à l'aménagement total de la parcelle. Il comprendra :

- La construction de :
 - 4 bâtiments de logement de type R+1 sur vide sanitaire complet de 0.8 m de hauteur environ. Les RDC seront calés comme suit :
 - RDC NAIA 5 Bât. A = 371.00 m NGF ;
 - RDC TAIA 3 Bât. C = 368.46 m NGF ;
 - RDC KAIA Bât. D = 368.68 m NGF.
 - RDC NAIA 5 Bât. E = 368.46 m NGF.
 - 1 bâtiment de logement de type R+1 sur sous-sol complet (caves) d'une hauteur de 2.55 m. Le RDC sera calé comme suit :
 - RDC KAIA Bât. B = 371.00 m NGF / Sous-sol (hypothèse ECR) = 368.20 m NGF.

Les bâtiments auront un recul par rapport aux limites parcellaires de 3 m minimum.

- L'aménagement d'une voirie de desserte et de 38 places de stationnements.



À l'exception du bâtiment B sur sous-sol, les niveaux bas des bâtiments de logement et des places de stationnement seront calés environ 1 m au maximum au-dessus ou au-dessus du niveau que le Terrain Actuel (TA). Les terrassements correspondront donc des déblais / remblais de l'ordre du mètre de hauteur. Pour le bâtiment B, les terrassements seront en déblai de l'ordre de 2 à 2.5 m de hauteur.

Les descentes de charges sous fondations ne sont pas connues à ce stade du projet.

Le plan de masse du projet et la façade Sud du bâtiment B sont présentés en page suivante.





Figure 8 : Plan de masse du projet au stade de la faisabilité transmis par la Maîtrise d'Ouvrage



Figure 9 : Façade Sud du bâtiment B (sur sous-sol) transmis par la Maîtrise d'Ouvrage

3. RESULTATS DES INVESTIGATIONS

3.1. Investigations réalisées

La campagne d'investigations suivante a été réalisée pour les besoins de la présente étude :

Au droit des bâtiments projetés :

- 3 sondages semi-destructifs (tarière mécanique Ø63 mm), notés SP1 à SP3, descendus à 6.0 m de profondeur, avec essais pressiométriques selon une maille adaptée ;
- 6 sondages semi-destructifs (tarière mécanique Ø63 mm), notés ST1 à ST6, descendus à 6 m de profondeur ;

Au droit des futures voiries et espaces verts :

- 2 sondages semi-destructifs (tarière mécanique Ø63 mm), notés STC1 et STC2, descendus à 2 m de profondeur ;
- 3 sondages de reconnaissance géologique à la pelle hydraulique 2.8 t, notés PM1, MA1 et MA2, descendus entre 1.0 et 2.0 m de profondeur ;
- En MA1 et MA2, 2 essais d'infiltration en injection à charge variable (type Matsuo), afin d'estimer le coefficient de perméabilité des sols.

L'implantation des sondages et essais est reportée sur le plan joint en Annexes. Les coupes des sondages et les résultats des essais sont joints en Annexes.

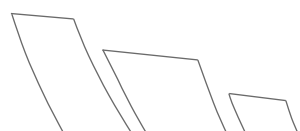
3.2. Implantation des sondages et essais

La position des sondages et essais figure sur le plan d'implantation en Annexes. L'implantation a été par la Maîtrise d'Ouvrage suite aux échanges à la réalisation du devis.

Les sondages et essais ont été nivelés grâce au plan topographique fourni.

Les cotes altimétriques des têtes des sondages et essais de la présente étude sont reportées dans le tableau suivant :

Sondage	SP1	SP2	SP3	PM1	MA1	MA2	STC1	STC2
Cote (m NGF)	371.50	368.75	367.75	371.55	369.50	367.50	370.50	372.00



Sondage	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	ST7
Cote (m NGF)	370.00	369.60	370.25	368.60	368.75	367.60	367.60

3.3. Lithologie

Les coupes des sondages sont jointes en Annexes. Les profondeurs citées dans le présent rapport ont été mesurées par rapport à la tête des sondages et essais au moment de l'intervention en juillet 2024.

Les sondages ont permis d'établir la coupe lithologique suivante :

Couche 1 : Terre végétale

Cette couche est composée de limons $\pm$ argileux marron à bruns à racines, radicules et localement graviers. Cette couche a été repérée sur 0.35 à 0.60 m d'épaisseur. Une surépaisseur non négligeable de cette couche est probable à l'issue de l'arrachage des arbres.

Localement en STC2, cette couche a été remaniée et comporte des débris de briques.

Couche 2 : Limons argileux

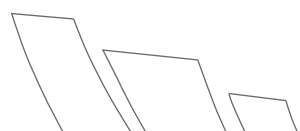
Cette couche est constituée de limons $\pm$ argileux, localement sableux, de couleur variable (marron, bruns, gris, beige, ocre et rougeâtre). On note en MA1 des concrétions ferromanganiques et entre 0.3 à 0.5 m de profondeur des traces de matière organique.

Elle a été recoupée entre 0.6 à 1.5 m de profondeur au droit de l'ensemble des sondages. Le sondage MA1 a été volontairement arrêté dans cette couche.

Couche 3 : Argiles $\pm$ sableuses

Cette couche est constituée d'un mélange d'argiles et de sables en proportions variables, marron, marron-rouge, brun, lie-de-vin, noir et gris, avec localement des graviers, galets et carbonatées en partie basale. On note localement en tête en PM1 des traces de matière organique.

Cette couche a été recoupée au droit de l'ensemble des investigations, jusqu'à la base des sondages arrêtés pour les plus profonds à 6.0 m/TA.



3.4. Essais pressiométriques

Les essais pressiométriques indiquent :

- Des caractéristiques mécaniques moyennes à élevées dans les limons argileux (couche 2), avec $0.90 \leq p_l^* \leq 2.07$ MPa ;
- Des caractéristiques mécaniques modestes à moyennes dans les argiles ± sableuses (couche 3), avec $0.37 \leq p_l^* \leq 0.85$ MPa.

Dans le détail on obtient :

Synthèse des modules pressiométriques E_M (MPa) et de la pression limite nette PI^* (Mpa)						
Prof. en m/TA	SP1		SP2		SP3	
	E_M	PI^*	E_M	PI^*	E_M	PI^*
1	15,0	0,90	31,0	2,07	21,6	1,81
2	6,1	0,40	4,4	0,58	5,6	0,85
3,5	3,5	0,68	4,0	0,37	3,8	0,50
5	7,3	0,53	3,0	0,55	4,6	0,50

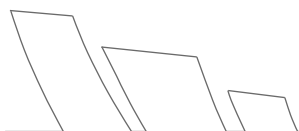
0,0 < p_l^* < 0,3 MPa	Caractéristiques géomécaniques faibles
0,3 < p_l^* < 0,5 MPa	Caractéristiques géomécaniques modestes
0,5 < p_l^* < 1,0 MPa	Caractéristiques géomécaniques moyennes
1,0 < p_l^* < 2,5 Mpa	Caractéristiques géomécaniques élevées
2,5 MPa < p_l^*	Caractéristiques géomécaniques très élevées

3.5. Hydrogéologie

Lors des investigations, une arrivée d'eau a été repérée en MA2 à 1.15 m de profondeur (= 366.35 m NGF). On note également l'augmentation de l'état hydrique des matériaux avec la profondeur. Les cuttings étaient très humides, voire saturés, à partir de 3.0 à 3.5 m de profondeur au droit des sondages à la tarière (SP et ST).

Il existe donc vraisemblablement au droit du site :

- une nappe alluviale, sujette à variations saisonnières et remontant probablement à faible profondeur en période de hautes eaux (< 5 m) ;
- au-dessus de la nappe dans toutes les couches, des circulations d'eau liées à des infiltrations aléatoires en période météorologique défavorable ;
- En période pluvieuse, des écoulements de surface / ruissellements liés aux apports de versant.



Remarque importante :

Le niveau piézométrique d'une nappe est directement influencé par les conditions météorologiques, l'environnement et la perméabilité de l'aquifère. Ce qui peut se traduire par des remontées lors des périodes d'apport ou au contraire conduire à des baisses à la suite de périodes déficitaires.

Les informations recueillies à ce jour ne permettent pas de déterminer les niveaux EE, EH et EB. Seul un suivi piézométrique associé à une enquête hydrogéologique permettra de préciser les niveaux caractéristiques de la nappe pour s'assurer que le niveau d'eau ne recoupera pas les niveaux bas du projet en phase provisoire et définitive.

3.6. Perméabilité des sols

Deux essais de perméabilité à la fosse, de type MATSUO, en injection et charge variable ont été réalisés en MA1 et MA2, au droit de la future voirie et des espaces verts. Ils ont permis d'estimer le coefficient de perméabilité k des sols testés.

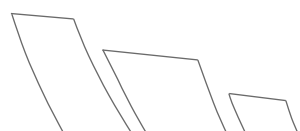
Les résultats des essais sont présentés dans le tableau suivant :

Essai	Profondeur (m/TA)	Lithologie	Couche	Perméabilité (m/s)
MA1	0.58 – 1.00	Silts gris-beige à concrétions ferromanganiques	2 – Limons argileux	6.7×10^{-6}
MA2	0.79 – 1.23	Sables, graviers et galets à matrice argileuse	3 – Argiles sableuses	2.3×10^{-6}

Les limons argileux (couche 2) et les argiles ± sableuses (couche 3) sont peu perméables :

K (m/s)	Niveau de perméabilité
$1 > k > 10^{-2}$	Très perméable
$10^{-2} > k > 10^{-4}$	Perméable
$10^{-4} > k > 10^{-6}$	Peu perméable
$10^{-6} > k > 10^{-8}$	Très peu perméable
$k < 10^{-8}$	Quasi imperméable

On rappelle toutefois que suivant les variations latérales de faciès les valeurs de perméabilité peuvent varier, cette dernière dépendant fortement de la fraction fine dans le sol.

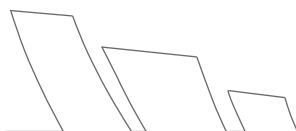


3.7. Données parasismiques réglementaires

Selon la norme EC8, les principales données parasismiques déduites des reconnaissances effectuées dans le cadre de cette étude sont les suivantes :

Données parasismiques réglementaires	
Zone de sismicité	Zone 3 – aléa modéré
Catégorie d'importance de l'ouvrage	À définir par le Maître d'Ouvrage
Accélération	$a_{gr} = 1.1 \text{ m/s}^2$
Classe de sol	C
Coefficient de sol S	1.5
Coefficient d'importance Y_I	1.0 (pour un bâtiment de classe II, à confirmer par le Maître d'Ouvrage)

Compte-tenu de la plasticité des sols des différentes couches, le risque de liquéfaction est considéré ici négligeable.



4. SYNTHÈSE GÉOTECHNIQUE

On rappelle que le projet concernant la construction de 4 bâtiments de type R+1 sur vide sanitaire, de 1 bâtiment de type R+1 sur sous-sol complet (bâtiment B) et d'une voirie légère avec stationnement).

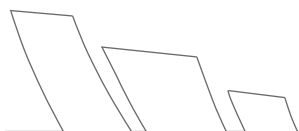
Contexte géotechnique :

- Limons argileux de bonne caractéristique mécanique (couche 2), recoupés jusqu'à 0.6 à 1.5 m de profondeur ;
- Argiles limoneuses (couche 3) de caractéristique mécanique modeste à moyenne ;
- Nappe alluviale au droit du site et circulations erratiques possibles ;
- Projet dans une zone d'exposition moyenne vis-à-vis de l'aléa retrait / gonflement des argiles ;
- Zone d'aléa radon fort (catégorie 3) ;
- Zone de sismicité 3 (aléa modéré) / classe de sol C ;
- Projet dans une zone de faible susceptibilité aux glissements (pente < 8°) ;
- Surépaisseurs importantes de sols remaniés à prévoir suite au défrichage de la parcelle.

Orientations à prendre en compte pour le projet :

Compte tenu des éléments précédents et de la nature du projet :

- Pour les bâtiments, on s'orientera vers une solution de **fondations superficielles de type semelles impérativement filantes, ancrées dans les argiles ± sableuses (couche 3)**, reconnues à partir de 0.6 à 1.5 m/TA au droit de nos sondages, sous réserve d'un taux de travail réduit ;
- Compte tenu de la présence d'un sous-sol au droit du bâtiment B et des circulations attendues dans les terrains dans ce contexte de versant penté, il conviendra de **réaliser une tranchée drainante entre les bâtiments A et B** pour intercepter et drainer ces eaux souterraines ; la tranchée devra comporter une profondeur équivalente à celle des fondations du bâtiment B et être éloignée d'a minima 2 m de tout bâti. Les eaux ainsi captées devront être redirigées vers un exutoire pérenne ; Nous rappelons par ailleurs que tout bâtiment sans sous-sol devra satisfaire aux exigences de drainage données en partie 5.3.5. Cette disposition permettra, en plus d'assurer la pérennité des fondations des ouvrages, de capter déjà une partie des eaux qui pourraient se diriger vers le sous-sol du bâtiment B ;
- Les niveaux bas seront réalisés sur vide sanitaire, à l'exception du bâtiment B, envisagé à ce stade en dallage sur terre-plein, car traité en sous-sol généralisé ;
- La voirie sera de type voirie légère mise en œuvre sur une **couche de forme granulaire**.



5. PRÉCONISATIONS POUR L'AVANT-PROJET

5.1. Terrassements généraux

5.1.1. Principe

Le projet impliquera des terrassements en déblai sur des hauteurs de 1 à 3 m, correspondant à la purge des horizons remaniés et/ou décomprimés suite au défrichage, à la réalisation des pleine-masses et des futures fondations.

Après purge de la terre végétale (couche 1), l'arase terrassement se situera dans les limons argileux (couche 2) et / ou les argiles $\pm$ sableuses (couche 3).

Les terrassements dans les terrains superficiels du site ne devraient pas recouper de venues d'eau importantes. Des arrivées erratiques sont toutefois possibles. On privilégiera cependant la réalisation des travaux par beau temps compte-tenu de la fraction fine des sols superficiels.

5.1.2. Conditions de terrassement

Les terrains du site sont très sensibles à l'eau de par leur fraction fine. Par conséquent, les travaux devront être réalisés dans des conditions météorologiques favorables (par beau temps) pour permettre la circulation des engins sans détériorer la plateforme. Dans le cas contraire, des dispositions particulières pourront être nécessaires (ajout de matériaux granulaires, cloutage ...).

Les terrassements dans les sols du site pourront être réalisés avec une pelle de moyenne puissance.

Compte-tenu des caractéristiques géomécaniques relevées dans les argiles $\pm$ sableuses (couche 3), localement modestes, un cloutage du fond de forme pourra localement s'avérer nécessaire en cas d'intempéries ou périodes pluvieuses.

5.1.3. Drainage en phase chantier

À tout moment du chantier, toutes les dispositions seront prises pour garder la plateforme au sec (fossés latéraux dirigés vers un exutoire pérenne, pompage, évacuation des eaux en dehors des fouilles ...).

Afin de limiter les contraintes d'exécutions qui résulteraient de la présence d'un niveau d'eau lors des ouvertures, nous recommandons de :

- privilégier une exécution des travaux de terrassements en période climatique favorable (sans pluie), de basses eaux et d'été ;
- prévoir la mise en œuvre d'un système de pompage à débit adapté dans l'objectif, le cas échéant, d'assécher les fonds de fouilles pour travailler à sec.



5.1.4. Talutage

Il est rappelé que les terrassements correspondent principalement aux pleine-masses (décaissement de l'ordre de 3.0 m de hauteur environ au droit du bâtiment B) et à la réalisation des fondations.

En phase provisoire, et pour des talus de hauteur < 3.0 m, hors d'eau et hors mitoyenneté, les terres pourront être maintenues par des pentes adaptées.

En première approche, les pentes maximales des talus provisoires seront réglées à 3B/2H (3 de base pour 2 de hauteur) dans les limons argileux (couche 2) et à 3B/1H (3 de base pour 1 de hauteur) dans les argiles ± sableuses (couche 3).

Les pentes maximales des talus définitifs seront de 3B/1H (3 de base pour 1 de hauteur) dans toutes les couches (2 et 3).

Les dispositions suivantes devront être respectées :

- limiter la durée d'ouverture des excavations ;
- éviter tout dépôt de matériel ou circulation d'engins de chantier, ainsi que le stockage des matériaux, à proximité des excavations et tête de talus ;
- protéger les talus contre les eaux de ruissellement et les intempéries par la mise en place de bâches polyanes soigneusement fixées ;
- collecter les eaux et les évacuer en dehors des fouilles et vers un exutoire adapté ;
- garder une banquette minimale de 2.0 m entre la tête des talus et les avoisinants et éventuelles surcharges.

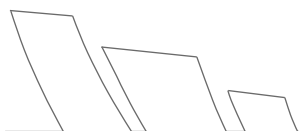
Dans le cas où les pentes de talus ne peuvent être respectées, ou pour des talus de hauteur > 3.0 m, une étude de stabilité devra être réalisée. Un ouvrage de soutènement provisoire sera envisagé, voire impératif. Ces études, si nécessaires, devront être réalisées en phase projet lors d'une mission de type G2 PRO.

Les travaux de soutènement devront impérativement être réalisés par une entreprise spécialisée en parfaite coordination avec le lot terrassement.

5.1.5. Préparation de la plateforme des voiries et parkings

Après décapage de la terre végétale (couche 1), il conviendra de purger les éléments suivants sur toute leur épaisseur au droit des ouvrages :

- Les éventuels remblais et structure enterrées ;
- Les matériaux évolutifs ou organiques ;
- Les souches éventuelles et poches de matériaux décomprimés liés au dessouchage ;
- Les matériaux médiocres, foisonnés ou décomprimés.



Des surépaisseurs de terrassements sont probables à la suite et lors du déboisement / dessouchage de la parcelle.

Le rattrapage des cotes du projet devra être réalisé avec des matériaux granulaires, non-gélifs, bien gradués, insensibles à l'eau (matériaux type D3, R21, R61, ou équivalent), chimiquement inertes et soigneusement compactés.

Les terrains en place sont sensibles à l'eau, il est donc recommandé de :

- réaliser les terrassements en situation météorologique favorable ;
- terrasser la dernière couche en rétro sans faire évoluer d'engins à pneus sur la pleine masse et une arase calée dans la couche 2 et / ou 3 ;
- régler les plateformes avec des pentes suffisantes pour faciliter l'évacuation des eaux pluviales vers un exutoire adapté ;
- mettre en place les couches de forme à l'avancement des terrassements ;
- protéger les plateformes des intempéries (fermeture rapide, protection avec des bâches en polyane, ...).

5.2. Niveaux bas

5.2.1. Principe

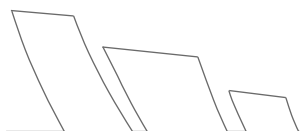
Les niveaux bas du projet seront réalisés sur vide sanitaire, à l'exception du bâtiment B, sur sous-sol, qui pourra être réalisé en dallage sur terre-plein sous réserve de la mise en œuvre d'une couche de forme granulaire.

Le dallage sera réalisé selon le DTU 13.3.

5.2.2. Structure du dallage

Pour un dallage chargé inférieur à 500 kg/m², après préparation de la plateforme (cf. chapitre 5.1.5.), la structure du dallage sera composée de la manière suivante :

- purge et substitution des zones décomprimées ou détériorées par les engins de chantier ;
- compactage de la plateforme à 95 % de l'optimum Proctor Normal (OPN) avec des engins adaptés ;
- pose d'un géotextile entre la PST et la couche de forme ;
- pour un fond de forme constitué des argiles ± sableuses (couche 3) :
 - mise en œuvre d'une couche de forme d'au minimum 40 cm d'épaisseur en matériaux d'apport 0/80 mm ;
 - mise en œuvre d'une couche de réglage d'au minimum 10 cm d'épaisseur en matériaux d'apport type 0/31.5 mm.



Ces valeurs sont valables en conditions météorologiques favorables.

La structure du dallage devra être réalisée en matériaux granulaires chimiquement inertes, non gélifs, insensibles à l'eau, bien triés (matériaux type D3, R21, R61, ou équivalent), chimiquement inertes et soigneusement compactés par couches selon les recommandations du GTR 2000.

5.2.3. Contrôle du dallage

La structure du dallage sera contrôlée en cours de réalisation par des essais de chargement à la plaque réalisés selon le mode opératoire du LCPC. En fonction des objectifs, les critères de réception à atteindre seront les suivants :

- $EV2 > 50 \text{ MPa}$;
- $EV2/EV1 < 2.2$.

5.2.4. Hypothèses de dimensionnement du dallage

Les hypothèses à retenir pour le dimensionnement du dallage du bâtiment B sont les suivantes :

Formation	Epaisseur (m)	α	E_M (MPa)	Module E_s (MPa)
Couche de forme	0.4	1/3	15	45
3 – Argiles $\pm$ sableuses	> 4.0	1/2	3.6	7.2

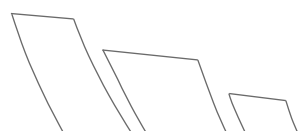
5.3. Fondations superficielles de type semelles filantes

5.3.1. Principe

Compte tenu de la nature des terrains et des cotes du projet, nous préconisons la réalisation de semelles filantes descendues uniformément dans les argiles $\pm$ sableuses (couche 3) reconnues à partir de 0.6 à 1.5 m/TA au droit de nos sondages. Compte-tenu des valeurs des caractéristiques géomécaniques modestes à moyennes observées lors des essais pressiométriques, on limitera le taux de travail afin d'éviter des tassements inadmissibles pour les structures.

Les fondations respecteront les critères suivants :

- ancrage minimum de 0.3 m dans le sol support compact et non remanié (couche 3) ;
- un encastrement minimum de 1.2 m par rapport à la plus proche surface exposée aux intempéries (garde hydrique) ;
- le respect des règles sur les fondations voisines à niveaux décalés selon la norme NF P 94-261.



On retiendra toutefois que des surprofondeurs sont probables compte-tenu du remaniement des terrains lors de l'arrachage des souches.

5.3.2. Méthodologie pour le dimensionnement des fondations

La justification par calcul des fondations superficielles sera établie selon les dispositions relatives au calcul des fondations superficielles aux ELS et ELU (Etats Limites de Service et Etats Limites Ultimes) suivant les recommandations de l'Eurocode 7 (NF P 94-261).

Portance (ELS et ELU)

La vérification de l'état-limite de portance s'effectue en satisfaisant l'inégalité suivante pour tous les cas de charge et de combinaisons de charge aux états limites ultimes et de services :

$$V_d - R_0 \leq R_{v;d} \quad [NF P 94-261 - \text{formule 9.1.1}]$$

Avec :

V_d : composante verticale de la charge transmise par la fondation superficielle au terrain ;

$R_0 = A \cdot q_0$ avec A , la surface de la semelle et q_0 , la contrainte totale verticale à la base de la fondation après travaux en faisant abstraction de celle-ci ;

$R_{v;d}$: valeur de calcul de la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle.

Pour une fondation superficielle, $R_{v;d}$ se détermine au moyen de la formule suivante :

$$R_{v;d} = \frac{R_{v;k}}{\gamma_{R,v}} \quad \text{Et} \quad R_{v;k} = \frac{A' q_{net}}{\gamma_{R;d,v}} \quad [NF P 94-261 - \text{formule 9.1.3 et 9.1.4}]$$

Au final, on obtient :

$$V_d \leq \frac{A' q_{net}}{\gamma_{R,v} \gamma_{R;d,v}}$$

Avec :

A' : surface effective de la semelle (en fonction de la géométrie de la fondation (cf. NF P 94-261 Annexe Q) ;

q_{net} : contrainte associée à la résistance nette du terrain ;

$\gamma_{R,v}$: facteur partiel de portance (1.4 à l'ELU fondamental, 1.2 à l'ELU accidentel, 2.3 à l'ELS (cf. NF P 94-261 §D.1(2)) ;

$\gamma_{R;d,v}$: facteur de résistance partiel (1.2 à l'ELU fondamental, à l'ELU accidentel et à l'ELS (cf. NF P 94-261 §D.1(2)).



Détermination de la contrainte nette du terrain (q_{net}) sous les fondations superficielles à partir des essais pressiométriques :

$$q_{net} = k_p \cdot p_{le}^* \cdot i_\delta \cdot i_\beta \quad [NF P 94-261 Equation D.2.1]$$

Avec :

k_p : facteur de portance ;

p_{le}^* : pression limite nette équivalente ;

i_δ : coefficient de réduction lié à l'inclinaison du chargement. Ici $i_\delta = 1$ (pour des charges verticales) ;

i_β : coefficient de réduction lié à la proximité d'un talus. Ici, $i_\beta = 1$ (pour des charges éloignées de tout talus).

Glissement (ELU)

En fonction des efforts horizontaux prévus sur l'ouvrage, il conviendra également de satisfaire les conditions de non glissement. Ce point pourra être étudié en phase projet.

Excentricité

La vérification des excentricités s'effectue en satisfaisant les inégalités données aux paragraphes 9.5 et 13.3 de la norme NF P 94-261 relative aux fondations superficielles.

5.3.3. Contraintes de calcul (Etats limites)

D'après les différentes vérifications présentées ci-dessus, il vient, dans le cas des projets étudiés, que les conditions à satisfaire pour les bâtiments sont :

- V_d ELU Accidentels / $A' < i_\delta \cdot i_\beta \cdot 287.5$ kPa ;
- V_d ELU Fondamentaux / $A' < i_\delta \cdot i_\beta \cdot 246.4$ kPa ;
- V_d ELS Quasi Permanents et Caractéristiques / $A' < i_\delta \cdot i_\beta \cdot 150$ kPa.

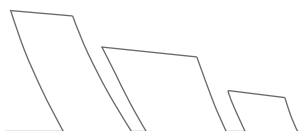
Avec :

V_d : composante verticale de la charge transmise par la fondation superficielle au terrain ;

A' : surface effective de la semelle (en fonction de la géométrie de la fondation : cf. NF P 94-261 Annexe Q) ;

i_δ : coefficient de réduction lié à l'inclinaison du chargement ;

i_β : coefficient de réduction lié à la proximité d'un talus.



À titre d'information, pour une charge verticale centrée (sans excentricité), il vient :

Couche d'ancrage	Type de fondation	Contraintes de calcul (kPa)		
		ELU A	ELU F	ELS QP et C
3 – Argiles ± sableuses	Fondation superficielle	287.5	246.4	150

Pour rappel, les conditions d'excentricité données au paragraphe 9.5 et 13.3 de la norme NF P 94-261 relative aux fondations superficielles devront également être satisfaites.

5.3.4. Estimation des tassements

Conformément aux recommandations de l'EC7, les tassements ont été estimés avec la formule Ménard à partir des résultats des essais pressiométriques.

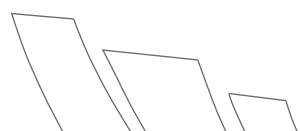
Pour des contraintes verticales centrées de l'ordre de celles données aux ELS ($V_d \text{ ELS} / A' \leq 150 \text{ kPa}$), et pour autant que les conditions de sols et d'eau rencontrées soient en accord avec les hypothèses retenues, les tassements absolus seront inférieurs au centimètre et les tassements différentiels seront de l'ordre du demi-centimètre.

Une mission géotechnique de projet (G2-PRO) pourra permettre d'affiner les calculs de tassements sur la base des descentes de charges réelles aux ELS.

5.3.5. Recommandations constructives spécifiques vis-à-vis du retrait / gonflement des argiles

L'arrêté du 22 juillet 2020 relatif aux techniques particulières de construction dans les zones exposées au phénomène de mouvement de terrain différentiel consécutif à la sécheresse et à la réhydratation des sols fait état **pour tous les bâtiments** des prescriptions suivantes :

- mise en œuvre de fondations renforcées en béton armé (fondations par semelles filantes et de forte inertie) ;
- renforcement / rigidification de la structure (chaînages horizontaux et verticaux notamment) ;
- ancrage à une profondeur homogène pour l'ensemble des fondations ;
- encastrement minimum des fondations de 0.8 m/TF en zone d'exposition moyenne et 1.2 m/TF en zone d'exposition forte (mise hors dessiccation des sols) ;
- fondations coulées pleine fouille sur toute leur hauteur pour éviter toute infiltration préférentielle dans le remblai des fouilles ;
- éloigner au maximum les arbres et arbustes des constructions (distance minimale de 1.0 fois la hauteur adulte de l'arbre et 1.5 fois la hauteur adulte d'une haie) ;
- protéger les fondations par la mise en œuvre d'un revêtement étanche sur le pourtour de la construction ;
- système de drainage indépendant et éloigné des fondations (distance minimum de 2.0 m) ;
- éviter tout épandage d'eau aux abords des fondations (puit perdu à 15 m minimum de toutes constructions, et en partie aval) ;



- soigner la conception et la réalisation des réseaux EP/EU (prévoir des systèmes de fourreau pour désolidariser les réseaux de la structure).

Il est également important de prévoir de drainer les eaux de ruissellement et les eaux infiltrées en amont des constructions par des dispositifs adaptés (cunette, tranchées drainantes ...).

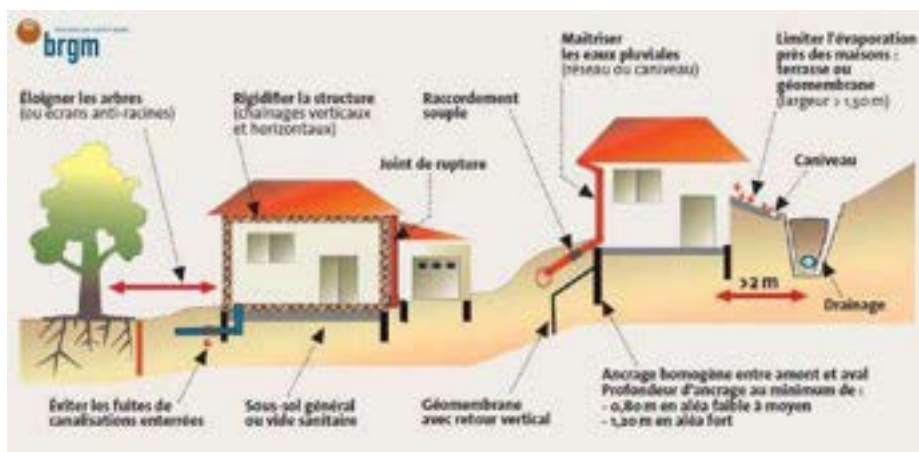


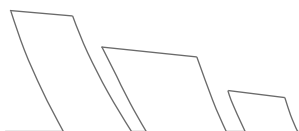
Fig. 5 – Schéma des dispositions préventives contre le phénomène de retrait / gonflement des argiles, BRGM

Remarque : La profondeur d'ancrage minimale reste toutefois à l'appréciation du géotechnicien, tenant compte de son expérience, de sa connaissance du secteur d'étude et de tous les paramètres obtenus de l'étude documentaire et des sondages et essais.

5.3.6. Recommandations de conception et de mise en œuvre des fondations

Les dispositions constructives suivantes devront être respectées :

- réaliser les travaux en période météorologiquement favorable ;
- réaliser des fondations de largeur minimum 0.5 m pour des semelles filantes ;
- s'ancrer de 0.30 m dans la couche d'ancrage (couche 3) ;
- à la prise en compte, le cas échéant, du coefficient $i\beta$ (lié à la proximité d'un talus) dans les calculs de dimensionnement, notamment en bordure Est du site ;
- régler horizontalement le fond de fouille ;
- contrôler la qualité et l'homogénéité du fond de fouille ;
- purger les éventuels remblais, souches résiduelles, matériaux médiocres, foisonnés ou décomprimés et les substituer par du gros béton ;
- mettre en place des joints de construction entre les parties d'un même bâtiment présentant des descentes de charges et/ou un mode de fondations hétérogène ;
- respecter les règles de la norme NF P 94-261 concernant les fondations assises à des niveaux décalés (pente de 3 pour 2 entre les fondations).



5.4. Murs enterrés

Les murs enterrés des vides sanitaires et du sous-sol devront être dimensionnés pour reprendre la poussée des terres et les poussées dues aux éventuelles surcharges.

5.5. Drainage définitif et remblaiements périphériques

Pour la pérennité des ouvrages, il est conseillé de protéger toutes les parties enterrées éventuelles contre les infiltrations d'eau. Le remblaiement périphérique sera réalisé suivant les recommandations du DTU 20.1 au moyen d'un dispositif drainant (ex : drains périphériques réalisés selon les règles de l'art).

Le remblaiement autour des ouvrages et le drainage périphérique seront réalisés suivant les recommandations du DTU 20.1 et celles spécifiques aux terrains situés en zone de retrait / gonflement (Cf. partie 5.3.5). Le drainage périphérique devra faire l'objet d'un entretien régulier pour assurer son bon fonctionnement dans le temps.

5.6. Préconisations vis-à-vis du potentiel radon

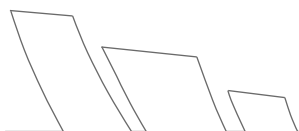
Il est rappelé que la commune de OFFEMONT (90) est classée en zone de potentiel radon de catégorie 3.

Le radon est un gaz radioactif issu de la désintégration de l'uranium et du radium présents dans les sols et les roches. Il est nécessaire de réaliser un dépistage de la parcelle et du projet afin de préciser le seuil d'exposition au radon.

À ce stade de l'étude, les solutions suivantes pourront être envisagées afin de réduire la concentration du radon dans le bâtiment :

- réaliser un plancher porté (prévu dans le projet) sur vide sanitaire ventilé afin de limiter la surface de contact entre le sol et le dallage du bâtiment et favoriser l'évacuation du radon ;
- limiter l'entrée du radon en renforçant l'étanchéité entre le sol et le bâtiment.

D'autres mesures constructives devront être prises afin d'assainir l'air dans l'habitation concernée et limiter les risques liés à l'inhalation de radon. Ces mesures ne peuvent être préconisées par le géotechnicien.



6. VOIRIE LEGERE ET STATIONNEMENTS

6.1.1. Couche de forme

Après préparation soignée de la plateforme (chapitre 5.1.4), la couche de forme sous voirie d'accès sera compactée par couches selon les recommandations pour les terrassements routiers du guide technique "Réalisation des remblais et des couches de forme" du SETRA/LCPC édition 2000 avec contrôles impératifs par couches.

Pour un fond de forme constitué par les limons argileux (couche 2) et / ou argiles $\pm$ sableuses (couche 3), il faudra prévoir une couche de forme d'au minimum 50 cm d'épaisseur avec en tête 10 cm de couche de réglage en matériaux 0 / 31.5 mm.

La couche de forme, mise en œuvre sur un géotextile, sera constituée de matériaux granulaires type graves ou concassés calcaires classés GTR D3 ou équivalent, bien gradués, drainants et insensibles à l'eau (passant à 80 μ m inférieur à 12% ; VBS < 0,1), non gélifs, chimiquement inertes, et durs (LA/MDE<45). Ces valeurs sont valables en conditions météorologiques favorables et suivant les préconisations du paragraphe 5.1.4.

La couche de forme sera dimensionnée et réalisée conformément aux recommandations du GTR 2000.

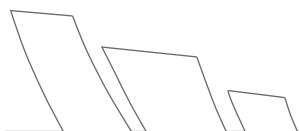
6.1.2. Contrôle

La portance de la couche de forme devra être contrôlée par des essais à la plaque suivant le mode opératoire du LCPC.

Les critères de réception de la plateforme à atteindre pour une voirie légère sont :

- $EV2 > 50 \text{ MPa}$;
- $EV2/EV1 < 2.2$.

En phase chantier, une planche d'essai permettra de valider l'ensemble des hypothèses avec les valeurs EV2 du fond de fouille, les matériaux mis en place et les moyens de compactage retenus.

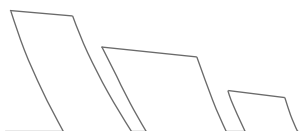


7. OBSERVATIONS

Cette étude a été réalisée au stade de l'avant-projet (mission G2 AVP). Nous rappelons que conformément à la norme NF P 94 500 de novembre 2013 sur les missions d'ingénierie géotechnique, des études complémentaires doivent être réalisées au stade du projet et de l'exécution pour une analyse détaillée des ouvrages géotechniques.

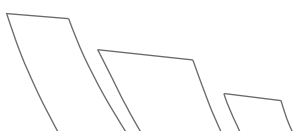
En phase projet (mission G2 PRO), il conviendra :

- De réaliser des investigations complémentaires afin de vérifier la continuité des caractéristiques mécaniques en profondeur, notamment au droit du bâtiment B ;
- De vérifier le dimensionnement des fondations en fonctions des caractéristiques de l'ouvrage (géométrie des fondations, descentes de charges en base de fondation...).



Annexe 1

Extrait de la norme NF P 94 500



Extrait de la Norme NF P 94-500 - Novembre 2013

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

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

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

Elle comprend deux phases :

Phase Étude de Site (ES)

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

Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'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

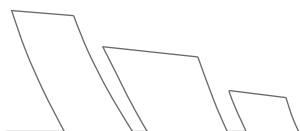
- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique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

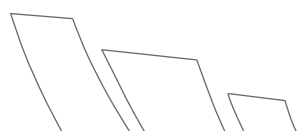
Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

- 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 géotechnique seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).



Annexe 2

Conditions particulières



CONDITIONS PARTICULIERES

Le présent rapport ou procès-verbal ainsi que toutes annexes constituent un ensemble indissociable.

La société ECR Environnement serait dégagée de toute responsabilité dans le cas d'une mauvaise utilisation de toute communication ou reproduction partielle de ce document, sans accord écrit préalable. En particulier, il ne s'applique qu'aux ouvrages décrits et uniquement à ces derniers.

Si en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, nous avons été amenés dans le présent rapport à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient à notre client ou à son maître d'œuvre de communiquer par écrit à la société ECR Environnement ses observations éventuelles sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour aucune raison nous être reproché d'avoir établi notre étude pour le projet que nous avons décrit.

Cette étude est basée sur des reconnaissances dont le caractère ponctuel ne permet pas de s'affranchir des aléas des milieux naturels, et ne peut prétendre traduire le comportement du sol dans son intégralité.

Ainsi, tout élément nouveau mis en évidence lors de l'exécution des fondations ou de leurs travaux préparatoires et n'ayant pu être détecté lors de la reconnaissance des sols (ex. : remblais anciens ou nouveaux, cavités, hétérogénéités localisées, venue d'eau, etc.) doit être signalé à ECR Environnement qui pourra reconsidérer tout ou une partie du rapport. Pour ces raisons, et sauf stipulation contraire explicite de notre part, l'utilisation de nos résultats pour chiffrer à forfait le coût de tout ou une partie des ouvrages d'infrastructure ne saurait en aucun cas engager notre responsabilité.

De même, des changements concernant l'implantation, la conception ou l'importance des ouvrages par rapport aux hypothèses de base de cette étude, peuvent conduire à modifier les conclusions et prescriptions du rapport et doivent être portés à la connaissance d'ECR Environnement.

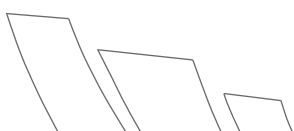
La société ECR Environnement ne saurait être rendue responsable des modifications apportées à son étude que dans le cas où elle aurait donné son accord écrit sur lesdites modifications.

Les altitudes indiquées pour chaque sondage (qu'il s'agisse de cote 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



Annexe 3

Plan d'implantation des sondages et essais



PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES ET ESSAIS



Légende :

Sondage pressiométrique (SP) :

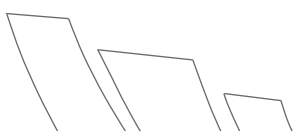
Sondage à la tarière - Chaussée (STC) :

Sondage à la tarière - Bâtiments (ST) :

Sondage à la pelle mécanique (PM) :

Annexe 4

Coupes des sondages pressiométriques et de reconnaissances géologiques





OFFEMONT (90)
Construction de 5 carrés
VIVIALYS HABITAT INTERMEDIAIRE

N° contrat 6800063

Date : 25/07/2024

Cote NGF : 371.50

Profondeur : 0,00 - 6,00 m

Machine : MAPESOL 90

1/27

Forage : SP1

EXGTE 3.23/GTE

Cote NGF (m)	Profondeur (m)	Lithologie	Outil	Niveau d'eau (m)	Em (MPa)	Pf* (MPa)	Pl* (MPa)	Em/Pl* (MPa)	
371	0	Limons marron à radicelles (terre végétale) 0,45 m - NGF : 371,05 m	Tarière mécanique Ø63 mm	Non rencontrée	15,0 6,1 3,5 7,3	0,52 0,22 0,39 0,28	0,90 0,40 0,68 0,53	16,7	
370	1	Limons argileux marron à quelques cailloutis 1,50 m - NGF : 370,00 m							15,5
369	2	Argiles sableuses marron 3,00 m - NGF : 368,50 m							5,1
368	3	Sables très argileux marron à graviers							13,8
367	4								
366	5								
	6	6,00 m - NGF : 365,50 m	6,00 m						

Cote NGF (m)	Profondeur (m)	Lithologie	Outil	Niveau d'eau (m)	Em (MPa)	Pf* (MPa)	PI* (MPa)	Em/PI* (MPa)
	0	Limons marron à radicelles (terre végétale)	Tarière mécanique Ø63 mm	Non rencontrée				
	0,45 m - NGF : 368,30 m							
368	1	Limons argileux marron à quelques cailloutis			21,6	1,06	1,81	11,9
	1,50 m - NGF : 367,25 m							
367	2	Argiles sableuses marron			5,6	0,50	0,85	6,5
	3,00 m - NGF : 365,75 m							
366	3				3,8	0,28	0,50	7,5
365	4							
364	5	Sables très argileux marron à graviers			4,6	0,27	0,50	9,1
363	6	6,00 m - NGF : 362,75 m	6,00 m					



OFFEMONT (90)
Construction de 5 carrés
VIVIALYS HABITAT INTERMEDIAIRE

(N° Dossier : 6800063)

Date début : 25/07/2024

Cote NGF : 370.0

Profondeur : 0,00 - 6,00 m

Machine : MAPESOL 90

1/27

Forage : ST1

EXGTE 3.23/GTE

Cote (m NGF)	Prof. (m)	Outil	Lithologie	Eau
370	0	Tarière mécanique Ø63 mm	Limons bruns à racines (terre végétale) 0,35 m - NGF : 369,65 m	Non rencontrée
369	1		Argiles sableuses marron foncé à quelques cailloutis 1,50 m - NGF : 368,50 m	
368	2		Sables argileux à argiles sableuses marron foncé à cailloutis et graviers	
367	3		3,50 m - NGF : 366,50 m	
366	4		Argiles légèrement sableuses marron-gris, localement marron-rouge, légèrement carbonatées, saturées	
365	5			
	6		6,00 m - NGF : 364,00 m	

Cote (m NGF)	Prof. (m)	Outil	Lithologie	Eau
	0		Limons sableux bruns à racines (terre végétale)	Non rencontrée
369			0,45 m - NGF : 369,15 m	
	1		Limons argilo-sableux marron-rouge	
368			1,50 m - NGF : 368,10 m	
	2		Sables très argileux marron à graviers	
367				
	3			
366			3,50 m - NGF : 366,10 m	
	4			
365				
	5		Argiles marron-gris légèrement carbonatées	
364				
	6	6,00 m	6,00 m - NGF : 363,60 m	



OFFEMONT (90)
Construction de 5 carrés
VIVIALYS HABITAT INTERMEDIAIRE

(N° Dossier : 6800063)

Date début : 25/07/2024

Cote NGF : 370.25

Profondeur : 0,00 - 6,00 m

Machine : MAPESOL 90

1/27

Forage : ST3

EXGTE 3.23/GTE

Cote (m NGF)	Prof. (m)	Outil	Lithologie	Eau
370	0	Tarière mécanique Ø63 mm	Limons argileux bruns à racines (terre végétale)	Non rencontrée
			0,50 m - NGF : 369,75 m	
	1		Argiles très limoneuses marron légèrement rougeâtre, à rares cailloutis	
369			1,50 m - NGF : 368,75 m	
	2		Argiles sableuses marron à graviers	
368			3,50 m - NGF : 366,75 m	
	3			
367				
	4			
366				
	5		Argiles sableuses lie-de-vin et marron-gris à graviers, légèrement carbonatées	
365				
	6	6,00 m	6,00 m - NGF : 364,25 m	



OFFEMONT (90)
Construction de 5 carrés
VIVIALYS HABITAT INTERMEDIAIRE

(N° Dossier : 6800063)

Date début : 25/07/2024

Cote NGF : 368.60

Profondeur : 0,00 - 6,00 m

Machine : MAPESOL 90

1/27

Forage : ST4

EXGTE 3.23/GTE

Cote (m NGF)	Prof. (m)	Outil	Lithologie	Eau
	0		Limons argileux bruns à radicelles (terre végétale)	Non rencontrée
			0,45 m - NGF : 368,15 m	
368				
	1		Argiles limoneuses brunes, marron et marron-ocre	
			1,50 m - NGF : 367,10 m	
367				
	2			
			Argiles sableuses marron à graviers	
366				
	3			
			3,50 m - NGF : 365,10 m	
365				Non rencontrée
	4			
364				
	5		Argiles marron-gris légèrement carbonatées	
363				
	6			
	6,00 m		6,00 m - NGF : 362,60 m	

Cote (m NGF)	Prof. (m)	Outil	Lithologie	Eau
	0		Limons marron à racicules (terre végétale) 0,45 m - NGF : 368,30 m	Non rencontrée
368	1		Limons gris-beige et marron-ocre 1,50 m - NGF : 367,25 m	
367	2		Sables argileux marron foncé à cailloutis 3,50 m - NGF : 365,25 m	
366	3			
365	4			
364	5		Argiles sableuses marron et lie-de-vins, légèrement carbonatées	
363	6	6,00 m	6,00 m - NGF : 362,75 m	

Cote (m NGF)	Prof. (m)	Outil	Lithologie	Eau
	0		Limons marron à racicules (terre végétale)	
367			0,45 m - NGF : 367,15 m	
	1		Limons marron clair, rougeâtres, gris et ocre	
366			1,50 m - NGF : 366,10 m	
	2			
365			Argiles très sableuses, marron-rouge et brunes	
	3			
364			3,50 m - NGF : 364,10 m	
	4			
363			Sables argileux à argiles sableuses, marron-gris, légèrement carbonatés	
	5			
362				
	6	6,00 m	6,00 m - NGF : 361,60 m	



OFFEMONT (90)
Construction de 5 carrés
VIVIALYS HABITAT INTERMEDIAIRE

(N° Dossier : 6800063)

Date début : 25/07/2024

Cote NGF : 367.60

Profondeur : 0,00 - 6,00 m

Machine : MAPESOL 90

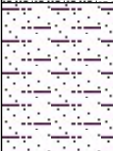
1/27

Forage : ST7

EXGTE 3.23/GTE

Cote (m NGF)	Prof. (m)	Outil	Lithologie	Eau
	0		Limons marron à racicules (terre végétale)	
367			0,45 m - NGF : 367,15 m	
	1		Limons argilo-sableux marron	
366			1,50 m - NGF : 366,10 m	
	2			
365			Argiles très sableuses marron à graviers	
	3			
364			3,50 m - NGF : 364,10 m	
	4			
363				
	5		Argiles sableuses marron et marron-gris à quelques graviers, légèrement carbonatées	
362				
	6	6,00 m	6,00 m - NGF : 361,60 m	

Non rencontrée

Cote (m NGF)	Prof. (m)	Outil	Lithologie	Eau
370	0	Tarière mécanique Ø63 mm	 Limons bruns à radicelles et grosses racines (terre végétale) 0,60 m - NGF : 369,90 m	Non rencontrée
	1		 Limons légèrement argilo-sableux marron-ocre à quelques graviers 0,90 m - NGF : 369,60 m	
	2		 Argiles légèrement limoneuses marron 2,00 m - NGF : 368,50 m	



OFFEMONT (90)
Construction de 5 carrés
VIVIALYS HABITAT INTERMEDIAIRE

(N° Dossier : 6800063)

Date début : 25/07/2024

Cote NGF : 372.00

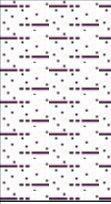
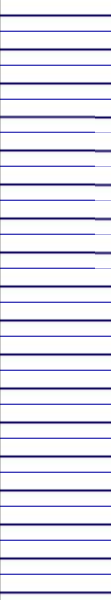
Profondeur : 0,00 - 2,00 m

Machine : MAPESOL 90

1/15

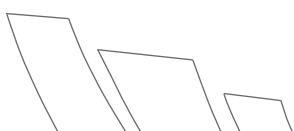
Forage : STC2

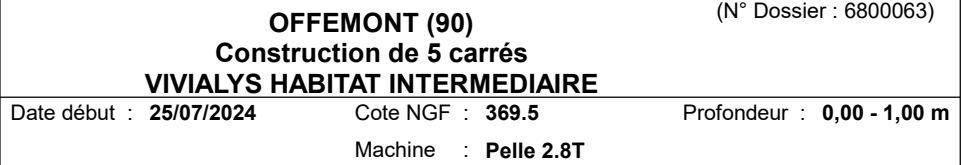
EXGTE 3.23/GTE

Cote (m NGF)	Prof. (m)	Outil	Lithologie	Eau
372	0	Tarière mécanique Ø63 mm	 Limens marron à débris de briques et galets (remblais) 0,40 m - NGF : 371,60 m	Non rencontrée
			 Limens argilo-sableux marron foncé à passées de sables roses 0,80 m - NGF : 371,20 m	
371	1		 Argiles marron, noires ou ocre, à cailloux et graviers 2,00 m - NGF : 370,00 m	
	2			

Annexe 5

Coupes des sondages à la pelle hydraulique et résultats des essais MATSUO

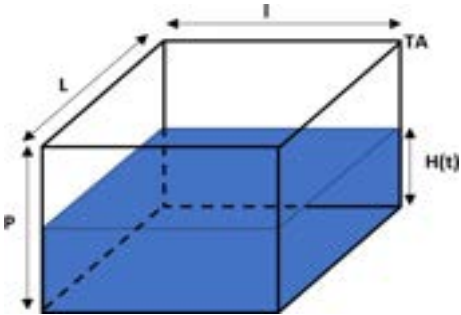




EXGTE 3.23/GTE

ESSAI DE PERMEABILITE

Essai à la fosse (MATSUO) à charge variable

Lithologie testée		Silts gris-beige à concrétions ferromanganiques		Saturation du sol		Oui	
				Durée de l'essai [min]		60	
							
Longueur de la fouille (L) [m]		1,70					
Largeur de la fouille (l) [m]		0,45					
Profondeur de la fouille / TA (P) [m]		1,00					
Profondeur de la nappe / TA [m]		/					
NB: TA = Terrain actuel (niveau de la surface)							
Observations		/					

Temps t [min]	Charge hydraulique H(t) [m]	Variations de charge $\Delta H(t)$ [m]
0	0,425	0,000
1	0,425	0,000
5	0,420	0,000
6	0,420	0,000
7	0,415	0,005
8	0,415	0,000
9	0,415	0,000
10	0,415	0,000
15	0,410	0,005
20	0,410	0,000
25	0,410	0,000
30	0,405	0,005
35	0,405	0,000
40	0,405	0,000

Profondeur de l'essai:

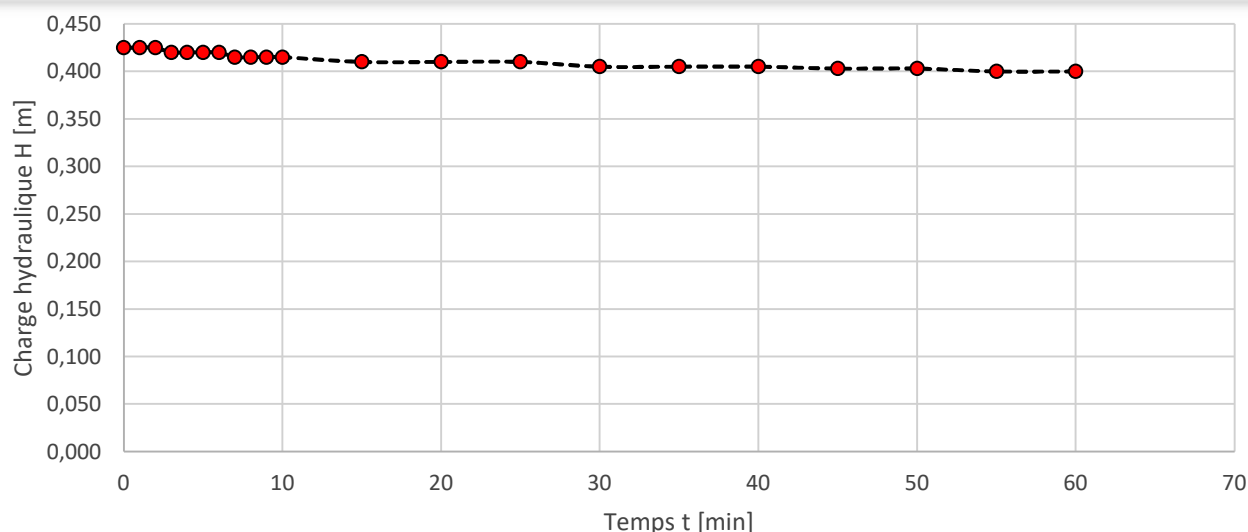
Niveau supérieur	0,58 m/TA
Niveau inférieur	1,00 m/TA

Le coefficient de perméabilité final a été obtenu en réalisant une moyenne pondérée des perméabilités (calculées à partir de $t(0)$) comprises entre 40 et 60 min.

Coefficient de perméabilité K :

$$K = 2,3E-06 \text{ m/s}$$

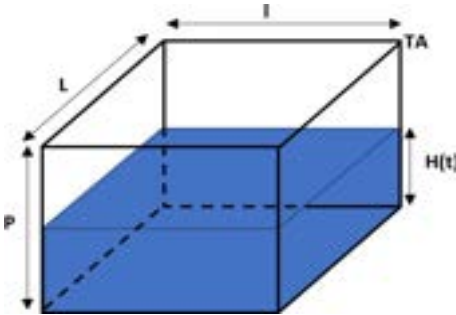
$$= 8,302 \text{ mm/h}$$



Cote (m NGF)	Prof. (m)	Lithologie	Eau	Outil	Photos
367	0	Limons argileux bruns à rares graviers et racines (terre végétale)	27/05/2024 arrivée d'eau	Pelle 2.8T	
		0,40 m - NGF : 367,10 m			
		Argiles limono-sableuses marron foncé à lie-de-vin, localement noires, à quelques graviers			
	1	Sables, graviers et galets (Dmax = 5 cm) à matrice argileuses marron	1,15 m		
		1,25 m - NGF : 366,25 m			

ESSAI DE PERMEABILITE

Essai à la fosse (MATSUO) à charge variable

Lithologie testée	Sables, graviers et galets à matrice argileuse	Saturation du sol	Oui
		Durée de l'essai [min]	60
			
Longueur de la fouille (L) [m]	1,40		
Largeur de la fouille (l) [m]	0,45		
Profondeur de la fouille / TA (P) [m]	1,23		
Profondeur de la nappe / TA [m]	/		
NB: TA = Terrain actuel (niveau de la surface)			
Observations	Arrivée d'eau à 1,15 m/TA		

Temps t [min]	Charge hydraulique H(t) [m]	Variations de charge $\Delta H(t)$ [m]
0	0,440	0,000
1	0,440	0,000
5	0,430	0,000
6	0,425	0,005
7	0,425	0,000
8	0,425	0,000
9	0,420	0,005
10	0,420	0,000
15	0,410	0,010
20	0,405	0,005
25	0,400	0,005
30	0,395	0,005
35	0,390	0,005
40	0,385	0,005

Profondeur de l'essai:

Niveau supérieur	0,79 m/TA
Niveau inférieur	1,23 m/TA

Le coefficient de perméabilité final a été obtenu en réalisant une moyenne pondérée des perméabilités (calculées à partir de $t(0)$) comprises entre 40 et 60 min.

Coefficient de perméabilité K :

$$K = 6,7E-06 \text{ m/s}$$

$$= 24,159 \text{ mm/h}$$

