

SOMMAIRE

I – RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE 2

<u>1. CONTEXTE GENERAL</u>	2
<u>2. DESCRIPTION DE LA RECONNAISSANCE</u>	2
<u>3. RESULTATS DES SONDAGES ET ESSAIS</u>	3
<u>3.1 Caractérisation lithologique et géomécanique des terrains</u>	3
<u>3.2 Synthèse des résultats</u>	4
<u>3.3 Analyses en laboratoire</u>	5
<u>3.4 Contexte hydrogéologique</u>	6
<u>3.5 Contexte sismique</u>	6

II – ETUDE GEOTECHNIQUE PRELIMINAIRE DE SITE (MISSION G11) 7

<u>1. PRINCIPES DE FONDATION</u>	7
<u>2. PRE-DIMENSIONNEMENT</u>	8
<u>2.1 Fondations superficielles</u>	8
<u>2.2 Fondations profondes par pieux</u>	8
<u>3. SUJETIONS D'EXECUTION</u>	9
<u>3.1 Terrassements</u>	9
<u>3.2 Fondations</u>	9
<u>3.3 Dispositions constructives</u>	10
<u>3.4 Pré-dimensionnement des structures de chaussée</u>	10
<u>3.5 Reconnaissances complémentaires</u>	11

ANNEXES

Plan d'implantation des sondages 13

Annexe 1 - Campagne 2011

Sondages pressiométriques	Sp10 à Sp12	15 - 20
Fouilles à la pelle	F10 à F17	21 - 28
Essais en laboratoire		29 - 33

Annexe 2 - Campagne 2006

Sondages pressiométriques	Sp1 à Sp3	35 - 40
Fouilles à la pelle	F1 à F7	41 - 47
Essais de pénétration dynamique	Pd1 à Pd4	48 - 51

Extrait norme NF P94-500 de décembre 2006 (classification des missions géotechniques) 52 - 53

AVANT-PROPOS

Le présent rapport concerne la reconnaissance de sol et l'étude géotechnique que nous avons réalisées dans le cadre du projet de construction d'un ensemble immobilier de 450 logements, comportant 18 bâtiments collectifs R+2 et R+3 sur un niveau de sous-sol et 83 villas de type R+1, situé au lieu-dit « Le Tinal » sur la commune de LATTES-MAURIN (34), en bordure de la RD 116.

Il s'agit d'une mission de type **G11** (étude géotechnique préliminaire de site) au sens de la norme NF P94-500 de décembre 2006 (extrait joint en annexe) limitée aux prestations suivantes :

- définition d'un programme d'investigations géotechniques et réalisation des sondages correspondants ;
- établissement d'un rapport de synthèse avec analyse préliminaire de conditions de réalisation des ouvrages.

Elle a été exécutée à la demande et pour le compte d'**URBAT - 47 Quai du Verdanson - 34093 MONTPELLIER Cedex 5.**

Les documents qui nous ont été remis pour mener cette mission sont :

- Plan de situation
- Extrait cadastral Echelle
1/2000
- Plan topographique établi par le cabinet B3R le 29/11/2010
Echelle 1/500
- Plan de masse général (esquisse) du 04/01/2011 Echelle
1/1500
-

I – RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE

1. CONTEXTE GENERAL

Le projet se situe au lieu-dit « Le Tinal » à l'Ouest de la commune de LATTES-MAURIN (34), en bordure de la RD 116.

Le terrain concerné présente une topographie en pente douce variant de 10.5 NGF à l'Est à 4.5 NGF environ à l'Ouest. Il est recoupé en partie centrale par un fossé de drainage d'orientation sensiblement Nord-Sud. Ce fossé se rejette au Sud dans un fossé qui a pour exutoire le ruisseau du Rieucoulon.

D'après la carte géologique de la France au 1/50000, feuille de MONTPELLIER, le substratum local est constitué par les formations dites des « Sables de Montpellier » faciès Astien du Pliocène. Il s'agit de limons et sables fins plus ou moins argileux de teinte beige à ocre renfermant des niveaux grésifiés. Ils sont masqués au droit du terrain par des alluvions récentes (Rieucoulon à proximité) à anciennes (placages Villafranchiens).

2. DESCRIPTION DE LA RECONNAISSANCE

Ce terrain ayant déjà fait l'objet d'une campagne de reconnaissance géotechnique en 2006 lors d'un précédent projet, nous avons complété les données disponibles en fonction de l'implantation prévisionnelle des bâtiments :

- **Campagne de reconnaissance de novembre 2006 :**
 - **3 sondages pressiométriques d'étalonnage**, notés **Sp1 à Sp3**, de 10 m de profondeur environ. La foration a été conduite en échantillonnage continu remanié à la tarière hélicoïdale pour identifier visuellement les horizons traversés, avec enregistrement numériques des principales diagraphies instantanées (VIA : Vitesse Instantanée d'Avancement ; PO : Pression sur l'Outil ; CR : Couple de Rotation). Ces sondages ont été équipés de tubes piézométriques permettant de suivre les fluctuations du toit de l'aquifère ;
 - **18 essais pressiométriques** répartis dans ces sondages pour déterminer les caractéristiques géomécaniques à prendre en compte dans le pré-dimensionnement des fondations ;
 - **7 sondages superficiels**, notés **F1 à F7**, au tracto-pelle permettant une identification des matériaux meubles de recouvrement ;
 - **4 essais de pénétration dynamique**, notés **Pd1 à Pd4**, en interpolation des sondages pressiométriques réalisés au moyen d'un pénétromètre lourd normalisé de type B de marque Géotool GTR 790.

- **Campagne de reconnaissance de février 2011 :**
 - **3 sondages pressiométriques d'étalonnage**, notés Sp10 à Sp12, de 8.5 m de profondeur environ. La foration a été conduite à la tarière hélicoïdale, avec enregistrement numériques des principales diagraphies instantanées (VIA – PO – CR). Ces sondages ont été équipés de tubes piézométriques permettant de suivre les fluctuations du toit de l'aquifère ;
 - **15 essais pressiométriques** répartis tous les 1.5 m ;
 - **8 sondages superficiels**, notés F10 à F17, au tracto-pelle avec prélèvement d'échantillons remaniés du sol en vue d'essais en laboratoire ;
 - **L'analyse en laboratoire de 2 échantillons** pour classification GTR (teneur en eau, granulométrie, limites d'Atterberg).

Les altitudes des têtes de sondages et essais ont été déduites du fond topographique qui nous a été communiqué. Une précision de +/- 0.1 m est donc à considérer.

Sur les logs de sondages fournis en annexe, les profondeurs sont indiquées en mètre par rapport au niveau du terrain naturel (m/TN) et en NGF.

3. RÉSULTATS DES SONDAGES ET ESSAIS

3.1 Caractérisation lithologique et géomécanique des terrains

3.1.1 Alluvions argilo-limoneuses

Sous une couverture de terre végétale de 0.30 à 0.50 m d'épaisseur, les sondages ont mis en évidence la présence d'alluvions fines à dominante argileuse à limoneuse comportant une fraction sableuse et quelques graves éparses.

Ces matériaux meubles sont à rattacher aux alluvions récentes du Rieucoulon.

Les caractéristiques géomécaniques mesurées au sein de ces formations sont faibles à moyennes :

- Résistance dynamique de pointe : $q_d = 1.1 \text{ à } 12.0 \text{ MPa}$
- Module pressiométrique : $E_M = 3.6 \text{ à } 23.3 \text{ MPa}$
- Pression limite nette : $p_l^* = 0.3 \text{ à } 1.4 \text{ MPa}$

A noter que les caractéristiques les plus faibles ont été enregistrées en Pd1 situé en bordure du fossé de drainage entre -3 et -10 m/TA ($q_d = 1.1 \text{ à } 2.8 \text{ MPa}$ seulement).

L'épaisseur de ces alluvions récentes est très variable au droit des sondages réalisés puisqu'elles ont été recoupées jusqu'à -10.2 m/TN en Pd1 et seulement à -1.2 m/TN en Sp12 :

		Sp1	Sp2	Sp3	Sp10	Sp11	Sp12	Pd1	Pd2	Pd3	Pd4
Base des alluvions récentes	m/T N	-5.8	-5.8	-5.7	-5.0	-2.7	-1.2	-10.2	-6.2	-2.8	-7.0
	NGF	-0.7	+1.0	-0.3	-0.4	+2.2	+6.3	-4.9	-0.9	+4.0	-0.4

3.1.2 « Sables de Montpellier » plus ou moins sains

Au-delà des matériaux précédemment décrits, les sondages ont recoupé des sables plus ou moins argileux relativement compacts pouvant être rattachés au substratum Astien (« Sables de Montpellier ») plus ou moins altéré.

Les caractéristiques géomécaniques mesurées au sein de ces formations sont moyennes à bonnes :

- Résistance dynamique de pointe : $q_d = 3.8$ à 18.7 MPa
- Module pressiométrique : $E_M = 8.8$ à 119.6 MPa
- Pression limite nette : $p_l^* = 0.9$ à > 6.0 MPa

A noter que des valeurs de q_d supérieures à 50 MPa ainsi que certaines valeurs élevées de E_M et p_l^* témoignent de la présence de lentilles graveleuses ou de bancs grésifiés compacts au sein de ces formations.

Dans le cadre de cette campagne de reconnaissance, on retiendra que ces matériaux présentent des caractéristiques géomécaniques relativement hétérogènes.

3.2 Synthèse des résultats

Les tableaux suivants synthétisent la stratigraphie ressortant de l'examen des essais et sondages réalisés.

		Sondages pressiométriques					
		Sp1	Sp2	Sp3	Sp10	Sp11	Sp12
Tête de sondage NGF		5,1	6,8	5,4	4,6	4,9	7,5
Base des alluvions / toit du Pliocène	m/T A	-5,8	-5,8	-5,7	-5,0	-2,7	-1,2
	NGF	-0,7	+1,0	-0,3	-0,4	2,2	+6,3

		Sondages pénétrométriques			
		Pd1	Pd2 (refus)	Pd3	Pd4 (refus)
Tête de sondage NGF		5,3	7 5,3	6,8	6,8

Base des alluvions / toit du Pliocène	m/T A	-10,2	-6,0	/	-7,4
	NGF	-4,9	4,1 à -0,7	/	-0,6

Les caractéristiques mécaniques mesurées au sein de ces formations sont récapitulées dans le tableau suivant :

	q_d (MPa)	p_r^* (MPa)	E_M (MPa)
Alluvions argilo-limoneuses	1.1 à 12.0	0.3 à 1.4	3.6 à 23.3
« Sables de Montpellier » plus ou moins sains	3.8 à 60.5	0.9 à > 6.0	8.8 à 119.6

3.3 Analyses en laboratoire

Les analyses en laboratoire réalisées sur deux échantillons prélevés lors de la réalisation des fouilles au tracto-pelle (F13 et F15) ont permis d'obtenir les résultats suivants :

Echantillon	Point de prélèvement		F13	F15
	Profondeur (en mètre)		1.0-1.4	1.0-1.4
Description	F13 : limon sableux légèrement argileux brun foncé			
	F15 : limon argileux beige clair et marron, concrétions carbonatées blanches abondantes			
Teneur en eau		w_{nat} en %	20,3	17,9
Limites d'Atterberg				
Limite de liquidité		w_l	38	43
Indice de plasticité		I_p	18	21
Indice de consistance		I_c	*	*
* I_c non significatif car passant à 400 μ m < 90%				
Granulométrie				
Pourcentage sur sol sec de passant à		31.5 mm	100,0	100,0
		2 mm	93,5	94,9
		0.4 mm	88,5	87,4
		0.08 mm	65,4	80,5
Classe GTR			A ₂	A ₂

Dans le diagramme de Casagrande, les deux échantillons se situent à l'extrémité de la zone des argiles gonflantes. Il s'agit donc de sols potentiellement sensibles au retrait-gonflement par dessiccation-imbibition.

3.4 Contexte hydrogéologique

Les relevés du niveau du toit de la nappe phréatique locale réalisés par l'intermédiaire des sondages pressiométriques ont fourni les résultats suivants :

		Sondage pressiométrique					
		Sp1	Sp2	Sp3	Sp10	Sp11	Sp12
Tête de sondage (NGF)		5.1	6.8	5.4	4.6	4.9	7.5
Position du toit de la nappe après foration	m/TA	-3.0	-8.2	-2.3	-2.4	-2.7	-6.9
	NGF	+2.1	-1.4	+3.1	+2.2	+2.2	+0.6

Ces mesures réalisées après foration montrent que le niveau du toit de la nappe phréatique est relativement peu profond (entre +2.0 et +3.0 NGF en moyenne).

Les sondages Sp1, Sp3 et Sp10 à Sp12 ont été équipés de tubes piézométriques pour permettre le suivi des fluctuations saisonnières de la nappe. Un suivi piézométrique est prévu sur une période de 6 mois.

Le sondage Sp2 n'ayant pas été équipé d'un piézomètre, il semblerait que le niveau mesuré ne soit pas significatif car non stabilisé.

Il est délicat à l'heure actuelle d'estimer un sens d'écoulement de la nappe (a priori vers le Sud-Ouest) et son gradient d'écoulement, mais il paraît raisonnable d'imaginer une remontée du niveau piézométrique actuel de 1 m au minimum en période de hautes eaux soit vers +4 NGF (à valider après le suivi piézométrique).

3.5 Contexte sismique

D'après « le zonage administratif de la France de 1991 », la commune de **LATTES** n'est pas répertoriée comme étant une commune présentant un risque sismique (zone 0 : « risque négligeable mais non nul »).

A noter que d'après le nouveau décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 (dont les dispositions entreront en vigueur au 01/05/2011), la commune se situe en zone de sismicité faible (zone notée 2).

II – ETUDE GEOTECHNIQUE PRELIMINAIRE DE SITE (MISSION G11)

Le projet prévoit la construction d'un complexe immobilier constitué de 18 bâtiments en R+3 avec un niveau de sous-sol et 83 villas de type R+1.

1. PRINCIPES DE FONDATION

A ce stade du projet, l'implantation et le calage altimétrique des différents bâtiments n'est pas encore défini.

Compte tenu de la très forte hétérogénéité de la stratigraphie et des caractéristiques mécaniques des terrains du site, les principes de fondations envisageables pour les différents types de bâtiment seront les suivants :

- **Bâtiments R+3 avec un niveau de sous-sol :**
 - **Fondations profondes par pieux ancrés au sein des « Sables de Montpellier ».**

Cette solution sera privilégiée dans le cas de descentes de charges importantes ou hétérogènes (avec concentrations des charges au niveau de poteaux ou en extrémité de voile) et dans les zones où les caractéristiques mécaniques des alluvions récentes sont faibles (Sp3, Sp10, Pd1 et Pd2).
 - **Radier général**

Si la structure du bâtiment le permet (descentes de charges homogènes et bien réparties), et lorsque les alluvions superficielles présentent des caractéristiques moyennes à bonnes (Sp1, Sp2, Sp11, Sp12 et Pd3) un radier général pourra être envisagé. Cette solution sera d'autant mieux adaptée si des remontées de nappe au-dessus du niveau fini du sous-sol sont attendues (possibilité de prévoir un cuvelage étanche).
- **Villas de type R+1 :**
 - **Fondations superficielles** au sein des alluvions argilo-limoneuses en respectant un encastrement des fondations de 1.25 m au minimum par rapport au terrain aménagé avoisinant et au sol de VS (sensibilité des faciès argileux aux phénomènes de retrait-gonflement). La réalisation d'un plancher sur vide sanitaire sera à privilégier.

2. PRÉ-DIMENSIONNEMENT

- **Fondations superficielles**

- **Villas**

Dans le cas des villas, pour des semelles filantes assises au sein des alluvions superficielles avec encastrement minimal de 1.5 m fini, la contrainte au sol sera limitée aux valeurs suivantes :

$$q_{1\text{ELS}} = 0.15 \text{ MPa}$$

$$q_{1\text{ELU}} = 0.22 \text{ MPa}$$

- **Collectifs R+3 sur sous-sol**

Dans le cas des collectifs en R+3 avec un niveau de sous-sol, pour un radier général, on retiendra :

$$q_{2\text{ELS}} = 0.10 \text{ MPa}$$

$$q_{2\text{ELU}} = 0.15 \text{ MPa}$$

La solution « radier » sera envisageable sous réserve de vérifications des tassements après définitions des descentes de charges du projet.

2.2 Fondations profondes par pieux

Cette solution implique un report des charges en profondeur, au sein des formations de meilleure compacité constituées des « Sables de Montpellier » plus ou moins altérés.

Le pré-dimensionnement sera mené selon les règles du DTU 13.2 (fondations profondes) à partir des pressions limites mesurées.

Nous retiendrons, à ce stade du projet, les caractéristiques suivantes :

- dans les alluvions peu compactes ($p_i^* \approx 0.5 \text{ MPa}$) :
 - $q_{s1} = 50 \text{ kPa}$ (abaque A)
- dans les formations Astiennes ($p_i^* \geq 2.5 \text{ MPa}$)
 - $q_{s2} = 150 \text{ kPa}$ pour des pieux classiques (abaque C)
 - $q_{s2'} = 200 \text{ kPa}$ pour des pieux exécutés à la tarière creuse injectés à faible pression (abaque E).

Le coefficient de portance en pointe des pieux sera $k \leq 1.6$ selon encastrement relatif dans un sol de catégorie II.

Le pré-dimensionnement de cette solution sera réalisé lors de l'étude géotechnique d'avant-projet (mission G12).

3. SUJÉTIONS D'EXÉCUTION

3.1 Terrassements

Le principal problème de ce projet est lié à l'exécution du niveau de sous-sol au droit des 18 bâtiments à R+3 en présence d'une nappe située à faible profondeur entre +2.0 et +3.0 NGF.

Un niveau d'eau supérieur à cette cote est prévisible (à valider après le suivi piézométrique).

En phase terrassements généraux, une tranchée drainante en pied de talus de déblai devra être prévue ainsi que quelques tranchées secondaires si le niveau piézométrique apparaissait plus haut que celui observé en sondage. Ces tranchées seront reliées à un (ou plusieurs) puisard de relevage pour assurer la mise hors d'eau de la PFT.

Si l'on dispose d'un recul suffisant, la tenue des terrains pourra être assurée par des talus à 3H/2V, voire 1/1 s'ils sont correctement protégés par un film polyane armé.

Dans le cas contraire, il conviendra de mettre en œuvre des ouvrages de soutènement provisoires ou un terrassement par passes alternées.

Les terrassements nécessiteront de mettre en œuvre un matériel a priori classique de puissance modérée.

- **Fondations**

- **Villas**

Pour un mode de fondation par semelles filantes on veillera à couler le béton de fondation à pleine fouille à l'ouverture des tranchées et l'on prévoira un encastrement au moins égal à -1.5 m par rapport au sol environnant (extérieur aménagé et VS).

Il conviendra de rigidifier suffisamment la structure par chaînages horizontaux et raidisseurs verticaux afin de pallier à d'inévitables tassements différentiels inhérents à ce mode de fondation dans des formations réputées hétérogènes et potentiellement sensibles au retrait-gonflement.

- **Bâtiments collectifs**

La foration des pieux sera menée de préférence au moyen d'une tarière creuse permettant l'injection du béton au moment de la remontée de l'outil avec enregistrement des paramètres de forage pour adapter au mieux l'ancrage dans l'horizon porteur et détecter toute éventuelle anomalie.

3.3 Dispositions constructives

La réalisation d'un tapis drainant en fond de forme sous dallage permettra le captage et l'évacuation des eaux vers des puisards de relevage si une évacuation gravitaire n'est pas envisageable. En fonction du calage altimétrique du projet, cette option de dallage sur tapis drainant pourrait ne pas s'avérer intéressante (un rabattement permanent par pompage n'étant pas conseillé).

Un drainage périmétrique extérieur sera privilégié pour éviter de devoir prendre en compte une poussée hydrostatique sur les voiles en période de remontée piézométrique.

Enfin, si des locaux techniques sont envisagés en sous-sol, il conviendra de prévoir une protection par cuvelage étanche.

Les eaux collectées sur les surfaces imperméabilisées (toitures, terrasses, voies....) seront évacuées hors de l'emprise des constructions vers le réseau EP.

3.4 Pré-dimensionnement des structures de chaussée

Le projet comprend la réalisation de voiries légères.

La PST (Partie Supérieure des Terrassements) devrait être localisée au sein des alluvions fines argilo-limoneuses de classe A2 selon sa classification GTR.

A partir de cette classification, le fascicule I du GTR donne le cas d'une PST n° 2 et la classe d'arase AR1 (si $E_{v2} > 20$ MPa).

La réalisation d'une couche de forme sera vraisemblablement nécessaire. **Cette couche de forme sera réalisée à l'aide d'une GNT 0/50 mm sur une épaisseur minimale de 30 cm.**

Dans ces conditions, la plate-forme obtenue devrait être de type PF2 (dans le cas où l'arase est de type AR2 et $E_{v2} > 50$ MPa). La classe de la plate-forme devra bien entendu être confirmée par des essais de plaque.

Le dimensionnement d'exécution de la chaussée ne pourra ensuite être effectué qu'en fonction des caractéristiques définitives du projet et de la nature des matériaux réellement rencontrés au niveau de la PST. Néanmoins, dans l'hypothèse où l'on s'oriente vers une voie du réseau non structurant (VRNS) à assise non traitée (GNT/GNT), on pourra retenir la coupe type de chaussée suivante pour une classe de trafic TC1₂₀ (inférieur à 25 poids lourds/jour) :

- **Couche de fondation :** 15 cm de GNT 0/31⁵
- **Couche de base :** 15 cm de GNT 0/20
- **Couche de surface :** 6 cm de BBS

Une analyse plus détaillée devra être menée au stade de l'étude géotechnique d'avant-projet sur la base du trafic réel attendu en distinguant les circulations PL, les circulations VL et les zones parking.

3.5 Reconnaissances complémentaires

Au stade de l'étude géotechnique d'avant-projet (Mission G12), et après définition des caractéristiques des différents bâtiments (implantation, calage altimétrique, descentes de charges), des reconnaissances complémentaires seront vraisemblablement nécessaires afin d'affiner le contexte géotechnique du projet et de définir bâtiment par bâtiment le principe de fondation le mieux adapté.

- - - -

Nous restons à la disposition du Maître d'Ouvrage pour réaliser toutes missions complémentaires de reconnaissance, études et suivi d'exécution.

ANNEXES

Plan d'implantation des sondages 13

Annexe 1 - Campagne 2011

Sondages pressiométriques	Sp10 à Sp12	15 - 20
Fouilles à la pelle	F10 à F17	21 - 28
Essais en laboratoire		29 - 33

Annexe 2 - Campagne 2006

Sondages pressiométriques	Sp1 à Sp335	35 - 40
Fouilles à la pelle	F1 à F7	41 - 47
Essais de pénétration dynamique	Pd1 à Pd4	48 - 51

Extrait norme NF P94-500 de décembre 2006 (classification des missions géotechniques) 52 - 53