

SOMMAIRE

SOMMAIRE.....	I
DÉDICACE.....	III
REMERCIEMENTS	IV
AVANT PROPOS.....	V
Liste des figures.....	VI
Liste des tableaux.....	VII
Liste des sigles et abréviation.....	VIII
RESUME.....	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉRALITÉS.....	2
CHAPITRE 1 : PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL.....	3
I- HISTORIQUE ET STATUT JUDICIAIRE DU BNETD.....	3
II- MISSION ET OBJECTIF DU BNETD.....	4
III- DOMAINE D'INTERVENTION ET ORGANISATION	5
CHAPITRE 2 : PRESENTATION DU PROJET	10
I- DEFINITION DU THEME	10
II- CONTEXTE GENERAL DU PROJET.....	10
III- SITUATION GEOGRAPHIQUE	11
IV- INTERVENANTS	12
DEUXIEME PARTIE : GÉNÉRALITÉS SUR LES FONDATION ET LEUR PROCÉDÉS D'EXÉCUTION	16
CHAPITRE 3 : DÉFINITION ET RÔLE DES FONDATIONS.....	17
I- DÉFINITION.....	17
II- RÔLE DES FONDATIONS DANS LA STABILITÉ DES OUVRAGES.....	17
III- PRINCIPE DE CONCEPTION DES ELEMENTS EN FONDATION	18
CHAPITRE 4 : CLASSIFICATION ET TYPE DE FONDATION	21
I- FONDATIONS SUPERFICIELLES	21
II- FONDATIONS PROFONDES.....	23
III- LES FONDATIONS SPÉCIALES	29
CHAPITRE 5 : L'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE LIÉES À L'EXÉCUTION DES FONDATIONS ET L'ÉTAT DES LIEUX DES PROCÉDÉS D'EXÉCUTION	32
I- INTRODUCTION	32
II- PROGRAMME SPECIFIQUE D'INVESTIGATIONS MIS EN ŒUVRE	34

III- RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE	37
IV- SYNTHESE GEOTECHNIQUE / ADAPTATION DES OUVRAGES AU SITE ...	38
V- ANALYSE ET ETUDE DE FONDATIONS.....	39
TROISIEME PARTIE : ETUDE DE CAS PRATIQUE.....	44
CHAPITRE 5 : ETUDE STRUCTURELLE.....	45
I- ETUDES ET FORMULATION	45
II. ETUDE DE LA STRUCTURATION.....	47
III. CALCUL DE LA STRUCTURE.....	47
CHAPITRE 7 : SUPERVISION ET CONTROLE DES TRAVAUX.....	69
I- ETAT DES LIEUX	69
II- SUPERVISION ET CONTRÔLE DES TRAVAUX	71
CHAPITRE 8 : ANALYSE CRITIQUE DES TRAVAUX EFFECTUÉS.....	84
I- ANALYSE DE LA MISSION DE CONTROLE DES TRAVAUX	84
II- DIFFICUTÉS RENCONTRÉES ET PROPOSITION DE SOLUTIONS.....	87
III- PERPECTIVES	87
BIBLIOGRAPHIE	90
WEBOGRAPHIE.....	91
ANNEXES	92
TABLE DES MATIERE	119

DÉDICACE

A MA FAMILLE

REMERCIEMENTS

A la fin de ce travail, nous tenons à remercier toutes les personnes qui nous ont soutenus, de près ou de loin, avec les moyens qu'elles avaient, pendant toute la durée de notre stage.

Tout d'abord, nous exprimons nos vifs remerciements envers le corps enseignants pour leurs encadrements et de nous avoir permis d'effectuer ce stage. En particulier :

- Monsieur **KONAN Dénis**, Directeur de l'**ESTP** ;
- Monsieur **GNAN Kouassi**, Sous-directeur des enseignements ;
- Monsieur **KOUABENAN**, Sous-directeur chargé des études ;
- Monsieur **KOUAKOU Nanan Steve**, Architecte –Urbaniste et notre encadreur pédagogique ;
- Monsieur **KOUAME**, Inspecteur de filière.

Ensuite, nous remercions l'entreprise **BNETD** et son personnel pour nous avoir accueilli, pour leur conseil, l'encadrement ainsi que les moyens mis à notre disposition. En particulier :

- Monsieur **Kinapara COULIBALY**, Directeur Général du **BNETD** ;
- Monsieur **KONE Idrissa**, Ingénieur Travaux Publics, Chef de mission sur le groupe scolaire de l'académie et notre maitre de stage ;
- Monsieur **SIE Noufé**, Directeur du Pôle Bâtiment et Aménagement Territorial (PBAT) ;
- Madame Marie-Thérèse **NIAMIEN**, Directrice Département Travaux Publics ;
- Monsieur **YAO** et Monsieur **GNAMIEN** Agent du **BNETD** sur le lycée du banco à Yopougon, pour leur accueil, leur collaboration et l'aide qu'ils m'ont apporté ;

Aussi nous tenons à remercier Monsieur **N'GUESSAN, JEAN CLAUDE, LANDRI, COULIBALY** et Madame **RUTH**, tous agents de la **SIMDCI**, pour leur accueil, leur collaboration et l'aide qu'ils m'ont apporté.

Enfin, nous remercions nos parents, nos amis et nos condisciples pour leurs encouragements. Bien le meilleur à vous.

AVANT PROPOS

Institut d'excellence et de renom en Afrique de l'ouest, l'Institut National Polytechnique Felix HOUPHOUËT-BOIGNY (**INPHB**) a été créé par le décret 96-678 du 04 Septembre 1996, de la restructuration de l'École Nationale Supérieure d'agronomie (**ENSA**), l'École Nationale Supérieure des travaux Publics (**ENSTP**), l'Institut Agricole de Bouake (**IAB**) et de l'Institut National Supérieur et de l'Enseignement Technique (**INSET**). Quatre grandes écoles que l'on désignait communément sous le vocable de grandes écoles de Yamoussoukro.

Aujourd'hui, l'institut a en son sein onze (11) grandes écoles que sont :

- ❖ L'École Doctorale Polytechnique (**EDP**) ;
- ❖ L'École Doctorale Polytechnique des Sciences Agronomiques et Procédé de Transformation (**EDPSAPT**) ;
- ❖ L'École Préparatoire aux Grandes Écoles (**EPGE**) ;
- ❖ L'École supérieure d'Agronomie (**ESA**) ;
- ❖ L'École Supérieure de Chimie du Pétrole et de l'Énergie (**ESCPE**) ;
- ❖ L'École Supérieure de commerce et d'Administration d'Entreprises (**ESCAE**) ;
- ❖ L'École Supérieure de Formation et du Perfectionnement des Cadres (**ESFPC**) ;
- ❖ L'École Supérieure de Pétrole et de l'Énergie (**ESPE**).
- ❖ L'École Supérieure des d'Industrie (**ESI**) ;
- ❖ L'École Supérieure des Mines et de Géologie (**ESMG**) ;
- ❖ L'École Supérieure des travaux publics (**ESTP**) ;

L'**ESTP** forme des élèves Techniciens Supérieurs et Ingénieurs dans les filières du Génie Civil et des Travaux Publics. Dans le souci d'offrir à ses futures élites de la Côte d'Ivoire et d'ailleurs un apprentissage complet, l'**ESTP** en plus des cours théoriques dispensés aux étudiants a inclus dans le programme scolaire des stages de formation pratique en entreprise dont la durée varie de 6 à 16 semaines selon le niveau d'études.

Étant en troisième année d'étude dans la filière Bâtiment et Urbanisme, le projet de fin d'études (**PFE**) est une étape cruciale dans l'obtention du diplôme de Technicien Supérieur. Nous avons effectué un stage d'une durée de 4 mois au sein du **BNETD** et plus précisément dans le Département Études de Bâtiment.

LISTE DES FIGURES

Figure 1: graphe montrant la progression du BNETD de 1978 à 1996	3
Figure 2 : situation géographique du BNETD	7
Figure 3 : organigramme du BNETD	9
Figure 4 : situation du site	12
Figure 5 : semelle isolée et semelle filante	40
Figure 6: carte géologique de la Côte d'Ivoire	46
Figure 7: esquisse de la poutrelle	52
Figure 8: repérage de la poutre la plus chargée	55
Figure 9: repérage du poteau le plus chargé	58
Figure 10 : équipe de pénétromètre dynamique lourd	70
Figure 11 : sondage a la tarière pour essai	71
Figure 12 : sondage a la tarière a main	71
Figure 13 : pose de ferrailage de semelle isolée	75
Figure 14 : pose de ferrailage de semelle filante	75
Figure 15: l'essai a l'affaissement au cône d'Abrahams	76
Figure 16 : prélèvement des 6 éprouvettes bétons pour les essais de compression	76
Figure 17 : remblai sous dallage	81
Figure 18 : bétonnage de dallage	82
Figure 19 : pose de ferrailage du dallage	82

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: récapitulatif des fondations sur pieux	27
Tableau 2: coordonnées GPS des points de sondages	36
Tableau 3: valeurs des taux de travail des sols et des tassements	41
Tableau 4: capacité portante en fonction de la nature du sol.....	46
Tableau 5: tableau des données générales de calcul.....	48
Tableau 6: les charges ultimes	50
Tableau 7: descente de charge	52
Tableau 8: caractéristique de la poutrelle.....	53
Tableau 9: les caractéristiques de la poutre	56
Tableau 10 : tableau de calcul	59
Tableau 11: tableau de résultats 1	60
Tableau 12: tableau de résultats 2.....	61
Tableau 13: tableau de résultats 3.....	62
Tableau 14: ferrailage de la semelle sous deux poteaux.....	63
Tableau 15: résultats des calculs de la semelle filante.....	64
Tableau 16: charge de la paillasse.....	66
Tableau 17: charge du palier de repos.....	66
Tableau 18: tableau des résultats 4	67
Tableau 19 : plan de contrôle de fouille.....	73
Tableau 20 : formulation du béton de propreté.....	74
Tableau 21 : formulation du beton de conveance 350kg/m³	76
Tableau 22 : plan de contrôle du mur de sous-bassement	78
Tableau 23 : plan de contrôle du chainage bas	79

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATION

PFE : Projet de Fin d'Etude

BHP : Béton Haute Performance

BFUP : Béton fibre Ultra-Haute Performance

EIE : Etude d'Impact Environnemental

PEHD : Polyéthylène Haute Densité

AFNOR : Association Française de Normalisation

ILBTP : Ivoire Laboratoire de Travaux Public et Bâtiment

BIM : Building Information Modeling

IRS : Injection à Haute Pression

MCP : Matériaux à Changement de Phase

UV: Ultraviolet

GPS: Global Positioning System

BAEL : Béton Arme aux États Limites

NF : Norme Française

DTU : Document Technique Unifié

PIC : Plan d'Installation de Chantier

RDM : Résistance des Matériaux

OGC : Organisation et Gestion de Chantier

ELS : Etat Limite de Service

ELU : Etat Limite Ultime

FPP : Fissuration Peu Préjudiciable

RESUME

Dans le cadre de notre projet de fin d'études (PFE), nous avons effectué un stage au sein de l'entreprise BNETD sur la période allant du 16 Septembre 2024 au 15 Janvier 2025.

Le projet, objet de notre étude portait sur la construction d'un groupe scolaire à Yopougon Académie qui doit servir à offrir un cadre éducatif structuré, un apprentissage et un développement des élèves dans un environnement adapté à leur épanouissement intellectuel et social. La mission confiée au BNETD était une Mission d'Assistance Technique du Maître d'Ouvrage : l'entreprise était chargée du contrôle final lors de la réception et de valider celle-ci en cas de conformité, puis faire un rapport au Maître d'Ouvrage qui est le Ministère de l'Education National et de l'Alphabétisation (MENA). Par conséquent, durant la période de réalisation des travaux, le BNETD aura pour tâche le contrôle qualité.

Le thème de notre Projet de Fin d'Etudes est intitulé : « **OPTIMISATION DES PROCÉDES D'EXECUTION DES ELEMENTS EN FONDATION : ENJEUX DE PERFORMANCE ET DE DURABILITE** ».

Notre mission pendant ces quatre (04) mois consistait de suivre les travaux de fondation œuvre en s'assurant qu'ils respectent les plans d'exécution, les normes de construction en vigueur et les exigences de qualité et de sécurité du projet.

ABSTRACT

As part of our end-of-studies project (PFE), we did an internship with BNETD from 16 September 2024 to 15 January 2025.

The project, which was the subject of our study, concerned the construction of a school complex in Yopougon Académie, which is intended to provide a structured educational framework, learning and development for pupils in an environment suited to their intellectual and social development. The mission entrusted to BNETD was to provide technical assistance to the project owner: the company was responsible for the final inspection at the time of handover and for validating any compliance, then reporting back to the project owner, the Ministry of National Education and Literacy (MENA). As a result, during the construction period, the BNETD will be responsible for quality control.

The subject of our final year project is entitled: **'OPTIMIZING THE PROCEDURES FOR EXECUTION OF FOUNDATION ELEMENTS: PERFORMANCE AND SUSTAINABILITY ISSUES'**.

During these four (04) months, our task was to monitor the foundation works, ensuring that they complied with the execution plans, current construction standards and the project's quality and safety requirements.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'exécution des éléments en fondation est un volet crucial dans la réalisation des ouvrages de bâtiment et de génie civil. Une fondation mal conçue ou mal exécutée peut compromettre la stabilité et la durabilité de l'ouvrage. Dans un contexte où les enjeux de performance structurelle et de durabilité sont accrus par les contraintes économiques, environnementales et réglementaires, l'optimisation des procédés d'exécution des fondations s'impose comme une nécessité.

Comment optimiser les procédés d'exécution des fondations pour garantir leur performance et leur durabilité, tout en limitant leur impact environnemental et respectant les contraintes économiques et réglementaires ?

Les objectifs spécifiques de ce travail sont :

- Identifier les facteurs clés influençant la qualité et la durabilité des fondations.
- Analyser les méthodes et outils modernes permettant d'optimiser les procédés d'exécution.
- Proposer des solutions innovantes pour allier performance, durabilité et respect de l'environnement.

Cette étude s'appuiera sur une analyse bibliographique approfondie, des études de cas pratiques, ainsi que sur des outils de modélisation et de simulation pour comparer les différentes approches.

PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉRALITÉS

CHAPITRE 1 : PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

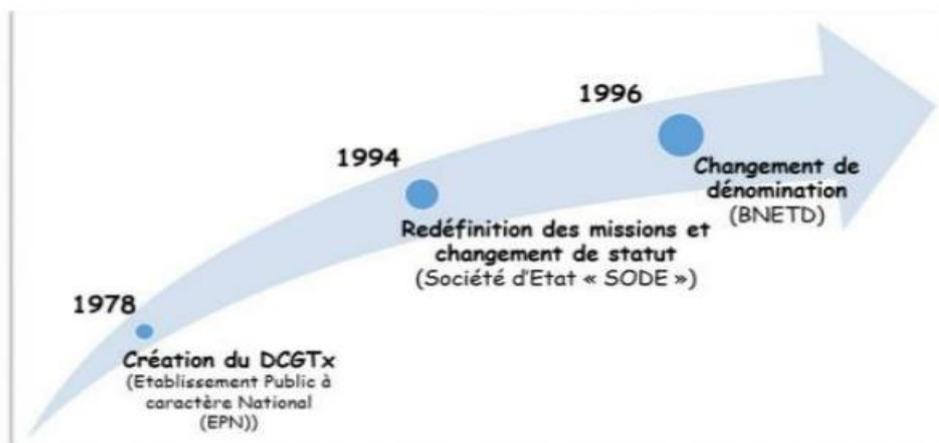
I- HISTORIQUE ET STATUT JUDICIAIRE DU BNETD

Créée en 1978 sous la forme juridique d'Établissement Public National (EPN), la DCGTx (Direction et contrôle des Grands Travaux) avait pour vocation première le contrôle et la réalisation des grands projets d'investissement dans le secteur des Travaux Publics (TP).

Face aux difficultés économiques des années 80, le gouvernement ivoirien a dû se désengager progressivement de la gestion des établissements publics. Néanmoins, pour garder la maîtrise de ses structures, l'Etat Ivoirien opte pour un autre mode de gestion plus tactique par la transformation de ces divers EPN en société d'État avec un capital de 2 000 000 000 FCFA. C'est dans ce contexte qu'en 1994, la DCGTx devient société d'État et change de dénomination en 1996 pour devenir le **Bureau National d'Études Techniques et de Développement (BNETD)**.

Grâce à une vaste expérience acquise au fil du temps et une expertise solide dans la réalisation des études et le contrôle des projets d'intérêt public pour la maîtrise des coûts, de la qualité des délais, le BNETD intervient également dans la sous-région. Depuis 2003, l'entreprise exporte son expertise dans de nombreux pays Africains. C'est un pôle d'expertise et un instrument de stratégie et de développement global et multisectoriel, au service de la Côte d'Ivoire et de l'Afrique.

Figure 1: graphe montrant la progression du BNETD de 1978 à 1996



(Source : KOFFI Kouadio François, ingénieur géomètre)

Dirigé à sa création par des coopérants français, le BNETD va progressivement se tourner vers les compétences nationales pour assurer sa mission de développement national.

II- MISSION ET OBJECTIF DU BNETD

1- Missions du BNETD

Trois missions essentielles justifient la raison d'être du BNETD :

- **Concevoir (études et conception)**

Le BNETD conçoit des études depuis la réalisation du diagnostic jusqu'à la réalisation du cahier de charges, des plans et/ou schémas directeurs.

- **Superviser**

Le BNETD contrôle ou supervise les entreprises chargées de réaliser les projets dans les conditions fixées par le maître d'ouvrage. Il assure la maîtrise d'œuvre en tant que maître d'œuvre ou maître d'ouvrage délégué.

- **Conseiller**

Le BNETD intervient, sur demande, pour apporter son expertise en tant qu'assistant à maître d'ouvrage dans le cadre de la réalisation d'un projet en tant que conseil technique, en vue d'une décision importante à prendre dans le cadre d'un investissement. Le BNETD intervient également par le détachement d'experts.

2- Objectifs du BNETD

Au-delà de ses missions, le BNETD s'est assigné les objectifs suivants :

- La décentralisation des responsabilités au sein de son administration et l'accroissement de son autonomie de gestion ;
- Le développement d'activités génératrices de revenus ;
- La bonne maîtrise des coûts et délais dans l'exécution des ouvrages.

III- DOMAINE D'INTERVENTION ET ORGANISATION

1- Domaine d'intervention

Les principaux domaines d'intervention du BNETD sont les suivants :

❖ Infrastructures et transports

- Réalisation des études topographique ;
- Etude géodésiques ;
- Calculs de structures d'ouvrage d'art ...

❖ Agriculture et développement rural

- Identification de projets ;
- Elaboration et analyse de termes de références ;
- Diagnostic et expertise ...

❖ Environnement, énergie et hydraulique

- Etude sociologique ;
- Initiation des projets relatifs à la conservation de la forêt ;
- Réalisation des études d'impact environnemental (EIE) ...

❖ Urbanisme et développement territorial

- Assistance aux collectivités locales ;
- Appui institutionnel et technique ;
- Réalisation des plans d'urbanisme directeur ...

❖ Information géographique et du numérique

- Géodésie ;
- Photogrammétrie ;
- Prises de vues aériennes ;
- Télédétection et systèmes d'informations ;

- Marchés et affaires juridiques ;
- Réglementation (procédures, approbation) ;
- Passation des marchés de travaux et équipements (construction, aménagement/infrastructures équipement/ publications des offres) ;
- Elaboration des prix (coûts et délais / indices et variations de prix) ...

❖ **Innovations et développement de projet**

- Diagnostic des organisations et fonctionnement des structures ;
- Réalisation d'études préalables et ou de faisabilité...
- Optimisation et rédaction des procédures et ou de faisabilité...

❖ **Industrie, énergie et mines**

- Conseil d'achat et assistance à la maintenance ;
- Diagnostic opérationnel ;
- Appui à la mobilisation de financements...

❖ **Construction et équipements publics**

- Etudes architecturales ;
- Etudes techniques ;
- Maintenance des équipements et ouvrages...

❖ **Communication et marketing**

- Elaboration de plan d'affaires ;
- Etude de marché et de la concurrence...

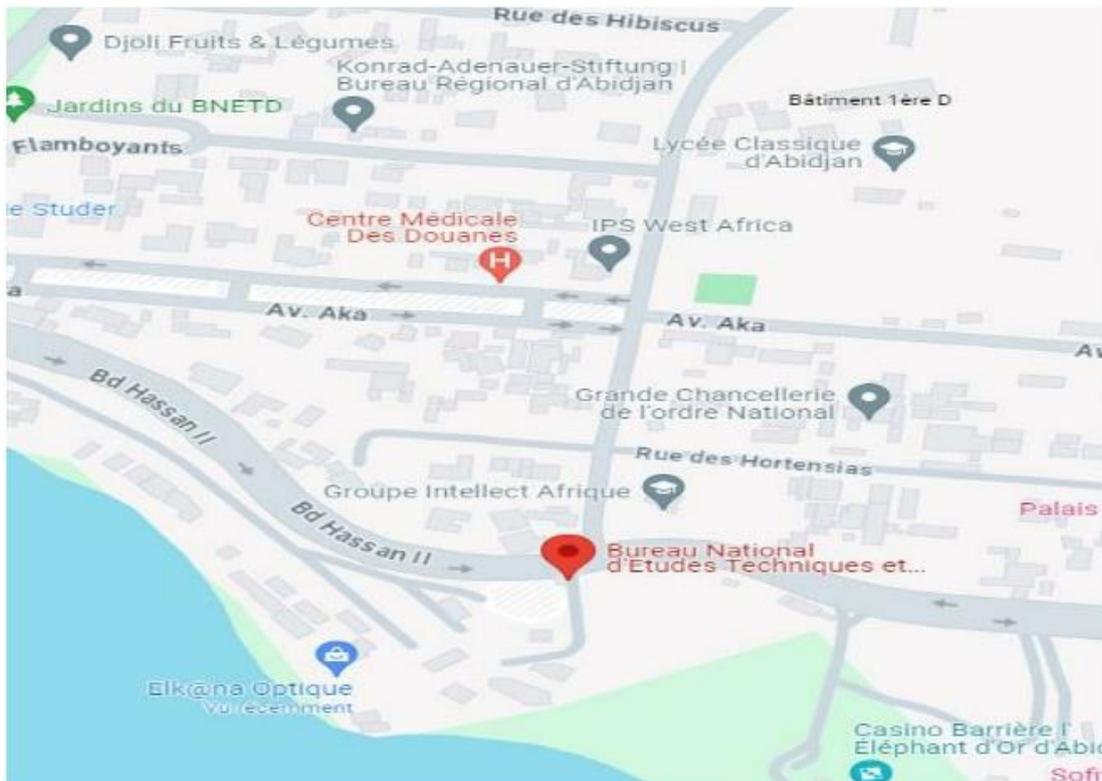
En définitive, depuis plus de 30 ans, le BNETD a capitalisé une longue et riche expérience qui fait de lui, la structure privilégiée qui assiste le gouvernement Ivoirien dans ses réflexions stratégiques.

Depuis quelques années, le BNETD intervient aussi dans des pays de l'Afrique occidentale et de l'Afrique centrale.

2- Organisation du BNETD

Situé à Abidjan dans la commune de Cocody, en bordure de la lagune Ebrié, avec une vue superbe sur la commune du plateau le BNETD dispose d'un effectif total de plus de 1050 agents dont 509 cadres de haut niveau.

Figure 2 : situation géographique du BNETD



Source : KOUASSI Atchy Tchakaly. PFE 2025

À l'instar de toutes les sociétés d'État Ivoiriennes actuelles, le BNETD est administré par une haute direction composée d'un conseil d'Administration, d'une Direction, d'un secrétariat, des Directeurs et des conseillers Techniques.

En termes d'organisation, le BNETD est subdivisé en pôles, Départements et services. Une mission bien déterminée est assignée à chacune de ces entités qui possèdent les compétences requises pour réaliser les objectifs du Bureau. Les pôles du BNETD sont au nombre de quatre (04) et comprennent :

- Le pôle transport, infrastructure et environnement ;
- Le pôle bâtiment et développement territorial ;

- Le pôle agriculture, information géographique et numérique ;
- Le pôle innovation et développement international.

Les Départements du BNETD, au nombre de seize (16) peuvent être classés en deux (02) grands groupes qui sont les départements d'appuis et les départements d'opération.

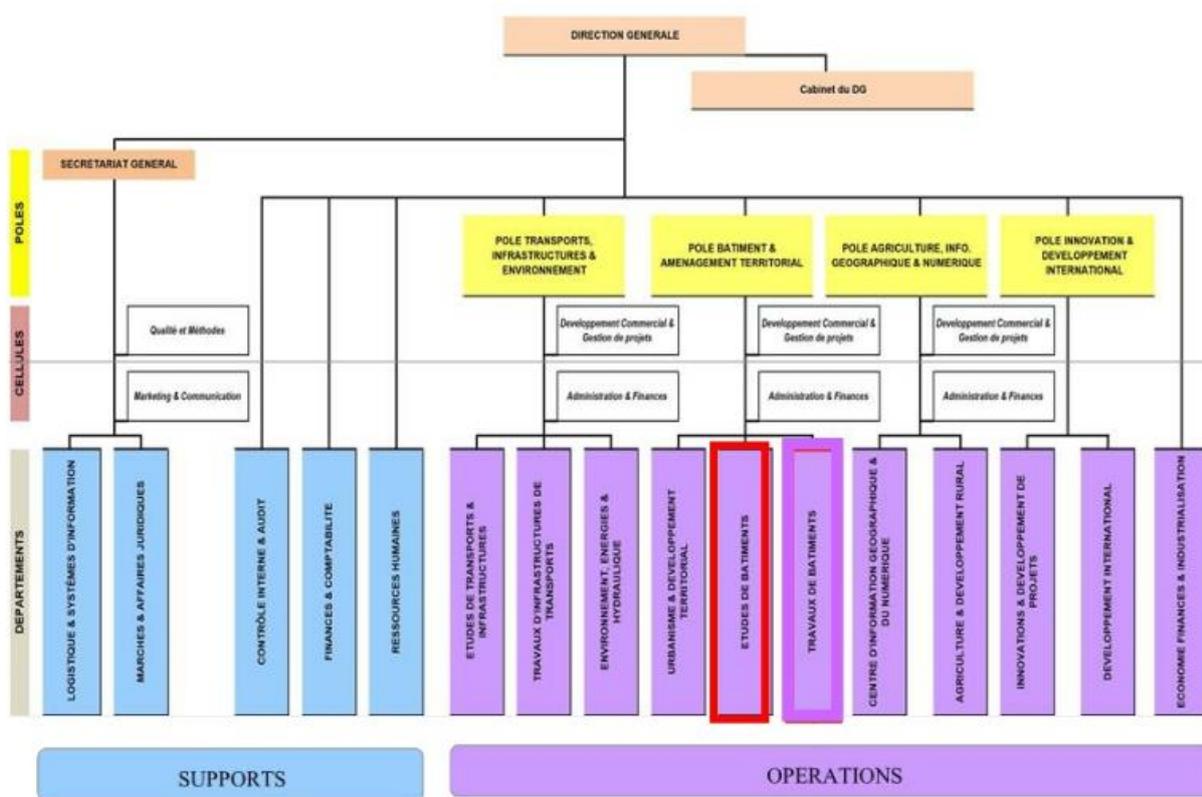
❖ **Les départements d'appuis comprennent :**

- Le département logistique et systèmes d'information (DLSI) ;
- Le département marchés et affaires juridiques (DMAJ) ;
- Le département contrôle interne et audit (DCIA) ;
- Le département finance et comptabilités (DFC) ;
- Le département ressources humaines (DRH).

❖ **Les départements opérationnels comprennent :**

- Le département études de transports et infrastructures (DETI) ;
- Le département travaux d'infrastructures de transports (DTIT) ;
- Le département environnement, énergies et hydraulique (DEEH) ;
- Le département urbanisme et développement territorial (DUDT) ;
- Le département études de bâtiments (DEB) ;
- Le département travaux de bâtiments (DTB) ;
- Le département information géographique et numérique (DIGN) ;
- Le département agriculture et développement rural (DADR) ;
- Le département innovations et développement de projets (DIDP) ;
- Le département développement international (DDI) ;
- Le département économie, finances et industrialisation (DEFI).

Figure 3 : organigramme du BNETD



(Source : BNETD)

Chaque département regroupe en son sein plusieurs services. En ce qui nous concerne, nous avons été affectés au Département Etudes de Bâtiment, afin d'apporter notre contribution à l'étude du thème : OPTIMISATION DES PROCÉDÉS D'EXÉCUTION DES ÉLÉMENTS EN FONDATION : ENJEUX DE PERFORMANCE ET DE DURABILIT. »

CHAPITRE 2 : PRESENTATION DU PROJET

Ce chapitre fait une présentation générale du projet dans le but de faciliter la compréhension du sujet et l'intérêt qu'il suscite.

I- DEFINITION DU THEME

- ❖ **Optimisation des procédés** : mettre en avant les bonnes pratiques et les choix techniques pour améliorer l'efficacité des travaux en fondation. Cela inclut la rationalisation des opérations, l'usage de nouvelles technologies, et l'adaptation des choix techniques aux contraintes du terrain.
- ❖ **Performance des fondations** : analyse comment les méthodes d'exécution influencent la stabilité, la résistance et la sécurité des ouvrages. Elle dépend des caractéristiques mécaniques du sol, des efforts appliqués, et des techniques de mise en œuvre.
- ❖ **Durabilité des fondations** : fait référence à leur capacité à conserver leurs performances mécaniques et fonctionnelles sur le long terme, en minimisant les effets de l'environnement et du vieillissement.
- ❖ **Réponse aux défis géotechniques et environnementaux** : les fondations sont directement influencées par les conditions géotechniques du sol et des contraintes environnementales. L'objectif est d'identifier les défis majeurs et d'apporter des solutions adaptées.

II- CONTEXTE GENERAL DU PROJET

Dans le cadre de l'amélioration de l'éducation, le Ministère de l'Education Nationale et de l'alphabétisation a lancé un programme de construction de lycée et collège sur tout le territoire ivoirien, suite à un déficit criant d'écoles et de salles de classe. Ce projet ambitieux vise à répondre aux besoins éducatifs d'une population en pleine croissance, notamment dans les zones urbaines densément peuplées comme Yopougon, où les établissements scolaires existants sont souvent surchargés. C'est dans cette optique que le quartier de Yopougon académie bénéficie de la construction d'un groupe scolaire. L'objectif principal est de garantir un accès équitable à une éducation de qualité pour tous les enfants et adolescents, tout en modernisant les infrastructures éducatives pour les adapter aux exigences du XXI^e siècle. La construction de nouveaux établissements, comme le groupe scolaire de Yopougon académie,

s'inscrit dans cette dynamique et représente une étape clé pour réduire les inégalités scolaires et offrir un environnement d'apprentissage propice à la réussite.

Cet établissement sera constitué de :

- ✓ Un bâtiment R+1 de 6 salles de classe + un bureau pour le primaire ;
- ✓ Un bâtiment de 3 salles de classe + un bureau pour la maternelle ;
- ✓ Une infirmerie ;
- ✓ Des toilettes externes de 6 cabines.

Le projet de construction du groupe scolaire de Yopougon académie répond à plusieurs enjeux majeurs. D'abord, il s'agit de pallier le manque de place dans les écoles existantes, qui oblige souvent les élèves à parcourir de longue distance ou à étudier dans des situations précaires.

Ensuite, ce projet vise à moderniser les infrastructures éducatives en construisant des bâtiments équipés de salles de classe spacieuses, de bibliothèques et d'équipements sportifs. Cela permettra d'améliorer la qualité de l'enseignement et de préparer les élèves aux défis du monde contemporain.

Enfin, ce projet contribuera à renforcer la cohésion sociale en offrant un accès équitable à l'éducation, en particulier pour les filles et les enfants issus de milieux défavorisés. Le groupe scolaire de Yopougon académie deviendra ainsi un pilier éducatif et social pour la commune de Yopougon académie.

III- SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le terrain est situé à l'ouest du district d'Abidjan, en Côte d'Ivoire, dans la commune de Yopougon plus précisément à l'académie et s'étend sur une superficie de **deux mille six cent quatre-vingt-quinze mètres carrés (2695m²)**.

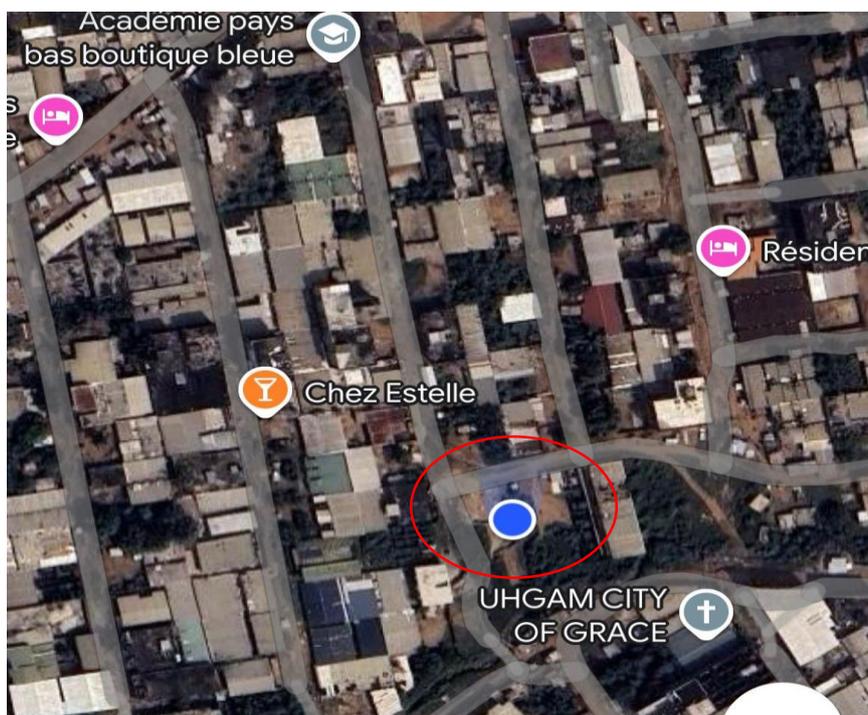
(Annexe 1 : plan de masse)

Il comprend :

- Au nord : Niangon-Nord et Toits Rouges

- Au sud : Laurier II SACO et le camp militaire ;
- A l'est : Maroc
- A l'ouest : Niangon-Sud

Figure 4 : situation du site



Source : Google maps

IV- INTERVENANTS

Un projet de construction nécessite l'intervention de différents corps d'état chacun exécutant des tâches spécifiques. Dans le cadre de notre projet, ces acteurs également appelés parties prenantes sont le Maître d'Ouvrage, le Maître d'Œuvre, les entreprises exécutantes et le bureau de contrôle.

❖ Maitre d'ouvrage

Le maître d'ouvrage est la personne pour laquelle l'ouvrage est construit. Il définit le programme, assure le financement et établit le processus selon lequel l'ouvrage sera réalisé. Le maître d'ouvrage est le Ministère de l'Education National et de l'alphabétisation (MENA)

❖ Maitre d'œuvre

Le Maitre d'Œuvre est une personne physique ou morale qui pour sa compétence est chargée par le Maitre d'Ouvrage de la conception du projet et son accompagnement durant l'exécution de celui-ci; il met les bases du projet et conseille le Maitre d'Ouvrage. Cette mission est assurée par le Bureau National d'Etude Technique et de Développement (BNETD).

Un cabinet d'étude de structure chargé de réaliser les calculs et dessiner les plans de structures.

❖ Le bureau de contrôle

Le bureau de contrôle technique est chargé d'assurer le respect des normes durant les phases de réalisation des travaux. Il aura trois missions :

Mission L : s'assurer de la solidité des ouvrages,

Missions S : s'assurer de la sécurité des personnes,

Missions F : s'assurer du fonctionnement des installations

Dans le cas de cette étude le Bureau National d'Etude Technique et de Développement (BNETD) a été choisi.

❖ Entreprise (s)

Les entrepreneurs (entreprises exécutantes) sont chargées d'exécuter les travaux. On a affaire à des entreprises cotraitantes dont on établira un compte prorata pour gérer les frais d'exploitation du chantier. Ces entreprises seront sélectionnées suite à une soumission à appel d'offre. L'entreprise retenue ici est la Société d'Infrastructure Moderne pour le Développement en Côte d'Ivoire (SIMDCI)

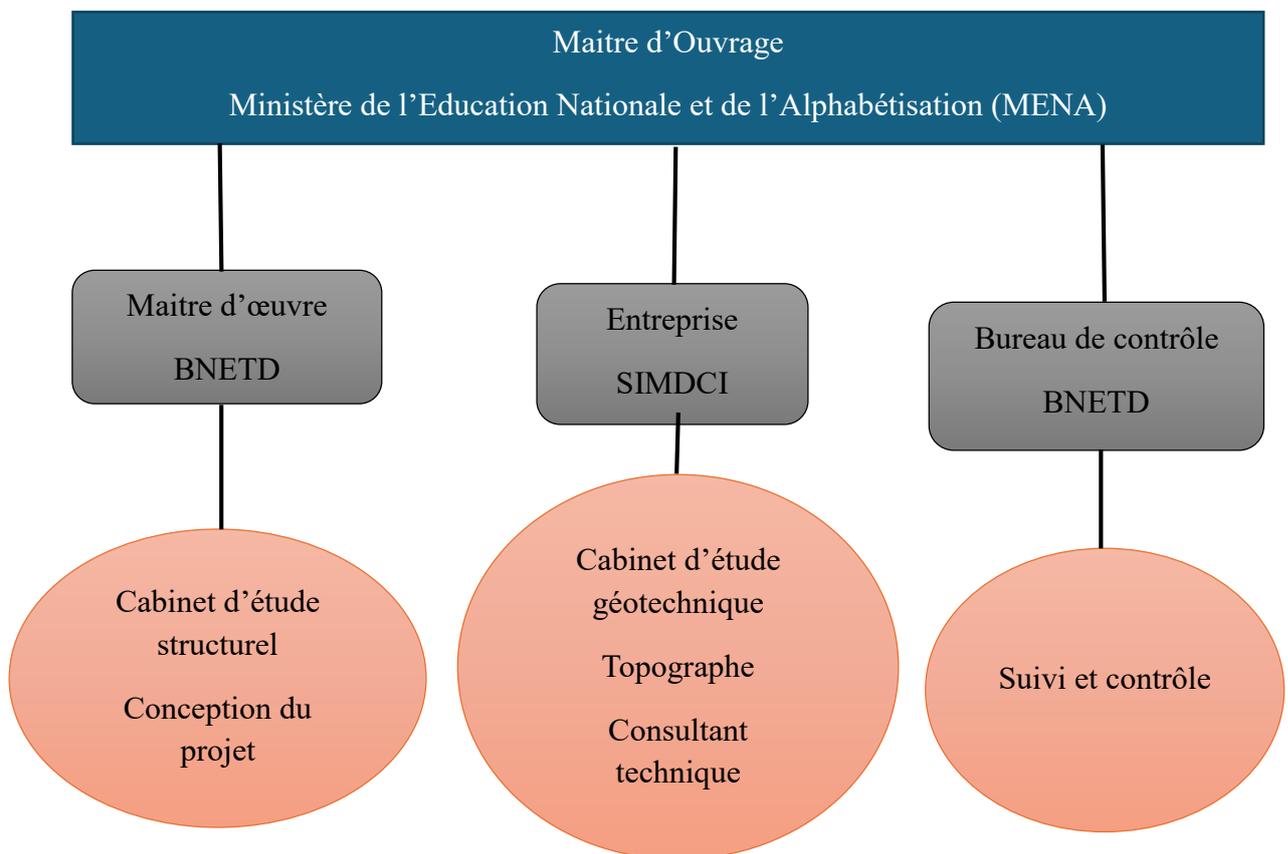
Pour l'aider dans ces tâches, Société d'Infrastructure Moderne pour le Développement en Côte d'Ivoire (SIMDCI) s'accorde les services de professionnels extérieurs expérimentés à savoir :

- ✓ Un Topographe C'est un professionnel du droit foncier qui est mène des opérations à savoir les délimitations et bornage de terrain, les levés d'architecture, des travaux cadastraux, les plans de propriétés rurales et urbaines.

Son rôle au sein du projet sera de faire un relevé du terrain afin de nous produire la représentation numérique de celui-ci. Sur ce relevé, les délimitations du terrain, les bornages, la morphologie du terrain, le relevé des bâtiments existants et de la végétation doivent être marqué.

- ✓ Un cabinet d'essai géotechnique agréé chargé de vérifier la qualité du sol, de donner ses contraintes admissibles permettant de réaliser les calculs de structures et donner les dispositions constructives à prendre en compte.
- ✓ Des professionnels en assainissement et adduction en eau, en électricité, et en climatisation. Ce sont les consultants techniques.

Illustration des relations entre les différents acteurs du projet



En somme, l'étude du Projet est prévue sur douze (12) mois. Elle nécessite une méthodologie de travail appropriée vu qu'elle met en relation plusieurs acteurs différents. Le BNETD étant le point focal de ces acteurs, elle devra s'assurer de présenter la version la plus

aboutie possible afin de permettre à chacun d'accomplir correctement sa mission. L'étude architecturale et technique d'un projet est un travail de longue haleine qui se veut minutieux au vu des enjeux qu'elle regorge (impact budgétaire, conformité technique.).

CONCLUSION PARTIELLE

La présentation du sujet et du projet a permis de contextualiser l'étude en mettant en avant les enjeux spécifiques liés à la construction du groupe scolaire. Les objectifs du projet, notamment l'amélioration de l'accès à l'éducation et à la modernisation des infrastructures, ont été clairement définis. Cette compréhension du projet est essentielle pour aborder les aspects techniques des fondations dans les chapitres suivants.

**DEUXIEME PARTIE : GÉNÉRALITÉS SUR LES
FONDATION ET LEUR PROCÉDÉS
D'EXÉCUTION**

CHAPITRE 3 : DÉFINITION ET RÔLE DES FONDATIONS

Ce chapitre aborde les fondements théoriques des fondations, en définissant ce qu'elles sont et en expliquant leur rôle crucial dans la stabilité des ouvrages.

I- DÉFINITION

Le terme fondation regroupe l'ensemble des ouvrages servant d'assise à la construction. Les fondations sont constituées par l'ensemble des ouvrages qui réalisent l'interface entre les éléments porteurs d'une construction et son sol. Elles sont la partie inférieure d'une structure, conçue pour ancrer un bâtiment ou un ouvrage dans le sol. Elles permettent de transférer les charges structurelles, comme le poids propre du bâtiment et les forces extérieures (vent, neige, charges sismiques), vers des couches de sol capables de supporter ces contraintes sans subir de déformation excessive. Elles assurent une fonction vitale dans tout projet de construction, car une erreur dans leur dimensionnement ou leur exécution peut compromettre l'ensemble de la structure, entraînant des fissures, des tassements ou même des effondrements. De ce fait, la conception des fondations est une étape cruciale qui doit être réalisée avec une grande précision.

L'importance des fondations dépasse la simple stabilité. Elles garantissent également la longévité de l'ouvrage, la sécurité des utilisateurs et la préservation de l'environnement. Une fondation bien conçue prend en compte la géologie locale, les charges appliquées, et même les variations climatiques qui peuvent affecter le comportement du sol.

II- RÔLE DES FONDATIONS DANS LA STABILITÉ DES OUVRAGES

Le rôle des fondations consiste à répartir les charges apportées par l'ouvrage très variables suivant la hauteur de la construction et son type d'utilisation sur le sol dont la capacité peut varier suivant la nature et la profondeur des diverses couches du terrain. Pour cela, une campagne de sondage devra préalablement être effectuée sur le terrain envisagé ; outre les caractéristiques mécaniques et physiques des différentes couches géologiques constituant le sous-sol, elle devra déceler la présence d'une arrivée d'eau ou d'une nappe phréatique.

Le rôle des fondations est multiple et crucial pour assurer la stabilité d'un bâtiment ou d'une infrastructure :

1. Répartition uniforme des charges

Le prédimensionnement de l'infrastructure a pour objet la conservation d'un état d'équilibre stable entre les descentes de charge et les contraintes admissible du sol. Elle doit transmettre les charges de manière linéaire ou ponctuelle au bon sol d'assise choisi grâce à l'étude géotechnique. Les fondations distribuent les charges concentrées provenant des éléments structurels (colonnes, murs, planchers) sur une surface plus large, évitant ainsi la surcharge du sol et les risques d'affaissement localisé.

2. Adaptation aux contraintes géologiques

Les terrains ne sont pas toujours homogènes ou résistants. Certaines zones peuvent présenter des sols argileux gonflants, des nappes phréatiques, ou encore des roches fissurées. Les fondations permettent de pallier ces défauts en s'ancrant dans des couches de sol plus stables.

3. Resistance aux forces dynamiques

Les ouvrages sont soumis à des forces extérieures telles que les vents forts, les séismes ou les vibrations dues au trafic. Une fondation adaptée absorbe et répartit ces forces pour éviter tout désordre structurel.

4. Prevention des tassements différentiels

Les sols ayant des propriétés variables sur une même surface, les fondations sont dimensionnées pour limiter les variations de tassement entre différentes parties de la structure.

Dans le cas d'ouvrages complexes comme les tours, les ponts ou les barrages, les exigences liées aux fondations deviennent encore plus rigoureuses, car elles doivent supporter des charges colossales tout en garantissant la sécurité sur plusieurs décennies.

III- PRINCIPE DE CONCEPTION DES ELEMENTS EN FONDATION

La conception des fondations est un aspect essentiel du génie civil qui implique la planification et la construction de la base d'une structure pour assurer la stabilité et la durabilité. Ce processus prend en compte les propriétés du sol, la répartition des charges et les facteurs environnementaux pour éviter les tassements et les défaillances structurelles. Une conception

appropriée des fondations améliore la sécurité et la longévité des bâtiments, ce qui en fait la pierre angulaire d'une construction réussie.

1- Prévention des tassements différentiels

Avant de concevoir les fondations, il est indispensable de comprendre les caractéristiques du sol. Cela inclut :

- ✚ **Sondages géotechniques** : Réalisés à l'aide de carottes ou d'outils d'exploration pour analyser les différentes couches de sol.
- ✚ **Essais en laboratoire** : Les échantillons de sol sont testés pour évaluer leur portance, leur compressibilité, et leur perméabilité.
- ✚ **Analyse des risques** : Identification des facteurs tels que les glissements de terrain, la liquéfaction en cas de séisme, ou la présence de nappes phréatiques.

2- Calculs des charges appliquées

Les ingénieurs doivent évaluer les charges permanentes et variables de la structure pour dimensionner les fondations.

- ✚ **Charges permanentes** : Poids propre de l'ouvrage, y compris les murs, planchers et toitures.
- ✚ **Charges variables** : Occupants, meubles, équipements, véhicules, etc.
- ✚ **Forces climatiques** : Vent, neige, pluie et tremblements de terre.

3- Choix du type de fondation

Une fois les caractéristiques du sol et les charges déterminées, les ingénieurs choisissent le type de fondation le mieux adapté :

- ✚ **Fondations superficielles** : Utilisées lorsque le sol en surface est suffisamment stable pour supporter la structure.
- ✚ **Fondations profondes** : Nécessaires dans les sols meubles ou pour les bâtiments de grande hauteur.
- ✚ **Fondations spéciales** : Adaptées aux terrains complexes ou aux environnements spécifiques (ex. milieux marins).

4- Sélection des matériaux adaptés

Le choix des matériaux pour les fondations dépend des exigences de durabilité et des conditions environnementales :

- ✚ **Béton armé** : Utilisé pour sa résistance à la compression et sa durabilité.
- ✚ **Bétons haute performance (BHP)** : Résistent aux agressions chimiques et aux conditions extrêmes.
- ✚ **Matériaux alternatifs** : Polymères renforcés ou granulats recyclés, utilisés pour réduire l'impact environnemental.

5- Respect des normes et réglementations

Les normes locales et internationales dictent les exigences minimales pour la conception des fondations :

- ✚ **Normes de sécurité** : Garantir la stabilité de l'ouvrage même en cas de catastrophes naturelles.
- ✚ **Normes environnementales** : Minimiser l'impact écologique, notamment en réduisant les émissions de CO₂ associées à la production des matériaux.

CONCLUSION PARTIELLE

Ce chapitre a permis de poser les bases théoriques nécessaires à la compréhension des fondations et leur rôle dans la stabilité des ouvrages. Les principes de conception de la fondation, notamment l'importance des études géotechniques et des calculs de charges, ont été clairement expliqués.

CHAPITRE 4 : CLASSIFICATION ET TYPE DE FONDATION

Ce chapitre présente une classification détaillée des différents types de fondation, en distinguant les fondations superficielles, profondes et spéciales. Chaque type de fondation est expliqué en détail, avec ses avantages et ses inconvénients et ses domaines d'application.

I- FONDATIONS SUPERFICIELLES

Ces fondations conviennent pour des terrains stables. Ce sont les plus simples à réaliser et par conséquent les moins coûteuses. En effet, une très faible profondeur est nécessaire : entre 50 centimètres et 3 mètres.

On utilise ce type de fondation lorsque le “bon sol” (la couche de sol qui dispose des propriétés mécaniques suffisantes pour porter l'ouvrage) est situé à moins de 3 mètres. Lors de la conception, prévoyez toujours une marge de sécurité d'au moins 20% sur la capacité portante calculée pour tenir compte des incertitudes sur les propriétés du sol.

Les fondations superficielles ont trois formes différentes : en semelles isolées, en semelles filantes ou en radiers.

1- Les semelles isolées

Aussi appelé semelles ponctuelles, ce type de fondation de maison est rond ou carré et se place sous des poteaux localisés à des endroits précis de la structure. Pour les réaliser, on coule une fine couche de béton nommée béton de propreté puis par-dessus viendra la semelle avec une plus grande épaisseur. Leur conception repose sur le calcul précis des charges transmises par chaque poteau. Les semelles isolées sont courantes dans les maisons individuelles ou les petits bâtiments industriels.

Avantage

- Économiques pour les structures légères ;
- Faciles à mettre en œuvre ;
- Adaptées aux charges ponctuelles.

Inconvénients

- Risque de tassements différentiels ;

- Peu adaptées aux sols hétérogènes ;
- Elles sont limitées en termes de dimension

Pour améliorer la répartition des charges, prévoyez un débord de la semelle d'au moins 15 cm de chaque côté du poteau.

2- Les semelles filantes

Semelles filantes ou également appelées semelles continues, ces fondations se placent tout le long des murs porteurs. Ces fondations, utilisées sous les murs porteurs, garantissent une répartition linéaire des charges sur tout le long du mur. Elles sont idéales pour les structures rectangulaires ou les bâtiments résidentiels à plusieurs étages.

On disposera des armatures dans la partie inférieure des semelles filantes si le sol n'a pas une portance suffisante. Elle convient pour les sols hétérogènes.

Avantages

- Bonne répartition des charges ;
- Réduction des risques de tassements différentiels ;
- Adaptées aux murs porteurs ;

Inconvénients

- Plus coûteuses que les semelles isolées ;
- Nécessitent plus de béton et d'acier ;

Pour les bâtiments de forme allongée, il faut prévoir des joints de dilatation tous les 25-30 m pour limiter les effets des variations thermiques.

3- Les radiers

C'est une dalle porteuse de béton armé répartie sur toute la surface du bâtiment tout en étant reliée aux murs porteurs. Cela permet de répartir les charges sur une grande surface afin d'éviter tout risque de tassement.

Adapté aux terrains peu portants, c'est-à-dire gorgés d'eau, sol argileux ou marneux. Ce type de fondation répartit uniformément les charges sur une large surface, réduisant ainsi les risques de tassements différentiels.

Avantages

- Excellente répartition des charges ;
- Idéal pour les sols de faible portance ;
- Résistant aux poussées hydrostatiques ;

Inconvénients

- Coût élevé ;
- Mise en œuvre complexe ;

Dans les zones à risque de retrait-gonflement des argiles, prévoyez un chaînage périphérique renforcé pour limiter les déformations différentielles.

II- FONDATIONS PROFONDES

Installées à plus de 6 mètres de profondeur, les fondations profondes sont les plus difficiles à réaliser et les plus onéreuses. Contrairement aux fondations superficielles, elles n'ont pas de semelles. Cette technique est très peu utilisée dans la construction de maison individuelle sauf en cas de mauvaise qualité de sol (risque d'éboulement ou de tassement).

1- Les pieux

Les pieux sont des éléments de fondation verticaux ou légèrement inclinés, enfoncés ou coulés dans le sol. Les pieux sont enfoncés à l'aide de techniques de battage ou de forage. Ils conviennent particulièrement aux grands immeubles, ponts et tours. Selon leur conception, les pieux peuvent transmettre les charges par frottement ou en s'appuyant sur une couche de sol dure.

Caractéristiques techniques des pieux

Diamètre : 300 mm à 2000 mm pour les pieux forés

Longueur : généralement de 6 à 40 m, parfois plus

Capacité portante : de 500 kN à plus de 10 000 kN par pieu

Les types de pieux sont :

a) Pieux battus

Les pieux battus sont réalisés dans le cadre de fondations profondes. Ils sont mis en œuvre à l'aide de marteaux à percussion ou à vibration, et adaptés à la profondeur et la résistance requises.

Utilisations

- Peuvent être utilisés pour tous types de construction, en particulier dans des conditions de sol difficiles ;
- Bien adaptés aux sites où les conditions du sol sont très variables car ils sont battus à une résistance fixe ou déterminable ;
- C'est le choix de fondation adéquate dans le cas de couches très épaisses de sol meuble et / ou une nappe phréatique élevée

Principe de réalisation

Les pieux battus peuvent être faits de bois, de béton préfabriqué, de pieux en H en acier, de palplanches en acier ou de pieux tubulaires. Dans certains cas, un pré-forage peut être nécessaire dans un sol dense pour permettre au pieu d'atteindre la profondeur requise. Ils peuvent être installés dans une seule et même longueur, ou joints pour obtenir des pieux plus profonds.

Avantages

- Les pieux sont préfabriqués selon les normes d'usine et de conformité, ainsi qu'en fonction de la longueur requise ;
- Il y a peu de déblais ce qui rend donc le plus souvent cette solution de fondation intéressante pour les sites contaminés ou les friches industrielles ;
- Non affectés par les eaux souterraines ;
- Il n'a pas de délais (attente) de construction à respecter ;
- Contrôle qualité en usine.

Inconvénient

- Cout élevé ;
- Nuisances sonores lors de l'installation ;

- Accessibilité : dans les zones restreintes, l'utilisation de machine de battage ou de forage peut poser des défis logistiques.

b) Pieux forés

Les pieux forés sont réalisés en forant un trou dans le sol puis en le remplissant de béton armé.

+ Caractéristiques techniques

- Diamètre : 400 mm à 2000 mm, parfois plus ;
- Profondeur : jusqu'à 80 m dans certains cas ;
- Méthodes de forage : tarière, bucket, circulation inverse.

+ Avantages

- Peu de vibrations lors de la mise en œuvre ;
- Adaptés aux sols rocheux ;
- Diamètre et longueur variables.

+ Inconvénients

- Risque de contamination du béton par le sol ;
- Nécessite un contrôle qualité rigoureux ;
- Coût élevé pour les grands diamètres.

Pour améliorer la qualité du béton en pied de pieu, utilisez la technique du "tremie pipe" qui permet de couler le béton depuis le fond du forage.

c) Fondations sur pieux moulés

Les pieux moulés sont réalisés en coulant du béton dans un tube métallique enfoncé dans le sol, qui est ensuite retiré.

+ Caractéristiques techniques

- Diamètre : 300 mm à 600 mm généralement ;
- Longueur : jusqu'à 30 m ;

- Capacité portante : 500 à 3000 kN par pieu.

Avantages

- Bonne qualité du béton ;
- Adaptés aux sols instables ;
- Mise en œuvre rapide (20-30 ml/jour/machine).

Inconvénients

- Coût plus élevé que les pieux forés (environ +20%) ;
- Limités en diamètre ;
- Risque de striction dans certains sols.

Pour optimiser le dimensionnement des pieux moulés, réalisez des essais de chargement statique sur au moins 1% des pieux du projet.

d) micro-pieux

Les micro-pieux sont des pieux de petit diamètre (généralement inférieur à 300 mm) forés et injectés de coulis de ciment. Ces pieux fins injectés de béton sont idéaux pour stabiliser les sols fragiles ou renforcer des fondations existantes.

Caractéristiques techniques

- Diamètre : 100 à 300 mm ;
- Longueur : 5 à 30 m généralement ;
- Capacité portante : 150 à 1000 kN par micro-pieu.

Avantages

- Adaptés aux espaces restreints ;
- Faibles vibrations lors de la mise en œuvre ;
- Peuvent être inclinés pour résister aux efforts horizontaux.

Inconvénients

- Capacité portante limitée par unité ;

- Nécessitent souvent un grand nombre de micro-pieux ;
- Coût unitaire élevé (100 à 200 €/ml).

Pour augmenter la capacité portante des micro-pieux, utilisez la technique de l'injection à haute pression (IRS) qui améliore le frottement latéral.

Avantages généraux des pieux

- Grande capacité portante ;
- Adaptés à divers types de sols ;
- Peuvent traverser des couches de sol médiocres.

Inconvénients

- Coût élevé (150 à 300 €/ml selon le type et le diamètre) ;
- Mise en œuvre parfois bruyante (pieux battus) ;
- Nécessitent un équipement spécialisé.

Pour les projets en zone urbaine dense, privilégiez les pieux forés ou vissés pour minimiser les nuisances vibratoires et sonores.

Tableau 1: récapitulatif des fondations sur pieux

Type de fondation	Conditions de sol adaptées	Type de constructions	Capacité portante typique
Pieux battus	Sols meubles à semi-compact	Bâtiments élevés, pont	1000-5000 kN/pieu
Pieux forés	Sils variés, y compris rocheux	Ouvrage d'art, grands bâtiments	2000-15000 kN/pieu
Caissons	Sols aquifères, grandes profondeurs	Ponts, structure offshore	>50000 kN/caisson
Pieux moulés	Sols instables, présence de nappe	Bâtiments lourds, infrastructures	1000-3000 kN/pieu
Micro-pieux	Tous types de sols, accès difficile	Reprises-en sous-œuvre, renforcement	150-1000 kN/micro-pieu

Source : Kouassi ATCHY, PFE 2025

Réalisez toujours une campagne de reconnaissance géotechnique approfondie (sondages, essais in situ et en laboratoire) avant de choisir le type de fondation profonde. Le coût de ces investigations représente généralement 0,5 à 1% du coût total du projet, mais peut permettre des économies substantielles sur les fondations.

2- Les caissons

Les caissons sont des structures creuses, généralement en béton armé, enfoncées dans le sol par havage ou fonçage. Souvent utilisés dans les constructions maritimes, les caissons permettent de stabiliser des structures immergées telles que les ponts et les plateformes offshore.

+ Caractéristiques techniques

- Dimensions : de 2×2 m à plus de 10×10 m ;
- Profondeur : jusqu'à 40 m ou plus ;
- Capacité portante : plusieurs dizaines de milliers de kN.

+ Avantages

- Très grande capacité portante ;
- Adaptés aux terrains aquifères ;
- Peuvent servir de fondation et d'infrastructure.

+ Inconvénients

- Coût très élevé ;
- Mise en œuvre complexe ;
- Nécessitent des équipements spécialisés.

Pour le dimensionnement des caissons, utilisez des modèles numériques avancés prenant en compte l'interaction sol-structure et les effets hydrauliques.

Cette section détaillée sur les fondations profondes fournit une base solide pour comprendre leurs caractéristiques, applications et considérations techniques. Dans la prochaine partie, nous aborderons les fondations spéciales, qui sont utilisées dans des situations particulières ou complexes.

III- LES FONDATIONS SPÉCIALES

Les fondations spéciales sont des solutions adaptées à des conditions de sol ou des contraintes de construction particulières. Elles sont souvent utilisées dans des situations où les fondations superficielles ou profondes classiques ne sont pas adaptées ou suffisantes.

Contextes d'utilisation :

- ❖ Sols très instables ou hétérogènes
- ❖ Présence de cavités souterraines
- ❖ Zones sismiques
- ❖ Constructions en zone inondable
- ❖ Reprises-en sous-œuvre de bâtiments existants
- ❖ Ouvrages souterrains profonds
- ❖ Structures offshores

1- Parois moulées

Les parois moulées sont des écrans en béton armé coulés dans le sol, utilisés comme fondation et soutènement.

Caractéristiques techniques

- Épaisseur : 50 à 120 cm
- Profondeur : jusqu'à 100 m
- Panneaux : longueur 2,5 à 7 m

Avantages

- Grande profondeur possible
- Étanchéité
- Possibilité de réaliser des sous-sols profonds

Inconvénients

- Coût élevé

- Nécessite un espace important pour les équipements
- Mise en œuvre complexe

Pour optimiser le dimensionnement des parois moulées, utilisez des logiciels de modélisation aux éléments finis qui prennent en compte l'interaction sol-structure et les phases de construction.

2- Fondations compensées

Les fondations compensées consistent à creuser le sol sur une profondeur telle que le poids des terres excavées soit égal au poids de la structure à construire.

+ Caractéristiques techniques

- Profondeur d'excavation : 5 à 20 m
- Réduction des contraintes nettes sur le sol
- Nécessite une gestion précise des eaux souterraines

+ Avantages

- Réduction des tassements
- Adaptées aux sols de faible portance
- Permet la réalisation de sous-sols profonds

+ Inconvénients

- Coût élevé (augmentation de 20 à 30% du coût des fondations)
- Nécessite une gestion complexe des eaux souterraines
- Durée de construction plus longue

Il faut effectuer un suivi rigoureux des tassements pendant et après la construction pour valider le principe de compensation et ajuster si nécessaire le lestage des sous-sols.

3- Inclusions rigides

Les inclusions rigides sont des colonnes de béton ou de mortier réalisées dans le sol pour améliorer sa capacité portante. Ces colonnes rigides insérées dans des sols meubles augmentent leur capacité portante et limitent les tassements.

Caractéristiques techniques

- Diamètre : 25 à 80 cm
- Longueur : 5 à 30 m
- Maillage : 1,5 à 3 m

Avantages

- Réduction significative des tassements
- Mise en œuvre rapide
- Coût inférieur aux pieux classiques

Inconvénients

- Nécessite une couche de répartition (matelas de transfert)
- Moins adaptées aux charges concentrées
- Contrôle qualité délicat

Pour optimiser le dimensionnement des inclusions rigides, réalisez des essais de chargement en vraie grandeur sur des groupes d'inclusions.

CONCLUSION PARTIELLE

La maîtrise des différents types de fondations, qu'elles soient superficielles, profondes ou spéciales, est essentielle pour tout professionnel du génie civil. Chaque type de fondation présente ses propres avantages et contraintes, et le choix de la solution appropriée dépend d'une multitude de facteurs, incluant les conditions du sol, le type de structure, les contraintes environnementales et économiques.

CHAPITRE 5 : L'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE LIÉES À L'EXÉCUTION DES FONDATIONS ET L'ÉTAT DES LIEUX DES PROCÉDÉS D'EXÉCUTION

I- INTRODUCTION

A la demande et pour le compte de la société SIMDCI, le Laboratoire LABOSOL BTP

GEOTECHNIQUE a réalisé une étude géotechnique d'avant-projet dans le cadre du projet de CONSTRUCTION D'UN GROUPE SCOLAIRE (BATIMENT DE TYPE R+1) A YOPOUGON ACADEMIE.

1- Missions

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la norme NF P 94-500 des missions types d'ingénierie géotechnique de l'AFNOR (révisée en novembre 2013), qui suivent les étapes d'élaboration de tout projet, à savoir :

- ETAPE 1 : Etudes géotechniques préalables (G1) :
 - Phase Etude de Site (ES)
 - Phase Principes Généraux de Construction (PGC)
- ETAPE 2 : Etude géotechnique de conception (G2) :
 - Phase Avant-Projet (AVP),
 - Phase Projet (PRO)
 - Phase Assistance de travaux aux Contrats de Travaux (DCE/ACT).
- ETAPE 3 : Exécution des ouvrages géotechniques
 - Etude et suivi géotechnique d'exécution (G3),
 - Phase étude,
 - Phase suivie,
 - Supervision géotechnique d'exécution (G4) :

- Phase supervision de l'étude d'exécution,
- Phase supervision du suivi
- ETAPE 4 : Etude d'éléments spécifiques géotechniques

- ❖ Diagnostic géotechniques (G5)

Les hypothèses prises lors de l'établissement de ce rapport s'entendent sous réserve de la stricte application de cette norme et plus généralement de l'ensemble des normes et règlements en vigueur.

L'étude géotechnique conduite sur le terrain ainsi que le présent rapport correspondent aux missions G1 & G2(AVP) dont vous trouverez en annexes, la classification, le contenu et le schéma d'enchaînement de ses missions.

2- Objectifs de la mission

Cette étude géotechnique de conception phase avant-projet (missions G1 & G2 phase AVP), conformément aux missions géotechniques de l'USG et objet de la norme NF P 94-500 (révisée en novembre 2013) a pour but de :

- Définir le contexte géologique et hydrogéologique du site ;
- Reconnaître les caractéristiques géotechniques des formations rencontrées sur le site ;
- Mesurer le niveau de l'eau au moment des sondages ;
- Définir le type de fondations envisageables pour le projet, de fournir les paramètres permettant le dimensionnement des fondations et d'évaluer les tassements prévisionnels ;
- Estimer, si nécessaire, les modules élastiques des formations rencontrées conformément au DTU13.3 ;
- Évaluer les conditions et les modalités de réalisation des travaux (terrassements, possibilité de réutilisation des matériaux extraits en remblais courants et en couche de forme...).

L'objectif d'une étude géotechnique d'avant-projet est d'effectuer une identification des aléas majeurs et de donner les principes généraux pour en limiter les conséquences. L'étude géotechnique d'avant-projet contribue à la mise au point de l'avant-projet de l'ouvrage en

définissant les hypothèses géotechniques à prendre en compte et les principes généraux de construction pour les ouvrages géotechniques ; elle exclut toute approche des quantités, délais et coûts.

Est exclue de la mission de LABOSOL BTP GEOTECHNIQUE, l'étude des voiries et des problèmes liés aux phénomènes de pollution des sols et des nappes aquifères ainsi que l'étude spécifique relative à l'assainissement (EU et EP).

3- Référentiels

Les investigations in-situ suivent les normes et documents français et plus particulièrement :

- ❖ DTU 11.1 : Cahier des charges applicables aux travaux de sondages,
- ❖ NF P-94-115 : Sondage pénétrométrique,
- ❖ NF P 94-110-1 : Sondage avec essais pressiométriques Ménard.

Le rapport du sol s'appuie sur tous les documents et réglementations en vigueur dans le domaine de la construction et plus particulièrement :

- ❖ NF P 11.711 (DTU 13.12) MARS 1988
 - Règle pour le calcul des fondations superficielles
- ❖ Fascicule 62 Titre V.

4- Description du projet

Le type de bâtiment en projet est R+1. A ce stade, les plans de détails des ouvrages et les descentes de charges ne nous ont pas été communiqués.

II- PROGRAMME SPECIFIQUE D'INVESTIGATIONS MIS EN ŒUVRE

La campagne de reconnaissances du 02 au 03/03/2024, a consisté en la réalisation de :

- ✓ 10 essais de pénétration dynamique, notés PD1 à PD10 descendus à 12m de profondeur par rapport aux plateformes de sondages ;
- ✓ 10 sondages à la tarière manuelle, notés ST1 à ST10 descendus jusqu'à 4,00 m de profondeur par rapport au sol actuel ;
- ✓ 02 sondages avec essais pressiométriques à chaque mètre notés SP1 & SP2 descendus à 12,00 m de profondeur avec élaboration de la coupe géologique et mesure des caractéristiques géomécaniques des sols en place ;

1- Les essais au pénétromètre dynamique lourd

L'avancement du train de tige se fait par battage à l'aide d'un pénétromètre lourd ;

Les caractéristiques intrinsèques du pénétromètre sont les suivants :

- ✚ Masse du mouton (M).....63,5 Kg
- ✚ Hauteur de chute (H)..... 0,75 m
- ✚ Section droite de la pointe (S) 20 cm²
- ✚ Poids de l'enclume, du guide, et du train de tiges (P) en Kg
- ✚ L'enfoncement de la pointe par nombre de coups de mouton (e) en cm.

Les sondeurs comptent le nombre de coups pour un enfoncement de 20cm. On en déduit la pénétration moyenne par coup (e en cm).

La résistance dynamique R_d est calculée par la formule classique des Hollandais et exprimée en MPa.

$$R_p = \frac{M^2 P}{S \cdot e (M + P)}$$

(Anne 3 : les courbes correspondantes à ces sondages)

2- Les sondages à la tarière manuelle

Les sondages à la tarière sont réalisés manuellement. Il s'agit de forer à la main avec une tarière continue de 100 mm de diamètre ce qui permet de réaliser la coupe géologique du sol et de déterminer le niveau de la nappe phréatique.

Les coupes des sols correspondantes sont en annexes

3- Les essais pressiométriques Ménard

Ils ont été réalisés à l'aide d'une sonde standard et repartis le long de forage à la tarière (Ø63mm).

A partir des essais pressiométriques sont déterminés :

- ✚ Le module pressiométrique (E) exprimé en MPa,
- ✚ La pression de fluage (Pf), exprimée en MPa,
- ✚ La pression limite (PL tel que $Pl^* = Pl - P_0$), exprimée en MPa.

La procédure de l'essai est celle adaptée au pressiomètre type Ménard, norme NP 94 110-1.

4- Les coordonnées GPS des points de sondages

Les coordonnées GPS des points de sondages sont présentées dans le tableau ci-après :

Tableau 2: coordonnées GPS des points de sondages

N° Sondage	Latitude : N	
PD/ST1	5°22'30.82"	4°4'35.27"
PD/ST2	5°22'32.04"	4°4'34.72"
PD/ST3	5°22'33.47"	4°4'33.92"
PD/ST4	5°22'31.85"	4°4'32.59"
PD/ST5/SP1	5°22'29.01"	4°4'33.24"
PD/ST5/SP2	5°22'29.86"	4°4'31.09"
PD/ST7	5°22'27.52"	4°4'34.79"
PD/ST8	5°22'25.84"	4°4'35.59"
PD/ST9	5°22'25.49"	4°4'34.01"
PD/ST10	5°22'25.58"	4°4'32.06"

Les coupes lithologiques détaillées, les résultats des essais au pénétromètre dynamique lourd, les résultats des essais au pressiomètre ainsi que le plan d'implantation des points de sondages sont joints en annexes du présent rapport.

(Annexe 4 : les coupes lithologiques détaillées)

III- RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE

1- Remarques liminaires

(Annexe 2 : schéma d'implantation des sondages)

Les profondeurs des différents ensembles lithologiques sont données par rapport à la surface du terrain relevée au moment de la réalisation des sondages.

2- Nature des sols rencontrés

Les sondages et essais à la tarière, réalisés ont permis de mettre en évidence, un sous-sol constitué de sable argileux de couleurs grisâtre, marron, jaunâtre, à rougeâtre en profondeur. Ces sols argileux ont été reconnus jusqu'à 12m de profondeur lors du forage pour essais pressiométriques.

Observations :

Les épaisseurs relevées sont celles mesurées aux droits des sondages. Elles peuvent subir des variations entre ces points.

Les lithologies décrites peuvent être approximatives compte-tenu du type de foration. De plus, l'appréciation de la limite entre les formations est rendue difficile car leurs matrices sont similaires.

3- Caractéristiques pénétrométriques des sols rencontrés

- ❖ La représentation des résultats permet d'obtenir un graphique représentant la résistance dynamique de pointe (Rd) du sol testé en fonction de la profondeur.
- ❖ Les résultats permettent de noter que le terrain est homogène du point de vue des valeurs de résistances dynamiques en pointe Rd.

- ❖ Les valeurs des résistances dynamiques en pointe des sols en place sont comprises entre 8,2 bars et 71,3 bars. Les sols en place sont peu compacts à moyennement compacts de 0 à 12m de profondeur.

4- Caractéristiques pressiométriques des sols en place

Les caractéristiques du sol mesurées au pressiomètre sont le module pressiométrique E et la pression limite de rupture PL.

Les graphiques représentant E et Pl en fonction de la profondeur obtenue permettent de retenir ce qui suit :

- ❖ **Sondage SP1**

- **Sable argileux grisâtre, marron à jaunâtre**

De 0,00 à 3,00m : $3,0 \text{ bars} \leq Pl \leq 5,1 \text{ bars}$ et $45 \text{ bars} \leq E \leq 102 \text{ bars}$.

Sols assimilables à des limons mous de catégorie A, le coefficient rhéologique α égal à 1/2.

- **Sable argileux rougeâtre**

De 3,00 à 12,00m : $5,2 \text{ bars} \leq Pl \leq 16,6 \text{ bars}$ et $72 \text{ bars} \leq E \leq 298 \text{ bars}$.

Sols assimilables à des limons fermes de catégorie B, α égal à 2/3.

- ❖ **Sondage SP2**

- **Sable argileux grisâtre, marron à jaunâtre**

De 0,00 à 3,00m : $3,7 \text{ bars} \leq Pl \leq 5,7 \text{ bars}$ et $66 \text{ bars} \leq E \leq 107 \text{ bars}$.

Sols assimilables à des limons mous de catégorie A, le coefficient rhéologique α égal à 1/2.

- **Sable argileux rougeâtre**

De 3,00 à 12,00m : $6,6 \text{ bars} \leq Pl \leq 18,9 \text{ bars}$ et $102 \text{ bars} \leq E \leq 306 \text{ bars}$.

Sols assimilables à des limons fermes de catégorie B, α égal à 2/3.

IV- SYNTHÈSE GEOTECHNIQUE / ADAPTATION DES OUVRAGES AU SITE

1- Synthèse géotechnique

Les investigations réalisées au droit du site du projet ont permis de mettre en évidence un sous-sol constitué de sable argileux de couleurs variées selon la profondeur.

Les sols en place sont peu compacts à moyennement compacts dans l'ensemble. Ces sols sont assimilables à des limons mous à fermes de catégorie A à B selon la classification de Ménard de 0 à 15m de profondeur.

Aucune venue d'eau n'a été observée lors des investigations menées sur le site aux droits de nos sondages et essais (Mars 2024).

La nature des formations rencontrées aux droits de nos sondages ne montre aucune amorce de décompression. La lithologie relevée aux droits des sondages correspond aux faciès généralement observés dans la zone.

2- Adaptation des ouvrages au site

Il est projeté la construction d'un groupe scolaire de type R+1 à Yopougon académie. Compte-tenu de la nature des formations mises en évidence, de leurs caractéristiques mécaniques, hydrogéologiques et des caractéristiques du projet, il peut être envisagé des fondations superficielles sur semelles (filantes et isolées) ancrées dans les couches de sables argileux par rapport aux plateformes de sondages.

V- ANALYSE ET ETUDE DE FONDATIONS

1- Analyse de fondations

Compte-tenu de la nature et de la résistance des sols rencontrés, on peut envisager fonder le bâtiment en projet sur des fondations superficielles de type semelles (isolées et filantes).

a) Fondations des appuis du bâtiment

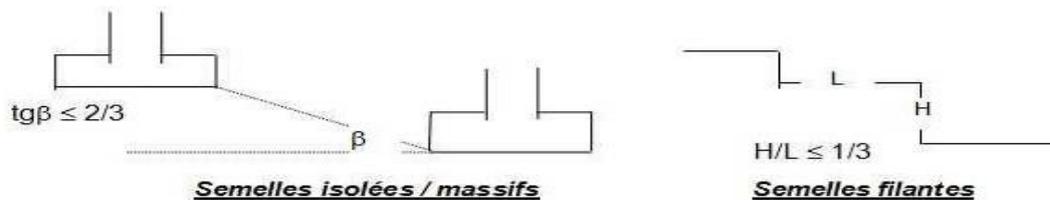
La justification des fondations est donnée ci-dessous selon le D.T.U 13.12.

b) Forme, dimension et niveau d'assise

On veillera à respecter les critères suivants :

- Pour des raisons de stabilité, la largeur de ces semelles ne pourra être inférieure à 0,40m et sera suffisante pour limiter les contraintes sous celles-ci,
- Respect des règles sur les fondations à niveaux décalés, y compris vis-à-vis des mitoyens.

Figure 5 : semelle isolée et semelle filante



2- Etude de fondations

Les essais de pénétration dynamique ont permis essentiellement d'apprécier l'homogénéité du site ; les calculs de fondations se feront à partir des résultats du sondage avec essais pressiométriques

SP1 conformément aux prescriptions du fascicule N°62 titres V définissant les règles et méthode de calculs des fondations des ouvrages de génie civil.

On considère en fondation du bâtiment R+1 en projet, des semelles carrées de dimensions 1.20mx1.20m, 1.40mx1.40m, 1.80mx1.80m, 2.00mx2.00m, 3.00mx1.80m et des semelles filantes de 0,6m de largeur ancrée à 1,50m profondeur par rapport aux plateformes de sondages.

a) Contrainte admissible des sols sous les semelles

Les capacités portantes des fondations superficielles aux états limites (ELS et ELU) sous charge verticale centrée sont définies de la façon suivante :

$$q_a = \sigma_{vo} + (K \times P_{LM})/3$$

$$q_c = \sigma_{vo} + (K \times P_{LM})/2$$

Avec q_a : capacité portante à l'état limite de Service (ELS)

q_c : capacité portance à l'état limite ultime (ELU)

σ_{vo} : contrainte totale effective au niveau de la base de la fondation (après travaux)

K_p : Facteur de portance

P_{le}^* : Pression limite nette équivalente

b) Evaluation des tassements des sols sous les semelles

Le tassement d'une fondation superficielle rigide est donné par la formule suivante :

$$S = \left[\frac{2}{9 \cdot E_d} B_o \left(\lambda_d \cdot \frac{B}{B_o} \right)^\alpha + \frac{\alpha}{9 \cdot E_s} \lambda_s \cdot B \right] (q - q_o)$$

Avec B = largeur de la semelle

B_o = largeur de référence pris égal à 60 cm

α = coefficient de structure du sol ($\alpha = 2/3$)

q = contrainte appliquée

E_s, E_d = modules pressiométriques équivalents correspondant aux domaines sphérique et déviatorique du sol

λ_d, λ_s = coefficients de forme de la semelle.

Tableau 3: valeurs des taux de travail des sols et des tassements

Type et dimensions des semelles	Semelles carrées de dimensions 2.00m x 2.00m, 1.80m x 1.80m, 1.40m x 1.40m, 1.20m x 1.20m, 3.00m x 1.80m et semelles filantes de 0.60m.
Sondages	SP2
Nature des sols de fondations	Sable argileux jaunâtre
Profondeur d'ancrage (m) / Plateforme de Construction	1,50
Capacités portantes à l'ELS (MPa)	0,16
Capacités portantes à l'ELU (MPa)	0,26

Tassement (mm)	13
----------------	----

(Annexe 5 : plan de structure)

3- Dispositions constructives

- ✓ Il revient à l'Ingénieur Structure de préciser, une fois le projet établi, la limite acceptable de tassement vis-à-vis de la structure et des dallages, ce qui amènera à redéfinir éventuellement la contrainte q_{ELS} , voire les principes de fondations et de niveaux bas.
- ✓ L'entreprise s'assurera de l'homogénéité de nature et de consistance des sols d'assise.
- ✓ On veillera à ne pas déstabiliser les fondations bâtiments mitoyens,

Lors de la réalisation des fondations, il conviendra :

- En cas d'instabilité des parois des fouilles, de prévoir un confortement adapté (blindage...);
- De nettoyer soigneusement les fonds de fouilles (curage au godet lisse), et de bétonner immédiatement après nettoyage ou mettre en œuvre un béton de propreté ; en aucun les fouilles ne seront laissées exposées aux intempéries.
- Toute anomalie détectée lors des terrassements devra nous être signalée afin de définir, en collaboration avec la Maîtrise d'œuvre et dans le cadre d'une mission complémentaire, les solutions envisageables.
- ✓ Si des semelles de fondation devraient être fondées à des niveaux différents, de veiller à ce que la règle des 3H/2V indiquée dans le DTU 13-12 « Fondations Superficielles » soit respectée à moins de dispositions particulières.

CONCLUSION PARTIELLE

La présente étude géotechnique a permis de définir la nature et la résistance des sols en place et de faire une analyse de fondations des ouvrages en projet dans le cadre de la construction du groupe scolaire à Yopougon académie.

Les sondages à la tarière réalisés ont mis en évidence des sables argileux de couleurs variées selon la profondeur d'investigation.

Aucune venue d'eau n'a été constatée lors des investigations menées sur le site (Août 2024).

Dans l'ensemble, les sols en place sont peu compacts à compacts, les résistances dynamiques en pointe des sols varient de 8,2 bars à 71,3 bars.

Les valeurs de pression limite sont comprises entre 3,0 bars et 18,9 bars et celles du module pressiométrique sont compris entre 45 bars et 306 bars de 0 à 12 m de profondeur.

Dans le cadre du pré dimensionnement des fondations des ouvrages en projet, une analyse de fondations faites dans le cas de semelles (semelles carrées de dimensions 1m x 1m à 3m x 3m et semelles filantes de moins de 2m de largeur) ancrées à 1,50m de profondeur par rapport aux plateformes de sondages.

TROISIEME PARTIE : ETUDE DE CAS PRATIQUE

CHAPITRE 5 : ETUDE STRUCTURELLE

Ce chapitre permettra de faire le dimensionnement des éléments qui portent le bâtiment afin que le bâtiment soit stable et repose sur des fondations solides.

I- ETUDES ET FORMULATION

Cette partie consiste à déterminer, la nature des sols (sols et portance), la nature des fondations et à formuler le choix des fondations, le système de structure, le choix de structuration pour finir au calcul et dimensionnement de la structure porteuse du bâtiment.

1- Etude et reconnaissance du sol

L'Etude et la reconnaissance du sol peuvent être effectués à l'aide de **types d'essais** que sont :

Les essais en laboratoire par prélèvement d'échantillon des sols analysés ensuite au laboratoire,

Les essais sur le terrain "in-situ" par *pénétromètre-pressiomètre*.

Ces différents essais de reconnaissance de sols permettent de :

Déterminer les couches d'assises : sa position (profondeur) sa contrainte admissibles, son comportement (tassement)

Déterminer la position de la nappe phréatique (nappe d'eau) Cette possibilité étant hors **de notre portée**, nous allons nous référer :

Soit aux déductions de l'expérience acquise sur les réalisations voisines,

Soit sur les données de la carte géologique locale. Ensuite, comparer les descriptions géologiques aux données du D.T.U 13-12 concernant les normes des règles des fondations superficielles ; qui établit les portances des sols en fonction de descriptions types de sols.

Méthodologie que nous allons adopter.

2. Nature du sol et détermination de la portance par description géologique

N'ayant pas accès aux études géotechniques, notre choix d'étude de la nature du sol et de sa portance, se fera sur la base de la description géologique, en rapport avec le D.T.U 13-12 pour détermination.

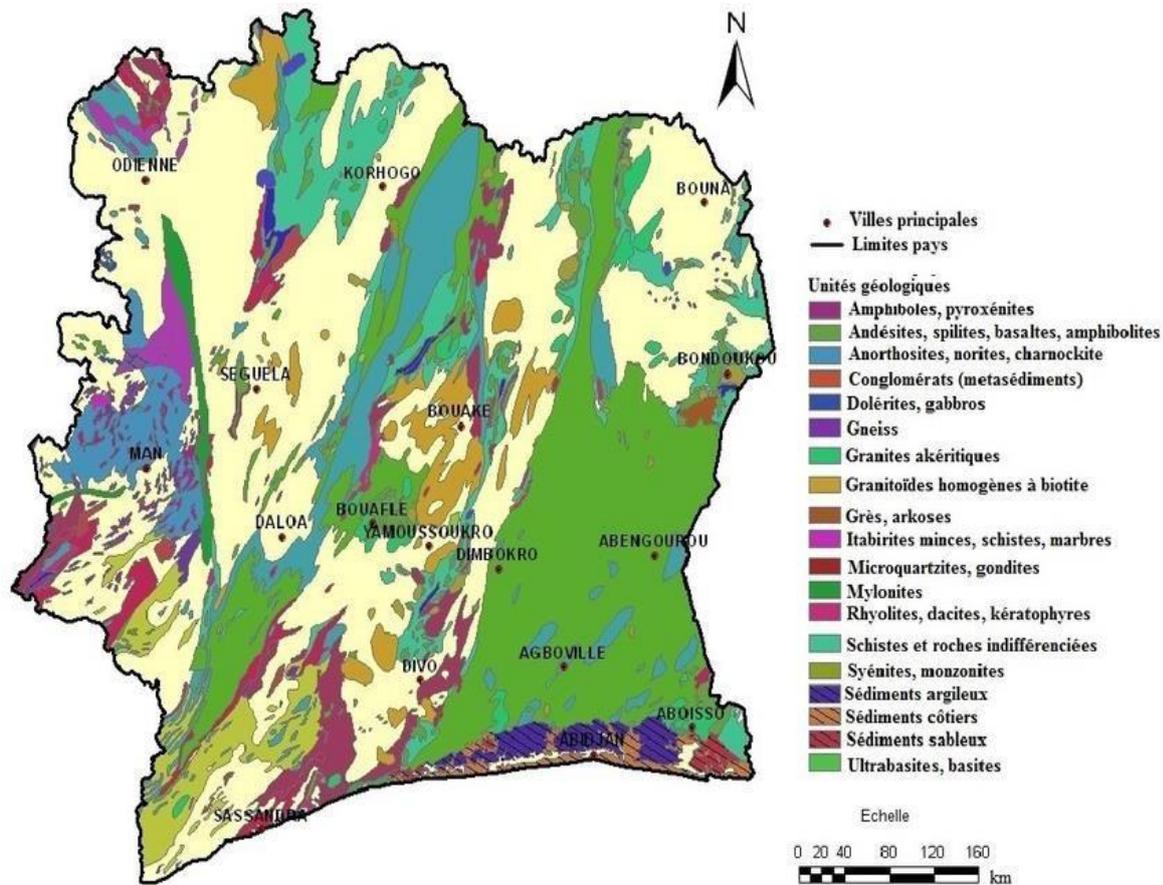


Figure 6: carte géologique de la Côte d'Ivoire

Source : Google image

3. Détermination de la nature du sol

La description géologique locale nous met en présence d'un sol ferrallitique moyennement lessivés sur roches schisteuses. Au point de vue de la géologie, nous sommes en présence de roches ultrabassites ou basites. Ce sont des sols rouges très riches en oxydes de fer et en oxydes d'alumine.

4. Détermination de la portance

Tableau 4: capacité portante en fonction de la nature du sol

NATURE DU SOL	q (MPa)
Roches peu fissurées saines non désagrégées et de stratification favorable	0,75-4,5
Terrains non cohérents à bonne compacité	0,35-0,75
Terrain non cohérent à compacité moyenne	0,2-0,4
Argiles (sauf argile très plastique)	0,1-0,3

Source : DTU 13-12

Selon le tableau de la carte géologique, nous assimilerons notre nature de sol à **un terrain non cohérent à compacité moyenne.**

Nous déduisons donc que la contrainte du sol étudié est comprise entre 0,2 et 0,4 MPa. Nous retiendrons la valeur de 0,25 MPa soit 2,5 bars pour la contrainte du sol.

5. Détermination de la nature des fondations

En fonction de tous les critères définis précédemment. Il convient de choisir le mode de fondation le mieux adapté pour limiter les tassements. Vu que la nature des sols dépend de la nature des fondations, nous proposons asseoir notre bâtiment sur des fondations superficielles.

II. ETUDE DE LA STRUCTURATION

1- Choix de structure

Notre projet de construction d'un bâtiment R+1 à usage d'habitation sera réalisé avec un système « **Poteaux-Poutres** » afin de permettre à notre bâtiment de résister à toute sollicitation. Ainsi, pour le bâtiment à étudier nous aurons un système « Poteaux-Poutres » ; afin de respecter la trame de la conception architecturale, de faire moins de pressions surfacielles au sol et ensuite avoir une meilleure résolution de descente des charges au niveau des poutres, des poteaux, et des semelles de fondation, nous avons proposé un schéma de structuration pour montrer comment porte le dit bâtiment. Au niveau de la toiture, nous avons opté pour une toiture dalle.

2- Détermination des éléments à calculer

En vue de respecter une certaine homogénéité de la structure et de simplifier les calculs, nous nous intéresserons aux éléments les plus chargés.

Après analyse du plan de structuration les éléments à calculer sont :

- Poutrelle ;
- Poutre ;
- Poteau ;
- Semelle isolée ;
- Semelle filante ;
- Escalier

III. CALCUL DE LA STRUCTURE

1- Hypothèse de calcul

Les règlements généraux et données générales que nous utiliserons dans la suite de notre travail sont consignés dans les tableaux suivants.

Règlements généraux de calculs

Tableau 5: tableau des données générales de calcul

NATURE	DESIGNATIONS	SYMBOLES ET FORMULES	GRANDEURS PHYSIQUES
SOL	Contrainte admissible à l'ELS	σ_s	0,16 MPa
	Coefficient de sécurité du béton	γ_b	1,5
	Coefficient de la durée d'application des charges	Θ	1
BETON	Résistance caractéristique du béton à 28 jours	f_{c28}	25 MPa
	Contrainte de traction	$f_{t28} = 0,6 + 0,06 \cdot f_{c28}$	21 MPa
	Contrainte de calcul du béton à l'ELS ou contrainte admissible du béton en compression	$f_{bser} = \sigma_{bser} = 0,6 f_{c28}$	15 MPa

	Contrainte de calcul du béton à l'ELU	$f_{bu} = 0,85 \cdot f_{c28} / (\theta \cdot \gamma_b)$	14,17 MPa
	Diamètre du plus gros granulat	D	25 mm
	Enrobage	En infrastructure	3 cm
	Enrobage	En superstructure	5cm
	Coefficient de sécurité de l'acier en combinaison non accidentelle	γ_s	1,15
	Coefficient de fissuration	η	1,6
	Coefficient d'équivalence Acier/Béton	n	15
	Limite élastique de l'acier HA	fe400	400 MPa
ACIER	Contrainte de calcul de l'acier à l'ELS (en fissuration peu préjudiciable)	$f_{sser} = f_e$	400 MPa
	Contrainte de calcul de l'acier à l'ELU	$f_{su} = f_e / \gamma_s$	347,83 MPa
	Module d'Young de l'acier	Es	2.105 MPa
	Limite élastique du treillis soudé	fe500	500 MPa

Limite élastique des aciers transversaux	fet	400 a
--	-----	-------

Source : Kouassi ATCHY. PFE 2025

La plupart des éléments de structure sont exposés à un milieu peu ou faiblement agressif mis à part les semelles donc adoptons la Fissuration Peu Préjudiciable (FPP).

2- Tableau de règlement général de calculs

Tableau 6: les charges ultimes

Charge permanente G		
Matériaux	Poids volumique ou surfacique	
Plancher courant	Béton armé	25 KN/m ³
	Plancher à corps creux (20+4)	3.3 KN/m ²
	Faux plafond en plâtre d'épaisseur 1cm	0.09 KN/m ²
	Chape au mortier	0.20 KN/m ²
	Carreau grès cérame de 9mm	0.60 KN/m ²
	Cloison	1.00 KN/m ²
Toiture	Plancher à corps creux (20+4)	3.3 KN/m ²
	Etanchéité multicouche	0.12 KN/m ²
Charge d'exploitation Q		
Charge d'exploitation	Escalier	2.5 KN/m ²
	Salle de classe	2.5 KN/m ²

Source : Kouassi ATCHY, PFE 2025

3- dimensionnement

3.1. poutrelle

❖ Prédimensionnement de la poutrelle

La hauteur h du plancher est donnée par la relation :

$L/22,5 \leq h$ avec L la longueur maximale de la poutrelle

$$L = 485 \text{ cm}$$

$$485/22.5 \leq h$$

$$21,55 \text{ cm} \leq h$$

Nous prendrons $h = 24\text{cm}$ ($20+4$), par conséquent nous aurons :

- Dalle de compression $h_0 = 4\text{cm}$

- Corps creux hourdis de 20 cm

On a.

$$B_0 = 12\text{cm} \text{ et } b = b_0 + 2b_1$$

$$B_1 \leq \min \left\{ \frac{L}{10}; \frac{L'}{2} \right\}$$

Avec $L = 485\text{cm}$ la portée du plancher et $L' = 0,60\text{m}$ longueur des entrevous.

$$\Rightarrow b_1 \leq \min \left\{ \frac{4.85}{10}; \frac{0.60}{2} \right\}$$

$$\Rightarrow b_1 \leq \min \{0,6; 0,3\}$$

$$\Rightarrow b_1 \leq 0,3 \text{ m}$$

On choisit $b_1 = 24\text{cm}$

$$\Rightarrow b = 12 + 2 \times 24$$

$$\Rightarrow b = 60 \text{ cm}$$

Ainsi la poutrelle a pour caractéristiques :

- Hauteur du plancher : 24 cm
- Distance entre axe des poutrelles : 60 cm
- Largeur de la poutrelle : $b_0 = 12 \text{ cm}$

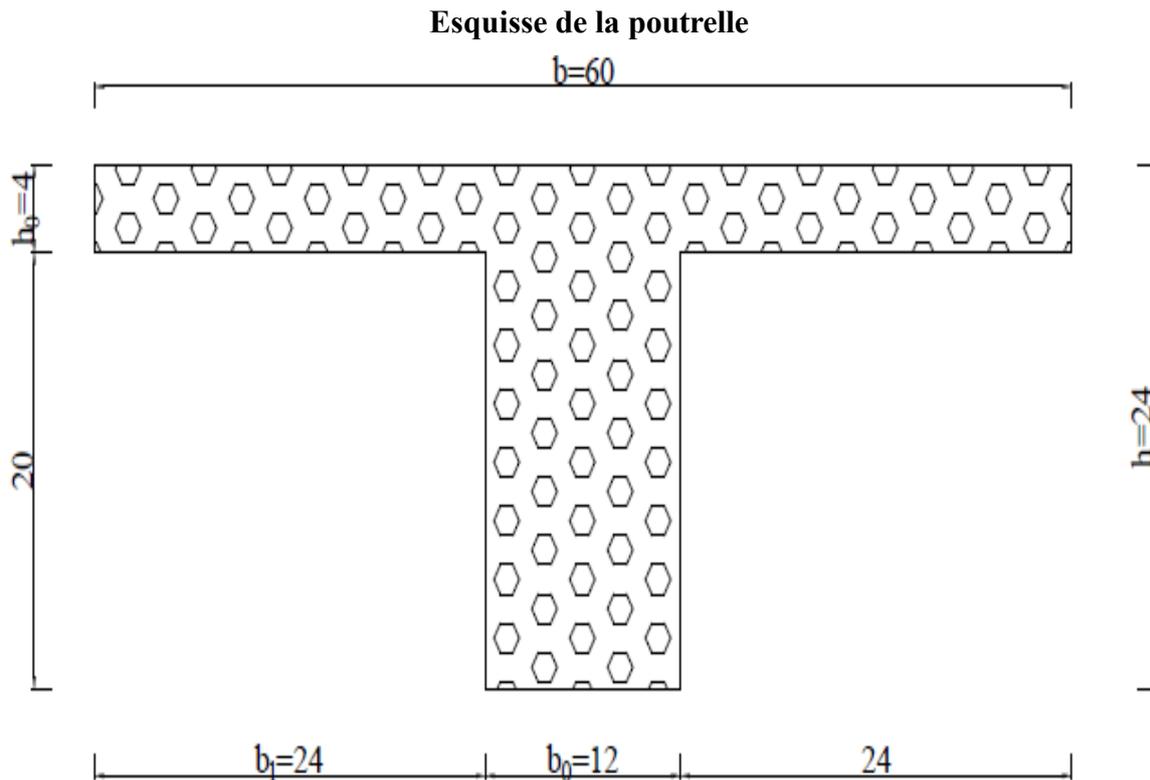


Figure 7: esquisse de la poutrelle

La poutrelle a pour caractéristiques :

- hauteur du plancher : 20 cm
- distance entre axe des poutrelles : 60 cm
- largeur de la poutrelle : $b_0 = 12$ cm

❖ **Descente de charges**

Tableau 7: descente de charge

N°	Désignation des ouvrages	Dimensions	Poids surfacique (KN/m ²)		Total Partiel (KN/ml)	
		l (m)	G	Q	G	Q
1	Cloison de distribution	0,15	13,5		0,6	
2	Revêtement (carrelage grès cérame y compris mortier de pose)	0,6	0,6		0,36	
3	Chape au mortier de ciment (3 cm)	0,6	0,66		0,396	
4	Plancher 20+4	0,6	3,3	2,5	1,98	1,5
5	Faux plafond en bois 1 cm ép.	0,6	0,05		0,03	
TOTAL					3,336	0,9

Source : KOUASSI ATCHY, PFE 2025

❖ Dimensionnement

Tableau 8: caractéristique de la poutrelle

PRE-DIMENSIONNEMENT						
Portée de la poutrelle (cm)	Hauteur : cm		Largeur : cm		Section retenue (cm)	
	min	Max	min	max		
485	21,55		60,00		h = 24, b0 = 12, b = 60	
DIMENSIONNEMENT						
Armature	Diamètre Ø (mm)	Nbre	Forme	Esp cm	Kg/ml	Ld unitaire:cm
Longitudinale	10	3		2,5	0.616	485
Transversale	6	33		15	0.222	60

Source : KOUASSI ATCHY, PFE 2025

PLAN : Plan de ferrailage de la poutrelle

3.2. Poutre

❖ Prédimensionnement de la poutre

Une poutre rectangulaire à pour dimensions selon le BAEL 91 modifié 99 : Hauteur :
Largeur :

$$L/15 \leq h \leq L/10 \quad 0,4h \leq b \leq 0,7h$$

$$= 598 \text{ cm}$$

$$\frac{L}{15} < h < \frac{L}{10}$$

$$\frac{598}{15} < h < \frac{598}{10}$$

$$39,87 \text{ cm} \leq h \leq 59,8 \text{ cm} \text{ On prendra } h = 40 \text{ cm}$$

✚ Calcul de la largeur de poutre b

$$0,4h \leq b \leq 0,7h$$

$$0,4 \times 40 \leq b \leq 0,7 \times 40 \quad 16 \text{ cm} \leq b \leq 28 \text{ cm}$$

On prend b = 25 cm

Nous avons donc comme section de la poutre : 25 cm x 40 cm

Zone d'influence de la poutre

$$L_{inf} = \frac{1.55}{2} + \frac{4.85}{2}$$

$$L_{inf} = 0,775 + 2,425$$

$$L_{inf} = 3,2 \text{ m}$$

Repérage de la poutre la plus chargée

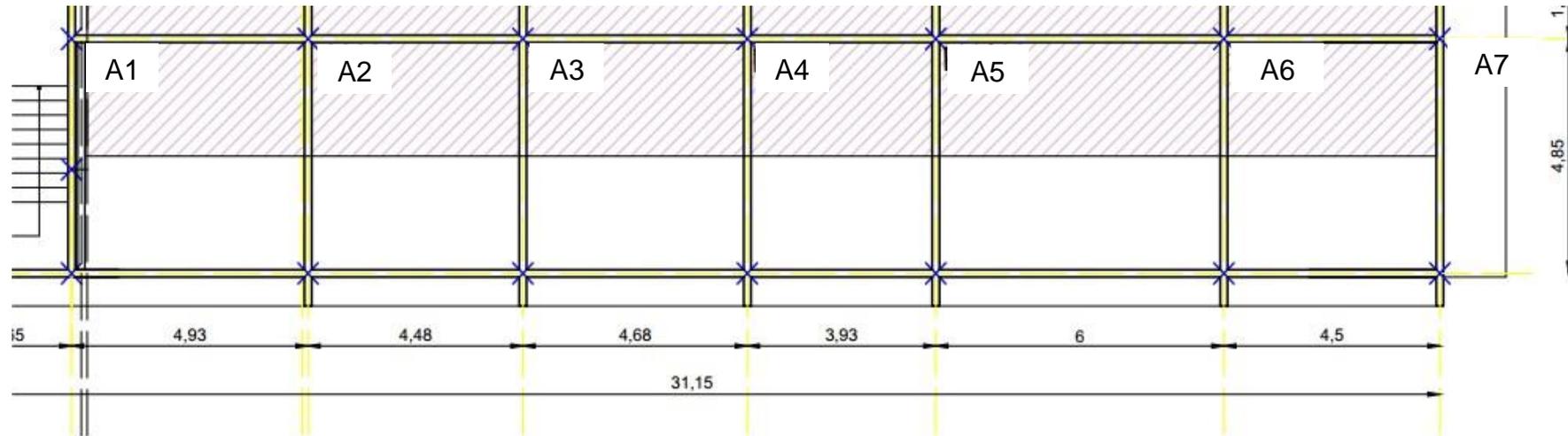
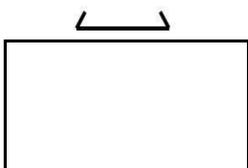
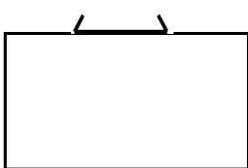
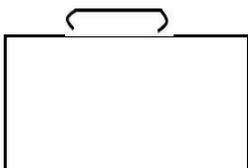
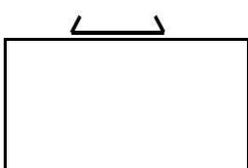
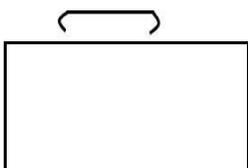
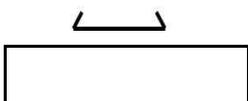
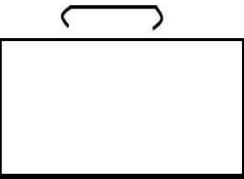
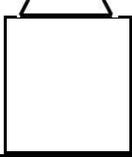
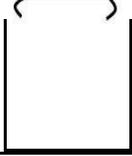
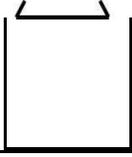
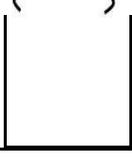
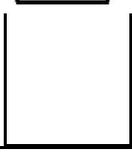
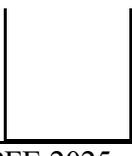


Figure 8: repérage de la poutre la plus chargée

Source : KOUASSI ATCHY, PFE 2025

Tableau 9: les caractéristiques de la poutre

DESIGNATION DE L'ELEMENT : POUTRE					
PRE-DIMENSIONNEMENT					
Hauteur (cm)	Hauteur : cm		Largeur : cm		Section b x h
	min	max	min		
522	28,8	43,2	16		25 x 40
DIMENSIONNEMENT					
Armature	Diamètre Ø (mm)	Nbre	Forme	Kg/ml	Ld unitaire : cm
Longitudinale					
Appui A0	16	2		1,58	1,46
Travée 1	16	2		1,58	1,46
Appui A1	6	4		1,58	4,4
Travée 2	16	4		1,58	4,23
Appui A2	16	2		1,58	1,09
Travée 3	16	6		1,58	4,08

Appui A3	16	4		1,58	4,08
Travée 4	6	4		1,58	3,86
Appui A4	6	2		1,58	4,62
Travée 5	16	2		1,58	4,75
Appui A5	16	2		1,58	3,97
Travée 6	16	6		1,58	4,55
Appui A6	6	2		1,58	4,68
Travée 7	16	2		1,58	4,9

Source : KOUASSI ATCHY, PFE 2025

PLAN : Plan de ferrailage de la poutre

3.3. poteau

3.3.1. Poteau de rive

❖ Prédimensionnement du poteau de rive

Soit (a x b) la section de notre poteau :

La largeur a de la section des poteaux est donné par :

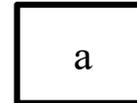
$$a \geq \frac{h}{15} \quad \text{Avec « h » la hauteur sous plafond.}$$

Pour notre projet, h = 3,50 m = 350 cm.

$$a \geq \frac{350}{15}$$

$a \geq 23,33$ cm ; alors nous prenons a = 25 cm a=b donc la section est 25x25 cm

Notre poteau a donc une section de 25x25.



b

• Zone d'influence du poteau

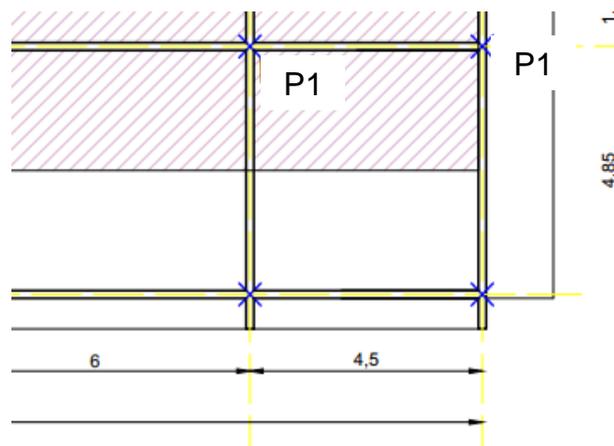


Figure 9: repérage du poteau le plus chargé

Source : KOUASSI ATCHY, PFE 2025

Surface d'influence du poteau

$$S_{inf} = \frac{1.55+4.85}{2} \times \frac{4.5+5.98}{2}$$

$$S_{inf} = 3,2 \times 5,24$$

$$S_{inf} = 16,768 \text{ m}^2$$

❖ Dimensionnement du poteau de rive

Tableau 10 : tableau de calcul

DESIGNATION DE L'ELEMENT : POTEAU P1						
PRE-DIMENSIONNEMENT						
Hauteur (cm)	Longueur : cm		Largeur : cm		Section b x h	
	Min	Max	Min	max		
350	23,33		23,33		25x25	
DIMENSIONNEMENT						
Armature	Diamètre Ø (mm)	Nbre	Forme	Esp cm	Kg/ml	Ld unitaire : cm
Longitudinale	14	4		15	1,21	367
Transversale	6	18		18	0,222	88

Source : KOUASSI ATCHY, PFE 2025

PLAN : Plan de ferrailage du poteau P1

3.3.2. Poteau intermédiaire

❖ Prédimensionnement du poteau intermédiaire

Soit (a x b) la section de notre poteau :

$$a \geq \frac{h}{15} \quad \text{Avec « h » la hauteur sous plafond :}$$

Pour notre projet, h= 3,50 m =350 cm.

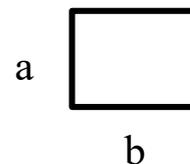
$$a \geq \frac{350}{15}$$

$a \geq 23,33$ cm ; alors nous prenons a = 25 cm

$a \geq b$ alors nous prenons b = 30 cm

Donc la section est 25x30 cm²

Notre poteau a donc une section de 25x30.



❖ Dimensionnement du poteau intermédiaire

Tableau 11: tableau de résultats 1

DESIGNATION DE L'ELEMENT : POTEAU P2						
PRE-DIMENSIONNEMENT						
Hauteur (cm)	Longueur : cm		Largeur : cm		Section b x h	
	Min	Max	min	max		
350	23,33		23,33		25x30	
DIMENSIONNEMENT						
Armature	Diamètre Ø (mm)	Nbre	Forme	Esp cm	Kg/ml	Ld unitaire : cm
Longitudinale	14	4		15	1,21	367
Transversale	6	18		18	0,222	98

Source : KOUASSI ATCHY, PFE 2025

PLAN : Plan de ferrailage du poteau P67

3.4. Semelle isolée

❖ Descente de charges

$$N_{lu} = 1.35 G + 1.5 Q$$

$$N_{lu} = 1.35 * 523 + 1.5 * 150$$

$$N_{lu} = 931 \text{ KN}$$

$$.S \geq \frac{N_{lu}}{\sigma_s}$$

$$B \geq \sqrt{\frac{a \cdot N_{lu}}{b \cdot \sigma_s}}$$

$$B \geq \sqrt{\frac{225 \cdot 93100}{225 \cdot 0.25}}$$

$$B \geq 190 \quad B \geq 190$$

$$B = 200 \text{ cm}$$

$$. A = \frac{a}{b} * B$$

$$. A = \frac{25}{25} * 200$$

$$A=200cm$$

❖ **Dimensionnement de la semelle isolée**

Tableau 12: tableau de résultats 2

DESIGNATION DE L'ELEMENT : SEMELLE ISOLEE SOUS POTEAU					
PRE-DIMENSIONNEMENT					
Hauteur (cm)	Longueur : cm		Largeur : cm		Section b x h (cm)
	Min	Max	Min	max	
45	190	-	190	-	200 x 200
DIMENSIONNEMENT					
Armature	Diamètre Ø (mm)	Nbre	Forme	Esp cm	
Longitudinale	12	25	—	16	
Transversale	10	3	□	16	

Source : Kouassi ATCHY, PFE 2025

PLAN : Plan de ferrailage de semelle isolée sous poteau

3.5. Semelle excentrée

❖ **Prédimensionnement**

La semelle excentrée a la même section que la semelle isolée (section 1m×1m)

Dimensionnement

DESIGNATION DE L'ELEMENT : SEMELLE EXCENTRE SOUS POTEAUX			
PREDIMENSIONNEMENT			
Hauteur (cm)	Longueur (cm)	Largeur (cm)	Section bxh
45	130	180	100×100
DIMENSIONNEMENT			

Armature	Diamètre Ø (mm)	Nbre	Forme	Esp (cm)	Kg/ml	Ld unitaire (cm)
Longitudinale	14	12		ev= 20	2,466	90
Transversale	12	4		eh= 20	1,58	212

PLAN : Plan de ferrailage de la semelle excentrée

3.6. Longrine

❖ Prédimensionnement

$$. h \geq \frac{L}{10} = 28.9cm \text{ avec } L = 0.45h$$

$$h=30$$

$$b=15$$

❖ Dimensionnement

Tableau 13: tableau de résultats 3

DESIGNATION DE L'ELEMENT : LONGRINE				
PREDIMENSIONNEMENT				
Hauteur (cm)	Longueur (cm)	Largeur (cm)	Section b x h	
45	130	180	100×100	
DIMENSIONNEMENT				
Armature	Diamètre Ø (mm)	Nbre	Forme	Esp (cm)
Longitudinale	12	6	—	ev= 10
Transversale	12	2	⌋	eh= 10

Source : Kouassi ATCHY, PFE 2025

PLAN : Plan de ferrailage de la longrine

3.7. Semelle isolée sous deux poteaux

En appliquant les méthodes de prédimensionnement que celles de la semelle isolée sous le poteau de rive, nous avons obtenus pour la semelle isolée sous deux poteaux, les résultats consignés dans le tableau suivants :

Tableau 14: ferrailage de la semelle sous deux poteaux

DESIGNATION DE L'ELEMENT : SEMELLE SOUS POTEAUX P1 et P4				
PREDIMENSIONNEMENT				
Hauteur (cm)	Longueur (cm)	Largeur (cm)	Section b x h	
45	130	180	180×300	
DIMENSIONNEMENT				
Armature	Diamètre Ø (mm)	Nbre	Forme	Esp (cm)
Longitudinale	12	6		ev= 20
Transversale	12	2		eh= 20

Source : KOUASSI ATCHY, PFE 2025

PLAN : Plan de ferrailage de la semelle sous poteaux P66 et P67

3.8. Semelle filante

❖ Descente de charges

Maçonnerie de remplissage du RDC : $13,5 \times 0,15 \times (2,20 + 0,9) = 6,2775 \text{ kN/ml}$

Enduit sur mur du RDC $3,25 \times 18 \times 0,03 = 1,755 \text{ kN/ml}$

Chaînage haut du RDC $0,15 \times 0,15 \times 25 = 0,5625 \text{ kN/ml}$

Chaînage bas du RDC $0,15 \times 0,15 \times 25 = 0,5625 \text{ kN/ml}$

Agglomérés du soubassement (15 plein) : $0,75 \times 21 \times 0,15 = 3,15 \text{ kN/ml}$

Total 12,3075 kN/ml

❖ Prédimensionnement

La largeur B

La largeur B de la semelle sur un mètre linéaire de longueur est évaluée par l'expression :

$$. B \geq \frac{Nu}{\sigma_s * 1.00} * 200 \quad B \geq \frac{16.62}{14.10^2 * 1.00} = 0.12m$$

Pour des raisons de sécurité de l'ouvrage et conformément aux dimensions minimales admise, nous

Retenons une semelle filante de largeur **60 cm**.

La hauteur h

La hauteur h de la semelle quant à elle est évaluée par l'expression :

$$. h \geq \frac{B-b}{4} + 5 \quad h \geq \frac{60-15}{4} = 5 = 16.25 \text{ cm}$$

Nous retenons comme la hauteur de la semelle **h=20 cm**.

Tableau 15: résultats des calculs de la semelle filante

DESIGNATION DE L'ÉLEMENT : SEMELLE FILANTE						
PRE-DIMENSIONNEMENT						
Longueur: cm		Largeur : cm		Hauteur (cm)		Dimensions : lxh
min	max	min	max	min	max	
-	-	12	-	16,25		60x20
DIMENSIONNEMENT						
Armature	Diamètre Ømm	Nbre	Forme	Esp cm	Kg/ml	Ld unitaire : cm
Longitudinale	8	3		25	0,395	100
Transversale	8	4		18	0,395	60

Source : Kouassi ATCHY, PFE 2025

3.9. Escalier

Pente de l'escalier(α) : C'est l'inclinaison de paillasse par rapport à l'horizontale, pour les escaliers confortables ; $\alpha = [20^\circ \text{ à } 40^\circ]$.

Hauteur à franchir hf : 1,575 m Emmarchement E : 1,20 m Hauteur des marches hm : 17,5 cm

Largeur du palier de repos : $l = 1,44$ m

Calcul du nombre de marche

Ce calcul est donné par la relation : $N = \frac{hf - h'm}{hm}$

Donc on a : $N = \frac{157.5 - 17.5}{17.5}$ D'où nous aurons 8 marches.

Calcul du giron

La relation de BLONDEL permet de calculer le giron de l'escalier comme suit :

$$60 \leq 2h_m + g \leq 64 \Rightarrow 60 - 2h_m \leq g \leq 64 - 2h_m$$

$$\Rightarrow 60 - (2 \times 17,5) \leq g \leq 64 - (2 \times 17,5)$$

$$\Rightarrow 25 \leq g \leq 29$$

Nous allons prendre $g = 29$ cm

Calcul de l'angle α

On sait que $\tan \alpha = \frac{hm}{g} \Rightarrow \alpha = \tan^{-1} \frac{hm}{g}$

$$\Rightarrow \alpha = \tan^{-1} \frac{17.5}{29}$$

$$\Rightarrow \alpha = 31,10^\circ$$

La longueur de volée + le palier de repos

$$l = 8 \times 0,29 + 1,44 \Rightarrow l = 3,76$$
 m

Epaisseur de la paillasse

L'épaisseur de la paillasse est donnée par la relation :

$$\cdot \frac{l}{30} < \text{ép} < \frac{l}{25} \Rightarrow \frac{438}{30} < \text{ép} < \frac{438}{25}$$

$$\Rightarrow 14,60 < \text{ép} < 17,52$$

Nous optons pour $\text{ép} = 15$ cm

❖ Descente de charges

Tableau 16: charge de la paillasse

Désignation des ouvrages	Dimensions			Poids surfacique		Total partie (KN/m ²)
	L(m)	l (m)	h/ép(m)	Poids surfacique (KN/m ²)	Poids surfacique (KN/m ³)	
Revêtement				0,6		0,600
Chape au mortier de ciment (cm)				0,6		0,600
Marches			0,102		25	2,550
Poids propre de la paillasse			0,175		25	4,375
Enduit sous paillasse				0,23		0,230
TOTAL						8,355

Source : KOUASSI ATCHY, PFE 2025

Tableau 17: charge du palier de repos

Désignation des ouvrages	Dimensions			Poids surfacique		Total partie (KN/m ²)
	L (m)	l (m)	h/ép(m)	Poids surfacique (KN/m ²)	Poids surfacique (KN/m ³)	
Revêtement				0,6		0,600
Chape au mortier de ciment (cm)				0,6		0,600
Poids propre du palier de repos			0,2		25	5
Enduit sous palier de repos				0,23		0,2
TOTAL						6,40

Source : KOUASSI ATCHY, PFE 2025

❖ Dimensionnement

Tableau 13 : tableau des résultats

DESIGNATION DE L'ELEMENT : ESCALIER RDC						
PREDIMENSIONNEMENT						
Longueur (voile+ palier de repos (cm))	Giron (cm)		Epaisseur de la paille (cm)		Dimensions (cm)	
	min	max	min	max		
376	27	31	11,53	13,84	L= 346 G= 30 Ep= 15	
DIMENSIONNEMENT						
Armature	Diametre Ø (mm)	Nbre	Forme	Esp (cm)	Kg/ml	Ld unitaire (cm)
Principale	12	16	—	20	0,887	301
Secondaire	10	16	—	25	0,616	156

Source : KOUASSI ATCHY, PFE 2025

Tableau 18: tableau des résultats 4

DESIGNATION DE L'ELEMENT : ESCALIER NIVEAU SUP						
PREDIMENSIONNEMENT						
Longueur (voile+ palier derepos (cm))	Giron (cm)		Epaisseur de la paille (cm)		Dimensions (cm)	
	min	max	min	max		
376	25	29	12,53	15,04	L= 346 G= 29 Ep= 15	
DIMENSIONNEMENT						
Armature	Diamètre Ø (mm)	Nbre	Forme	Esp (cm)	Kg/ml	Ld unitaire (cm)
Principale	12	18		18	0,887	100

			—			
Secondaire	10	16	—	25	0,616	120
Sur appui	8	4	—	33	0,394	100

Source : KOUASSI ATCHY, PFE 2025

CHAPITRE 7 : SUPERVISION ET CONTROLE DES TRAVAUX

INTRODUCTION

Dans le domaine de la construction, la qualité de la mise en œuvre, la fiabilité, la sécurité et la recherche de performance des matériaux sont devenues des préoccupations essentielles. Ainsi, le suivi et le contrôle des travaux jouent un rôle crucial pour vérifier la conformité entre les travaux réalisés, les plans et les exigences du contrat. Ils permettent également d'évaluer l'avancement du projet par rapport au planning général du chantier et au budget.

Dans ce chapitre, nous aborderons la procédure de suivi et de contrôle des travaux de radier ainsi que des travaux de fondation ordinaires. Avant d'entrer plus en détail dans ce chapitre, nous dresserons un état des lieux des travaux à notre arrivée.

I- ETAT DES LIEUX

Le terrain disponible pour la construction couvre une superficie de **deux mille six cent quatre-vingt-quinze mètres carrés (2695m²)**. Il présente une pente, ce qui a nécessité un nivellement préalable de toute la zone afin d'obtenir les dimensions exactes du projet. Avant notre arrivée sur le site, seulement l'implantation du bâtiment R+1 a été effectuée.

Avant d'entreprendre ces travaux, il est essentiel de souligner que d'autres études ont été réalisées au préalable. Ces études comprennent notamment l'évaluation et la reconnaissance du site, le débroussaillage et les campagnes géotechniques.

1- Les études de reconnaissance du site

Lorsqu'une entreprise de construction entame un projet, la première étape consiste à effectuer une étude préliminaire du site, qui servira de lieu d'exécution des travaux. Cette étape prépare le terrain pour le chantier et vise à évaluer la faisabilité des travaux à effectuer.

L'objectif est de se préparer pour l'exécution en prenant en compte les contraintes spécifiques, telles que les règles d'urbanisme, les structures environnantes et l'environnement.

Elle consiste à voir les autorités compétentes de la localité afin d'aboutir à l'obtention des plans de lotissement de la ville et savoir réellement où se déroulera les travaux. Une fois

cette étude réalisée, l'entreprise peut ensuite passer à la phase proprement dite de l'exécution des travaux.

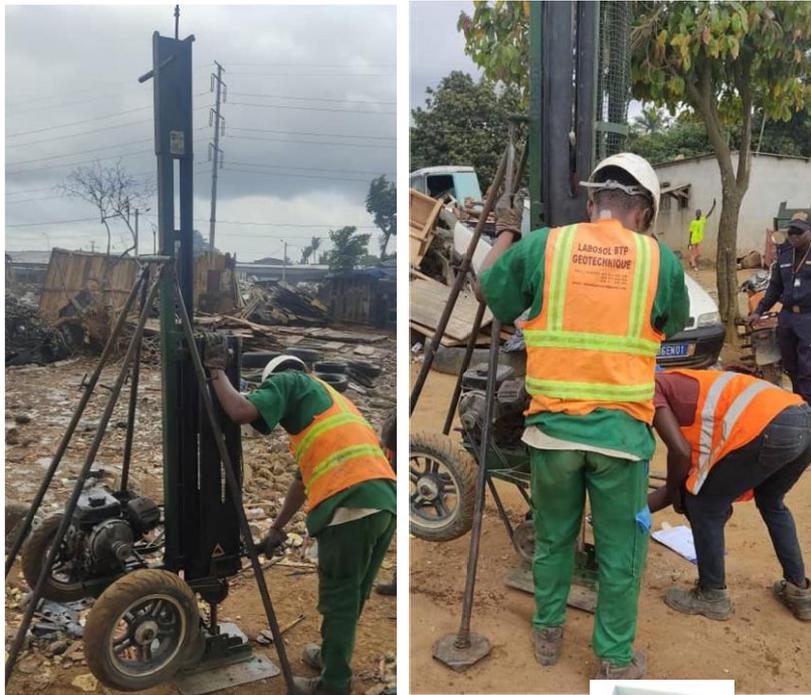
2- Débroussaillage et terrassement

Le débroussaillage est l'action d'éliminer les broussailles dans une forêt. Quant au terrassement, il s'agit du processus de modification de la topographie d'un terrain en vue de la construction d'un bâtiment, d'une route, d'un parc ou de tout autre projet d'aménagement. Il englobe diverses tâches essentielles pour assurer la bonne réalisation des travaux. Le terrassement revêt une importance capitale dans la construction, car il crée la base sur laquelle repose le reste du projet. Un mauvais nivellement, compaction et préparation du terrain peuvent entraîner des problèmes tels que des fissures dans les fondations, des affaissements de sol, des inondations et d'autres dommages structurels mettant en péril la sécurité des personnes et des biens. De plus, le terrassement est essentiel pour garantir la durabilité à long terme du projet, car un terrain correctement terrassé permet de prévenir les problèmes d'érosion, de drainage et de stabilité du sol, réduisant ainsi les coûts de maintenance et les risques.

L'image de notre état des lieux présente une plateforme qui a été débroussaillée et terrassée, et sur laquelle certains bâtiments ont été construits. Ainsi, il est raisonnable de supposer que d'autres travaux ont été réalisés pour confirmer que le site est apte à la construction.

3- Etude géotechnique

L'étude de sol est un processus d'analyse du terrain d'un site de construction afin d'évaluer les caractéristiques et la stabilité du sol. Son objectif est de prévenir les éventuels problèmes géotechniques, de choisir les méthodes de construction appropriées et d'optimiser les coûts et les délais. Cette démarche garantit une construction solide, durable et sûre, tout en évitant les risques de sinistres.



**Figure 12 : sondage a la tarière
a main**



**Figure 11 : sondage a la tarière
pour essai**

II- SUPERVISION ET CONTRÔLE DES TRAVAUX

1- Implantation des ouvrages

a) Définitions l'implantation et matériels utilisés

L'implantation est l'étape où l'on transpose sur le terrain la position des bâtiments, des axes ou des points isolés, conformément à un plan, dans le but de construire ou de repérer. La

plupart des tracés d'implantation se composent de lignes droites, de courbes et de points isolés.

Les instruments utilisés dans ce processus doivent permettre de positionner des alignements ou des points. On peut utiliser des théodolites, des équerres optiques, des rubans à mesurer, des niveaux, et d'autres outils. Le choix de l'instrument dépend de la précision recherchée, qui à son tour dépend du type de structure à implanter. Dans notre cas, nous avons utilisé la chaise d'implantation, et nous avons été assistés par des topographes jusqu'à la fin des travaux de fondation.

b) Mode d'exécution

- On stationne l'appareil sur un point inconnu judicieusement choisi sur le site de sorte à pouvoir implanter les quatre sommets par rayonnement à partir de cette seule station vue que le site est grand ;
- On vise ensuite trois points connus (ceux de la polygonale principale) pour effectuer le relèvement et ainsi calculer les coordonnées rectangulaires du point de station ;
- On implante alors par rayonnement en coordonnées rectangulaires les autres sommets de l'ensemble de la plateforme. Ces points sont matérialisés par des piquets en fer ;
- En suivant ces piquets implantés à l'aide d'un cordeau, nous faisons un traçage au sable.

c) Procédure de contrôle effectué à l'implantation

La démarche de contrôle se présente comme suit :

- La vérification des dimensions de l'ouvrage à implanter, recommandée par le plan d'exécution proposé par le Bureau d'étude et validé par le BNETD après vérification ;
- La vérification des distances par rapport aux autres ouvrages conformément au plan d'implantation.

2- Fouilles

a) Définition et caractéristique des fouilles

Dans le secteur du bâtiment, une fouille désigne un creusement pratiqué dans le sol, généralement après avoir enlevé la couche de terre végétale. Cette opération fait partie des travaux de terrassement et est destinée à recevoir le béton des semelles de fondation.

Dans notre cas présent les fouilles réalisées sont des fouilles en tranchée et des fouilles ponctuelles effectuées manuellement.

b) Plan de contrôle des fouilles

Tableau 19 : plan de contrôle de fouille

DESIGNATION DE LA TACHE	DEMANDE DE CONTRÔLE	TYPE D'ESSAI	CRITERE D'APPROBATION
FOUILLE	Implantation	Station totale, Chaine	Coordonnée respectée
	Dimension et équerrage	Métriq	Respect des dimensions et cotes de fond de fouille

3- Béton de propreté et bétonnage des semelles

a) Définition du béton de propreté et des semelles

❖ Béton de propreté

Comme son nom l'indique le béton de propreté est un béton maigre (5cm) que l'on étale sur le sol ou en fond de fouille pour constituer une surface propre non terreuse, sur laquelle on pourra mettre en place un béton de fondation, ou encore réaliser une aire de travail non boueuse. Il n'a pas de vocation structurelle.

Le béton de propreté n'est pas armé et faiblement dosé en ciment. Il permet d'obtenir une surface de travail propre et plane et de protéger les armatures éventuelles.

Tableau 20 : formulation du béton de propreté

COMPOSITION DU BETON DE PROPLETE DOSE A 150kg/m ³
- Gravier : 2 BROUETTE
- Sable : 1 BROUETTE
- Ciment MPA 42,5 : ½ PAQUET

❖ Semelle isolée

Les semelles isolées jouent un rôle crucial dans la construction des fondations, notamment en ce qui concerne la répartition des charges et la protection contre les effets des vibrations thermiques du sol. Elles permettent de transmettre les charges de la structure vers le sol de manière uniforme, tout en limitant les risques de tassement différentiel.

L'isolation thermique de ces semelles peut également contribuer à améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments, en évitant la transmission de froid ou de chaud du sol vers les structures supérieures.

De plus, cette isolation protège les éléments en béton des cycles de gel et dégel, réduisant ainsi les risques de fissuration et de détérioration.

Enfin, l'optimisation des procédés de conception et d'exécution des semelles isolées peut contribuer à une meilleure durabilité des structures et une gestion plus efficace des ressources en matériaux.

❖ Semelle filante

Les fondations jouent un rôle important dans la transmission et la répartition des charges de la structure dans le sol. La méthode de fondation superficielle la plus couramment utilisée est la semelle béton filante, également connue sous le nom de semelle continue. Cette semelle rectiligne et continue soutient le mur de sous-bassement et a pour objectif de répartir les charges qui lui sont appliquées sur une surface plus large que celle du mur, afin d'éviter l'enfoncement dans le sol. La mise en place des semelles filantes nécessite : le travail de ferrailage, de coffrage, de bétonnage.

Chaque travail suit une auto contrôle spécifique avant la demande de réception.

❖ Ferrailage des semelles

Le ferrailage des semelles isolées est composé d'une nappe d'acier disposée en treillis avec des barres longitudinales et transversales. Pour garantir l'enrobage de l'acier, des cales à béton sont placées sous l'armature. Les barres d'attente verticales sont ensuite installées pour assurer la liaison avec les poteaux. Les barres sont attachées avec du fil de fer recuit pour éviter tout déplacement lors du coulage du béton.

Dans le cas des semelles filantes, la disposition du ferrailage consiste en une nappe d'armature composée de barres longitudinales et de barres transversales. Les cales à béton sont également placées sous le ferrailage pour respecter l'enrobage de 5 cm. Les barres transversales et longitudinales sont attachées avec du fil de fer pour assurer la stabilité de l'armature. Des barres d'attente verticales sont également prévues pour assurer la liaison avec le mur porteur.



Figure 13 : pose de ferrailage de semelle isolée



Figure 14 : pose de ferrailage de semelle filante

❖ Bétonnage des semelles

Lors de cette phase nous assurons que le béton livré par la centrale répond au nos exigences en termes de quantité puis est conforme caractéristiques du béton de convenance. Pour s'assurer du respect des dosages, il est affiché sur chaque bétonnière et sur la centrale les différentes formulations du béton.

Tableau 21 : formulation du beton de conveance 350kg/m³

COMPOSITION DU BETON POUR 1m ³ DE BETON 350kg/m ³
- Gravier 5/15 : 2 BROUETTE - Sable 0/5 : 1 BROUETTE - Ciment MPA 42,5 : 1 PAQUET

Lors du coulage des prélèvements sont faite dans des éprouvettes cylindriques puis écrasé plus tard par l'ILTPB. Ces essais sont appelés essais de compression sur le béton. Un autre essai fait pour mesurer l'affaissement du béton est appelé essais d'affaissement au cône d'Abraham's. L'affaissement moyen autorisé pour un béton de 350Kg/m³ est compris entre (5 cm et 15 m).



Figure 16 : prélèvement des 6 éprouvettes bétons pour les essais de compression



Figure 15: l'essai a l'affaissement au cône d'Abrahams

Nous verrons en annexe un PV d'essais de compression sur le béton

(Annexe 8 : résultat d'essais de compression sur le béton)

Afin de s'assurer que toutes ces procédures sont respectées nous effectuons un contrôle Interne à chaque étape de réalisation des semelles, puis nous réceptionnons à chaque point d'arrêt des travaux. Ces contrôles sont expliqués ci-après :

b) Procédure de contrôle des travaux de semelles

- ❖ Procédure de Contrôle du coffrage des semelles

- ✓ Vérifier l'alignement de chaque panneau de coffrage à l'aide d'un cordeau ou d'un appareil topographique ;
- ✓ Vérifier les dimensions à l'aide d'une chaîne et des appareils topographique (niveau et mire) ;
- ✓ Vérifier la propreté du coffrage ;
- ✓ Vérifier la solidité et la rigidité du coffrage ;
- ✓ Vérifier l'étanchéité du coffrage ;
- ✓ Vérifier le badigeonnage du panneau avec un produit décoffrant ;

❖ Procédure de contrôle ferrailage des semelles

- ✓ Vérifier à l'aide visuellement ou à l'aide d'un pied à coulisse le diamètre des différents aciers.
- ✓ Vérifier à l'aide d'un mètre, l'espacement entre les différentes barres d'aciers en se référant au plan de ferrailage ;
- ✓ Vérifier le nombre de barres utilisé en se référant toujours au le plan de ferrailage ;
- ✓ Vérifier la rigidité du ferrailage et s'assurer que l'essai de traction est effectué sur l'acier et qu'il répond aux exigences.

❖ Procédure de Contrôle bétonnage

- ✓ Vérifier sur le bon de commande la classe du béton livré ;
- ✓ Vérifier que le ILTPB a effectué ces différents prélèvements pour ces essais ;
- ✓ Respecter le dosage indiquer par le ILTPB ;
- ✓ Vérifier pendant le coulage que le niveau de béton est respecté ;
- ✓ Vérifier que le béton est bien vibré ;

4- Mur de soubassement

a) Définition et mode opératoire

On appelle mur de soubassement la hauteur du mur située entre la semelle et le chaînage bas. Il sert à délimiter le terre-plein sur lequel prend appui le dallage.

Il est réalisé en agglomérés pleins de dimensions quarante (40) cm de longueur, vingt (20) cm de hauteur et quinze (15) cm d'épaisseur avec un joint de deux (3) cm au mortier de ciment.

En ce qui concerne le soubassement du bloc service, il a une hauteur de 132 cm et est réalisé de façon linéaire, quant à celui de la clôture, il est réalisé en redans pour la clôture sur un terrain en pente.

b) Plan de contrôle du mur de sous-bassement

La démarche de supervision se présente comme suit :

Tableau 22 : plan de contrôle du mur de sous-bassement

DESIGNATION DE LA TACHE	DEMARCHE DE CONTRÔLE	TYPE D'ESSAI	CRITERE D'APPROBATION
MUR DE SOUS-BASSEMENT	Horizontalité et verticalité	Fil d'aplomb	Ecart constant entre parement et fil d'aplomb
	Centrer le mur sur la semelle filante	Visuel métrique	Alignement du cordeau
	Qualité du mortier utilisé	Visuel	Dose à 250kg/m ³

5- Chainage bas

a) Définition

Élément de construction en béton armé, qui solidarise les parois et les planchers d'un bâtiment.

b) Méthode de réalisation

Les travaux qui constituent la mise en place d'un chaînage bas sont :

- ✓ Les travaux de ferrailage et pose ;
- ✓ Les travaux de coffrage ;
- ✓ Les travaux de bétonnage.

c) **Plan de contrôle du chaînage bas**

Tableau 23 : plan de contrôle du chaînage bas

DESIGNATION DE L'OUVRAGE	TACHE	DEMANDE DE CONTRÔLE	TYPE D'ESSAI	CRITERE D'APPROBATION
CHAINAGE BAS	FERRAILLAGE	ETAT DU MATERIAUX -nuance ; -résistance ; -la propriété	Visualisation des fiches technique et du produit	Vérifier que les essais de traction sur l'acier ont donné un bon résultat
		MISE EN ŒUVRE -diamètre des aciers ; - nombre de bas ; -espacement et enrobage	Contrôle métrique et visuelle	Conformité avec les plans de ferrailage
	COFFRAGE	-Les dimensions ; -l'alignement et l'aplomb des panneaux	Visuel et métrique	Conformité avec le plan de ferrailage
	BETONNAGE	-Qualité des granulats ; -Le type de ciment ; -Vérification du dosage ; -Essai de compression et d'affaissement	Contrôle des fiches technique à la réception des matériaux	Dose à 350kg/m ³

Source : KOUASSI ATCHY TCHAKALY, PFE 2025

6- Dallage

a) Définition

Un dallage est une structure en béton de grande taille par rapport à son épaisseur, comportant des joints de fractionnement, et reposant de manière uniforme sur son support. Dans le cadre de notre projet, le dallage est généralement installé sur une couche de remblai appelée sous dallage, et est solidement relié à une structure en chaînage.

b) Mode opératoire

Le processus de mise d'un dallage comprend les travaux suivants :

- ✓ Le remblai sous dallage ;
- ✓ Le compactage du remblai par couche d'épaisseur de 20 ;
- ✓ La mise en place du réseau sous dallage.

Ce réseau est constitué de : Cuivre nu ceinturant le bâtiment pour la mise à la terre, de pvc pour le réseau d'assainissement et de PEHD pour le réseau d'adduction en eau potable.

- ✓ Pose du film polyane sur toute l'emprise du dallage

Il est mis afin d'éviter les remonter d'eau par capillarité.

- ✓ Ferrailage

Il se fait à l'aide de treillis soudé tisse

- ✓ Coffrage

Il est fait à l'aide des panneaux de coffrage en bois

- ✓ Bétonnage

Il se fait selon la formulation du béton de convenance.

Chaque étape parmi ces travaux est contrôlée. En ce sens nous expliquerons dans la suite les contrôles effectués.

c) Contrôle effectué dans le processus de mise en place du dallage

Toutes les étapes de réalisation du dallage à prendre en compte dans le processus des travaux de contrôle du dallage, pour cela nous avons effectué des contrôles tels que :

- ❖ Procédure de Contrôle du remblai compacté et du réseau sous dallage
 - ✓ Nous vérifions visuellement la texture de notre terre de remblais en effet nous n'avons pas fait de test sur le remblai car la terre de remblais provient directement de nos fouilles et il est apparemment bon aux visuelles.
 - ✓ Nous vérifions que le remblai est compacté par couche successive d'épaisseur 20 cm
 - ✓ Nous nous assurons que le fil polyane couvre toute la surface du dallage.



Compacteur

Figure 17 : remblai sous dallage

- ❖ Procédure de Contrôle du ferrailage du dallage
 - ✓ Avant les travaux, s'assurer que les aciers sont approuvés au test de traction
 - ✓ Vérifier visuellement ou à l'aide d'un pied à coulisse à la réception le diamètre des différents aciers ;

Pendant les travaux :

- ✓ Vérifier à l'aide d'une chaîne, l'espacement entre les différentes les barres d'aciers en se référant au plan de ferrailage radier ;
- ✓ Vérifier le nombre de barre utilisé en se référant toujours au le plan de ferrailage
- ✓ Vérifier la rigidité du ferrailage ;
- ✓ S'assurer que l'essai de traction est effectué sur l'acier et qu'il répond à l'exigence.

Après ce contrôle nous marquons un arrêt puis nous passons à la réception.

Le contrôle de cette étape se déroule pendant les travaux et consiste à :

- ✓ Vérifier l'alignement de chaque panneau de coffrage à l'aide d'un cordeau ou d'un appareil topographique ;
 - ✓ Vérifier les dimensions à l'aide d'une chaîne et des appareils topographique (niveau et mire) ;
 - ✓ Vérifier la propreté du coffrage ;
 - ✓ Vérifier la solidité et la rigidité du coffrage ;
 - ✓ Vérifier l'étanchéité du coffrage ;
 - ✓ Vérifier le badigeonnage du panneau avec un produit décoffrant.
- ❖ Contrôle bétonnage du dallage
- ✓ Vérifier sur le bon de commande la classe du béton livré afin de s'assurer qu'il répond aux exigences ;
 - ✓ Vérifier pendant le coulage que le niveau de béton ;
 - ✓ Vérifier que le béton est bien vibré ;
 - ✓ Vérifier que l'ILTPB a effectué ces différents prélèvements pour ces essais.



Figure 19 : pose de ferrailage du dallage



Figure 18 : bétonnage de dallage

CONCLUSION PARTIELLE

Au terme de cette partie il est essentiel de retenir qu'un bon suivi des travaux de fondation repose sur une supervision rigoureuse de chaque tâche et une maîtrise approfondie des matériaux, des moyens et des méthodes de travail. Le contrôle, basé sur des références techniques, garantit la bonne exécution des ouvrages.

Parmi les vérifications les plus fréquentes et essentielles lors de la mise en place des fondations, figurent celles du coffrage, du ferrailage et du bétonnage. Ces contrôles sont indispensables pour assurer la solidité et la durabilité de l'infrastructure.

CHAPITRE 8 : ANALYSE CRITIQUE DES TRAVAUX EFFECTUÉS

Notre objectif principal pour ce chapitre est d'évaluer les répercussions de notre mission sur le projet, d'identifier les difficultés rencontrées et de proposer des solutions correspondantes.

I- ANALYSE DE LA MISSION DE CONTROLE DES TRAVAUX

1- Impact de notre contrôle régulier des travaux

Les efforts déployés dans le cadre de notre processus de contrôle ont conduit à :

- ✓ Évaluer de manière continue les activités en cours ;
- ✓ Collecter et analyser régulièrement les données pour mesurer les progrès par rapport aux Object ;
- ✓ Évaluer le progrès réalisé par rapport aux objectifs fixés ;
- ✓ Examiner les moyens utilisés et les résultats obtenus ;
- ✓ Identifier les écarts et les variations par rapport aux attentes ;
- ✓ Déterminer les causes sous-jacentes des écarts constatés ;
- ✓ Prendre des mesures correctives lorsque cela s'avère nécessaire ;
- ✓ Maintenir une approche analytique pour évaluer l'efficacité des actions entreprises ;
- ✓ Garantir la conformité aux objectifs et aux normes prédéfinis ;
- ✓ Mettre en place des mesures correctives lorsque cela s'avère nécessaire ;
- ✓ Optimiser les performances et maximiser les chances de réussite ;
- ✓ Permettre aux chefs de projet de prendre des décisions éclairées en se basant sur les informations recueillies.

En résumé, grâce à nos efforts de contrôle, nous avons pu maintenir une surveillance constante, évaluer les progrès réalisés, identifier les écarts et prendre les mesures nécessaires pour garantir la réalisation des objectifs fixés.

Grâce à ces actions de contrôle, nous avons pu maintenir une vision claire de l'état d'avancement du projet, identifier les problèmes potentiels et prendre des mesures appropriées pour y remédier.

Un autre aspect de nos travaux a contribué à :

- ✓ Vérifier la qualité des travaux et leurs conformités aux normes définies et aux références ;
- ✓ Contribuer à une bonne gestion des risques en identifiant les risques potentiels et les actions à prendre le plus tôt possible pour en réduire les impacts ;
- ✓ Maintenir le projet dans les délais : en effet, nous avons mis en place un système (fichier Excel) permettant de suivre l'avancement des travaux en fonction des plannings reçu. Ce système consistait à évaluer en fin de semaine les travaux réalisés par rapport au planning prévisionnel hebdomadaire. Il était renseigné tous les jours en fonction des travaux que long effectuais Cela nous permettait d'identifier rapidement les dérives et problème de planning et de rapidement corriger le tir pour remettre le projet sur les rails ;
- ✓ Avoir un meilleur suivi du budget en effet, lors de cette phase nous donnons uniquement le pourcentage des travaux réaliser par ouvrage.

2- Impact d'implication personnel sur le projet

Dans le suivi des travaux, la gestion des approvisionnements revêt une très important. En effet, une mauvaise gestion des stocks et des commandes inadéquates entraîne des coûts supplémentaires qui pèsent lourdement sur l'équilibre financier du projet. De plus, de telles commandes inappropriées peuvent détériorer l'image de la personne responsable des achats et ralentir le déroulement des travaux. C'est pourquoi il est essentiel de calculer les quantités de béton et d'acier nécessaires avant le début des travaux de chaque ouvrage. Cette étape permet de :

- ✓ Prévenir les excédents de matériaux en évitant de commander plus que nécessaire ;
- ✓ Optimiser l'utilisation des ressources en planifiant les approvisionnements de manière adéquate ;
- ✓ Réduire les risques de retards dus à des pénuries de matériaux ;

- ✓ Éviter les perturbations dans le flux de travail en ayant les matériaux disponibles au bon moment ;
- ✓ Minimiser les coûts en évitant les gaspillages et les surstocks.

En résumé, la prévision précise des quantités nécessaires de béton et d'acier permet d'optimiser la gestion des approvisionnements, d'éviter les problèmes financiers, de maintenir une image professionnelle et d'assurer une progression fluide des travaux. Permettre.

3- Avantage de l'étude de ce thème

a) Au plan académique et de la formation

Durant ce stage, en plus d'apprendre des notions très importantes en fondation et de mettre en pratique nos connaissances en bâtiments, nous avons développé certaines aptitudes propices à la résolution efficace des problèmes techniques. Ce sont entre autres :

- ✓ Aptitude à comprendre et appliquer les normes ;
- ✓ La lecture et la compréhension de documents d'exécution (plan de ferrailage, coffrage, implantation, nomenclature etc.) ;
- ✓ L'application directe des notions d'OGC pour la gestion de matériaux au chantier ;
- ✓ Mise en application de certaines notions de RDM, béton armé acquises au cours de l'année scolaire.

b) Au plan professionnel

Le stage nous a permis de rencontrer et de travailler avec des personnes très expérimentées dans le domaine du Génie Civil. Les réunions hebdomadaires de chantier ont grandement contribué à cet enrichissement. De même, le suivi de la construction des ouvrages des travaux du chantier et leurs contrôles ont permis l'acquisition de connaissances techniques propres à un chantier. Ce qui est d'ailleurs très utile pour la suite, dans le monde professionnel mais aussi pour la compréhension de certains procédés.

En outre, ce stage a aussi contribué au développement de la réactivité, la prise d'initiative et de responsabilité. D'autre part, nous avons de par cette expérience pu découvrir le métier du conducteur des travaux et mieux cerner le rôle primordial des Bureau de contrôle.

c) Au plan organisationnel et de la gestion du temps

Nous étions en permanence sur le site Durant le stage et nous avons combiné les missions de contrôle technique et de supervision des travaux. Nous avons été amenés à organiser judicieusement notre temps afin d'être efficace et de maîtriser le temps.

II- DIFFICULTÉS RENCONTRÉES ET PROPOSITION DE SOLUTIONS

- ✓ L'une des difficultés majeures rencontrées lors de ce stage a été la quasi simultanéité des travaux à suivre sur le chantier, mais l'aptitude à résoudre immédiatement un problème (pour ne pas retarder ou empêcher l'avancement des travaux) et de faciliter le contrôle qualité ;
- ✓ L'autre point concerne également la forte condition physique et mentale qu'il faut avoir pour pouvoir être opérationnel sur le chantier. Car, il faut intervenir partout sur le site pour suivre et contrôler les différents travaux afin d'éviter les déconstructions des ouvrages puis retarder les autres travaux, toutefois nous avons été apte à trouver des solutions rapides et efficaces pour ne pas accumuler de retard dans les différentes tâches à réaliser. Ce fut difficile la première semaine, mais nous sommes heureux d'avoir pu nous adapter au chantier ;
- ✓ Un autre point essentiel qui pourrait avoir des répercussions sur les travaux est le manque de détails sur les plans et la modification perpétuels des plans sans tenir compte des travaux déjà réalisés. Afin d'éviter ces problèmes nous avons exigé à notre conducteur des travaux de nous fournir des plans approuver pour tous les travaux dont nous sommes responsable du suivi et de contrôler.

III- PERSPECTIVES

Pour cela nous, voulant atteindre notre but nous eut quelques imperfections auxquelles nous avons essayé de trouver des tentatives de solution à savoir :

- ✓ D'abord, nous avons eu du mal à appliquer facilement nos différentes notions scolaires. L'enseignement est tel que l'écart entre la pratique et la théorie est très pénalisante pour nous, ce qui constitue un frein à la rapidité du travail.

Nous préconisons donc à la direction des études de l'ESTP d'orienter et adapter notre matrice pédagogique et la rendre plus pratique mais surtout de permettre aux élèves d'effectuer en plus des stages plusieurs sorties d'étude au cours des leurs formations en dehors de celui de fin d'année.

- ✓ Aussi, sur le chantier, tous les corps n'étaient pas représentés (coffreur, plombier) pour la réalisation de certains travaux. Et ces travaux étaient attribués à une seule personne, ce qui a assez ralenti l'avancée des travaux.

CONCLUSION PARTIELLE

Dans cette partie nous pouvons retenir que notre mission a eu un impact positif sur le projet, toutefois nous avons eu quelque difficulté auxquels nous avons essayé de nous adapter.

CONCLUSION GENERALE

L'optimisation des procédés d'exécution des éléments en fondation constitue un enjeu majeur pour garantir la performance et la durabilité des ouvrages. A travers cette étude, nous avons analysé les différentes méthodes employées sur le chantier et évalué leur impact en termes de qualité et de délais.

Sur le plan pratique, notre implication sur le chantier a été remarquée par une supervision rigoureuse des travaux et une adaptation constante aux défis rencontrés. Les difficultés, telles que la simultanéité des travaux et les conditions physiques exigeantes, ont été surmontées grâce à une planification minutieuse et une réactivité accrue. Ces expériences ont renforcé nos compétences techniques et organisationnelles, tout en nous offrant une vision concrète des réalités du terrain.

En conclusion, ce projet a non seulement permis de répondre aux objectifs fixes en termes de performance et de durabilité des fondations, mais il a également contribué à notre formation académique et professionnelle. Les enseignements tirés de cette expérience seront précieux pour notre future carrière dans le domaine du génie civil, où la maîtrise des techniques de construction et la gestion de projets complexes sont essentielles.

Enfin, il est important de souligner que l'optimisation des procédés de fondation ne se limite pas à la réalisation d'ouvrages stables et durables. Elle s'inscrit également dans une démarche globale de respect de l'environnement et de réduction de l'empreinte carbone, des enjeux qui deviendront de plus en plus prégnants dans les années à venir. Ainsi, les solutions proposées dans ce document pourront servir de base pour les projets futurs, contribuant à une construction plus durable et plus respectueuse des ressources naturelles.

BIBLIOGRAPHIE

- Chen Shaoming, Géomécanique et fondation
- LUI Meilin, quality Control and Acceptance of Engineering Construction
- Lv Hu, Structure en béton

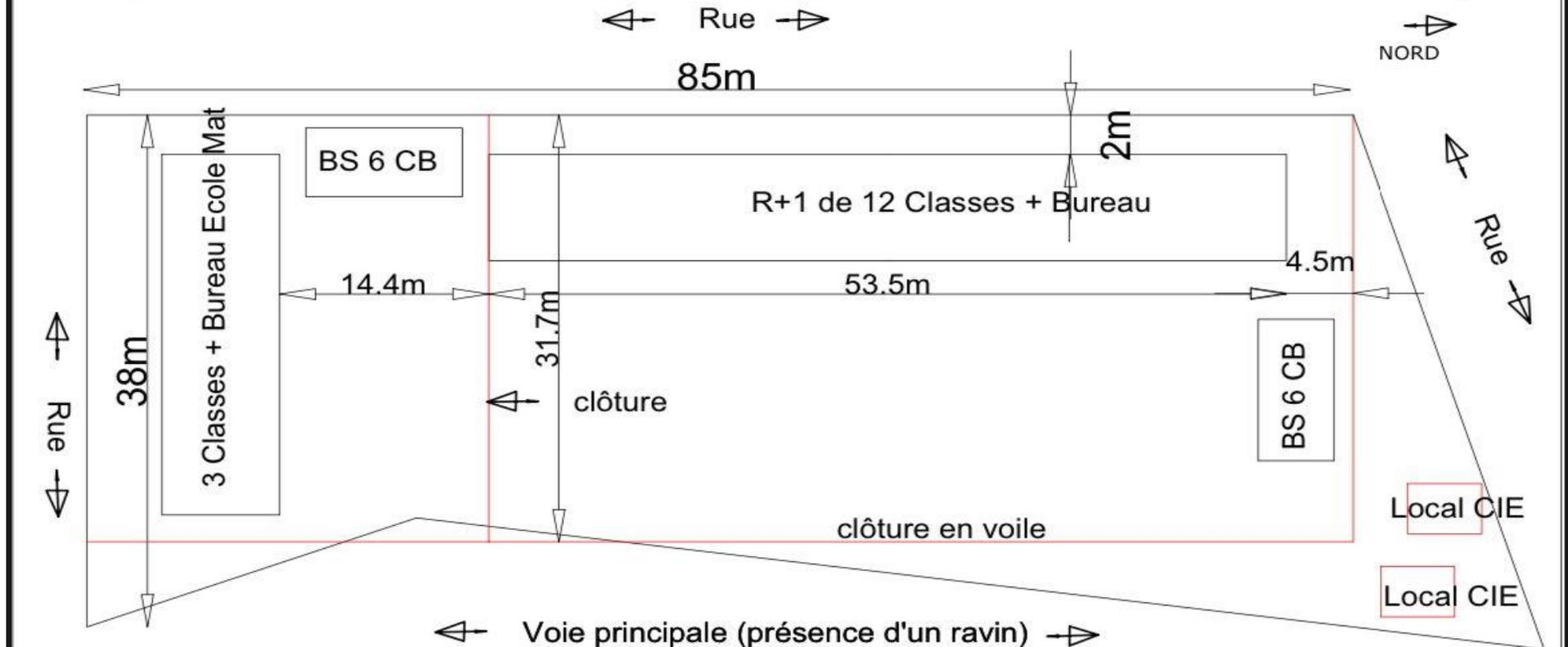
WEBOGRAPHIE

- <https://geotechniquehse.com/types-fondation/> consulté le 28 Janvier 2025
- <https://geo-study.fr/geotechnique-definition/> consulté le 28 Janvier 2025
- <https://geo-study.fr/2023/05/22/optimisation-des--fondations-speciales-pour-garantir-la-stabilite-de-vos-batiments/> consulté le 25 Janvier 2025
- <https://geotechniquehse.com/fondation-genie-civil/> consulté le 02 Février 2025
- <https://fr.scribd.com/presentation/493591815/Expose-Sur-Generalite-Des-Fondation> consulté le 23 Janvier 2025
- <https://fr.linkedin.com/advice/0/how-can-you-optimize-fondation-design-stability-shbie?lang=fr> consulté le 24 Janvier 2025

ANNEXES

ANNEXE 1 : PLAN DE MASSE

PLAN DE MASSE EPP YOPOUGON ACADEMIE RESIDENTIEL



MAITRE D'OUVRAGE	MAITRE D'OEUVRE	ENTREPRISE	LEGENDE	Date	Echelle
MENA	BNETD	 SIMDCI	□ Bâtiment à construire	06 / 05 / 24	

ANNEXE 2 : SCHEMA D'IMPLANTATION DES SONDAGES

IMPLANTATION DES POINTS DE SONDAGES



LABOSOL
BTP - Géotechnique

PROJET DE CONSTRUCTION D'UN GROUPE SCOLAIRE (BÂTIMENT DE TYPE R+2) A
YOPOUGON ACADEMIE

POINTS DE SONDAGES GEOTECHNIQUES

N° DOSSIER : LSF 21-953

P : Essais de pénétration dynamique lourd

T : Sondage à la tarière

DATE : 02/03/2024

SP : Sondage pour essais au préssiomètre Ménard

ANNEXE 3 : COURBES CORRESPONDANTES AUX SONDAGES



SONDAGES ET ESSAIS AU PENETROMETRE DYNAMIQUE

Effectué conformément à la norme NF P-94-115

TYPE DE SONDAGE : TARIERE MANUELLE

PENETROMETRE

DYNAMIQUE LEGER

DYNAMIQUE LOURD

STATIQUE

PROJET : CONSTRUCTION D'UN GROUPE SCOLAIRE
(BÂTIMENT DE TYPE R+1) A YOPOUGON
ACADEMIE

CLIENT: SIMDCI

ESSAI N° PD/ST1

NAPPE : Néant

MISE EN STATION SUR : Terrain en place

DOSSIER : LSF 21-953

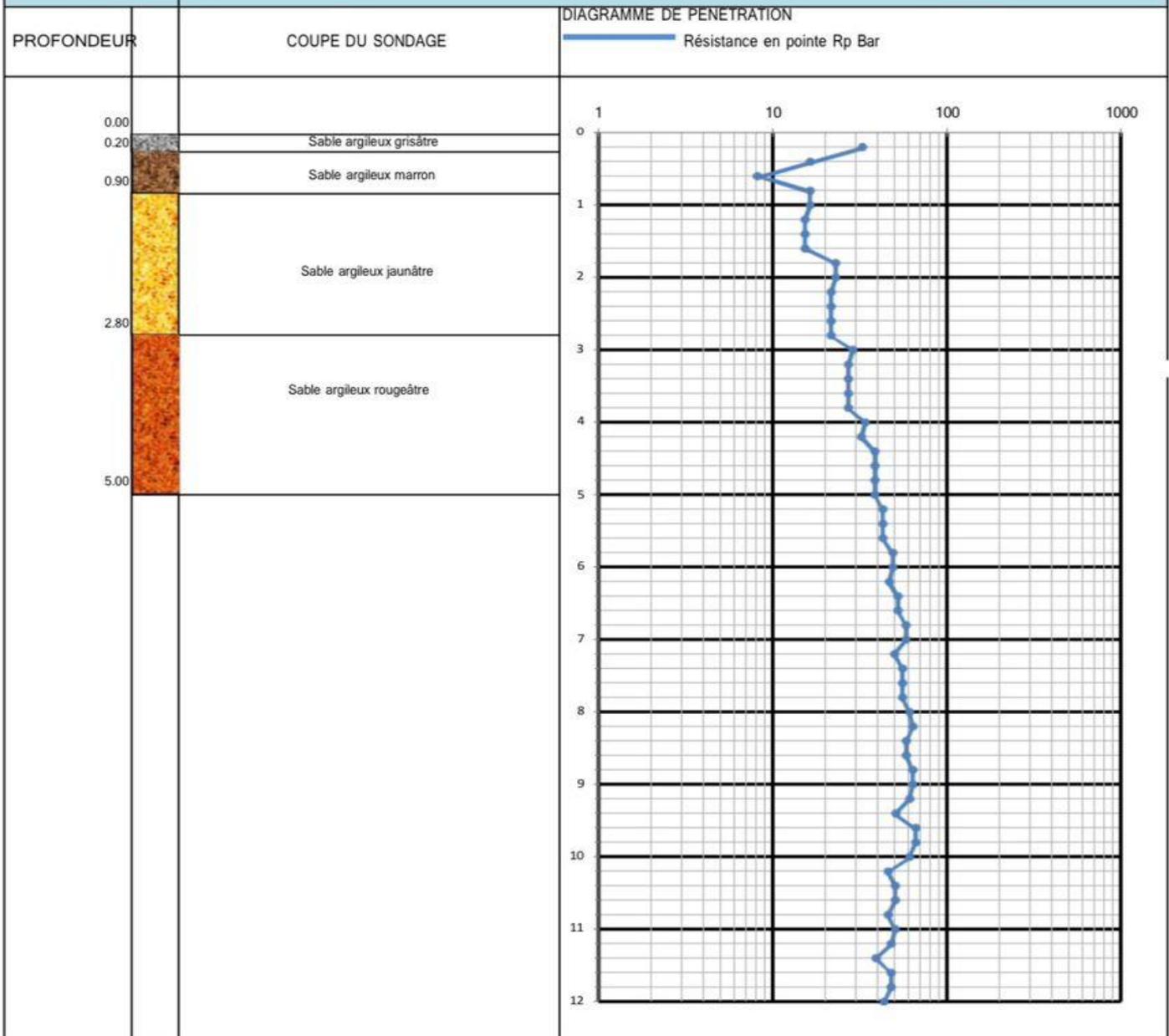
DATE : 02/03/2024

COORDONNEES

LATITUDE : 5°22'30.82"

LONGITUDE : 4°4'35.27"

COTE: -



OBSERVATION

SONDEUR



SONDAGES ET ESSAIS AU PENETROMETRE DYNAMIQUE

Effectué conformément à la norme NF P-94-115

TYPE DE SONDAGE : TARIERE MANUELLE

PENETROMETRE

DYNAMIQUE LEGER

DYNAMIQUE LOURD

STATIQUE

PROJET : CONSTRUCTION D'UN GROUPE SCOLAIRE
(BÂTIMENT DE TYPE R+1) A YOPOUGON
ACADEMIE

CLIENT: SIMDCI

ESSAI N° PD/ST2

NAPPE : Néant

MISE EN STATION SUR : Terrain en place

DOSSIER : LSF 21-953

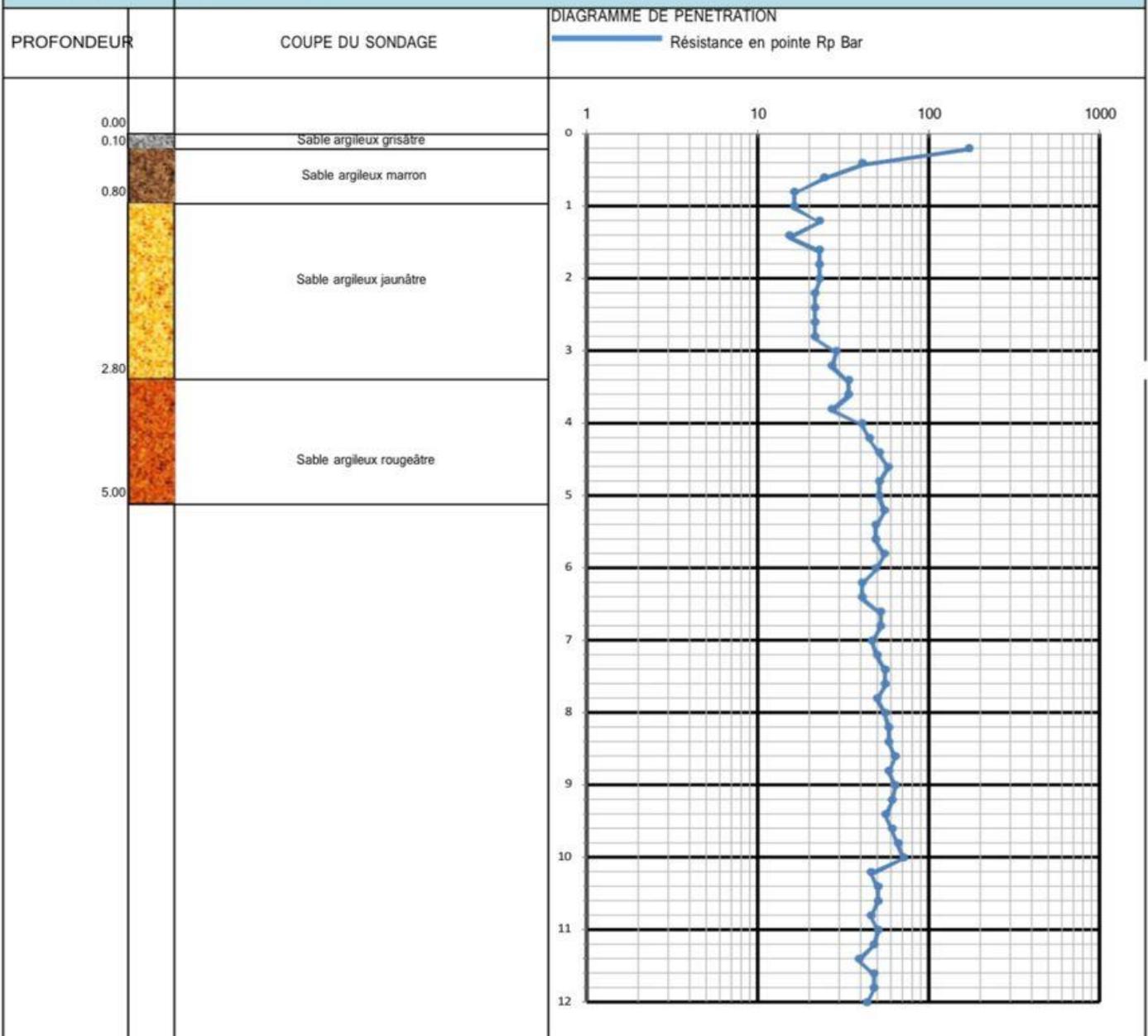
DATE : 02/03/2024

COORDONNEES

LATITUDE : 5°22'32.04"

LONGITUDE : 4°4'34.72"

COTE: -



OBSERVATION

SONDEUR

LABOSOL
BTP - Géotechnique

SONDAGES ET ESSAIS AU PENETROMETRE DYNAMIQUE

Effectué conformément à la norme NF P-94-115

TYPE DE SONDAGE : TARIERE MANUELLE

PENETROMETRE

DYNAMIQUE LEGER

DYNAMIQUE LOURD

STATIQUE

PROJET : **CONSTRUCTION D'UN GROUPE SCOLAIRE
(BÂTIMENT DE TYPE R+1) A YOPOUGON
ACADEMIE**

CLIENT: **SIMDCI**

ESSAI N° PD/ST3

NAPPE : Néant

MISE EN STATION SUR : Terrain en place

DOSSIER : LSF 21-953

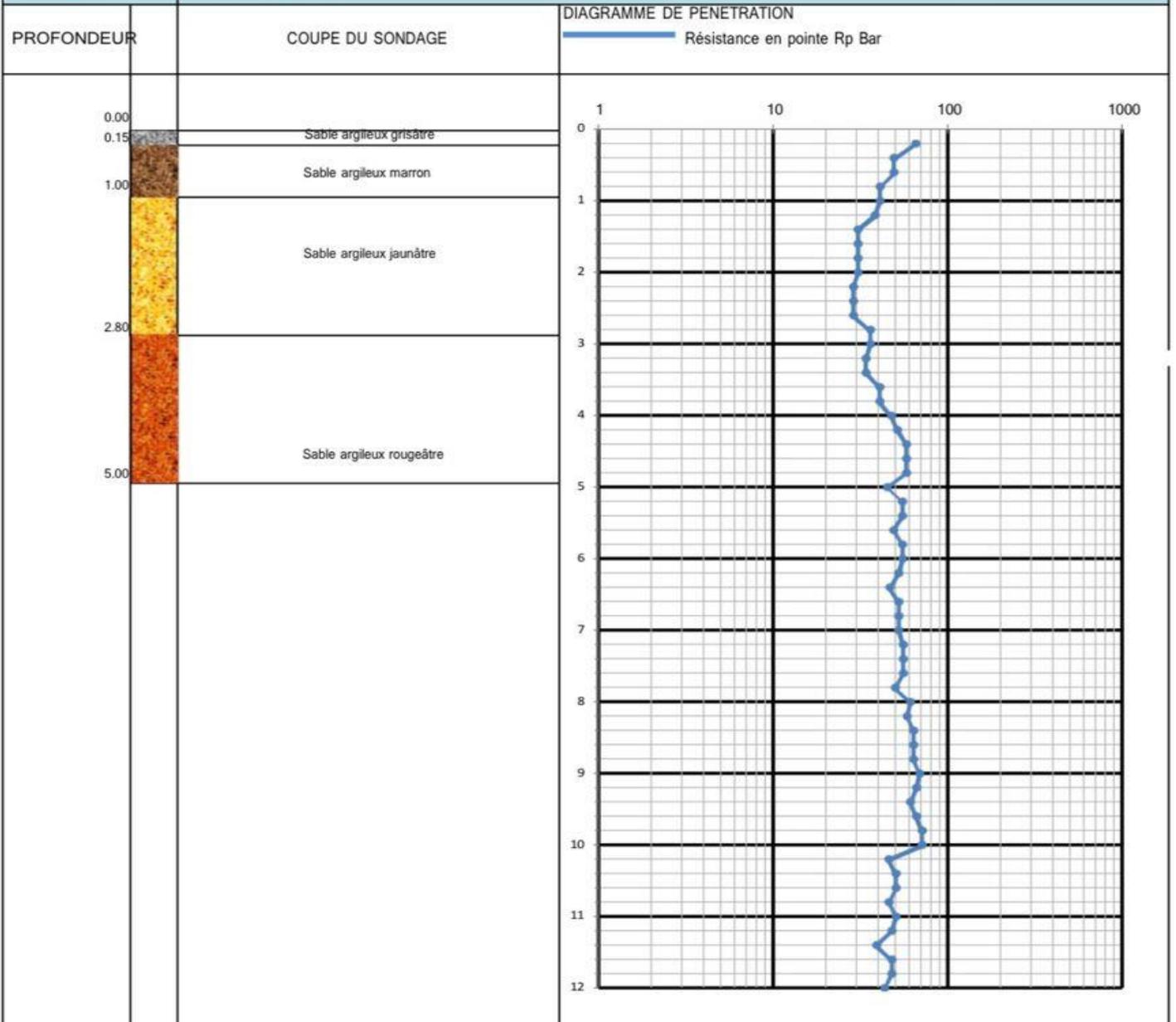
DATE : 02/03/2024

COORDONNEES

LATITUDE : 5°22'33.47"

LONGITUDE : 4°4'33.92"

COTE: -



OBSERVATION

SONDEUR



SONDAGES ET ESSAIS AU PENETROMETRE DYNAMIQUE

Effectué conformément à la norme NF P-94-115

TYPE DE SONDAGE : TARIERE MANUELLE

PENETROMETRE

- DYNAMIQUE LEGER
- DYNAMIQUE LOURD
- STATIQUE

PROJET : CONSTRUCTION D'UN GROUPE SCOLAIRE
(BÂTIMENT DE TYPE R+1) A YOPOUGON
ACADEMIE

CLIENT: SIMDCI

ESSAI N° PD/ST4

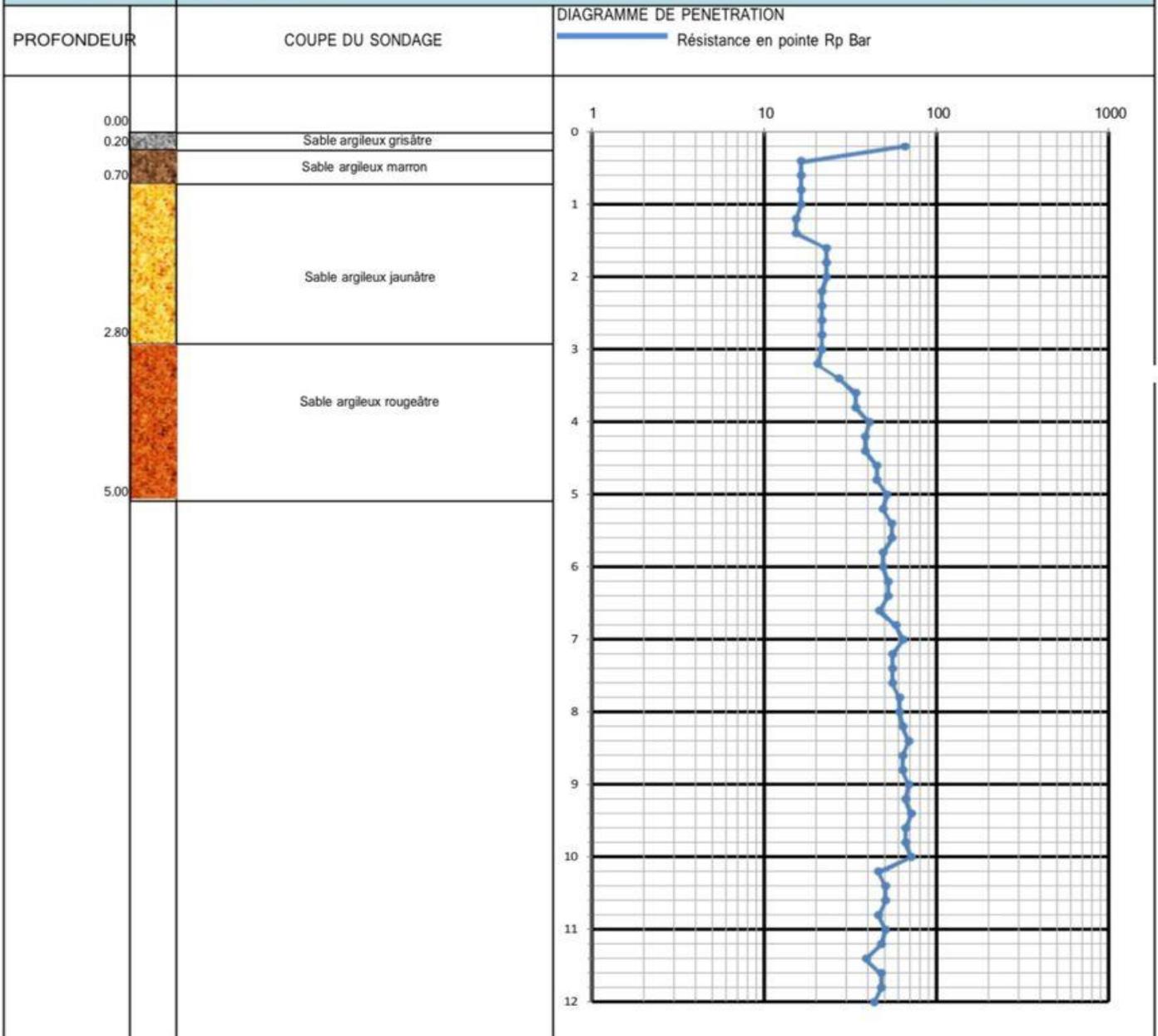
NAPPE : Néant

MISE EN STATION SUR : Terrain en place

DOSSIER : LSF 21-953

DATE : 02/03/2024

COORDONNEES	LATITUDE : 5°22'31.85"	LONGITUDE : 4°4'32.59"	COTE: -
-------------	------------------------	------------------------	---------



OBSERVATION

SONDEUR



SONDAGES ET ESSAIS AU PENETROMETRE DYNAMIQUE
Effectué conformément à la norme NF P-94-115

TYPE DE SONDAGE : TARIERE MANUELLE

PENETROMETRE

DYNAMIQUE LEGER

X DYNAMIQUE LOURD

STATIQUE

NAPPE : Néant

MISE EN STATION SUR : Terrain en place

PROJET : **CONSTRUCTION D'UN GROUPE SCOLAIRE
(BÂTIMENT DE TYPE R+1) A YOPOUGON
ACADEMIE**

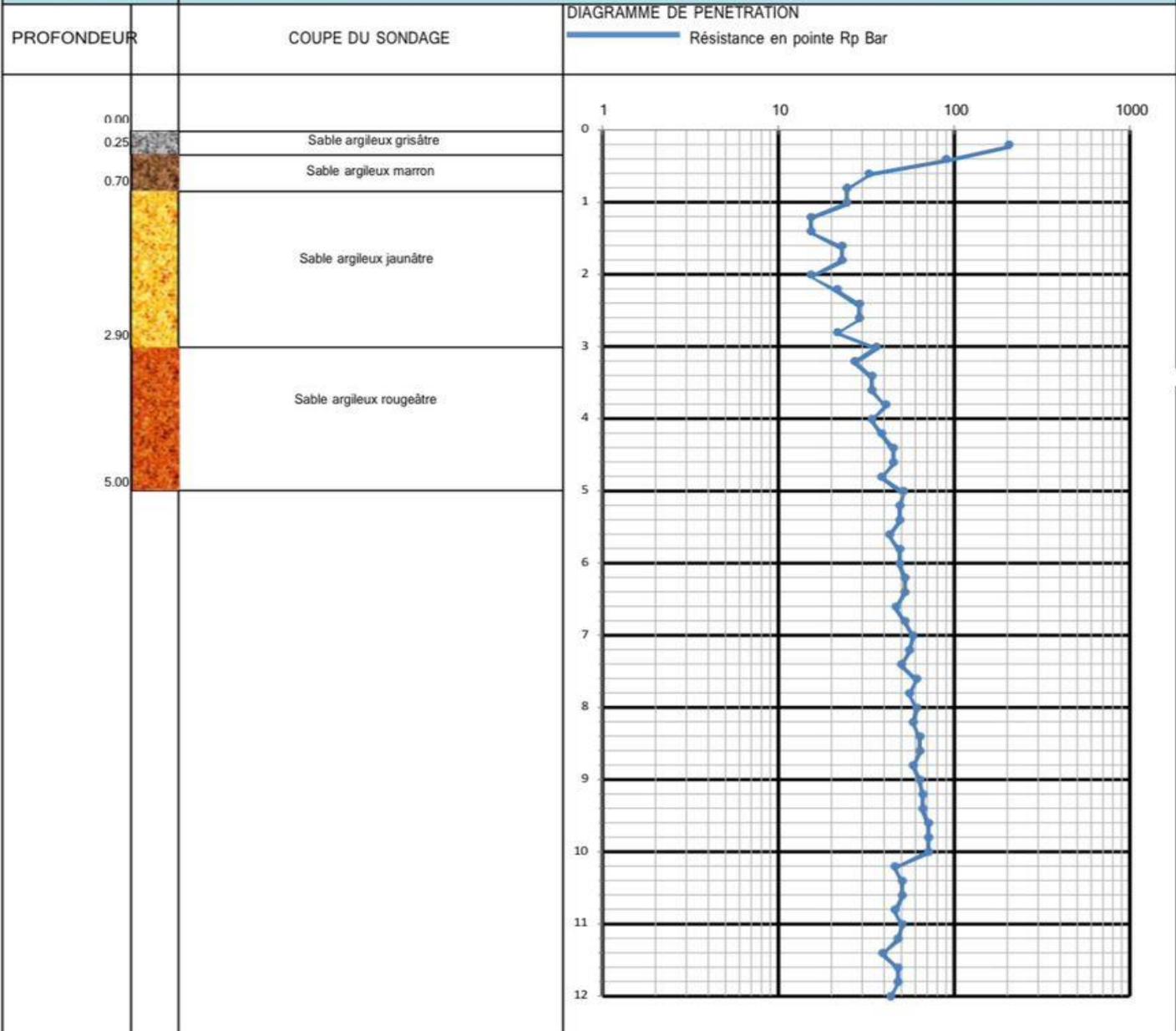
CLIENT: **SIMDCI**

ESSAI N° PD/ST5

DOSSIER : LSF 21-953

DATE : 02/03/2024

COORDONNEES LATITUDE : 5°22'29.01" LONGITUDE : 4°4'33.24" COTE: -



OBSERVATION

SONDEUR



SONDAGES ET ESSAIS AU PENETROMETRE DYNAMIQUE
Effectué conformément à la norme NF P-94-115

TYPE DE SONDAGE : TARIERE MANUELLE

PENETROMETRE

- DYNAMIQUE LEGER
- X** DYNAMIQUE LOURD
- STATIQUE

PROJET : CONSTRUCTION D'UN GROUPE SCOLAIRE
(BÂTIMENT DE TYPE R+1) A YOPOUGON
ACADEMIE

CLIENT: SIMDCI

ESSAI N° PD/ST6

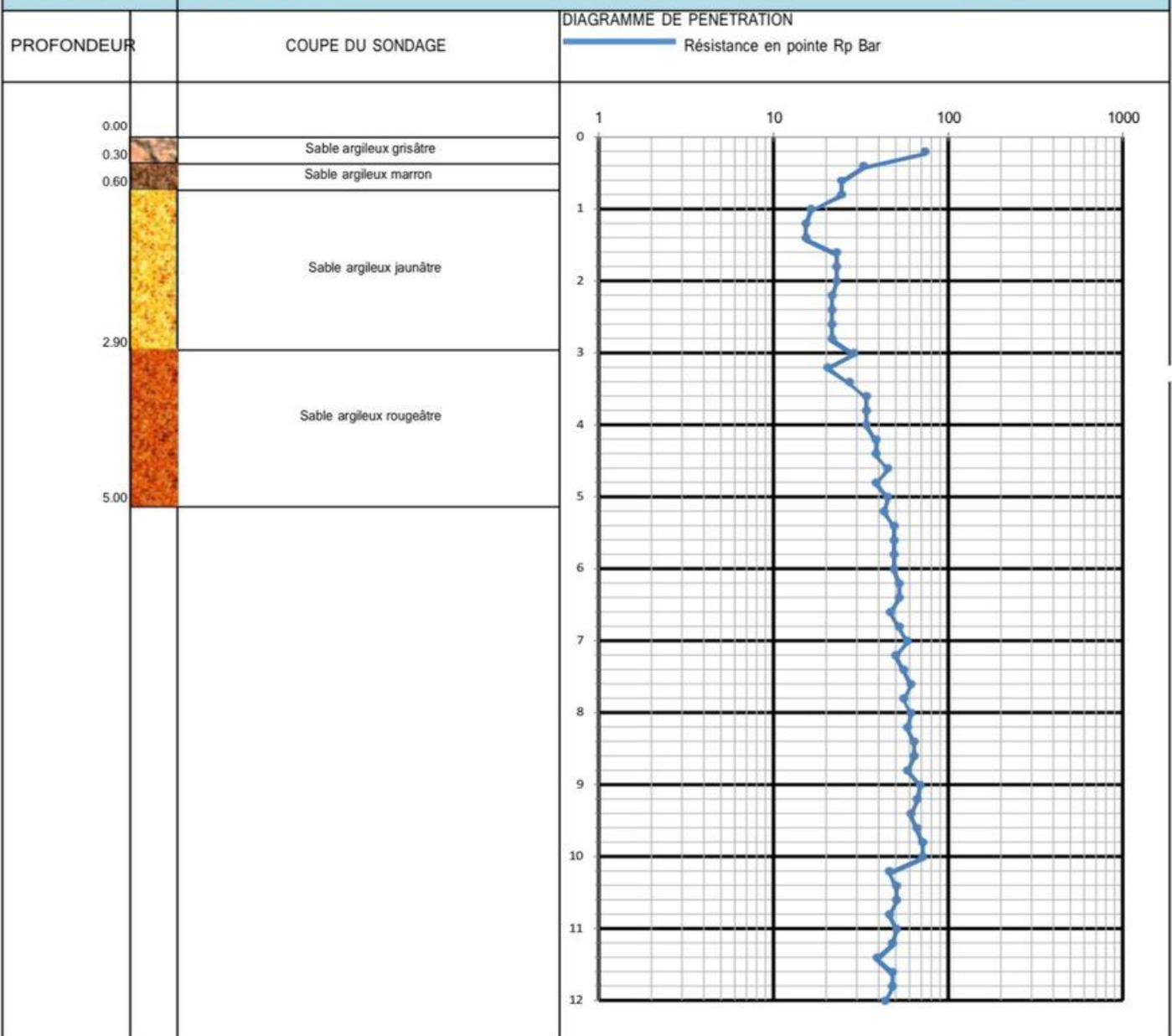
NAPPE : Néant

MISE EN STATION SUR : Terrain en place

DOSSIER : LSF 21-953

DATE : 02/03/2024

COORDONNEES LATITUDE : 5°22'29.86" LONGITUDE : 4°4'31.09" COTE: -



OBSERVATION
SONDEUR



SONDAGES ET ESSAIS AU PENETROMETRE DYNAMIQUE
Effectué conformément à la norme NF P-94-115

TYPE DE SONDAGE : TARIERE MANUELLE

PENETROMETRE

- DYNAMIQUE LEGER
- DYNAMIQUE LOURD
- STATIQUE

NAPPE : Néant

MISE EN STATION SUR : Terrain en place

PROJET : CONSTRUCTION D'UN GROUPE SCOLAIRE
(BÂTIMENT DE TYPE R+1) A YOPOUGON
ACADEMIE

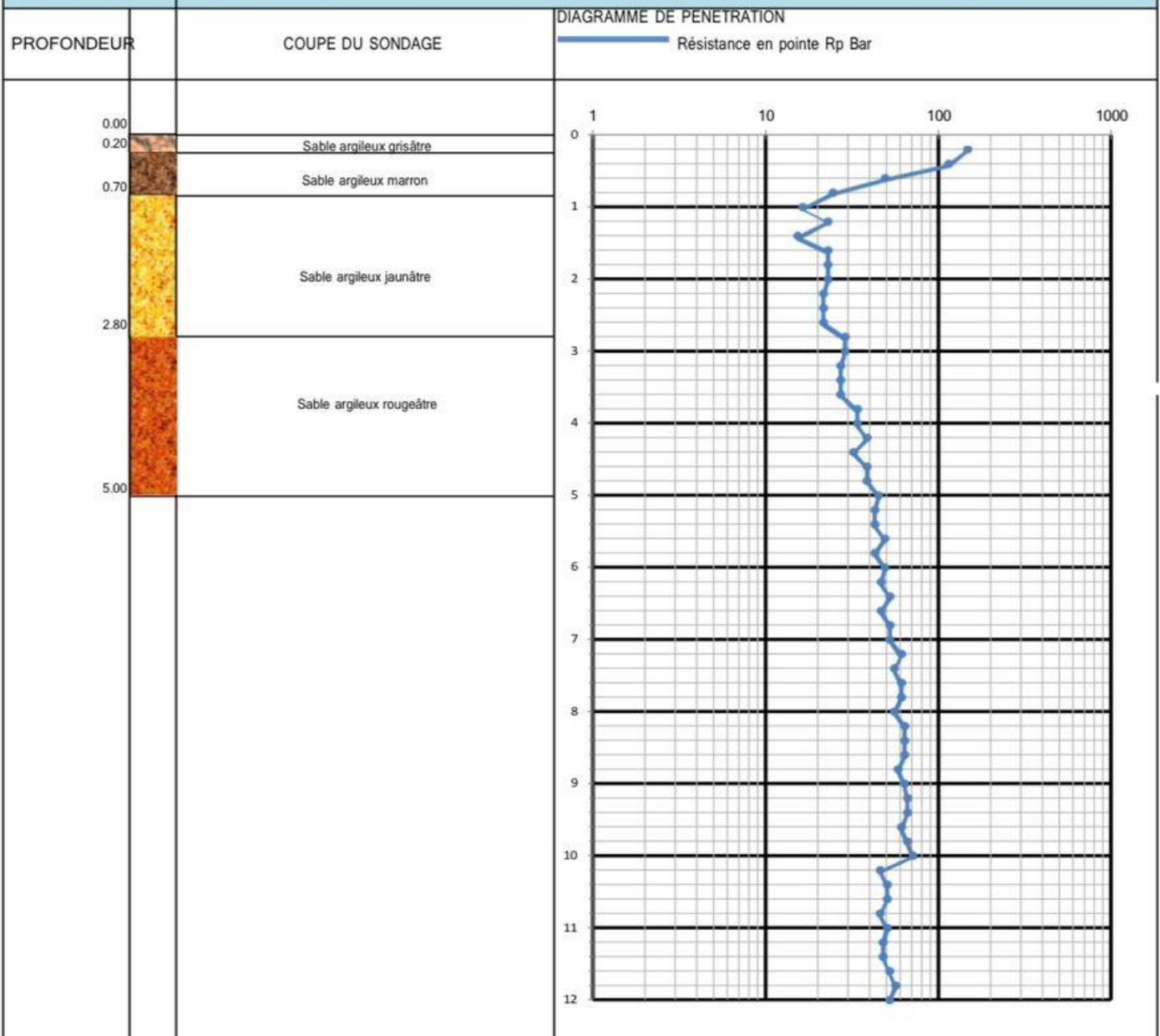
CLIENT: SIMDCI

ESSAI N° PD/ST7

DOSSIER : LSF 21-953

DATE : 02/03/2024

COORDONNEES LATITUDE : 5°22'27.52" LONGITUDE : 4°4'34.79" COTE: -



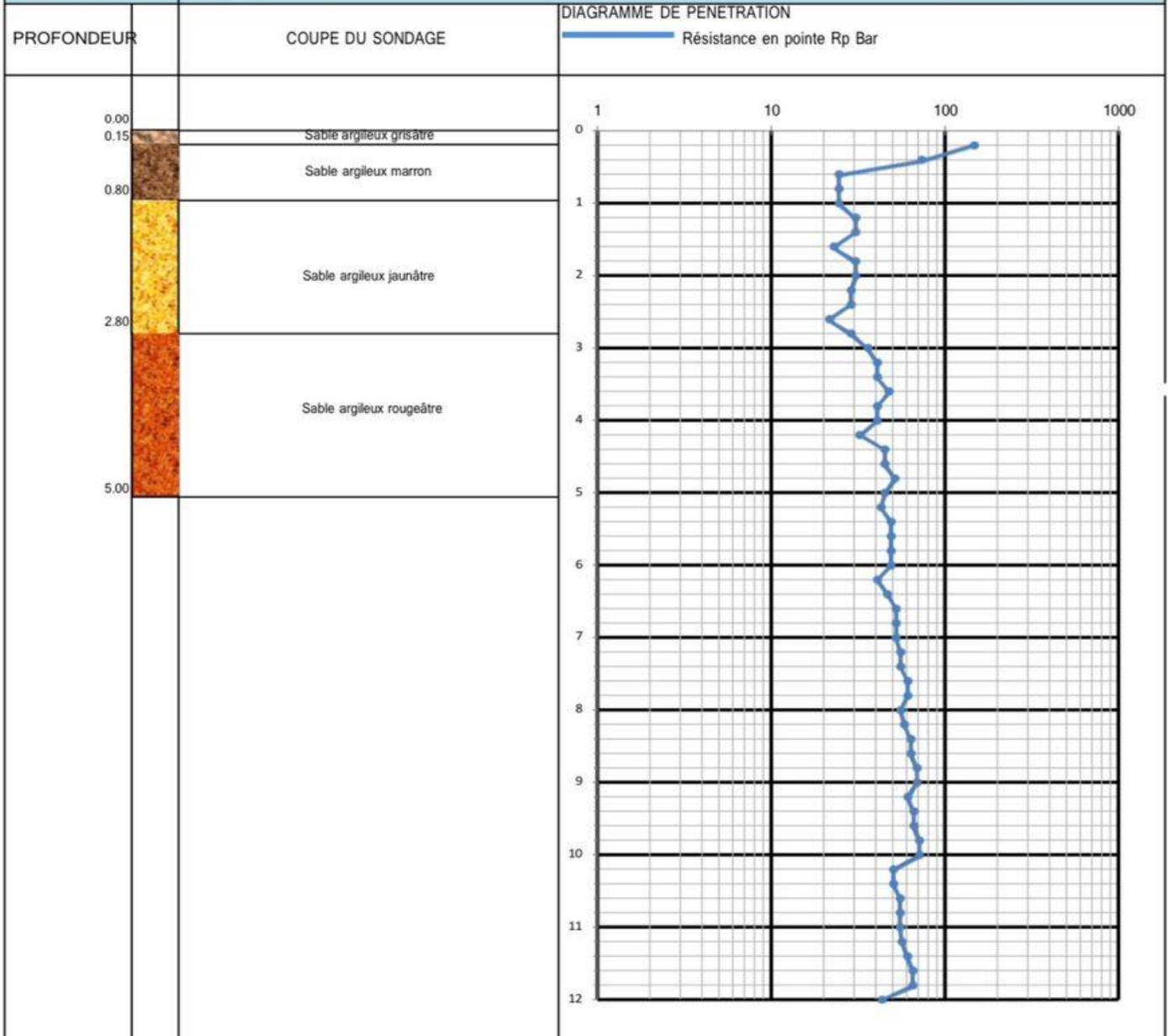
OBSERVATION
SONDEUR



SONDAGES ET ESSAIS AU PENETROMETRE DYNAMIQUE
Effectué conformément à la norme NF P-94-115

TYPE DE SONDAGE : TARIERE MANUELLE PENETROMETRE DYNAMIQUE LEGER X DYNAMIQUE LOURD STATIQUE NAPPE : Néant MISE EN STATION SUR : Terrain en place	PROJET : CONSTRUCTION D'UN GROUPE SCOLAIRE (BÂTIMENT DE TYPE R+1) A YOPOUGON ACADEMIE CLIENT: SIMDCI ESSAI N° PD/ST8 DOSSIER : LSF 21-953 DATE : 02/03/2024
--	---

COORDONNEES	LATITUDE : 5°22'25.84"	LONGITUDE : 4°4'35.59"	COTE: -
-------------	------------------------	------------------------	---------



OBSERVATION
SONDEUR



SONDAGES ET ESSAIS AU PENETROMETRE DYNAMIQUE
Effectué conformément à la norme NF P-94-115

TYPE DE SONDAGE : TARIERE MANUELLE

PENETROMETRE

- DYNAMIQUE LEGER
- DYNAMIQUE LOURD
- STATIQUE

NAPPE : Néant

MISE EN STATION SUR : Terrain en place

PROJET : CONSTRUCTION D'UN GROUPE SCOLAIRE
(BÂTIMENT DE TYPE R+1) A YOPOUGON
ACADEMIE

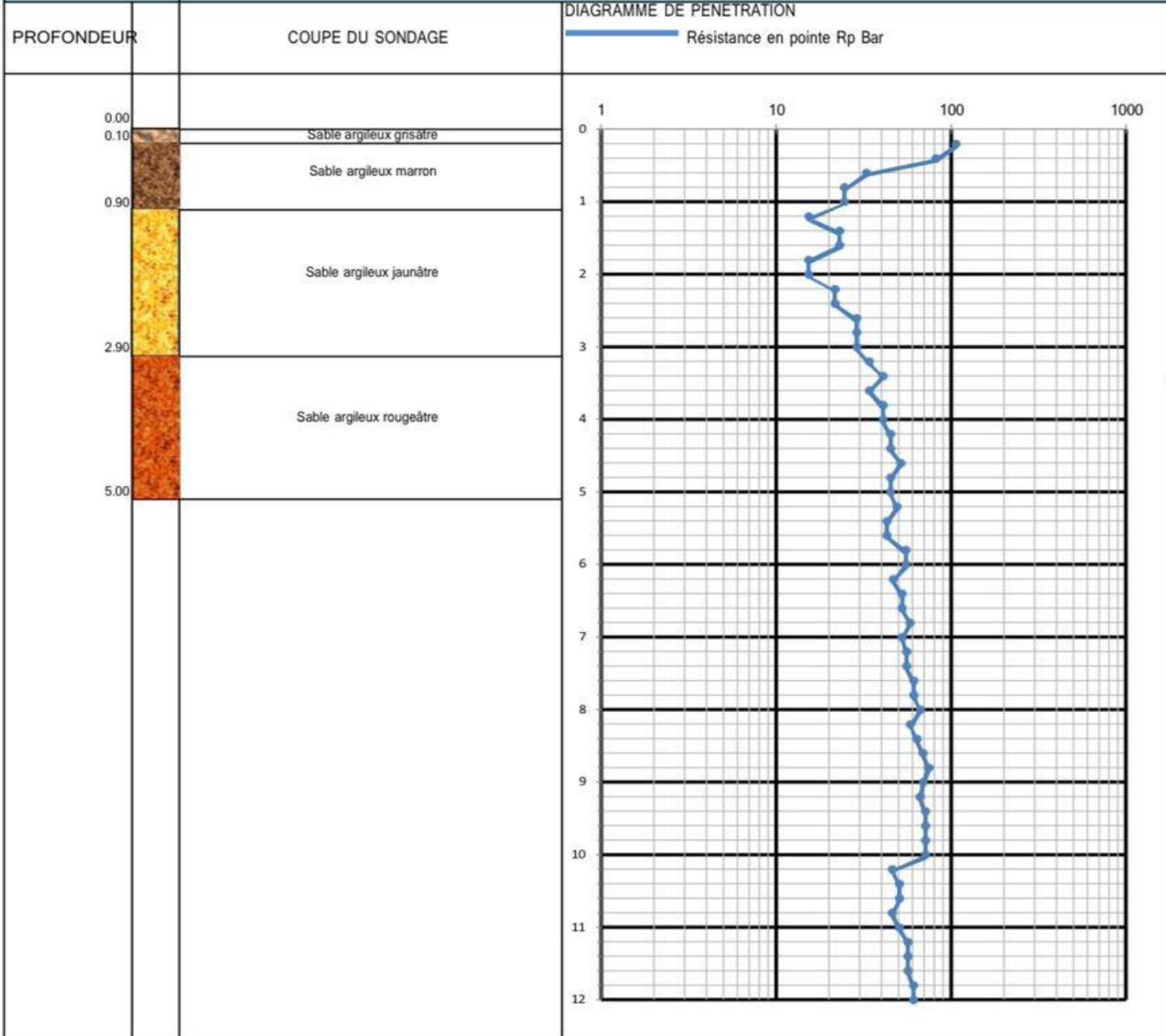
CLIENT: SIMDCI

ESSAI N° PD/ST9

DOSSIER : LSF 21-953

DATE : 02/03/2024

COORDONNEES LATITUDE : 5°22'25.49" LONGITUDE : 4°4'34.01" COTE: -



OBSERVATION

SONDEUR



SONDAGES ET ESSAIS AU PENETROMETRE DYNAMIQUE

Effectué conformément à la norme NF P-94-115

TYPE DE SONDAGE : TARIERE MANUELLE

PENETROMETRE

- DYNAMIQUE LEGER
- DYNAMIQUE LOURD
- STATIQUE

NAPPE : Néant

MISE EN STATION SUR : Terrain en place

PROJET : CONSTRUCTION D'UN GROUPE SCOLAIRE
(BÂTIMENT DE TYPE R+1) A YOPOUGON
ACADEMIE

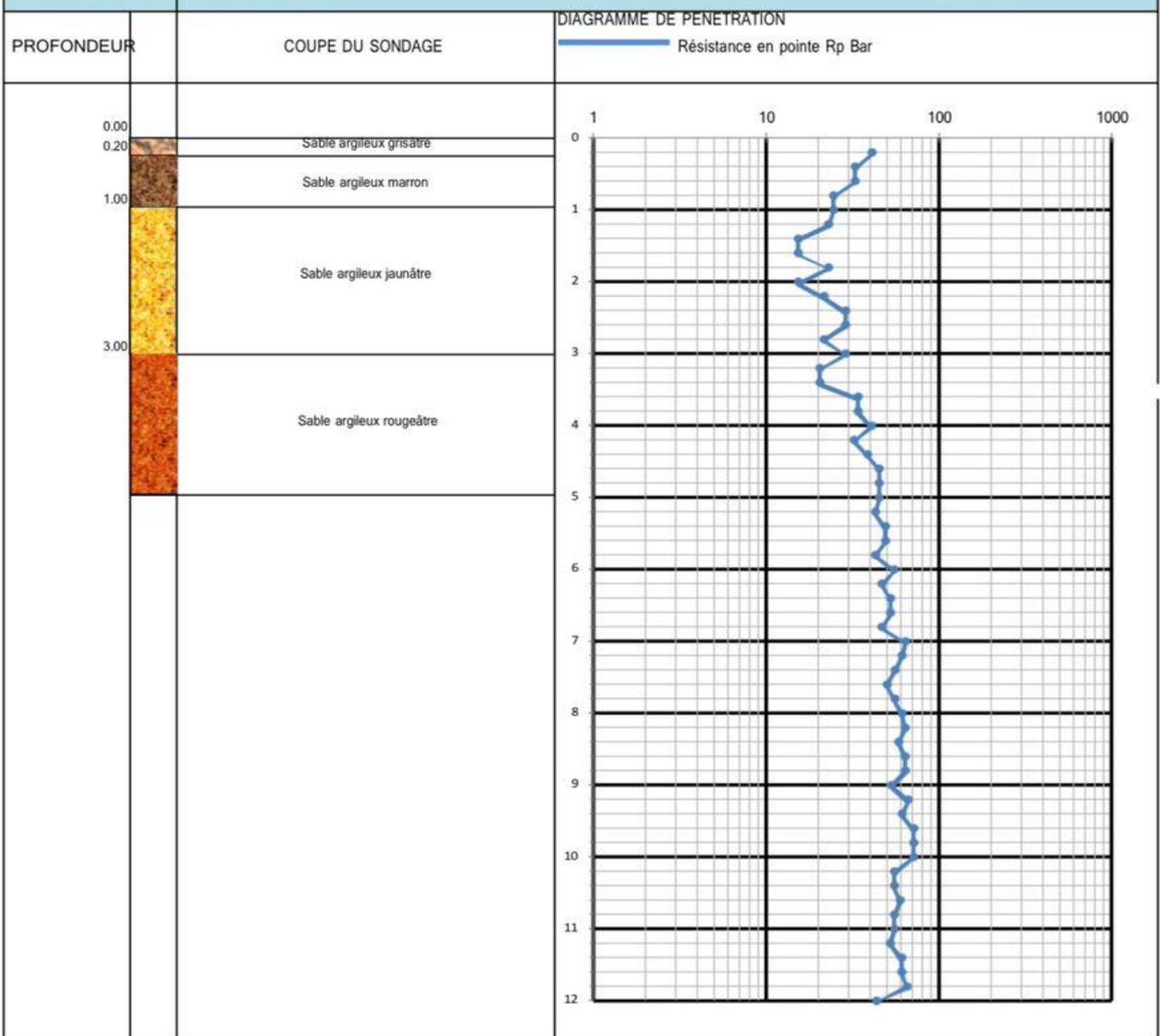
CLIENT: SIMDCI

ESSAI N° PD/ST10

DOSSIER : LSF 21-953

DATE : 02/032024

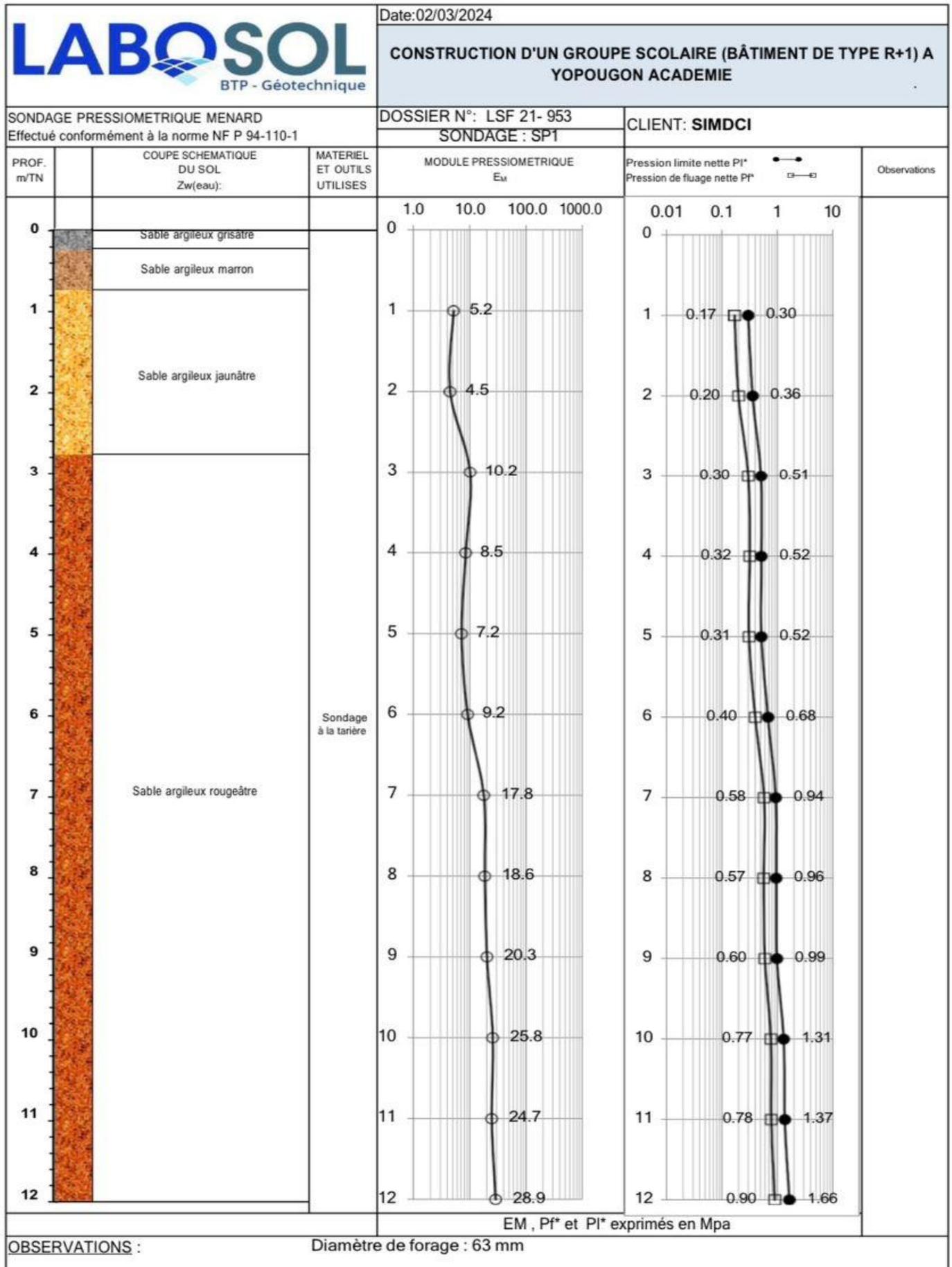
COORDONNEES LATITUDE : 5°22'25.58" LONGITUDE : 4°4'32.06" COTE: -

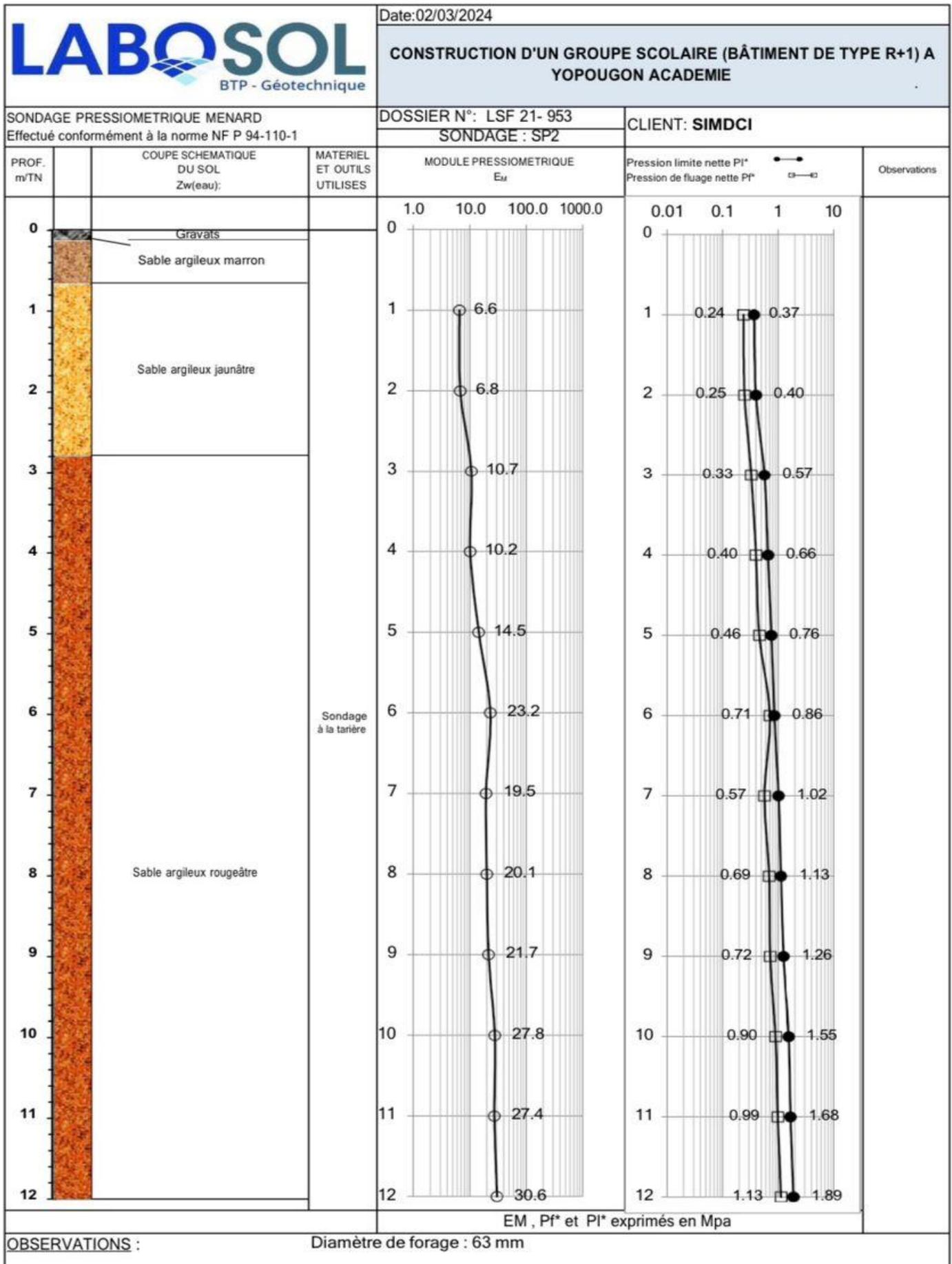


OBSERVATION

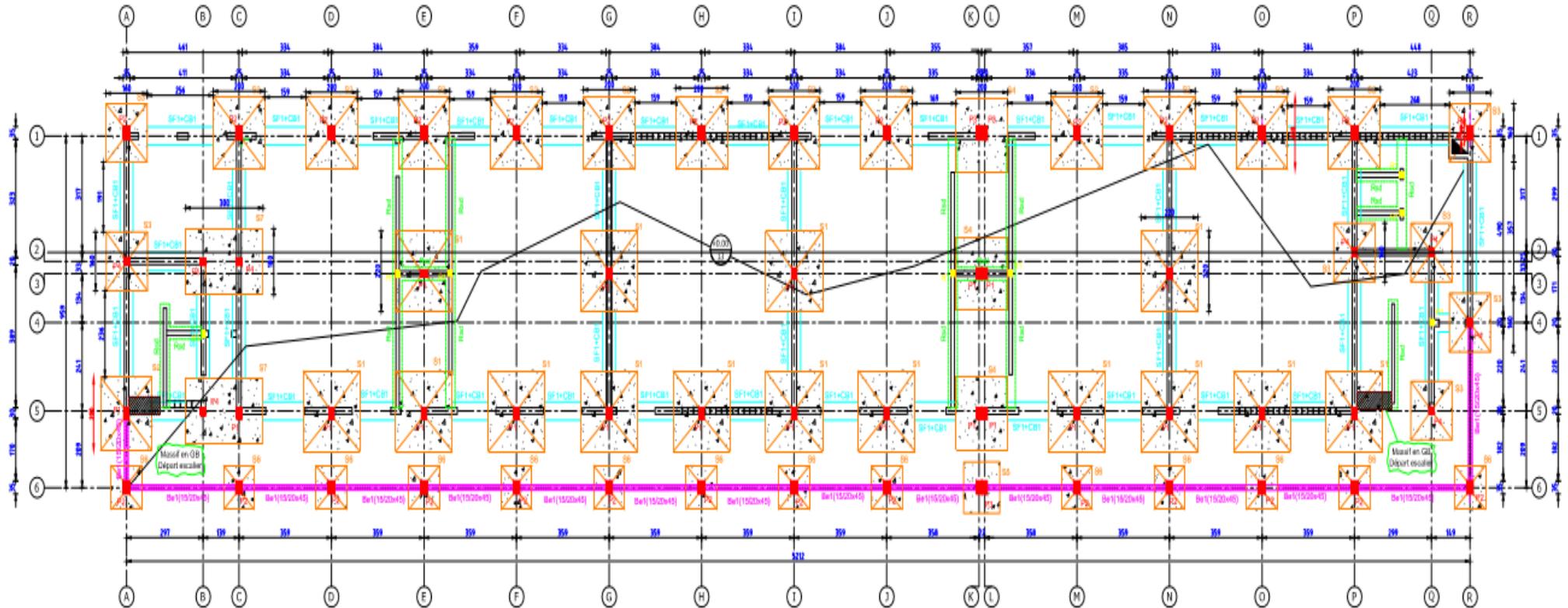
SONDEUR

ANNEXE 4 : COUPE LITHOLOGIQUE DETAILLES

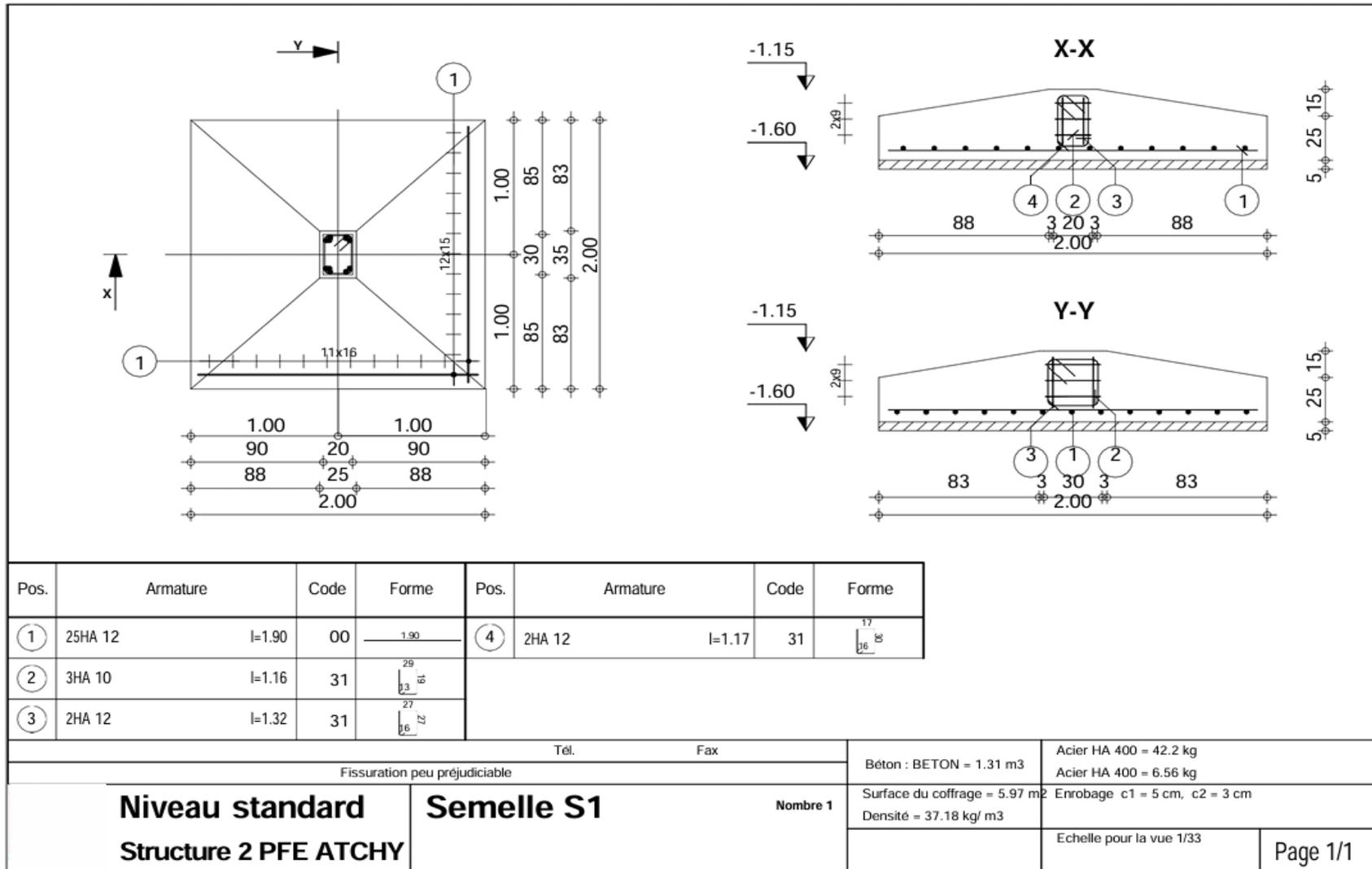




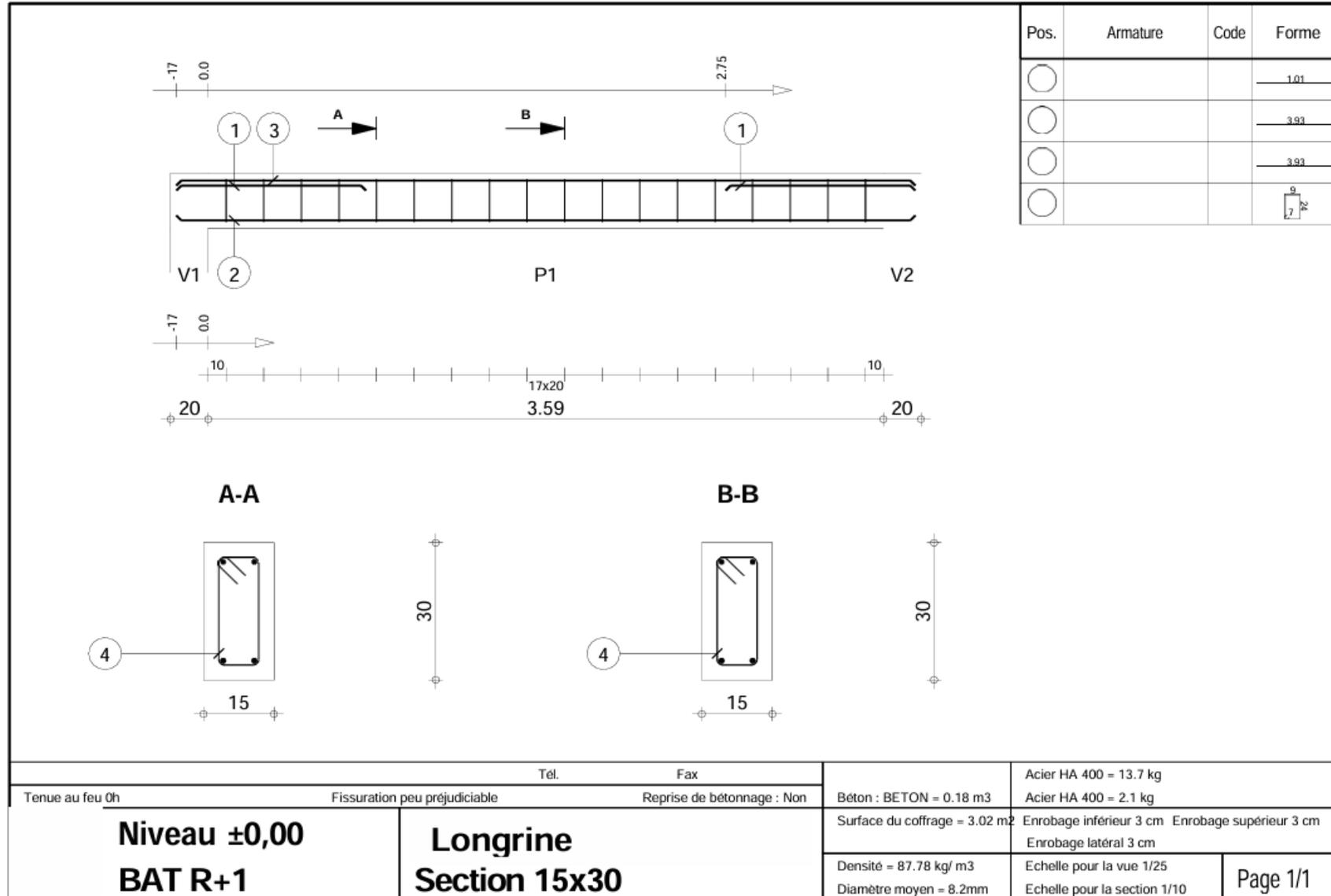
ANNEXE 5 : PLAN DE STRUCTURE



ANNEXE 6 : PLAN DE FERRAILLAGE DE LA SEMELLE ISOLEE S1



ANNEXE 7 : PLAN DE FERRAILLAGE DE LA LONGRINE



ANNEXE 8 : RESULTATS D'ESSAI DE COMPRESSION SUR LE BETON

	IVOIRE LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS ET BATIMENTS	<small>ESSAIS EN LABORATOIRE ET IN SITU EXPERTISE EN BATIMENT ETUDES GEOTECHNIQUES CONTROLE DE MATERIAUX DE CONSTRUCTION DIVERSES PRESTATIONS</small>
	<small>18 BP 1459 Abidjan 18 ; Email: ivoirelabotpb@gmail.com ; Tel: 47 35 32 93 / 06 05 96 97</small>	

PROCES VERBAL D'ECRASEMENT DE BETON

NORMES | NF EN 12 390 | NF P 18 422 | NF P 18 404

N° DU DOSSIER:	489/GRH/G/2023	DATE DE PRELEVEMENT:	21/10/2024
CLIENT:	SIMDCI	MISSION DE CONTRÔLE	BNEDT

PROJET:	PROJET DE CONSTRUCTION DU COLLEGE MODERNE D'ABOBO PK18
---------	--

PROPORTION	GRAVIER G1	5/15	
	GRAVIER G2	5/25	2 brouettes
	SABLE 0/2	0/2	1 brouette
	CIMENT	CPJ 42,5	50 Kg
	EAU		25 litres

Dosage:	350kg/m ³
Slump test:	14.8 cm
Date d'essai:	25/11/2024
PARTIE D'OUVRAGE:	POTEAUX DE CMA: RDC

Données de confection

Mode de confection	Type de moule Diamètre/Hauteur (cm)		Nombre d'éprouvette	Mode de prélèvement/ durée	Slump test cm	Mode de Conserveation	T°C
	16	32	6		14.8 cm	Eau	27

Résultats							
Date		Age Jours		CYL1	CYL2	CYL3	Moyenne
Confection	Ecrasement						
21/10/2024	27/10/2024	7 Jours	Référence	43	44	45	
			Poids (g)	15168	15212	15198	15193
			Densité (t/m ³)	2,36	2,37	2,36	2,36
			Charge (kN)	450	443	440	444,33
			Fc 7j (Mpa)	22,50	22,15	22,00	22,22 MPa
21/10/2024	17/11/2024	28 Jours	Référence	46	47	48	
			Poids (g)	15070	15040	15060	15057
			Densité (t/m ³)	2,34	2,34	2,34	2,34
			Charge (kN)	580	573	567	573,33
			Fc 7j (Mpa)	29,00	28,65	28,35	28,67 MPa

OBSERVATION :
Le béton présente une bonne résistance à la compression à 28 Jours.

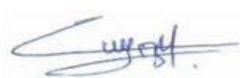
COORDINATEUR DES ESSAIS	RESPONSABLE LABORATOIRE
Nom & Visa:	Visa:
 BOSSON JEAN MICHEL	 ANGAMAN AGNINI

TABLE DES MATIERE

DÉDICACE.....	III
REMERCIEMENTS	IV
AVANT PROPOS.....	V
LISTE DES FIGURES.....	VI
LISTE DES TABLEAUX.....	VII
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATION.....	VIII
RESUME.....	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉRALITÉS.....	2
CHAPITRE 1 : PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL.....	3
I- HISTORIQUE ET STATUT JUDICIAIRE DU BNETD.....	3
II- MISSION ET OBJECTIF DU BNETD.....	4
1- Missions du BNETD	4
2- Objectifs du BNETD	4
III- DOMAINE D'INTERVENTION ET ORGANISATION.....	5
1- Domaine d'intervention.....	5
2- Organisation du BNETD	7
CHAPITRE 2 : PRESENTATION DU PROJET	10
I- DEFINITION DU THEME	10
II- CONTEXTE GENERAL DU PROJET.....	10
III- SITUATION GEOGRAPHIQUE	11
IV- INTERVENANTS	12
CONCLUSION PARTIELLE	15
DEUXIEME PARTIE : GÉNÉRALITÉS SUR LES FONDATION ET LEUR PROCÉDÉS D'EXÉCUTION	16
CHAPITRE 3 : DÉFINITION ET RÔLE DES FONDATIONS.....	17
I- DÉFINITION.....	17
II- RÔLE DES FONDATIONS DANS LA STABILITÉ DES OUVRAGES.....	17
1. Répartition uniforme des charges	18
2. Adaptation aux contraintes géologiques.....	18
3. Résistance aux forces dynamiques	18
4. Prévention des tassements différentiels.....	18

III- PRINCIPE DE CONCEPTION DES ELEMENTS EN FONDATION	18
1- Prevention des tassements différentiels	19
2- Calculs des charges appliquées.....	19
3- Choix du type de fondation	19
4- Sélection des matériaux adaptés	20
5- Respect des normes et règlementations	20
CONCLUSION PARTIELLE	20
CHAPITRE 4 : CLASSIFICATION ET TYPE DE FONDATION	21
I- FONDATIONS SUPERFICIELLES	21
1- Les semelles isolées.....	21
2- Les semelles filantes	22
3- Les radiers.....	22
II- FONDATIONS PROFONDES	23
1- Les pieux.....	23
a) Pieux battus	23
b) Pieux forés	25
c) Fondations sur pieux moulés.....	25
d) micro-pieux	26
2- Les caissons	28
III- LES FONDATIONS SPÉCIALES	29
1- Parois moulées.....	29
2- Fondations compensées	30
3- Inclusions rigides	30
CONCLUSION PARTIELLE	31
CHAPITRE 5 : L'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE LIÉES À L'EXÉCUTION DES FONDATIONS ET L'ÉTAT DES LIEUX DES PROCÉDÉS D'EXÉCUTION	32
I- INTRODUCTION	32
1- Missions.....	32
2- Objectifs de la mission	33
3- Référentiels.....	34
4- Description du projet	34
II- PROGRAMME SPECIFIQUE D'INVESTIGATIONS MIS EN ŒUVRE	34
1- Les essais au pénétromètre dynamique lourd	35
2- Les sondages à la tarière manuelle	35

3-	Les essais pressiométriques Ménard.....	36
4-	Les coordonnées GPS des points de sondages	36
III-	RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE	37
1-	Remarques liminaires	37
2-	Nature des sols rencontrés	37
3-	Caractéristiques pénétrométriques des sols rencontrés.....	37
4-	Caractéristiques pressiométriques des sols en place.....	38
IV-	SYNTHESE GEOTECHNIQUE / ADAPTATION DES OUVRAGES AU SITE ...	38
1-	Synthèse géotechnique	39
2-	Adaptation des ouvrages au site	39
V-	ANALYSE ET ETUDE DE FONDATIONS.....	39
1-	Analyse de fondations	39
a)	Fondations des appuis du bâtiment.....	39
b)	Forme, dimension et niveau d'assise.....	39
2-	Etude de fondations	40
a)	Contrainte admissible des sols sous les semelles	40
b)	Evaluation des tassements des sols sous les semelles	41
3-	Dispositions constructives	42
	CONCLUSION PARTIELLE	42
	TROISIEME PARTIE : ETUDE DE CAS PRATIQUE.....	44
	CHAPITRE 5 : ETUDE STRUCTURELLE.....	45
I-	ETUDES ET FORMULATION	45
1-	Etude et reconnaissance du sol	45
2.	Nature du sol et détermination de la portance par description géologique	45
3.	Détermination de la nature du sol.....	46
4.	Détermination de la portance.....	46
5.	Détermination de la nature des fondations	47
II.	ETUDE DE LA STRUCTURATION.....	47
1-	Choix de structure.....	47
2-	Détermination des éléments à calculer	47
III.	CALCUL DE LA STRUCTURE.....	47
1-	Hypothèse de calcul.....	47
2-	Tableau de règlement général de calculs	50

3- dimensionnement.....	50
3.1. poutrelle	50
3.2. Poutre.....	53
3.3. poteau.....	58
3.3.1. Poteau de rive	58
3.3.2. Poteau intermédiaire.....	59
3.4. Semelle isolée	60
3.5. Semelle excentrée	61
3.6. Longrine.....	62
3.7. Semelle isolée sous deux poteaux	63
3.8. Semelle filante	63
3.9. Escalier	64
CHAPITRE 7 : SUPERVISION ET CONTROLE DES TRAVAUX	69
I- ETAT DES LIEUX	69
1- Les études de reconnaissance du site.....	69
2- Débroussaillage et terrassement	70
3- Etude géotechnique.....	70
II- SUPERVISION ET CONTRÔLE DES TRAVAUX	71
1- Implantation des ouvrages	71
a) Définitions l'implantation et matériels utilisés.....	71
b) Mode d'exécution	72
c) Procédure de contrôle effectué à l'implantation.....	72
2- Fouilles	72
a) Définition et caractéristique des fouilles	72
b) Plan de contrôle des fouilles	73
3- Béton de propreté et bétonnage des semelles	73
a) Définition du béton de propreté et des semelles.....	73
b) Procédure de contrôle des travaux de semelles	76
4- Mur de soubassement	77
a) Définition et mode opératoire.....	77
b) Plan de contrôle du mur de sous-bassement.....	78
5- Chainage bas.....	78
a) Définition.....	78

b) Méthode de réalisation.....	78
c) Plan de contrôle du chaînage bas.....	79
6- Dallage.....	80
a) Définition.....	80
b) Mode opératoire.....	80
c) Contrôle effectué dans le processus de mise en place du dallage.....	80
CHAPITRE 8 : ANALYSE CRITIQUE DES TRAVAUX EFFECTUÉS.....	84
I- ANALYSE DE LA MISSION DE CONTOLE DES TRAVAUX.....	84
1- Impact de notre contrôle régulier des travaux.....	84
2- Impact d'implication personnel sur le projet.....	85
3- Avantage de l'étude de ce thème.....	86
a) Au plan académique et de la formation.....	86
b) Au plan professionnel.....	86
c) Au plan organisationnel et de la gestion du temps.....	86
II- DIFFICUTÉS RENCONTRÉES ET PROPOSITION DE SOLUTIONS.....	87
III- PERPECTIVES.....	87
BIBLIOGRAPHIE.....	90
WEBOGRAPHIE.....	91
ANNEXES.....	92
ANNEXE 1 : PLAN DE MASSE.....	93
ANNEXE 2 : SCHEMA D'IMPLANTATION DES SONDAGES.....	95
ANNEXE 3 : COURBES CORRESPONDANTES AUX SONDAGES.....	97
ANNEXE 4 : COUPE LITHOLOGIQUE DETAILLES.....	108
ANNEXE 5 : PLAN DE STRUCTURE.....	111
ANNEXE 6 : PLAN DE FERRAILLAGE DE LA SEMELLE ISOLEE S1.....	113
ANNEXE 7 : PLAN DE FERRAILLAGE DE LA LONGRINE.....	115
ANNEXE 8 : RESULTATS D'ESSAI DE COMPRESSION SUR LE BETON.....	117
TABLE DES MATIERE.....	119