



# FONDATEC

*Etudes de sols et fondations*

## ETUDE DE SOLS ET FONDATIONS

Référence : 13/0030/34/0/N

Département : HERAULT (34)

Ville : JUVIGNAC

Projet : *Bâtiment R+1*

<i>Date du rapport :</i>	<i>Le 12 février 2013</i>
<i>Modifié le :</i>	
<i>Affaire suivie par :</i>	<i>CAYRO Guillaume</i>

***INTERVENANT :***

Maître d'œuvre :     ***GGGL***

Les centuries III

111 Place Pierre Duhem - BP 84

34 935 MONTPELLIER Cedex 9

\*  
\*     \*

## I. MISSION

La présente étude est une étude de faisabilité correspondant à une **mission de type G12** selon les termes de la Classification des missions géotechniques types, extraite de la norme NF 94-500.

Cette mission a pour objet de :

- Déterminer la nature des terrains en place, leurs caractéristiques géométriques et mécaniques, le niveau d'eau dans les sondages ;
- Définir le principe de fondation le plus adapté pour le bâtiment comprenant :
  - la définition du type de fondation
  - La nature et le niveau d'assise des fondations
  - les contraintes des calculs à l'ELS et à l'ELU ;
- Définir le type de dallage approprié ;
- Proposer des sujétions d'exécution concernant le drainage, les terrassements et le talutage ;

Cette mission ne concerne pas toute étude de faisabilité et de stabilité d'ouvrages et aménagements annexes non projetés à ce jour.

Cette étude ne prend pas en compte l'étude et le dimensionnement de l'ouvrage de soutènement en amont du projet ainsi que l'étude de stabilité des talus.

\*  
\*   \*

## II. LE SITE - INVESTIGATION

### Situation

Le site étudié se trouve sur la commune de JUVIGNAC (34), dans la ZAC des Constellations à proximité de la rue Neptune.

Lors de notre intervention, la parcelle était vierge de toute construction mais très difficile d'accès du fait des conditions météorologiques.

La topographie du site est relativement plane. Les cotes du terrain actuel (noté par la suite « TA ») varient, au droit de nos sondages, de 52.60 NGF à 53.20 NGF.

### 2. Géologie locale

Selon la carte géologique du BRGM de MONTPELLIER au 1/50 000<sup>e</sup>, le site s'inscrit au sein des marnes argileuses et des formations molassiques avec des roches altérées en partie superficielle.

### 3. Risques naturels

- Selon la Cartographie des risques dans le département de l'HERAULT mise en ligne par le ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durable (<http://cartorisque.prim.net>), les risques naturels présents sur la commune de JUVIGNAC sont les suivants :
  - Il est à noter l'existence sur la commune d'un Plan de Prévention des Risques Inondation. Il appartient au Maître d'Ouvrage de se renseigner auprès des services compétents au sujet d'éventuelles prescriptions particulières relatives à ces documents.
- Selon le journal officiel de la République Française (J.O. du 17 mai 1991), décret n°2010-1255 du 22/10/2010 applicable au 1<sup>er</sup> mai 2011 (normes NF EN 1998-1, NF EN 1998-3, NF EN 1998-5, dites "règles Eurocode 8"), relatif à la prévention du risque sismique, classe le site en **zone de sismicité 2 (faible)**.
- D'après les données du BRGM, le site est classé en **zone d'aléa faible concernant le risque de retrait et gonflement des argiles**.

## 4. Moyens d'investigation

Notre investigation a consisté en l'exécution des travaux suivants :

- **2 essais au pénétromètre dynamique** (P1 et P2) réalisés selon la norme AFNOR P 94-115. Ils ont permis de mesurer la résistance dynamique des terrains jusqu'au refus à 8.00 m de profondeur maximale.
- **2 sondages géologiques profonds** (SP1 et SP2), réalisés à la tarière Ø63 mm, ont permis de reconnaître les terrains jusqu'à 15.00 m de profondeur et de réaliser :
  - **20 essais pressiométriques** (norme NF P 94-110), réalisés entre 1.50 à 14.50 m de profondeur.

Les sondages ont été nivelés par nos soins en prenant comme repère un tampon de réseau pluvial, situé au Nord du projet (cf. plan d'implantation) pris à la cote 52.52 NGF, d'après les plans en notre possession.

Les positions des sondages et des essais sont reportées sur le plan d'implantation joint en annexe.

\*  
\*   \*

### III. NATURE ET CARACTERISTIQUES MECANIQUES DES SOLS

Les sondages ont mis en évidence les couches de sols suivantes :

- Une couche de **remblais argilo-sableux**, a été mise en évidence de la tête des sondages sur 2.70 à 3.30 m d'épaisseur (49.35 à 50.00 NGF). Cette formation pourra présenter des épaisseurs plus importantes en dehors des zones reconnues.
- Une couche d'**argile sablo-limoneuse**, a été reconnue à partir de 2.70 à 3.30 m/TA jusqu'à 5.60 à 6.20 m/TA (46.45 à 47.10 NGF) avec des **caractéristiques mécaniques hétérogènes, faibles à bonnes** :
  - \* Résistance dynamique :  $3.0 \leq Rd \leq 7.0$  MPa
  - \* Module pressiométrique :  $8.07 \leq Em \leq 29.10$  MPa
  - \* Pression limite nette :  $0.45 \leq Pl^* \leq 1.30$  MPa
- Une formation d'**argile marneuse à de la marne argileuse**, a été reconnue au droit des sondages à partir de 5.60 à 6.20 m/TA jusqu'en fin de sondage c'est-à-dire jusqu'à 15.00 m/TA (37.65 à 37.70 NGF) avec de **bonnes caractéristiques mécaniques** :
  - \* Résistance dynamique :  $8.2 \leq Rd \leq 24.1$  MPa
  - \* Module pressiométrique :  $19.92 \leq Em \leq 113.75$  MPa
  - \* Pression limite nette :  $1.66 \leq Pl^* \leq 4.20$  MPa

#### Synthèse :

La nature des terrains rencontrés au droit de nos sondages est relativement homogène.

En-tête, nous avons observé une couche importante de **remblais** sur 2.70 à 3.30 m d'épaisseur. Elle pourra être plus importante à l'extérieur des zones reconnues.

Dessous, il s'agit de terrains constitués d'**argile sablo-limoneuse** avec des **caractéristiques mécaniques hétérogènes, faibles à bonnes** surmontant une formation d'**argile marneuse à de la marne argileuse** et présentant de bonnes caractéristiques mécaniques.

Les coupes lithologiques des sondages et les courbes des résultats des essais sont reportées en annexe.

## IV. HYDROGÉOLOGIE

Lors de nos investigations (le 30, 31 janvier et le 01 février 2013), nous avons observé des arrivées d'eau au droit du sondage SP2. Les observations sont reportées dans le tableau suivant :

	SP2
<b>Cote (NGF) en tête des sondages</b>	<b>52.65</b>
Prof. Niveau d'arrivées d'eau /TA (m)	7.60
<b>Cote (NGF) d'arrivées d'eau</b>	<b>45.05</b>
Prof. niveau d'eau fin de chantier /TA (m)	6.80
<b>Cote (NGF) d'eau en fin de chantier</b>	<b>45.85</b>

Des circulations d'eau peuvent également se produire en période pluvieuse au sein des terrains superficiels.

Il s'agit d'observations ponctuelles et instantanées, qui ne permettent pas d'estimer les variations du niveau d'eau à d'autres périodes de l'année ou lors de fortes précipitations.

Des circulations d'eau peuvent également se produire en période pluvieuse au sein des terrains superficiels (notamment dans les remblais).

\*  
\*   \*

## V. LE PROJET

Il est prévu la construction d'un bâtiment R+1 (vestiaire et club-house).

Les documents graphiques mis à notre disposition, sont les suivants :

- Plan de situation et cadastrale ;
- Plan de masse - Ech. 1/500<sup>e</sup> ;
- Coupes - Ech. 1/200<sup>e</sup> ;
- Plans par niveaux - Ech. 1/200<sup>e</sup>.

D'après les plans transmis, le niveau fini du rez-de-chaussée du bâtiment sera situé à la cote 51.50 NGF.

Les charges transmises par les structures devront être calculées par le B.E.T. structures avec précision.

### Remarques importantes :

- Pour toute modification du projet actuel, nous tenons à être informés afin de confirmer ou d'infirmer les conclusions du présent rapport.
- Dans le cas de la présence d'une anomalie ou un quelconque problème lié à la géologie, la présence d'eau, ou autre lors des travaux de terrassement et/ou lors de la réalisation des fouilles de fondations, nous devons être avertis immédiatement ainsi que le bureau de contrôle avant toute modification ou toute décision contraire à nos conclusions.

\*  
\*   \*



## VI. ETUDE DES FONDATIONS

La présente étude est une **étude géotechnique d'avant-projet (mission G12)** selon "Classification et spécifications" extraite de la norme NF 94-500 "Missions d'Ingénierie Géotechnique".

### 1. Examen des conditions de fondation et de terrassements

Les conditions de fondation et de terrassements devront prendre en compte les éléments suivants :

- Les faciès rencontrés sont de nature relativement homogène.
- En-tête, nous avons observé une couche de remblais argilo-sableux sur 2.70 à 3.30 m d'épaisseur. Elle pourra être plus importante à l'extérieur des zones reconnues.
- Dessous, il s'agit de terrains constitués **d'argile sablo-limoneuse** avec des **caractéristiques mécaniques hétérogènes, faibles à bonnes** surmontant une formation **d'argile marneuse à de la marne argileuse** et présentant de bonnes caractéristiques mécaniques.
- Les faciès superficiels présentant un caractère limoneux et argileux pourront rendre la traficabilité difficile pendant la phase de terrassement par temps pluvieux.
- Compte tenu de la nature des terrains rencontrés (remblais), un blindage des fouilles pourra être nécessaire afin de s'affranchir des risques d'affouillement.

### 2. Solution initiale : radier

#### 2.1 Principe de fondation - niveau d'assise

Compte tenu de la présence de remblais et de terrains avec des caractéristiques mécaniques très hétérogènes et faibles en surface, un système par fondations superficielles de type semelles filantes ou isolées n'est pas envisageable en garantissant l'absence de tassements qui pourront être importants.

**Par conséquent, toute solution de fondation par semelles superficielles sans traitement de sols est à proscrire. Ceci engendrerait des tassements absolus et différentiels très préjudiciables pour l'ouvrage.**

Le principe de fondation du bâtiment pourra consister à reporter les différentes charges par un **radier général avec une bêche périphérique profonde de 60 cm par rapport au niveau extérieur fini.**

Afin d'homogénéiser les caractéristiques mécaniques des terrains sous le radier, un matelas de répartition de la charge en concassés 0/80 mm sera mis en place sur une épaisseur de 0.50 m (remblai de substitution).

**Le radier sera calculé et conçu en fonction des surcharges.**

Lors des travaux de terrassement, dans le cas de présence de **poches de terrain altéré ou de matériaux évolutifs (bois...)**, il conviendra de purger ces niveaux. Une réserve de matériaux de bonne qualité (0/80) est donc à prévoir dans le marché.

La mise en œuvre du remblai de substitution est détaillée dans le *chapitre 2.5.*

## **2.2 Contraintes limites de calcul**

Sous réserve du respect du principe de fondation précité les contraintes de calcul à prendre en compte pour la justification vis-à-vis des Etats Limites (ELU et ELS) seront limitées à :

- Etat Limite de Service :  $q_{ELS} \leq 0.035 \text{ MPa}$  (0.035 bar)
- Etat Limite Ultime :  $q_{ELU} \leq 0.052 \text{ MPa}$  (0.052 bar)

## **2.3 Tassements**

Sous réserve d'un contrôle du fond de forme et du remblai de substitution par FONDATEC, de la nature des terrains et du principe de fondation adopté, les tassements seront négligeables.

## **2.4 Sujétions d'exécution**

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

**Le fond de forme devra être sain avant la réalisation du matelas de substitution.**

On veillera à créer une bêche périphérique afin de respecter la condition de mise hors gel à -0.60 m /niveau extérieur fini.

Lors des travaux de terrassement, il conviendra de **purger ponctuellement les poches de terrain altéré ou d'éventuelle surépaisseur de remblai. Une réserve de matériaux de substitution de bonne qualité (0/80 mm) est donc à prévoir dans le marché.**

Il conviendra de procéder à la mise en place des remblais de substitution, dès la fin des terrassements, compactage et contrôles, afin d'éviter l'altération du fond de forme.

La mise en œuvre et le contrôle du fond de forme et du matelas de substitution à réaliser sont détaillés dans le *chapitre 2.5*.

### **2.5 Mise en place du remblai de substitution**

Le fond de forme sera composé de **remblais argilo-sableux**.

Les travaux de terrassement devront être réalisés par temps sec afin d'éviter l'altération du fond de forme très sensible à l'eau.

Dans le cas où le fond de forme présenterait une teneur en eau élevée (teneur en eau naturelle, arrivées d'eau ou pluie), provoquant des phénomènes de matelassage, il conviendra de purger la frange de sols altérée et de stabiliser le fond de forme à l'aide d'une **couche de blocage en 0/150 sur une épaisseur minimale de 0.30 m**.

Pour la mise en œuvre du matelas de substitution, nous proposons de procéder de la manière suivante :

- Purge complète des terrains superficiels, jusqu'à la cote du fond de forme. Toute surépaisseur excavée devra être substituée à l'aide d'un tout-venant de bonne qualité (granulométrie 0/80 mm).
- Aération et/ou pompage éventuel pour séchage du fond de forme si nécessaire, puis **compactage énergique de la zone recevant le remblai de substitution sans trop vibrer à l'aide d'un compacteur de type V3 à V4 compte tenu de la présence d'eau. Contrôle du compactage du fond de forme.**

- Mise en place d'un **géotextile** afin de s'affranchir de la pollution du remblai sous radier par les terrains sous-jacents. Ceci est particulièrement valable dans le cas où le fond de forme présente des zones altérées ou très humides.
- Mise en place d'un **remblai de bonne qualité constitué par un concassé de granulométrie 0/80 mm, sur une épaisseur minimale de 0.40 m**. Ces remblais devront comporter moins de 5 % de fines.
- La mise en place du **remblai de substitution** sera réalisée par couches de faible épaisseur (d'environ 30 cm au maximum), énergiquement compacté à l'aide d'un compacteur de type V3 ou V4.
- Mise en place d'une **couche de finition** composée d'un concassé 0/31.5 (ou équivalent) sur une épaisseur de **10 cm minimum**.
- **Contrôle du compactage du matelas de substitution avant coulage du radier.**

La qualité de compactage des remblais sous radier devra être contrôlée à l'aide d'essais à la plaque. Ces essais seront réalisés en fin de mise en place du remblai.

Les valeurs minimales à obtenir seront :

- $EV1 \geq 177 \text{ bars (17.7 MPa)}$
- $EV2/EV1 \leq 2,2$
- $K \geq 3 \text{ bars/cm (30 MPa/m)}$

Sans ces essais réalisés par FONDATEC, notre responsabilité ne pourra en aucun cas être engagée sur la tenue de la plate-forme et des fondations à long terme.

### **3. Variante : puits**

Le principe de fondation pourra consister à reporter les différentes charges par des **puits arrêtés à une profondeur de 3.00 m minimum par rapport au niveau fini du rez-de-chaussée soit à la cote 48.50 NGF**.

Les fondations seront ancrées de 20 cm minimum dans le terrain porteur en place constitué **d'argile sablo-limoneuse**.

Dans le cas où une épaisseur de remblais ou de toutes poches altérés seraient détectée à l'ouverture des fouilles, le niveau d'assise devra être rattrapé à l'aide de gros béton. Il conviendra de prévoir une réserve de gros béton supplémentaire dans le marché.

### 3.1 Contraintes limites de calcul

Sous réserve du respect du principe de fondation précité, les contraintes de calcul à prendre en compte pour la justification vis-à-vis des Etats Limites (ELU et ELS) seront :

- Etat Limite de Service :  $q_{ELS} \leq 0.20 \text{ MPa}$  (2.0 bars)
- Etat Limite Ultime :  $q_{ELU} \leq 0.30 \text{ MPa}$  (3.0 bars)

### 3.2 Tassements

Compte tenu de la nature des terrains et du principe de fondation adoptés, les tassements seront acceptables.

Par ailleurs, il n'y aura pas lieu de craindre de tassements différentiels significatifs si le principe de fondation est respecté.

### 3.3 Largeur minimale des fondations

Selon, le DTU 13.2, les puits de section circulaire devront avoir un diamètre minimum de 1.20 m et les puits de section quelconque auront une largeur minimale de 0.80 m et une section minimale de 1.10 m<sup>2</sup>. Néanmoins, le bureau d'étude structure désigné pourra adapter la section en fonction des descentes de charges réelles de l'ouvrage.

### 3.4 Sujétions d'exécution

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

Le sol d'assise devra être homogène. Il est **fortement déconseillé** d'arrêter les fondations dans des horizons de nature lithologique différente. Ceci pourrait entraîner des tassements différentiels très préjudiciables pour l'ouvrage. On devra donc s'assurer que les fondations sont bien arrêtées dans l'horizon porteur précité.

Il conviendra de couler le béton de propreté ou des fondations dès l'ouverture des fouilles afin d'éviter l'altération des terrains en place.

Compte tenu de la nature des terrains rencontrés un blindage des fouilles pourra être nécessaire afin de s'affranchir des risques d'affouillement.

Compte tenu du caractère argileux et limoneux des terrains en place, une règle générale sera d'éviter les variations de la teneur en eau des sols sous la construction ainsi qu'à son voisinage.

L'entreprise devra prendre toutes les précautions nécessaires lors des travaux de terrassement afin de ne pas créer de désordres sur les éventuels ouvrages situés à proximité.

Dans le cas des arrivées d'eau, un pompage provisoire pourra être mis en place afin d'assécher les fonds de fouilles avant coulage du béton.

### 3.5 Dallages

D'après les plans en notre possession, les dallages pourront être conçus sur terre-plein, sous réserve de respecter les recommandations suivantes.

Après décapage de la frange superficielle, le fond de forme sera composé de **remblais argilo-sableux**.

A noter que ces matériaux sont **très sensibles à l'eau**. En effet, le temps de réaction de ce type de faciès aux variations de l'environnement hydrique et climatique est relativement court.

Les travaux de terrassement devront être réalisés par temps sec afin d'éviter l'altération du fond de forme très sensible à l'eau.

Dans le cas où le fond de forme présenterait une teneur en eau élevée (teneur en eau naturelle, arrivées d'eau ou pluie), provoquant des phénomènes de matelassage, il conviendra de purger la frange de sols altérée et de stabiliser le fond de forme à l'aide d'une couche de blocage en 0/150 sur une épaisseur minimale de 0.30 m.

Après décapage des horizons superficiels, aération éventuelle du fond de forme pour assèchement, et compactage énergétique sans trop vibrer du fond de forme recevant les dallages, une **couche de fondation** constituée de tout-venant de bonne qualité (granulométrie 0/80 mm) sera mise en place sur une **épaisseur minimale de**

**30 cm**, et une **couche de finition** constituée par un concassé 0/31,5 mm sera mise en place sur une **épaisseur minimale de 10 cm** (sous la base du dallage).

❖ Mise en place des remblais

Pour la mise en œuvre des remblais sous dallages, nous proposons de procéder de la manière suivante :

- Purge de la frange superficielle ainsi que toute poche altérée, jusqu'à **0.40 m au minimum sous la base des dallages.**
- Aération et/ou pompage éventuel pour séchage du fond de forme si nécessaire, puis compactage énergique de la zone recevant le remblai.
- Compactage énergique de la zone recevant le remblai à l'aide d'un compacteur de type V3 à V4 sans trop vibrer dans le cas de forte teneur en eau.
- Mise en place d'un **remblai de bonne qualité** constitué par un tout-venant ou concassé de granulométrie 0/80 mm. Ces remblais devront comporter moins de 5 % de fines.
- Mise en place du remblai de substitution, sur **30 cm d'épaisseur minimale en tout point,** par couches de faible épaisseur énergiquement compacté à l'aide d'un compacteur de type V3 ou V4.
- Mise en place d'une **couche de finition** composée d'un concassé 0/31.5 mm (ou équivalent) sur une épaisseur de **10 cm minimum** avant coulage des dallages.

Les dallages seront suffisamment épais, ferrailés et complètement désolidarisés des structures par des joints de rupture.

❖ Contrôle à l'aide d'essai à la plaque

La qualité de compactage des remblais sous dallages devra être contrôlée à l'aide d'essais à la plaque. Ces essais seront réalisés en fin de mise en place du remblai. Les valeurs minimales à obtenir seront :

- $EV1 \geq 177 \text{ bars (17.7 MPa)}$
- $EV2/EV1 \leq 2,2$
- $K \geq 3 \text{ bars/cm (30 MPa/m)}$

Sans ces essais réalisés par FONDATEC, notre responsabilité ne pourra en aucun cas être engagée sur la tenue de la plate-forme à long terme.

## VII. TERRASSEMENTS - TALUS - DRAINAGE

### 1. Terrassements

Les travaux de terrassements ne poseront généralement pas de problèmes particuliers pour la frange superficielle. Les déblais pourront être extraits à l'aide d'engins à lame ou à godet.

Les faciès superficiels de nature limoneux pourront rendre la traficabilité difficile pendant la phase de terrassement par temps pluvieux.

L'entreprise devra prendre toutes les précautions nécessaires lors des travaux de terrassement et de compactage afin de ne pas créer de désordres sur les ouvrages existants situés à proximité.

### 2. Stabilité des talus

Compte tenu de la nature de terrain en place, les talus en déblais ne devront pas dépasser une pente de 2 pour 3 (2 Vertical pour 3 Horizontal). Dans le cas où ces dispositions ne pourraient pas être respectées, on prévoira des ouvrages de soutènement de façon à s'affranchir des problèmes de glissement.

### 3. Drainage

Lors des travaux de terrassements, dans le cas d'arrivées d'eau souterraines (sources ou autres), un drainage devra être mis en place immédiatement. Ceci afin de diriger ces eaux à l'extérieur du site et éviter l'altération des terrains du fond de forme.

En phase chantier, un système de drainage et de pompage provisoire en pied des talus provisoires sera nécessaire afin de diriger les eaux de ruissellement vers un exutoire à l'extérieur du site.

En phase définitive, un système de drainage devra être réalisé afin de collecter les eaux pluviales et de les canaliser vers un exutoire à l'extérieur du site.

\*  
\*   \*



**Remarques importantes:**

- La présente étude est basée sur les données actuelles du projet. Toute modification apportée au projet devra nous être communiquée afin de confirmer ou d'infirmer la solution de fondation proposée dans le présent rapport.
- Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable. La mauvaise utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle sans l'accord écrit de la société FONDATEC, ne saurait engager sa responsabilité.

\*  
\*   \*

Nous restons à l'entière disposition des responsables du projet pour tout renseignement complémentaire.

Narbonne, le 13 février 2013

Ingénieur chargé de l'étude  
M. CAYRO

Le Responsable d'Agence  
M. MATEILLE

Le Directeur  
M. EL MOUNSIF

## ANNEXES

- Plan d'implantation des sondages
- Courbes des essais au pénétromètre dynamique P1 et P2
- Coupes et essais des sondages pressiométriques SP1 et SP2

# SOMMAIRE

I. MISSION	4
II. LE SITE - INVESTIGATION	5
III. NATURE ET CARACTERISTIQUES MECANIKES DES SOLS	7
IV. HYDROGÉOLOGIE	8
V. LE PROJET	9
VI. ETUDE DES FONDATIONS	10
1. Examen des conditions de fondation et de terrassements	10
2. Solution initiale : radier	10
2.1 Principe de fondation - niveau d'assise	10
2.2	11
Contraintes limites de calcul	11
2.3 Tassements	11
2.4	11
Sujétions d'exécution	11
2.5 Mise en place du remblai de substitution	12
3. Variante : puits	13
3.1 Contraintes limites de calcul	14
3.2 Tassements	14
3.3 Largeur minimale des fondations	14
3.4 Sujétions d'exécution	14
3.5 Dallages	15
❖ Mise en place des remblais	16
❖ Contrôle à l'aide d'essai à la plaque	16
VII. TERRASSEMENTS - TALUS - DRAINAGE	17
1. Terrassements	17
2. Stabilité des talus	17
3. Drainage	17
ANNEXES	19
Plan d'implantation des sondages	20
Courbes des essais au pénétromètre dynamique P1 et P2	21 à 22
Coupes et essais des sondages pressiométriques SP1 et SP2	23