



FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIORAT
DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

Année 2019

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de MASTER

THEME

**REALISATION DE FONDATIONS SPECIALES
SUR PIEUX**

Domaine : Sciences et Technologies

Filière :

Génie Civil

Spécialité :

Structures

Par :

- BENOZENE-AHMED MELYA
- BARANI CHAIMA
- GASMI TAREK

DIRECTEUR DE MEMOIRE : Dr. KEBAILI BACHIR

Université de Annaba

DEVANT LE JURY

EXAMINATEUR : Dr MENADI SOUAD

Université de Annaba

EXAMINATEUR : Dr ATHAMNI ALLA

Université de Annaba

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

SOMMAIRE

SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

REMERCIEMENTS

INTRODUCTION

RESUME

PARTIE 01 : SUIVI ET CONTRÔLE DES CHANTIERS

CHAPITRE 01 : BUREAU D'ETUDES TECHNIQUES

1. Présentation du bureau d'études.....	1
2. Effectif du bureau.....	2
3. Domaine d'activité du bureau d'études HYBATP.....	2
4. Outils de travail.....	3
5. Grands projets réalisés.....	3

CHAPITRE 02 : ENTREPRISE DE REALISATION DE FONDATIONS SPECIALES

1. Présentation de l'entreprise de réalisation.....	5
1.1. Matériel de l'entreprise.....	5
1.2. Services de l'entreprise.....	8
1.3. Réalisations de l'entreprise.....	8

CHAPITRE 03 : INTRODUCTION AUX FONDATIONS SPECIALES

1. Introduction.....	9
1.1. Types de fondations.....	9
1.2. Classification des fondations.....	9

1.3. Choix des fondations.....	10
1.4. Fondations profondes.....	11
a. Parties importantes d'un pieu.....	11
b. Principe de fonctionnement.....	12
c. Classification des pieux.....	13
c.1. Pieux forés simples.....	14
c.2. Pieux forés à la boue.....	14
c.3. Pieux forés tubés.....	14

CHAPITRE 04 : PROMOTION BOUAICHA

1. Présentation du projet.....	30
2. Implantation de l'ouvrage.....	29
2. Etude de sol.....	30
a. Essais exécutés en laboratoire.....	30
a.1. Essais physiques.....	30
a.2. Essais mécaniques.....	31
a.3. Analyse chimique.....	31
b. Interprétation des résultats.....	31
b.1. Coupes lithologiques.....	31
c. Conclusions et recommandations.....	33
3.1. Lithologie de terrain selon le forage des pieux en temps réel.....	34
3.2. Conclusion.....	34
4. Implantation des pieux.....	35
4.1. Plan de ferrailage des pieux.....	36

5. Principe de réalisation d'un pieu foré boue.....	37
5.1. Forage des pieux.....	38
5.2. Ajout de la bentonite.....	39
a. Principe de l'essai.....	40
b. Entretien de la bentonite.....	41
5.3. Vérification du niveau.....	42
5.4. Mise en œuvre des armatures.....	43
5.5. Bétonnage.....	48
a. Contrôle qualité du béton.....	50
a.1. Essai destructif.....	50
a.2. Essai non destructif.....	50
b. Conclusion des essais.....	51
c. Bétonnage aux tubes plongeurs.....	52
5.6. Terrassement et recépage.....	56
6. Comptes rendus de chantier.....	58
6.1. Exemple d'une fiche de réalisation de pieux forés avec fluide stabilisateur.....	59
7. Contrôle technique des chantiers (CTC).....	61
7.1. Exemple d'un procès verbal d'exécution d'un pieu.....	62
8. Renforcement du terrain.....	63
8.1. Introduction.....	63
8.2. Principe de réalisation.....	63
9. Essais d'intégrité des pieux.....	67
9.1. Introduction.....	67

9.2. Choix de la méthode.....	67
a. Essais par chargement statique.....	68
b. Méthode par réflexion.....	68
c. Méthode par impédance.....	69
d. Méthode sonique par transparence.....	70
d.1. Matériel nécessaire.....	70
d.2. Principe de l'essai.....	70
d.3. Conclusion de l'essai.....	75
10. Problèmes rencontrés sur chantier.....	76
10.1. Solutions.....	77

CHAPITRE 05 : PROMOTION LA PERLE DE L'EDOUGH

1. Présentation du projet.....	78
2. Implantation de l'ouvrage.....	95
3. Etude de sol.....	96
3.1. Interprétation des résultats.....	98
a. Coupes lithologiques.....	98
b. Lithologie de terrain selon le forage des pieux.....	98
3.2. Conclusion.....	98
4. Plan d'implantation des pieux.....	99
5. Plan de ferrailage des pieux.....	100
6. Réalisation des pieux.....	101
6.1. Forme de la cage d'armatures.....	101
6.2. Type de forage.....	102

a. Pieux forés simples.....	102
a.1. Principe de réalisation.....	102
b. Pieux forés tubés.....	103
b.1. Principe de réalisation.....	103
b.2. Remarque.....	104
7. Parois berlinoises.....	105

PARTIE 02 : EXPERTISE

CHAPITRE 06 : EXPERTISE ETAT DES LIEUX

1. Conception du CHU Ibn Sina.....	107
2. Matériaux utilisés a l'époque.....	108
3. Constat des pathologies.....	108
4. Observations.....	113
5. Expertise de la partie inférieure de la bâtisse.....	113
6. Plan de rénovation (architecture).....	116
7. Conclusion récapitulative.....	117

RECAPITULATIF DE MISSION

CONCLUSION

LISTE DES FIGURES

Figure 1.01 – Bureau d'études BET-HYBATP.....	1
Figure 1.02 – Salle de réunion.....	1
Figure 2.01- Logo de l'entreprise.....	5
Figure 2.02 - Foreuse Soilmec.....	6
Figure 2.03 - Grue sur chenille.....	6
Figure 2.04 - Tarière roche.....	6
Figure 2.05 – Carottier.....	6
Figure 2.06 - Bucket roche.....	7
Figure 2.07 – Virole.....	7
Figure 2.08 - Centrale à bentonite.....	7
Figure 2.09 - Pompe à bentonite.....	7
Figure 2.10 - Mini pelle TEREX TC-20.....	8
Figure 2.11 – Véhicule de service.....	8
Figure 3.01 – Classification des fondations.....	9
Figure 3.02 – Description d'une fondation.....	10
Figure 3.03 - Schéma représentant les différentes parties d'un pieu.....	11
Figure 3.04 - Classification des fondations profondes.....	13
Figure 4.01 - Fiche de suivi de projet.....	14
Figure 4.02 - Plan de masse.....	15
Figure 4.03 - plan de sol sous-sol (parking).....	16
Figure 4.04 – Plan de sol RDC.....	17
Figure 4.05 – Plan de sol 1 ^{er} étage.....	18

Figure 4.06 – Plan de sol étage courant.....	19
Figure 4.07 – Plan de sol 1 ^{er} étage bloc A.....	20
Figure 4.08 – Plan de sol étage courant bloc A.....	21
Figure 4.09 – Plan de sol terrasse.....	22
Figure 4.10 – Plan en élévation bloc A coupe AA.....	23
Figure 4.11 – Plan de sol 1 ^{er} étage bloc B.....	24
Figure 4.12 – Plan de sol étage courant bloc B.....	25
Figure 4.13 – Plan de sol terrasse bloc B.....	26
Figure 4.14 – Plan en élévation bloc B coupe BB.....	27
Figure 4.15 – Plan de situation du projet.....	28
Figure 4.16 – Conclusions et recommandations.....	32
Figure 4.17 - Plan d’implantation des pieux.....	34
Figure 4.18 – Plan de ferrailage des pieux.....	35
Figure 4.19 - Réalisation d’un pieu foré à la boue.....	36
Figure 4.20 - Forage d’un pieu avec une bucket argile.....	37
Figure 4.21 - Ajout de la bentonite.....	38
Figure 4.22 - Extraction de la bentonite.....	38
Figure 4.23 - Cône de Marshall.....	39
Figure 4.24 – Station de dessablage de bentonite.....	40
Figure 4.25 – Dessablage de bentonite.....	40
Figure 4.26 - Appareil optique sur trépied.....	41
Figure 4.27 - Atelier de façonnage sur chantier.....	42
Figure 4.28 – Façonnage cage d’armatures.....	42

Figure 4.29 – Eléments d'une cage d'armatures.....	43
Figures 4.30 – Transport d'une cage d'armature à l'aide d'une grue sur chenille.....	44
Figure 4.31 – Assemblage de deux cages d'armatures par recouvrement.....	45
Figure 4.32 – Mise en place des cages d'armatures dans le forage.....	45
Figure 4.33 – Gaines-fourreaux.....	46
Figure 4.34 – Centrale à béton.....	47
Figure 4.35 – Chargement des agrégats dans les bacs de la centrale.....	48
Figure 4.36 – Commandes de la centrale à béton.....	48
Figure 4.37 – Chargement des malaxeurs.....	48
Figure 4.38 – Préparation des éprouvettes in situ.....	49
Figure 4.39 – Affaissement au cône d'Abrams.....	50
Figure 4.40 – Principe de coulage.....	51
Figure 4.41 – Préparation des tubes plongeurs.....	52
Figure 4.42 – Emboitement des tubes plongeurs.....	52
Figure 4.43 – Ballon à l'extrémité du tube.....	53
Figure 4.44 – Mise en place des tubes plongeurs.....	53
Figures 4.45 – Mise en place de l'entonnoir à béton.....	54
Figure 4.46 – Coulage du béton.....	54
Figure 4.47 – Récupération de la bentonite.....	54
Figures 4.48 – Travaux de terrassement.....	55
Figure 4.49 – Schéma explicatif du recépage.....	56
Figure 4.50 – Fiche de données particulières.....	58
Figure 4.51 – Fiche de données générales.....	59

Figure 4.52 – Procès verbal d'exécution d'un pieu.....	61
Figure 4.53 – Implantation de la paroi berlinoise sur chantier.....	62
Figure 4.54 – Outils de forage de la paroi berlinoise.....	63
Figures 4.55 – Forage de la paroi berlinoise.....	63
Figures 4.56 – Ferrailage de la paroi.....	64
Figure 4.57 – Mise en place d'un profilé métallique H.....	64
Figures 4.58 – Paroi berlinoise avec profilé métallique en H.....	65
Figure 4.59 - Essai de chargement statique.....	67
Figure 4.60 - Schéma de principe de la méthode par réflexion.....	68
Figure 4.61 - Schéma de principe de la méthode par impédance.....	68
Figure 4.62 - Schéma de principe.....	70
Figure 4.63 – Disposition des tubes soniques.....	70
Figure 4.64 - Mise en place des tubes soniques sur la cage d'armatures.....	71
Figure 4.65 – Préparation des tubes soniques à la réception des sondes.....	71
Figures 4.66 - Treuil de déplacement.....	72
Figure 4.67 - Remplissage des tubes avec de l'eau.....	72
Figure 4.68- Mise en place des sondes.....	72
Figure 4.69 - Station d'enregistrement.....	73
Figure 4.70 - Enregistrement du temps et d'amplitude de la propagation d'une onde dans un pieu.....	73
Figure 4.71 - Exemple d'enregistrement d'amplitude et du temps sur un pieu.....	74
Figure 4.72 – Bouchage des tubes plongeurs.....	75
Figures 4.73 – Débouchage des tubes plongeurs.....	76

Figure 5.01 – Plan de masse du projet.....	78
Figure 5.02 – Plan de sol sous-sol (parking) niv -2.69.....	79
Figure 5.03 – Plan de sol RDC niv +0.00.....	80
Figure 5.04 – Plan de sol niv +03.40.....	81
Figure 5.05 – Plan de sol niv +06.80.....	82
Figure 5.06 – Plan de sol niv +10.20 à +16.32.....	83
Figure 5.07 – Plan de sol niv +13.26.....	84
Figure 5.08 – Plan de sol niv +19.38.....	85
Figure 5.09 – Plan de sol niv +22.44 à +28.68.....	86
Figure 5.10 – Plan de sol niv +25.50.....	87
Figure 5.11 – Plan de sol niv +31.62.....	88
Figure 5.12 – Plan de sol niv +34.68 à +40.80.....	89
Figure 5.13 – Plan de sol niv +37.74.....	90
Figure 5.14 – Plan de sol terrasse.....	91
Figure 5.15 – Plan de toiture.....	92
Figure 5.16 – Façade principale.....	93
Figure 5.17 – Plan en élévation coupe AA.....	94
Figure 5.18 – Plan de situation du projet.....	95
Figure 5.19– Sondeur pressiométrique.....	96
Figure 5.20 – Appareillage de mesure des pressions et des déplacements.....	96
Figure 5.21 – Résultats du sondage pressiométrique.....	97
Figure 5.22 - Plan d'implantation des pieux.....	99
Figure 5.23 - Plan de ferrailage des pieux.....	100

Figure 5.24 – Cage d’armatures.....	101
Figure 5.25 – Tarière roche.....	102
Figure 5.26 – Pieu foré simple.....	103
Figure 5.27 – Implantation des pieux.....	104
Figure 5.28 – Mise en place des cages d’armatures.....	104
Figure 5.29 – Bétonnage.....	104
Figure 5.30 – Préparation des éprouvettes de béton.....	104
Figure 5.31 – Pose des viroles pour le forage de la paroi berlinoise.....	105
Figure 5.32 – Mise en œuvre du ferrailage.....	105
Figure 5.33 – Mise en place du ferrailage.....	105
Figure 6.01 – Entrée CHU Ibn Sina Annaba.....	107
Figure 6.02 - Soubassement extérieur.....	108
Figure 6.03 - Mur extérieur fissuré.....	108
Figure 6.04 - Carrelage extérieur fissuré.....	109
Figure 6.05 - Charpente en bois extérieure dégradée.....	109
Figures 6.06 - Murs intérieurs fissurés et dégradés par l’infiltration d’eau.....	110
Figures 6.07 - Murs intérieurs en plâtre dégradés par l’eau.....	111
Figure 6.08 - Toiture en bois dégradée et fléchie avec infiltration d’eaux pluviales.....	111
Figure 6.09 - Enduit atteint par l’infiltration d’eau.....	111
Figure 6.10 - Carrelage substitué par mortier.....	112
Figure 6.11 - Plafond en bois et faux plafond en placoplatre.....	112
Figures 6.12 - Etat de la dalle du niveau RDC.....	114
Figures 6.13 - Etat de la toiture en charpente de la couverture du bâtiment.....	115

Figure 6.14 - Etat des escaliers à l'intérieur.....	115
Figure 6.15 - Etat de la dalle pleine corrosion avancée.....	115
Figure 6.16 – Solutions proposées.....	116
Figure 6.17 – Aménagement murs et ouvertures.....	117

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 4.01 - Lithologie du terrain selon le sondage 01.....	30
Tableau 4.02 - Lithologie du terrain selon le sondage 02.....	31
Tableau 4.03 - Lithologie du terrain selon le sondage 03.....	31
Tableau 4.04 - Lithologie du terrain selon le forage du pieu K02.....	33
Tableau 4.05 - Lithologie du terrain selon le forage du pieu K04.....	33
Tableau 4.06 – Classe d'affaissement du béton frais.....	50
Tableau 4.07 – Paramètres du choix de la méthode de vérification.....	66
Tableau 5.01 - Lithologie du terrain selon le sondage SP1.....	98
Tableau 5.02 - Lithologie du terrain selon le forage du pieu E02.....	98

REMERCIEMENTS

Nous tenons tout d'abord à rendre grâce à Dieu de nous avoir permis de mener à bien et à terme notre projet, comme nous tenons à remercier tous les intervenants qui ont de près ou de loin au succès de notre stage et à la rédaction de ce rapport.

Notre immense gratitude va à notre maitre de stage **M. BACHIR KEBAILI**, pour son encadrement, sa patience, sa disponibilité et son humanité.

Nous tenons également à remercier le chef d'entreprise de réalisation **M. ZERROUK BOUKSANI** qui a accepté de nous accueillir au sein de son équipe ainsi que les promoteurs **M. SADEK BOUAICHA** et **M. OMAR DJEGHADER** pour la confiance qu'ils nous ont accordée.

A l'ensemble de l'équipe de réalisation pour leurs précieux conseils ainsi qu'à nos chers professeurs du département de **GENIE CIVIL** spécialité **STRUCTURES** de l'université de **BADJI MOKHTAR ANNABA** et à tous les intervenants formateurs, pour avoir assuré la partie théorique de celle-ci.

Enfin, nous remercions nos chères familles qui ont toujours été là pour nous. Leur soutien inconditionnel et leurs encouragements ont été d'une grande aide.

À tous ces intervenants, nous présentons nos remerciements, notre respect et notre gratitude.

INTRODUCTION

Ce mémoire clôture notre cycle d'apprentissage de master II effectué à l'université de BADJI
MOKHTAR ANNABA.

Il a pour objet un stage accompli dans un bureau d'études techniques privé BET-HYBATP.

Notre tâche consistait à veiller au bon déroulement de 02 chantiers en occupant le poste d'ingénieur de suivi et contrôle de chantier. Nous étions ainsi en permanence sur terrain, servant d'intermédiaire entre le bureau d'études et l'entreprise de réalisation de fondations profondes sur pieux ETB BZ L'OASIS.

Ce stage a été pour nous l'occasion de mettre en pratique l'ensemble de nos acquis théoriques pendant tout le cursus universitaire et également l'opportunité de découvrir le monde du travail.

RESUME

Dans la première partie de ce rapport, nous présenterons le bureau d'études techniques, l'entreprise de réalisation, ainsi que les 02 chantiers dont nous nous sommes occupés, les méthodes de réalisation et les tâches accomplies. Le tout appuyé de photos.

La deuxième partie mettra en avant une expertise d'état des lieux réalisée à la demande de rénovation de l'unité cardio-vasculaire du CHU IBN SINA.

Partie 01

Suivi et contrôle des chantiers



Chapitre 01
Bureau d'études techniques

1. Présentation du bureau d'études :

Le bureau d'études techniques HYBATP (Hydraulique Bâtiment Et Travaux Publics) a été créé en 2004 et agréé par le Ministère des Ressources en Eau dans le domaine de L'AEP et l'assainissement ainsi que par le Ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme dans le génie civil, topographie ,viabilisation, stabilité des sites ,suivi des travaux de construction, diagnostics, expertises, contre-expertises.

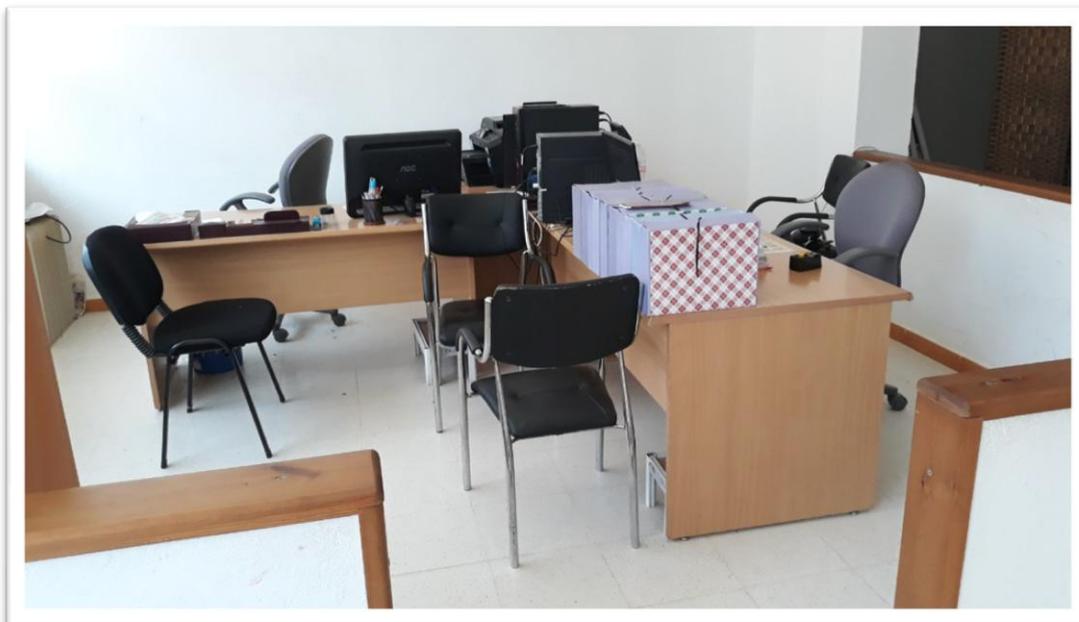


Figure 1 – Bureau d'études BET-HYBATP



Figure 1.02 – Salle de réunion

2. Effectif du bureau :

- ✚ Une ingénieure en hydraulique M^{me} FERTIKH SORAYA.
- ✚ Un docteur en génie civil M^r KEBAILI BACHIR.
- ✚ Deux ingénieures structures.
- ✚ Une architecte.
- ✚ Une technicienne supérieure en génie civil.

3. Domaine d'activité du bureau d'études HYBATP :

Le domaine de travail du bureau est très vaste. Il englobe des études techniques de génie civil et d'hydraulique ainsi que le suivi d'exécution de tout projet remis par les cabinets d'architecture ou par le maître d'ouvrage.

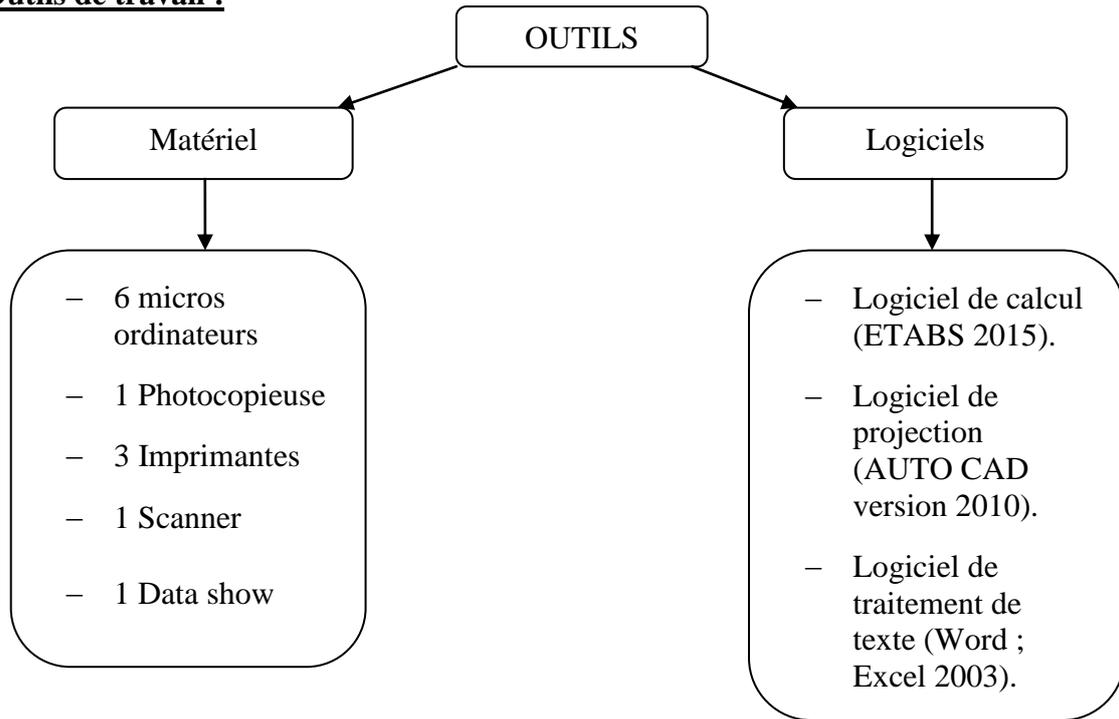
✚ Génie civil :

- Etude génie civil.
- Topographie.
- Viabilisation.
- Stabilité des sites.
- Suivi de travaux de construction.
- Diagnostic.
- Expertise et contre-expertise.

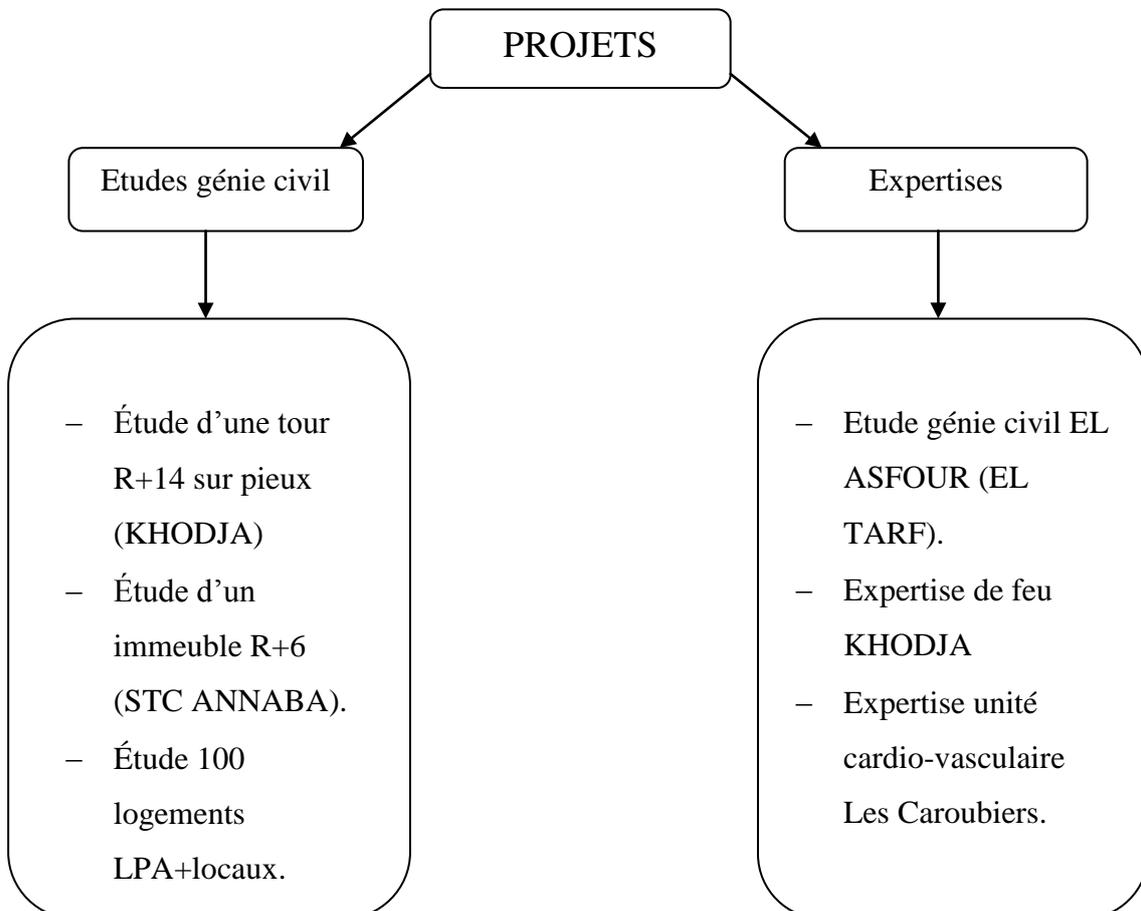
✚ Hydraulique :

- Réseau AEP.
- Réseau d'assainissement.
- Impact de la pollution sur l'eau et l'environnement.
- Réhabilitation et régénération des forages d'eau.
- Qualité des eaux pour l'alimentation en eau potable (AEP), l'alimentation en eau industrielle (AEI), et l'alimentation en eau agricole (AEA).
- Evaluation et protection des ressources en eau souterraine et superficielle.
- Faisabilité des stations de traitement des eaux usées.
- Captage et protection des sources.

4. Outils de travail :



5. Grands projets réalisés :



Lors de ce stage de 03 mois, notre mission a été d'assurer le suivi et le contrôle de 02 chantiers :

- ✚ Promotion Bouaicha.
- ✚ Promotion La Perle de l'Edough.

et de rédiger un rapport d'expertise d'état des lieux de la rénovation de l'unité cardio-vasculaire du CHU Ibn Sina.

CHAPITRE 02

Entreprise de réalisation de fondations spéciales

1. Présentation de l'entreprise de réalisation :

L'EURL ETB BZ L'OASIS est une société algérienne fondée en 2013 et gérée par Mr BOUKSANI ZERROUK, elle est spécialisée dans tous types de forage de fondations profondes & travaux spéciaux.



Figure 2.01- Logo de l'entreprise

1.1. Matériel de l'entreprise:

- ✚ Foreuse Soilmec SR-60 2014/2016.
- ✚ Grue sur chenille MAIT 2015.
- ✚ Tarière/Bucket (roche/Argile) de diamètre (600/800/1000/1200mm).
- ✚ Tubes de diamètre (600/800/1000/1200mm).
- ✚ Tube plongeur entonnoir & frein spécial pour les tubes.
- ✚ Carottier de diamètre (600/800/1000/1200mm).
- ✚ Centrale de bentonite 2015.
- ✚ Mini pelle TEREX TC-20 pour recépage des pieux 2013
- ✚ Groupes électrogènes-centenaires et baraques de chantier.
- ✚ Véhicules de service.



Figure 2.02 - Foreuse Soilmec

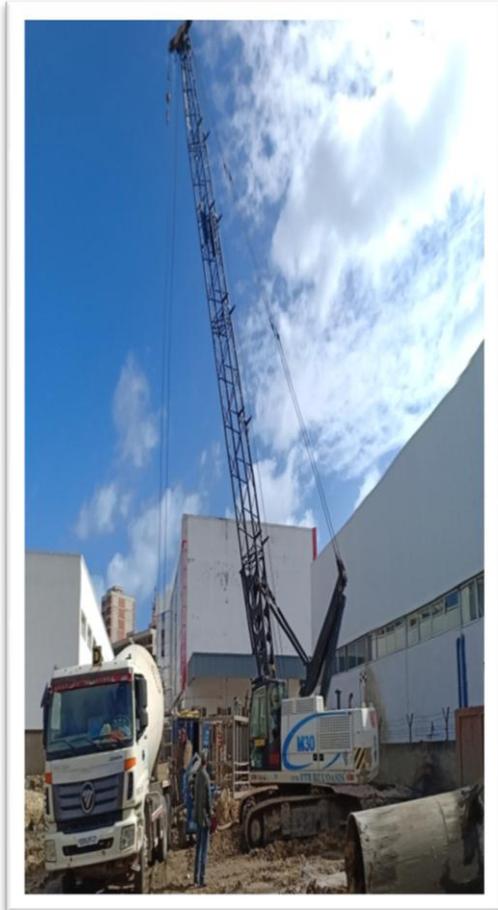


Figure 2.03 - Grue sur chenille

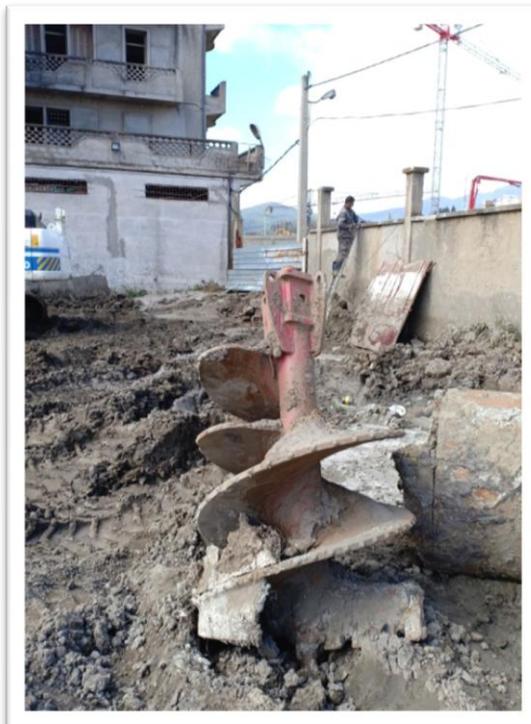


Figure 2.04 - Tarière roche



Figure 2.05 - Carottier



Figure 2.06 - Bucket roche



Figure 2.07 - Virole



Figure 2.08 - Centrale à bentonite



Figure 2.09 - Pompe à bentonite



Figure 2.10 - Mini pelle TEREX TC-20



Figure 2.11 – Véhicule de service

1.2. Services de l'entreprise:

- ✚ Fondations profondes & travaux spéciaux.
- ✚ Différents types de forages sur tout type de sols.
- ✚ Recépage des pieux.

1.3. Réalisations de l'entreprise :

- ✚ Extension de l'aéroport Dar El Beida d'Alger (CSCEC Direction Générale pour l'Algérie).
- ✚ Aménagement de Oued El HARRACH (COSIDER).
- ✚ Promotion immobilière (BOUKSANI).
- ✚ Projet cité Financière BELHAFFAF Belcourt (KAYI INSAAT SANAY VE TICARET A.S).
- ✚ Promotion immobilière Ouled Moussa.

CHAPITRE 03

Introduction aux fondations spéciales

1. Introduction :

Quelle que soit sa forme et sa destination, un ouvrage prend toujours appui sur un sol d'assise. Les éléments qui jouent le rôle d'interface entre l'ouvrage et le sol s'appellent fondations. Ainsi, qu'importe le matériau utilisé, sous chaque porteur vertical, mur, voile ou poteau, il existe une fondation.

1.1. Types de fondations :

Pour déterminer le type de fondations nécessaires, l'ingénieur réalise une étude basée sur l'étude de sol et les plans de l'habitation. La nature du terrain va déterminer en grande partie le type de fondations à utiliser.

Il existe plusieurs types de fondations :

- ✚ Les fondations superficielles.
- ✚ Les fondations semi-profondes.
- ✚ Les fondations profondes.

1.2. Classification des fondations :

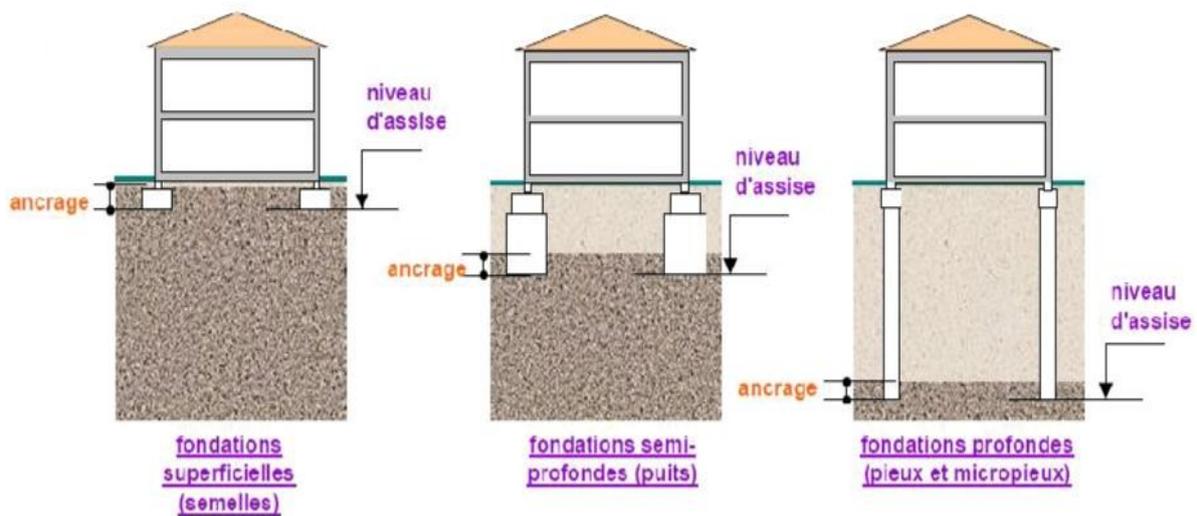


Figure 3.01 – Classification des fondations

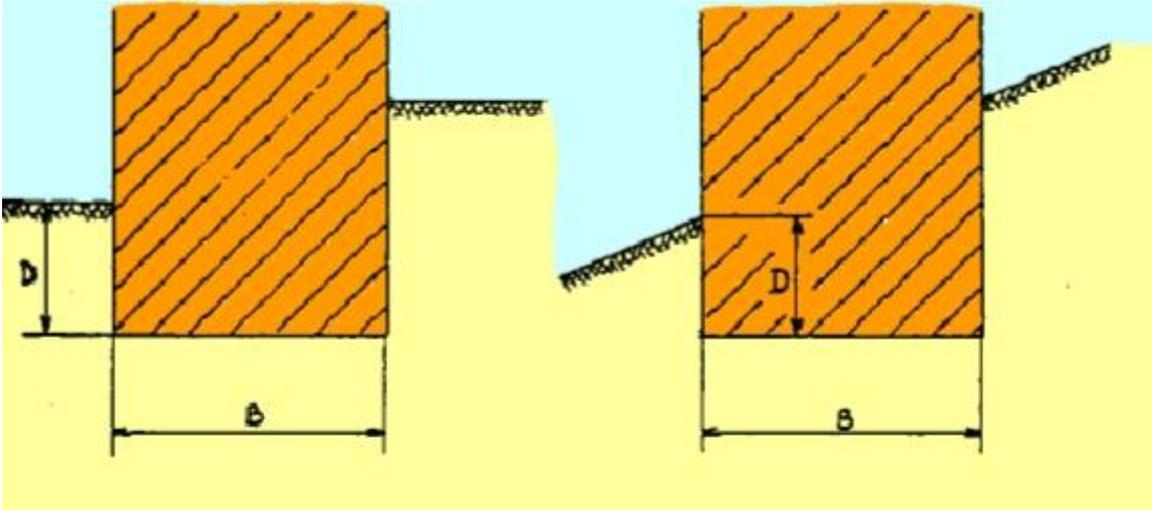


Figure 3.02 – Description d'une fondation

- + Les fondations superficielles $D/B \leq 4$
- + Les fondations semi-profondes $4 < D/B < 10$
- + Les fondations profondes $D/B \geq 10$

Où

- B = largeur de fondation
- D = profondeur d'encastrement.

1.3. Choix des fondations :

Le choix de type de fondation dépend de :

- + Type d'ouvrage à fonder, donc des charges appliquées à la fondation (charges différentes pour une maison individuelle ou pour une tour)
- + La résistance du sol. Il est important de faire une bonne reconnaissance des sols :
 - Si la couche superficielle est suffisamment résistante, il sera quand même nécessaire de faire une reconnaissance de sol sous le niveau de la fondation, sur une profondeur de deux fois la largeur de la fondation et de s'assurer que les couches du dessous sont assez résistantes.
 - Si la couche superficielle n'est pas assez résistante, une reconnaissance des sols devra être faite sur une profondeur plus importante. On choisira toujours la fondation la plus économique.

1.4. Fondations profondes :

D'une manière générale, les fondations profondes sont souvent désignées par le terme de « pieux ». Il sont utilisés lorsque le terrain ne peut pas supporter les contraintes dues à la masse du bâtiment ou de l'ouvrage. Pour renforcer des fondations existantes, on peut aussi réaliser les pieux, en béton, acier bois ou mixte en fonction des besoins de la nature du terrain ou des moyens disponibles.

a. Parties principales d'un pieu :

Un pieu est composé de trois parties principales :

- ✚ La tête.
- ✚ La pointe.
- ✚ Le fut compris entre la tête et la pointe.

La longueur d'ancrage h est la longueur de pénétration du pieu dans les couches de terrain résistantes.

D'un point de vue mécanique on distingue la longueur D du pieu de la hauteur d'encastrement mécanique D^e .

Cette valeur de D^e tient compte du fait que les caractéristiques mécaniques de la couche d'ancrage sont nettement supérieures à celles des sols de couverture traversés par le pieu.

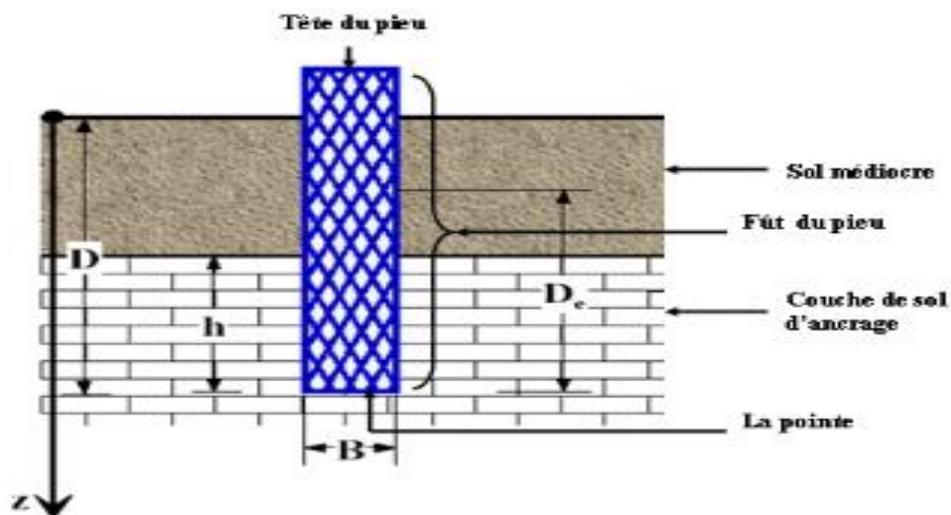


Figure 3.03 - Schéma représentant les différentes parties d'un pieu

b. Principe de fonctionnement :

Dans le report des charges de la structure vers le sol, les pieux peuvent fonctionner selon deux modes, l'appui de leur pointe et le frottement latéral de leur fût. Ces deux modes peuvent être utilisés séparément ou combinés suivant la nature des sols. Classiquement, à la manière d'une fondation courante, le pieu peut s'appuyer sur une couche de sol résistante. Les efforts sont alors transmis par la pointe du pieu, descendue jusqu'à une couche de sol présentant une résistance mécanique suffisante.

Parallèlement, le pieu mobilise également les différentes couches de sol traversées par son fût. Suivant le mode de réalisation, un phénomène de frottement latéral se met en place à l'interface pieu/sol qui permet également de transmettre des efforts. Ce phénomène permet de se fonder dans les sols de qualité médiocre grâce à l'importante surface mobilisée.

Une fondation profonde est caractérisée par la manière dont le sol est sollicité pour résister aux charges appliquées :

- ✚ Par résistance en pointe.
- ✚ Par frottement latéral.
- ✚ Par résistance de pointe et frottement latéral.

L'effort de pointe est proportionnel à :

- ✚ La section de la base du pieu.
- ✚ La résistance du substratum.

L'effort de frottement latéral est proportionnel à :

- ✚ La surface de contact entre le pieu et sol.
- ✚ Au coefficient de frottement pieu-sol (rugosité du pieu, pression latérale, coefficient de frottement interne du sol).

c. Classification des pieux :

On distingue 2 grandes classes de pieux :

- ✚ Les pieux mis en place par refoulement du sol, ils concernent les pieux battus et les pieux foncés. Leur mise en place se fait par vérinage battage ou vibro-fonçage. Ils repoussent le sol et le compriment, ce qui génère un bon frottement latéral.
- ✚ Les pieux mis en place sans refoulement du sol, ils concernent les pieux forés et les puits. Leur mise en place se fait par substitution. Ce qui à pour effet de remanier le sol et de le décompresser. Le frottement latéral est donc diminué, sauf pour certains types de mise en œuvre (pieux exécutés à la tarière creuse, ou vissés moulés).

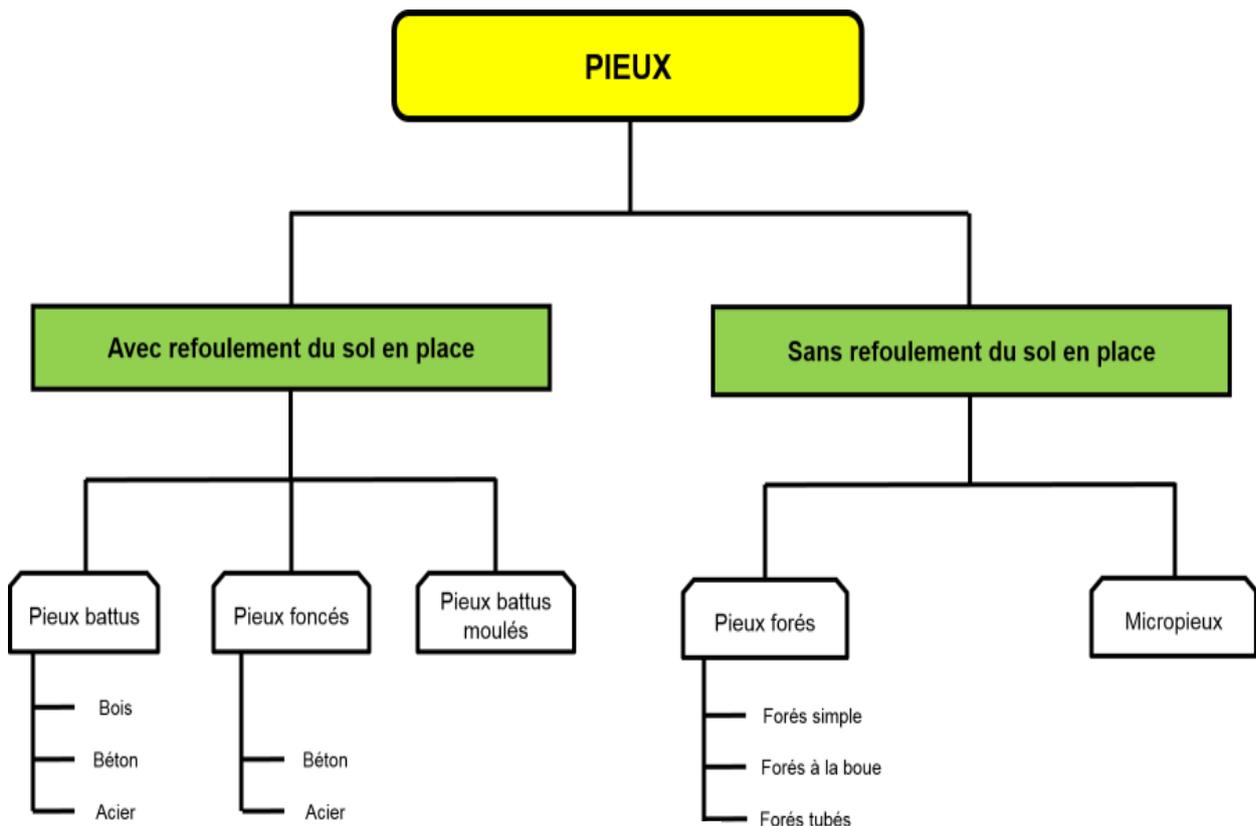


Figure 3.04 - Classification des fondations profondes

c.1. Pieux forés simples :

Les pieux forés simples sont idéalement utilisés quand le sol est suffisamment cohérent et situé au-dessus des nappes phréatiques. Le pieu est exécuté sans nuisance sonore et sans vibration, l'ancrage se fait dans les terrains durs à grande profondeur.

- Outils de forage souvent utilisés : tarière, bucket, carottier, trépan.
- Diamètres courants : de 500 à 2000mm.
- Profondeur maximale : 70m.

c.2. Pieux forés à la boue :

Ces types de pieux sont utilisés sur toutes les natures de terrains de grande profondeur, la stabilité des parois est assurée par une boue thixotropique (bentonite).

L'outil de forage appelé bucket est de section circulaire.

Après descente dans le forage d'une cage d'armatures, l'excavation est remplie de béton à l'aide d'une colonne de bétonnage.

- Outils de forage souvent utilisés : bucket, carottier, trépan.
- Diamètres courants : de 620 à 1980mm.
- Profondeur maximale : 60m.

c.3. Pieux forés tubés :

Dans le cas de sols de faible cohésion, un tubage permet d'assurer la tenue des terres durant les opérations de forage. On parle alors de pieux forés tubés. Le tubage peut être enfoncé jusqu'à la profondeur finale par vibration ou foncé avec louvoisement au fur et à mesure de l'avancement du forage. Les pieux forés tubés sont particulièrement bien adaptés pour des travaux fluviaux ou maritimes tels que les fondations de quai ou de pont en rivière.

- Outils de forage souvent utilisés : tarière, bucket, carottier, trépan, benne circulaire.
- Diamètres courants : de 600 à 1500mm.
- Profondeur maximale : 60m.



CHAPITRE 04
Promotion Bouaicha

1. Présentation du projet :

Il s'agit d'une tour C+11+sous-sol composée de deux blocs A et B à usage multiple (logement, commerce et terrasse), située à cité Oued El Daheb zone A lot n°19, Annaba.



Figure 4.01 - Fiche de suivi de projet

Nb : Ce projet est encore en cours de réalisation.



Figure 4.02 - Plan de masse

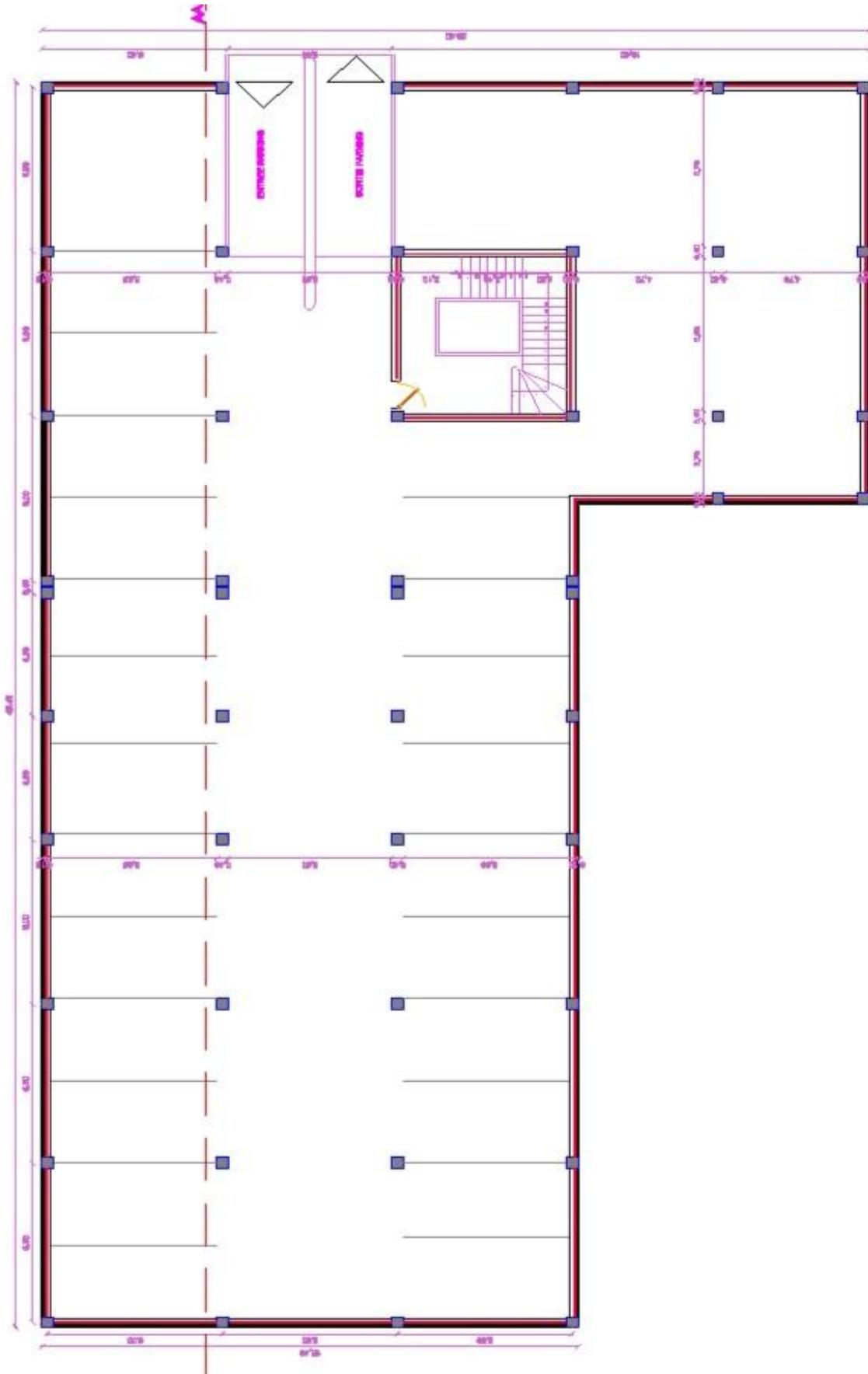


Figure 4.03 - plan de sol sous-sol (parking)

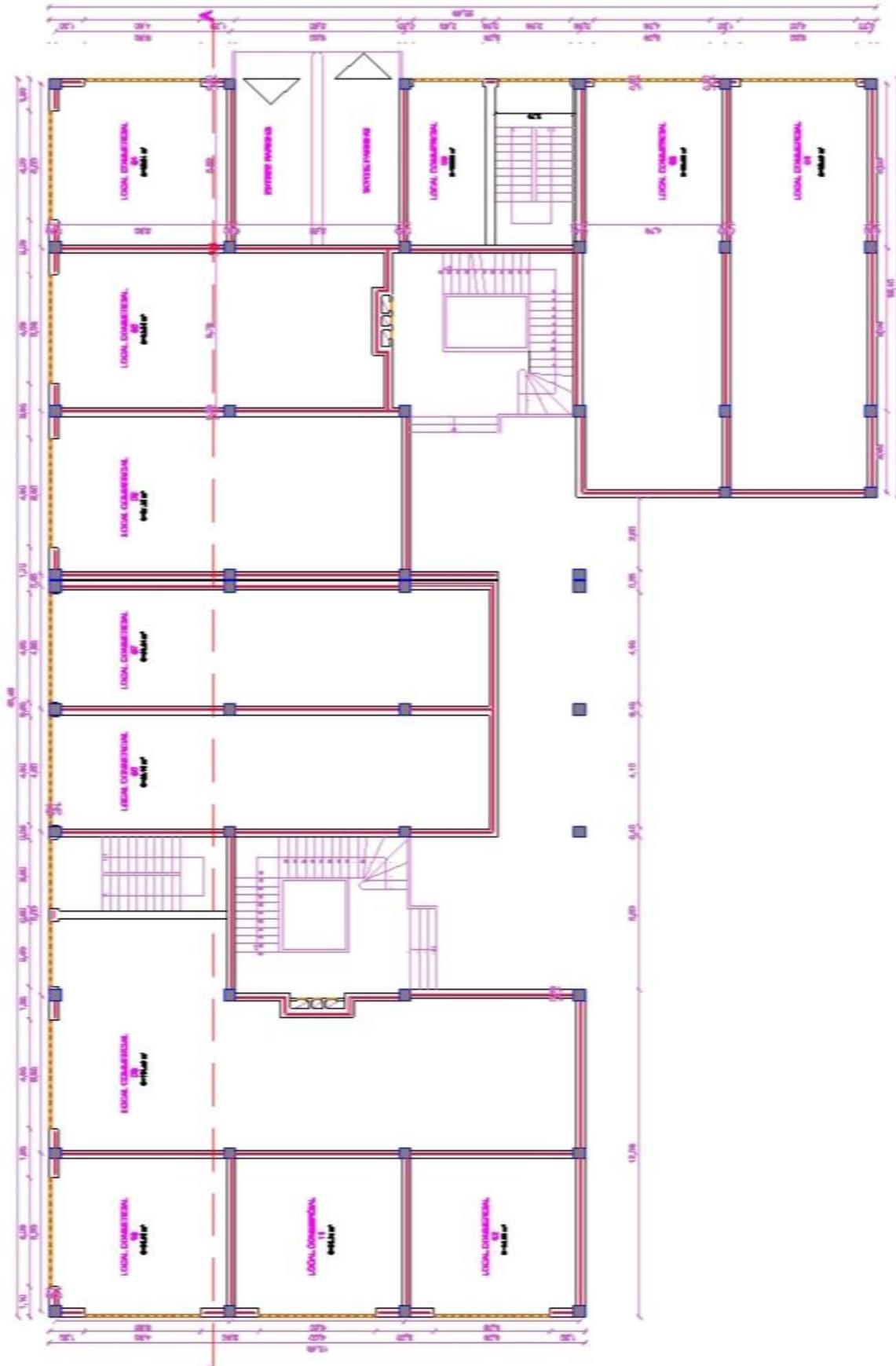


Figure 4.04 – Plan de sol RDC



Figure 4.05 – Plan de sol 1^{er} étage



Figure 4.06 – Plan de sol étage courant

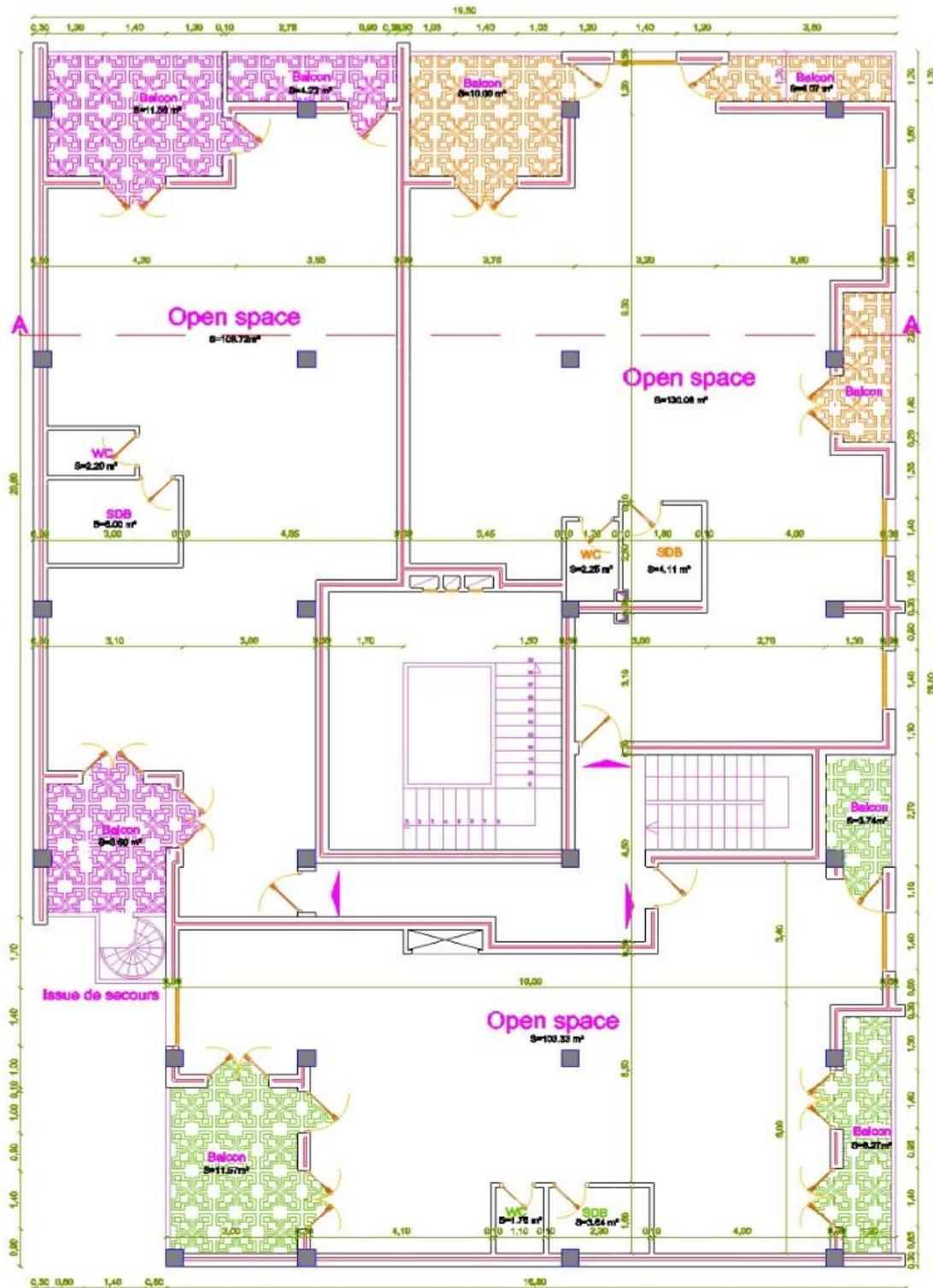


Figure 4.07 – Plan de sol 1^{er} étage bloc A

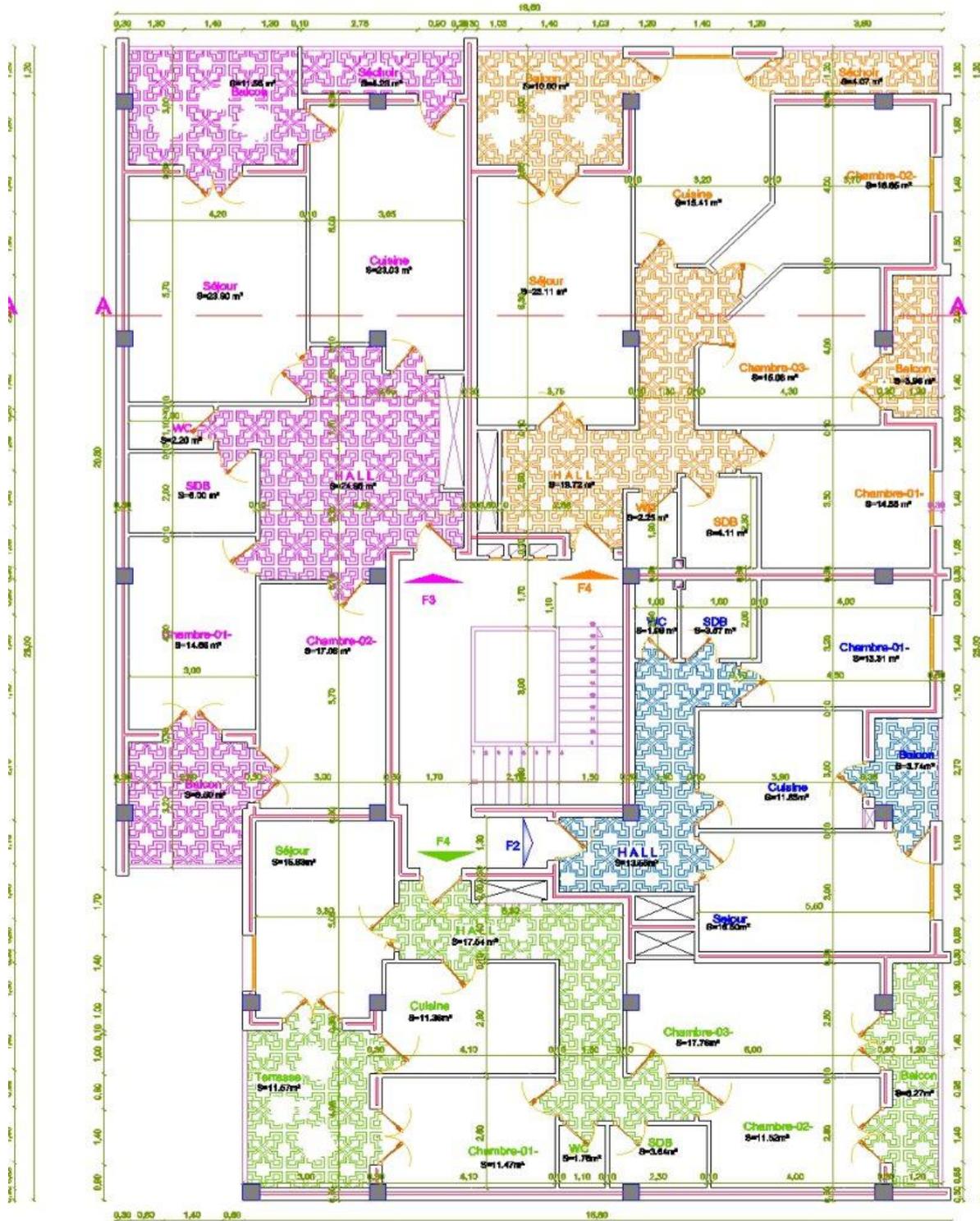


Figure 4.08 – Plan de sol étage courant bloc A

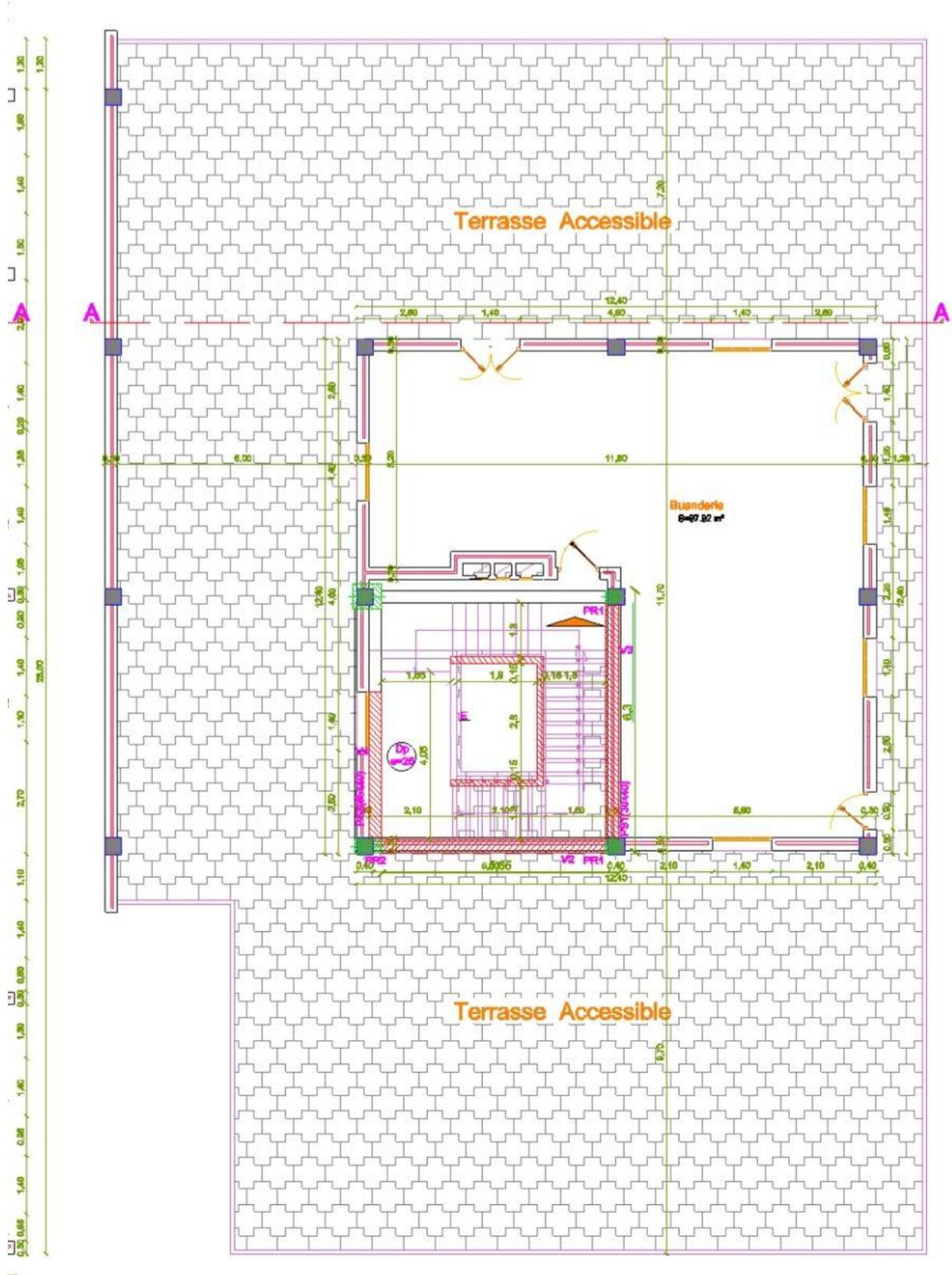


Figure 4.09 – Plan de sol terrasse

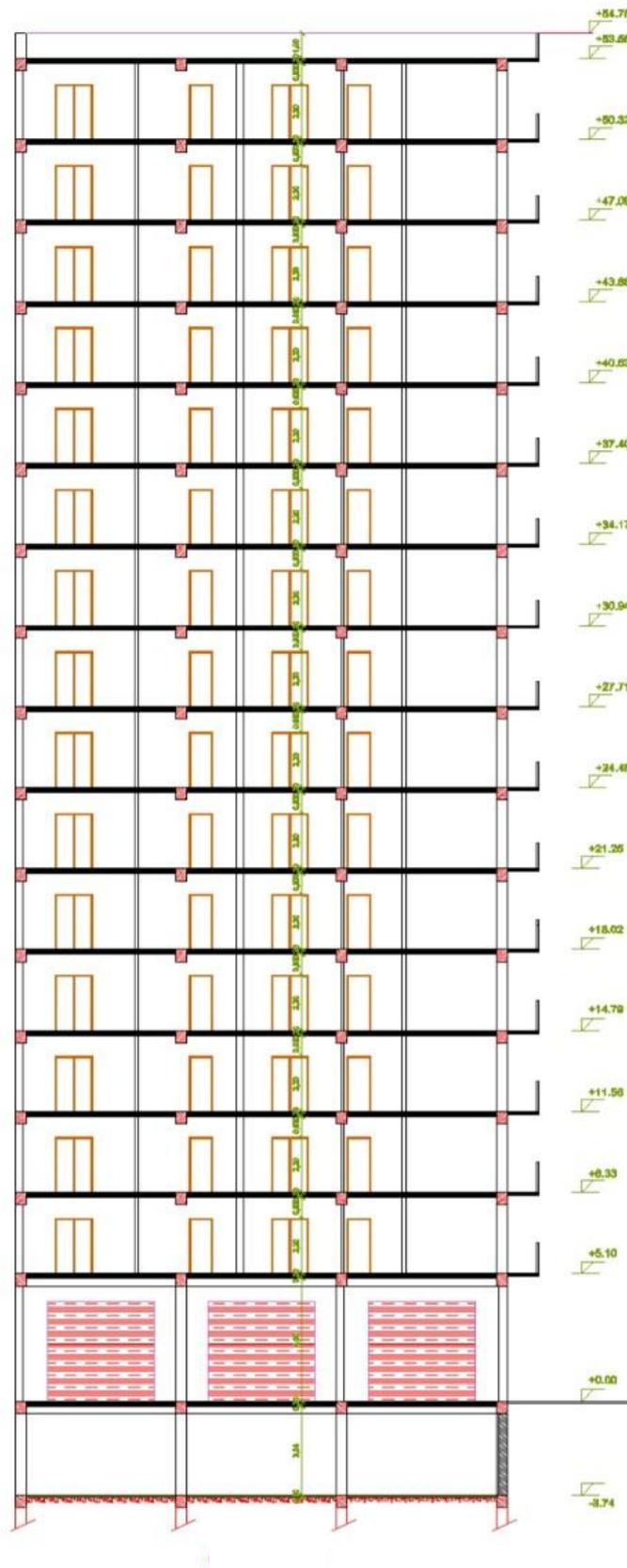


Figure 4.10 – Plan en élévation bloc A coupe AA



Figure 4.11 – Plan de sol 1^{er} étage bloc B

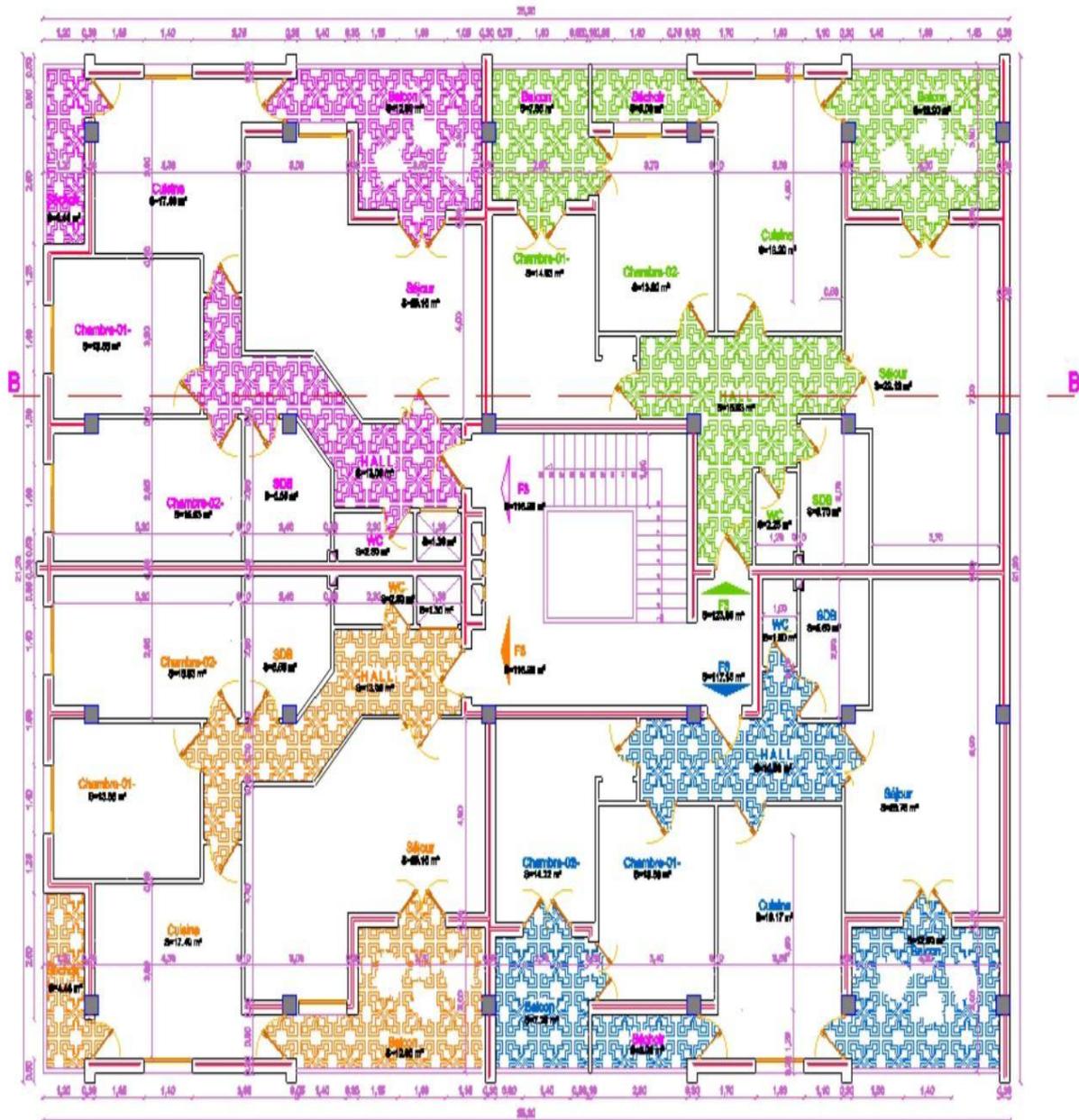


Figure 4.12 – Plan de sol étage courant bloc B

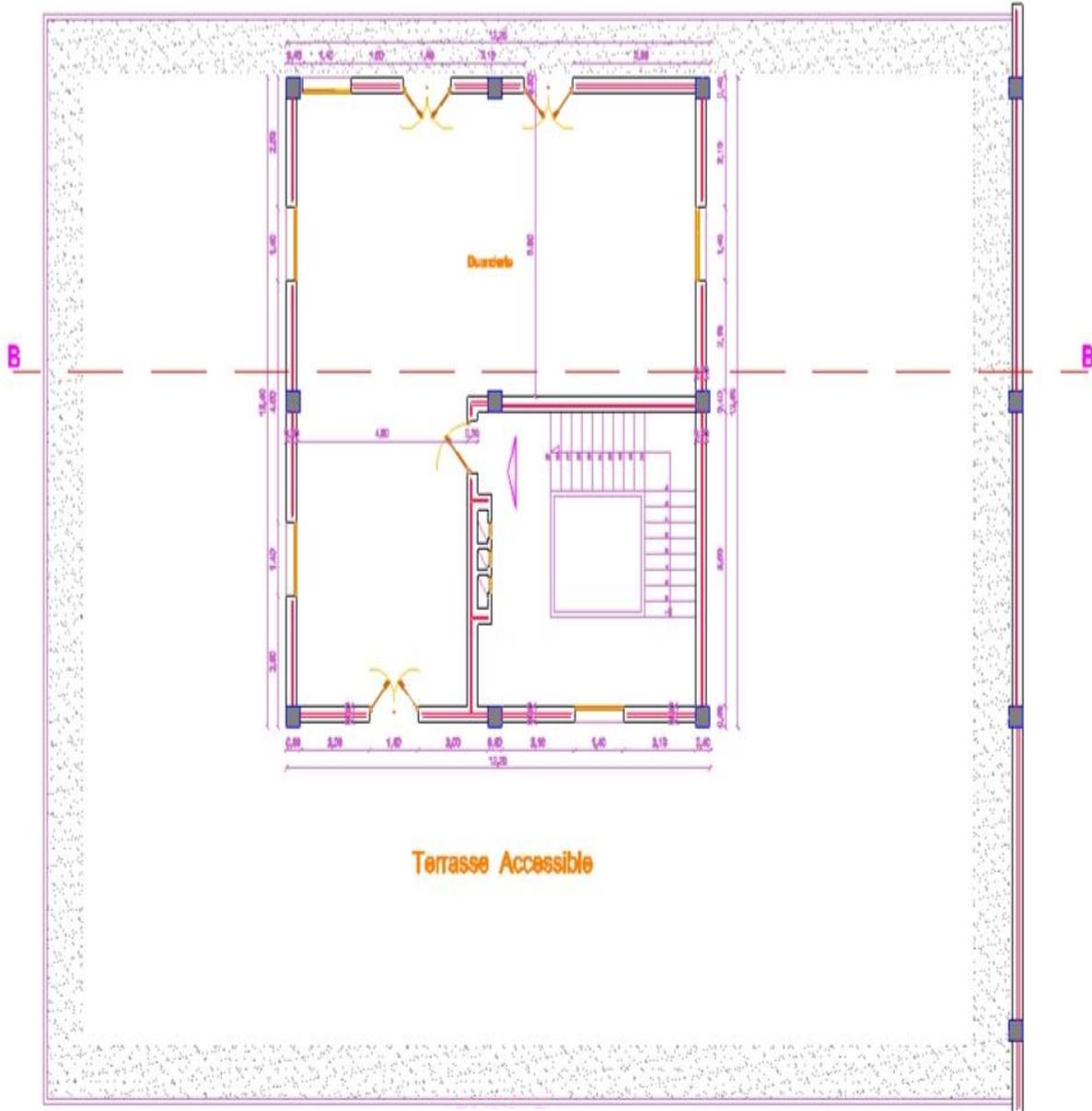


Figure 4.13 – Plan de sol terrasse bloc B

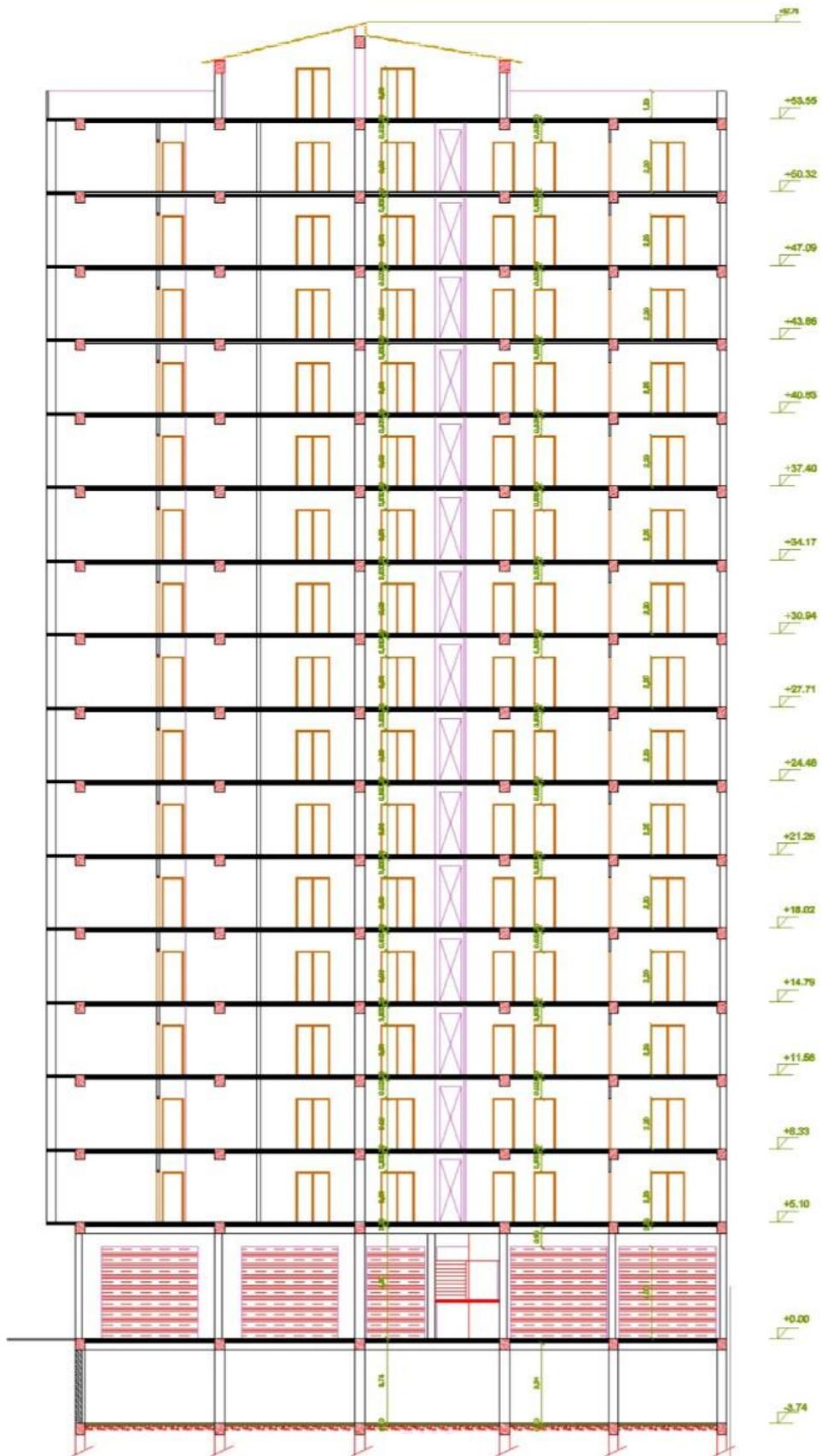


Figure 4.14 – Plan en élévation bloc B coupe BB

2. Implantation de l'ouvrage :

L'ouvrage se trouve sur la RN44 à Annaba derrière le concessionnaire automobile Mercedes Benz. L'entrée du chantier se situe au bord de la route à gauche du showroom.



Figure 4.15 – Plan de situation du projet

3. Etude de sol :

Le point commun à tout projet, que ce soit une maison ou une tour, est l'étude de sol. On ne pose pas une construction sur un sol sans connaître sa nature. Car, selon l'emplacement des terrains, le sol peut avoir différentes natures : roche, argile, sable, remblai...

Le but de l'étude est de définir la composition de chaque couche, à quelle profondeur elle se situe et d'autres éléments...

De cette manière on saura quel type de fondation utiliser, comment la dimensionner et à quelle profondeur la poser, toujours en fonction de la charge supportée.

Dans ce projet, l'étude de sol a été faite par le Laboratoire des Travaux Publics de l'Est, (L.T.P.EST) de Annaba selon la demande de Mr Bouaicha.

L'intervention consiste à exécuter :

- ✚ Trois sondages carottés Sc1, Sc2 et Sc3 de 33, 30 et 27 mètres respectivement avec prélèvement d'échantillons des différentes couches traversées et la réalisation des essais SPT (le choix et l'implantation du point de sondage ont été faits par Mr Bouaicha).
- ✚ Trois forages pressiométriques SP1, SP2 et SP3 de 30 mètres de profondeur chacun à l'exception du SP1 qui est de 25 mètres de profondeur.

a. Essais exécutés en laboratoire :

A la fin des sondages, les échantillons récupérés ont été soumis à des essais physiques, mécaniques et chimiques. Ces essais ont été réalisés suivant les normes et modes opératoires en vigueur de L.T.P.EST.

a.1. Essais physiques :

- ✚ Détermination de la teneur en eau naturelle (W_n en %).
- ✚ Détermination du degré de saturation (S_r en %).
- ✚ Détermination de la densité sèche (γ_d en t/m^3).
- ✚ Détermination de l'équivalent de sable (E_s en %) analyse granulométrie.
- ✚ Détermination des limites d'Atterberg :
 - Limite liquidité W_L (%).
 - Limite de plasticité W_p (%).
 - Indice de plasticité I_p (%).

a.2. Essais mécaniques :

- ✚ Essai de cisaillement rectiligne à la boîte de Casagrande de type CU (consolidé, non drainé) avec mesure de C_{cu} et ϕ_{cu} respectivement, cohésion en bars et angle de frottement interne en degré.
- ✚ Essai de compression à l'odomètre avec mesure de P_c , C_t , C_g respectivement, pression de pré-consolidation en bars, coefficient de tassement et de décompression.

a.3. Analyse chimique :

- ✚ Détermination de la teneur en sulfate (Gypses en %).
- ✚ Détermination des insolubles (en %).
- ✚ Détermination de la teneur en carbonates ($CaCO_3$ en %).
- ✚ Détermination de la teneur en Matière Organique (MO en %).

b. Interprétation des résultats :

b.1. Coupes lithologiques :

L'observation visuelle du sondage N°1 carotté réalisé sur site, nous a donné la lithologie suivante :

Profondeur de couche	Nature de sol
00.00 à 0.40	Terre végétale
0.40 à 2.00	Remblai
2.00 à 06.00	Argile sableuse avec présence d'une matière organique
06.00 à 11.00	Sable fin argileux riche en matière organique
11.00 à 19.00	Sable fin argileux ocre
19.00 à 26.00	Sable moyen ocre
26.00 à 30.00	Sable fin argileux avec présence d'une matière organique
30.00 à 33.00	Sable moyen peu argileux

Tableau 4.01 - Lithologie du terrain selon le sondage 01

Profondeur de couche	Nature de sol
00.00 à 2.50	Remblai
2.50 à 9.00	Sable fin avec peu d'argile et de matière organique
9.00 à 11.00	Argile sableuse riche en matière organique
11.00 à 16.00	Sable fin avec présence de matière organique
16.00 à 22.00	Sable fin argileux
22.00 à 25.70	Argile avec un peu de sable
25.70 à 30.00	Sable moyen argileux

Tableau 4.02 - Lithologie du terrain selon le sondage 02

Profondeur de couche	Nature de sol
00.00 à 0.50	Terre végétale
0.50 à 1.00	Remblai
1.00 à 07.00	Sable moyen
07.00 à 10.40	Sable moyen avec présence matière organique
10.40 à 21.00	Argile plastique mole noirâtre (présence de matière organique)
21.00 à 25.00	Argile raide plastique
25.00 à 27.00	Argile sableuse dense

Tableau 4.03 - Lithologie du terrain selon le sondage 03

c. Conclusions et recommandations :

V- CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Le terrain objet d'étude est de nature sédimentaire formé essentiellement d'argile très molle, riche en matière organique possédant des caractéristiques mécaniques très médiocres, a savoir portance et tassement .

La forte teneur en matière organique (Tourbe) est un facteur de corrosion électrochimiques des armatures et une agression pour le béton de ce fait l'utilisation d'un **ciment spécial (CRS)** est nécessaire.

La présence d'eau est signalé lors du forage à la profondeur de 1.5 mètre.

Compte tenu les résultats des essais mécaniques et physiques et après calcul des tassements;
A titre indicatif, pour une surcharge de 0.7 bar les tassements seront de l'ordre de 25cm.

On pourra adopter des fondations profondes sur pieu foré caractérisés par un diamètre de 0.80m et d'une longueur de 30m.

La charge nominale d'un pieu isolé de 0.8m de diamètre ancré à 30 mètres est limitée à **607 (KN)**.

Cependant il appartient au bureau d'étude qui connaît mieux certains paramètres (descentes de charges,...) à proposer le système de fondations adéquat pour ce type d'ouvrage.

Nous sommes à votre disposition pour tout autre renseignement.

INGENIEUR CHARGÉE D'ETUDE
L.BENCHAABANE

CHEF DE DEPARTEMENT TECHNIQUE
Z.BOUTELBA



LE DIRECTEUR REGIONAL
SICHERAIT




LTP-EST Filiale du groupe LCTP 11 Rue Attia Mohamed Annaba B.P 192
Site www.ltp-est.com email ltp.dra@lptest.com Tél. : 038.84.84.50 fax : 038.84.89.27
41/11/23/45 Etabli le 31.07.2011 par L.BENCHAABANE vérifié et approuvé par Z. BOUTELBA

Figure 4.16 – Conclusions et recommandations

3.1. Lithologie de terrain selon le forage des pieux en temps réel :

Profondeur de couche	Nature de sol
00.00 à 03.00	Remblai
03.00 à 06.00	Argile noirâtre très plastique
06.00 à 08.00	Argile sableuse
08.00 à 13.00	Sable
13.00 à 19.00	Argile noirâtre plastique
19.00 à 26.50	Argile noirâtre compacte
26.50 à 29.00	Argile avec présence de gneiss
29.00 à 32.00	Gneiss friable vert
32.00 à 33.70	Roche dure

Tableau 4.04 - Lithologie du terrain selon le forage du pieu K02

Profondeur de couche	Nature de sol
00.00 à 03.00	Remblai
03.00 à 06.00	Sable
06.00 à 15.00	Argile noirâtre très plastique
15.00 à 18.00	Argile sableuse cohérente
18.00 à 19.50	Sable
19.50 à 24.00	Argile plastique
24.00 à 25.00	Argile cohérente
25.00 à 34.50	Gneiss friable vert
34.50 à 36.00	Roche dure

Tableau 4.05 - Lithologie du terrain selon le forage du pieu K04

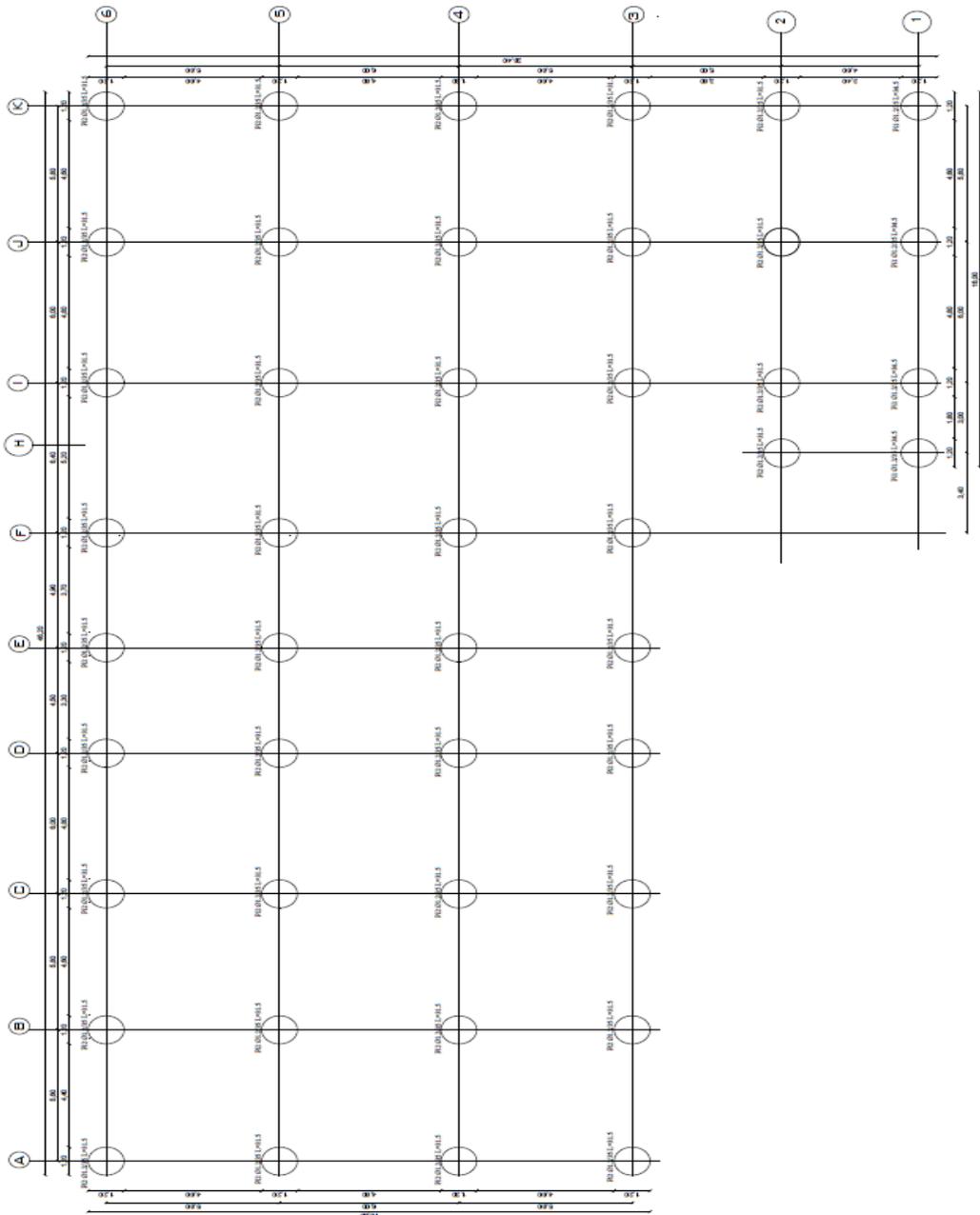
3.2. Conclusion :

Nous notons une différence entre les couches lithologiques que nous avons prélevées lors des forages de pieux et celles du laboratoire d'analyse. Cette différence est due au nombre de sondages et à leur implantation car la lithologie du terrain diffère dans la composition et la profondeur de chaque couche de sol.

4. Implantation des pieux :

Ce projet précédemment attribué à un autre bureau d'études, a été repris par BET-HYBATP qui y a entrepris des rectifications d'erreurs flagrantes concernant le nombre et la disposition des pieux.

Le plan final comprend 44 pieux sous poteau d'un diamètre de 1.20m et d'une profondeur de 35m.



4.1. Plan de ferrailage des pieux :

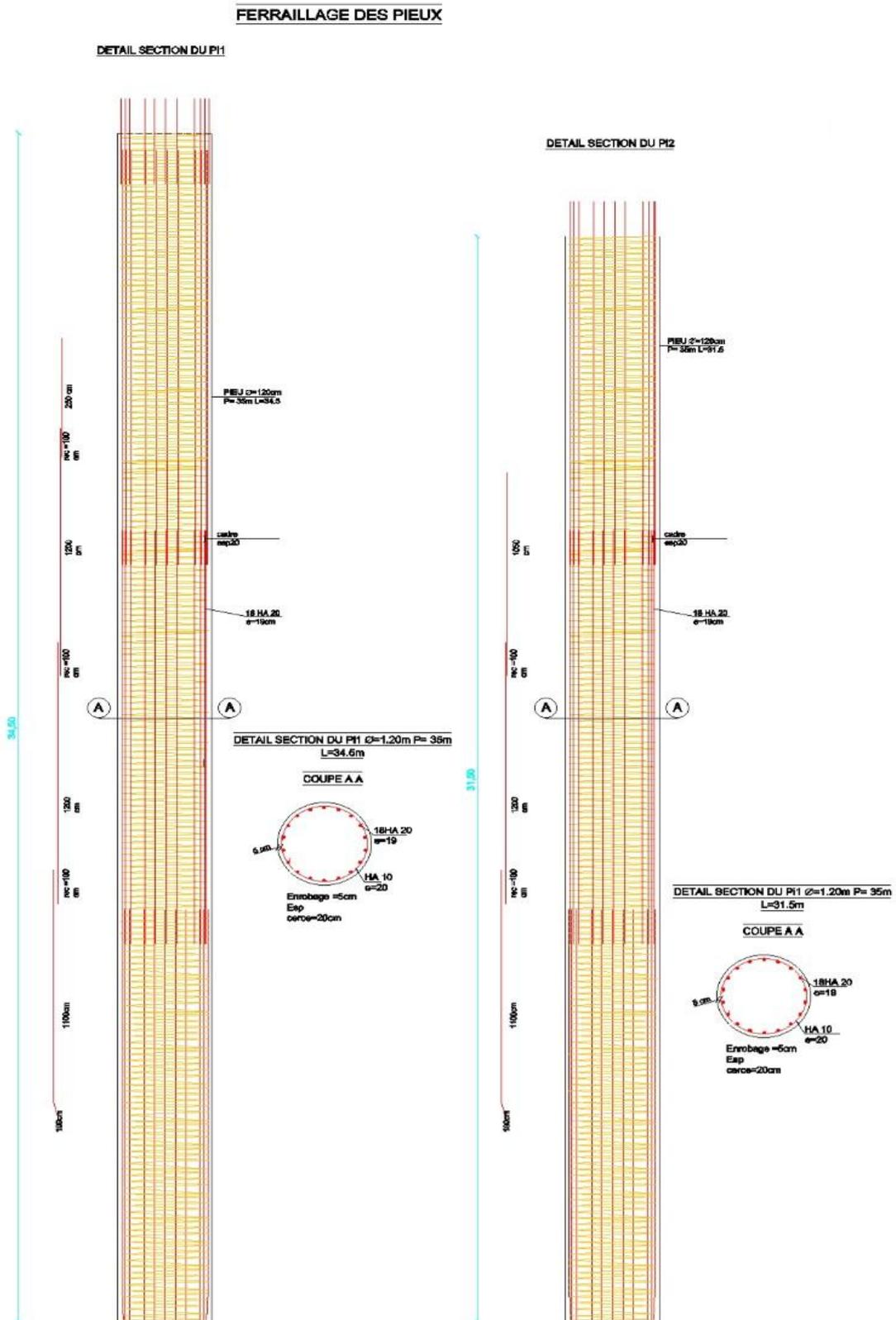


Figure 4.18 – Plan de ferrailage des pieux

5. Principe de réalisation d'un pieu foré boue:

La réalisation passe par les étapes suivantes :

- ✚ Implantation des pieux par le topographe.
- ✚ Forage par pression et rotation.
- ✚ Pose d'une virole d'une hauteur de 3m.
- ✚ Forage du diamètre précisé sur le plan.
- ✚ Ajout de la bentonite.
- ✚ Réalisation et mise en place des cages d'armatures.
- ✚ Mise en place des tubes plongeurs avec un ballon à l'extrémité.
- ✚ Bétonnage au tube plongeur.
- ✚ Extraction des tubes plongeurs.
- ✚ Récupération de la bentonite à l'aide d'une pompe.
- ✚ Dessablage de la bentonite.
- ✚ Mise en place de la cage d'armature.
- ✚ Bétonnage.

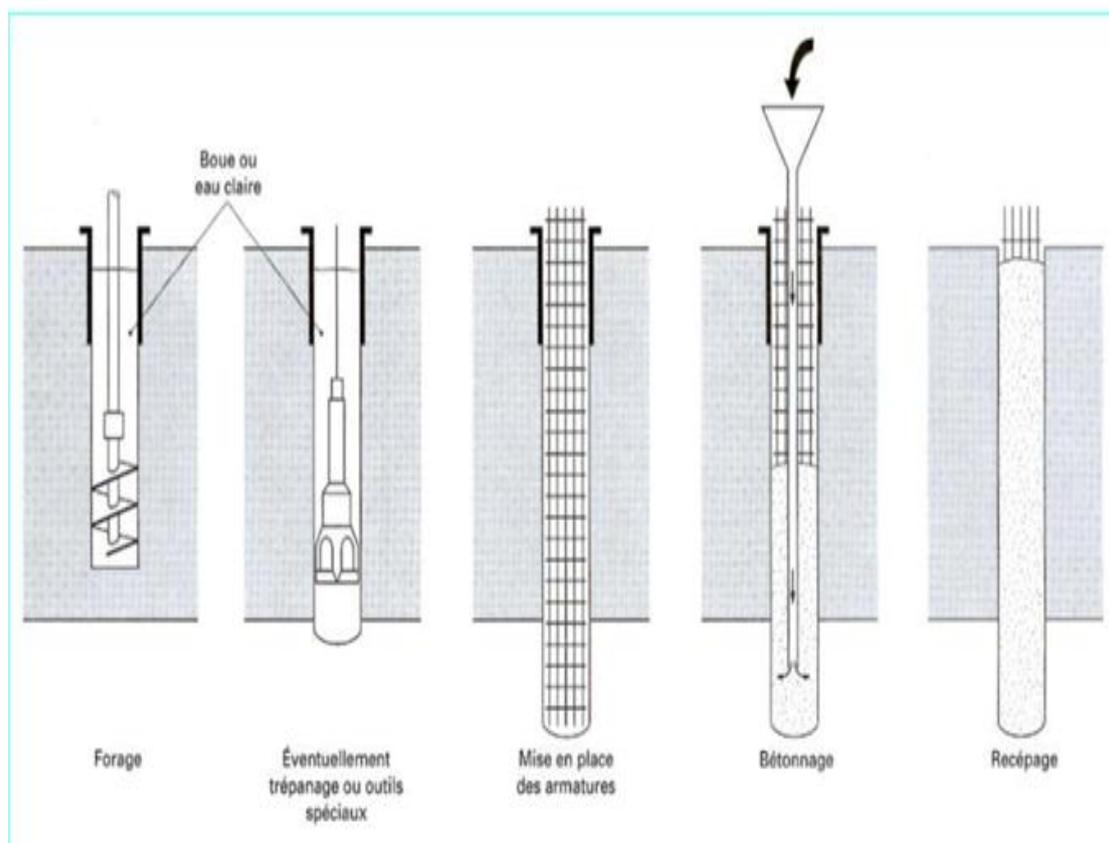


Figure 4.19 - Réalisation d'un pieu foré à la boue

5.1. Forage des pieux :

Forage par pression et rotation :

- ✚ Forage du sol 3 à 4 m avec un élargisseur.
- ✚ Mise en place d'une virole de 3 m
- ✚ Forage avec une bucket argile sur toute la profondeur restante.
- ✚ Changement d'outils dès-que la roche est atteinte par une bucket roche.
- ✚ Forage dans la roche jusqu'à la profondeur mentionnée sur le plan.



Figure 4.20 - Forage d'un pieu avec une bucket argile

5.2. Ajout de la bentonite :

La bentonite est un fluide stabilisateur visqueux, envoyé au fond du forage en forme de « cake » dont la surface extérieure en contact avec le terrain, est imperméable. Cette boue exerce une pression qui maintient le terrain et l'empêche de s'effondrer dans le trou de forage. Le contrôle de la bentonite se fait par l'essai de « Marshall », il consiste à calculer sa viscosité et sa densité. L'essai se fait in situ à l'aide du cône de Marshall, avant chaque forage. La préparation du fluide stabilisateur nécessite un sac de 50kg de bentonite pour 1000 litres d'eau.

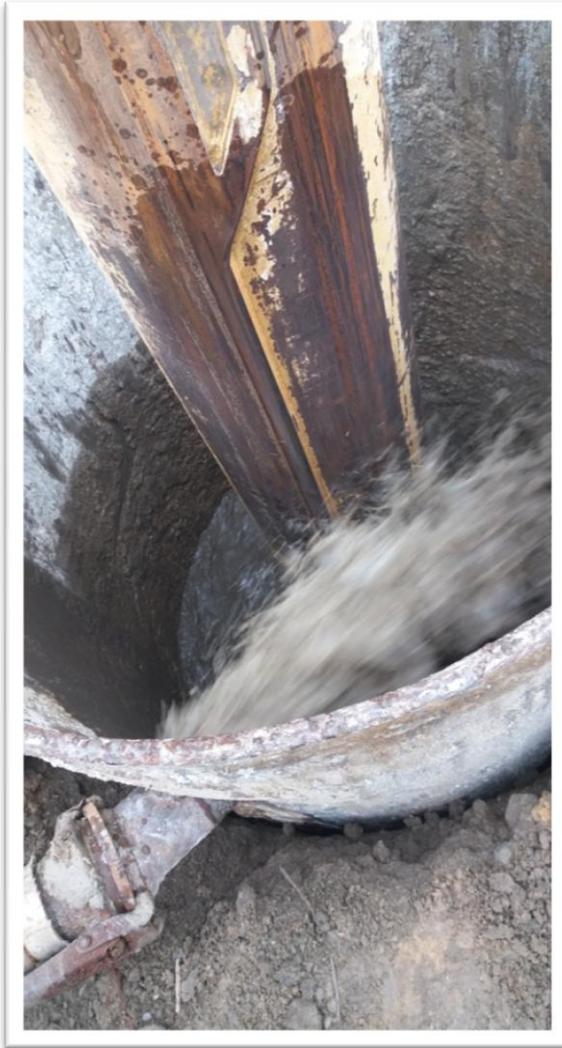


Figure 4.21 - Ajout de la bentonite

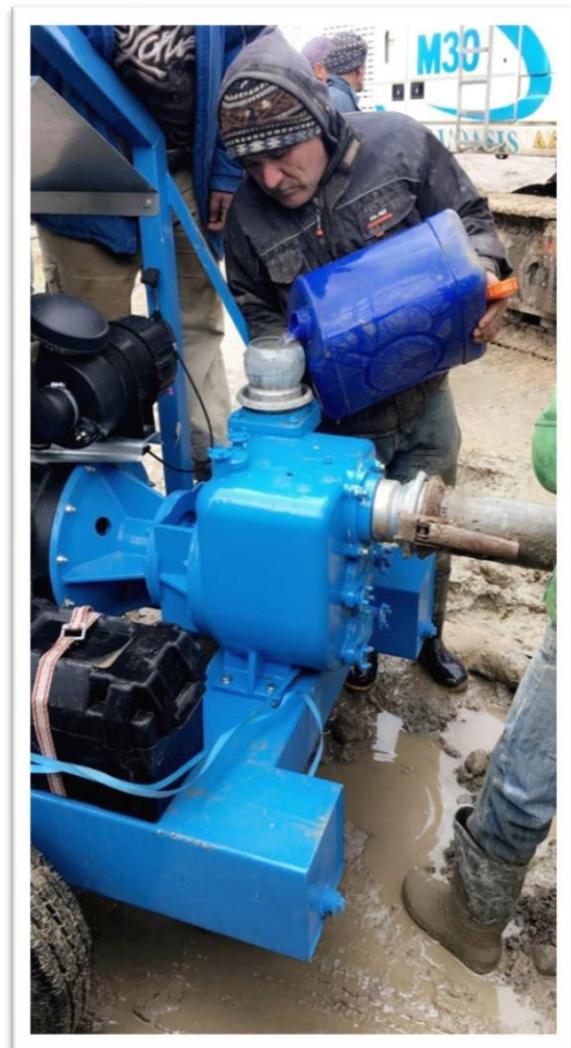


Figure 4.22 - Extraction de la bentonite

a. Principe de l'essai :

- ✚ Nous préparons les moyens dont nous avons besoin : cône de Marshall, pot gradué, chronomètre, une balance et une fiole remplie de bentonite.
- ✚ Puis nous versons la bentonite dans le pot gradué jusqu'à un niveau spécifique (1 litre de boue) en la faisant passer d'abord par la passoire qui se trouve en haut du cône, tout en bouchant son extrémité.
- ✚ Nous mettons le chronomètre dès l'ouverture du cône.
- ✚ Nous arrêtons le chrono quand la bentonite versée dans le pot gradué atteint un volume de 1 litre.
- ✚ Nous notons le temps écoulé en secondes pour mesurer la viscosité de la boue. Plus le liquide est visqueux, plus le volume donné mettra du temps à s'écouler par la pointe de l'entonnoir (l'intervalle d'une bonne boue est de 35 à 55 secondes).
- ✚ Enfin, nous calculons la densité qui est la division de la masse par le volume. Cette dernière doit être comprise entre 1,05 et 1,20.



Figure 4.23 - Cône de Marshall

b. Entretien de la bentonite :

L'entretien de la bentonite en temps normal est très simple ; elle est constamment régénérée pour en extraire les déblais et maintenir une teneur en solides correcte par dessablage. Cette opération permet de réutiliser la boue de forage pour d'autres pieux. La récupération de la bentonite se fait pendant le bétonnage.

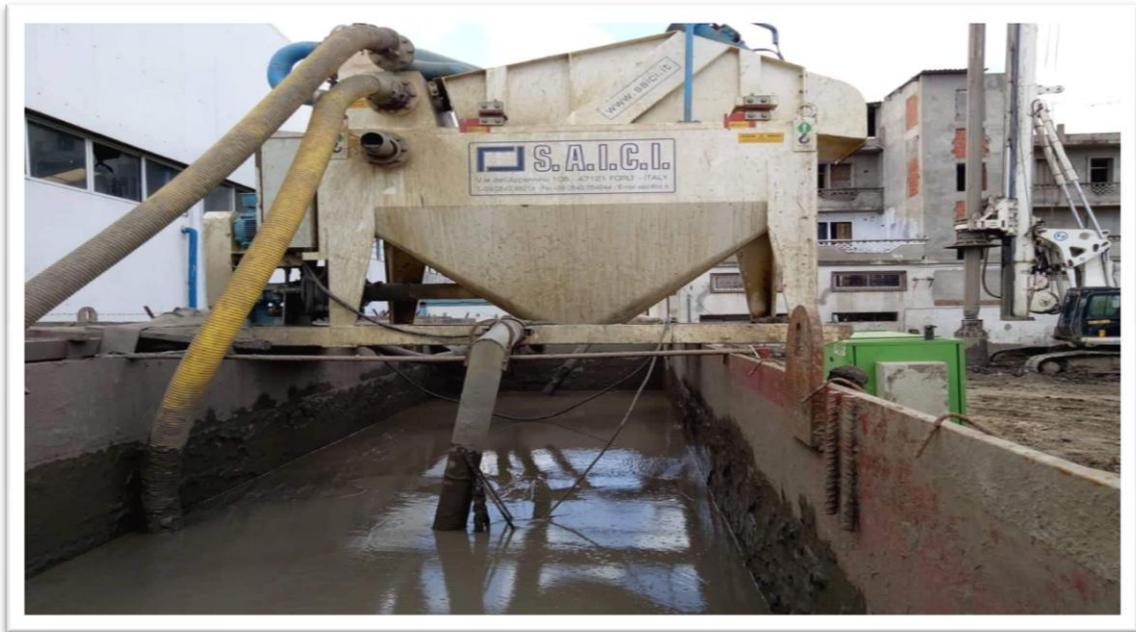


Figure 4.24 – Station de dessablage de bentonite



Figure 4.25 – Dessablage de bentonite

5.3. Vérification du niveau :

Après chaque forage, nous vérifions le niveau de la virole à l'aide d'un appareil optique sur trépied et d'une règle graduée pour contrôler et maintenir les niveaux et les profondeurs qui sont mentionnés sur le plan d'implantation des pieux. Cette vérification permet de calculer le nombre de cages d'armatures et la quantité de béton requis pour le coulage.



Figure 4.26 - Appareil optique sur trépied

5.4. Mise en œuvre des armatures :

Les pieux forés sont en général armés sur toute leur hauteur sauf pour quelques cas très particuliers (pieux courts de gros diamètre dans un terrain raide et imperméable).

Le ferrailage doit être préfabriqué en usine ou sur chantier et descendu ensuite dans le forage où il sera monté.

L'ensemble des armatures constituant le ferrailage est appelé « cages d'armatures ».



Figure 4.27 - Atelier de façonnage sur chantier



Figure 4.28 – Façonnage cage d'armatures

La cage d'armatures d'un pieu est constituée de barres longitudinales, disposées suivant les génératrices d'un cylindre, autour desquelles sont enroulées et fixées rigidement des armatures transversales appelées « cerces », « hélices » ou encore « spires ». Des écarteurs sont placés sur les armatures longitudinales. Ces derniers servent à définir l'épaisseur de l'enrobage et à bien centrer la cage d'armatures dans le forage.

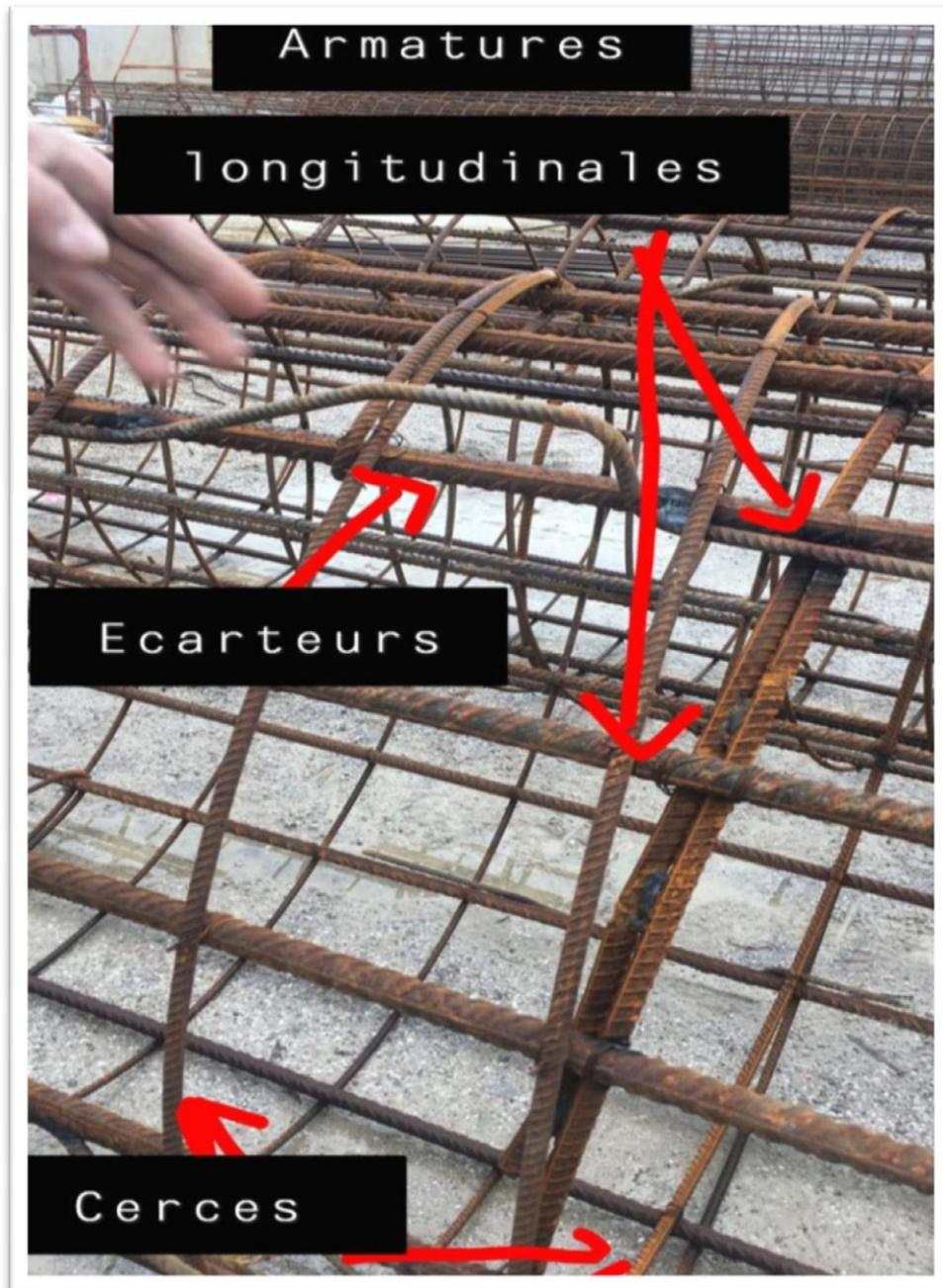


Figure 4.29 – Eléments d'une cage d'armatures

L'assemblage des cages d'armatures longitudinales et transversales est réalisé au moyen de ligatures ou par soudage. C'est pourquoi les armatures destinées au ferrailage d'un pieu doivent être en acier soudable. Pour les aciers à haute adhérence, le procédé de soudage doit être compatible avec le type d'assemblage (croisé, bout à bout, par recouvrement) et avec les conditions de la fabrication de la cage d'armatures (sur chantier ou en usine).



Figures 4.30 – Transport d'une cage d'armature à l'aide d'une grue sur chenille



Figure 4.31 – Assemblage de deux cages d’armatures par recouvrement



Figure 4.32 – Mise en place des cages d’armatures dans le forage

On pose des gaines-fourreaux à l'extrémité de la dernière cage d'armatures placée dans le forage, afin que le béton n'adhère pas à l'acier ce qui facilitera le recépage.



Figure 4.33 – Gaines-fourreaux

5.5. Bétonnage :

Avant chaque coulage, le béton est commandé et préparé dans une centrale à béton. Il est ensuite distribué à plusieurs malaxeurs (selon la quantité commandée) puis est transporté au chantier.

Avant chaque coulage, des essais de contrôle qualité de béton sont réalisés à partir de béton frais.



Figure 4.34 – Centrale à béton



Figure 4.35 – Chargement des agrégats dans les bacs de la centrale



Figure 4.36 – Commandes de la centrale à béton



Figure 4.37 – Chargement des malaxeurs

a. Contrôle qualité du béton :

Il existe deux essais contrôle qualité de béton :

- ✚ Essai destructif : écrasement en laboratoire.
- ✚ Essai non destructifs in situ : cône d'Abrams.

a.1. Essai destructif :

Cet essai est effectué en laboratoire sur des éprouvettes confectionnées in situ à partir de béton frais.

La résistance doit être égale ou supérieure aux spécifications exigées par le type de béton correspondant.



Figure 4.38– Préparation des éprouvettes in situ

a.2. Essai non destructif :

– **But de l'essai :**

Cet essai permet de vérifier la classe de consistance du béton en mesurant son affaissement.

– **Principe de l'essai :**

Cet essai consiste à réaliser un cône en béton frais à l'aide d'un moule conique, à le démouler et à mesurer son affaissement au sommet.

– **Réalisation de l’essai :**

Nous remplissons chaque fois le cône de 3 couches, chacune piquée de 25 coups par une tige métallique de 16mm de diamètre jusqu’au sommet du cône. Nous soulevons ensuite le moule et nous mesurons immédiatement l’affaissement.

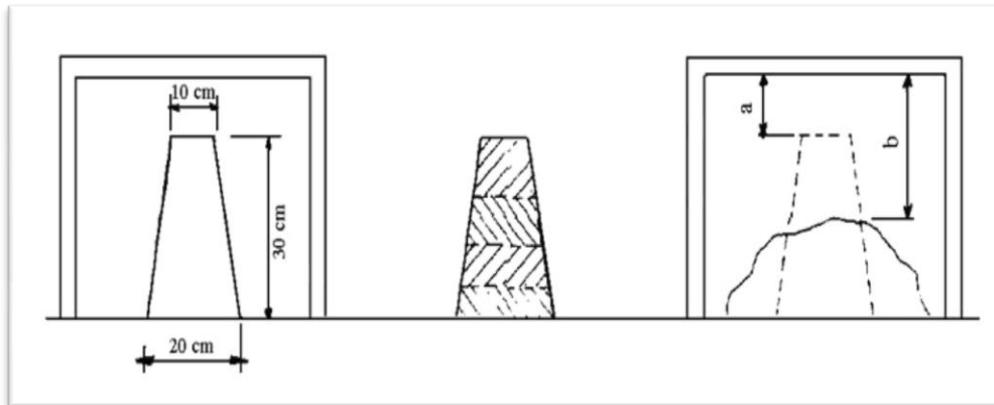


Figure 4.39 – Affaissement au cône d’Abrams

– **Analyse des résultats :**

A partir de la valeur de l’affaissement, on détermine la classe de consistance du béton.

Classe	Consistance	Affaissement en cm
S1	Ferme	1 à 4
S2	Plastique	5 à 9
S3	Très plastique	10 à 15
S4	Fluide	16 à 21
S5	Très fluide	> 21

Tableau 4.06 – Classe d’affaissement du béton frais

b. Conclusion des essais :

- ✚ Lors des essais d’écrasement au laboratoire, le béton a atteint une résistance de 45MPa.
- ✚ Le béton dont nous avons besoin pour le coulage d’un pieu doit être fluide ; Son affaissement doit être compris entre 16 et 21cm.

c. Bétonnage aux tubes plongeurs :

La boue de forage doit être dessablée soigneusement avant le bétonnage des pieux sinon le risque d'emballlement de boules de sables est grand et la résistance des pieux risque d'être très amoindrie.

Il est recommandé de réaliser le coulage du béton au moyen d'un tube plongeur qui permet de faire arriver le béton frais au sein de la masse de béton déjà coulé. On évite ainsi la ségrégation du béton, de même que son délavage lorsque le coulage se fait sous l'eau ou sous la boue. Pour éviter que la boue ne pénètre dans le tube plongeur lors de sa mise en place dans le forage, on place un ballon à l'extrémité de ce dernier, ce qui permettra de le boucher. De plus, par cette technique, le premier béton toujours plus ou moins pollué, reste en permanence à la surface, il se retrouve donc en fait de bétonnage à la tête du pieu et est éliminé par le recépage.

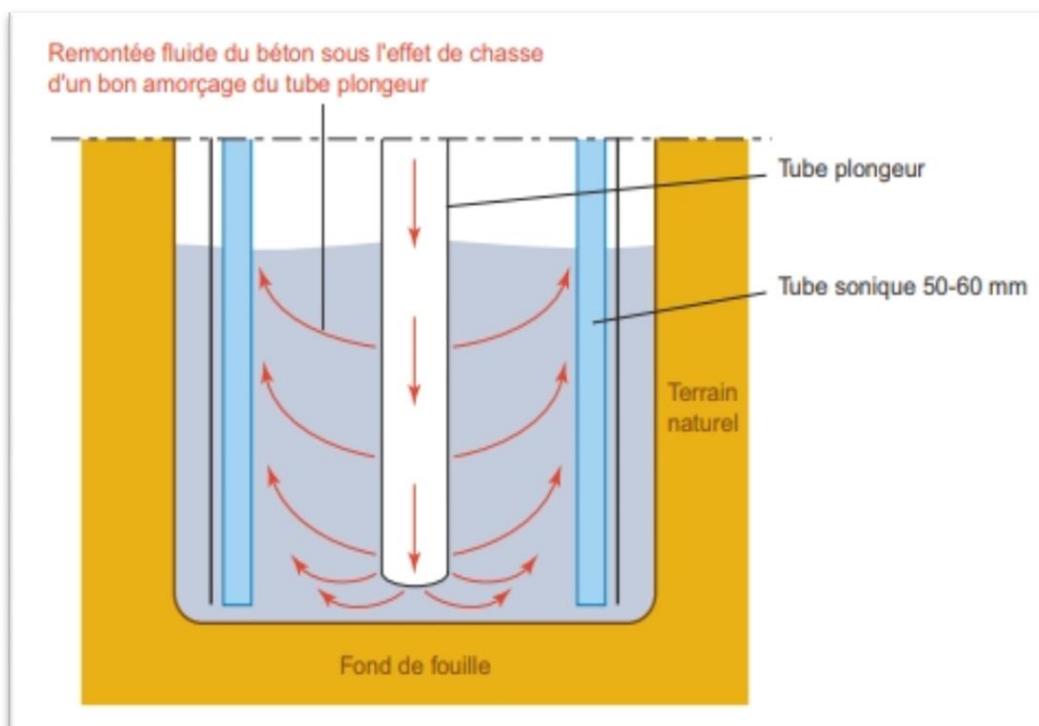


Figure 4.40 – Principe de coulage



Figure 4.41 – Préparation des tubes plongeurs



Figure 4.42 – Emboitement des tubes plongeurs



Figure 4.43 – Ballon à l'extrémité du tube

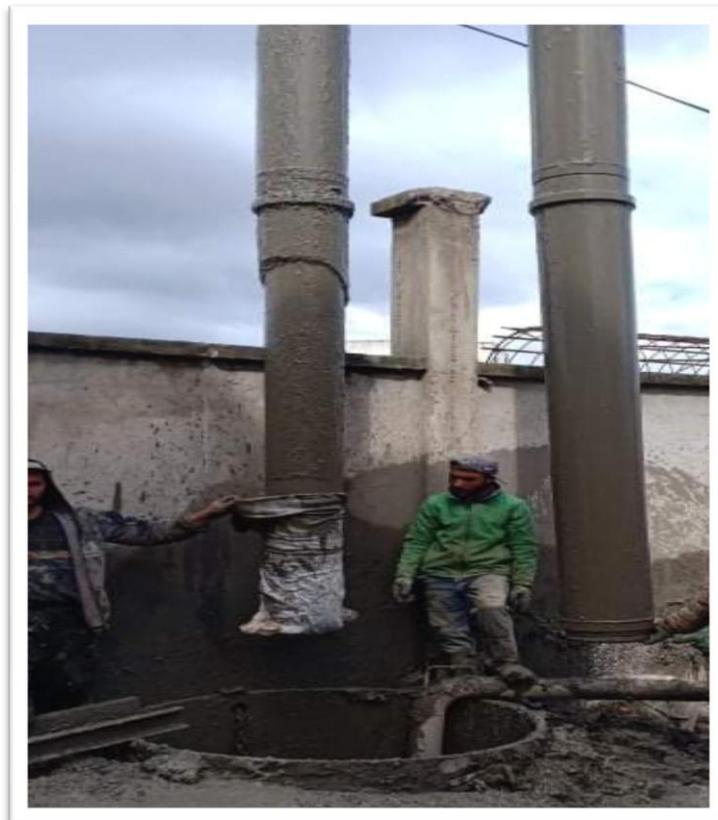


Figure 4.44 – Mise en place des tubes plongeurs



Figures 4.45 – Mise en place de l'entonnoir à béton

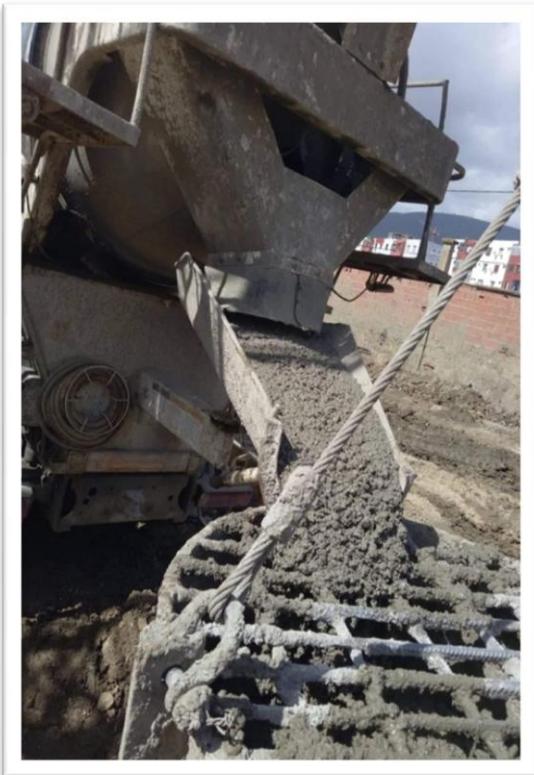


Figure 4.46 – Coulage du béton

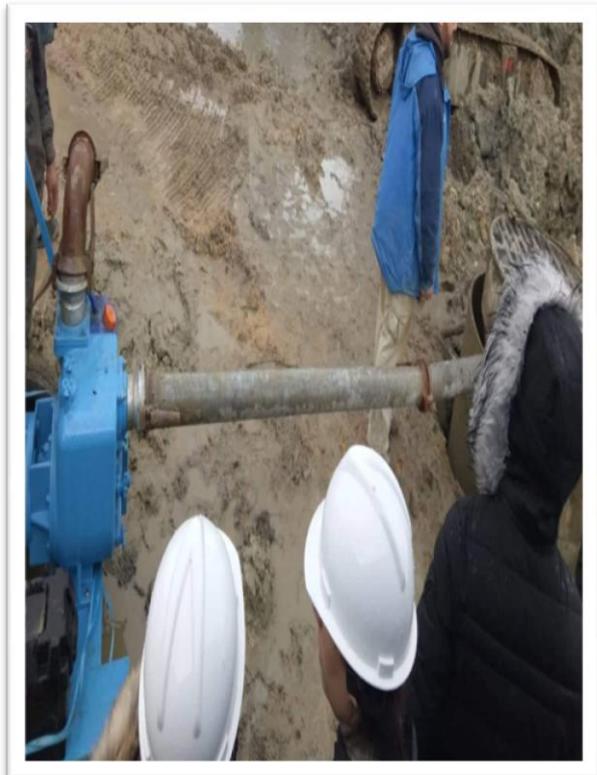


Figure 4.47 – Récupération de la bentonite

5.6. Terrassement et recépage :

Mettre en forme le terrain ou le modeler par un terrassement revient à lui donner sa forme finale. Le terrassement se fait à l'aide de la mini pelle pour terrasser le terrain puis d'un chargeur et d'un camion afin de débarrasser le chantier de la terre enlevée.



Figures 4.48 – Travaux de terrassement

Lorsque l'on remplit de béton des forages à l'aide d'un tube plongeur, le premier béton qui arrive au fond du trou se mélange avec l'eau, la boue ou les éboulis qui s'y trouvent. Au fur et à mesure du remplissage de ce forage, le béton remonte avec lui ces eau boue ou éboulis, de telle sorte qu'en fin de coulage, le premier béton souillé par ces éléments indésirables se retrouve en surface. Il faudra donc l'éliminer ultérieurement pour retrouver un béton sain pour une assise fiable des appuis. L'élimination de ce béton souillé s'appelle le « recépage ». Le recépage est obligatoire sur toutes les fondations profondes et se fait sur une hauteur variable selon le risque prévisible de pollution et la nature du sol rencontrés au moment du forage.

Ce travail de recépage ne doit en aucun cas altérer les propriétés mécaniques du béton et ne doit jamais être réalisé avant le 7^e jour du coulage du béton afin de ne pas risquer de créer des microfissurations en sous face de la tête de cette fondation

✚ Sur ce chantier, le recépage s'est fait sur une hauteur de 1m à l'aide d'un marteau piqueur.

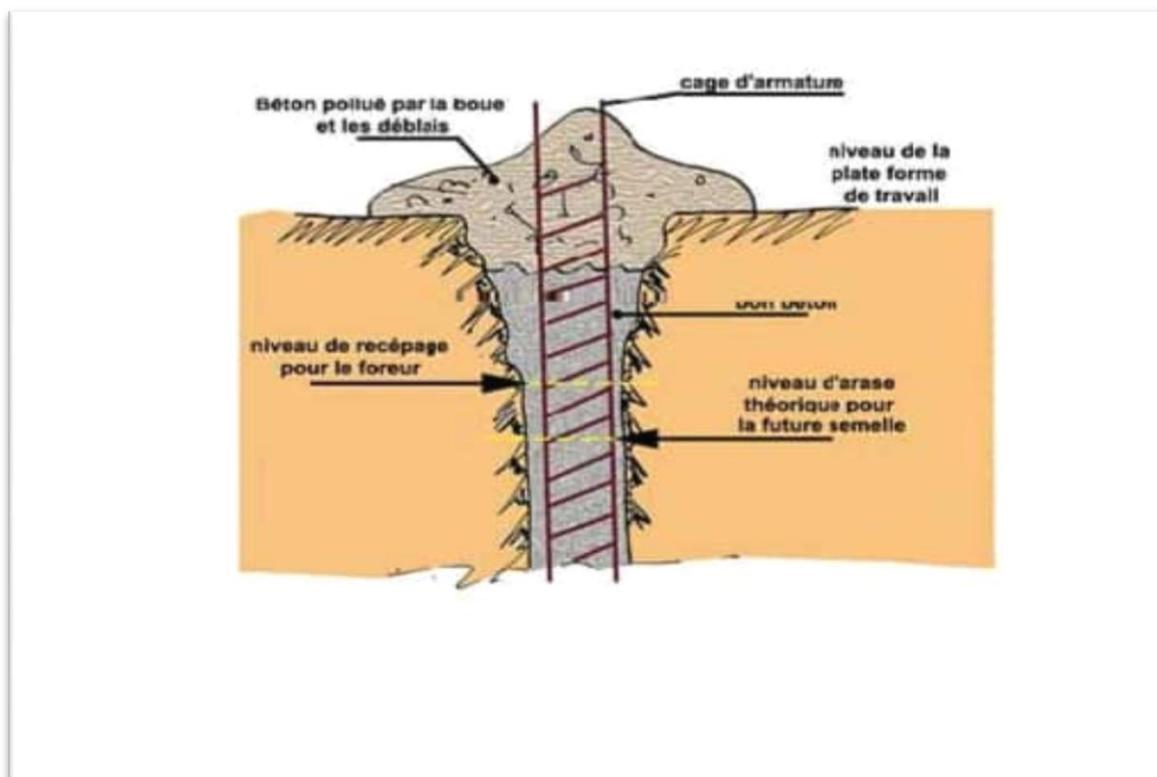


Figure 4.49 – Schéma explicatif du recépage

6. Comptes rendus de chantier :

Lors du déroulement du chantier, notre principale mission a été de remplir des fiches pour chaque pieu réalisé.

Ces comptes rendus sont présentés à chaque visite du contrôle technique afin de les mettre à jour sur l'évolution du chantier.

Les fiches de pieux contiennent 2 parties :

- ✚ La première partie doit faire référence au chantier et inclure des informations générales relatives aux :
 - Pieu (type, dimensions, etc.)
 - Mode d'exécution.
 - Spécifications des armatures et du béton.
- ✚ La deuxième partie comporte des informations particulières relatives à la procédure d'exécution.
 - La partie relative aux informations générales doit être la même pour les différents modes d'exécution et les différents types de pieux.
 - La partie relative aux informations particulières doit être propre à un type de pieu et à une méthode d'exécution et doit contenir les informations.
 - Selon le cas, les informations peuvent être fournies sous forme de :
 - Compte rendu individuel pour chaque pieu.
 - Comptes rendus résumés pour des groupes de pieux d'un même type et exécutés selon la même méthode.

6.1. Exemple d'une fiche de réalisation de pieux forés avec fluide stabilisateur :

Page 69
EN 1536:1999

B.4 Réalisation de pieux forés avec fluide stabilisateur : Données particulières

Pieu foré n° 05 Pieu en compression
K01 Pieu en traction
 Inclinaison Verticale

1 Couches de sols

m sous plate-forme de travail	m au-dessus du niveau de référence	Description des sols	Niveau d'eau	Outils forage tubage de m à m
	± 0	Niveau de la plate-forme de travail v		
	-3	Emblai	-3	biquette Argile φ 120
	-11	Argile plastique		
	-19	Sable		
	-30	Argile très compacte		
	-31	gneiss friable		
	-35	Roche dur		biquette Roche φ 1200
	-37,20	Roche		biquette Roche carrière φ 600

Échelle 1 :

3 Données du pieu

a) Mesure de profondeur après forage 37,20 m sous plate-forme de travail

b) Trépannage : carrière Roche de 36 m à 37,20 m sous plate-forme de travail

c) Écarts de position au niveau du plan de travail
 Axe : / cm Axe : / cm

4 Fluide — Stabilisateur — Valeurs réelles

	Unité	avant/bétonnage	
		avant	après
Masse volumique	g/cm ³	1,25	
Valeur Marsh	s	36,62	
Perte liquide	cm ³	/	
Teneur en sable	%	/	
Alcalinité	pH	/	

Niveau du fluide au-dessus du niveau bas du muret guide/tube guide -1,50 m
 au-dessus du niveau d'eau +1,50 m

5 Armatures
 Écarts/Plan n° N° 1
 Écarts sur longueur 0
 Modifications 0

6 Béton
 Événements spéciaux /

7 Bétonnage
 Niveau d'eau dans le forage au début du bétonnage au-dessus du niveau bas du muret / m
 Guide/tube guide / m
 Consommation de béton théorique 39,098 m³ réelle : 40 m³

8 Commentaires/Observations
 Écarts/données générales 0,902 m³

9 Signatures/dates
 Chef d'équipe/surveillant _____
 Représentant entrepreneur _____
 Représentant maître d'ouvrage _____

Figure 4.50 – Fiche de données particulières

1536:1999

B.3 Réalisation de pieux forés avec fluide stabilisateur : Données générales

Entreprise _____ Type de pieu et procédé foré à la barre

Chantier _____

Plan d'exécution n° N°01

1 Données du pieu

a) Diamètre du pieu/barrette 1,20m e) Granulats (taille maximale) 25

b) Diam. du muret guide/
du tube guide 1,30m m f) Rapport eau/ciment E/C 0,45
E = poids d'eau ; C = poids
de ciment

c) Outil de forage biquette g) Adjuvants béton super plastifiant
% de ciment en poids 0,5%

d) Dimensions externes h) Retardeur de prise ✓

— de l'outil de forage 1,190 m Temps d'ouvrabilité ✓

— de la trousse coupante _____ m

2 Armatures

Plan n° N°1

a) Mise en place de la cage d'armature

— avant bétonnage b) Procédure de mise en œuvre

— après bétonnage — tube plongeur \varnothing 0,26 m

b) Écarteurs — tuyaux pompage \varnothing 0,09 m

— type A12 — autre méthode /

— nbre/espacement longit. 1 m — description /

3 Béton

a) Résistance nominale : C 25/30 c) Curage du fond du forage Non

Consistance : F/S/superplastifié S4

b) Béton prêt à l'emploi

Béton fabriqué sur site d) Mesures pour séparer en début de bétonnage
le béton de l'eau ballon extrémité

c) Type de ciment (fournisseur) CEM II 42,5

d) Teneur en ciment 100 kg/m³

5 Commentaires/ Observations

Cocher si nécessaire

Figure 4.51 – Fiche de données générales

7. Contrôle technique des chantiers (CTC) :

Un projet de construction nécessite une organisation, un suivi et un contrôle du chantier rigoureux, afin de respecter les délais et l'enveloppe financière fixée. Il doit être approvisionné à chaque besoin. Le contrôle technique des chantiers doit s'assurer que l'entreprise respecte le projet dans les conditions du marché. Il doit également contrôler que les travaux respectent la réglementation, notamment en matière de respect des normes de construction mais aussi de conditions de travail, d'environnement, de sécurité et de qualité d'exécution.

L'intervention du contrôleur technique doit s'exercer dès la phase de conception, puis au cours de la phase exécution, et enfin durant la phase de parfait achèvement des travaux. Durant l'exercice de sa mission, le contrôleur établit des actes techniques et des actes d'informations qui matérialisent l'avis du contrôleur. Le maître de l'ouvrage reçoit les avis du contrôleur technique et décide des suites à donner à ces derniers.

Les conditions d'exercice, le contenu, les limites, les actes ainsi que les modalités pratiques d'exercice de la mission de contrôle technique sont définis par les dispositions des articles du Cahier des Clauses Générales d'Intervention du CTC.

7.1. Exemple d'un procès verbal d'exécution d'un pieu :

Maître d'ouvrage BOUAICHA SADEK Entreprise Générale E.B.A.T.C

Maître d'ŒUVRE E. E. Z. G. H. C. D Entreprise Fondation E.B.A.T.C

Ouvrage Palais de la Culture et du Sport Organisme de contrôle CTC

CAED 20

PROCES VERBAL D'EXECUTION DU PIEUX N° K5.1

DIAMETRE 1000mm LONGUEUR 33

Commencé le 06/03/19 à 15h Achevé le 07/03/19 à

(Forage)

1. FORAGE

Côte du sol lors du forage		+ 0,00 m	OBSERVATIONS (Incidents, Eboulements, Cavités, Venues d'eaux...etc...) <u>Venues d'eau à partir de 3,50m</u>
Côte plate forme de forage		+ 0,00 m	
Côte fond de forage	Prévue	35,00 m	
	réelle	35,00 m	
Côte sommet tubage		m	
Côte base tubage		m	
Longueur tubage		m	

2. CONTRÔLE DU BETON FRAIS-TRANSPORT

Béton Type C25/19 Centrale de fabrication E.B.A.T.C

N° d'ordre Camions ou Gachées	N° de bon des camions	HEURES				Volume de béton (m ³)	Eprovettes confectionnée par camion
		Départ Centrale	Arrivée sur poste béton	Début Vidange	Fin Vidange		
01	/	13:46	14:08	14:20	14:53	8m ³	2 ep
02	/	14:35	14:47	15:00	15:25	8m ³	2 ep
03	/	15:36	15:48	15:52	16:32	8m ³	2 ep
04	/	16:27	16:31	16:40	16:55	3m ³	/

LE 07/03/19

Figure 4.52 – Procès verbal d'exécution d'un pieu

8. Renforcement du terrain :

8.1. Introduction :

Lors de la réalisation de travaux de terrassement, notamment en milieu urbain, il peut être impossible ou risqué (par manque de recul ou proximité des avoisinants) de réaliser les fouilles en talutant. Aussi peut-on réaliser un soutènement provisoire ou définitif, au moyen de parois mises en œuvre avant le terrassement appelées « parois berlinoises ».

8.2. Principe de réalisation :

Cette méthode se présente de la façon suivante :

- ✚ Descente de profils métalliques en I ou en H, foncés ou battus, en périphérie de la zone à terrasser.
- ✚ Terrassement par passes.
- ✚ Mise en place de fers de renfort, bastaings ou panneaux béton préfabriqués, destinés à retenir les terres derrière la berlinoise.



Figure 4.53 – Implantation de la paroi berlinoise sur chantier



Figure 4.54 – Outils de forage de la paroi berlinoise



Figures 4.55 – Forage de la paroi berlinoise



Figures 4.56 – Ferrailage de la paroi



Figure 4.57 – Mise en place d'un profilé métallique H



Figures 4.58 – Paroi berlinoise avec profilé métallique en H

9. Essais d'intégrité des pieux :**9.1. Introduction :**

A la fin de la réalisation des pieux, il est nécessaire de vérifier l'intégrité des pieux et de s'assurer de la continuité du béton sur toute la profondeur. La période d'exécution de ces essais est comprise entre le terrassement et le recépage.

Ils ont pour but de s'assurer :

- ✚ De la qualité du béton du fût (béton âgé d'au moins 7 jours).
- ✚ du contact en pointe entre le béton et le sol.

9.2. Choix de la méthode :

Le choix de la méthode d'auscultation dépend du type et des caractéristiques des éléments de fondation comme l'indique le tableau suivant :

Pieux forés		
Longueur L (m)	$L < 25$ m	$L \geq 25$ m
Diamètre D (mm)		
$D \leq 800$	Réflexion & impédance	Sonique
$800 < D \leq 1000$	Sonique	Sonique
$D > 1000$	Sonique	Sonique
Barrettes et parois moulées :		
Sonique par transparence dans tous les cas		

Tableau 4.07 – Paramètres du choix de la méthode de vérification

a. Essais par chargement statique :

Procédé de référence pour évaluer la capacité portante des pieux ou son tassement maximal sous une charge donnée.

Cet essai nous permet de déterminer :

- ✚ Les déplacements de la tête et de la base du pieu
- ✚ Evaluer la répartition de la charge dans le pieu



Figure 4.59 - Essai de chargement statique

b. Méthode par réflexion :

Cette méthode, dont le principe est donné sur la figure, donne l'évolution de la vitesse particulière de l'onde réfléchi en fonction du temps.

La détermination de la célérité de l'onde dans le béton, généralement comprise entre 3500 et 4500 m/s, permet d'établir la courbe de la vitesse particulière en fonction de l'estimation de la longueur du pieu et de l'écho de fond de pieu.

L'essai consiste à générer trois impacts successifs en tête de pieu. L'interprétation s'appuie sur la visualisation de la signature du sol.

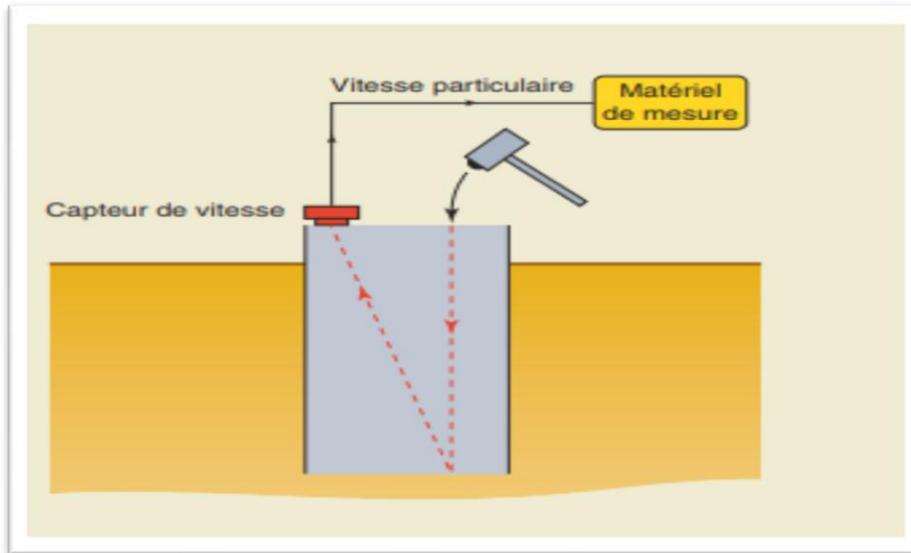


Figure 4.60 - Schéma de principe de la méthode par réflexion

c. Méthode par impédance :

L'impédance (exprimée en newton seconde par mètre) est déterminée par le rapport entre la force générée par le choc exercé en tête de pieu et la vitesse particulière du matériau.

L'impédance est en fonction des caractéristiques mécaniques, géométriques et physiques du béton.

Cette méthode est comparable à la méthode par réflexion. Elle consiste à étudier le spectre de fréquence de l'admittance. Elle associe la mesure de la force appliquée au marteau, lors du choc en tête de pieu, à un traitement mathématique du signal réfléchi.

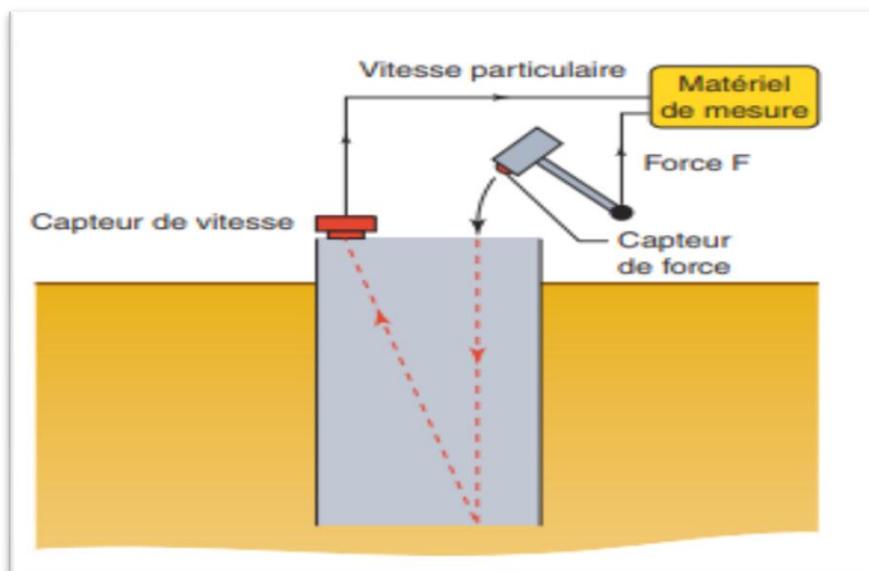


Figure 4.61 - Schéma de principe de la méthode par impédance

d. Méthode sonique par transparence :

Nous avons eu l'occasion d'assister à l'essai sonique, au niveau du chantier de M^r Bouaicha. L'essai a été réalisé par des géotechniciens de l'LTP-Est Constantine. 5 pieux ont été testés.

d.1. Matériel nécessaire :

- ✚ Une chaîne d'acquisition et de traitement du signal.
- ✚ Un moyen de visualisation et de stockage des informations.
- ✚ Un ou plusieurs treuils permettant la descente des sondes dans les tubes de réservation.

d.2. Principe de l'essai :

Des tubes métalliques doivent être fixés au ferrailage de la fondation avant le coulage du béton.

Ces tubes de la longueur de la fondation sont remplis d'eau, et permettent le passage d'une sonde d'émission et d'une sonde de réception.

Deux tubes pour les pieux de petit diamètre, trois ou quatre tubes pour les pieux de 600 mm ou plus.

Dans un béton homogène, la vitesse du son est constante, de l'ordre de 4000 m/s. Elle chute rapidement en présence d'anomalies du type inclusion de sol, fissures, ségrégations, etc.

Le carottage sonique est une mesure continue de la vitesse du son le long du pieu, entre une sonde d'émission et une sonde de réception. Les sondes sont descendues dans deux tubes solidarisés avec les armatures du pieu.

Le signal est transmis à l'unité, qui le mémorise, le traite et restitue à l'écran la diagraphie au fur et à mesure de la remontée des sondes. Cette méthode s'applique également aux parois moulées ou aux barrettes.

La méthode permet d'enregistrer les variations du temps de parcours d'une onde sonore entre les tubes.

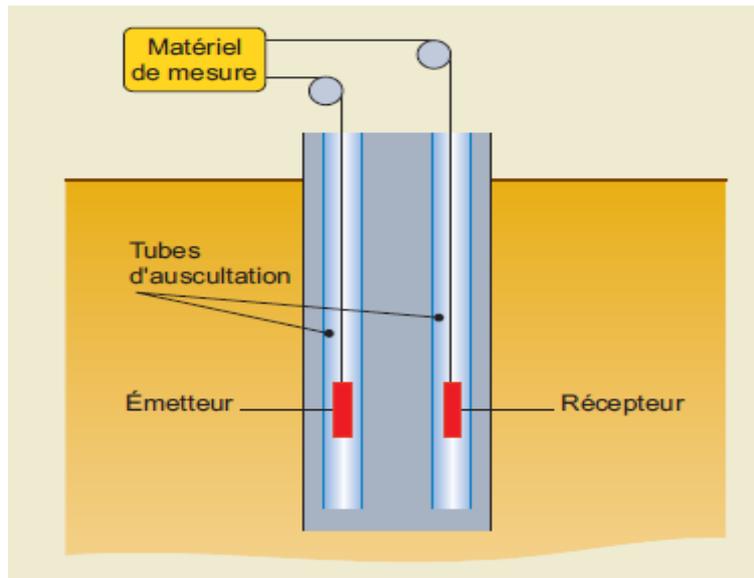


Figure 4.62 - Schéma de principe

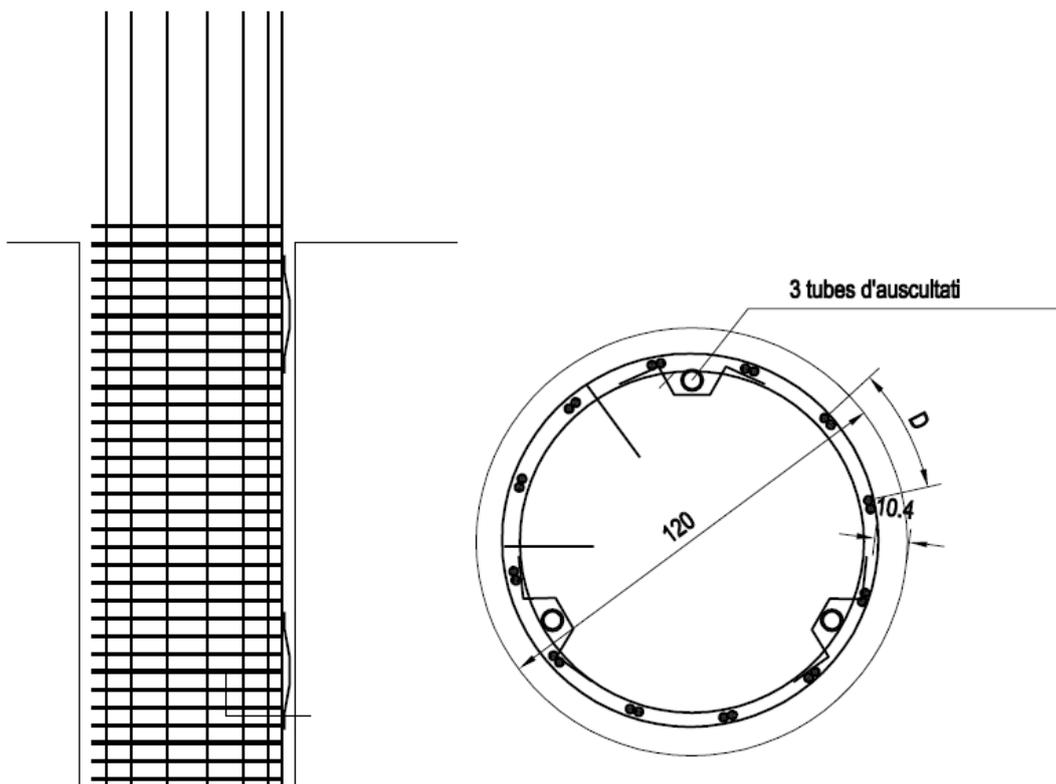


Figure 4.63 – Disposition des tubes soniques



Figure 4.64 - Mise en place des tubes soniques sur la cage d'armatures



Figure 4.65 – Préparation des tubes soniques à la réception des sondes



Figures 4.66 - Treuil de déplacement

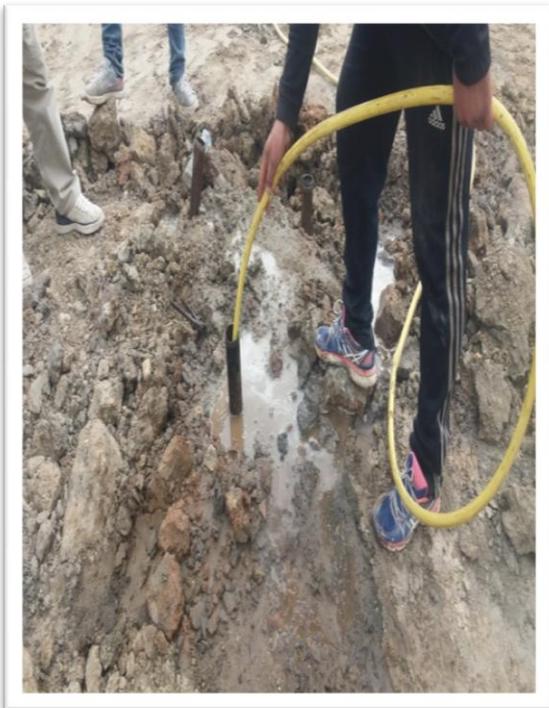


Figure 4.67 - Remplissage des tubes avec de l'eau

Figure 4.68- Mise en place des sondes

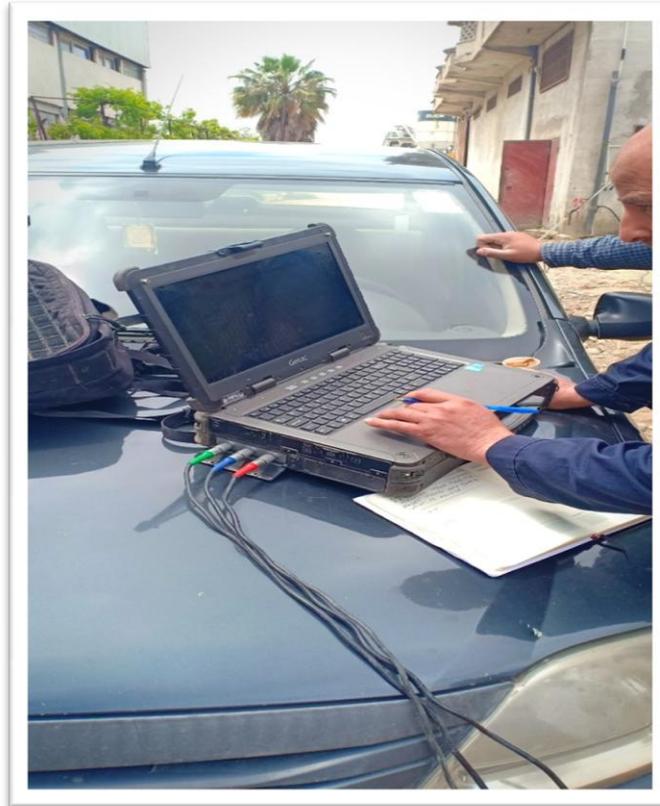


Figure 4.69 - Station d'enregistrement

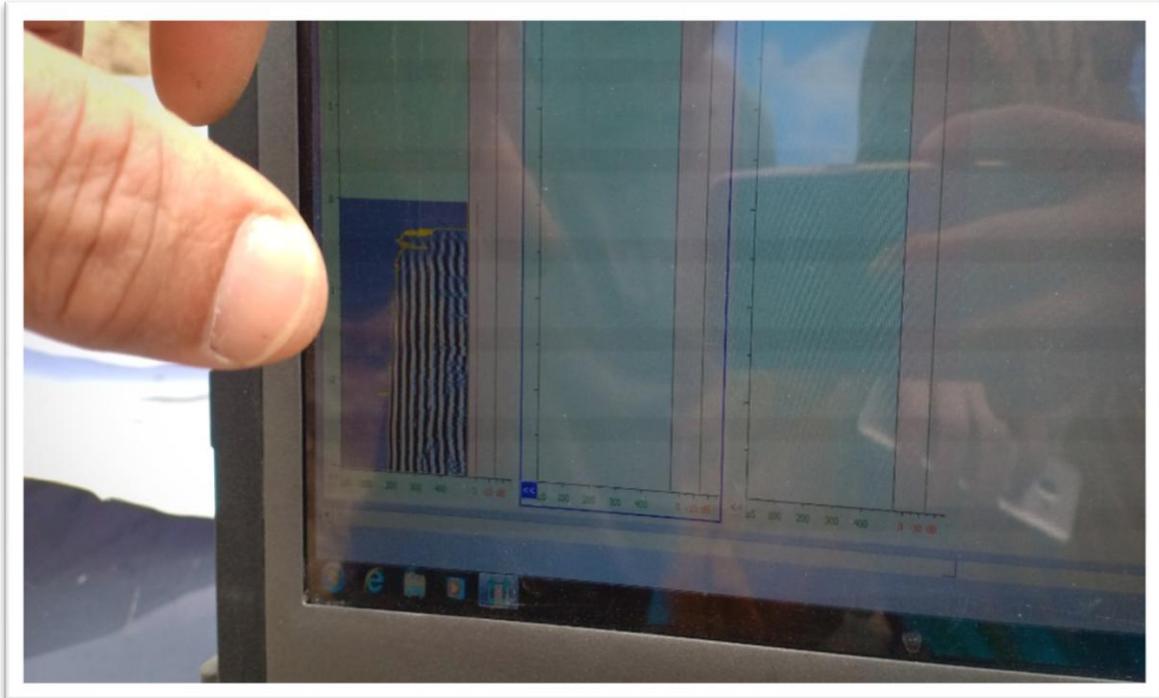


Figure 4.70 - Enregistrement du temps et d'amplitude de la propagation d'une onde dans un pieu

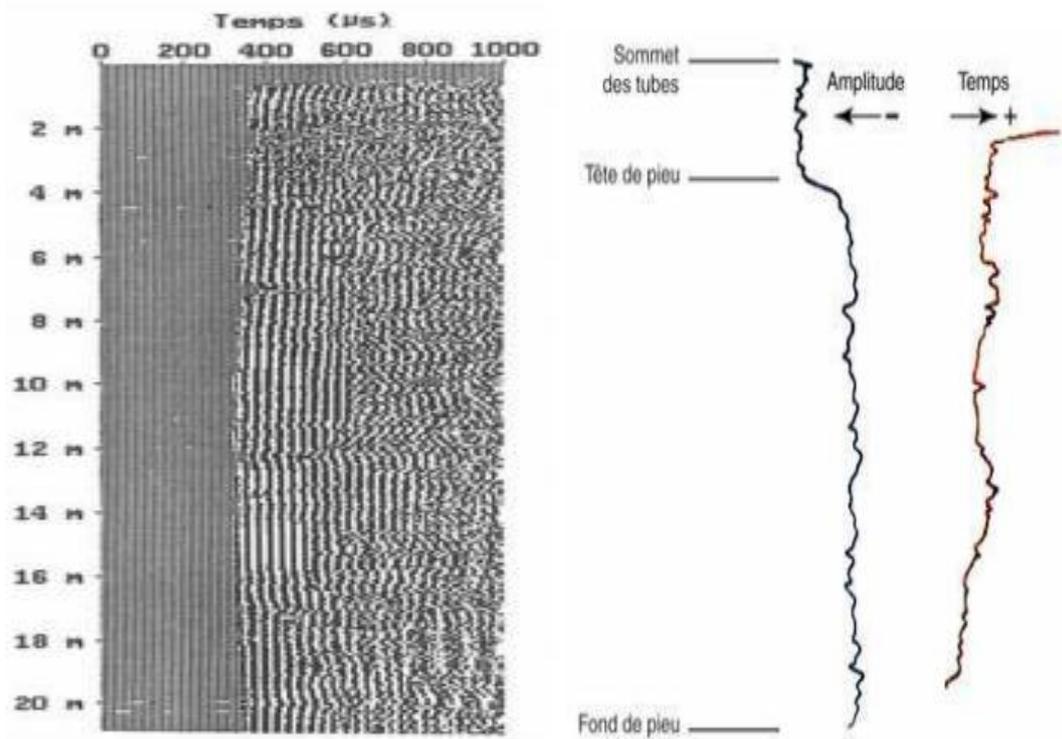


Figure 4.71 - Exemple d'enregistrement d'amplitude et du temps sur un pieu

d.3. Conclusion de l'essai :

Cet essai a démontré que le béton de tous les pieux testés, est dans son ensemble intègre et homogène.

10. Problèmes rencontrés sur chantier :

Lors du coulage de 02 pieux (K05 et J04) il y a eu un problème de bouchage des tubes plongeurs.

- ✚ Pieu K05 : la formulation de béton manquait de sable.
- ✚ Pieu J04 : lors du coulage, le temps d'attente entre les malaxeurs était trop long, ce qui a engendré une fausse prise.



Figure 4.72 – Bouchage des tubes plongeurs



Figures 4.73 – Débouchage des tubes plongeurs

10.1. Solutions :

- ✚ Nous avons changé la formulation de béton en :
 - Supprimant le gravier 3/8 et en ne gardant que le 5/15 et 15/25 sous ordre du CTC.
 - Ajoutant plus de sable.
- ✚ Le bureau d'étude a pris la décision de mettre en place 02 pieux de renfort d'un diamètre de 1.00m qui seront placés de chaque côté du pieu défaillant, le tout relié d'une poutre de liaison.
- ✚ Si le temps d'attente entre 02 malaxeurs est trop long les tubes plongeurs doivent faire en sorte que le béton soit vibré en permanence. Pour ce faire, ils sont raccordés à la grue sur chenille qui effectue un mouvement de pilonnage.

CHAPITRE 05

Promotion La Perle de l'Edough

1. Présentation du projet :

Il s'agit d'un projet de réalisation d'une tour en RDC+ 12 étages + 2 sous-sols, situé sur le boulevard Rachid Fellah Annaba.

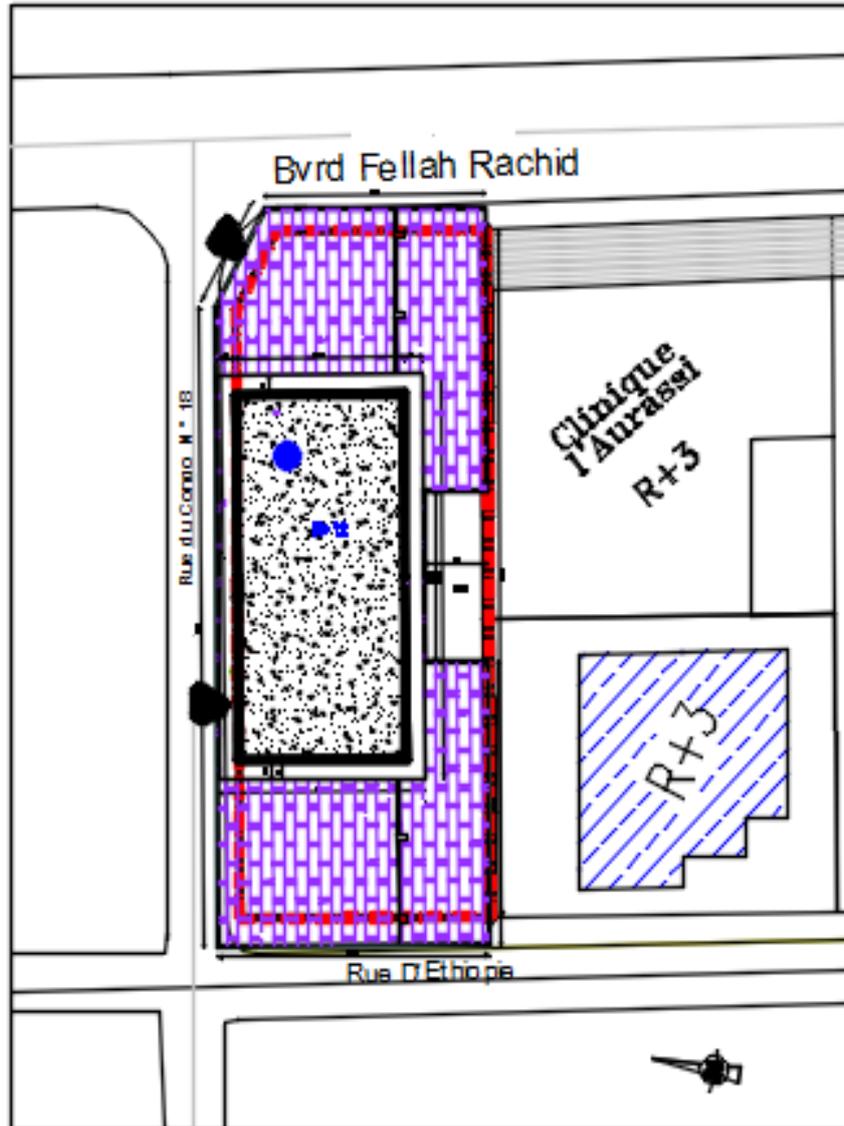


Figure 5.01 – Plan de masse du projet

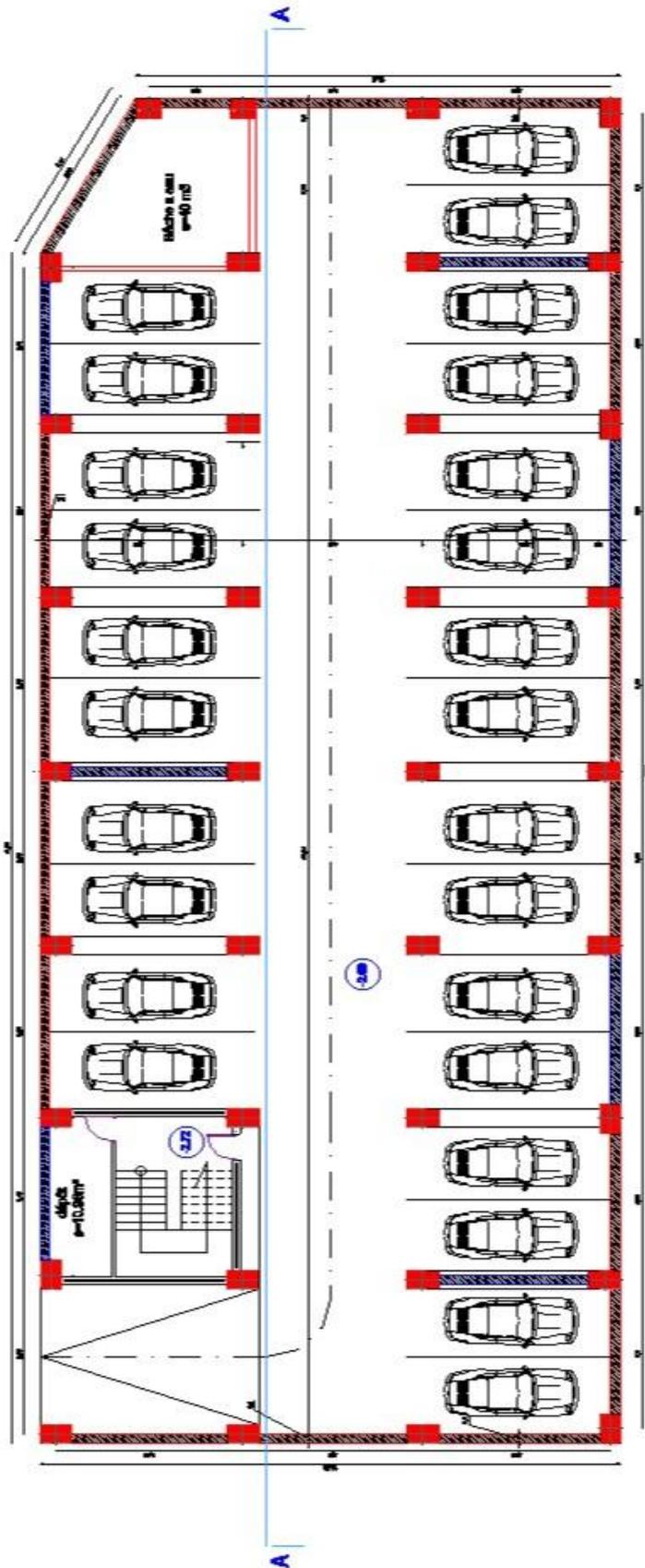


Figure 5.02 – Plan de sol sous-sol (parking) niv -02.69

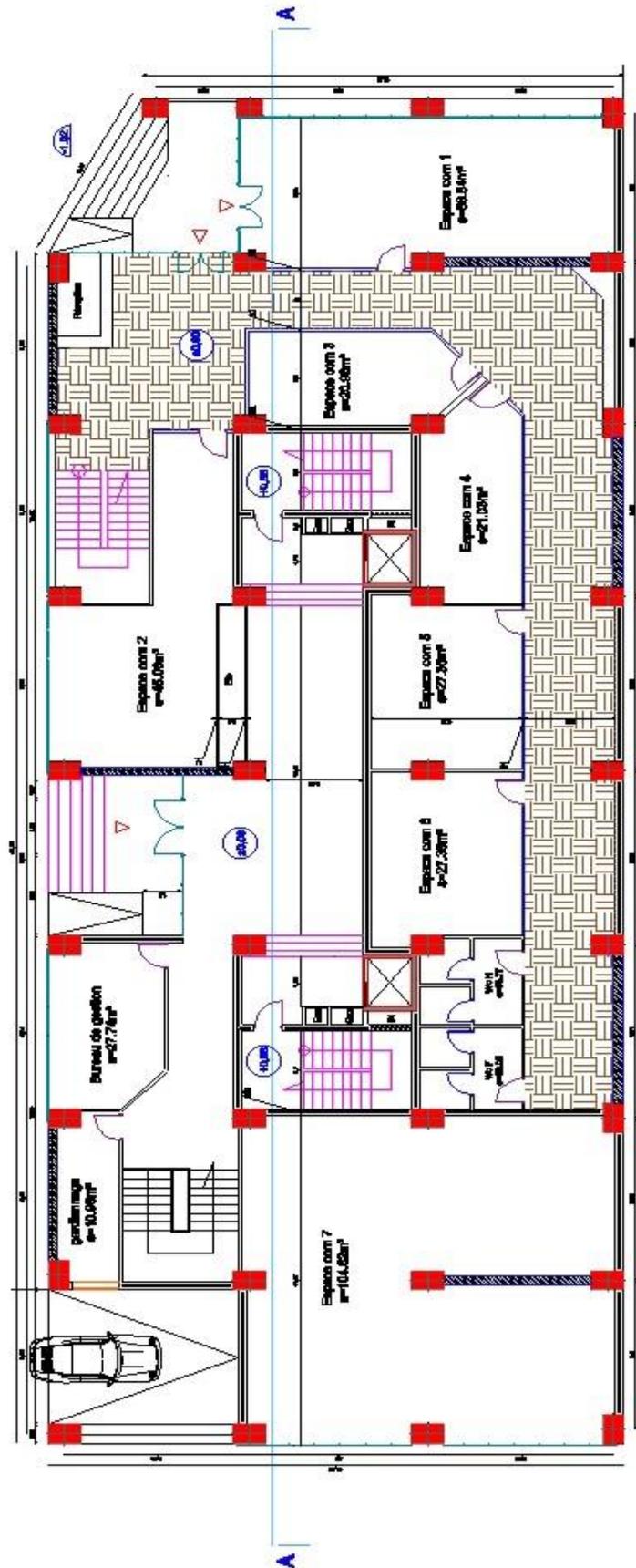


Figure 5.03 – Plan de sol RDC niv +0.00

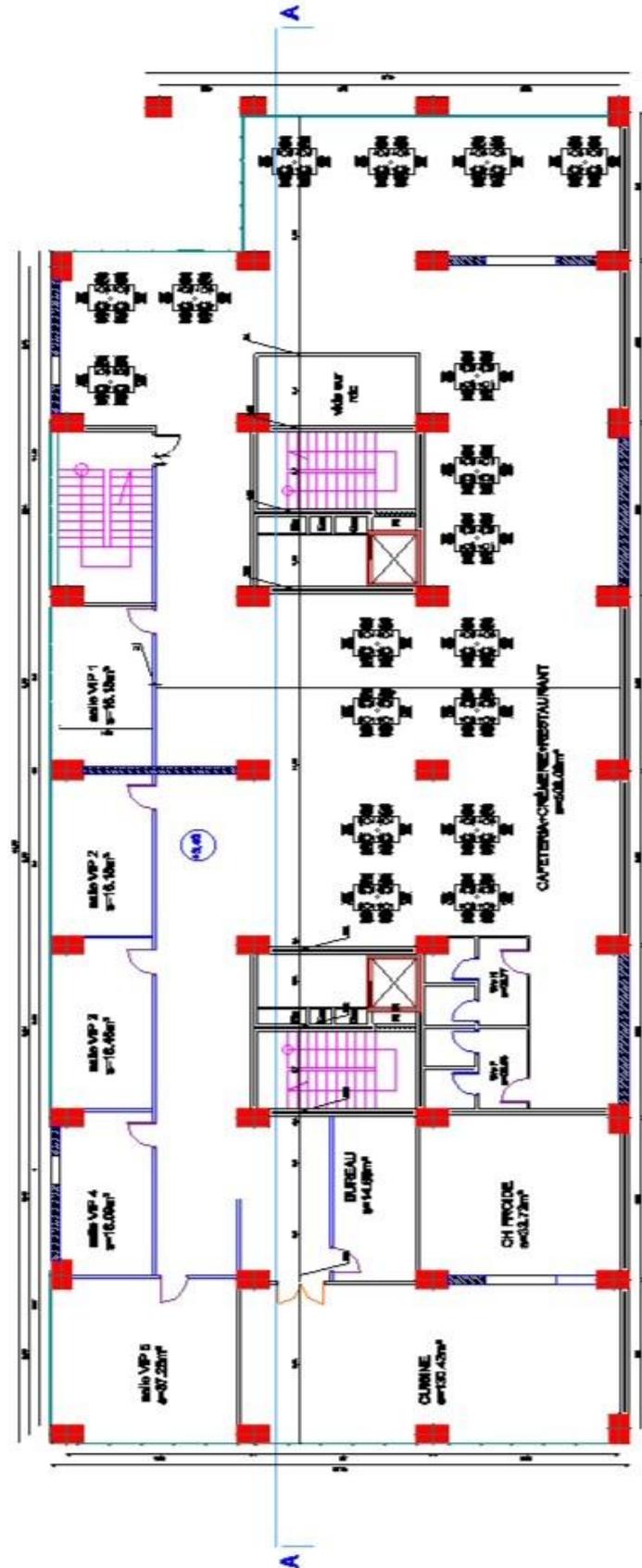


Figure 5.04 – Plan de sol niv +03.40

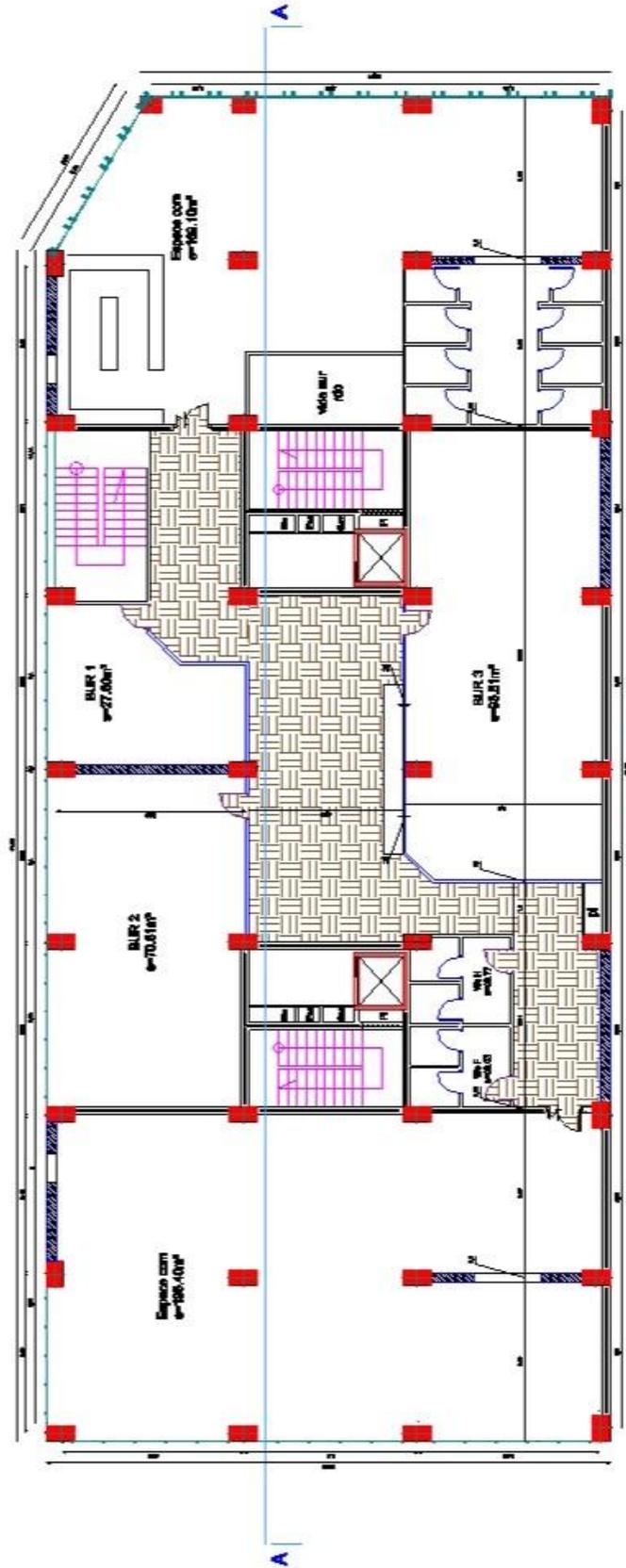


Figure 5.05 – Plan de sol niv +06.80

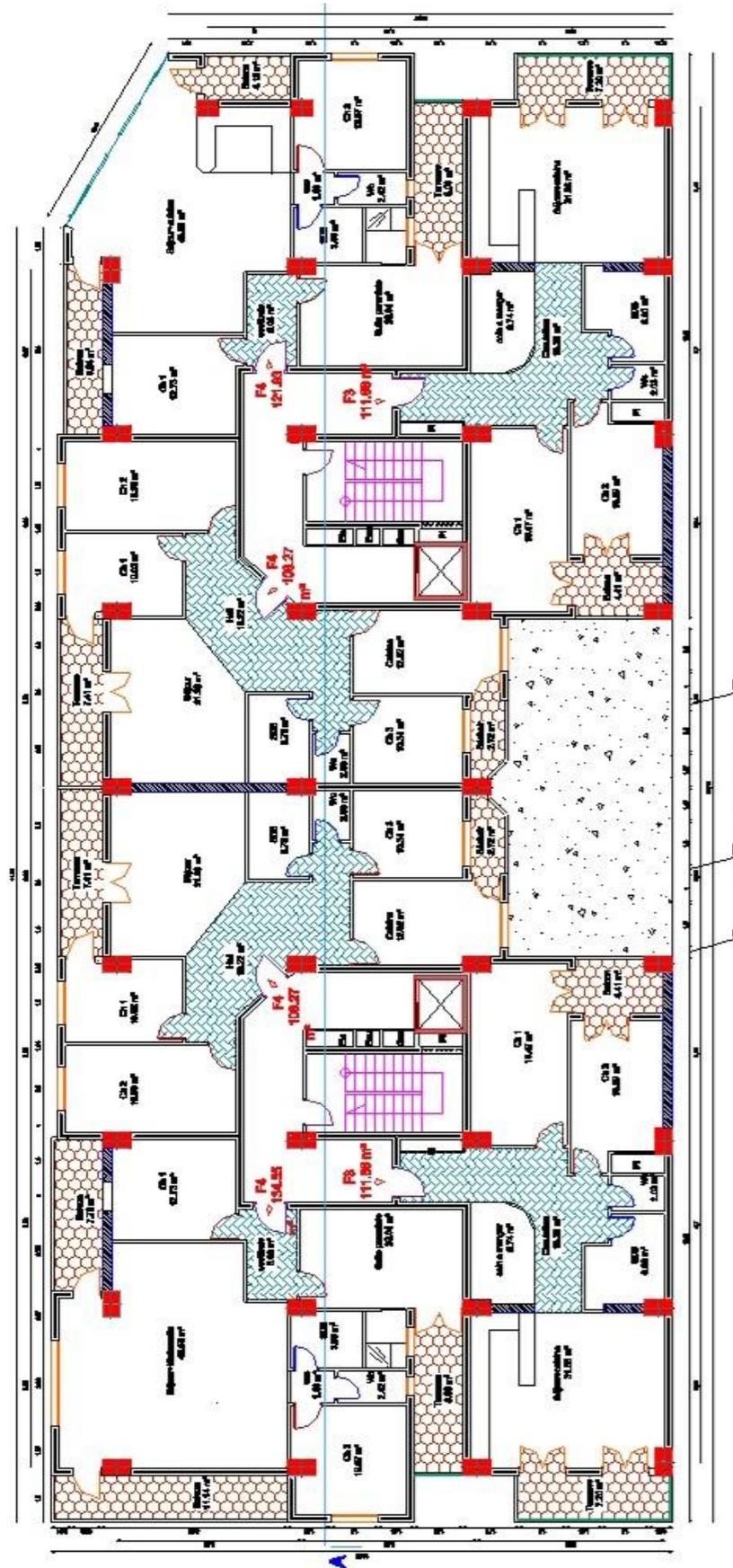


Figure 5.06 – Plan de sol niv +10.20 à +16.32

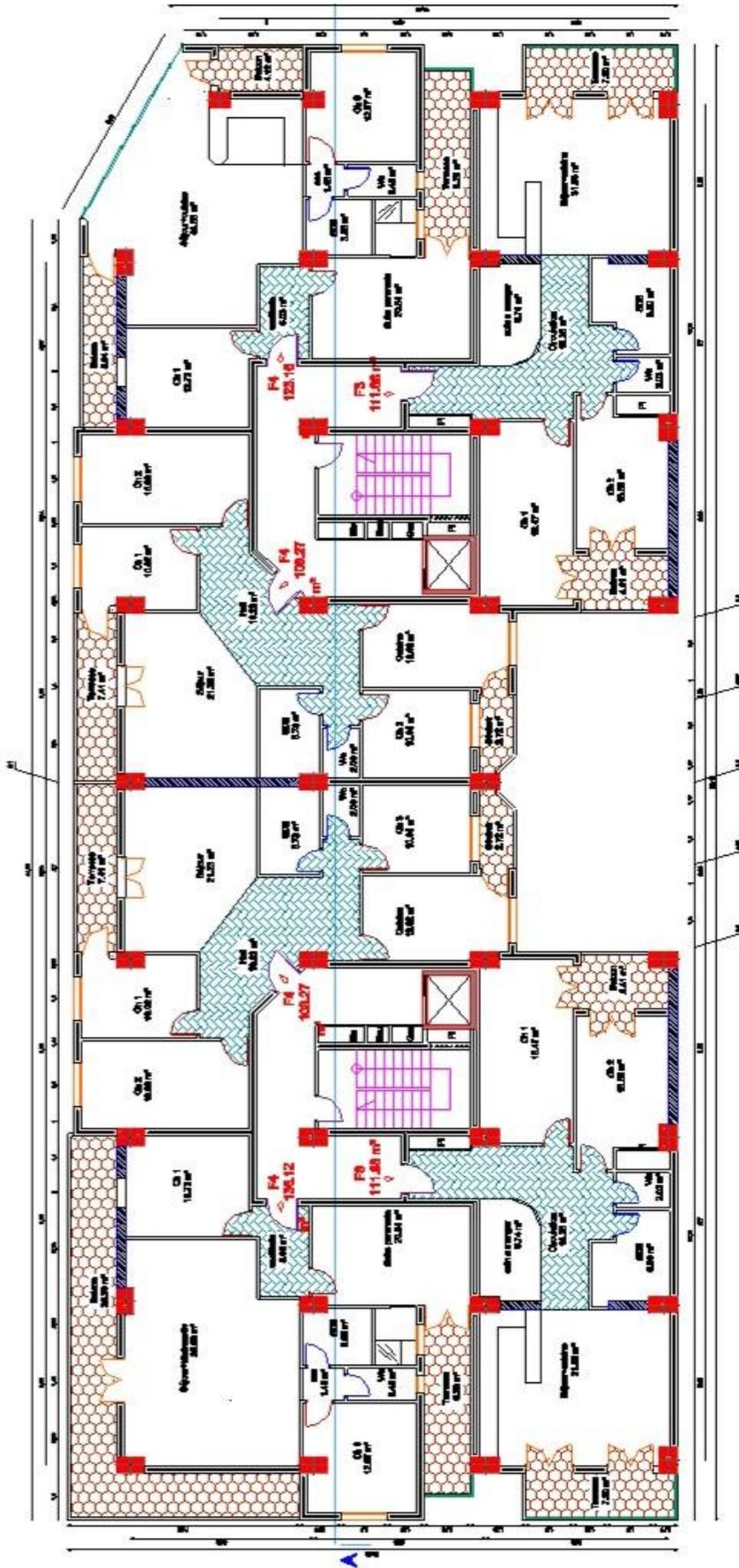


Figure 5.07 – Plan de sol niv +13.26

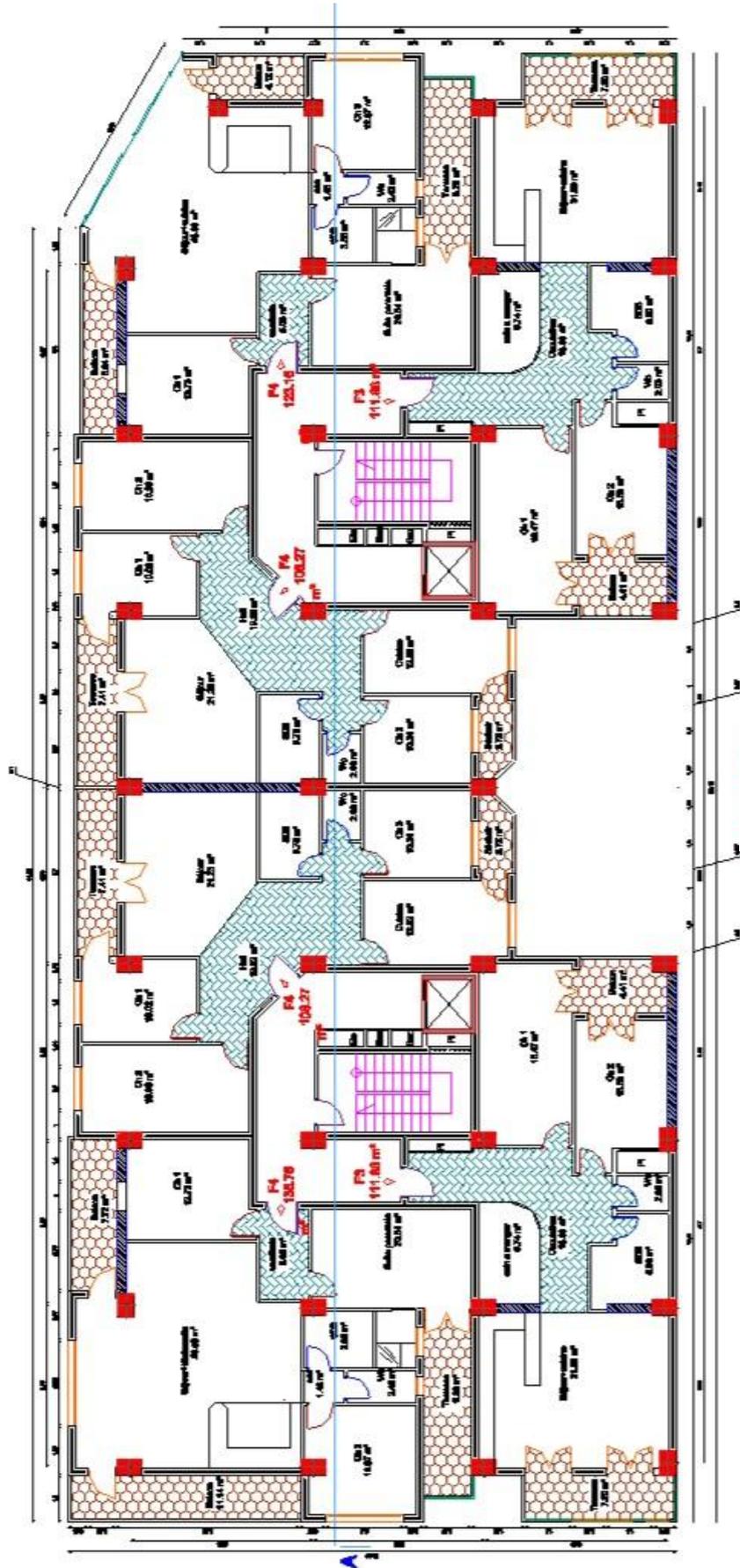


Figure 5.08 – Plan de sol niv +19.38

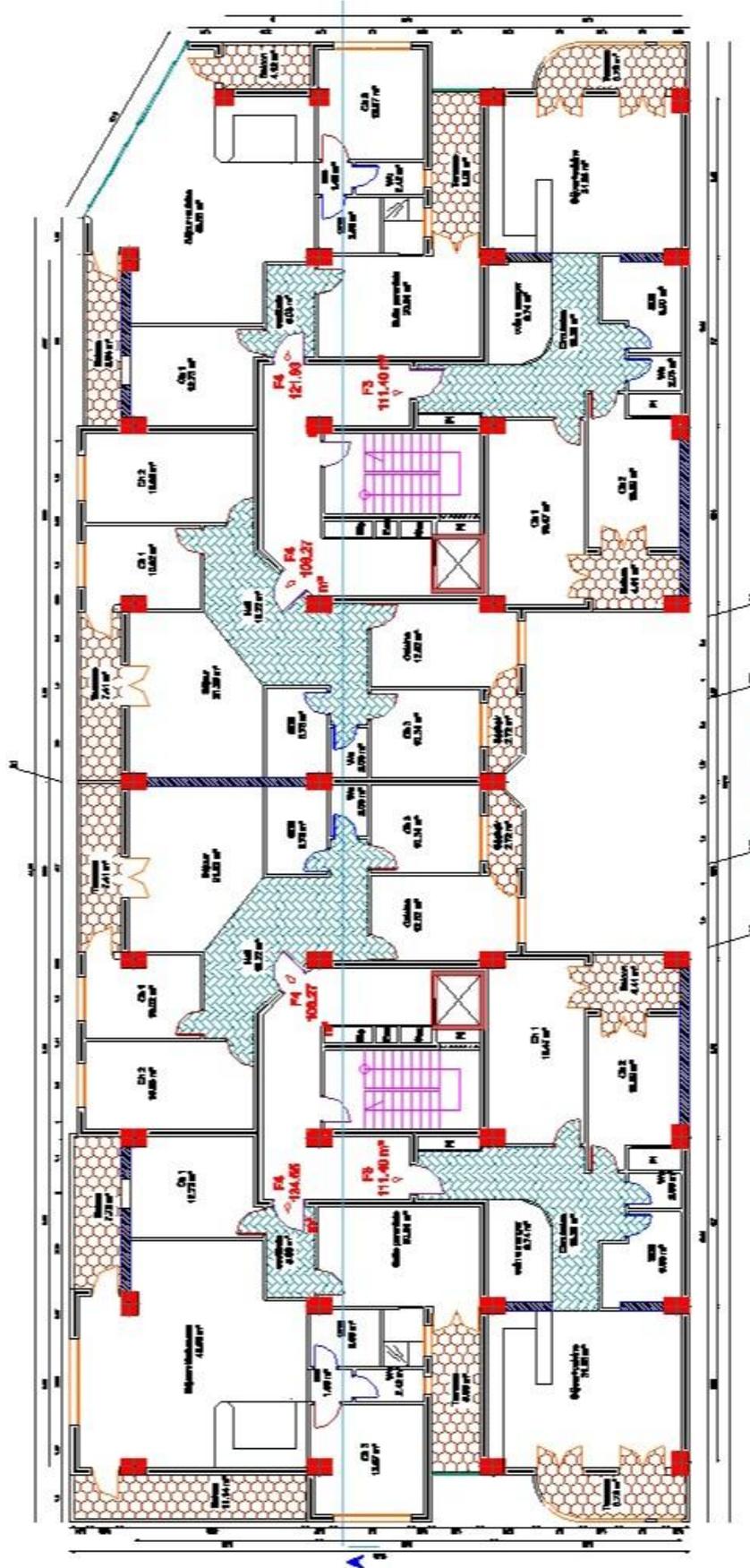


Figure 5.09 – Plan de sol niv +22.44 à +28.68

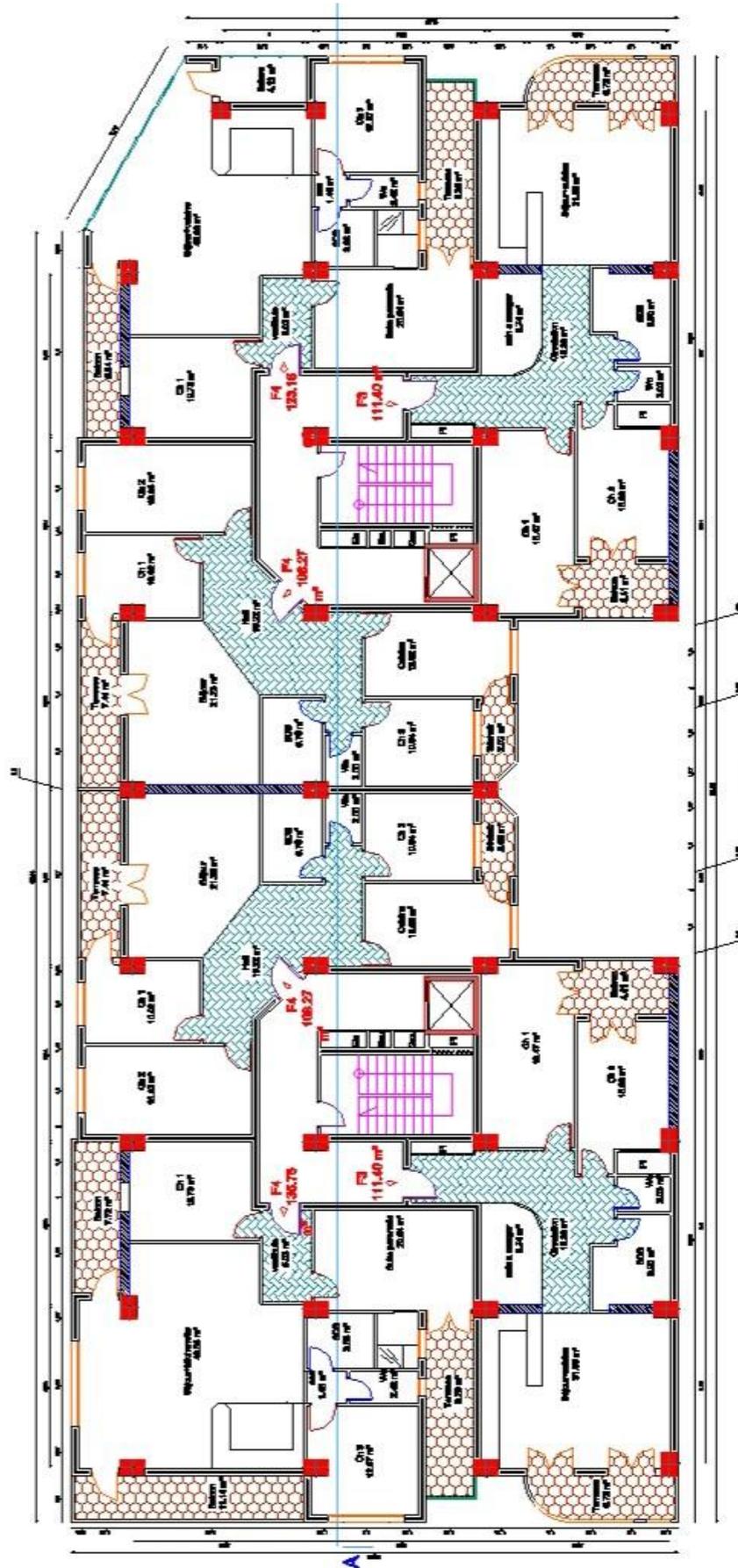


Figure 5.10 – Plan de sol niv +25.50

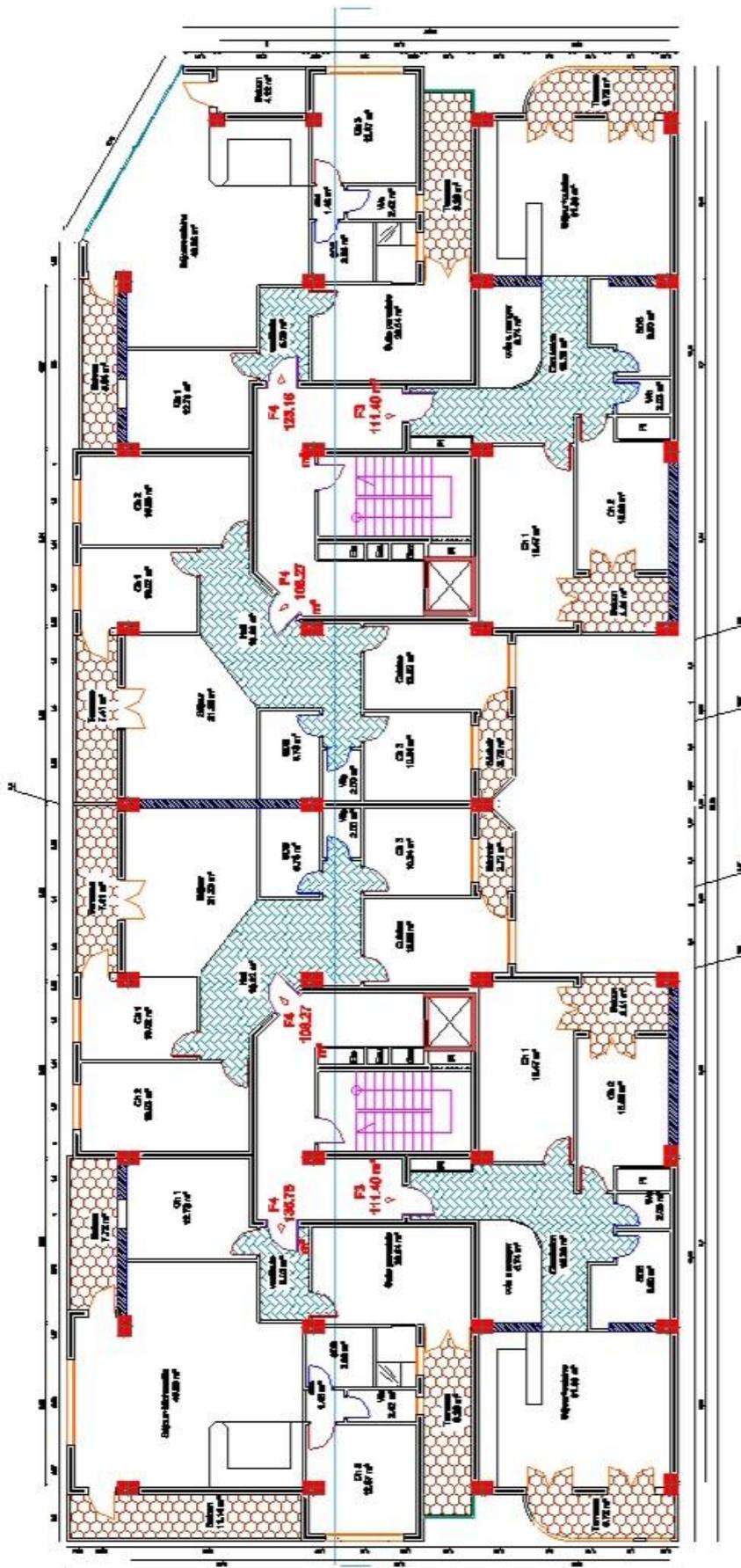


Figure 5.11 – Plan de sol niv +31.62

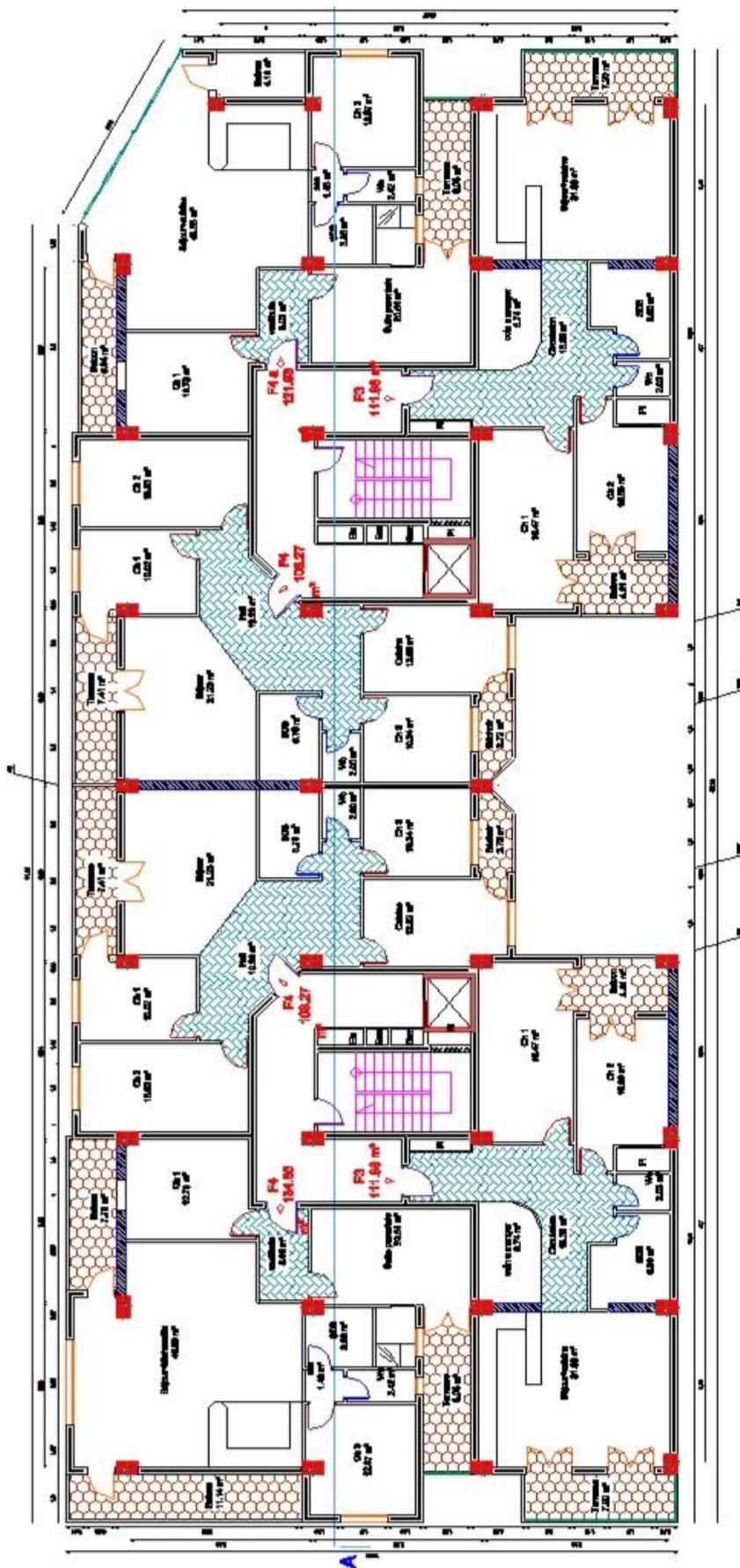


Figure 5.12 – Plan de sol niv +34.68 à +40.80

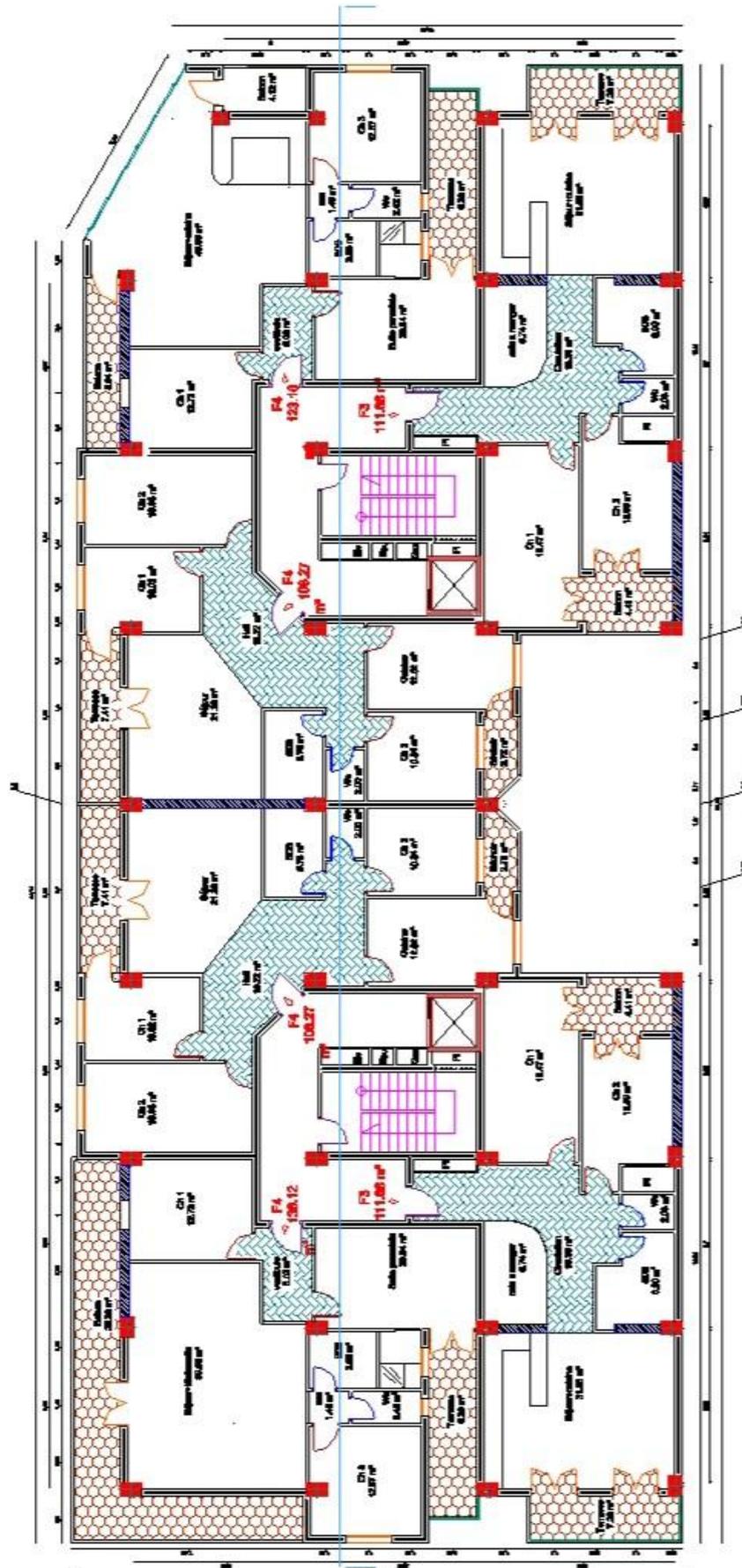


Figure 5.13 – Plan de sol niv +37.74

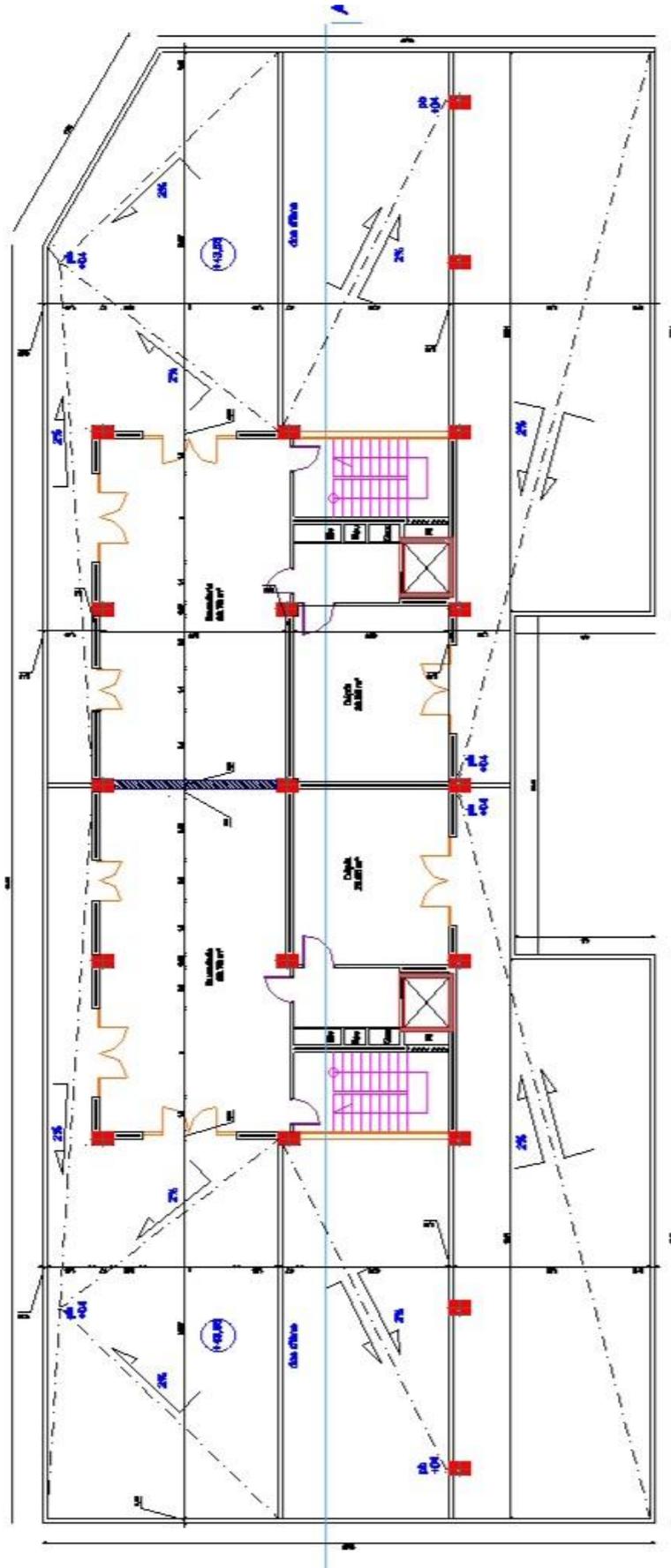


Figure 5.14 – Plan de sol terrasse

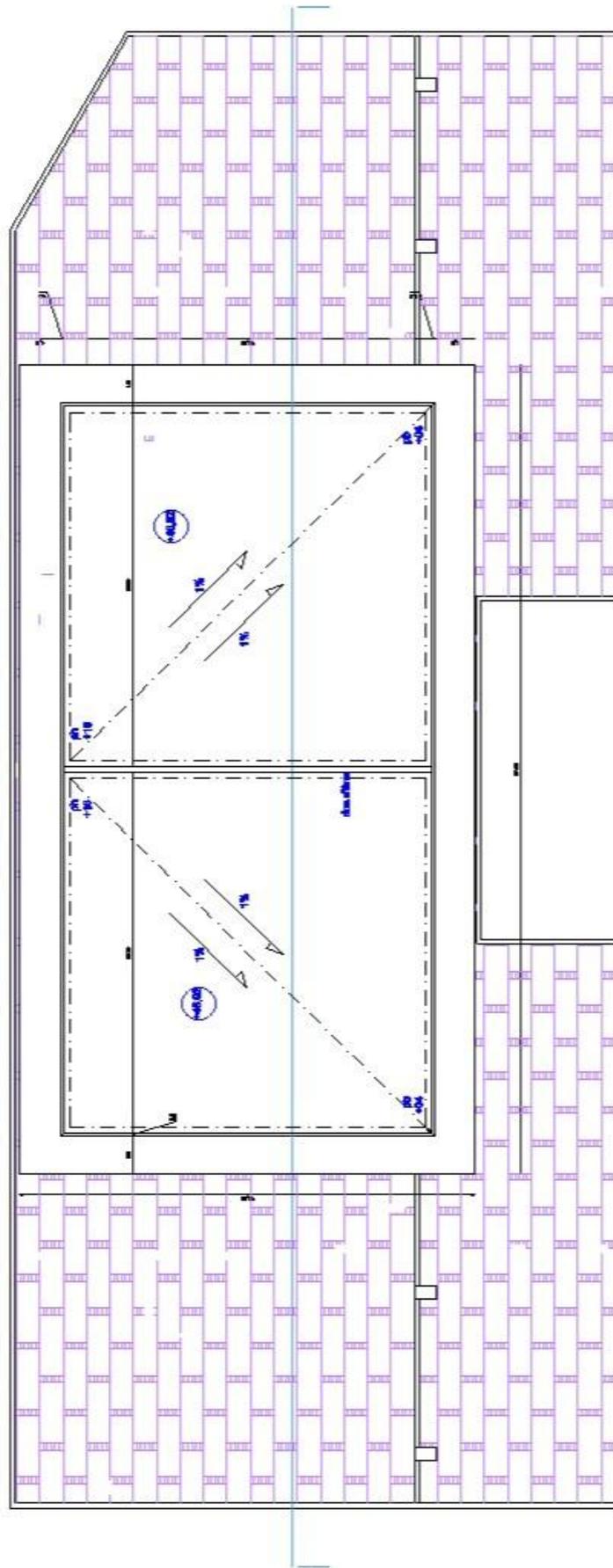


Figure 5.15 – Plan de toiture



Figure 5.16 – Façade principale

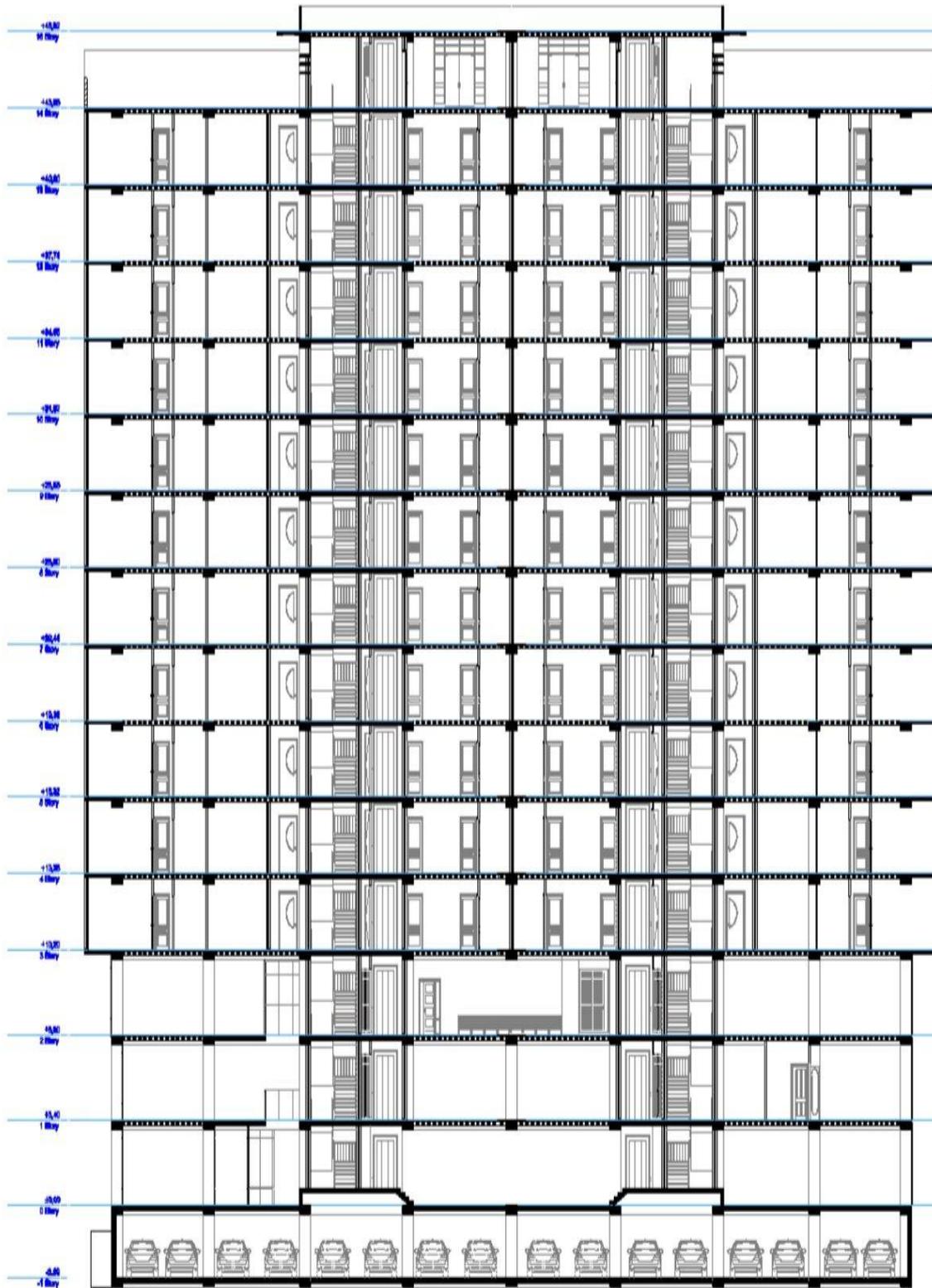


Figure 5.17 – Plan en élévation coupe AA

2. Implantation de l'ouvrage :

Le projet se situe au croisement du boulevard Rachid Fellah et la rue du Congo à Annaba.



Figure 5.18 – Plan de situation du projet

Nb : Ce projet est encore en cours de réalisation.

3. Etude de sol :

L'étude de sol a été réalisée à partir de l'essai pressiométrique par le Laboratoire National de l'Habitat et de la Construction (LNHC) de Skikda, sur la demande de Mr Djeghader.

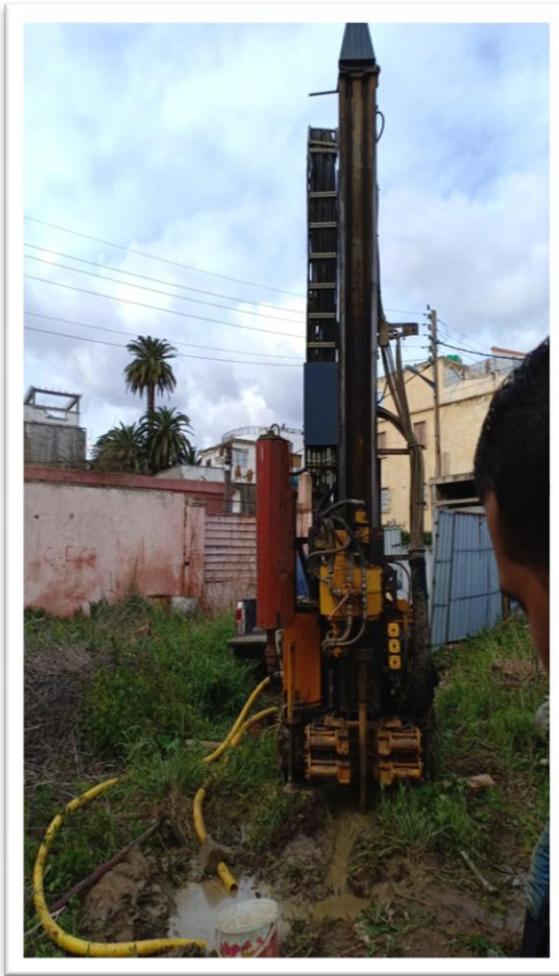


Figure 5.19– Sondeur pressiométrique

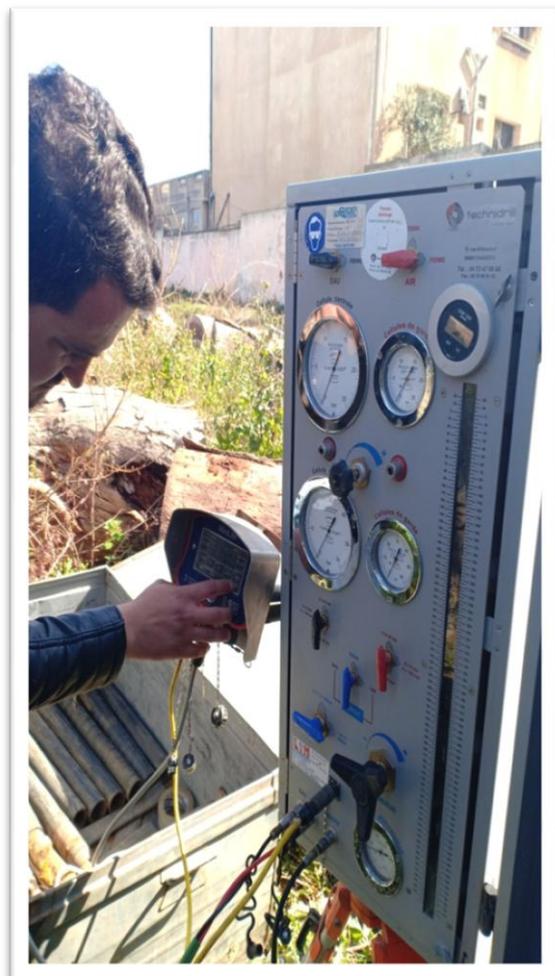


Figure 5.20 – Appareillage de mesure des pressions
et des déplacements



Réalisation d'un tour en RDC+12-Saint Cloud - ANNABA



Laboratoire National de l'Habitat et de la Construction

Unité SKIKDA - TEL/FAX : 038.93.16.11

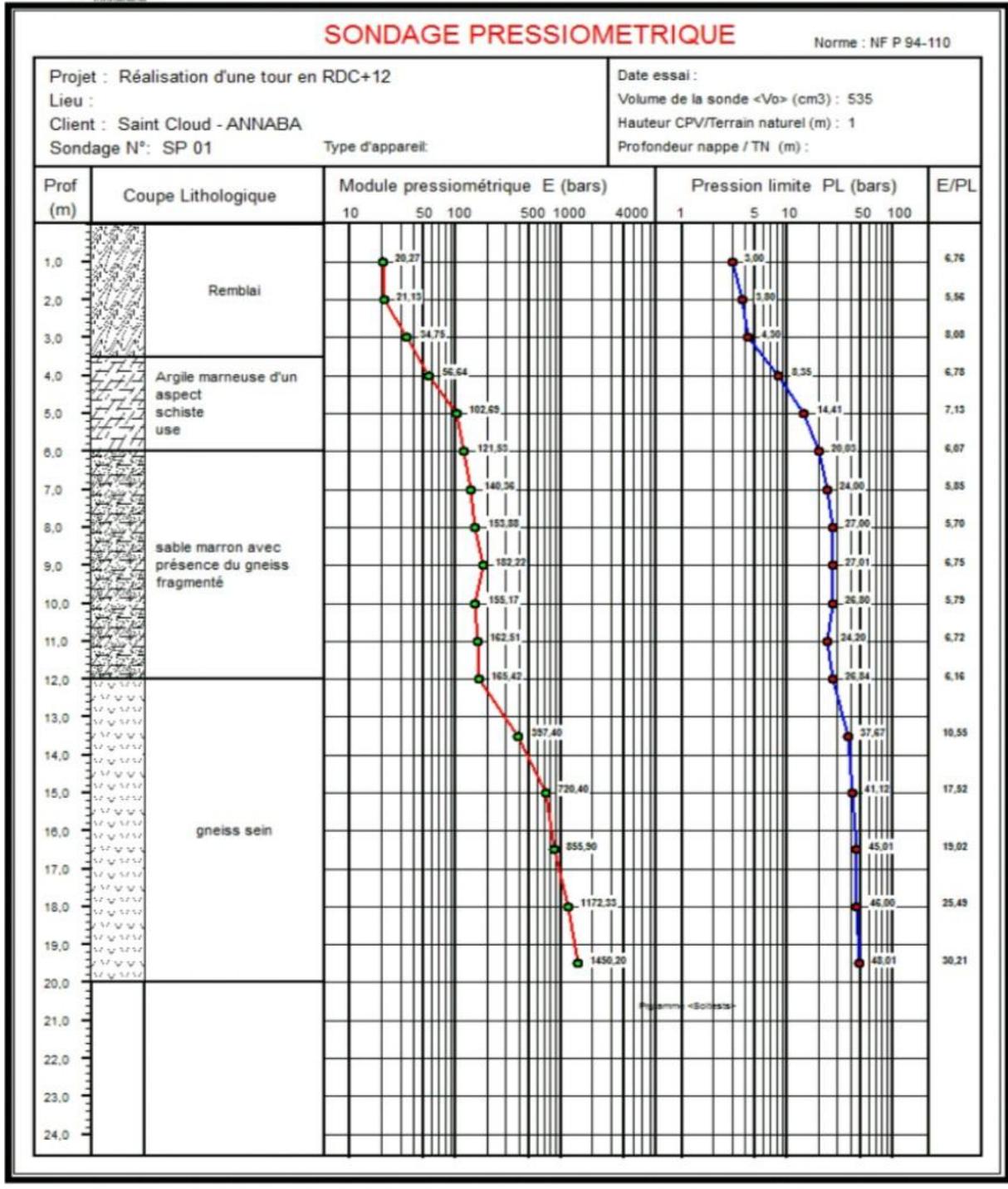


Figure 5.21 – Résultats du sondage pressiométrique

3.1. Interprétation des résultats :**a. Coupes lithologiques :**

L'observation visuelle du sondage SP1 carotté réalisé sur site, nous a donné la lithologie suivante :

Profondeur de couche	Nature de sol
00.00 à 03.00	Remblai
03.00 à 06.00	Argile marneuse d'un aspect schisteux
06.00 à 12.00	Sable marron avec présence de gneiss fragmenté
12.00 à 17.00	Gneiss sain

Tableau 5.01 - Lithologie du terrain selon le sondage SP1

b. Lithologie de terrain selon le forage des pieux en temps réel :

Profondeur de couche	Nature de sol
00.00 à 03.00	Remblai
03.00 à 10.00	Argile sableuse
10.00 à 11.00	Sable marron avec présence de gneiss friable
11.00 à 17.00	Gneiss et roche fissurée

Tableau 5.02 - Lithologie du terrain selon le forage du pieu E02

3.2. Conclusion :

Nous notons que les couches lithologiques du sondage SP1 prélevées par le laboratoire d'analyses et celles prélevées lors du forage du pieu E02, sont exactement les mêmes hormis une légère différence dans leur profondeur.

4. Plan d'implantation des pieux :

Ce projet comporte 36 pieux d'un diamètre de 1.00m et une profondeur de 17m.

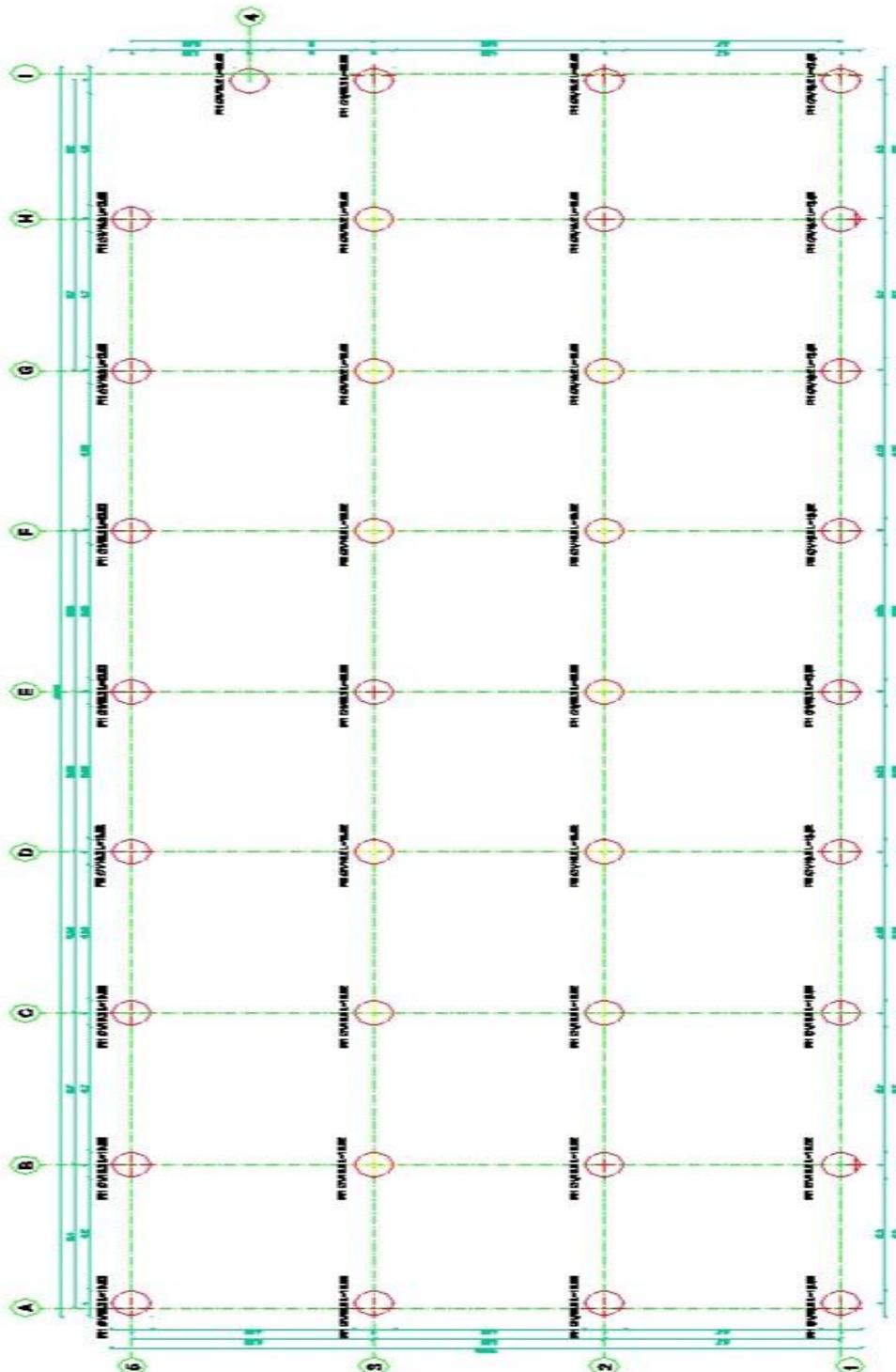


Figure 5.22 - Plan d'implantation des pieux

5. Plan de ferrailage des pieux :

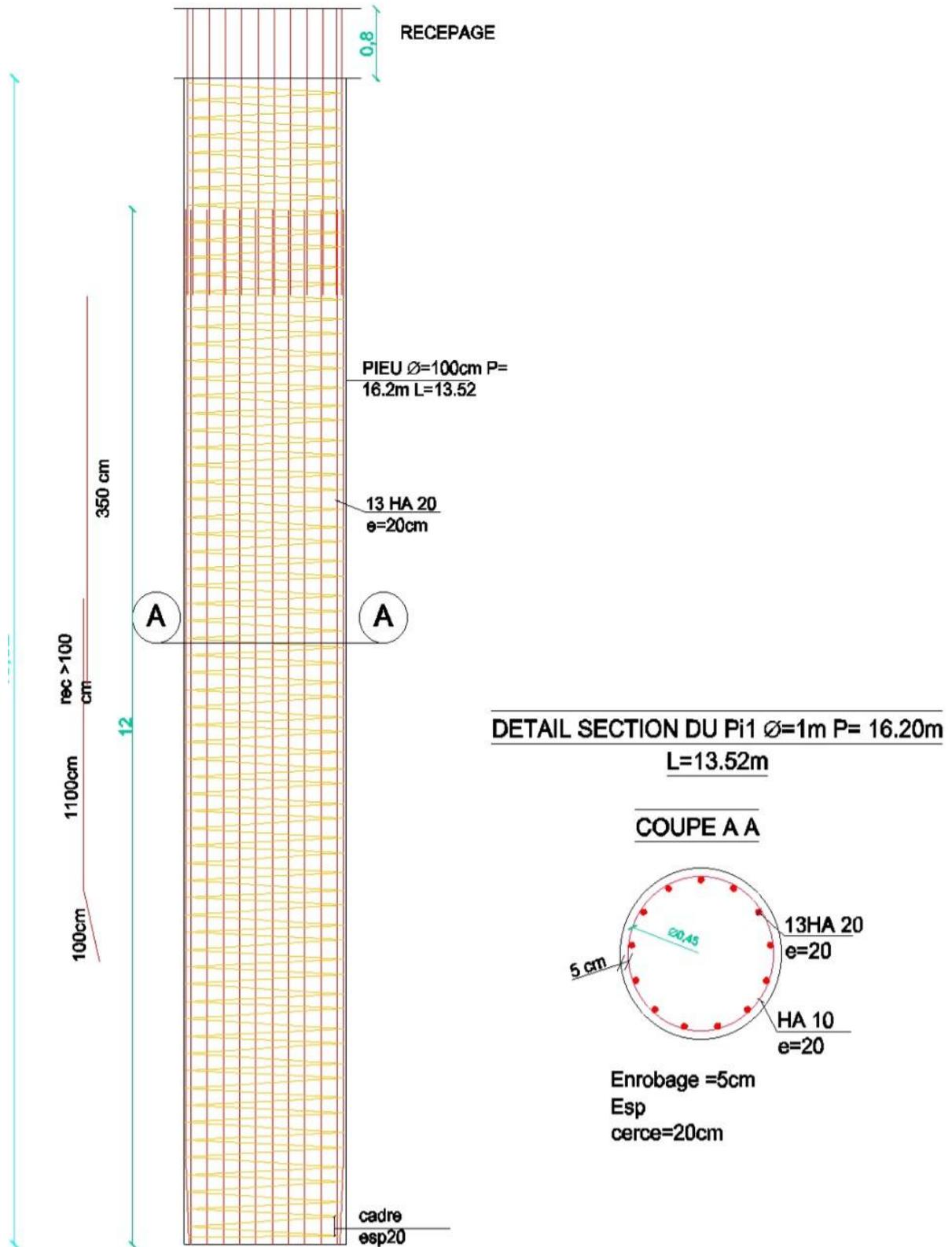


Figure 5.23 - Plan de ferrailage des pieux

6. Réalisation des pieux :

Les étapes de réalisation des pieux sont similaires à celles du premier chantier. Nous avons seulement procédé à des changements nécessaires dus à la nature du terrain :

- ✚ Forme de la cage d'armatures.
- ✚ Type de forage (type de pieux utilisé).

6.1. Forme de la cage d'armatures :

Nous avons légèrement coudé la partie inférieure de la cage d'armatures (1m). Cette opération lui permet d'épouser la forme du fond de l'excavation à cause de la forme de l'outil de forage utilisé « tarière roche ».



Figure 5.24 – Cage d'armatures



Figure 5.25 – Tarière roche

6.2. Type de forage :

Nous avons utilisé deux méthodes de forage :

- ✚ Pieux forés simples.
- ✚ Pieux forés tubés.

a. Pieux forés simples :

Le bureau d'études et l'entreprise de réalisation se sont mis d'accord sur cette méthode de forage en raison de la cohérence du sol : absence d'eau et de sable.

Grâce à la compacité du terrain, l'utilisation d'un fluide stabilisateur n'était pas nécessaire.

a.1. Principe de réalisation :

- ✚ Forage par pression et rotation.
- ✚ Pose d'une virole d'une hauteur de 3m.
- ✚ Forage du diamètre précisé sur le plan.
- ✚ Réalisation et mise en place des cages d'armatures.
- ✚ Mise en place des tubes plongeurs.
- ✚ Bétonnage au tube plongeur.
- ✚ Extraction des tubes plongeurs.



Figure 5.26 – Pieu foré simple

b. Pieux forés tubés :

Cette méthode de forage a été appliquée pour les pieux se trouvant dans une partie du terrain où le sol était principalement composé de sable et d'une nappe phréatique à partir de 3m de profondeur.

b.1. Principe de réalisation :

- ✚ Forage par pression et rotation.
- ✚ Pose de deux viroles soudées une d'une hauteur totale de 4.5m.
- ✚ Forage du diamètre précisé sur le plan.
- ✚ Réalisation et mise en place des cages d'armatures.
- ✚ Mise en place des tubes plongeurs.
- ✚ Bétonnage au tube plongeur.
- ✚ Extraction des tubes plongeurs.
- ✚ Mise en place de la cage d'armature.
- ✚ Bétonnage.

b.2. Remarque :

Certains pieux forés tubés ont nécessité la présence de bentonite en raison de l'éboulement du terrain dans les trous de forage.



Figure 5.27 – Implantation des pieux



Figure 5.28 – Mise en place des cages d'armatures

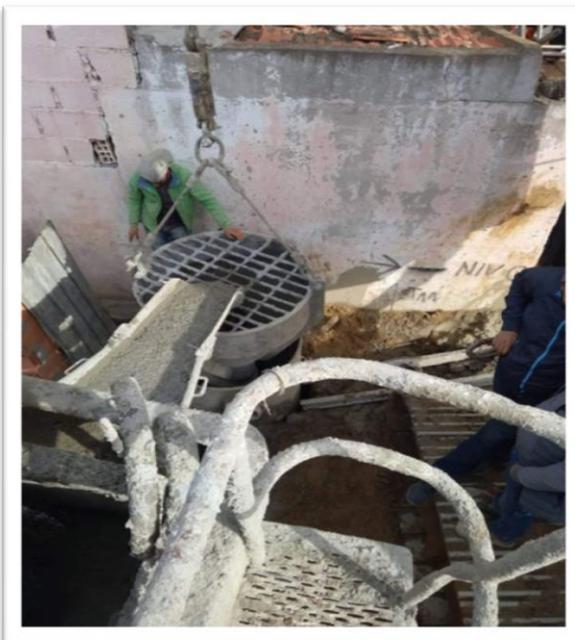


Figure 5.29 – Bétonnage

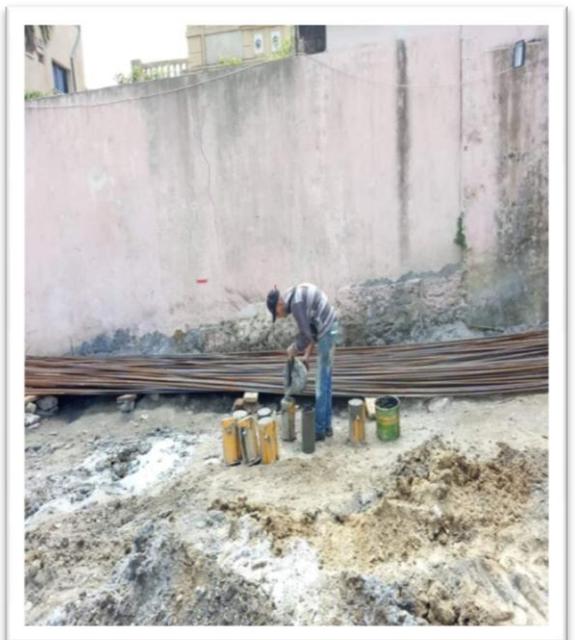


Figure 5.30 – Préparation des éprouvettes de béton

7. Paroi berlinoise :



Figure 5.31 – Pose des viroles pour le forage de la paroi berlinoise



Figure 5.32 – Mise en œuvre du ferrailage



Figure 5.33 – Mise en place du ferrailage

Pour des raisons d'économie, nous avons choisi de placer une cage d'armatures en dessous du profilé en H.

Le profilé en H, placé en haut, reprend les efforts de la partie la plus sollicitée.



Partie 02
Expertise

CHAPITRE 06

Rapport d'expertise état des lieux

Définition de mission : État des lieux, réserves à faire lever lors de la mise en conformité des lieux.

Lieu d'intervention : CHU Ibn Sina, chemin des Caroubiers, Annaba.

Contenu :

1. Conception du CHU Ibn Sina.
2. Matériaux utilisés à l'époque.
3. Constat des pathologies (état des lieux).
 - ✚ Extérieur.
 - ✚ Intérieur.
 - ✚ RDC.
 - ✚ Voisinage.
4. Observations.
5. Expertise de la partie inférieure de la bâtisse.
 - ✚ RDC.
 - ✚ Voisinage.
6. Plan de rénovation (architecture).
7. Conclusion récapitulative.



Figure 6.01 – Entrée CHU Ibn Sina Annaba

1. Conception du CHU IBN SINA :

La construction du premier hôpital civil de Annaba date de 1858, 13 ans après le lancement du nouveau plan d'urbanisation français. Il fut construit en premier lieu sur une surface de 7300m².

En 1885, le gouvernement cède un terrain de 21800m² pour l'agrandissement de l'hôpital et attribue une maison de 480m² et 2 emplacements à bâtir (un d'une surface de 1170m² et l'autre de 1914m²). Les travaux d'agrandissement sont confiés à la société de construction du « système Tollet » et s'achèvent en 1895.

En 1904, il est cédé à l'hôpital 2 parcelles de 9539,40m² pour l'installation de tentes en cas d'épidémie. En 1988, il fut transformé par ses gestionnaires en une multitude de bureaux et logements de fonction contribuant ainsi à sa dégradation jusqu'à ces dernières années où fut décidée sa réhabilitation en SAMU pour les urgences médicales du CHU Ibn Sina.

2. Matériaux utilisés à l'époque :

- Brique pleine.
- Pierre taillée.
- Bois.
- Profilés métalliques.
- Chaux.

3. Constat des pathologies (état des lieux) :

Deux visites ont été organisées afin de prendre les mesures nécessaires pour la réhabilitation structurale.

✚ Extérieur :

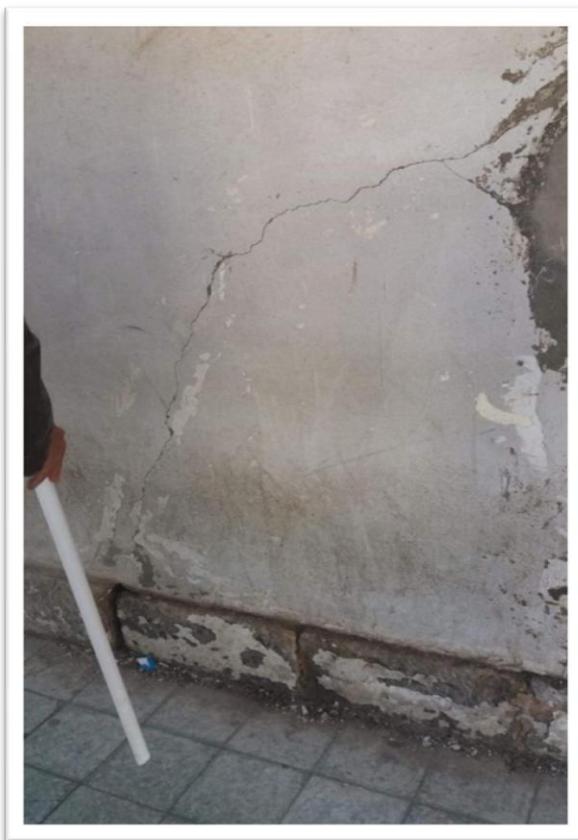


Figure 6.02 - Soubassement extérieur



Figure 6.03 - Mur extérieur fissuré

- Faire une injection de coulis de ciment afin de stabiliser et rendre étanche ce niveau.
- Un décapage de l'ancien enduit de mortier doit être fait au moyen d'outil mécanique et brossage inter-pierre sur une profondeur d'au moins 2cm.
- Un enduit adhérent doit être appliqué en premier, ensuite une deuxième couche de finition d'une épaisseur de 2cm sera élaborée.

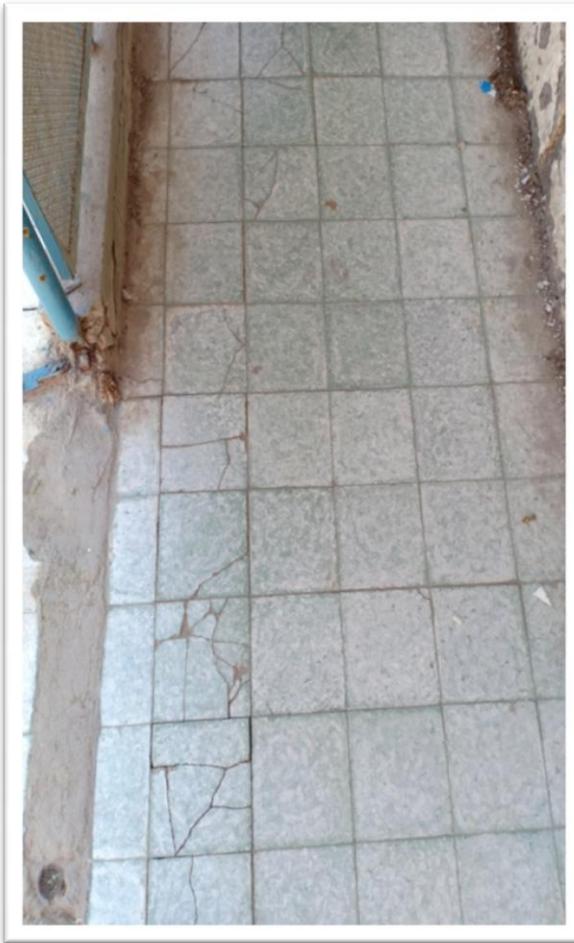


Figure 6.04 - Carrelage extérieur fissuré

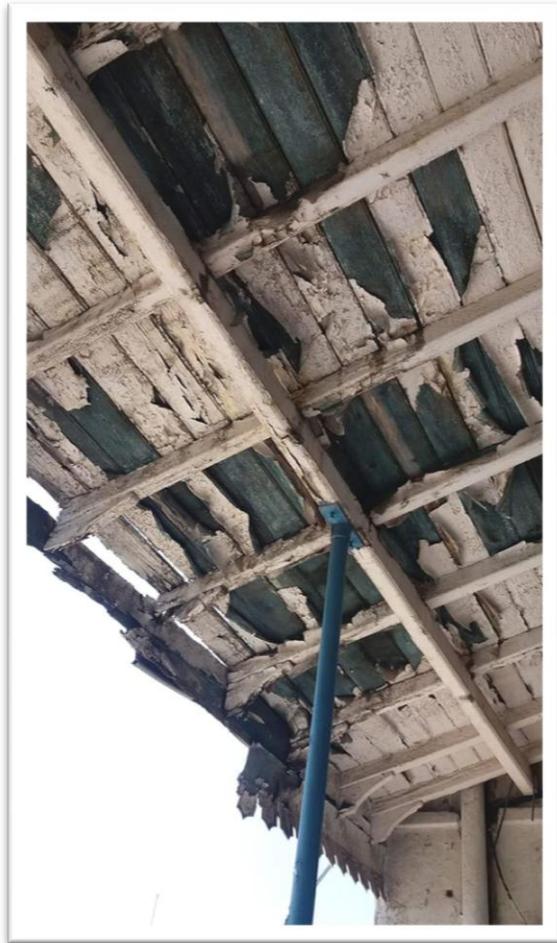


Figure 6.05 - Charpente en bois extérieure dégradée

- Fissuration des murs extérieurs.
- Faïençage de la peinture extérieure.
- Fissuration du carrelage.
- Dénivèlement du sol.
- Effritement et délabrement de la charpente en bois.

Le carrelage doit être enlevé ainsi que le mortier de pose afin d'alléger la structure porteuse. Une chape de 2 à 3cm peut être envisagée pour la pose du revêtement au moyen de ciment colle, des connecteurs peuvent être aussi envisagés si l'épaisseur de la chape est de 4cm selon le cas.

✚ Intérieur :



Figures 6.06 - Murs intérieurs fissurés et dégradés par l'infiltration d'eau



Figures 6.07 - Murs intérieurs en plâtre dégradés par l'eau



Figure 6.08 - Toiture en bois dégradé et fléchi avec infiltration d'eau pluviale

Figure 6.09 - Enduit atteint par l'infiltration d'eau

Les parties très touchées des murs doivent être décapées et peuvent être reprises au plâtre après la pose d'un enduit de mortier adhérent.

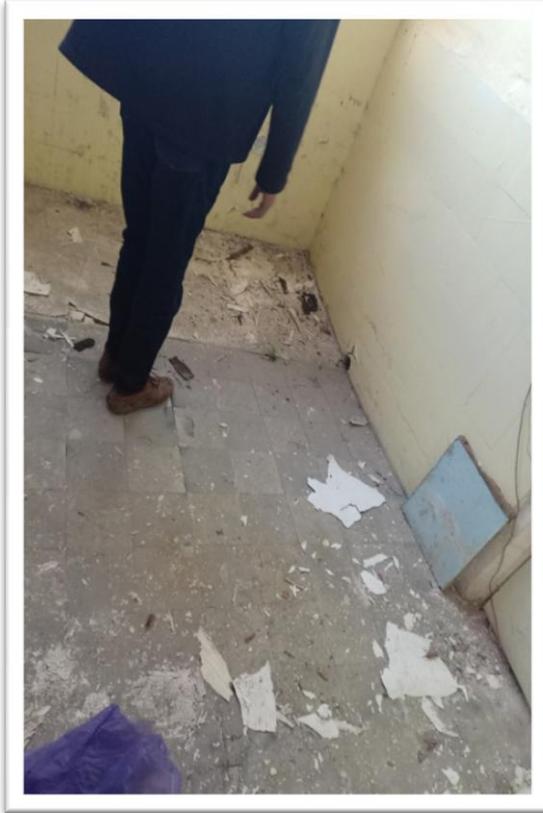


Figure 6.10 - Carrelage substitué par mortier



Figure 6.11 - Plafond en bois et faux plafond en placoplâtre

- Murs porteurs en pierre taillée.
- Toiture en bois (platelage).
- Défoncement des faux plafonds.
- Faïençage de la peinture.
- Fissuration des murs.
- Fléchissement du plancher de la pièce du fond.
- Infiltrations des eaux pluviales dans les murs et la toiture.

Le décapage du carrelage est obligatoire, aucune pose de revêtement sur l'ancien n'est à envisager. La charpente en bois, en particulier les fermes, doit être réparée s'il y a lieu après enlèvement du faux plafond. Une peinture doit être appliquée sur toute la charpente et prévoir le remplacement partiel des pannes de fixation des tuiles.

4. Observations :

- Renforcement des fermes en bois.
- Remplacer la charpente en bois de l'allée par une charpente métallique.
- Décapage de tous les revêtements sans exception (enduits et carrelage).
- Mise en place d'une chape sous carrelage.
- Utiliser un enduit spécial contre l'humidité (milieu marin).
- Utiliser un enduit spécial contre la corrosion des armatures métalliques.
- Interdiction de toucher à l'emplacement des murs, en particulier des murs porteurs, avant d'avoir vérifié la présence de poutres.
- En cas d'absence de poutres, placer un renforcement avant de faire une ouverture.
- Une séparation légère doit être utilisée pour le nouvel aménagement.

5. Expertise de la partie inférieure de la bâtisse :

Une visite a été effectuée dans les planchers du dessous pour voir la structure de l'ouvrage, il en ressort que la partie support de la structure est très touchée par la corrosion et l'infiltration des eaux. Cette partie doit aussi faire l'objet d'un traitement spécifique à ne pas négliger.

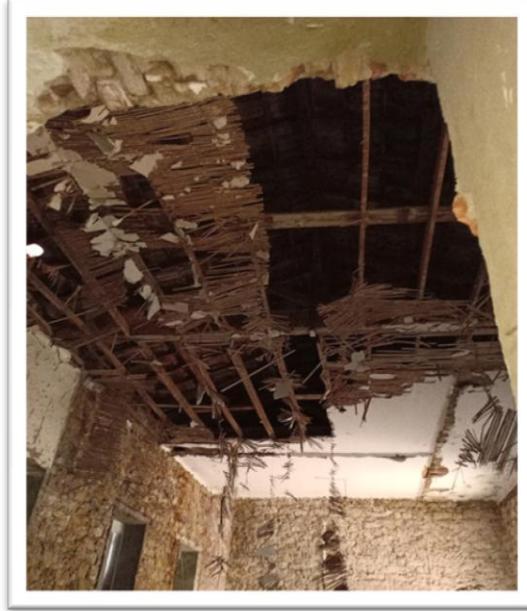
+ RDC :



Figures 6.12 - État de la dalle du niveau RDC

- Corrosion générale.
- Fissuration des murs intérieurs et extérieurs.
- Non respect de l'aspect architectural.

+ Voisinage :



Figures 6.13 - État de la toiture en charpente de la couverture du bâtiment.

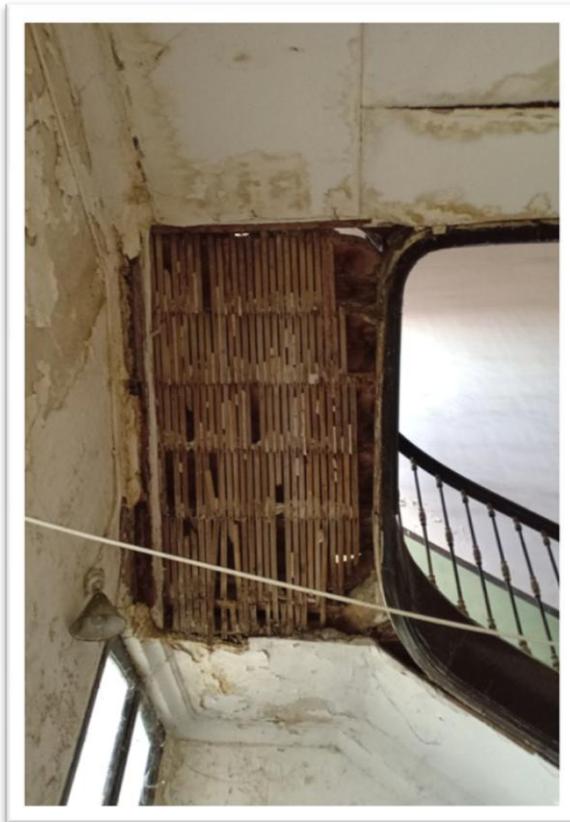


Figure 6.14 - État des escaliers à l'intérieur



Figure 6.15 - état de la dalle pleine corrosion avancée

- Corrosion générale.
- Fissuration des murs intérieurs et extérieurs.
- Faiénçage de la peinture.
- Infiltration des eaux pluviales.
- Effritement et délabrement de la charpente en bois.

Une réparation globale doit être envisagée rapidement car cet état peut engendrer des dégâts importants au niveau de tout l'édifice.

6. Plan de rénovation (architecture) :



Figure 6.16 – Solutions proposées

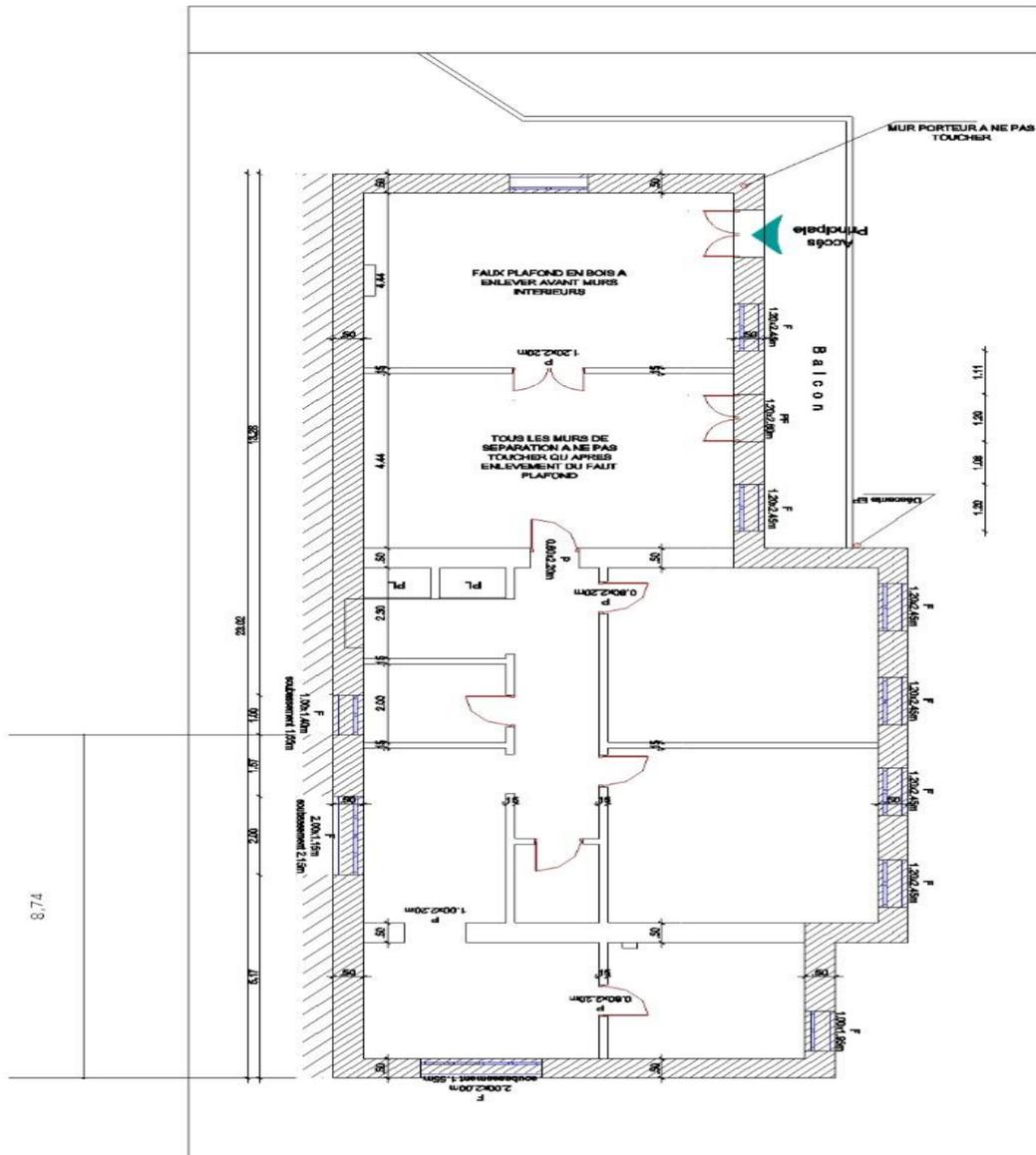


Figure 6.17 – Aménagement murs et ouvertures

7. Conclusion récapitulative :

Il est recommandé de ne pas négliger un renforcement structurel en commençant du RDC jusqu'au dernier étage sous peine de voir la structure subir des dégâts importants.

Des plans ont été établis de façon à mettre en application les recommandations incluses dans ce document.

Cet édifice est une œuvre d'art d'un point de vue architectural ; Il devrait faire l'objet d'une réfection générale et fidèle.

RECAPITULATIF DE MISSION

Hormis le fait de servir d'intermédiaire entre le bureau d'études et l'entreprise de construction en tant qu'ingénieur de suivi et de contrôle de chantier, notre mission consistait à diriger et administrer le chantier, surveiller et contrôler l'avancement et la qualité des travaux de construction en intervenant sur le terrain et en relevant les malfaçons et contrôlant les reprises.

- ✚ Formations aux tâches annexes. Lors de notre stage nous appris à :
 - Lire des plans de coffrage et des plans de ferrailage.
 - Faire des devis quantitatifs de béton et ferrailage.
 - Communiquer avec les différents intervenants du chantier.
 - Rédiger des constats d'état des lieux.
- ✚ Nos principales tâches concernant le contrôle du forage :
 - Vérifier la viscosité et la densité de la bentonite à l'aide de l'essai de Marshall.
 - Vérifier la nature de chaque couche de sol extraite durant le forage.
 - Faire en sorte que le foreur ne dépasse pas la profondeur indiquée sur le plan.
 - Vérifier que le foreur atteigne la couche lithologique indiquée sur l'étude de sol.
 - Remplir les fiches de pieux.
- ✚ Nos principales tâches concernant le contrôle du ferrailage :
 - Contrôler le nombre d'armatures principales selon les plans de ferrailage.
 - Vérifier le diamètre des armatures principales et longitudinales.
 - Vérifier l'écartement des armatures principales et longitudinales.
 - Vérifier la longueur de recouvrement.
 - Vérifier le nombre d'écarteurs, leur dimension et leur mise en place sur la cage d'armatures.
 - Vérifier les attaches des cerces pendant le levage des cages.
- ✚ Nos principales tâches concernant le contrôle du béton :
 - Calculer la quantité de béton théorique grâce à la profondeur forée pour passer la commande de béton ($\pi \times \frac{D^2}{4} \times \text{Profondeur forée}$)
 - Vérifier la qualité du béton (fluidité) à l'aide du cône d'Abrams.
 - Vérifier que le béton ne fasse pas de fausse prise grâce au mouvement de pilonnage des tubes plongeurs.

CONCLUSION GENERALE

Nous avons effectué notre stage de fin d'études de master II de 12 semaines, lors de ce stage nous avons mis en pratique nos connaissances théoriques acquises durant notre formation universitaire et nous avons été confrontés rapidement à la réalité du monde du travail et à celle du management d'équipe.

Après une intégration aisée, grâce à un fort esprit d'équipe, nous avons pu réaliser les différentes tâches et étapes qui constituent la mission de stage dans sa globalité ; chaque étape étant nécessaire et stratégique au bon déroulement de l'activité de l'entreprise.

Nous avons vécu cette expérience en terrain comme tremplin pour notre futur professionnel. Valorisante et enrichissante, elle conforte notre profond désir d'exercer notre métier d'Ingénieur Concepteur.

Pour finir, nous tenons à exprimer notre satisfaction et notre gratitude à notre cher encadreur, au personnel de l'entreprise et aux promoteurs qui nous ont accompagnés et permis de travailler dans de bonnes conditions.