



**ÉTUDES TECHNICO-ECONOMIQUES DE
L'AMENAGEMENT DE DEUX VARIANTES DE VOIRIE
URBAINE SUR SITE PROPRE DE LA LIGNE DU BUS RAPID
TRANSIT RELIANT LES COMMUNES DE
YOPOUGON ET BINGERVILLE.**

MEMOIRE POUR L'OBTENTION
DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE MASTER
SPECIALITE : GENIE CIVIL/BATIMENT ET TRAVAUX PUBLICS

Présenté et soutenu publiquement le 22 Juillet 2021 par
GRATIE Yao Elisée Marc (2017 0672)

**Encadrant 2iE : Césaire HEMA, enseignant-chercheur à 2iE, Département Génie Civil
Bâtiments et Travaux Publics**

**Maître de stage : Pascal BIEUPOUDE, Docteur en hydraulique et infrastructure,
Président et Directeur de projet de BPL PROJECT EXPERTS**

Structure d'accueil du stage : BIEUPOUDE PASCAL LYNDA Project Expert

Jury d'évaluation du stage :

Président : Prof. Mahamadou KOITA

Membres et correcteurs : M. Moussa LO

M. Gnenakantanhan COULIBALY

Promotion [2020/2021]

DEDICACE

Je tiens à dédier ce modeste travail à :

A mes grand parent **Mr GRATIE BEUGRE FABIEN** et **GRATIE ABY MARCELLINE** pour le soutien et les sacrifices énormes consentis à ma formation ;

A mes chers parents **GRATIE NICAISE MARC** et **KOIME KASSOU N'GUESSAN.G**

A mes frères et sœurs pour leur soutien sans faille dans tout ce que j'entreprends ;

A ma tante **GRATIE WAHON DIANE CECILE** pour son aide et ses conseils durant tout mon parcours ;

A la famille **N'GUESSAN BI** d'Abidjan pour les conseils et leur implication permanente dans mes études

A la famille **GRATIE RUFIN** de Biankouma pour les conseils et leur implication permanente dans mes études ;

Aux nobles enseignants rencontrés tout au long de ma scolarité ;

A tous mes amis qui me soutiennent toujours dans cette quête perpétuelle de connaissance ;

A tous mes compatriotes ivoiriens, mes promotionnaires et mes amis de l'institut avec qui j'ai passé des moments inoubliables durant ces trois années.

CITATION

*« On crée son propre univers à mesure
qu'on avance »*

WINSTON CHURCHILL

REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont à l'endroit de :

- L'équipe pédagogique et administrative **de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE)** pour nous avoir transmis de solides bases dans les domaines du Génie civil dans la spécialité des bâtiments et travaux publics ainsi que du management ;
- **Dr Césaire HEMA**, enseignant-chercheur à 2iE ;
- **BPL PROJECT EXPERTS** pour l'accueil ainsi que l'encadrement dont nous avons bénéficié tout au long de notre stage. Remerciements distingués à l'endroit du Président de BPL, **Dr Pascal BIEUPOUDE**, à l'ingénieur analyste de projet Madame **Lynda BIEUPOUDE**, ainsi qu'à tout le personnel de BPL ;
- Le maître de stage : **Dr Pascal BIEUPOUDE** pour son support et sa disponibilité ;

Nous avons une dette de reconnaissance intellectuelle envers les auteurs des principaux ouvrages cités dans notre bibliographie.

Que toutes les personnes non citées, qui nous ont soutenus et qui continuent de nous soutenir aux travers de leurs prières et leurs actions, trouvent ici l'expression de notre sincère gratitude.

RESUME

Ce mémoire traite de l'études technico-économiques de l'aménagement de deux variantes de voirie urbaine sur site propre de la ligne du bus rapid transit reliant les communes de Yopougon et Bingerville d'une longueur de 20,5 km.

Afin d'atteindre cet objectif plusieurs aspects techniques ont été abordés dans ce mémoire.

Les études géotechniques nous ont permis d'obtenir des sols constitués essentiellement de sable argileux de classe B2, B6, A4 et qui ont une classe de portance de plateforme PF2(50mpa) selon la méthode du guide des terrassements routier (GTR).

Nous avons utilisé les guides techniques du LCPC-SETRA comme manuel de référence pour ce qui concerne la conception et le dimensionnement des structures de notre chaussée.

Partant de la classe de plate-forme PF2 (50mpa) le long du tronçon et une classe de trafic TC7 dans les zones d'arrêts, une classe de trafic TC6 dans la zone courante pour la chaussée bitumineuse épaisse et une classe de trafic TC4 pour la chaussée en béton armé continue selon le LCPC-SETRA, 1994.

Nous avons obtenu :

Au niveau de la chaussée bitumineuse épaisse, notre structure est constituée de 8 cm de béton bitumineux pour la couche de revêtement, de 12 cm de grave bitume de classe 3 pour la couche de base et de 12 cm de grave bitume pour la couche de fondation dans la zone courante.

Au niveau de la chaussée en béton armé continue, notre structure est constituée de 19 cm béton armé continu pour la couche de revêtement et pour la couche de base ainsi que de 17 cm béton maigre de classe 2 pour la couche de fondation en zone courante et en zone d'arrêt.

La vérification a été faite selon la méthode rationnelle du SETRA-LCPC pour s'assurer que les contraintes et déformations restent inférieures aux valeurs admissibles.

Les études hydrologiques et hydrauliques ont permis d'obtenir les débits de dimensionnement des ouvrages de drainage de la chaussée. Ce qui nous a permis d'avoir des caniveaux rectangulaires 50cm x 70cm et des caniveaux carrés de section 40cm x 40 cm, sur un linéaire de 14500 m. Le calcul structural des caniveaux a été fait selon les prescriptions du le BAEL 91 et additif 99 et du Fascicule n° 61 (Titre II).

Une notice d'impact environnemental et social a été faite sur les différents effets qu'aura notre projet sur l'environnement afin de proposer des mesures d'atténuation.

Le coût estimé de chaque variante est le résultat des coûts unitaire multiplié par la quantité de travaux exécuté par poste correspondante. Alors le coût de l'aménagement de la chaussée bitumineuse épaisse est estimé à 17 120 140 920 FCFA avec un coût kilométrique de

Études technico-économiques de l'aménagement de deux variantes de voirie urbaine sur site propre de la ligne du BRT reliant les communes de Yopougon et Bingerville.

1 742 639 176 FCFA et le coût d'aménagement de la chaussée en béton armé continue est estimé à 18 511 801 293 FCFA avec un coût kilométrique de 1 899 262 756 FCFA.

Mots Clés :

- 1 –Bus rapid transit
- 2 –Chaussée en béton armé continue
- 3 – Mobilité urbaine
- 4 –Transport en site propre
- 5 – Voirie urbaine

ABSTRACT

This thesis deals with the technical and economic studies of the development of two variants of urban roads on site of the rapid transit bus line connecting the municipalities of Yopougon and Bingerville with a length of 20.5 km.

In order to achieve this objective, several technical aspects have been discussed in this thesis. The geotechnical studies allowed us to obtain soils essentially constituted of clay sand of class B2, B6, A4 and which have a class of bearing capacity of platform PF2 (50mpa) according to the road earthworks guide method (GTR).

We have used the LCPC-SETRA technical guides as a reference manual for the design and dimensioning of our pavement structures.

We used the LCPC-SETRA technical guides as a reference manual for the design and dimensioning of our pavement structures.

Starting from the platform class PF2 (50mpa) along the section and a TC7 traffic class in the stopping areas, a TC6 traffic class in the current area for the thick bituminous pavement and a TC4 traffic class for the continuous reinforced concrete pavement according to LCPC-SETRA, 1994.

We obtained:

At the level of the thick bituminous pavement, our structure is made of 8 cm of bituminous concrete for the coating layer, 12 cm of gravel bitumen of class 3 for the base layer and 12 cm of gravel bitumen for the base layer in the current zone.

At the level of the continuous reinforced concrete pavement, our structure consists of 19 cm continuous reinforced concrete for the coating layer and for the base layer as well as 17 cm lean class 2 concrete for the base layer in current zone and in the stopping zone.

The verification was carried out according to the rational method of SETRA-LCPC to ensure that the stresses and strains remain below the admissible values.

The hydrological and hydraulic studies made it possible to obtain the design flow rates of the pavement drainage structures. This allowed us to have rectangular channels of 50cm x 70cm and square channels with a section of 40cm x 40cm, over a linear length of 14,500 m. The structural calculation of the gutters was carried out according to the prescriptions of BAEL 91 and addendum 99 and of Fascicule n ° 61 (Title II).

An environmental and social impact notice has been drawn up on the various effects that our project will have on the environment in order to propose mitigation measures.

The estimated cost of each variant is the result of the unit costs multiplied by the quantity of

work executed per corresponding item. So the cost of the development of the thick bituminous pavement is estimated at 17,120,140,920 FCFA with a cost per kilometer of 1,742,639,176 FCFA and the cost of the development of the continuous reinforced concrete pavement is estimated at 18,511,801,293 FCFA with a cost per kilometer of 1,899,262,756 FCFA.

Key words:

- 1 - Rapid transit bus
- 2 - Continuous reinforced concrete pavement
- 3 - Urban mobility
- 4 -Transport on site
- 5 - Urban roadway

SOMMAIRE

DEDICACE	i
CITATION.....	ii
REMERCIEMENTS	iii
RESUME	iv
ABSTRACT.....	vi
SOMMAIRE	viii
LISTE DES ABREVIATIONS.....	xi
LISTE DES TABLEAUX	xii
LISTE DES FIGURES	xiii
INTRODUCTION.....	1
I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE...3	
I.1. Présentation de la structure d'accueil.....3	
I.1.1. Historique.....3	
I.1.2. Mission.....3	
I.1.3. Organisation de la structure d'accueil.....3	
I.1.4. Situation géographique	3
I.1.5. Secteur d'activité	4
I.2 Présentation de la zone d'étude.....5	
I.2.1. Situation de la zone d'étude	5
I.2.2. Climat et pluviométrie	6
II. PRESENTATION DU PROJET	7
II.1. Localisation et description du projet.....7	
II.2. Contexte générale du projet.....8	
II.3. Contexte du projet de construction de la ligne du BRT	10
II.4. Problématique	11

II.5. Objectif du projet	11
II.6. Objectif de l'étude.....	11
II.8. Données de base.....	12
III. ETAT DE L'ART SUR LES SOLUTION DE MOBILITE URBAINE	13
III.1. Le métro	14
III.2. Tramway.....	15
III.3. Bus Rapid Transit ou Bus à Haut Niveau de Service	16
III.4. Les atouts et exigences du BRT.....	16
III.5. Configuration du site propre.....	17
III.5.1. Site propre axial	17
III.5.2. Site propre latéral	18
III.5.3. Site propre bilatérale	18
IV. MATERIELS ET METHODOLOGIE DE CONCEPTION.....	19
IV.1. Matériels.....	19
IV.2. Méthodologie de conception	19
IV.2.1 Etude géotechnique	19
IV.2.2. Dimensionnement de la structure de la chaussée.....	21
IV.2.3. Etude hydrologique	21
IV.2.4. Dimensionnement hydraulique des caniveaux	23
IV.2.5. Dimensionnement structural des caniveaux	24
IV.2.6. Notice d'impact environnemental et social	24
IV.2.7. Devis estimatif et quantitatif.....	24
V. RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	25
V.1. Etude géotechnique	25
V.1.2. Carte géologique	25
V.1.3. Classification du sol de la plateforme	25
V.2. Dimensionnement structural des 2 variantes de chaussée.....	28

V.2.1. Classe du trafic.....	28
V.2.2. Choix des variantes de chaussée	29
V.2.3. Analyse des variantes de la chaussée	29
V.2.4. Structure bitumineuse épaisse.....	31
V.2.5. Structure en béton arme continue.....	32
V.2.6. Vérification des contraintes et des déformations	33
V.3. Etude hydrologique.....	37
V.3.1. Détermination des débits des caniveaux.....	37
v.3.2. Dimensionnement hydraulique des caniveaux	38
V.3.3. Dimensionnement structural des caniveaux	39
VI. NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE.....	41
VI.1. Rappel du cadre législatif, réglementaire et institutionnel ivoirien.....	41
VI.1.1. Cadre législatif et réglementaire	41
V.1.2. Cadre institutionnel ivoirien	42
VI.2. Identification et évaluation des impacts du projet.....	42
VI. 2.1. Phase de préparation et d'exécution des travaux	42
VI. 2.2. Phase d'exploitation.....	43
VI.3. Les mesures d'atténuation.....	46
VII. ETUDE FINANCIERE.....	49
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	52
BIBLIOGRAPHIE	54
LISTE DES ANNEXES	i

LISTE DES ABBREVIATIONS

AR	: Arase
BAC	: Béton Armé Continu
BAEL	: Béton Armé aux Etats Limites
BCEOM	: Bureau Central d'Etude pour les Equipements d'Outre-Mer
BHNS	: Bus à Haut Niveau de Service
BNETD	: Bureau National d'Etudes Techniques et de Développement
BRT	: Bus Rapid Transit
CERTU	: Centre d'Etude sur les Réseaux, les Transport, l'Urbanisme et la Construction
ELU	: Etat Limite Ultime
ELS	: Etat Limite de Service
GB	: Grave Bitume
LCPC	: Laboratoire Centrale des Ponts et Chaussées
ORSTOM	: Office de la Recherche Scientifique Outre-Mer
PACOGA	: Projet d'Appui à la Compétitivité du Grand Abidjan
PF	: Plateforme
PL	: Poids Lourds
PMUA	: Projet de Mobilité Urbaine d'Abidjan
PTUA	: Projet de Transport Urbain d'Abidjan
SETRA	: Service d'Etudes Techniques des Routes et d'Autoroutes
SODEXAM	: Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique
SOTRA	: Société de Transport Abidjanaise
TCSP	: Transport Commun en Site Propre
TTC	:Toute Taxe Comprise
TVA	: Taxe sur la Valeur Ajoutée
UEMOA	: Union Economique et Monétaire Ouest Africain
2IE	: Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Tableau climatique d'Abidjan en 2020	6
Tableau 2: Paramètres de montana a et b pour la zone d'étude.....	12
Tableau 3: Investigations géotechniques du BRT	20
Tableau 4: Valeur du coefficient de ruissellement.....	23
Tableau 5: Résumé des résultats d'identification de la plate-forme	26
Tableau 6: Détermination des portances à court terme et à long terme les plus probables	26
Tableau 7: Classe de l'arase de terrassement.....	27
Tableau 8: Conditions de sur classement de portance des plates-formes	27
Tableau 9: Classe de portance de la plate-forme support de la chaussée	27
Tableau 10: Classes de trafic cumulé exprimées en millions d'essieux équivalents	28
Tableau 11: Récapitulatif du trafic en section courante et zone d'arrêt.....	28
Tableau 12: Variante des structures de chaussée bitumineuse épaisse	31
Tableau 13: Variante des structures de chaussée bitumineuse épaisse	32
Tableau 14: Récapitulatif des vérifications dans la structure	33
Tableau 15: Vérifications dans la structure après réajustement des épaisseurs	34
Tableau 16: Récapitulatif des vérifications dans la structure	34
Tableau 17: Vérifications dans la structure après optimisation des différentes épaisseurs	35
Tableau 18: Contraintes dans la couche de base et la couche de fondation	35
Tableau 19: Contraintes dans le béton de la structure en BAC	36
Tableau 20: Débits projet pour les caniveaux.....	37
Tableau 21: Dimensions hydraulique des caniveaux	38
Tableau 22: Sections retenues.....	39
Tableau 23: Epaisseur des caniveaux	39
Tableau 24: Récapitulatifs des sections d'acier du caniveau 50cm x 70cm	40
Tableau 25: Nombre de kilomètres des véhicules par mode de transport (en milliers par année)	43
Tableau 26: Consommation de carburant unitaire estimée par mode de transport	44
Tableau 27: Estimation de l'émission unitaire de CO ₂ par mode de transport	44
Tableau 28: Estimation de la consommation de carburant en milliers de litre et de l'émission de tonnes de CO ₂ par mode de transport.....	45
Tableau 29: Estimation du coût du projet variante 1 et 2.....	49
Tableau 30: Récapitulatif du coût financier des deux variantes de chaussée	50

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Carte de la zone d'étude	5
Figure 2: Carte de la ville d'Abidjan	9
Figure 3: Aménagement d'un site propre avec station centrale	13
Figure 4: Le métro de Montréal	14
Figure 5: Tramway de Caen.....	15
Figure 6: Transmilenio, de Bogotá et de la région métropolitaine de Colombie.....	16
Figure 7: Schéma du site propre axial	18
Figure 8: Schéma site propre latéral.....	18
Figure 9: Schéma du site propre bilatéral	18
Figure 10: Carte géologique de la ville d'Abidjan.....	25
Figure 11: Abaque BAC/BC2	32
Figure 12: Tableau récapitulatif du coefficient de canalisation	xxi

INTRODUCTION

La croissance rapide des villes est un phénomène mondial mesuré globalement par la comparaison de recensements successifs, mais généralement mal connu. En raison de sa faible densité, l'Afrique noire connaît, comme les autres régions du monde, une forte émigration des campagnes vers les villes. Les statistiques urbaines mondiales montrent que d'une part l'Afrique est le continent le moins peuplé mais ayant le rythme de croissance le plus élevé depuis les années 1950, et d'autre part l'expansion des grandes villes est due à l'exode rural qui alimente les périphéries (Sakho et Kemajou, 2018).

Cette urbanisation présente toutefois des spécificités en Afrique comme le fait d'une part de ne pas être corrélé à un développement économique et à l'amélioration des conditions de mobilité. D'autre part, on note une hypertrophie des métropoles, qui est causée par une concentration de tous les facteurs attractifs dans les villes capitales.

Abidjan est de loin la plus grande ville de Côte d'Ivoire. Selon le recensement de 2014, Abidjan possède 4 707 000 personnes, soit 42% de la population totale urbaine en Côte d'Ivoire. Elle est suivie par Bouaké avec 540 000 personnes, Daloa avec 260 000 personnes, Korhogo avec 240 000 personnes, Yamoussoukro avec 200 000 personnes, et San Pedro avec 170 000 personnes (Agence Japonaise de Coopération Internationale, 2015).

La ville d'Abidjan joue un rôle vital dans la croissance économique de la Côte d'Ivoire or ce développement dépend essentiellement des infrastructures physiques, sociales et institutionnelles.

Du point de vue du développement de la ville d'Abidjan, le secteur du transport joue un rôle significatif et même stratégique pour son épanouissement socio-économique, du fait qu'il stimule la croissance économique en facilitant l'accès de la ville aux marchés intérieures comme aux marchés internationaux et qu'il permet d'augmenter leur potentiel de production et de service en améliorant la mobilité des personnes et celle des marchandises.

Le gouvernement conscient de ces difficultés à travers le PMUA a mis en place plusieurs projet de transport commun en site propre notamment le BRT afin d'accroître la mobilité urbaine dans la ville d'Abidjan.

La réalisation de ligne du BRT Yopougon-Bingerville serait-elle une solution adéquate pour l'ensemble des déplacements de personnes relatifs à des activités quotidiennes liées au travail, aux achats et aux loisirs, inscrits dans un espace urbain ?

Le but de ce mémoire, est de proposer des études technico-économiques de l'aménagement de deux variantes de voirie de ce fait notre mémoire sera structuré en sept parties :

- Une première partie présentant la structure d'accueil et la zone d'étude ;
- Une deuxième partie portant sur la présentation générale du projet ;
- Une troisième partie portant sur l'état de l'art sur les solutions de la mobilité urbaine
- Une quatrième qui aborde les différentes méthodes et formules utilisées pour la détermination des résultats
- Une cinquième destinée aux différents résultats obtenus ;
- Une sixième portant sur une notice d'impact environnemental et social ;
- Une septième présentant l'estimation financière de l'étude.

I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE

I.1. Présentation de la structure d'accueil

I.1.1. Historique

BPL Project Experts S.A.S, est une société privée et indépendante de Conseils et d'Ingénierie, établie en Côte d'Ivoire. Créée officiellement en 2016 après le murissement de l'idée à partir 2008. Depuis sa création, BPL Projct Experts S.A.S se présente, grâce à l'engagement de son personnel, comme une entreprise moderne et innovatrice, se démarquant de l'ingénierie classique par l'adoption des nouvelles technologies dans la réalisation de ses prestations. L'entreprise a ainsi obtenu la confiance de clients importants et de quelques bailleurs de fonds (Banque Africaine de Développement, Banque Mondiale, ...) finançant des projets de développement en Afrique de l'Ouest et en Afrique Centrale. Elle a aussi reçu la confiance de partenaires stratégiques importants aussi bien de l'Amérique du Sud, de l'Amérique du Nord ainsi que de l'Europe mais aussi de l'Afrique du Nord et de l'Afrique Subsaharienne. BPL est engagée dans une triple certification QSE (Qualité Sécurité Environnement).

I.1.2. Mission

Les deux premières décennies de ce millénaire ont connu des innovations technologiques sans précédent dans l'histoire de l'humanité. Notre société BPL Project Experts, firme indépendante d'ingénieurs - de droit ivoirien, vient pour apporter à ses clients du développement en alliant les dernières innovations technologiques à l'ingénierie.

I.1.3. Organisation de la structure d'accueil

En terme, d'organisation, BPL est constitué de l'Administration, de la Direction et des service services. Une mission bien déterminée est assignée à chacune de ces entités qui possèdent les compétences requises pour réaliser les objectifs de BPL. L'organisation de BPL est présentée avec plus de détails en ANNEXE 1

I.1.4. Situation géographique

BPL PROJECT EXPERT S.A.S a son siège situé en Côte d'ivoire dans la ville d'Abidjan, précisément dans la commune de Cocody, à Angré 7^e Tranche, dans les environs du 22^e arrondissement de police, face à l'agence DAARA de UNHCR

I.1.5. Secteur d'activité

BPL intervient dans plusieurs secteurs d'activité à savoir :

- Transport et mobilité urbaine ;
- Eau potable et Assainissement ;
- Bâtiment, Architecture et Urbanisme ;
- Energie, Electricité et TIC ;
- Développement Rural, Agriculture ;
- Développement et gouvernance.

I.2 Présentation de la zone d'étude

I.2.1. Situation de la zone d'étude

Cette étude s'effectue dans le sud de la Côte d'ivoire plus précisément dans la Zone du Grand Abidjan.

La ville d'Abidjan est bordée par l'océan Atlantique et est traversée par la lagune Ébrié et elle fait partir de la région des lagunes.

La Zone du Grand Abidjan comprend des unités administratives comme le District Autonome d'Abidjan qui englobe 13 communes (Abobo, Adjamé, Anyama, Attécoubé, Bingerville, Cocody, Koumassi, Marcory, Plateau, Port Bouët, Treichville, Songon et Yopougon) et des communes satellites comme Grand Bassam, Bonoua, Alépé, Azaguié, Dabou et Jacquville soit un total de 20 communes.

La Figure 1 donne un aperçu géographique de la zone d'étude.

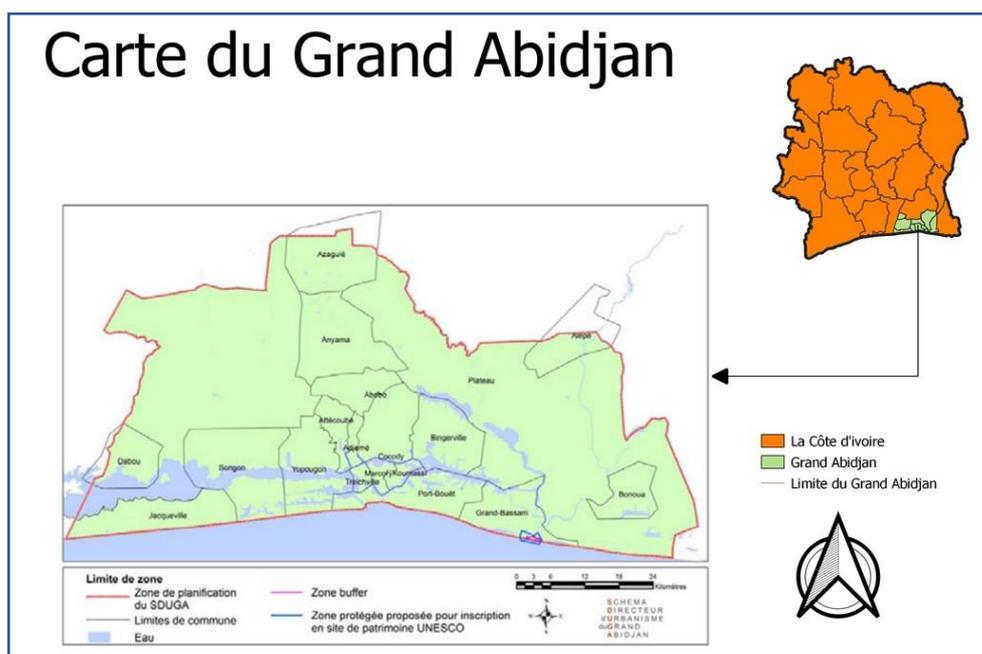


Figure 1: Carte de la zone d'étude

(Source : BRT Abidjan PACOGA projet d'intégration port-ville du grand Abidjan Mars 2020)

I.2.2. Climat et pluviométrie

Abidjan a un climat de type tropical. En moyenne la température à Abidjan est de 25.9 °C. Mars est le mois le plus chaud de l'année avec une température moyenne est de 27.2 °C à cette période. Le mois le plus froid de l'année est celui d'Aout avec une température moyenne de 24.1 °C (<https://fr.climate-data.org/afrique/cote-d-ivoire/abidjan/abidjan-5755/>, consulté le 10/08/2021).

Il tombe en moyenne 1441 mm de pluie par an.

Observons dans le tableau...les données climatiques de la ville d'Abidjan

Tableau 1:Tableau climatique d'Abidjan en 2020

(Source : Climat-data.org)

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température moyenne (°C)	26.7	27	27.2	27.1	26.4	25.3	24.6	24.1	24.5	25.4	26.1	26.6
Température minimale moyenne (°C)	24.9	25.4	25.6	25.5	24.9	24	23.5	23	23.3	23.9	24.5	25
Température maximale (°C)	29.1	29.2	29.4	29.2	28.3	26.9	26.1	25.7	26.3	27.3	28.3	28.7
Précipitations (mm)	57	62	87	119	217	266	147	74	100	123	111	78
Humidité(%)	81%	83%	83%	84%	85%	86%	85%	87%	88%	86%	85%	83%
Jours de pluie (jrée)	12	13	16	18	21	20	16	13	16	20	19	16
Heures de soleil (h)	8.2	8.1	8.1	7.9	7.0	6.0	5.6	4.6	5.5	6.7	7.2	7.6

II. PRESENTATION DU PROJET

II.1. Localisation et description du projet

La voie à construire est une voie de bus rapid transit en site propre de 2x1 voie de 9,7 m de large en zone courante et 21m de largeur en zone d'arrêt d'une longueur de 20,5km avec des bordures de type T2.

Cette voie en site propre est composée de 20 stations et proposera 4 service différent sur le même axe voir [ANNEXE 2](#).

Le « BRT Yopougon – Bingerville » d'Abidjan s'inscrit dans le cadre d'un projet global intitulé projet de mobilité urbaine d'Abidjan (PMUA), qui a pour objectif d'améliorer la mobilité urbaine à Abidjan.

Concernant la zone d'intervention du projet de mobilité urbaine d'Abidjan, elle comprend les communes suivantes :

- Yopougon
- Attécoubé
- Adjamé
- Cocody
- Bingerville

Le couloir du BRT s'étend de Yopougon à Bingerville. Une importante partie du trajet se situe sur le boulevard François Mitterrand. Le couloir peut se subdiviser en 4 sections, à savoir la section Yopougon Yao ci – 4ème pont, la section de la traversée d'Adjamé, la section carrefour indénié au lycée technique (Cocody), et celle qui va du lycée technique au carrefour fêh kessé à Bingerville.

La Figure nous montre la vue d'ensemble du projet

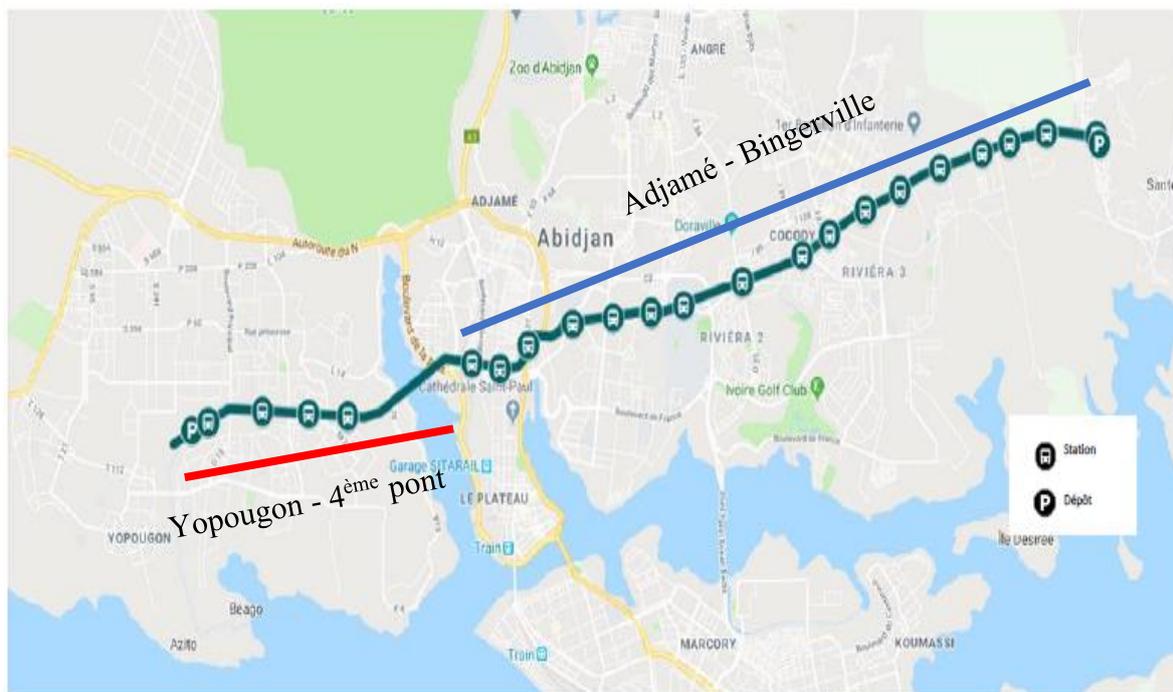


Figure 2 : Vue d'ensemble du projet

(Source : Rapport définitif de l'étude du choix de l'offre de service (design conceptuel) Mars 2020)

II.2. Contexte générale du projet

La Côte d'Ivoire affiche un dynamisme économique particulièrement fort ces dernières années, avec un taux de croissance moyen annuel du PIB de 9% sur la période 2012-2016, ce qui en fait la première puissance économique de l'UEMOA. Cette dynamique n'est pas dissociable d'une urbanisation rapide : plus de la moitié de la population ivoirienne vit à Abidjan et cette proportion devrait atteindre les deux tiers en 2050, notamment avec l'expansion d'Abidjan qui abritera plus de 10 millions d'habitants.

L'aire métropolitaine d'Abidjan couvre l'intégralité du District Autonome, ses communes et sous-préfectures (Abobo, Adjamé, Anyama, Attécoubé, Bingerville, Cocody, Koumassi, Marcory, Plateau, Port Bouët, Treichville, Songon et Yopougon), et s'étend au-delà, vers des communes satellites comme Grand Bassam, Bonoua, Alépé, Azaguié, Dabou et Jacquerville. La métropole abidjanaise est présentée sur [la Figure 2](#)



Figure 2: Carte de la ville d'Abidjan

(Source : Rapport définitif de l'étude du choix de l'offre de service (design conceptuel), Mars 2020)

Abidjan concentre la majorité des activités du pays : 80% des emplois et 90% des entreprises formelles, ainsi que plus de 20% de sa population. Dans les faits, la ville accueille également l'ensemble des institutions et administrations gouvernementales.

Difficile d'imaginer une ville productive et efficace quand les déplacements sont lents et onéreux. Aujourd'hui, à Abidjan, les ménages les plus pauvres, quand ils ne renoncent pas à se déplacer, dépensent en moyenne 20 à 30 % de leur revenu dans les transports et passent 200 minutes par jour à les utiliser ou à les attendre. À ces coûts s'ajoutent les pertes de compétitivité pour les entreprises ainsi que l'insécurité et la pollution. Au bout du compte, il est estimé que les difficultés de déplacement au sein de l'agglomération d'Abidjan font perdre à la Côte d'Ivoire jusqu'à 4-5 % de son revenu national.

Pour faire face à cette urbanisation galopante et aux problèmes de déplacements induits, le gouvernement a entrepris, avec l'appui de la JICA, la réalisation d'un schéma directeur intégrant urbanisme et transport, approuvé en 2016.

Sur la base d'un diagnostic étayé, le SDUGA définit la stratégie d'un développement durable de la métropole, tant en matière d'urbanisme que de transport, afin de « mettre en place une zone de croissance fournissant des espaces de qualité de vie et des zones d'emplois générés par l'industrie propre, avec des paysages agricoles et naturels conservés et valorisés qui procurent également un cadre idéal pour les touristes » (LOGIT/SPEA/BPL, 2020).

Le SDUGA, à travers sa composante transports urbains, a identifié deux axes structurants de

transport de masse (pour une mise en service en 2025) sur les axes Nord-Sud et Est-Ouest de l'agglomération abidjanaise, desservant d'importants bassins de population dans des zones denses et les reliant aux centres d'emploi principaux du Plateau, d'Adjamé, et de la zone portuaire et industrielle (LOGIT/SPEA/BPL, 2020).

II.3. Contexte du projet de construction de la ligne du BRT

Sur les deux axes de transports de masse définis, le SDUGA prévoyait deux lignes de trains urbains, à savoir la ligne 1 sur l'axe Nord – Sud (Anyama – Port Bouët), et la ligne 2 sur l'axe Est - Ouest (Bingerville – Yopougon). Vu les coûts et la durée nécessaire pour la mise en œuvre d'un métro, ainsi que l'urgence de mettre en place une ligne de transport de masse sur l'axe Est - Ouest (Bingerville – Yopougon), avec un financement de la coopération suédoise (Swedfund), l'Etat a évalué la préfaisabilité d'une ligne de Bus à Haut Niveau de Service ou BRT sur ce deuxième axe. Cette étude a démontré la pertinence du BRT à satisfaire la demande estimée, à des coûts de construction beaucoup moins importants que ceux d'un métro.

La réalisation de cette ligne de BRT devrait permettre d'atténuer très considérablement les externalités négatives du système actuel de transport public abidjanais, qui est dominé par le secteur artisanal (« Gbâkâs » et « Wôrô-wôrô »)¹ dont la part de marché est passée de 68% en 1998 à 85% en 2013 le selon SDUGA. Cette croissance de la part de marché du secteur artisanal s'est faite au détriment de la Société de Transport Abidjanaise (SOTRA), qui est le maillon principal des acteurs formels du transport public. Les externalités du système actuel de transports publics abidjanais sont l'accès difficile pour les plus pauvres aux zones d'emploi et aux services sociaux de base, les importantes congestions à Abidjan qui ont un impact direct sur la préservation du capital humain, la sécurité routière périlleuse des usagers, les pollutions avec leurs impacts sur la santé des populations du Grand Abidjan et la vulnérabilité des usagers piétons, cyclistes, et motocycliste représentant 46% des victimes du trafic routier.

Le Groupe de la Banque Mondiale, à la suite des études de préfaisabilité, a marqué son intérêt à accompagner la mise en œuvre de cette ligne de BRT qui satisfait ses exigences de réduction de la pauvreté et d'appui à un développement économique durable des pays en développement, dont fait partie la Côte d'Ivoire. Ainsi, depuis le 26 juin 2019, le Conseil d'Administration du Groupe de la Banque Mondiale a donné son accord pour le financement à hauteur de 300 millions de dollars US, du Projet de Mobilité Urbaine d'Abidjan (PMUA).

Le groupement de Cabinets LOGIT-SPEA-BPL a été choisi par le Maître d'Ouvrage (Ministère

¹ Gbâkâs et Wôrô-wôrôs : Ce sont respectivement des mini car et des véhicules à usages

des Transports) à travers un appel d'offres international conduit par la Cellule du Projet d'Appui à la Compétitivité du Grand Abidjan (PACOGA), pour réaliser les études APS et APD en vue de la construction de la ligne de BRT sur l'axe Est – Ouest de la ville d'Abidjan (LOGIT/SPEA/BPL, 2020).

II.4. Problématique

Pour atténuer très considérablement les externalités du système actuel de transports publics abidjanais tels que :

- L'accès difficile pour les plus pauvres aux zones d'emploi et aux services sociaux de base,
- Les importantes congestions à Abidjan qui ont un impact direct sur la préservation du capital humain,
- La sécurité routière périlleuse des usagers,
- Les pollutions avec leurs impacts sur la santé des populations du grand Abidjan
- La vulnérabilité des usagers piétons, cyclistes, et motocycliste représentant 46% des victimes du trafic routier

La réalisation de ligne du BRT Yopougon-Bingerville serait-elle une solution adéquate pour l'ensemble des déplacements de personnes relatifs à des activités quotidiennes liées au travail, aux achats et aux loisirs, inscrits dans un espace urbain ?

II.5. Objectif du projet

L'objectif de la construction de la ligne de bus rapid transit en site propre est d'améliorer l'accessibilité aux opportunités économiques et sociales, et d'accroître l'efficacité des systèmes de transport public le long du corridor Yopougon – Bingerville, ainsi que de ses lignes de rabattement dans la ville d'Abidjan.

II.6. Objectif de l'étude

L'objectif général de cette étude est de proposer des solutions technico-économiques portant sur l'aménagement deux types de chaussée d'une voirie en site propre et de ses ouvrages d'assainissement de la commune d'Adjamé à la commune de Bingerville du projet.

Les objectifs spécifiques se déclinent comme suit :

- Dimensionner la structure de chaussée ;
- Concevoir et dimensionner les ouvrages d'assainissement ;
- Faire une notice d'impact environnemental et social ;

- Faire un devis estimatif et quantitatif.

II.8. Données de base

Les données de base que nous avons rassemblées pour mener à bien notre étude sont :

- La conception géométrique de l'ensemble du projet (tracé en plan, profil en long, profil en travers) ; (BPL project experts).
- L'Avant-projet sommaire ; (BPL project experts).
- Les données météorologiques de la zone d'étude ; (SODEXAM).
- Les données géotechniques ; (le Laboratoire d'Essais, de Contrôle, d'Analyses et d'Assistance Technique (LECAT)).

Les paramètres de montana données fournies par la Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique (SODEXAM) sont réparties dans le Tableau 2 suivant :

Tableau 2: Paramètres de montana a et b pour la zone d'étude

(Source : Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique)

Villes	Pluie < 1 heure				Pluie < 2 heures					
	A				b	a				b
	(1 an)	(2ans)	(5ans)	(10ans)	(1 an)	(1 an)	(2 ans)	(5 ans)	(10 ans)	(1 an)
					(10ans)					(10 ans)
Abidjan	4.40	4.67	5.47	6.80	0.40	37.70	40.21	47.74	60.30	0.80

III. ETAT DE L'ART SUR LES SOLUTION DE MOBILITE URBAINE

La mobilité urbaine définit l'ensemble des déplacements de personnes relatifs à des activités quotidiennes liées au travail, aux achats et aux loisirs, inscrits dans un espace urbain en utilisant un ou plusieurs modes de transport.

Pour assurer une meilleure mobilité quotidienne des populations plusieurs mode de transport ont été mise en place, mais les transports collectif sont les différents moyens de transport qui sont propres à une ville ou un milieu urbain adaptés à cet environnement.

Ces transports collectif en site propre urbain sont les suivants : (CERTU, 2009).

- Le métro
- Le tramway
- BHNS (Bus à Haut Niveau de Service)

Notons que pour plus de fluidité dans les transports commun en zone urbaine le concept de site propre a été défini comme une emprise affectée exclusivement à l'exploitation de lignes de transport (CERTU, 2005).

D'où le terme TCSP (Transport Collectif en Site Propre) qui est un transport en commun qui emprunte une voie ou un espace qui lui est réservé, de telle manière que ce mode de transport dispose de sa propre voie, son propre site.

La Figure 3 présente un exemple d'aménagement de site propre



Figure 3: Aménagement d'un site propre avec station centrale

III.1. Le métro

Le métro est transport commun en site propre TCSP guidé de manière permanente et, caractérisé par un site propre intégral (pas de carrefour, plate-forme inaccessible aux piétons, aux vélos et à tout véhicule à moteur).

Il est généralement en souterrain ou en viaduc, il est exploité à voie libre à l'aide d'un système de cantonnement. Il peut être automatique (CERTU, 2009) .

Les métros sont des systèmes ferroviaires urbains de grande capacité et un moyen de transport de masse en site propre. Selon L'Union internationale des transports publics (UITP) définit le métro comme un système de transport public guidé en permanence par au moins un rail, destiné à l'exploitation de services de passagers locaux, urbains et suburbains, avec des véhicules automoteurs exploités en étant séparé du trafic routier et piétonnier.

La Figure 4 présente un exemple de métro



Figure 4: Le métro de Montréal

III.2. Tramway

Le tramway est un transport commun en site propre (TCSP) guidé et caractérisé par un véhicule assujéti à suivre de façon permanente une trajectoire déterminée par un ou des rails matériels. On intègre donc dans cette catégorie le « Tramway sur pneus ce système est guidé sur des pneus qui présente la particularité d'avoir un guidage matériel permanent par rail. Cette caractéristique lui permet de se soustraire au code de la route, notamment en ce qui concerne les dimensions des rames (CERTU, 2009).

La Figure 5 présente un exemple tramway



Figure 5: Tramway de Caen

III.3. Bus Rapid Transit ou Bus à Haut Niveau de Service

Le système de BRT est un système de transport public qui vise à améliorer les capacités et la fiabilité de la mobilité dans les villes engorgées. Il s'appuie sur des voies dédiées qui sont interdites aux véhicules autres que les grands autobus exploités par les compagnies de BRT. Le BRT nécessite la construction de nouvelles routes, d'échangeurs, de terminaux et de stations modernes tout au long du parcours. En substance, il s'agit d'un système de métro léger fonctionnant avec des autobus et non avec des trains (Spoone, 2019).

La Figure 6 présente un exemple BRT.



Figure 6: Transmilenio, de Bogotá et de la région métropolitaine de Colombie

III.4. Les atouts et exigences du BRT

Le BRT vise à atteindre les objectifs suivants : un haut niveau et une haute qualité de service.

- Le haut niveau de service correspond à la quantité d'offre que le système de transports peut réaliser, c'est-à-dire une fréquence élevée, une amplitude élevée avec une capacité élevée.
- La qualité de service correspond à la qualité de l'offre que le système pourra réaliser : régularité, ponctualité, rapidité, accessibilité, information dynamique du voyageur.

Pour réaliser cette offre, les 2 systèmes réclame :

- Une priorité des bus aux feux tricolores pour limiter les temps de ralentissements ;
- Une priorité des bus en section courante pour éviter tout blocage et ralentissement sur leur parcours ;

- De véritables stations (type tramway) avec quais hauts et avancés sur la chaussée pour permettre une meilleure accessibilité et optimiser le temps de stationnement ;
- Un site propre lorsque la voirie le permet afin d'éviter la congestion.

III.5. Configuration du site propre

Le site propre est une des composantes essentielles du BHNS lui permettant le haut niveau de service.

Le BHNS doit être considéré comme un TCSP de surface à part entière (CERTU, 2005).

Le site propre, lorsque celui-ci est respecté, représente un des principaux facteurs d'amélioration de la vitesse commerciale supprimant les aléas de la circulation. La régulation s'en trouve facilitée grâce à la fluidité du trafic. Cependant, son efficacité n'est effective que s'il s'accompagne d'un traitement prioritaire lors des traversées de carrefours et du passage des feux tricolores. Le site propre doit être justifié par un taux d'occupation suffisant puisqu'il est souvent perçu comme consommateur d'espace et attire la convoitise d'autres modes de transport, comme les vélos ou les taxis.

Lorsque l'implantation d'un site propre en continu ne s'avère pas possible pour les deux sens de circulation, le recours au site banal est possible, même particulièrement conseillé, sous réserve d'assurer une progression satisfaisante des bus :

- Sans disposition particulière si les conditions de circulation aux heures de pointe le permettent ;
- En réalisant des couloirs d'approche des carrefours ;
- Avec utilisation de sas munis de signalisation lumineuse, permettant aux bus de passer prioritairement par rapport aux autres véhicules ;

Moyennant des aménagements permettant aux bus de « rester en tête » par exemple arrêts en ligne sans possibilité de dépassement, arrêt en aval des giratoires (CERTU, 2005) etc.

C'est ainsi que diverses dispositions peuvent être imaginées comme l'indique les [Figure 7](#) [Figure 8](#) et [Figure 9](#):

III.5.1. Site propre axial

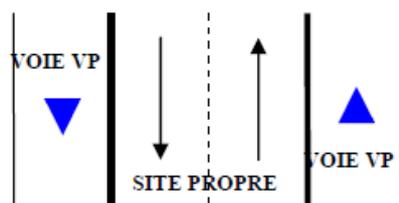


Figure 7: Schéma du site propre axial

La configuration en axiale a l'avantage de ne gêner peu les livraisons, camions de déménagement, etc. et de libérer les files de stationnement. Nous ferons remarquer en échange que ce système nécessite un aménagement spécifique pour les stations qui devront être situées au centre de la chaussée.

III.5.2. Site propre latéral

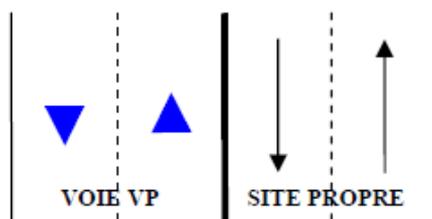


Figure 8: Schéma site propre latéral

Cette configuration a l'avantage de ne pas dissocier les sens de circulation, en revanche il pénalise un côté en supprimant l'accès aux stationnements.

III.5.3. Site propre bilatérale

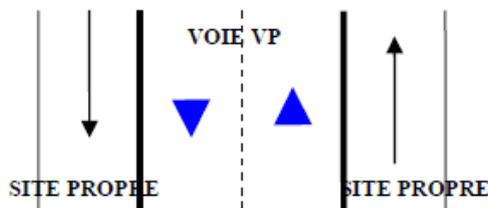


Figure 9: Schéma du site propre bilatéral

Le site propre bilatéral a l'avantage de ne pas nécessiter de travaux trop importants ; du reste cela est facilement réalisable. Toutefois, cette configuration est la moins efficace pour la bonne réalisation du système ; non seulement elle supprime les files de stationnement, mais elle augmente les risques d'occupations illicites du site.

Selon le CERTU, il n'est d'ailleurs pas recommandé de dissocier les sens de circulation du site propre : L'implantation bilatérale de tels couloirs peut même, dans certaines configurations, s'avérer rédhibitoire (CERTU, 2005).

IV. MATÉRIELS ET MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION

IV.1. Matériels

Pour la réalisation de ce travail, un ensemble d'outils a été utilisé. Il s'agit entre autres de :

- Alize-LCPC : pour la vérification de notre chaussée ;
- Autocad 2018 : pour les différents dessins et plans ;
- Microsoft Word 2016 et Microsoft Excel 2016 : pour la rédaction du rapport et le traitement des données.

IV.2. Méthodologie de conception

IV.2.1 Etude géotechnique

D'une manière générale, la géotechnique est définie comme une science permettant d'étudier les propriétés mécaniques, physiques et hydrauliques des sols en vue de leur utilisation dans la réalisation des ouvrages du génie civil.

La tenue d'une route au temps pour lequel elle a été conçue dépend fortement de certains paramètres à considérer pour son dimensionnement.

Pour ce projet, l'étude géotechnique a été réalisée par le laboratoire d'essais, de contrôle, d'analyses et d'assistance technique (LECAT).

L'intervention de LECAT dans le cadre du projet peut être assimilée à une mission du type G1ES (études de site) conformément à la norme **NF P 94-500 de Novembre 2013** et la consistance de cette étude sont les suivantes :

- La réalisation des études géotechniques conformément à la mission G1ES de la norme P94-500
 - Définir la lithologie du sol en place ;
 - Déterminer la capacité portante des couches du terrain ;
 - Déterminer le niveau d'encastrement optimal des fondations ;
 - Estimer le niveau de la nappe phréatique ;
 - Définir un système de fondation adéquat en fonction de la nature des couches du sol en place
- Analyse des risques naturels de la zone
 - Zones d'inondation du site
 - Zone d'éboulement ou de glissement de terrain
 - Menace naturelle existant sur le site ou son environnement immédiat

V.2.1.1. Contexte des essais

Les études géotechniques ont pour objectif d'obtenir les caractéristiques géotechniques des matériaux de sols existants dans la zone d'étude et de comprendre l'essentiel de leur caractéristique.

L'étude s'est faite comme suite :

- Collecte, analyse et synthèse des données existantes
- Reconnaissance de champ
- Cartographie géologique
- Programmation des enquêtes sur le terrain
- Essais in-situ et essais au laboratoire

V.2.1.2. Programme des investigations géotechniques du BRT

Le programme des essais géotechnique du BRT ont été fait en fonction des ouvrages à exécuter le long du couloir du BRT, comme l'illustre le Tableau 3 ci-dessous.

Tableau 3: Investigations géotechniques du BRT

Mission	Mission de type G1 ES (Etude de Site) conformément à la norme NF P 94-500 de Novembre 2013.
Essais in situ a réalisés	<ul style="list-style-type: none">• Essais de pénétration au carottier (SPT) suivant la norme NF EN ISO 22 476-3 version juillet 2005• Essais Pressiométrique (PMT) suivant la norme NF EN ISO 22 476-4 version juillet 2005• Essais CBR in-situ suivant norme ASTM D4429 version 2009
Essais à réaliser au labo	<ul style="list-style-type: none">• Teneur en Eau Naturelle suivant la norme NF P 94-050 version septembre 1995• Analyse granulométrique suivant la norme NF P94-056 version mars 1996• Limite d'Atterberg suivant la norme NF P 94-051 version mars 1993
Types d'ouvrage a réalisé	<ul style="list-style-type: none">• Passerelle piétonne• Station au sol• Mur de soutènement• Viaduc• Chaussée

IV.2.2. Dimensionnement de la structure de la chaussée

Pour notre dimensionnement, nous établirons nos calculs selon le modèle de Burmister pris en compte dans l'ouvrage qui servira de référence pour cette étude : « Conception et dimensionnement des structures de chaussée, guide technique, LCPC-Setra, 1994 ».

Cette méthode nous permettra d'évaluer la portance du sol support et les paramètres de dimensionnement tel que le trafic, la durée de service, les différents coefficients d'agressivité et de canalisation afin d'obtenir le nombre d'essieux équivalents (NE) nécessaire à notre calcul de dimensionnement.

Ensuite, nous choisirons une structure globale pour les voies en zone d'arrêt et le site propre. Enfin nous faisons un choix de structure en fonction des matériaux disponibles et des coûts de réalisation. Enfin nous vérifions les résistances de la structure choisie en comparant les contraintes et déformations admissibles calculées aux contraintes et déformations obtenues à partir du logiciel Alizé. Nous faisons varier les différentes épaisseurs de couche de manière à obtenir des épaisseurs de couche optimale et qui permettent d'obtenir des contraintes inférieures aux contraintes admissibles

IV.2.3. Etude hydrologique

L'étude hydrologique a pour objectif de déterminer les débits projet qui serviront pour le dimensionnement des ouvrages d'assainissement. Notre bassin versant est un bassin versant essentiellement routier et constituer de la plateforme routière du site propre de largeur 9,7m en zone courante et de 21,40m en zone d'arrêt et de longueur 14,5km.

IV.2.3.1 Choix de la période de retour

Le choix de la fréquence est un compromis entre le coût d'investissement des aménagements, et les conséquences d'un débordement pour une fréquence plus importante.

Pour notre projet le choix de retour est de 10ans (VAN TUU et LEMOINE, 1981).

Nous utiliserons la méthode rationnelle pour le dimensionnement de nos caniveaux

IV.2.3.2. Détermination des crues projets

Pour notre étude la détermination des débits décennaux, se fera par la méthode rationnelle car nos bassins ont des superficies inférieures à 4 km².

❖ Méthode rationnelle

Cette méthode est adaptée aux bassins versants dont la superficie est inférieure à 4 km², elle démontre ainsi pour une averse homogène dans le temps, dans l'espace et d'intensité I (mm/h), le débit maximum Q est atteint lorsque la durée de l'averse est au moins égale au temps de concentration Tc du bassin versant. Le débit est donné par la formule suivante :

$$Q = 0,278 CIA \quad (1)$$

Q : Débit à évacuer en m³/s

C : Coefficient de ruissellement

I : Intensité de la pluie en mm/h

A : Surface du bassin versant en km²

- **Intensité de la pluie (I)**

$$I = aT_c^{-b} \quad (2)$$

I : intensité de la pluie en mm/h

T_c : temps de concentration en min

Les coefficients a et b de Montana sont issus des données météorologiques de la zone.

- **Temps de concentration (T_c)**

Le temps de concentration est calculé à partir de la formule de Kirpich

$$T_c = \frac{1}{52} X \frac{L^{0,77}}{P^{0,38}} \quad (3)$$

T_c : temps de concentration en min

L : longueur du chemin hydraulique en m

P : pente moyenne du bassin versant en m/m

- **Coefficient de ruissellement**

Nous avons des bassins versants qui ont des superficies comprises entre 10 ha et 400 ha. Ils présentent un couvert végétal de type chaussée de route et des pentes inférieure à 5%. De ce fait le coefficient de ruissellement est pris égale à 0,95 comme l'indique le **Tableau 4** ci-dessous :

Tableau 4: Valeur du coefficient de ruissellement

(Source : Hydraulique Routière, Ministère de La Coopération et Du Développement de La République Française, 1981)

Nature de couverture végétale	Valeur de Coefficient de ruissellement								
	Petits bassins de 0 à 10 ha présentant une pente de				Bassins moyens de 10 à 400 ha présentant une pente de				
	Moins de 5%	Moins de 5 à 10%	De 10 à 30%	Plus de 30%	Moins de 5%	De 5 à 10%	De 10 à 30%	Plus de 30%	
Plates-formes et chaussées de routes ; cours.....	0,95	<<	<<	<<	<	<<	<<	<<	
Terrains dénudés, ou à végétation non couvrante..... Terrains déjà attaqués par l'érosion..... Labours frais.....	0,8	0,85	0,9	0,95	0,7	0,75	0,8	0,85	
Culture couvrante, céréales hautes..... Terrains de parcours, chiendent ras..... Petite brousse clairsemée.....	0,75	0,8	0,85	0,9	0,52	0,6	0,72	0,8	
Prairies..... Brousse dense, savane à sous-bois.....	0,7	0,75	0,8	0,85	0,3	0,36	0,12	0,5	
Forêt ordinaire en futaie sous-bois touffus.....	0,3	0,5	0,6	0,7	0,13	0,2	0,25	0,3	
Grande forêt primaire.....	0,2	0,25	0,3	0,4	0,15	0,18	0,22	0,25	

IV.2.4. Dimensionnement hydraulique des caniveaux

Les sections des ouvrage longitudinaux de notre projet ont été dimensionnées à partir de la formule de Manning-Strickler pour le cas d'une section hydrauliquement favorable.

$$Q = V * S_m \quad (4)$$

Avec

$$V = K_S * I^{\frac{1}{2}} * R_h^{2/3}$$

$$S_m = l_{\text{caniveaux}} * H_{\text{caniveaux}}$$

Q : Débit du projet en m³/s

K_S : Coefficient de Manning

S_m : Surface mouillée en m²

I : Pente de l'ouvrage en m/m

R_h : Rayon hydraulique de l'ouvrage en m

IV.2.5. Dimensionnement structural des caniveaux

Le dimensionnement des caniveaux passera par la détermination des épaisseurs puis par le calcul des aciers.

IV.2.5.1 Prédimensionnement

L'épaisseur des caniveaux est donnée par la formule suivante :

$$e = \frac{b}{32} + 0,125 \quad (5)$$

Avec b la base de notre caniveau.

IV.2.5.2. Calcul des aciers

Dans cette partie nous aurons à dimensionner la dalle qui sera calculée en flexion simple sous l'action de la charge Br concentrée d'une roue isolée de 100 kN conformément au fascicule 61 titre II. Les pieds droits seront dimensionnés en flexion composée et le radier soumis à la réaction du sol en flexion simple.

IV.2.6. Notice d'impact environnemental et social

De façon générale, le secteur du transport a un impact majeur sur l'environnement. Selon l'ADEME (Agence De l'Environnement et de la maîtrise de l'Energie), il est le premier émetteur de Gaz à Effet de Serre (GES) et ses impacts sur l'environnement sont nombreux.

Cette notice nous a permis de ressortir les impacts environnementaux et sociaux de ce projet et proposer des mesures à prendre.

IV.2.7. Devis estimatif et quantitatif.

Cette section est dédiée à l'étude des coûts relatifs au 2 variante de notre voirie urbaine en site propre.

L'estimation des coûts n'a pas été faite pour l'ensemble du projet, mais uniquement pour le tronçon étudié d'Adjamé à Bingerville(14,5km).

Le devis estimatif est le résultat des prix unitaire multiplié par la quantité de travaux à réaliser par poste correspondante. Le devis quantitatif est la détermination des différentes quantités de travaux a réalisé par poste correspondante.

Les coûts unitaires incluent la mise en œuvre et les matériaux, Les coûts unitaires ont été estimés par le bureau chargé de l'étude, et ont été soumis à une vérification par le BNETD

V. RESULTATS ET DISCUSSIONS

V.1. Etude géotechnique

V.1.2. Carte géologique

La ville d'Abidjan est subdivisée en quatre entités géologiques que sont le : quaternaire Holocène (vase, sables lessivés, vase de marécage permanent et de sable des cordons marin), le quaternaire du plateau continental (sable quartzeux fin), **le méso-cénozoïque (sable, argile et grès ferrugineux) et le quaternaire pléistocène constitué essentiellement de sable argileux, type de matériaux obtenu sur l'ensemble des sondages réalisés (LECAT, 2021).**

Comme l'illustre la [Figure 10](#) ci-dessous.

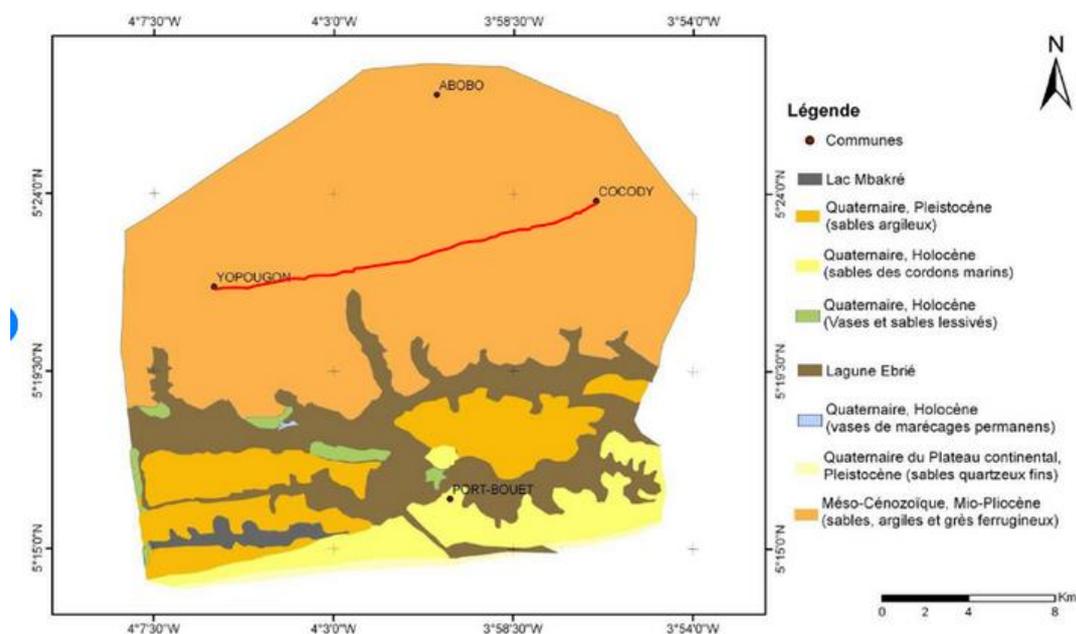


Figure 10: Carte géologique de la ville d'Abidjan

V.1.3. Classification du sol de la plateforme

Dans le but de connaître la nature des sols en place le long de notre projet, plusieurs sondages ont été réalisés avec prélèvement d'échantillon pour essais en laboratoire par le Laboratoire d'Essais, de Contrôle, d'Analyses et d'Assistance Technique (LECAT).

Le résumé des résultats obtenus est présenté dans le

[Tableau 5](#) ci-dessous

Tableau 5: Résumé des résultats d'identification de la plate-forme

Désignation	Maximum	Minimum
Pourcentages de fine (%)	38,86	2,32
Teneur en eau Wn (%)	74.74	3,28
Diamètre maximal des grains Dmax (mm)	2	1
Classification selon le guide des terrassements routier	B6	B2

Le détail des résultats de l'étude géotechnique, se trouvent à l'ANNEXE 3.

En l'absence de données plus conséquentes et faute de pouvoir effectuer des études prospectives géotechniques sur place (essai Proctor), nous nous en tiendrons aux différentes documentations générales sur le sujet. A partir de la classification GTR, nous pouvons ainsi déterminer le type d'arase du terrassement soit la portance comme l'indique le Tableau 6 suivant :

Tableau 6: Détermination des portances à court terme et à long terme les plus probables dans des conditions usuelles

(Source : catalogue des structures types de chaussées neuves, setra-lcpc,1998)

DESCRIPTION DES SOLS	FAMILLES DE SOLS	SOLS FINS ET ARGILES		MARNO- CALCAIRES		SABLES ET GRAVES			
	Principales formations géologiques	Limons, éboulis argilo-sableux ou sablo-argileux, argiles (vertes, blanches), argiles à silix, argiles à meulière, sables infra-gypseux		Marmo-calcaire (de Brie, de St-Ouen), marnes et caillasses, calcaire grossier, calcaire de Champigny		Alluvions grossières Sables et graves alluvionnaires, éboulis sableux, sables fins (sable de Fontainebleau, sables de Beauchamp)			
	Catégories de sols rencontrés	- limons peu plastiques (VBS≤6) - argiles et marnes peu plastiques - argiles sableuses sans blocs	- Limons très plastiques (VBS > 6) - argiles et marnes plastiques - argiles sableuses avec blocs - argiles caillouteuses	Fraction 0/50mm élevée (>80 %)	Fraction 0/50mm moins élevée (< 80 %)	- Sables alluvionnaires limoneux ou argileux - Sables fins argileux - Graves argileuses ou limoneuses	- Sables alluvionnaires propres - Sables fins propres	Graves propres ou considérées comme insensibles à l'eau	
	Classification géotechnique (G.T.R) usuelle	A ₁ – A ₂	A ₃ – C ₁ /A ₃ – A ₄	- C ₁ /Ai – C ₁ /Bi	- R ₂ – C ₂ /Ai C ₂ /Bi	B ₂ – B ₃ – B ₄ B ₄ – certains B ₃	B ₁ – D ₁ *,**	D ₂ – D ₃ ** certains B ₃	
PORTANCE A COURT TERME DU SOL (estimations en MPa)	Conditions favorables - période estivale, temps sec	≥40 PST2 à 3	≥40 PST2 à 3	≥40 PST2 à 3	≥60 PST2 à 3	≥40 PST2 à 3	≥40 PST5	≥80 PST5 à 6	
	Conditions moyennes - printemps et automne peu pluvieux, été médiocre	20 à 40 PST1 à 2	20 à 40 PST1 à 2	20 à 40 PST1 à 2	30 à 60 PST2	20 à 40 PST1 à 2	≥40 PST5	≥80 PST5 à 6	
	Conditions mauvaises - période hivernale ou longue période pluvieuse	Non mesurable à 20 PST0 à 1	Non mesurable à 20 PST0 à 1	Non mesurable à 20 PST0 à 1	20 à 30 PST1	Non mesurable à 20 PST0 à 1	15 à 40 PST2 à 3 (B1) PST5 (D1)	≥80 PST5 à 6	
PORTANCE A LONG TERME	Classe d'arase	20 à < 50 AR1	20 à < 50 AR1	20 à < 50 AR1	20 à < 50 AR1	20 à < 50 AR1	50 à < 80 AR2	≥50 à < 120 AR2	

Nous avons un type de sol de niveau B2-B6 le long du couloir du BRT selon la classification du GTR 92. La portance à long terme varie entre 20 et 50 MPa, ce qui correspondrait à une

classe d'arase de niveau AR 2= 50Mpa avec une plateforme de type PF2 selon le GTR 92 comme l'indique le Tableau 7 suivant

Tableau 7: Classe de l'arase de terrassement

(Source : Guide des terrassements routier juillet 2000)

Module de calcule (Mpa)	20	50	120	200
Classe de l'arase de terrassement	AR1	AR2	AR3	AR4

En fonction du trafic de notre projets la classe de plateforme PF2 ne pourra pas satisfaire à nos attentes d'où la mise en place d'une couche de forme pour surclasser la portance de la plateforme a un PF3.

La méthode du guide technique – Conception et dimensionnement des structures de chaussée – SETRA / LCPC – 1994 nous permet de définir l'épaisseur de la couche de forme par rapport au type d'arase et du type de matériaux non traité dans la couche de forme comme l'indique le Tableau 8 suivant

Tableau 8: Conditions de sur classement de portance des plates-formes

(Source : catalogue des structures types de chaussées neuves, setra-lcpc 1998)

Classe d'arase	Matériau de la couche de forme	Epaisseur de couche de forme obtenue	Classe de la Plate-forme obtenue
AR1	B31, C1B31, C2B31, D21,	0,80 **	PF3
AR2	D31, R21, R41, R61, C1, B11 *, C2B11 *, R11*, R42*, R62*	0,50	PF3

*Sous réserve d'une vérification sur la plate-forme support de chaussée.

**Une réduction d'épaisseur de l'ordre de 0,10 ou 0,15 m peut être admise si l'on intercale un géotextile adapté entre la PST et la couche de forme.

D'après la figure ci-dessus pour obtenir une plateforme de portance PF3 il nous faut un matériau de 50cm d'épaisseur. Ainsi, une plateforme PF3 sera retenue pour le dimensionnement des chaussées, soit un module de 120 MPa comme l'indique le Tableau 9 suivant

Tableau 9: Classe de portance de la plate-forme support de la chaussée

(Source : catalogue des structures types de chaussées neuves, setra-lcpc 1998)

Classe de portance	PF1	PF2	PF3	PF4
Module (MPa)	20	50	120	200

V.2. Dimensionnement structural des 2 variantes de chaussée

V.2.1. Classe du trafic

Le calcul du trafic pour le dimensionnement de la chaussée ne tient compte que du passage des bus. Nous calculerons le trafic en fonction du nombre moyen d'autobus susceptibles de prendre chaque voie de circulation. La voie de TCSP bus sera totalement affectée à la circulation des autobus. Un calcul moyen du nombre de passage journalier (MJA) de la future ligne du BRT (Bus Rapid Transit) sera nécessaire

La classification du trafic est présentée dans le Tableau 10 ci-dessous :

Tableau 10: Classes de trafic cumulé exprimées en millions d'essieux équivalents

(Source : catalogue des structures types de chaussées neuves, setra-lcpc 1998)

Classe de trafic	Nombre cumulé de passe d'essieux équivalent
TC2	$NE < 10^6$
TC3	$10^6 < NE < 2,2 \cdot 10^6$
TC4	$2,2 \cdot 10^6 < NE < 4,5 \cdot 10^6$
TC5	$4,5 \cdot 10^6 < NE < 1,13 \cdot 10^7$
TC6	$1,13 \cdot 10^7 < NE < 3 \cdot 10^7$
TC7	$3 \cdot 10^7 < NE < 7,5 \cdot 10^7$

Alors nous avons une classification trafic comme indiquée dans le Tableau 11 ci-dessous :

Tableau 11: Récapitulatif du trafic en section courante et zone d'arrêt

Désignation	Chaussée souple	Chaussée rigide
Trafic section courante	TC6	TC4
Trafic Zones d'arrêt	TC7	TC5

Les calculs détaillés pour cette section sont présentés en ANNEXE 4

V.2.2. Choix des variantes de chaussée

Sur le plan technique et sur le plan du service rendu, toutes les structures sont équivalentes : elles répondent toutes à une même stratégie de dimensionnement. En effet, elles sont dimensionnées pour une même durée de vie longue, avec un risque de calcul identique pour tous les types de structures. Par contre, l'entretien nécessaire pour prévenir un vieillissement accéléré des chaussées (en particulier les infiltrations des eaux de ruissellement) et pour garantir des caractéristiques de confort et de sécurité pour l'utilisateur, diffère selon le type de structure initiale. Les différentes solutions technico-économiques entre les différentes techniques proposées sont donc essentiellement dues aux différences de coût d'investissement et d'entretien.

Le choix des types de structures et les principes généraux de conception s'appuient sur des objectifs de durabilité et de niveau de service particulièrement élevés compte tenu de l'importance des voies et du niveau de trafic. Ces critères se traduisent en termes de durée de service, de sécurité (adhérence-uni), de confort (uni) et de limitation de la gêne à l'utilisateur due aux travaux d'entretien.

En pratique, cela conduit à envisager seulement deux variantes de structures de chaussée qui sont les suivantes :

- Une structure bitumineuse
- Une structure en béton

Nous considérons qu'il est judicieux d'écarter les structures à couche de base traitée aux liants hydrauliques en raison des problèmes d'entretien liés à la fissuration et à des défauts d'interface et vu que nous sommes en milieu urbain la nuisance liée à la poussière des liants hydrauliques sera gênante pour les riverains.

Ces techniques sont donc déconseillées aux chaussées dont le trafic poids lourds est relativement important (GALOYER, 2014).

V.2.3. Analyse des variantes de la chaussée

La chaussée du BRT devra supporter le trafic que nous avons calculé.

Son module doit être élevé et sa résistance en fatigue également avec une attention particulière à l'orniérage. C'est pourquoi nous choisirons soit une structure bitumineuse épaisse, soit une structure rigide de type béton.

De cette façon, notre choix de couche de roulement se porte sur ces deux types de structure :

- Un béton bitumineux dont l'avantage de ces matériaux est qu'ils sont d'utilisation courante notamment dans la région du projet. Il convient de porter une attention particulière à la coloration qui devra être différente des voies de circulation des véhicules légers. Pour ce faire, il est possible de faire correspondre une coloration est possible pour ce type de matériau dans la masse des enrobés.
- Une structure en béton de ciment ou en béton armé continu (BAC) qui a l'avantage de jouer à la fois de rôle de structure et de couche de surface. Ce matériau est insensible aux hydrocarbures et à l'orniérage et est d'une grande durabilité.

Concernant ces structures en béton, nous avons le choix entre les bétons de ciment voir des BCMC (béton de ciment mince collé) et un béton armé continu.

L'inconvénient des bétons de ciment et BCMC est que, les réparations sont difficiles, l'on peut avoir une chaussée très bruyante en raison des passages des roues au niveau des jointures des dalles et qu'ils sont sous forme de dalles nécessitant de mettre en place de nombreux joints de liaison entre celles-ci. « Par ailleurs, le dimensionnement de ce type de structure est particulier car il doit prendre en compte un accroissement de la contrainte de traction par flexion au bord de dalle qui est le double du centre de dalle. Ceci revient à majorer l'épaisseur de la dalle de moitié » (Jeuffroy et Sauterey, 1991).

« Les structures de béton armé continu permettent de s'affranchir de la présence des joints de réflexion-flexion des dalles en béton de ciment et ainsi limiter les problèmes structuraux connexes : accroissement de contraintes en bord de dalle, poinçonnement et érosion du support.

Une nappe horizontale d'armatures longitudinales est mise en place au cours du bétonnage au milieu de la couche de béton. Placés au niveau de la fibre neutre, ces aciers ne reprennent pas les efforts induits par les charges de trafic.

En revanche, par adhérence du béton sur l'acier, ils permettent de répartir les déformations dues au retrait du béton.

Il en résulte, après la prise du béton et des phases de retrait thermique, des fissures dont le pas est d'environ 1 à 2 mètres. Ces fissures restent suffisamment fines pour prévenir l'infiltration des eaux de ruissellement dans le corps de chaussée et pour assurer le transfert de charge entre les abouts de dalle. Voilà pourquoi, dans le dimensionnement de telles structures, la majoration des contraintes calculées en milieu de dalle, eu égard à la présence de discontinuités, est plus faible » (Jeuffroy et Sauterey, 1991).

Ces deux types de matériaux en béton permettront, en outre, d'éviter tout risque d'orniérage. Le choix entre la structure bitumineuse épaisse (variante 1) et Béton BAC (variante 2) ne pourra s'effectuer que par une étude de dimensionnement de chaussée ainsi qu'une étude de coût.

Nous nous emploierons dans cette étude à évaluer le dimensionnement des structures en fonction des matériaux et ainsi apporter une réponse technique.

V.2.4. Structure bitumineuse épaisse

- **Choix de la structure de la Zone courante**

Disposant d'un sol de classe PF3 et d'un trafic TC6, le catalogue des structures des chaussées types structures neuves (SETRA 1998) propose la structure de chaussée suivante :

Tableau 12 ci-dessous

Tableau 12: Variante des structures de chaussée bitumineuse épaisse

(Source : catalogue des structures types de chaussées neuves, setra-lcpc 1998)

VARIANTE	COUCHE	MATERIAUX	EPAISSEUR (cm)
1	Roulement	Béton bitumineux	8
	Base	Grave bitume (GB3)	13
	Fondation	Grave bitume (GB3)	13
2	Roulement	Béton bitumineux	8
	Base	Enrobé à module élevé de classe 2	9
	Fondation	Enrobé à module élevé de classe 2	10

❖ Analyse des variantes obtenue et choix d'une structure de chaussée

Après cette analyse, la variante 1 est la plus compétitive car elle présente des matériaux disponibles en abondance dans la région du projet la variante 2 remplit le critère de proximité de matériaux mais n'est pas économique par rapport à la variante 1 du coût de l'enrobé qui pourrait avoir un impact important sur le coût du projet. En somme d'un point de vue économique et proximité de matériau, on retient la variante 1 pour notre étude.

❖ Choix de la structure en Zone d'arrêt

Disposant d'un sol de classe PF3 et d'un trafic TC7, le catalogue des structures des chaussées types structures neuves (SETRA 1998) propose la structure de chaussée suivante dans le Tableau 13 ci-dessous

Tableau 13: Variante des structures de chaussée bitumineuse épaisse

(Source : catalogue des structures types de chaussées neuves, setra-lcpc 1998)

VARIANTE	COUCHE	MATERIAUX	EPAISSEUR (cm)
1	Roulement	Béton bitumineux	8
	Base	Grave bitume (GB3)	15
	Fondation	Grave bitume (GB3)	15
2	Roulement	Béton bitumineux	8
	Base	Enrobé à module élevé de classe 2	11
	Fondation	Enrobé à module élevé de classe 2	12

V.2.5. Structure en béton arme continue

Nous avons un trafic TC4 et TC5 et la classe de plateforme PF2. Le choix des différents matériaux composant la structure en BAC se fait selon l'abaque proposer par le CERTU comme l'indique la Figure 11 suivante

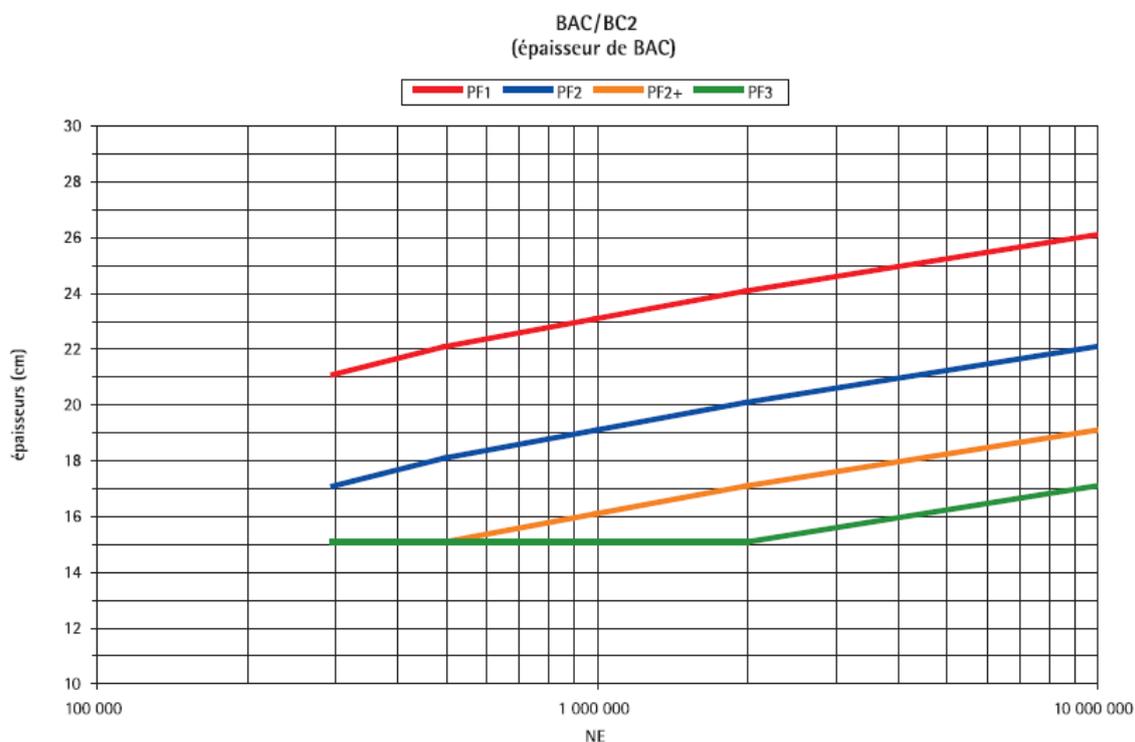


Figure 11: Abaque BAC/BC2

(Source : Chaussées bus, choix des matériaux et dimensionnement structurel, certu 2006)

L'abaque donne l'épaisseur de BAC, l'épaisseur de béton maigre type BC 2 étant fixée à 15cm. L'épaisseur de BAC est donc située entre 21 pour la section courante et 22 cm pour la section en zone d'arrêt.

V.2.6. Vérification des contraintes et des déformations

V.2.6.1. BRT en chaussée bitumineuse épaisse

Ce programme ALIZE-LCPC est très largement utilisé pour le dimensionnement et la vérification des structures de chaussées et de renforcement. Il permet de calculer les contraintes et les déformations induites dans les différentes couches de la chaussée choisie. La charge prise en compte est une charge unitaire correspondant à un demi-essieu de 13 tonnes représenté par une empreinte circulaire

Les données à rentrer dans le modèle pour les différentes simulations sont :

- ✚ Les épaisseurs de chaque couche ;
- ✚ Les modules de Young (E) ;
- ✚ Les coefficients de poisson (ν) de chaque couche y compris le sol support ;
- ✚ Les types d'interface entre les couches (conditions de collage)

Les caractéristiques des matériaux de notre chaussée sont :

Couche de revêtement Béton bitumineux $E= 5400\text{Mpa}$, $\nu=0,35$

Couche de base Grave bitume gb3 $E= 9300\text{ Mpa}$, $\nu=0,35$

Couche de fondation Grave bitume gb3 $E= 9300\text{ Mpa}$, $\nu=0,35$

Couche de forme en graveleux latéritiques naturelles $E= 150\text{ Mpa}$, $\nu=0,35$

Sol support Sable argileux avec fines. $E=75\text{ MPa}$, $\nu=0,35$

- **Zone courante**

Les vérifications dans la structure de la chaussée avec le logiciel ALIZE-LCPC sont présentées dans le Tableau 14 ci-dessous :

Tableau 14: Récapitulatif des vérifications dans la structure

Matériaux	Valeur calculée $\epsilon_{t,z}(\mu\text{def})$	Valeur admissible $\epsilon_{t, adm}(\mu\text{def})$	Observation
Béton bitumineux	33,1	120,6	OUI
Grave bitume	88,7	96,6	OUI

Sol support	204,2	299,2	OUI
-------------	-------	-------	------------

Les déformations verticales sont inférieures aux valeurs admissibles des différents matériaux. On décide alors d'ajuster les épaisseurs des couches.

Les nouvelles valeurs de contraintes et de déformations sont présentées dans le Tableau 15 suivant :

Tableau 15: Vérifications dans la structure après réajustement des épaisseurs

Matériaux	Valeur calculée $\epsilon, z(\mu def)$	Valeur admissible $\epsilon, adm(\mu def)$	Observation
Béton bitumineux	34,9	120,6	Oui
Grave bitume	95,3	96,6	Oui
Sol support	231,5	299,2	Oui

La structure définitive de chaussée adoptée pour notre étude est donc :

Couche de revêtement : 8 cm de béton bitumineux

Couche de base : 12 cm de grave bitume Gb3

Couche de fondation : 12 cm de grave bitume Gb3

Couche de forme : 50cm de GNT

Les calculs détaillés pour cette section sont présentés en ANNEXE 4

- **Zone d'arrêt**

Les vérifications dans la structure de la chaussée avec le logiciel ALIZE-LCPC sont présentées dans le Tableau 16 ci-dessous

Tableau 16: Récapitulatif des vérifications dans la structure

Matériaux	Valeur calculée $\epsilon, z(\mu def)$	Valeur admissible $\epsilon, adm(\mu def)$	Observation
Béton bitumineux	30	95,1	Ok
Grave bitume	74,7	83,8	Ok
Sol support	192,3	256,5	Ok

Les déformations verticales sont inférieures aux valeurs admissibles des différents matériaux. On décide alors d'ajuster les épaisseurs des couches.

Les nouvelles valeurs de contraintes et de déformations sont présentées dans le Tableau 17 suivant :

Tableau 17: Vérifications dans la structure après optimisation des différentes épaisseurs

Matériaux	Valeur calculée $\epsilon_{t,z}(\mu\text{def})$	Valeur admissible $\epsilon_{t, adm}(\mu\text{def})$	Observation
Béton bitumineux	31,5	95,1	Ok
Grave bitume	82,6	83,8	Ok
Sol support	204,2	256,5	Ok

La structure définitive de chaussée adoptée pour notre étude est donc :

Couche de revêtement : 8 cm de béton bitumineux

Couche de base : 12 cm de grave bitume gb3

Couche de fondation :13 cm de grave bitume

Couche de forme : 50cm de GNT

Les calculs détaillés pour cette section sont présentés en ANNEXE 4

V.2.6.2. BRT en béton armé continue

Le critère à vérifier est que la contrainte de traction à la base de la couche de béton armé continu et dans la couche de fondation en béton maigre reste inférieure à une valeur admissible. Les différentes contraintes calculées sont inscrites dans le Tableau 18 suivant

Tableau 18: Contraintes dans la couche de base et la couche de fondation

Désignation	La contrainte de traction admissible $\sigma_{t,ad}$ dans la couche de base (MPa)	La contrainte de traction admissible $\sigma_{t,ad}$ dans la couche de fondation en béton maigre (MPa)
Zone courante	1,57	2,02
Zone d'arrêt	1,50	1,94

Selon le SETRA 1994, l'épaisseur de la couche de fondation est fixée a priori à l'épaisseur minimale recommandée soit 15 cm (SETRA,1994).

Les calculs à partir du modèle continu conduisent aux résultats donnés dans la première partie du Tableau 19 suivant

Tableau 19: Contraintes dans le béton de la structure en BAC

(Source : Guide technique, conception et dimensionnement des structures de chaussée, setra-lcpc 1994)

Epaisseur couche de fondation (cm)	15		16		17	
Epaisseur couche de base (cm)	21	22	20	21	19	20
Contrainte à la base de la couche de base (MPa)	1,48	1,40	1,49	1,43	1,49	1,44
Contrainte à la base de la couche de fondation (MPa)	0,72	0,66	0,80	0,74	0,88	0,81

La contrainte dans la couche de fondation est très inférieure à la valeur admissible.

Par rapport à la solution comportant 21cm et 22 cm en couche de base, le coût du béton de fondation étant moindre que celui de la couche de base, on peut chercher si une structure avec une couche de fondation plus épaisse ne serait pas plus économique.

Alors la structure optimale en zone d'arrêt et en zone courante est composée de :

Couche de Revêtement et base : **19 cm Béton armé continu**

Couche de fondation : **17 cm Béton maigre de classe 2**

Les calculs détaillés pour cette section sont présentés en ANNEXE 4

V.3. Etude hydrologique

V.3.1. Détermination des débits des caniveaux

Les débits obtenus avec la méthode rationnelle pour les caniveaux sont présentés dans le Tableau 20

Tableau 20: Débits projet pour les caniveaux

Section	Profil	Longueur hydraulique(m)	Superficie (km ²)	Temps de concentration Ic(min)	Intensité de pluie (mm/h)	C	Débit (m ³ /s)
Adjamé	P5 -P21	271	0,00095	5,45	207,13	0,95	0,05
Carrefour indénié au lycée technique	P29 - P140	275	0,00096	5,51	206,19	0,95	0,05
	P140 - P147	175	0,00061	3,89	236,99	0,95	0,04
	P147 - P167	430,5	0,00151	7,78	179,61	0,95	0,07
Lycée technique à Fêh késsé	P201 -P214	299,3	0,00105	5,88	200,89	0,95	0,06
	P214 - P247	625	0,00219	10,36	160,13	0,95	0,09
	P268 - P279	200	0,00070	4,31	227,44	0,95	0,04
	P268 - P297	450	0,00158	8,05	177,17	0,95	0,07
	P297 - P310	300	0,00105	5,89	200,74	0,95	0,06
	P375 - P 407	650	0,00228	10,68	158,20	0,95	0,10
	P428 -P443	250	0,00088	5,12	212,34	0,95	0,05
	P468 -P574	2300	0,00805	28,26	107,20	0,95	0,23
	P574 - P650	1650	0,00578	21,88	118,74	0,95	0,18
	P652 -P684	800	0,00280	12,53	148,40	0,95	0,11
	P684 - P715	750	0,00263	11,93	151,38	0,95	0,10
P715 - P736	275	0,00096	5,51	206,19	0,95	0,05	

V.3.2. Dimensionnement hydraulique des caniveaux

Les caniveaux retenus pour notre étude sont de forme rectangulaire, de hauteur H et de largeur l.

Les sections calculées pour le cas d'une section hydrauliquement favorable sont présentées dans le *Tableau 21* suivant :

Tableau 21: Dimensions hydraulique des caniveaux

Section	Profil	Pente %	Q (m ³ /s)	Q _{cap} (m ³ /s)	Vitesse (m/s)	H (cm)	l (cm)
Adjamé	P5 -P21	0,50%	0,052	0,076	0,843	20	30
Carrefour indénié au lycée technique	P29 - P140	7,90%	0,052	0,302	3,350	10	10
	P140 - P147	3,80%	0,038	0,160	2,660	10	10
	P147 - P167	7,40%	0,071	0,223	3,712	10	20
Lycée technique à Fêh kessé	P201 -P214	4,70%	0,056	0,177	2,958	20	10
	P214 - P247	2,00%	0,093	0,116	1,930	20	30
	P268 - P279	1,62%	0,042	0,104	1,737	20	10
	P279 - P297	5,30%	0,074	0,188	3,141	20	10
	P297 - P310	1,23%	0,056	0,091	1,513	20	20
	P375 -P 407	5,00%	0,095	0,183	3,051	20	20
	P428 -P443	0,18%	0,049	0,055	0,457	40	30
	P468 -P574	3,50%	0,228	0,295	1,841	30	40
	P574 - P650	0,50%	0,181	0,188	0,536	70	50
	P650 -P684	5,50%	0,110	0,192	3,200	20	20
P684 - P715	6,08%	0,105	0,202	3,365	20	20	
P715 - P736	2,00%	0,052	0,116	1,930	20	30	

Les sections des caniveaux retenue ont été choisie en fonction des sections sur le marché et en tenant compte du manque d'entretien des caniveaux à Abidjan.

Ainsi pour éviter des erreurs d'exécution, les caniveaux seront uniformisés sauf à la position P574 - P650

Les sections retenues sont consignées dans le *Tableau 22* ci-dessous :

Tableau 22: Sections retenues

Section	Profil	H (cm)	L (cm)
Adjamé	P5 -P21	40	40
Carrefour indénié au lycée technique	P29 - P140	40	40
	P140 - P147	40	40
	P147 - P167	40	40
Lycée technique à Fêh kessé	P201 -P214	40	40
	P214 - P247	40	40
	P268 - P279	40	40
	P279 - P297	40	40
	P297 - P310	40	40
	P375 -P 407	40	40
	P428 -P443	40	40
	P468 -P574	40	40
	P574 - P650	70	50
	P650 -P684	40	40
	P684 - P715	40	40
P715 - P736	40	40	

V.3.3. Dimensionnement structural des caniveaux

V.3.3.1. Prédimensionnement

Les épaisseurs obtenues après prédimensionnement pour nos caniveaux sont dans le *Tableau 23* ci-dessous :

Tableau 23: Epaisseur des caniveaux

Section	Épaisseur (cm)
40*40	15
50*70	15

V.3.3.2. Détermination des aciers

Les sections d'aciers calculées pour ce caniveau sont présentées dans le Tableau 24 suivant :

Tableau 24: Récapitulatifs des sections d'acier du caniveau 50cm x 70cm

	Armatures principales			Armatures de
	Nombre de barres	Diamètre	Section	répartition
Dalette	4	HA8	2,01	HA8
Piédroit	4	HA8	2,01	HA8
Radier	4	HA8	2,01	HA8

Les calculs détaillés pour cette section sont présentés en ANNEXE 5

VI. NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE

Une notice d'impact environnemental et social est une procédure qui permet d'examiner les conséquences, tant bénéfiques que néfastes, qu'un projet ou programme de développement envisagé aura sur l'environnement et de s'assurer que ces conséquences sont dûment prises en compte dans la conception du projet ou programme. La notice d'impact environnemental et social vise à :

- Améliorer la décision par une prise en compte explicite et sélective des considérations environnementales ;
- Fournir une base solide pour la gestion des conséquences sur l'environnement des actions d'aménagement ;
- Permettre aux citoyens de s'exprimer sur les modifications prévisibles de leur cadre de vie, favoriser l'intégration des objectifs fondamentaux que sont la protection de l'environnement et le développement durable.

La présente notice d'impact environnemental et social ne renferme pas un sens propre selon les normes en vigueur, car les enquêtes et les états des lieux menés sur le terrain n'ont pas été faits dans ce sens. Cependant la présente étude se limitera à rappeler les potentiels impacts sociaux et environnementaux que peut causer ce projet routier et proposer des mesures pour les atténuer.

VI.1. Rappel du cadre législatif, réglementaire et institutionnel ivoirien

VI.1.1. Cadre législatif et réglementaire

La protection de l'environnement étant l'un des défis majeurs de notre ère, l'Etat ivoirien à travers sa politique environnementale oblige les promoteurs privés ou publics au respect des mesures environnementales lorsqu'ils projettent de réaliser des travaux susceptibles d'impacter l'environnement. Cette politique s'articule autour de cinq principaux textes que sont :

- La loi n°96-766 du 03 octobre 1996 portant Code de l'Environnement ;
- La loi n°98-755 du 23 décembre 1998 Portant Code de l'Eau ;
- Le décret n°96-894 du 8 novembre 1996 déterminant les règles et procédures applicables aux études relatives à l'impact environnemental des projets de développement ;
- La loi n° 2016-886 du 08 novembre 2016 portant Constitution de la Côte d'Ivoire ;

- Le décret n°2005-03 du 06 Janvier 2005 portant Audit Environnemental.

V.1.2. Cadre institutionnel ivoirien

L'évaluation environnementale étant perçue comme un instrument de développement durable, son efficacité dépend des capacités institutionnelles et humaines dont dispose chaque pays dans ce domaine. Ces principales institutions en charge des évaluations environnementales en Côte d'Ivoire sont :

- Le Ministère de la Salubrité, de l'Environnement et du Développement Durable ;
- Le Ministère de l'Équipement et de l'Entretien Routier ;
- Le Ministère des Eaux et Forêts ;
- Le Ministère de l'intérieur et de la sécurité ;
- Le Ministère de la santé et de l'Hygiène publique.

VI.2. Identification et évaluation des impacts du projet

Les impacts sur l'environnement et le social des travaux routiers sont multiples et impliquent une attention particulière pour les localiser, les caractériser afin de mieux y faire face.

Pour notre notice d'impact environnemental et social nous distinguerons pour notre projet la phase de préparation et d'exécution des travaux et la phase d'exploitation.

Notons que dans la zone de notre projet on y rencontre des habitations, des lieux de commerces, d'animations, de centre de santé, des services administratifs, ...

VI. 2.1. Phase de préparation et d'exécution des travaux

❖ Impacts positifs

- La création d'emplois temporaires
- Recrutement de la main d'œuvre locale
- Développement circonstanciel des activités de restauration autour des bases-chantier
- Opportunités en matière de location des résidences par les employés du projet.

❖ Impacts négatifs

- Diminution du couvert végétal avec la détérioration de plusieurs espèces
- Nuisance acoustique des engins de chantier (engins de terrassement, de transport des matériaux en fonctionnement) ;
- Altération de l'air due aux gaz d'échappement des engins du chantier
- Dégradation du cadre de vie entraînée par la production des déchets (matériaux d'excavation, débris végétaux, ordures et eaux usées produites par la base vie) ;

- Perturbations du trafic le long de l'itinéraire de construction ;
- Risque de propagation du coronavirus engendré par l'afflux de nombreux travailleurs.
- Risque d'accident du personnel
- Risque de destruction de Sites sacrés
- Expropriation
- Interruption/perturbation de l'accès à l'eau potable, l'électricité et les services divers

VI. 2.2. Phase d'exploitation

Le BRT a un impact environnemental très positif sur les villes où ils opèrent.

Nous observons dans le tableau 24 ci-dessous une diminution considérable du nombre de kilomètre parcouru par les bus de la SOTRA lors de la mise en service du BRT.

Cette réduction de kilomètre parcouru par les bus de la SOTRA va réduire le temps de vieillissement de ses bus et rallonger de quelques années leur mise en service.

Tableau 25: Nombre de kilomètres des véhicules par mode de transport (en milliers par année)

(Source : SOTRA et World Resources Institute (WRI), Social, Environmental and Economic Impacts of BRT Systems)

Option	Sans BRT			Avec BRT		
Année	2022	2024	2030	2022	2024	2030
BRT 18m	-	-	-	9.500	10.300	13.600
Bus de la SOTRA	612,700	518,000	544,900	549,400	445,000	453,100

La réduction du nombre de kilomètre parcouru par les bus SOTRA va entraîner une diminution de consommation de carburant d'où la réduction des émissions de CO² dans l'air.

Des relevés de la consommation de carburant estimée et de l'émission de CO₂ ont été effectués pour chaque type de véhicule comme présentées dans le tableau 25 et le tableau 26 ci-dessous

Tableau 26: Consommation de carburant unitaire estimée par mode de transport

(Source : SOTRA et Ecoscore)

	Consommation	
	L ou g/km	Carburant
BRT 18m	0.00	Électrique
Bus de la SOTRA	0.43	Gasoil

Tableau 27: Estimation de l'émission unitaire de CO₂ par mode de transport

(Source : SOTRA et Ecoscore)

	Emission de CO ²	
	g/km	
BRT 18m	0.00	
Bus de la SOTRA	1.144	

Avec les informations présentées ci-dessus, il a été possible d'estimer la consommation de carburant en litre et l'émission annuelle en tonnes de CO₂, et donc d'estimer les avantages environnementaux du BRT comme présentées dans le tableau 27 ci-dessous

Tableau 28: Estimation de la consommation de carburant en milliers de litre et de l'émission de tonnes de CO² par mode de transport

Mode de transport	Consommation de carburant (millier de litre)						Emission annuelle de CO ² (tonne)					
	Sans BRT			Avec BRT			Sans BRT			Avec BRT		
	2022	2024	2030	2022	2024	2030	2022	2024	2030	2022	2024	2030
BRT 18m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bus de la SOTRA	263,461	222,740	243,307	236,242	191,350	194,833	379,384	320,75	350.36	340,19	275,54	280,56

Le tableau 27 ci-dessus nous montre comment avec la mise en place d'une la ligne de BRT peut-elle entrainer une diminution de consommation de carburant et la réduction des émissions de CO² dans l'air ce qui va entrainer une amélioration de la qualité de l'air dans la zone du projet.

Ci-dessous nous trouvons d'autres impacts positifs identifier.

❖ **Impacts positifs**

- Amélioration de la qualité, du confort dans le transport
- Amélioration de la fluidité routière
- Améliorer la mobilité urbaine
- La réduction du temps de trajet
- Réduction des nuisances sonore
- Meilleurs accès aux services sociaux de base
- Embellissement de l'espace
- Une réduction du nombre de passager dans les bus
- Réduction du nombre d'accident

❖ **Impacts négatifs**

- Perte de revenus pour les entrepreneurs du secteur informel déplacés
- Mauvaise gestion du pack de batteries

VI.3. Les mesures d'atténuation

❖ **Les mesures d'atténuation de l'installation de la base du chantier**

En ce qui concerne l'installation du chantier l'entreprise devra prendre un certain nombre de dispositions que sont :

- Drainage des eaux sur l'ensemble de la base pour éviter les eaux de stagnation ;
- Stationnement des engins et machines à moteur en dehors des périodes de travail sur des aires spécialement aménagées ;
- Matérialisation et signalisation des zones de stationnement.

❖ **Mesures relatives à la protection de l'air**

Pour atténuer la pollution de l'air pendant les travaux, les exécutants devront :

- Arroser au moins deux fois par jour la plate-forme servant de circulation aux véhicules et aux engins ;
- Respecter les normes d'entretien en vigueur afin de garantir, le respect des normes d'émission gazeuses en vigueur.

❖ **Mesures relatives à la réduction des nuisances sonores**

Pour réduire les nuisances sonores l'entreprise devra :

- Utiliser des engins et équipements de bonne qualité et émettant peu de bruits ;
 - Identifier les zones d'émergence des pollutions sonores et prendre toutes les dispositions qui s'imposent aussi bien au niveau de l'organisation du chantier qu'au niveau des équipements utilisés.
- **Mesures relatives à la préservation de la qualité du cadre de vie**

Pour préserver un cadre de vie sain pendant les travaux il faudra suivre la mesure suivante :

- Eviter les dépôts des matériaux d'excavation, de déblais, et les débris végétaux aux abords des quartiers.

❖ **Mesures relatives au maintien du trafic sur le long de l'itinéraire de construction**

Pour maintenir le trafic pendant toute la durée des travaux l'entreprise devra :

- Travailler en demie chaussée sur tout le long des itinéraires pour éviter la création de multiples voies de déviation à travers les quartiers environnant ;
- Aménager des déviations pour maintenir la circulation des véhicules de transport et des populations.

❖ **Mesures relatives à la Sécurité sur le chantier**

En vue de prévenir les accidents sur le chantier l'entreprise doit :

- Prévoir des panneaux de signalisation sur le chantier, aux carrefours importants sur l'itinéraire du projet ;
- Doter tous les travailleurs du chantier des équipements de protection individuelle ;
- Organiser des campagnes de sensibilisation sur la sécurité routière et la sécurité sur le chantier.

❖ **Mesures de prévention des risques de propagation du coronavirus**

Afin de prévenir la propagation du coronavirus lors des travaux il faudra :

- Sensibiliser les populations riveraines et les employés du chantier sur le coronavirus ;
- Distribuer et exiger le port obligatoire du masque pour tous les travailleurs du chantier ;

❖ **Mesures relatives aux expropriations et à la destruction des sites sacré**

Afin de répondre aux attentes des population expropriées lors des travaux il faudra :

- Organiser des rencontres avec les populations a exproprié sur l'intérêt qu'a le projet sur l'amélioration de leur cadre de vie.
- Prévoir des terrains de relocalisation des expropriés ou leur verser des sommes d'argents en fonction des terres impactées par le projet

VII. ETUDE FINANCIERE

Il est important d'observer que le coût d'entretien annuel de l'infrastructure est estimé à 1,4% du coût d'infrastructure.

Pour notre devis, nous avons regroupés les travaux à réaliser pour l'aménagement du tronçon en plusieurs postes comme suit :

- Poste 100 : Installations de chantier ;
- Poste 200 : Travaux préparatoires
- Poste 300 : terrassements
- Poste 400 : Chaussée ;
- Poste 500 : assainissement ;
- Poste 600 : Signalisations – Sécurité ;
- Poste 700 : Mesures environnementales et sociales.

Le

Tableau 29 et Tableau 30 suivant récapitule le coût de réalisation de chaque poste de travail

Tableau 29: Estimation du coût du projet variante 1 et 2

BRT en chaussée bitumineuse épaisse		
Poste	Désignation	Montant
100	Installation de chantier	974 000 000
200	Travaux préparatoires	770 000 000
300	Terrassements	368 143 440
400	Chaussées	7 830 229 600
500	Assainissement	1 740 362 000
600	Signalisation et sécurité	3 708 000 000
800	Mesures environnementales et sociales	115 800 000
Total hors taxe		15 506 535 040
Montant de la TVA 18%		2 791 176 307
Montant TTC		18 297 711 347
Coût kilométrique		1 742 639 176

Le tableau ci-dessus nous présente le montant globale de chaque poste de travail à exécuter, ces montants sont dus à la multiplication de leurs coûts unitaire a la quantité de travail a exécuté

par poste ce qui nous a permis d'avoir le cout global de chaussée bitumineuse épaisse.

BRT en béton armé continue		
100	Installation de chantier	974 000 000
200	Travaux préparatoires	770 000 000
300	Terrassements	368 143 440
400	Chaussées	9 223 914 000
500	Assainissement	1 740 362 000
600	Signalisation et sécurité	3 708 000 000
800	Mesures environnementales et sociales	115 800 000
Total hors taxe		16 900 219 440
Montant de la TVA 18%		3 042 039 499
Montant TTC		19 942 258 939
Coût kilométrique		1 899 262 756

Le tableau ci-dessus nous présente le montant globale de chaque poste de travail à exécuter, ces montants sont dus à la multiplication de leurs coûts unitaire a la quantité de travail a exécuté par poste ce qui nous a permis d'avoir le cout global de chaussée bitumineuse épaisse.

Tableau 30: Récapitulatif du coût financier des deux variantes de chaussée

		BRT en chaussée bitumineuse épaisse	BRT en béton armé continue
Poste	Désignation	974 000 000	974 000 000
100	Installation de chantier	974 000 000	974 000 000
200	Travaux préparatoires	770 000 000	770 000 000
300	Terrassements	368 143 440	368 143 440
400	Chaussées	7 830 229 600	9 223 914 000
500	Assainissement	1 740 362 000	1 740 362 000
600	Signalisation et sécurité	3 708 000 000	3 708 000 000
800	Mesures environnementales et sociales	115 800 000	115 800 000
Total hors taxe		15 506 535 040	16 900 219 440
Montant de la TVA 18%		2 791 176 307	3 042 039 499
Montant TTC		18 297 711 347	19 942 258 939

Coût kilométrique	1 742 639 176	1 899 262 756
--------------------------	----------------------	----------------------

Le tableau ci-dessus nous présente la différence des montants entre la chaussée bitumineuse épaisse et la chaussée en béton armé.

Les calculs détaillés pour cette section sont présentés en ANNEXE 6

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Le but principal de ce travail était de proposer une étude technico-économique de l'aménagement de deux variantes de voirie urbaine en site propre de la ligne du bus rapid transit reliant les communes de Yopougon et Bingerville. Plusieurs points ont été abordés.

Il s'agit des études géotechniques, du dimensionnement de la chaussée, de l'étude hydrologiques et hydrauliques, du dimensionnement structural des ouvrages, de l'étude financière.

D'abord les études géotechniques nous ont permis de connaître les caractéristiques géotechniques des matériaux de sols existants dans la zone d'étude.

Ensuite le choix de nos types de structures s'appuie sur des objectifs de durabilité et de niveau de service particulièrement élevés compte tenu de l'importance des voies et du niveau de trafic. Ces critères se traduisent en termes de durée de service, de sécurité (adhérence-uni), de confort (uni) et de limitation de la gêne à l'usager due aux travaux d'entretien.

Cela nous a conduit à envisager seulement deux variantes de structures de chaussée dont la première variante est une structure de chaussée en béton bitumineux épais dont L'ajustement de cette variante nous a permis de retenir 8 cm de béton bitumineux comme revêtement, 12 cm de grave bitume de classe 3 pour la couche de base et 12 cm de grave bitume de classe 3 en couche de fondation en zone courante et 8 cm de béton bitumineux comme revêtement, 12 cm de grave bitume de classe 3 pour la couche de base et 13 cm de grave bitume de classe 3 en couche de fondation en zone d'arrêt.

Ensuite une seconde variante qui est une structure en Béton Armé Continu dont L'ajustement de cette variante nous a permis de retenir en Couche de Revêtement et base **19 cm Béton armé continu** et une Couche de fondation : **17 cm Béton maigre de classe 2** en zone courante comme en zone d'arrêt.

De plus les études hydrologiques menées avec une période retour de 10 ans, nous ont permis d'obtenir des caniveaux de section 50cm *70cm et 40cm * 40cm. Les méthodes hydrauliques ont permis de donner des dimensions optimales à nos ouvrages, puis de procéder à un dimensionnement structural qui a permis d'établir les plans nécessaires à la construction de ces ouvrages.

Enfin les études financières de notre projet ont montré que le coût d'investissement de la chaussée en Béton Armé Continu est nettement plus importante que celui d'une chaussée bitumineuse épaisse et est plus rentable dans le temps car elle nécessite moins d'entretien à la longue.

Au vu des différents résultats fournis, on peut donc dire que nos objectifs de stage et d'étude énoncés plus haut ont été atteints. La réalisation de ce projet jusqu'à son terme fera de la ville d'Abidjan sera une zone d'épanouissement socio-économique, et l'accès de la ville aux marchés intérieures comme aux marchés internationaux sera plus aisé ainsi que la mobilité des personnes et celle des marchandises.

Cependant pour assurer la pérennité de cette route, l'Etat doit respecter les périodes d'entretien et sensibiliser les populations sur les actions de nature destructrice.

A l'issu du travail réalisé nous proposons quelques recommandations à savoir :

- ✚ Exiger une étude de trafic complète avant tous projets d'aménagements routiers ;
- ✚ Prendre en compte les réalités que vive aux quotidiens les populations d'Abidjan en matière de déplacement pour le dimensionnement de la flotte affecté à ce trafic.
- ✚ Organiser la campagne de reconnaissance du sol en place de façon à ce que les sondages géotechniques se fassent à intervalle régulier de 100 à 250 m ;
- ✚ Rendre plus souple la politique de confidentialité de l'entreprise afin que certaines données soit accessibles aux stagiaires

BIBLIOGRAPHIE

- 1 SETRA (1994). Conception et Dimensionnement Des Structures de chaussée, rapport,260p.
- 2 SETRA (1998). Catalogue des structures de chaussées neuves, rapport ,321p.
- 3 SETRA (2000). Guide technique de Réalisation des remblais et des couches de forme, 2ème Edition, Fascicule I, Principes généraux,98p
- 4 SETRA (2000). Guide technique des chaussées en béton, rapport,134p
- 5 JICA (2015). Schéma directeur d'urbanisme du grand Abidjan et autres travaux du projet, VOLUME II,508p.
- 6 CERTU (2005). Bus à Haut Niveau de Service, Concept et Recommandations, rapport.
- 7 CERTU (2006). Chaussées bus, choix des matériaux et dimensionnement structurel, rapport,73p.
- 8 CERTU (2009). *Tramway et Bus à Haut Niveau de Service (BHNS) En France*, article n°203, 12p.
- 9 Dave Spooone (2019). Les bus à haut niveau de service (brt) et la formalisation des transports publics informels guide de négociation syndicale, rapport,58p
- 10 Jeuffroy G et Sauterey R (1991). Dimensionnement des chaussée,2ème édition, Ecole des ponts et chaussé.
- 11 LECAT (2021). Rapport d'études Géotechniques de La Première Ligne Structurante d'Abidjan (Ligne YOPOUGON-BINGERVILLE) rapport,130p.
- 12 LOGIT/ SPEA/ BPL (2020). Rapport définitif de l'étude du choix de l'offre de Service (Design Conceptuel), rapport n°7, 253p.
- 13 Nguyen VAN TUU et Bernard LEMOINE (1981). Hydraulique Routière, Ministère de La Coopération et Du Développement de La République Française, rapport, 347p.
- 14 Sakho et Kemajou (2018). Villes africaines : mobilités et transports urbains,rapport, 45p.
- 15 Sébastien GALOYER (2014). Insertion d'un BHSN Dans Un Site Contraint. CNAM, mémoire,109p.

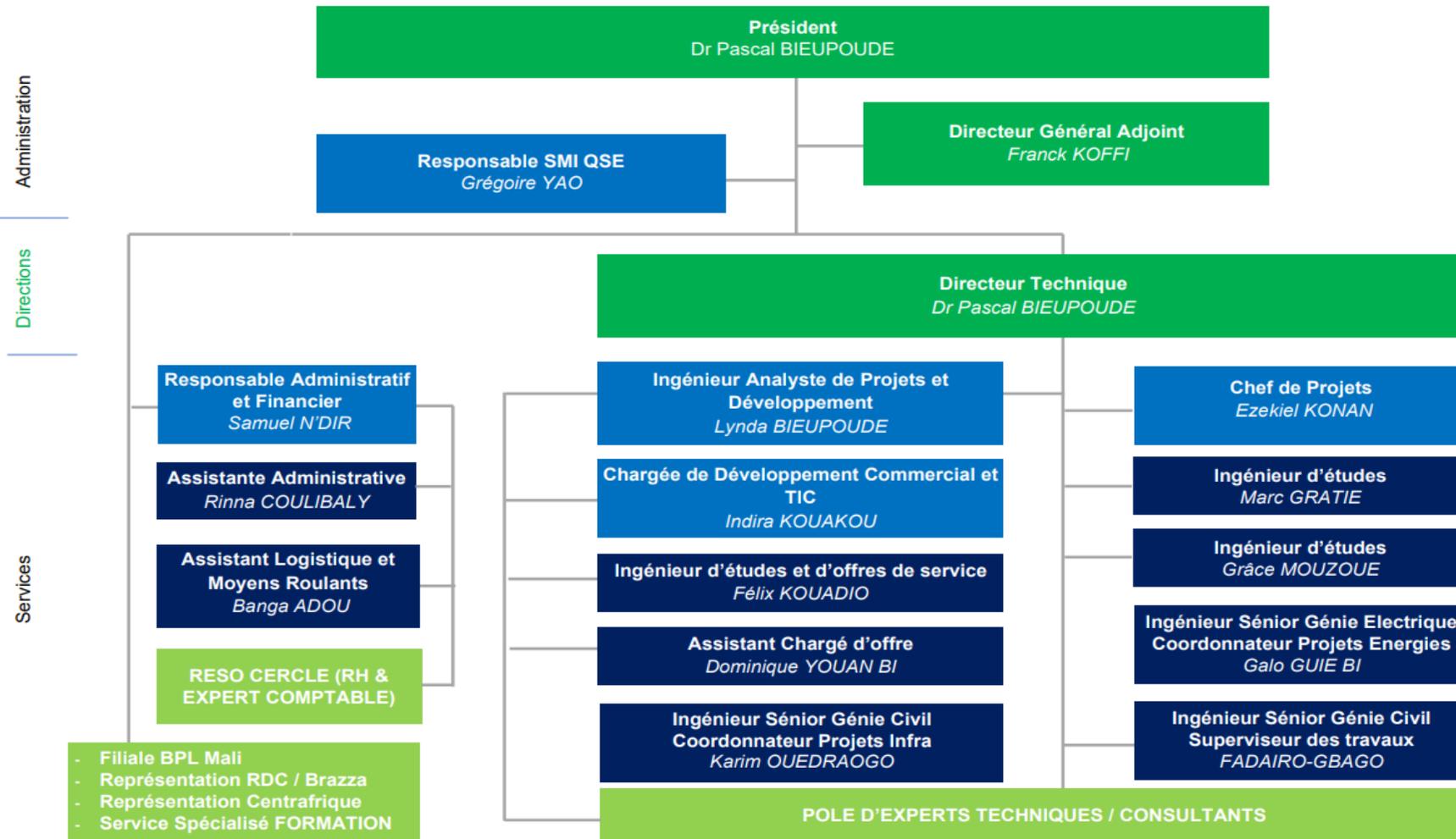
COURS CONSULTÉS

- 1 Adamah MESSAN, *Cours de béton armé 1 et 2*, Institut International d'ingénierie de l'eau et de l'environnement, Ouagadougou, 2016.
- 2 Adamah MESSAN, *Cours de béton armé 3*, Institut International d'ingénierie de l'eau et de l'environnement, Ouagadougou, 2014.
- 3 Angelbert Chabi BIAOU, *Cours de calcul et conception des ouvrages hydrauliques*, Institut International d'ingénierie de l'eau et de l'environnement, Ouagadougou, 2015.

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1: ORGANIGRAMME DU BPL	ii
ANNEXE 2: LES SERVICES DU BRT	iii
ANNEXE 3: LES RESULTATS GEOTECHNIQUE.....	v
ANNEXE 4: DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL	xviii
ANNEXE 5: CALCUL CANIVEAU 50cm X 70cm.....	xxxvi
ANNEXE 6 : ESTIMATION DU COUT FINANCIER.....	xlii

ANNEXE 1: ORGANIGRAMME DU BPL



ANNEXE 2: LES SERVICES DU BRT

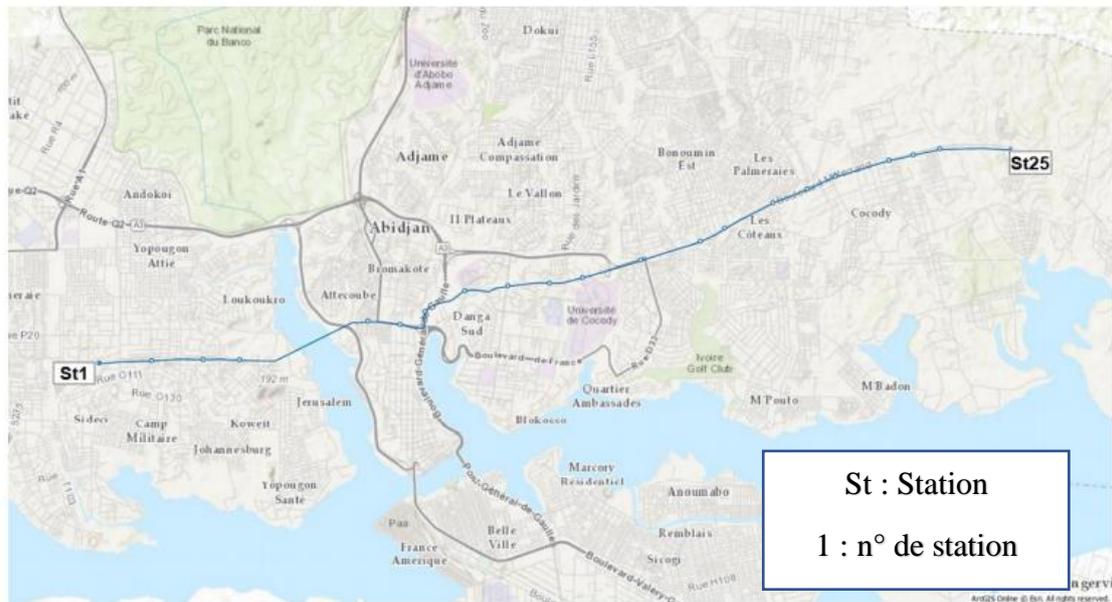


Figure I : Le service 1 est le service local des stations 1 à 25

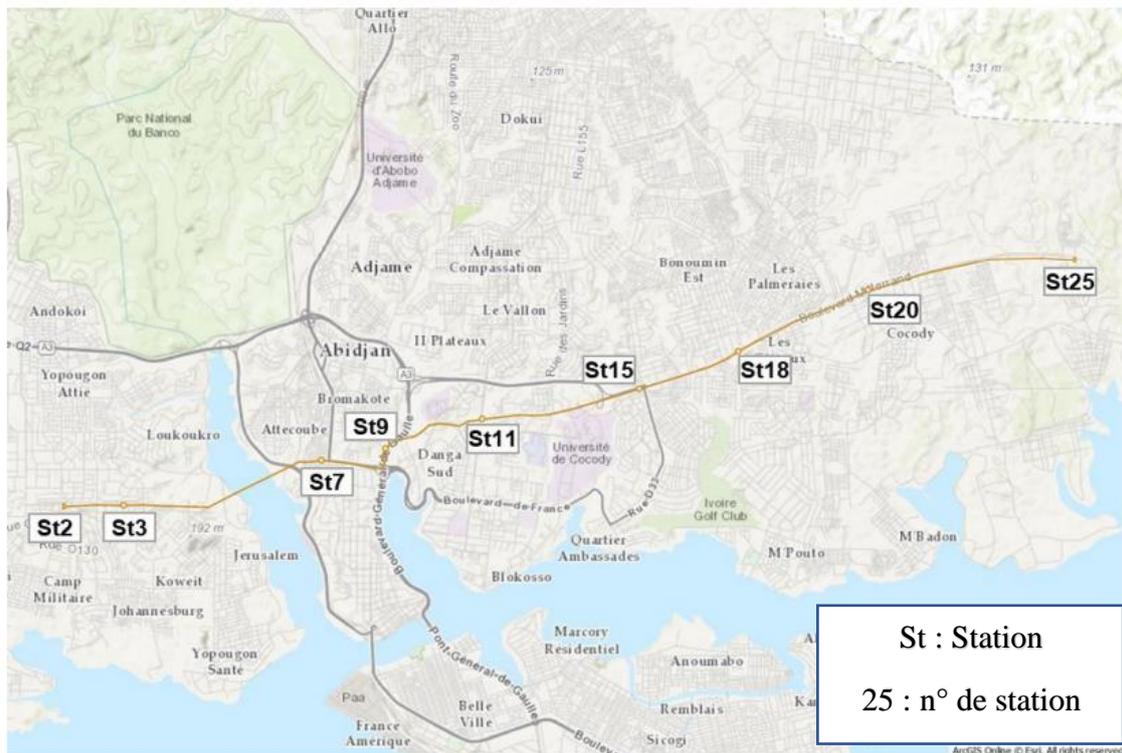


Figure II : Le Service 2 est une ligne express qui s'arrête à 9 des 21 stations du couloir

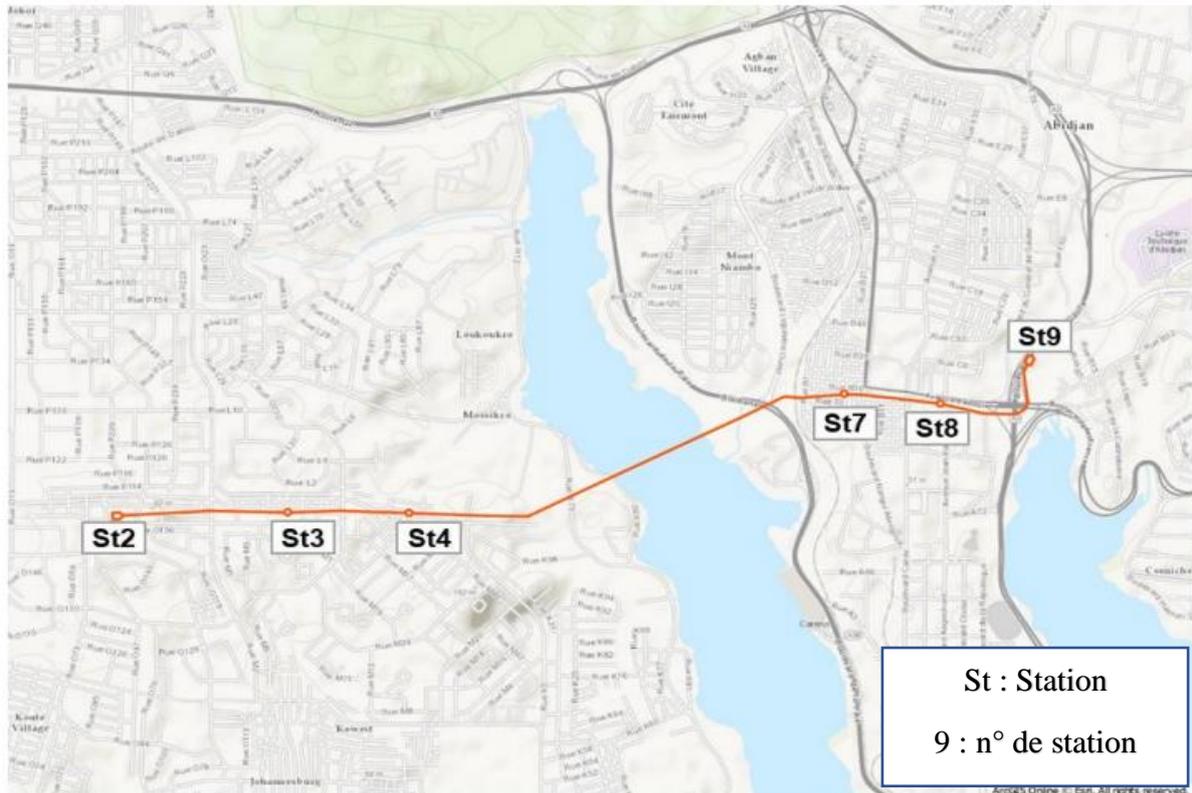


Figure III : Le service 3 est une ligne express qui parcourt les tronçons des stations 2 à 9

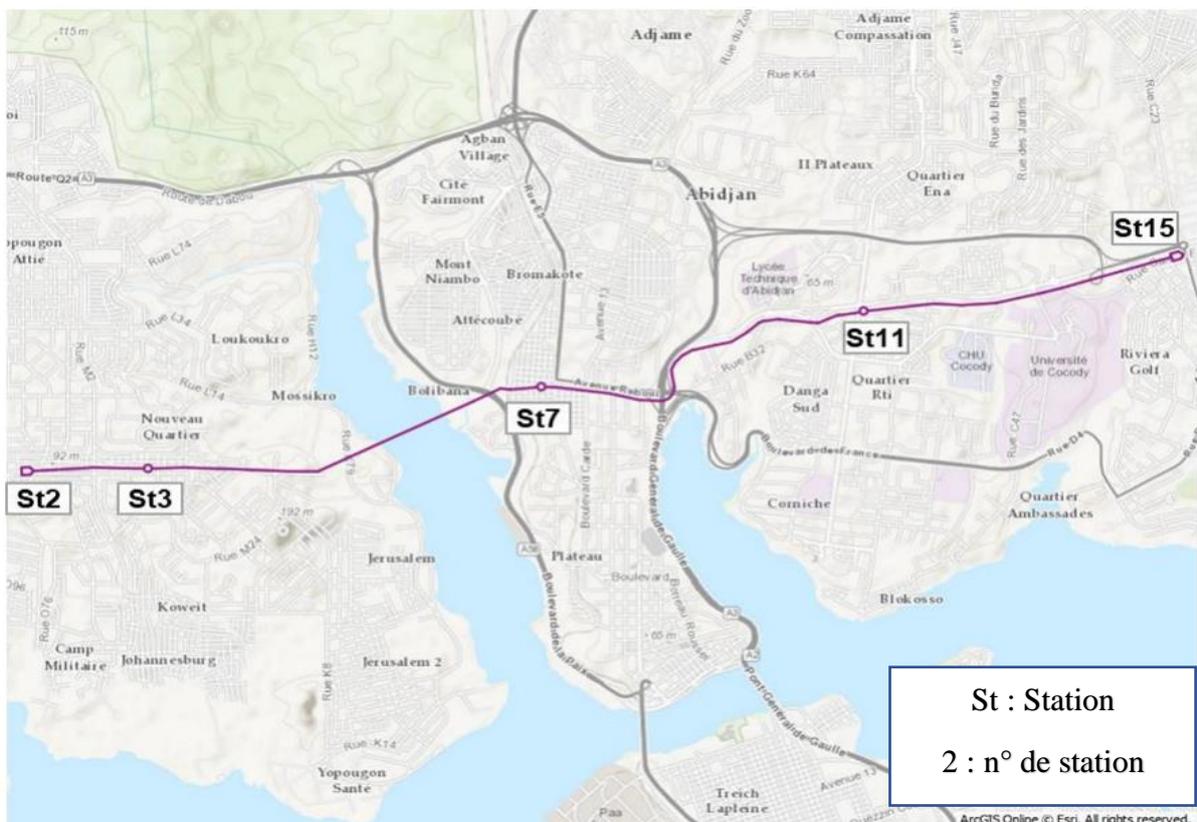


Figure IV : Le service 4 est une ligne express qui parcourt les tronçons des stations 2 à 15

ANNEXE 3: LES RESULTATS GEOTECHNIQUE

❖ RESULTATS DES INVESTIGATIONS DE LA SECTION ADJAME 1

Tableau I : Récolte des données in situ

0-5 m		Remblai de sable argileux/ Sable argileux orange fanfare
5 - 10 m		Sable argileux orange fanfare
10 -15 m		Sable fin à grossier
15 - 20 m		Sable fin
20 - 25 m		Sable fin
25 - 30 m		Sable fin

Tableau II : Identification des couches au labo

STATION 8						
SONDAGE	PROF (m)	Wn (%)	Analyse Granulométrique		C-GTR	TYPE DE MATERIEAU
			Dmax (mm)	%fines		
SPT/STATION 8	12.00-13.00	2.62	2	12.71	B6	Sable argileux avec fines.
	13.00-14.00	3.71	2	14.75	B6	Sable argileux avec fines.
	14.00-15.00	2.65	2	12.12	B6	Sable argileux avec fines.
	15.00-16.00	1.81	2	5.82	B2	Sable argileux avec fines.
	16.00-17.00	1.47	2	5.96	B2	Sable argileux avec fines.
	17.00-18.00	4.50	2	8.51	B2	Sable argileux avec fines.
	18.00-19.00	2.44	2	8.42	B2	Sable argileux avec fines.
	19.00-20.00	14.19	2	11.52	B2	Sable argileux avec fines.
	20.00-21.00	15.30	2	13.35	B6	Sable argileux avec fines.
	21.00-22.00	15.84	2	7.98	B2	Sable argileux avec fines.
	22.00-23.00	14.35	2	8.35	B2	Sable argileux avec fines.
	23.00-24.00	15.79	2	13.55	B6	Sable argileux avec fines.
	24.00-25.00	16.33	1	18.18	B6	Sable argileux avec fines.
	25.00-26.00	12.88	2	14.43	B6	Sable argileux avec fines.
	26.00-27.00	14.01	2	13.08	B6	Sable argileux avec fines.
	27.00-28.00	14.71	2	15.19	B6	Sable argileux avec fines.
	28.00-29.00	13.49	2	19.26	B6	Sable argileux avec fines.
29.00-30.0	14.01	2	18.17	B6	Sable argileux avec fines.	

Tableau III : Récapitulatif général des investigations géotechniques de la section Adjamé₁

PROF. m	COUPE	CLASSE GTR et Dénomination EN 14688	ÉPAIS	SPT	VALEURS AU		OBSERVATION NFP 94-011
			S.	VALEUR N	Vitesse	Module	
			m				Couche lâche avec un CBR in situ de
0-2		Remblai de sable argileux	2,00	N<4			Couche de sol pouvant être considérée comme TRES LACHE
2-7		Sable argileux orange fanfare de classe B2 à B6	5.00	4<N<10			Couche de sol pouvant être considérée comme LACHE
7-25		Sable argileux orange fanfare de classe B2 à B6	18.00	10<N<30			Couche de sol pouvant être considérée comme MOYENNEMENT DENSE avec la nappe phréatique autour de 20 m
25-30		Sable argileux rose saumon de classe B6	7.00	30<N<50			Couche de sol pouvant être considérée comme DENSE ou COMPACTE

❖ RESULTATS DES INVESTIGATIONS DE LA SECTION ADJAME 2

Tableau IV : Récolte des données in situ de la section Adjamé 2

0-5 m		Sable argileux rougeâtre/ Sable fin blanchâtre/ Vase +sable fin blanchâtre vase / Sable fin grisâtre blanchâtre
5 - 10 m		Sable fin grisâtre blanchâtre/ Sable fin blanchâtre à jaunâtre/ Matériau vaseux
10 -15 m		Matériau vaseux avec intercalation de sable fin blanchâtre jaunâtre à brun
15 - 20 m		Sable fin peu argileux brun/ Sable fin à moyen brun
20 - 25 m		Sable fin rose saumon/Sable fin jaunâtre grisâtre
25 - 30 m		Sable fin rose saumon

Tableau V : Identification des couches au labo

STATION 9-1						
SONDAGE	PROF (m)	Wn (%)	Analyse Granulométrique		C-GTR	TYPE DE MATERIEAU
			Dmax (mm)	%fines		
SPT/STATION 9-1	100-2.00	5.28	2	2.07	B2	Sable argileux avec fines.
	2.00-3.00	16.96	16	11.68	B2	Sable argileux avec fines.
	3.00-4.00	-	-	-	-	-
	4.00-5.00	14.06	1	9.06	B2	Sable argileux avec fines.
	5.00-6.00	19.57	1	3.1	B2	Sable argileux avec fines.
	6.00-7.00	19.96	1	3.87	B2	Sable argileux avec fines.
	7.00-8.00	20.96	1	3.24	B2	Sable argileux avec fines.
	8.00-9.00	53.61	0.5	49.57	A4	Sable argileux avec fines.
	9.00-10.00	71.61	0.5	71.04	A4	Sable argileux avec fines.
	10.00-11.00	74.74	0.4	83.13	A4	Sable argileux avec fines.
	11.00-12.00	65.15	1	54.12	A4	Sable argileux avec fines.
	12.00-13.00	74.09	2	25.79	B6	Sable argileux avec fines.
	13.00-14.00	28.12	1	18.23	B6	Sable argileux avec fines.
	14.00-15.00	20.58	1	16.21	B6	Sable argileux avec fines.
	15.00-16.00	16.52	1	18.92	B6	Sable argileux avec fines.
	16.00-17.00	15.37	2	9.84	B2	Sable argileux avec fines.
	17.00-18.00	21.25	2	5.51	B2	Sable argileux avec fines.
	18.00-19.00	14.93	2	11.05	B2	Sable argileux avec fines.
	19.00-20.00	14.12	2	8.68	B2	Sable argileux avec fines.
	20.00-21.00	16.57	1	10.73	B2	Sable argileux avec fines.
21.00-22.00	18.97	1	6.93	B2	Sable argileux avec fines.	
22.00-23.00	16.79	2	8.31	B2	Sable argileux avec fines.	
23.00-24.00	12.98	1	13.25	B6	Sable argileux avec fines.	
24.00-25.00	18.76	1	7.56	B2	Sable argileux avec fines.	

Tableau VI : Récapitulatif général des investigations géotechniques de la section Adjamé 2

PROF. m	COUPE	CLASSE GTR et Dénomination EN 14688	EPAIS S.	SPT	VALEURS AU DH		OBERVATION NFP 94-011
			m	VALEUR N	Vitesse	Module	
0-2		Couche de sol argileuse noirâtre	2,00	N<4			Couche de sol pouvant être considérée comme TRES LACHE
2-7		Sable argileux orange fanfare de classe B2	5.00	4<N<10			Couche de sol pouvant être considérée comme LACHE avec la nappe autour de 3 m
7-17		Mélange de sable et vase	10.00	N<4			Couche TRES LACHE
17-25		Sable argileux orange fanfare de classe B2	8.00	10<N<30			Couche de sol pouvant être considérée comme MOYENNEMENT DENSE
25-30		Sable argileux rose saumon de classe B6	5.00	30<N<50			Couche de sol pouvant être considérée comme DENSE ou COMPACTE

❖ RESULTATS DES INVESTIGATIONS DE LA SECTION CARREFOUR INDENIE A LYCEE TECHNIQUE 1

Tableau VII : Récolte des données in situ de la section carrefour indenie a lycée technique 1

0-5 m		Sable argileux orange fanfare
5 - 10 m		Sable argileux orange fanfare
10 -15 m		Sable fin
15 - 20 m		Sable fin
20 - 30 m		Sable fin

Tableau VIII : Identification des couches au labo

STATION 10						
SONDAGE	PROF (m)	Wn (%)	Analyse Granulométrique		C-GTR	TYPE DE MATERIEAU
			Dmax (mm)	%fines		
SPT /STATION 10	8.00-9.00	2.09	2	6.15	B2	Sable argileux avec fines.
	9.00-10.00	3.17	2	9.39	B2	Sable argileux avec fines.
	10.00-11.00	5.27	2	12.63	B6	Sable argileux avec fines.
	11.00-12.00	3.58	2	13.92	B6	Sable argileux avec fines.
	12.00-13.00	3.28	2	8.74	B2	Sable avec fines.
	13.00-14.00	3.39	2	13.87	B6	Sable argileux avec fines.
	14.00-15.00	3.10	1	8.7	B2	Sable argileux avec fines.
	15.00-16.00	3.67	2	11.71	B2	Sable argileux avec fines.
	16.00-17.00	5.49	1	18.96	B6	Sable argileux avec fines.
	17.00-18.00	7.92	2	18.5	B6	Sable argileux avec fines.
	18.00-19.00	12.44	2	19.68	B6	Sable argileux avec fines.
	19.00-20.00	14.97	2	10.27	B2	Sables argileux avec fines.

Tableau_IX : Récapitulatif général des investigations géotechniques de la section carrefour indenie a lycée technique 1

PROF. m	COUPE	CLASSE GTR et Dénomination EN 14688	ÉPAIS S.	SPT	VALEURS PRESSIO (MPa)			OBERVATION NFP 94-011
			m	VALEUR N		PLn		
0-1		Terre végétale	1,00	4<N<10			1	Couche lâche avec un CBR in situ de 20
1-9		Sable argileux rouge fanfare	8.00	10<N<30			0.5<PI<1	Couche moyennement dense
9-24		Sable fin	15.00	10<N<30			1<PI<2	Couche moyennement dense avec la nappe autour de 20 m
24-30		Sable fin	6.00	30<N<50			>2	Couche dense

❖ RESULTATS DES INVESTIGATIONS DE LA SECTION CARREFOUR INDENIE A LYCEE TECHNIQUE 2

Tableau_X : Récolte des données in situ de la section carrefour indenie a lycée technique 2

0-5 m		Remblai de gravats
5 - 10 m		Sable argileux noirâtre
10 -15 m		Sable argileux orange fanfare
15 - 20 m		Sable fin
20 - 30 m		Sable fin avec quelques éléments grossier

TABLEAU XI : Identification des couches au labo

STATION 11						
SONDAGE	PROF (m)	Wn (%)	Analyse		C-GTR	TYPE DE MATERIEAU
			Granulométrique			
			Dmax (mm)	%fines		
	2.00-3.00	11.60	1	28.92	B6 ts	Sable argileux avec fines, plastiques.
	3.00-4.00	11.44	1	22.04	B6 ts	Sable argileux avec fines, plastiques.
	4.00-5.00	14.53	1	24.80	B6 ts	Sable argileux avec fines, plastiques.
	5.00-6.00	14.43	2	31.07	B6 ts	Sable argileux avec fines, plastiques.
SPT /STATION 11	6.00-7.00	17.20	1	33.06	B6 ts	Sable argileux avec fines, plastiques.
	7.00-8.00	13.47	1	34.16	B6 ts	Sable argileux avec fines, plastiques.
	8.00-9.00	9.90	1	35.08	A3 ts	Sable argileux avec fines, plastiques.
	9.00-10.00	12.22	1	32.21	B6 ts	Sable argileux avec fines, plastiques.
	10.00-11.00	12.57	1	33.53	B6 ts	Sable argileux avec fines, plastiques.
	11.00-12.00	11.75	1	38.50	A3 ts	Sable argileux avec fines, plastiques.
	12.00-13.00	13.93	1	37.20	A3 ts	Sable argileux avec fines, plastiques.
	13.00-14.00	12.58	2	33.83	B6 ts	Sable argileux avec fines, plastiques.
	14.00-15.00	12.95	1	32.41	B6 ts	Sable argileux avec fines, plastiques.
	15.00-16.00	9.11	5	23.52	B6 ts	Sable argileux avec fines, plastiques.
	16.00-17.00	8.36	2	19.91	B6 ts	Sable argileux avec fines, plastiques.
	17.00-18.00	5.17	2	13.29	B6	Sable avec fines.
	18.00-19.00	5.07	2	11.09	B2	Sable avec fines.
19.00-20.00	4.76	2	12.27	B6	Sable avec fines.	

❖ RESULTATS DES INVESTIGATIONS DE LA SECTION LYCEE TECHNIQUE A CARREFOUR FEH KESSE 1

Tableau XII : Récolte des données in situ de la section lycée technique a carrefour fêh késsé 1

0-5 m		sable noirâtre/ sable argileux orange fanfare
5 - 10 m		sable argileux orange fanfare
10 -15 m		sable argileux orange fanfare
15 - 20 m		sable argileux orange fanfare
20 - 25 m		Grès ferrugineux, sable argileux + grave rougeâtre/ sable argileux rougeâtre/
25 - 30 m		sable fin + sable argileux/ sable fin

Tableau_XIII : Réalisation des essais de laboratoire

STATION 13						
SONDAGE	PROF (m)	Wn (%)	Analyse Granulométrique		C-GTR	TYPE DE MATERIEAU
			Dmax (mm)	%fines		
SPT/STATION 13	24.00-25.00	11.35	1	17.42	B6	Sable argileux avec fines.
	25.00-26,00	8.57	2	19.46	B6	Sable argileux avec fines.
	26.00-27.00	7.19	2	13.13	B6	Sable argileux avec fines.
	27.00-28.00	6.85	2	16.3	B6	Sable argileux avec fines.
	28.00-29.00	5.22	1	6.51	B6	Sable argileux avec fines.

Tableau XIV : Récapitulatif général des investigations géotechniques de la section lycée technique a carrefour fêh kessé 1

PROF. m	COUPE	CLASSE GTR et Dénomination EN 14688	EPAIS S. m	SPT	VALEURS PRESSIO (MPa)		OBERVATION NFP 94-011
				VALEUR N	PLn		
0-1		Terre végétale	1,00	N<4		0.39	Couche lâche avec un CBR in situ de 35
1-20		Sable argileux rouge fanfare	19.00	4<N<10		0.5<PI<1	Couche lâche
20-25		Sable fin	5.00	10<N<30		1<PI<2	Couche moyennement dense
25-30		Sable fin	5.00	30<N<50		1<PI<2	Couche dense

❖ RESULTATS DES INVESTIGATIONS DE LA SECTION LYCEE TECHNIQUE A CARREFOUR FEH KESSE 2

Tableau_XV : Récolte des données in situ de la section lycée technique a carrefour fêh 2

0-5 m		sable argileux plus béton noirâtre/ sable argileux variant de noirâtre a orange fanfare
5 - 10 m		sable argileux orange fanfare
10 -15 m		sable argileux variant de orange fanfare a noirâtre/ sable argileux orange fanfare
15 - 20 m		sable argileux orange fanfare /sable fin peu argileux
20 - 25 m		sable fin variant de brun beige à rose saumon
25 - 30 m		sable fin variant de brun beige à rose saumon

Tableau_XVI : Réalisation des essais de laboratoire

STATION 13-15						
SONDAGE	PROF (m)	Wn (%)	Analyse Granulométrique		C-GTR	TYPE DE MATERIEAU
			Dmax (mm)	%fines		
SPT/STATION 13-15	21.00-22.00	6.75	2	14.66	B6	Sable argileux avec fines.
	22.00-23.00	4.63	2	11.45	B2	Sable argileux avec fines.
	23.00-24.00	10.43	1	20.41	B6	Sable argileux avec fines.
	24.00-25.00	14.58	1	13.31	B6	Sable argileux avec fines.
	25.00-26.00	15.52	1	9.54	B2	Sable argileux avec fines.
	26.00-27.00	12.50	1	13.52	B6	Sable argileux avec fines.
	27.00-28.00	12.59	1	15	B6	Sable argileux avec fines.
	28.00-29.00	15.09	1	10.83	B2	Sable argileux avec fines.
	29.00-30.00	15.82	1	8.47	B2	Sables argileux avec fines.

Tableau XVII : Récapitulatif général des investigations géotechniques de la section lycée technique a carrefour fêh késsé 2

PROF. m	COUPE	CLASSE GTR et Dénomination EN 14688	ÉPAIS S.	SPT	VALEURS PRESSIO (MPa)		OBERVATION NFP 94-011
			m	VALEUR N	PLn		
0-1		Terre végétale + béton	1,00	4<N<10		0.7	Couche lâche avec un CBR in situ de 20
1-12		Sable argileux rouge fanfare	11.00	10<N<30		0.5<PI<1	Couche moyennement dense
12-21		Sable argileux orange fanfare	09.00	10<N<30		0.5<PI<1	Couche moyennement dense
21-30		Sable beige	9.00	10<N<30		1<PI<2	Couche moyennement dense avec la nappe autour de 24 m

❖ RESULTATS DES INVESTIGATIONS DE LA SECTION LYCEE TECHNIQUE A CARREFOUR FEH KESSE 3

Tableau XVIII : Récolte des données in situ de la section lycée technique a carrefour fêh3

0-5 m		Sable argileux orange fanfare
5 - 10 m		Sable argileux orange fanfare
10 -15 m		Sable argileux orange fanfare
15 - 20 m		Sable argileux orange fanfare
20 - 25 m		Sable fin
25 - 30 m		Sable fin

Tableau_XIX : Réalisation des essais de laboratoire

STATION 19A						
SONDAGE	PROF (m)	Wn (%)	Analyse		C-GTR	TYPE DE MATERIEAU
			Dmax (mm)	%fines		
SPT/STATION 19A	17.00-18.00	6.87	1	12.43	B6	Sable argileux avec fines.
	18.00-19,00	5.17	2	19.84	B6	Sable argileux avec fines.
	19.00-20.00	6.07	1	19.72	B6	Sable argileux avec fines.
	20.00-21.00	6.24	1	11.89	B2	Sable argileux avec fines.
	21.00-22,00	5.21	2	9.26	B2	Sable argileux avec fines.
	25.00-26.00	-	-	-	-	-
	26.00-27,00	5.24	2	17.35	B6	Sable argileux avec fines.
	27.00-28.00	4.87	2	10.04	B2	Sable argileux avec fines.
	28.00-29.00	4.71	2	12.14	B6	Sable argileux avec fines.
	29.00-30.00	7.22	2	17.52	B6	Sable argileux avec fines.

Tableau_XX : Récapitulatif général des investigations géotechniques de la section lycée technique a carrefour fêh kessé 3

PROF. m	COUPE	CLASSE GTR et Dénomination EN 14688	ÉPAIS S.	SPT	VALEURS PRESSIO (MPa)		OBERVATION NFP 94-011
			m	VALEUR N	PLn		
0-18		Sable argileux orange fanfare	18,00	4<N<10	0.5 < PI < 1		Couche lâche avec un CBR in situ de 20
18-22		Sable Fin	4.00	30<N<50	1 < PI < 2		Couche de sable dense
22-27		Sable argileux orange fanfare	5.00	10<N<30	1 < PI < 2		Couche moyennement dense
27-30		Sable fin	3.00	30<N<50	1 < PI < 2		Couche de sable dense

❖ RESULTATS DES INVESTIGATIONS DE LA SECTION LYCEE TECHNIQUE A CARREFOUR FEH KESSE 4

Tableau XXI : Récolte des données in situ de la section lycée technique a carrefour fêh4

0-5 m		Sable argileux rougeâtre/ Sable fin blanchâtre/ Vase sable fin blanchâtre+ vaseux
5 - 10 m		Sable fin blanchâtre à jaunâtre/ Matériau vaseux
10 -15 m		Matériau vaseux avec intercalation de sable fin blanchâtre jaunâtre à brun/ Sable fin peu argileux brun
15 - 20 m		Sable fin à moyen brun/ Sable fin rose saumon
20 - 25 m		Sable fin rose saumon/ Sable fin jaunâtre grisâtre
25 - 30 m		Sable fin rose saumon

Tableau_XXII : Réalisation des essais de laboratoire

STATION 25						
SONDAGE	PROF (m)	Wn (%)	Analyse Granulométrique		C-GTR	TYPE DE MATERIEAU
			Dmax (mm)	%fines		
SPT 1	22.00-23.00	5.66	2	11.2	B2	Sable avec fines.
	23.00-24,00	5.91	1	12.23	B6	Sable avec fines.
	24.00-25.00	6.37	1	10	B2	Sable avec fines.
	25.00-26.00	6.61	1	10.5	B2	Sable avec fines.
	26.00-27.00	6.68	1	10.98	B2	Sable avec fines.
	27.00-28.00	4.69	1	2.32	B2	Sable avec fines.
	28.00-29.00	4.40	1	8.09	B2	Sable avec fines.
	29.00-30.00	5.84	2	9.63	B2	Sable avec fines.

Tableau XXIII : Récapitulatif général des investigations géotechniques de la section lycée technique a carrefour fêh késsé 4

PROF. m	COUPE	CLASSE GTR et Dénomination EN 14688	ÉPAIS S.	SPT	VALEURS PRESSIO (MPa)			OBERVATION NFP 94-011
			m	VALEUR N	Em	PLn		
0-1		Terre végétale	1,00	N<4	14	0.3		Couche très lâche avec un CBR in situ de 52
1-7		Sable argileux orange	6.00	4<N<10	16<E<20	0.5<PI<1		Couche lâche
7-25		Sable argileux orange	18.00	10<N<30	10<E<30	1<PI<2		Couche de sol Moyennement Dense
25-30		Sable fin blanchâtre à rose saumon	5.00	30<N<50	20	>2		Couche de sol DENSE

ANNEXE 4: DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL

❖ LE TRAFIC MOYEN JOURNALIER ANNUEL (MJA)

Le calcul du trafic pour le dimensionnement de la chaussée ne tient compte que du passage des bus. Nous calculerons le trafic en fonction du nombre moyen d'autobus susceptibles de prendre chaque voie de circulation. La voie de TCSP bus sera totalement affectée à la circulation des autobus. Un calcul moyen du nombre de passage journalier (MJA) de la future ligne du BRT (Bus Rapid Transit) sera nécessaire. Pour la détermination du trafic nous auront les hypothèses suivantes :

- **Demande journalière 2022 :283.500 passagers**
- **Bus 18m : 152 passagers/véhicule**
- **Nombre de jour de travail : 365 jours**
- **Heure de travail du BRT : 05h à 23h**
- **Heure de pointe du matin (HPM) :07h à 09h**
- **Heure de pointe du soir (HPS) :16h à 20h**
- **Heure creuse (HC) : 05h à 07h ,09h à 16h, et 20h à 23h**
- **Progression aux heures de pointe : 2 minutes**
- **Progression aux heures creuses : 3 minutes**
- **Flotte requise calculée pour le BRT (2022) : 122**
- **Année de mise en service du BRT :2022**
- **Année limite de dimensionnement de la flotte : 2030 avec 197 bus**
- **Fréquence de ligne**
 - **Service 1 (HPM – 31bus/h)**
 - **Service 2 (HPM – 19bus/h)**
 - **Service 3 (HPM – 25bus/h)**

Tableau_XXIV : Trafic moyen journalier des Bus du BRT

Service		1			2			3				
Période	Heure de travail (heure)	Nb bus/heure	Nb bus/jour	Nb bus/an	Heure de travail (heure)	Nb bus/heure	Nb bus/jour	Nb bus/an	Heure de travail (heure)	Nb bus/heure	Nb bus/jour	Nb bus/an
HPM	2	31	62	22630	2	19	38	13870	2	25	50	18250
HPS	4	31	124	45260	2	19	76	27740	2	25	100	36500
HC	12	62	744	271560	4	33	396	144540	4	27	324	118260
Total				339450				186150				173010
Trafic Journalier		930				510				474		

TMJA= 960PL/jour/sens

❖ POIDS DES VEHICULES

Les véhicules roulants qui équiperont la ligne du BRT seront de type standard urbain articulé d'une longueur de 18 mètres. Ces véhicules sont dotés de 3 essieux. Le poids total autorisé en charge (PTAC) pour ce type de véhicule est de 32 tonnes.

La répartition des charges entre les essieux sont réparties comme suit :

Essieu avant : 7,5 tonnes

Essieu milieu : 11,5 tonnes

Essieu arrière : 13 tonnes

❖ COEFFICIENT D'AGRESSIVITE (CAM)

Selon le CERTU : Les bus ne sont pas toujours pleins. Il y a une répartition de la charge dans la journée. Des analyses du trafic voyageurs doivent être faites si l'on veut des valeurs fiables. Cette répartition est fonction de chaque ligne. De même, la répartition du remplissage n'est pas la même entre le milieu d'une ligne et ses extrémités. En l'absence de données mesurées, on peut estimer que les bus circulent la moitié du temps à mi-charge, 1 /4 du temps pleins, et 1 /4 du temps vides (CERTU, 2005).

Le coefficient d'agressivité moyen (CAM) est le rapport entre le nombre de poids lourds et le nombre d'essieux équivalents de 13 tonnes. Ce coefficient dépend de la nature et de l'intensité du trafic, et aussi des matériaux composant la chaussée. Le CAM se calcule à partir des hypothèses de répartition des charges entre les essieux avant et arrière pour chaque hypothèse de remplissage des bus.

La formule du CAM est la suivante :

$$CAM = \frac{\sum \left(\frac{p}{13} \right)^\alpha}{n}$$

Avec :

p : le poids de l'essieu

n : le nombre de véhicule (n = 1)

α : coefficient en fonction de la structure.

α vaut 5 pour les structures bitumineuses et 12 pour les structures rigides

Les poids des essieux pour chaque période sont les suivants :

Tableau XXV : Poids des essieux

	Vide	Mi-charge	Chargé
Poids de l'essieu avant	6.5	7	7,5
Poids de l'essieu milieu	8.5	10	11
Poids de l'essieu arrière	9	11	13

- Matériaux bitumineux avec $\alpha=5$

CAM = CAM des bus circulant la moitié du temps à mi-charge

$$CAM_{mi - charge} = \frac{\left(\frac{P_{essieu\ avant}}{13}\right)^\alpha}{1} + \frac{\left(\frac{P_{essieu\ milieu}}{13}\right)^\alpha}{1} + \frac{\left(\frac{P_{essieu\ arri\ere}}{13}\right)^\alpha}{1}$$

$$CAM = \frac{\left(\frac{7}{13}\right)^5}{1} + \frac{\left(\frac{10}{13}\right)^5}{1} + \frac{\left(\frac{11}{13}\right)^5}{1}$$

$$CAM = 0,05 + 0,27 + 0,43$$

CAM = 0,75

Tableau XXVI : Coefficient d'agressivité moyen (CAM) matériaux bitumineux

	VIDE	MI-CHARGE	CHARGE
CAM essieu avant	0,03	0,05	0,06
CAM essieu milieu	0,12	0,27	0,54
CAM essieu arrière	0,16	0,43	1,00
CAM total	0,31	0,75	1,60

- Matériaux béton avec $\alpha=12$

$$CAM_{mi - charge} = \frac{\left(\frac{P_{essieu\ avant}}{13}\right)^\alpha}{1} + \frac{\left(\frac{P_{essieu\ milieu}}{13}\right)^\alpha}{1} + \frac{\left(\frac{P_{essieu\ arri\ere}}{13}\right)^\alpha}{1}$$

$$CAM = \frac{\left(\frac{7}{13}\right)^{12}}{1} + \frac{\left(\frac{10}{13}\right)^{12}}{1} + \frac{\left(\frac{11}{13}\right)^{12}}{1}$$

$$CAM = 0,0005 + 0,04 + 0,13$$

CAM = 0,17

Tableau XXVII : Coefficient d'agressivité moyen (CAM) matériaux en béton

	VIDE	MI-CHARGE	CHARGE
CAM essieu avant	0,0002	0,0005	0,0013
CAM essieu milieu	0,006	0,04	0,13
CAM essieu arrière	0,01	0.13	1,00
CAM total	0,07	0,17	1,13

❖ COEFFICIENT DE CANALISATION DU TRAFIC (KCANA)

Le calcul habituel des structures de chaussée prend pour hypothèse implicite le fait que la circulation est répartie transversalement sur une voie de 3,50 m. Dans le cas d'un bus en site propre ou sur une voie réservée d'une largeur plus étroite, les charges et les contraintes subies par la chaussée sont plus élevées que sur une voie de largeur standard.

Connaissant la répartition transversale du trafic sur une voie de 3,50 m, on peut calculer le rapport des endommagements entre la situation canalisée et la situation non canalisée.

Ce calcul dépend de la structure choisie, de la nature des matériaux et de leur épaisseur. Il varie aussi suivant l'intensité de la canalisation. Par souci de simplification, nous proposons d'utiliser un coefficient unique, quelle que soit la nature des matériaux de structure, bitumineux, traités aux liants hydrauliques ou béton : entre 1,0 pour un trafic non canalisé

($l = 3,50$ m) et 1,6 pour un trafic canalisé ($l = 3$ mètres) (CERTU, 2005).

Tableau XXVII : coefficient de canalisation du trafic

Coefficient de canalisation	Trafic non canalisé $l \geq 3,50$ m	Trafic semi-canalisé $3 \text{ m} < l < 3,50$ m	Trafic entièrement canalisé $l = 3$ m	Systèmes guidés
Section courante	1	1,3	1,6	2,0
Arrêts	2,0	2,0	2,0	2,5

Figure 12:Tableau récapitulatif du coefficient de canalisation

Nous avons une voie de 3,5m alors **B=1** pour la section courante et **B=2** zones d'arrêt

❖ DUREE DE SERVICE ET RISQUE DE CALCUL

La durée de service est la période pendant laquelle aucun entretien structurel n'est théoriquement à prévoir. Ce paramètre doit être couplé avec le risque de calcul, nous prendrons donc une durée de service de la même durée soit 20 ans.

Le facteur de cumul est calculé par la formule suivante :

$$C = d \times \left[1 + \frac{t \times (d - 1)}{2} \right]$$

Avec :

d = durée de service

t = taux de croissance annuel

Déterminons le taux annuel de croissance du trafic

En 2022 l'année de mise en service du BRT la flotte est estimée à 122 bus et à l'horizon 2030 avec une demande de 485000 passager/jour la flotte de bus est estimée à 197 bus

$$\alpha = \left(\frac{t_{2030} - t_{2022}}{8 * t_{2022}} \right) * 100$$

$$\alpha = \left(\frac{197 - 122}{8 * 122} \right) * 100$$

$$\alpha = 7,68\%$$

Alors le facteur de cumul C serait

$$C = d \left(1 + \frac{t * (d - 1)}{2} \right)$$

$$C = 30 \left(1 + \frac{0,0768 * (30 - 1)}{2} \right)$$

$$C = 63,41$$

❖ CALCUL DU NOMBRE D'ESSIEUX EQUIVALENTS NE

Suite à la détermination de tous les paramètres que nous avons exprimés ci-dessus, nous pouvons calculer le nombre d'essieux équivalents (NE) que la structure, pendant la durée de service, devra subir sans dommage.

La formule de calcul du NE est la suivante :

$$NE = MJA \times 365 \times C(d, t) \times CAM \times k(cana)$$

MJA = le trafic moyen journalier annuel sur la section à dimensionner

d = durée de service

t = taux de croissance annuel

CAM = coefficient d'agressivité moyen

k(cana) = coefficient de canalisation

❖ CHAUSSEE BITUMINEUSE EPAISSE

Zone courante

$$NE = 960 * 365 * 63,41 * 0,75 * 1$$

$$NE = 1,66 * 10^7$$

Zone courante

$$NE = 960 * 365 * 63,41 * 0,75 * 2$$

$$NE = 3,33 * 10^7$$

❖ CHAUSSEE EN BETON ARME CONTINUE

Zone courante

$$NE = 960 * 365 * 63,41 * 0,17 * 1$$

$$NE = 0,38 * 10^7$$

Zone courante

$$NE = 960 * 365 * 63,41 * 0,17 * 2$$

$$NE = 0,75 * 10^7$$

❖ CALCUL DES CONTRAINTES ET DEFORMATIONS DANS LA STRUCTURE DE CHAUSSEE AVEC LE LOGICIEL ALIZE-LCPC

✚ CALCUL DES DEFORMATIONS ET CONTRAINTES ADMISSIBLES

ZONE COURANTE

▪ Couche de roulement (béton bitumineux)

$$\varepsilon_{t,adm} = \varepsilon_6(10\text{ °C} ; 25\text{ Hz}) \times \sqrt{\frac{E(10\text{ °C} ; 10\text{ Hz})}{E(\theta_{eq} ; 10\text{ Hz})}} \times \left(\frac{NE}{10^6}\right)^b \times k_c \times k_r \times k_s$$

ε_6 : Niveau de déformation correspondant à 10^6 cycles de chargement

NE : Nombre d'essieux équivalents calculé à partir du trafic cumulé et du coefficient d'agressivité (CAM) ;

E (10 °C ; 10 Hz): Module du matériau à 10°C ;

E (θ_{eq} ; 10 Hz): Module du matériau à la température équivalente 30°C ;

b : pente de la droite de fatigue ;

Kc : coefficient de calage ;

Kr : coefficient de risque ;

Ks: coefficient de plate-forme.

✚ Valeur de ϵ_6

La valeur de ϵ_6 est prise égale à 100 pour le béton bitumineux.

✚ Valeur de b

La valeur de b est prise égale à -0,2 pour le béton bitumineux.

✚ Valeurs de $E(\theta^\circ\text{C})$ et de $E(\theta_{eq})$

La loi de fatigue est généralement établie expérimentalement pour une température de 10°C et une fréquence de 10 Hz, le module du béton bitumineux à cette température est :

$$E(10^\circ\text{C}; 10\text{ Hz}) = 7200\text{ MPa.}$$

Le comportement en déformation et à la fatigue des matériaux bitumineux variant avec la température, les niveaux de sollicitation et d'endommagement varient en cours d'année avec les cycles de température. Le calcul de dimensionnement est fait pour une température constante dite température équivalente. Dans notre zone de projet on retient usuellement une température équivalente de 30°C . Le module du béton bitumineux à cette température est : $E(30^\circ\text{C}) = 1300\text{ MPa}$

✚ Valeur de K_c

La valeur de K_c est prise égale à 1,1 pour le béton bitumineux.

✚ Valeur de K_s

La valeur de K_s est prise égale à 1/1,1 pour un PF2

✚ Valeur de K_r

$$K_r = 10^{-ub\delta}$$

u : variable centrée réduite associée au risque r ;

b : pente de la loi de fatigue du matériau ;

δ : écart-type de la distribution de $\log N$ à la rupture.

$$\text{On a: } \delta = (SN^2 + \left(\frac{c \cdot S_h}{b}\right)^2)^{0,5}$$

$SN = 0,25$ pour le béton bitumineux

$S_h = 1$ pour le béton bitumineux

Risque $r = 5\%$

$$u = -1,645$$

$$c = 2$$

$$\delta = \delta = (0,25^2 + \left(\frac{2 \cdot 0,01}{-0,20}\right)^2)^{0,5}$$

$$\delta = 0,269$$

Le coefficient Kr vaut :

$$K_r = 10^{-ub\delta}$$

$$K_r = 10^{-(1,645 \times (-0,20) \times 0,269)}$$

$$K_r = 0,815$$

$$\epsilon_{t,adm} = 100 * \left(\frac{1,66 \cdot 10^7}{10^6}\right)^{-0,2} * \left(\frac{7200}{1300}\right)^{0,5} * 1,1 * (1/1,1) * 0,815$$

$$\epsilon_{t,adm} = 120,6 \mu def$$

▪ Couche de base et fondation (Grave bitume gb3)

$$\epsilon_{t,adm} = \epsilon_6(10^\circ C ; 25 \text{ Hz}) \times \sqrt{\frac{E(10^\circ C ; 10 \text{ Hz})}{E(\theta_{eq} ; 10 \text{ Hz})}} \times \left(\frac{NE}{10^6}\right)^b \times k_c \times k_r \times k_s$$

ϵ_6 : Niveau de déformation correspondant à 10^6 cycles de chargement

NE : Nombre d'essieux équivalents calculé à partir du trafic cumulé et du coefficient d'agressivité (CAM) ;

E (10 °C ; 10 Hz): Module du matériau à 10°C ;

E (θ_{eq} ; 10 Hz): Module du matériau à la température équivalente 30°C ;

b : pente de la droite de fatigue ;

Kc : coefficient de calage ;

Kr : coefficient de risque ;

Ks: coefficient de plate-forme.

✚ Valeur de ϵ_6

La valeur de ϵ_6 est prise égale à 90 pour la grave bitume gb3.

✚ Valeur de b

La valeur de b est prise égale à -0,2 pour le grave bitume gb3.

✚ Valeurs de E($\theta^\circ C$) et de E(θ_{eq})

La loi de fatigue est généralement établie expérimentalement pour une température de 10°C et une fréquence de 10 Hz, le module du grave bitume gb3 à cette température est :

$$E(10^\circ C ; 10 \text{ Hz}) = 12300 \text{ MPa.}$$

Le comportement en déformation et à la fatigue des matériaux bitumineux variant avec la température, les niveaux de sollicitation et d'endommagement varient en cours d'année avec les cycles de température. Le calcul de dimensionnement est fait pour une température constante dite température équivalente. Dans notre zone de projet on retient usuellement une température équivalente de 30°C. Le module du béton bitumineux à cette température est : E(30°C) = 2700

MPa

✚ Valeur de Kc

La valeur de Kc est prise égale à 1,3 pour le grave bitume.

✚ Valeur de Ks

La valeur de Ks est prise égale à 1 pour un PF3

✚ Valeur de Kr

$$K_r = 10^{-ub\delta}$$

u : variable centrée réduite associée au risque r ;

b : pente de la loi de fatigue du matériau ;

δ : écart-type de la distribution de logN à la rupture.

$$\text{On a: } \delta = (SN^2 + \left(\frac{c \cdot S_h}{b}\right)^2)^{0,5}$$

SN=0,3 pour le grave bitume gb3

Sh=0,025 m pour le grave bitume

Risque r=5 %

$$u = -1,645$$

$$c = 2$$

$$\delta = \delta = (0,30^2 + \left(\frac{2 \cdot 0,025}{-0,20}\right)^2)^{0,5}$$

$$\delta = 0,390$$

Le coefficient Kr vaut :

$$K_r = 10^{-ub\delta}$$

$$K_r = 10^{-(-1,645 \times (-0,2) \times 0,390)}$$

$$K_r = 0,744$$

$$\epsilon_{t,adm} = 90 * \left(\frac{1,66 \cdot 10^7}{10^6}\right)^{-0,20} * \left(\frac{12300}{2700}\right)^{0,5} * 1,3 * (1/1,1) * 0,744$$

$$\epsilon_{t,adm} = \mathbf{96,6 \mu def}$$

- **Déformation verticale admissible à la surface de la couche de fondation et du sol support**

$$\epsilon_{z,adm} = 12000 \times (NE)^{-0,222}$$

$$\epsilon_{z,adm} = 12000 \times (1,66 \cdot 10^7)^{-0,222}$$

$$\epsilon_{z,adm} = \mathbf{299,2 \mu def}$$

■ **CALCUL DES DEFORMATIONS DANS LA STRUCTURE RETENUE**

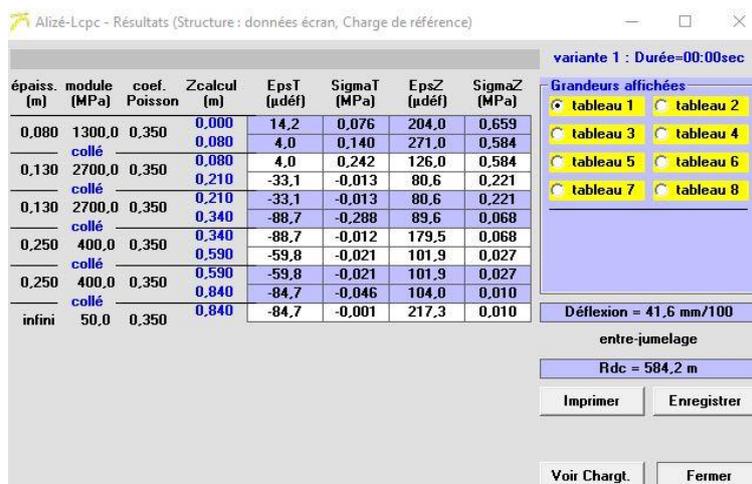


FIGURE IV : Résultats des déformations dans la structure

Les contraintes et les déformations dans la structure de chaussée ajustée sont récapitulées par la figure ci-dessus

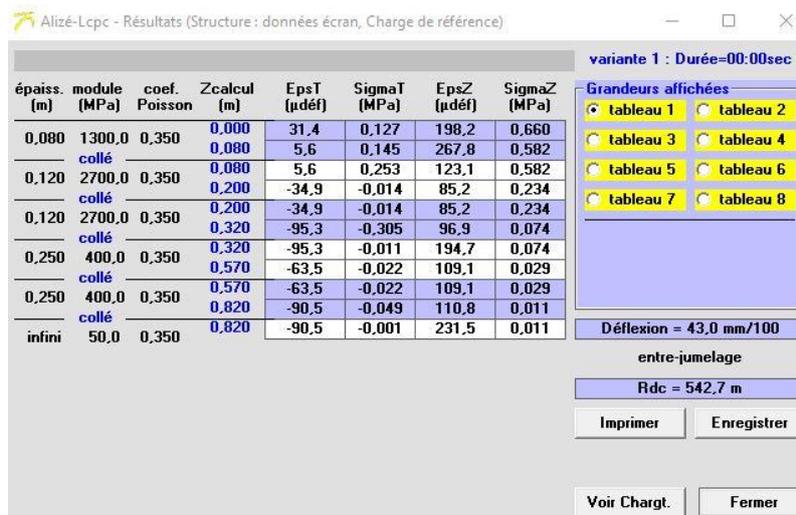


FIGURE V : Résultats des déformations dans la structure modifiée

ZONE D'ARRET

▪ Couche de roulement (béton bitumineux)

$$\varepsilon_{t,adm} = \varepsilon_6(10\text{ °C} ; 25\text{ Hz}) \times \sqrt{\frac{E(10\text{ °C} ; 10\text{ Hz})}{E(\theta_{eq} ; 10\text{ Hz})}} \times \left(\frac{NE}{10^6}\right)^b \times k_c \times k_r \times k_s$$

Désignation	Valeur
ε_6	100
NE	3,33*10 ⁷
E (10 °C ; 10 Hz):	7200
E (θ_{eq} ; 10 Hz):	1300
b	-0,20
Kc	1,1
Kr	0,815
Ks	1/1,1
$\varepsilon_{t,adm}$	95,1

▪ Couche de base (Grave bitume gb3)

$$\varepsilon_{t,adm} = \varepsilon_6(10\text{ °C} ; 25\text{ Hz}) \times \sqrt{\frac{E(10\text{ °C} ; 10\text{ Hz})}{E(\theta_{eq} ; 10\text{ Hz})}} \times \left(\frac{NE}{10^6}\right)^b \times k_c \times k_r \times k_s$$

Désignation	Valeur
ε_6	90
NE	3,33*10 ⁷
E (10 °C ; 10 Hz):	12300
E (θ_{eq} ; 10 Hz):	2700
b	-0,20
Kc	1,3
Kr	0,744
Ks	1/1,1
$\varepsilon_{t, adm}$	83,8

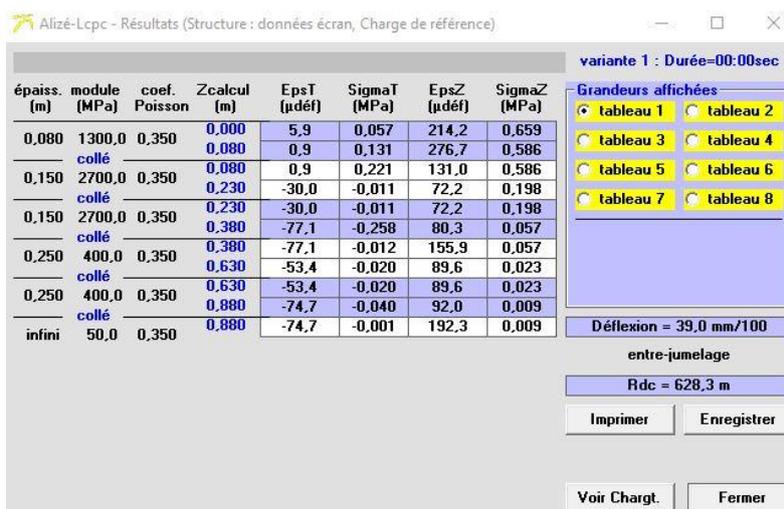
- **Déformation verticale admissible à la surface de la couche de fondation et du sol support**

$$\varepsilon_{z,adm} = 12000 \times (NE)^{-0,222}$$

$$\varepsilon_{z,adm} = 12000 \times (3,33 \cdot 10^7)^{-0,222}$$

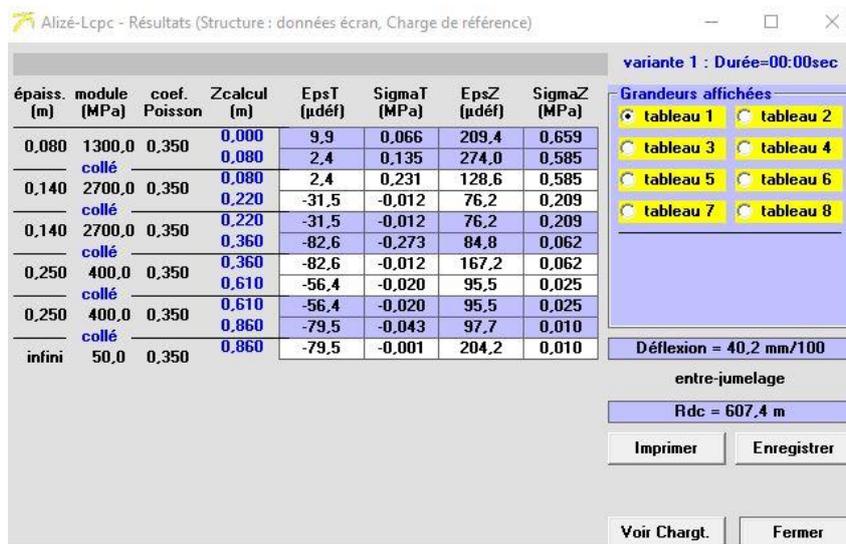
$$\varepsilon_{z,adm} = 256,5 \mu def$$

- **CALCUL DES DEFORMATIONS DANS LA STRUCTURE RETENUE**



FIGURES VI : Résultats des déformations dans la structure

Les contraintes et les déformations dans la structure de chaussée ajustée sont récapitulées par la figure ci-dessus



FIGURES VII : Résultats des déformations dans la structure modifiée

CHAUSSEE EN BETON ARME CONTINUE

Hypothèse de calcul

- **Nombre d'essieux équivalent**

NE zone courante = $0,38 \cdot 10^7$ NE

NE zone d'arrêt = $0,75 \cdot 10^7$ NE

- **Risque de calcul**

- Pour les structures sans dispositif de transfert de charge entre dalles, si r_1 est le risque de calcul retenu pour la couche de base, le risque de calcul retenu pour la couche de fondation est pris égal à $r_2 = 2 r_1$,
- Pour les structures en béton armé continu et en béton goudonné, le risque de calcul r_2 est pris égal à 50 %.

Plate-forme support

Classe de portance PF2 $E = 50$ MPa $V = 0,35$

- **Caractéristiques mécaniques des matériaux**

- Béton

Le béton de ciment de la couche de BAC correspond à la classe de résistance 5 de la norme ($f_t = 3,3$ MPa).

Le béton maigre de la couche de fondation correspond à la classe 3 de la norme pour présenter une résistance suffisante à l'érodabilité ($f_t = 2,0$ MPa) comme l'indique le tableau suivant :

Tableau XXIX : Caractéristiques mécaniques des matériaux

	E (MPa)	σ_6 (MPa)	b	SN
Béton	35000	2,15	-1/16	1
Béton maigre	24000	1,63	-1/15	-1

Coefficient de Poisson $\nu = 0,25$

- **Acier**

Fers de liaison de nuance Fe-E400 de longueur 60 cm.

Armatures longitudinales de nuance Fe-E400, conformes à la norme NF A 35-016, et de 16 mm de diamètre

- **Conditions de réalisation**

Interface couche de base/couche de fondation décollée.

Interface couche de fondation/support collée.

Dispersion sur les épaisseurs des couches :

- Sh = 1 cm pour la couche de base,
- Sh = 3 cm pour la couche de fondation.

▪ **Données de calage**

$$k_c = 1,5$$

• **Calcul des valeurs admissibles**

○ **Zone d'arrêt**

▪ Béton de la couche de base

$$\bullet \sigma_{t,ad} = \sigma_t(NE)k_r k_d k_c$$

$$\sigma_t(NE) = 2,15 * \left(\frac{NE}{10^6}\right)^{-1/16}$$

$$\sigma_t(NE) = 2,15 * \left(\frac{0,75 * 10^7}{10^6}\right)^{-1/16}$$

$$\sigma_t(NE) = 1,89 MPa$$

$$\bullet k_r = 10^{-ub\delta}$$

$$\text{On a: } \delta = (SN^2 + \left(\frac{c*Sh}{b}\right)^2)^{0,5}$$

SN=1 pour le béton

Sh=1 pour couche de base

Risque r=5 %

$$u = -1,645$$

$$c = 0,02$$

$$\delta = (1^2 + \left(\frac{0,02*1}{-1/16}\right)^2)^{0,5}$$

$$\delta = 1,050$$

$$k_r = 10^{-(-1,645)*\left(-\frac{1}{16}\right)*1,050}$$

$$k_r = 0,78$$

k_d est un coefficient introduit pour prendre en compte les discontinuités des structures des chaussées en béton et l'incidence des gradients thermiques (majoration de la contrainte calculée en milieu de dalle avec le modèle continu).

On retient pour k_d les valeurs données dans le tableau suivant.

TABLEAU XXX : Coefficient K_d pour les chaussées en béton

	k_d
Structures non goudonnées et non armées continûment	1 / 1,70
Structures goudonnées	1 / 1,47
Béton armé continu	1 / 1,47

Le coefficient n'est appliqué qu'à la couche de base.

Alors **kd= 1/1,47**

k_c est un coefficient de calage destiné à ajuster les résultats du modèle de calcul au comportement observé de chaussées du même type. Pour les chaussées en béton la valeur actuellement retenue pour le coefficient de calage est de 1,5 lorsqu'on utilise la résistance du béton en traction par fendage.

Alors **kc= 1,5**

$$\sigma_{t,ad} = 1,89 * 0,78 * \left(\frac{1}{1,47}\right) * 1,5$$

$\sigma_{t,ad} = 1,50MPa$

- Béton de la couche de fondation

- $\sigma_{t,ad} = \sigma_t(NE)k_r k_c k_s$

$$\sigma_t(NE) = 1,63 * \left(\frac{NE}{10^6}\right)^{-1/15}$$

$$\sigma_t(NE) = 1,63 * \left(\frac{0,82 * 10^7}{10^6}\right)^{-1/15}$$

$$\sigma_t(NE) = 1,42MPa$$

$$k_r = 1$$

$$k_c = 1,5$$

$$k_s = 1/1,1$$

$$\sigma_{t,ad} = 1,42 * 1 * 1,5 * \left(\frac{1}{1,1}\right)$$

$\sigma_{t,ad} = 1,94 MPa$

Choix des épaisseurs des différentes couches de la structure en BAC

Selon le SETRA 1994, l'épaisseur de la couche de fondation est fixée a priori à l'épaisseur minimale recommandée soit 15cm. Les calculs à partir du modèle continu conduisent aux résultats donnés dans la première partie du tableau suivant.

Tableau XXXI : Contraintes dans le béton de la structure en BAC

Épaisseur couche de fondation (cm)	15		16		17	
Épaisseur couche de base (cm)	21	22	20	21	19	20
Contrainte à la base couche de base (MPa)	1,48	1,40	1,49	1,43	1,49	1,44
Contrainte à la base couche de fondation (MPa)	0,72	0,66	0,80	0,74	0,88	0,81

La contrainte dans la couche de fondation est très inférieure à la valeur admissible.

Par rapport à la solution comportant 22 cm en couche de base, le coût du béton de fondation étant moindre que celui de la couche de base, on peut chercher si une structure avec une couche de fondation plus épaisse ne serait pas plus économique.

Alors la structure optimale en zone d'arrêt est composée de :

Couche de Revêtement et base : **19 cm Béton armé continu**

Couche de fondation : 17 cm Béton maigre de classe 2

- **Détermination des armatures**
 - **Armature longitudinale**

Les armatures longitudinales sont mises en place dans les structures armées continues afin :

- de répartir le retrait du béton,
- de contenir l'ouverture de ces fissures.

Elles sont disposées dans un plan parallèle à la surface de la chaussée :

- au-dessus de la fibre neutre (mi-épaisseur de dalle), dans la zone comprimée sous les charges roulantes,
- à plus de 8 cm de la surface de la chaussée pour éviter la corrosion.

Le rapport p des sections d'acier et de béton est fonction de l'adhérence entre les deux matériaux, de la nuance de l'acier et de la résistance en traction du béton. Pour les armatures conformes à la norme NF A 35-016, l'acier sera au moins de nuance Fe-E400. Le rapport p est alors égal à :

$$P = 0,67 \left(\frac{f_t}{3,3} \right)$$

$$P = 0,67 \left(\frac{3,3}{3,3} \right)$$

$$P = 0,67 \%$$

Le diamètre des armatures doit être compris entre 12 et 16 mm.

La section de béton étant $7m * 0,19 m^2$,

la section d'acier est A_s avec $A_s = L_o * P$

$$A_s = 700 * 19 * 0,0067$$

$A_s = 89,11 \text{ cm}^2/\text{m}$

Soit 45 barres $\varnothing 16 \text{ mm}$ réparties sur la largeur de la chaussée, avec un espacement de 15 cm.

Fers de liaison

La section d'acier par mètre linéaire de joint longitudinal est :

Ces dispositions s'appliquent à toutes les techniques, dalles ou béton armé continu. Les fers de liaison sont mis en place au droit des joints longitudinaux afin de maintenir le joint fermé ;

Le transfert de charge est alors assuré par l'engrènement des profils latéraux des bandes de béton adjacentes. Leur utilisation est nécessaire pour les joints des dalles de béton recevant un trafic supérieur ou égal à T1.

Les fers sont placés perpendiculairement au plan formé par le joint, et à mi-épaisseur de la dalle.

Les fers de liaison sont conformes à la norme NF A 35-016 ; l'acier est au moins de nuance Fe-E400 ; leur longueur est égale à 0,60 m.

La section de fers de liaison par mètre de longueur est donnée par la formule :

$$S = (f \cdot l \cdot p) / L_s$$

Avec,

f : coefficient de frottement du béton sur le sol support, généralement pris égal à 1,5

l : largeur séparant le joint liaisonné du bord libre le plus proche,

P : poids du revêtement au m^2

L_s : contrainte admissible dans l'acier prise égale à 75 % de la limite élastique.

f : 1,5

l : 3,5m

P : $0,19 \cdot 25 = 4,75 \text{ KN/m}$

L_s : 300 MPa

$$S = 0,83 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Afin de respecter une distance entre fers de liaison comprise entre 0,7 m et 1 m, on retiendra un fer $\varnothing 10 \text{ mm}$ tous les 0,80 m.

○ **Zone courante**

Désignation	Valeur
Béton de la couche de base	
$\sigma_t(NE)$	1,97MPa
k_r	0,78
kd	1/1,47
kc	1,5
$\sigma_{t,ad}$	1,57MPa
Béton de la couche de fondation	
$\sigma_t(NE)$	1,48 MPa
k_r	1
ks	1/1,1
kc	1,5
$\sigma_{t,ad}$	2,02

Alors la structure optimale pour la zone courante est composée de :

Couche de Revêtement et base : **19 cm Béton armé continu**

Couche de fondation : 17 cm Béton maigre de classe 2

• **Détermination des armatures**

Le choix des aciers longitudinal et des aciers de liaisons seront identique à celui de la zone

Le tableau nous présente les différents aciers avec leur espacement.

Désignation	Section (cm ² /ml)	Choix du \emptyset	Espacement (cm)
Armature longitudinale	89,11	45 HA 16	15
Armature transversale	0,83	1 HA 10	0,80

ANNEXE 5: CALCUL CANIVEAU 50cm X 70cm

Hypothèses :

- Les chargements à considérer sont ceux définis dans le Titre II du fascicule 61
- Les règles de calcul béton armé sont celles définies dans le BAEL 91 modifié 99
- Fissuration considérée préjudiciable
- La capacité portante de calcul du sol : $\sigma_a = 0.10 \text{ MPa}$;
- La résistance du béton à 28 jours est $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$;
- La contrainte de l'acier HA Fe E400 ;
- Enrobage 3 cm Les cas de chargement à étudier

❖ **PREDIMENSIONNEMENT**

$$e = (b/32) + 0,125 = (0,5/32) + 0,125$$

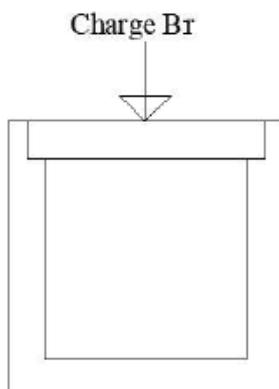
$$\mathbf{e = 0,141 \text{ m}}$$

On retient une épaisseur de 15 cm pour notre caniveau.

- Épaisseur de la lèvre de feuillure : $a \cong e/2 = 7,5 \text{ cm}$
- Redent de la feuillure : $h = e - a = 7,5 \text{ cm}$
- Portée de la dalle : $b = B + 2h = 65 \text{ cm}$
- Épaisseur du piedroit : $e = 15 \text{ cm}$
- Épaisseur de la dalle : $e = 15 \text{ cm}$
- Épaisseur du radier : $e = 15 \text{ cm}$
- Hauteur libre du caniveau : $f = 75 \text{ cm}$
- Ouverture du caniveau : $B = 50 \text{ cm}$
- Porté de la dalle : $g = 50 \text{ cm}$

❖ CALCUL DES ACIERS DE LA DALETTE

La dalle sera dimensionnée comme une poutre en flexion simple et est soumise à :



Charge sur la dalle

Son poids propre :

$$P_{\text{propre}} = 25 * 0,15 * 0,65 * 1 = 2,44 \text{ kN/m}$$

Le poids de la charge concentrée :

$$P_{\text{serBr}} = 100 * 0,65 * 1 = 65 \text{ kN/m}$$

Un moment

$$M_{\text{ser}} = \frac{P_{\text{propre}} * l^2}{8} + \frac{P_{\text{serBr}} * l}{4}$$

$$M_{\text{ser}} = \frac{2,44 * 0,65^2}{8} + \frac{65 * 0,65}{4}$$

$$M_{\text{ser}} = 10,69 \text{ kN .m}$$

Le moment réduit :

$$M_{\text{serb}} = \frac{1}{2} b o * d^2 * \overline{\alpha}_{\text{ser}} * \left(1 - \frac{\overline{\alpha}_{\text{ser}}}{3}\right) * \overline{\sigma}_{bc}$$

$$M_{\text{serb}} = \left(\frac{1}{2} 0,65 * 0,135^2 * 0,53 * \left(1 - \frac{0,53}{3}\right) * 15\right) * 1000$$

$$M_{\text{serb}} = 38,77 \text{ kN .m}$$

$M_{\text{ser}} < M_{\text{serb}}$ donc pas d'aciers comprimés.

La section d'aciers tendus vaut :

$$A_{\text{st}} = \frac{M_{\text{ser}}}{d \left(1 - \frac{\overline{\alpha}_{\text{ser}}}{3}\right) * \overline{\sigma}_{st}}$$

$$A_{st} = \frac{10,69}{0,135 \left(1 - \frac{0,53}{3}\right) * 200}$$

$$A_{st} = 4,808 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Notre dalle a une base de 0,4 m donc la section vaut :

$$A_{st} = 4,78 * 0,4$$

$$A_{st} = 1,91 \text{ cm}^2/\text{ml} \text{ choix : } 4\text{HA8} = 2,01\text{cm}^2 \text{ totalisant } 2,01\text{cm}^2$$

La condition de non fragilité :

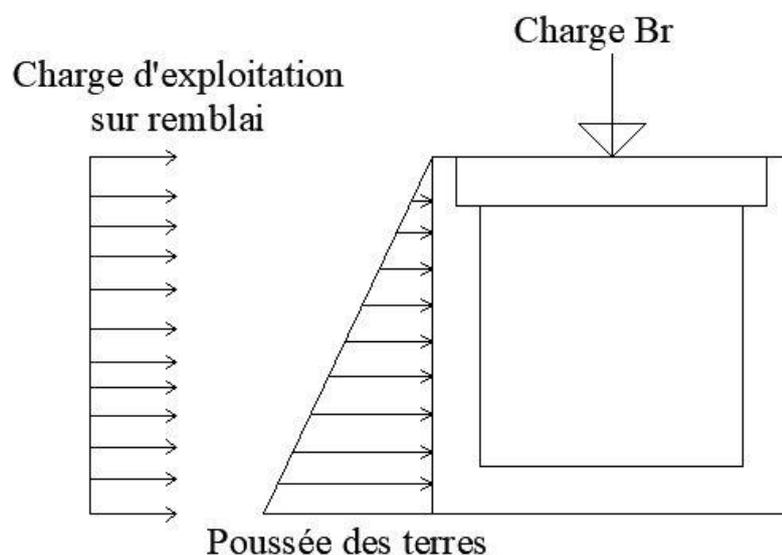
$$A_{stmin} = 0,23 * b_0 * d * (f_{t28}/f_e)$$

$$A_{stmin} = 0,23 * 0,65 * 0,135 * (2,1/400) * 10000$$

$$A_{stmin} = 1,059\text{cm}^2$$

❖ CALCUL DES ACIERS DES PIEDS DROITS

Le piédroit est soumis à l'effort transmis par la dalle chargée et à la poussée des terres. Les piédroits sont alors calculés en flexion composée avec effort normal de compression à l'état limite de service (ELS).



Charges sur le pied droit

La charge N_{ser} vaut :

$$N_{ser} = P_p + ((P_{dalle} + P_{Br})/2) + P_{rem}$$

$$N_{ser} = 3,75 + \left(\frac{2,44 + 65}{2}\right) + 8,25$$

$$N_{ser} = 45,72 \text{ kN/m}$$

Le moment M_{ser} vaut :

$$M_{ser} = \frac{H_t * l}{3} + \frac{H_r * l}{2}$$
$$H_t = 20 * 0,33 * \frac{(0,7)^2}{2} * 1 = 0,8085 \text{ kN/m}$$
$$H_r = 10 * 0,33 * 0,5 * 0,7 = 1,155 \text{ kN/m}$$
$$M_{ser} = \frac{0,8085 * 0,65}{3} + \frac{1,155 * 0,65}{2}$$
$$M_{ser} = 0,550 \text{ kN.m}$$

L'excentricité :

$$e = \frac{M_{ser}}{N_{ser}} = \frac{0,550}{45,72} = 0,012 \text{ m}$$

L'effort de compression maximal centré :

$$N_{bmax} = b * h * f_{bc} = 0,7 * 0,15 * 14,17 = 1,48 \text{ MN}$$

Le coefficient de remplissage du béton :

$$\Psi_1 = \frac{N_{ser}}{N_{bmax}} = \frac{0,04572}{1,48} = 0,031$$
$$\Psi_1 < 0,81 \text{ et } \Psi_1 < \frac{2}{3}$$

L'excentricité relative :

$$\xi = 0,17$$

Calcul de e_{NC} :

$$e_{NC} = \xi * h = 0,17 * 0,15 = 0,0255 \text{ m}$$

$e < e_{NC}$ Donc la section est entièrement comprimée.

Acier comprimé

$$AS' = \frac{M_{ser} + (N_{ser} - b * h * \bar{\sigma}_{bc} * (d - \frac{h}{2}))}{15\bar{\sigma}_{bc}(d - d')}$$

Avec $d' = 0,1h$

$$AS' = \frac{0,550 + (45,72 - 0,7 * 0,15 * 15 * (0,135 - \frac{0,15}{2}))}{15 * 15(0,135 - 0,015)}$$

$$AS' = 1,70 \text{ cm}^2 \text{ Choix : 4HA8 totalisant } 2,01 \text{ cm}^2$$

Acier tendu

$$AS = \frac{N_{ser} - b \cdot h \cdot \overline{\sigma}_{bc}}{15 \overline{\sigma}_{bc}} AS'$$

$$AS = \frac{45,72 - 0,7 \cdot 0,15 \cdot 15}{15 \cdot 15} = 1,70$$

$$AS = 1,50 \text{ cm}^2 \text{ Choix : 4HA8 totalisant } 2,01 \text{ cm}^2$$

La condition de non fragilité :

$$A_{stmin} = 0,23 \cdot b_0 \cdot d \cdot (f_{t28} / f_e)$$

$$A_{stmin} = 0,23 \cdot 0,7 \cdot 0,135 \cdot (2,1 / 400) \cdot 10000$$

$$A_{stmin} = 1,14 \text{ cm}^2$$

❖ ALCUL DES ACIERS DU RADIER

Le radier calculé en flexion simple et est soumis à :

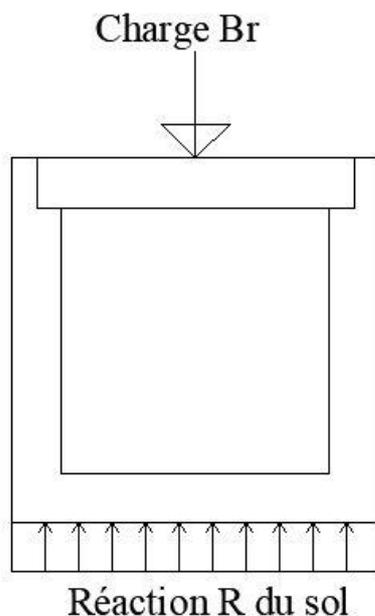


Figure I: Réaction du sol sur le radier

Le poids propre du radier :

$$P_p = 25 \cdot 0,15 \cdot 0,5 = 1,875 \text{ kN/m}^2$$

Le poids de la dalle :

$$P_{\text{Dalette}} = 25 \cdot 0,15 \cdot 0,65 \cdot 1 = 2,44 \text{ kN/m}$$

La charge Br :

$$B_r = 120 / 0,65 = 184,62 \text{ kN/m}^2$$

Le poids de l'eau :

$$P_e = 10 * 0,65 * 1 = 6,5 \text{ kN/m}^2$$

Les pieds droits :

$$P_{\text{Pied droit}} = \frac{25 * 0,65 * 0,15 * 2}{1,4} = 3,48 \text{ kN/m}^2$$

La réaction du sol sous le radier est :

$$R = 5 + 5 + 100 + 10 + 3,48 = 123,48 \text{ kN/m}^2$$

Le moment sollicitant est :

$$M_{\text{ser}} = \frac{R * l^2}{8} = \frac{123,48 * 0,65^2}{8} = 6,52 \text{ kN.m}$$

Le moment réduit vaut :

$$M_{\text{rserb}} = \frac{1}{2} * b_0 * d^2 * \bar{\alpha}_{\text{ser}} * \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_{\text{ser}}}{3}\right) * \bar{\sigma}_{\text{bc}}$$
$$M_{\text{rserb}} = \frac{1}{2} * 0,65 * 0,135^2 * 0,53 * \left(1 - \frac{0,53}{3}\right) * 15$$
$$M_{\text{rserb}} = 38,77 \text{ kN.m}$$

$M_{\text{ser}} < M_{\text{rserb}}$ Donc pas d'aciers comprimés

La section d'aciers tendus vaut :

$$A_{\text{st}} = \frac{M_{\text{ser}}}{d \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_{\text{ser}}}{3}\right) \bar{\sigma}_{\text{st}}}$$
$$A_{\text{st}} = \frac{6,52}{0,135 * \left(1 - \frac{0,53}{3}\right) * 200} * 10$$
$$A_{\text{st}} = 2,93 \text{ cm}^2 \text{ Choix : 4HA8} = 3,14 \text{ cm}^2$$

La condition de non fragilité :

$$A_{\text{stmin}} = 0,23 * b_0 * d * \frac{f_{t28}}{f_e}$$
$$A_{\text{stmin}} = 0,23 * 0,65 * 0,135 * \frac{2,1}{400} * 10000$$
$$A_{\text{stmin}} = 1,06 \text{ cm}^2$$

ANNEXE 6 : ESTIMATION DU COUT FINANCIER

Devis quantitatif et estimatif de la chaussée bitumineuse épaisse

N° PRIX	DÉSIGNATION DES PRIX	Unité	Quantité	Prix Unitaire (FCFA)	Montant (FCFA)
100	INSTALLATION DE CHANTIER				
101	Installation générale du chantier et Amenée du Matériel	ft	1	650 000 000	650 000 000
102	Repli du matériel et des installations	ft	1	160 000 000	160 000 000
103	Aménagement et entretien de voies de déviation et maintien du trafic pendant les travaux (fermetures complètes à la circulation des axes)	km	10,5	8 000 000	164 000 000
	SOUS TOTAL 100 : INSTALLATION DU CHANTIER				974 000 000
200	TRAVAUX PREPARATOIRES				
201	Déplacement et/ou réservation de réseaux électricité, téléphone, eau, TIC				
201,1	Réseau Electricité	ft	1	200 000 000	200 000 000
201,2	Réseau Eau potable	ft	1	150 000 000	150 000 000
201,3	Réseau Assainissement	ft	1	120 000 000	120 000 000
201,4	Réseau Orange	ft	1	100 000 000	100 000 000
201,5	Réseau Moov	ft	1	100 000 000	100 000 000
201,6	Réseau MTN	ft	1	100 000 000	100 000 000
	SOUS TOTAL 200 : TRAVAUX PREPARATOIRES				770 000 000
300	TERRASSEMENTS				

301	Nettoyage de l'emprise	m2	131 479,80	1 000	131 479 800
305	Scarification de chaussée existante récupérée	m2	131 479,80	1 000	131 479 800
308	Réglage, mise en forme et compactage de la plate-forme	m2	131 479,80	800	105 183 840
	SOUS TOTAL300 : TERRASSEMENTS				368 143 440
400	CHAUSSEES				
401	Couche de forme en graveleux latéritiques	m3	94 939,90	7 000	664 579 300
402	Couche de fondation en grave bitume	m3	15 777,58	150 000	2 366 637 000
403	Couche de base en grave bitume	m3	15 777,58	150 000	2 366 637 000
404	Fourniture et mise en œuvre d'une couche d'accrochage	m2	131 479,80	1 500	197 219 700
405	Fourniture et mise en œuvre de béton bitumineux sur chaussée (8 cm)	m2	131 479,80	17 000	2 235 156 600
	SOUS TOTAL 400 : CHAUSSÉES				7 830 229 600
500	ASSAINISSEMENT / HYDRAULIQUE				
501	Construction de caniveaux en béton armé de section rectangulaire				
501-a	de section 40 x 40	ml	8 774,00	35 000	307 090 000
501-b	de section 50 x 70	ml	1 650,00	60 000	99 000 000
504	Fourniture et pose de bordures				
504-a	Bordures T2	ml	20 848,00	14 000	291 872 000
504-b	Bordure Séparateur de voie Bus	ml	20 848,00	50 000	1 042 400 000
	SOUS TOTAL 500 : ASSAINISSEMENT				1 740 362 000
600	SIGNALISATION ET SECURITE				

601	Marquage de chaussée en peinture blanche retro réfléchissante	ml	95 000,00	2 000	190 000 000
602	Fourniture et pose de Panneau de signalisation	U	90	150 000	13 500 000
603	Fourniture et pose de garde-corps métalliques de type S8 ou équivalent	ml	500	85 000	42 500 000
604	Balise de signalisation en béton	u	850	20 000	17 000 000
605	Fourniture et pose de glissière de sécurité	ml	1000	120 000	120 000 000
606	Fourniture et pose de candélabres simple crose complètes y compris accessoires	u	950	3 500 000	3 325 000 000
	SOUS TOTAL 600 : SIGNALISATION ET SECURITE				3 708 000 000
800	MESURES ENVIRONNEMENTALES ET SOCIALES				
801	Réhabilitation de la végétation (plantations d'arbres)	u	900	12 000	10 800 000
802	Préservation de la santé et la sécurité	u	1	50 000 000	50 000 000
803	Mesures d'accompagnement	u	1	35 000 000	35 000 000
804	Suivi environnemental	u	1	20 000 000	20 000 000
	SOUS TOTAL 800 : MESURES ENVIRONNEMENTALES ET SOCIALES				115 800 000
	TOTAL GÉNÉRAL (FCFA HT - HD)				15 506 535 040
	Montant de la TVA 18%				2 791 176 307
	TOTAL GÉNÉRAL Montant TTC				18 297 711 347

Devis quantitatif et estimatif de la chaussée en béton armé continue

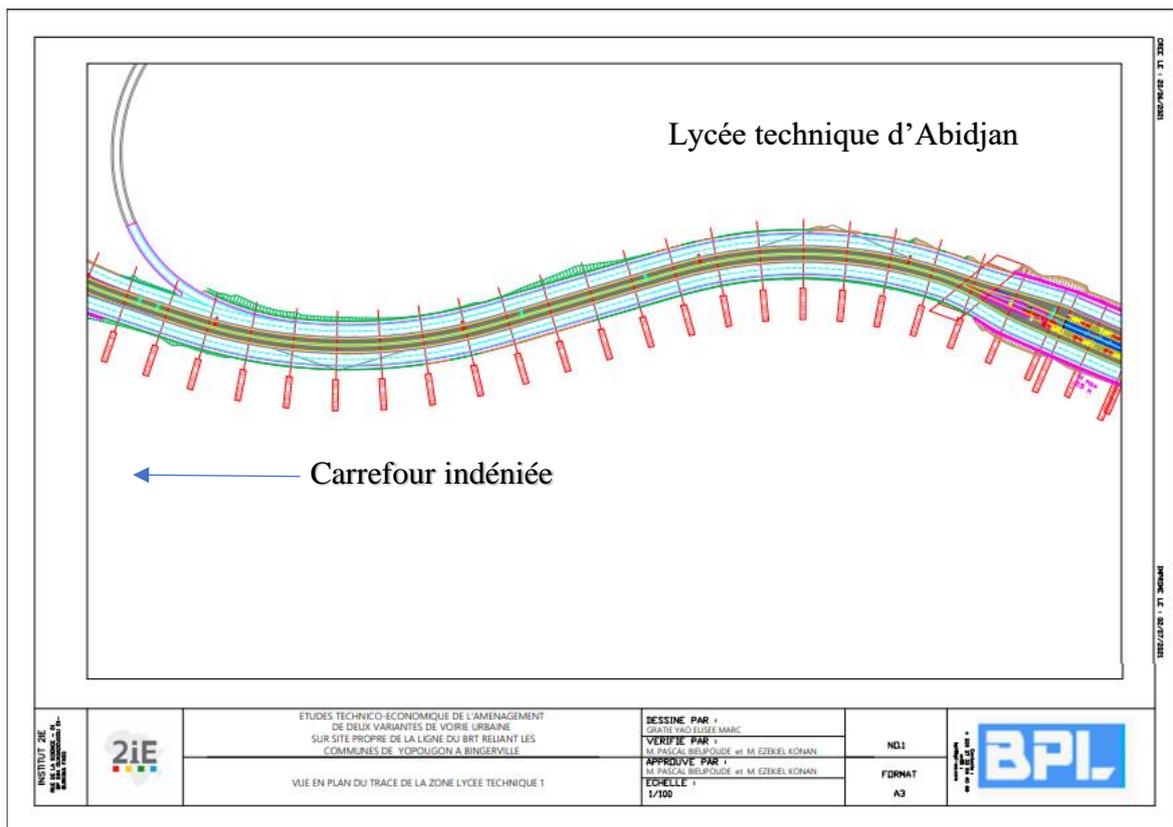
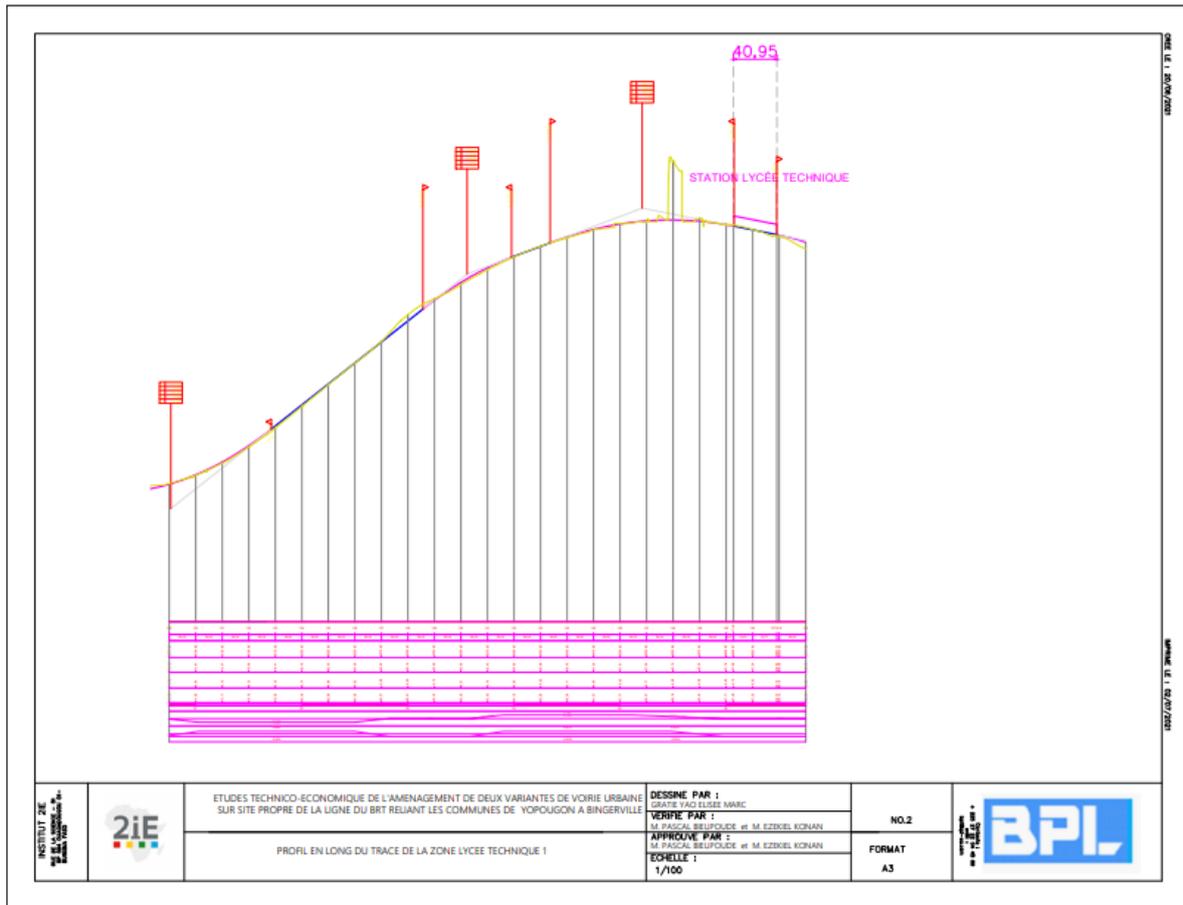
N° PRIX	DÉSIGNATION DES PRIX	Unité	Quantité	Prix Unitaire (FCFA)	Montant (FCFA)
100	INSTALLATION DE CHANTIER				
101	Installation générale du chantier et Amenée du Matériel	ft	1	650 000 000	650 000 000
102	Repli du matériel et des installations	ft	1	160 000 000	160 000 000
103	Aménagement et entretien de voies de déviation et maintien du trafic pendant les travaux (fermetures complètes à la circulation des axes)	km	20,5	8 000 000	164 000 000
	SOUS TOTAL 100 : INSTALLATION DU CHANTIER				974 000 000
200	TRAVAUX PREPARATOIRES				
201	Déplacement et/ou réservation de réseaux électricité, téléphone, eau, TIC				
201,1	Réseau Electricité	ft	1	200 000 000	200 000 000
201,2	Réseau Eau potable	ft	1	150 000 000	150 000 000
201,3	Réseau Assainissement	ft	1	120 000 000	120 000 000
201,4	Réseau Orange	ft	1	100 000 000	100 000 000
201,5	Réseau Moov	ft	1	100 000 000	100 000 000
201,6	Réseau MTN	ft	1	100 000 000	100 000 000
	SOUS TOTAL 200 : TRAVAUX PREPARATOIRES				770 000 000
300	TERRASSEMENTS				
301	Nettoyage de l'emprise	m2	131 479,80	1 000	131 479 800

305	Scarification de chaussée existante récupérée	m2	131 479,80	1 000	131 479 800
308	Réglage, mise en forme et compactage de la plate-forme	m2	131 479,80	800	105 183 840
	SOUS TOTAL300 : TERRASSEMENTS				368 143 440
400	CHAUSSEES				
401	Couche de forme en graveleux latéritiques	m3	94 939,90	7 000	664 579 300
402	Couche de fondation béton maigre de classe 2 dosé a 150kg/m3	m3	22 351,57	70 000	1 564 609 900
405	Réalisation de chaussée en béton armé continu (BAC) dosage en ciment à 350 kg/m3, taux d'armature de 80 kg/m3	m2	24 981,16	280 000	6 994 724 800
	SOUS TOTAL 400 : CHAUSSÉES				9 223 914 000
500	ASSAINISSEMENT / HYDRAULIQUE				
501	Construction de caniveaux en béton armé de section rectangulaire				
501-a	de section 40 x 40	ml	8 774,00	35 000	307 090 000
501-b	de section 50 x 70	ml	1 650,00	60 000	99 000 000
504	Fourniture et pose de bordures				
504-a	Bordures T2	ml	20 848,00	14 000	291 872 000
504-b	Bordure Séparateur de voie Bus	ml	20 848,00	50 000	1 042 400 000
	SOUS TOTAL 500 : ASSAINISSEMENT				1 740 362 000
600	SIGNALISATION ET SECURITE				
601	Marquage de chaussée en peinture blanche retro réfléchissante	ml	95 000,00	2 000	190 000 000

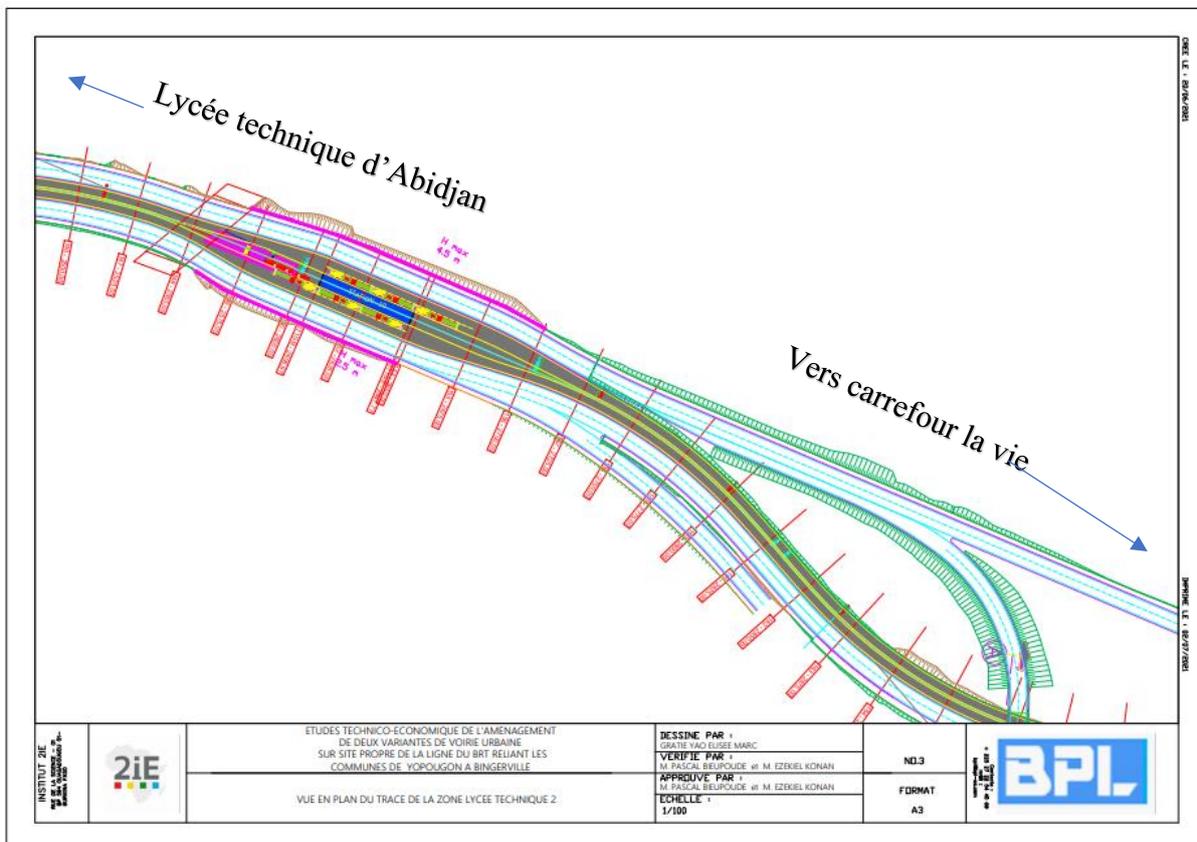
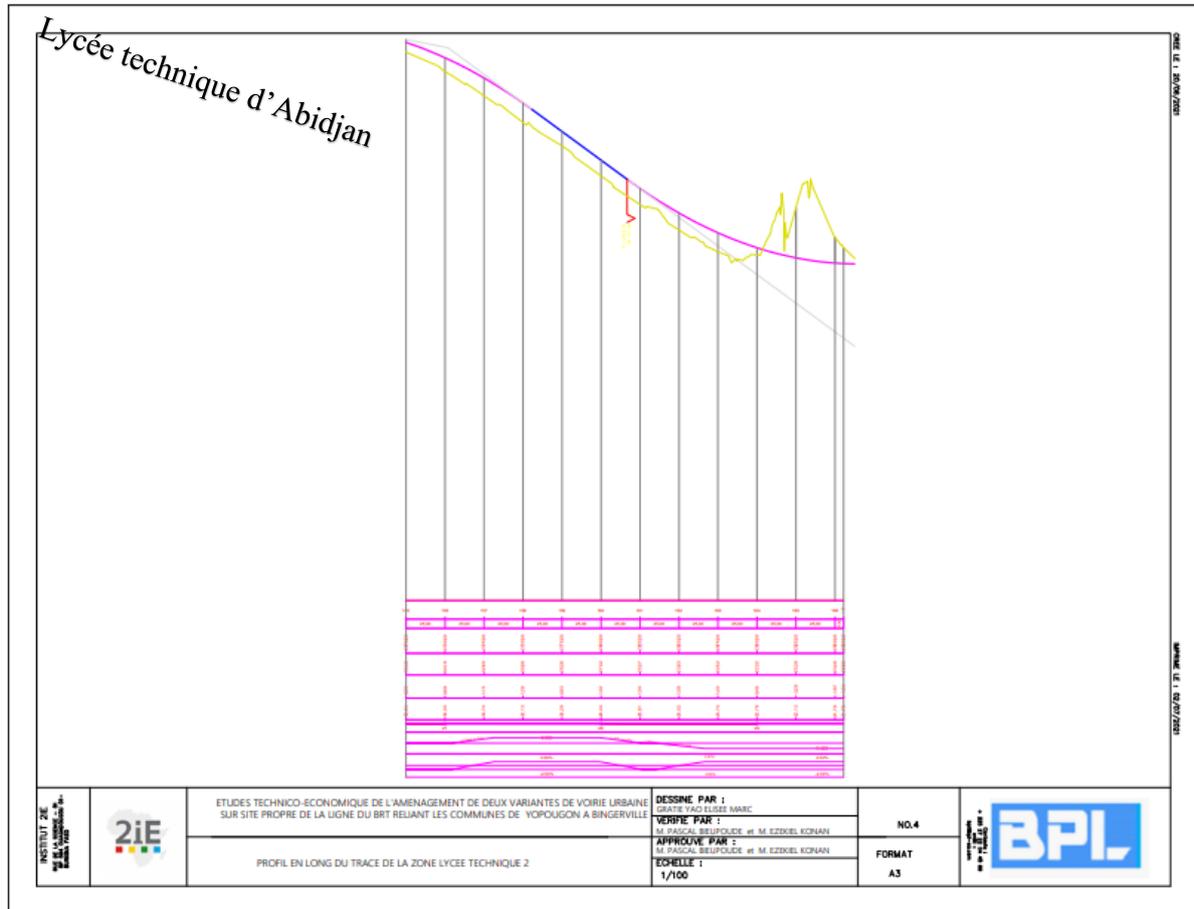
602	Fourniture et pose de Panneau de signalisation	U	90	150 000	13 500 000
603	Fourniture et pose de garde-corps métalliques de type S8 ou équivalent	ml	500	85 000	42 500 000
604	Balise de signalisation en béton	u	850	20 000	17 000 000
605	Fourniture et pose de glissière de sécurité	ml	1000	120 000	120 000 000
606	Fourniture et pose de candélabres simple crosse complètes y compris accessoires	u	950	3 500 000	3 325 000 000
	SOUS TOTAL 600 : SIGNALISATION ET SECURITE				3 708 000 000
800	MESURES ENVIRONNEMENTALES ET SOCIALES				
801	Réhabilitation de la végétation (plantations d'arbres)	u	900	12 000	10 800 000
802	Préservation de la santé et la sécurité	u	1	50 000 000	50 000 000
803	Mesures d'accompagnement	u	1	35 000 000	35 000 000
804	Suivi environnemental	u	1	20 000 000	20 000 000
	SOUS TOTAL 800 : MESURES ENVIRONNEMENTALES ET SOCIALES				115 800 000
	TOTAL GÉNÉRAL (FCFA HT)				16 900 219 440
	Montant de la TVA 18%				3 042 039 499
	TOTAL GÉNÉRAL Montant TTC				19 942 258 939

PLANS

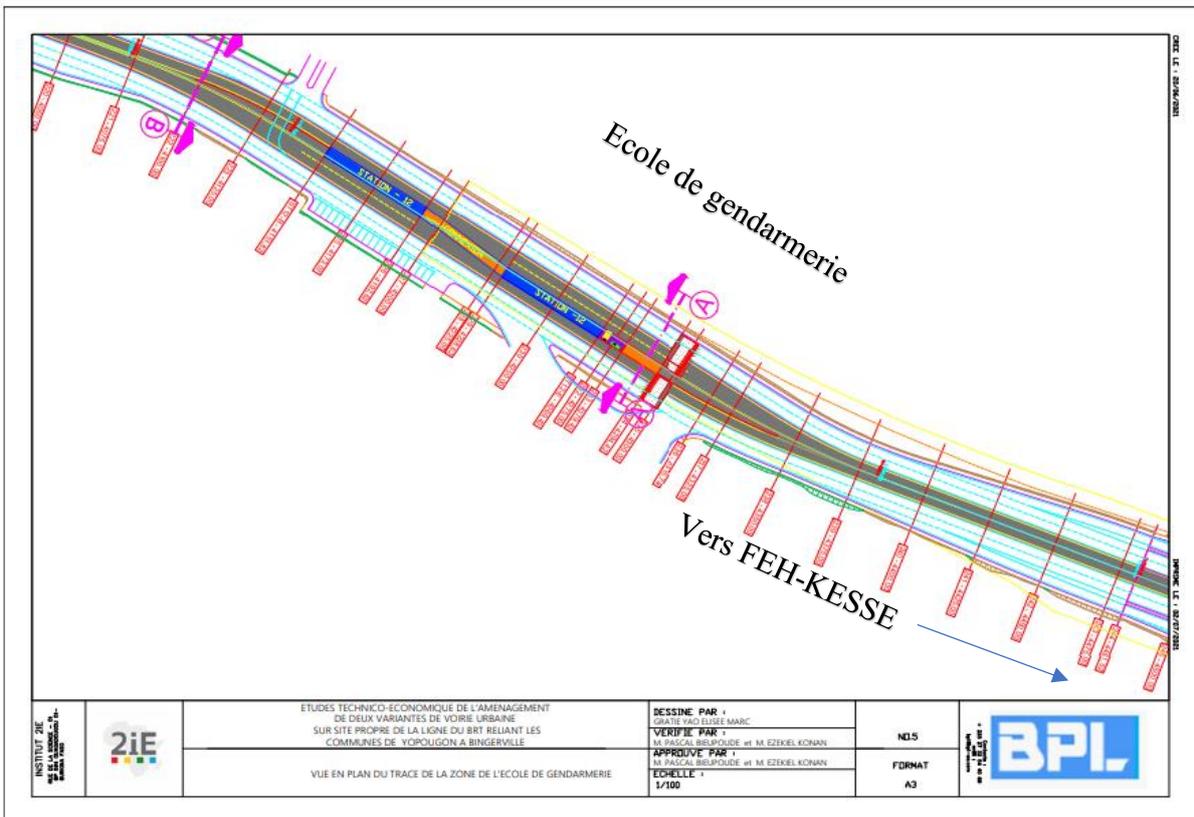
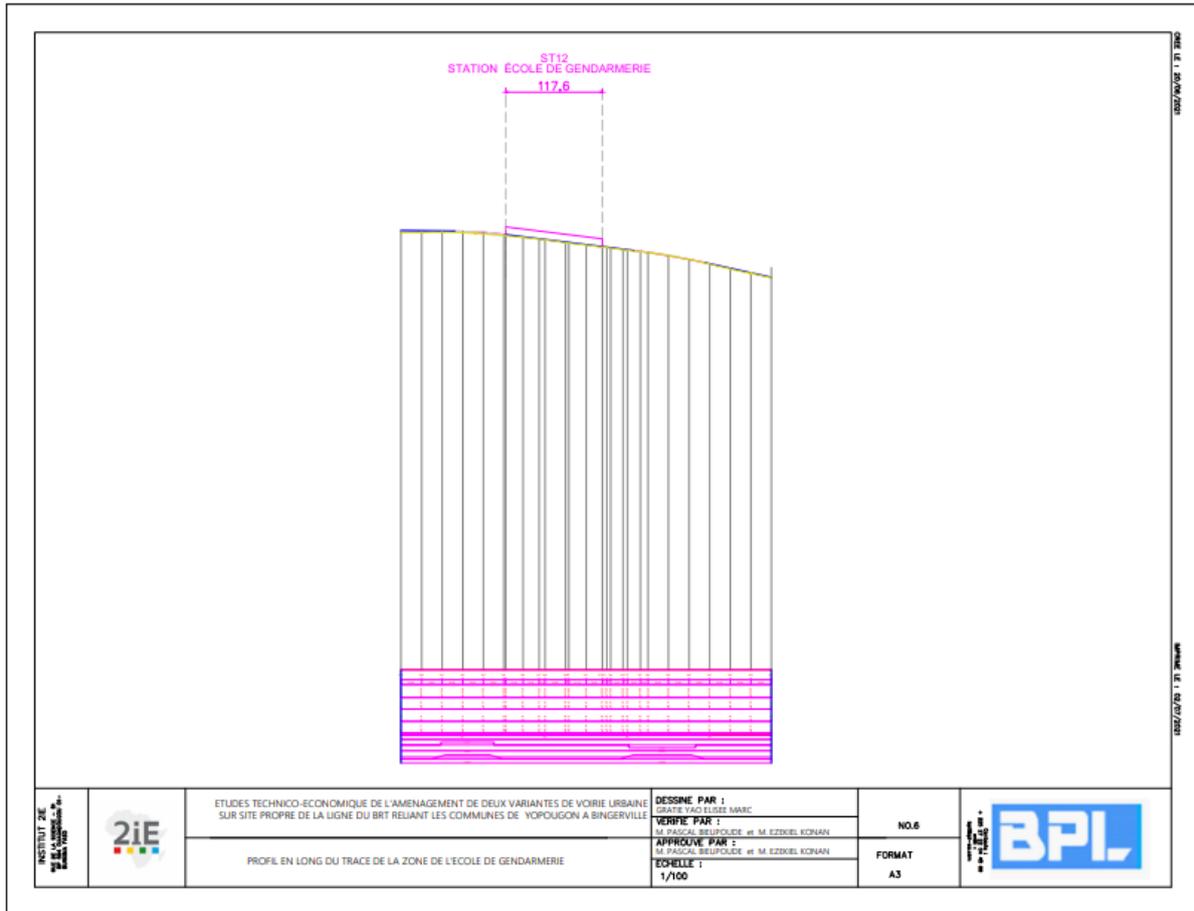
Études technico-économiques de l'aménagement de deux variantes de voirie urbaine sur site propre de la ligne du BRT reliant les communes de Yopougon et Bingerville.



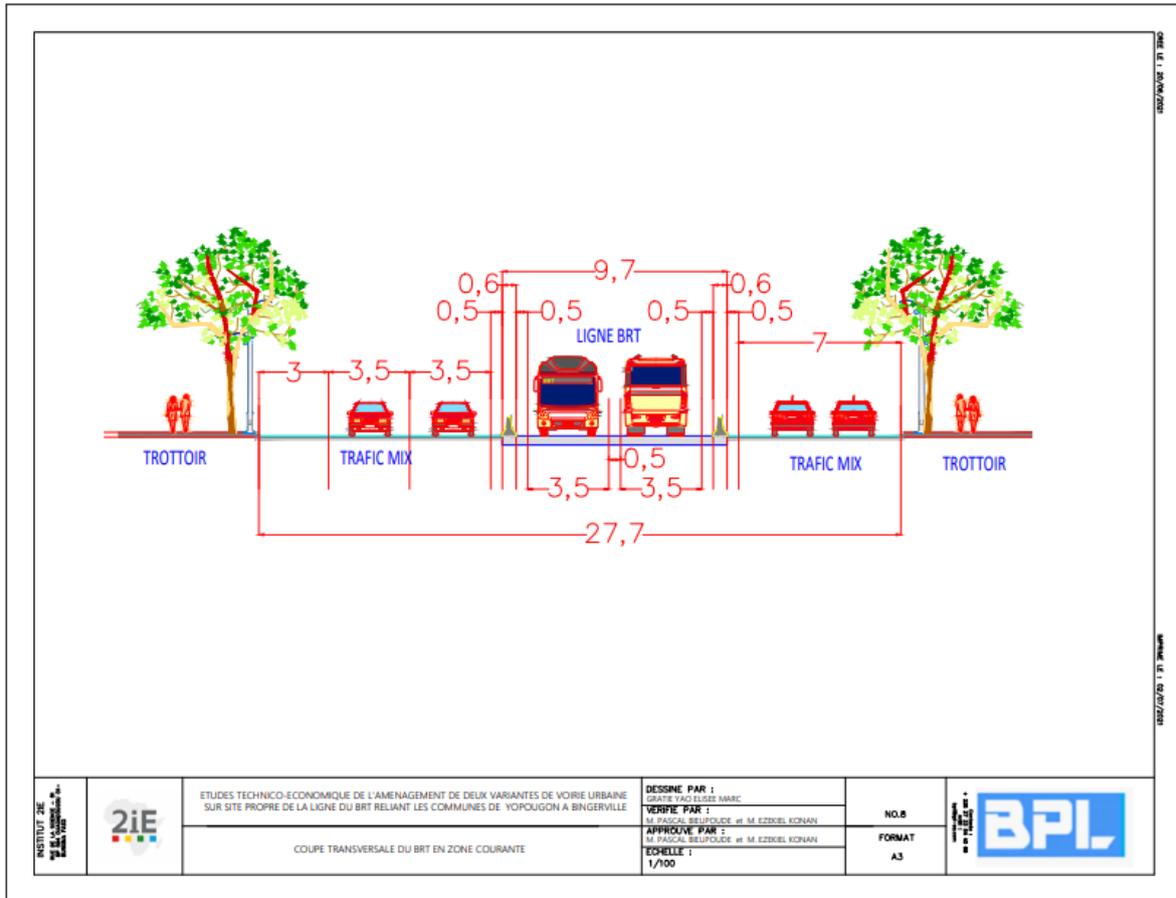
Études technico-économiques de l'aménagement de deux variantes de voirie urbaine sur site propre de la ligne du BRT reliant les communes de Yopougon et Bingerville.



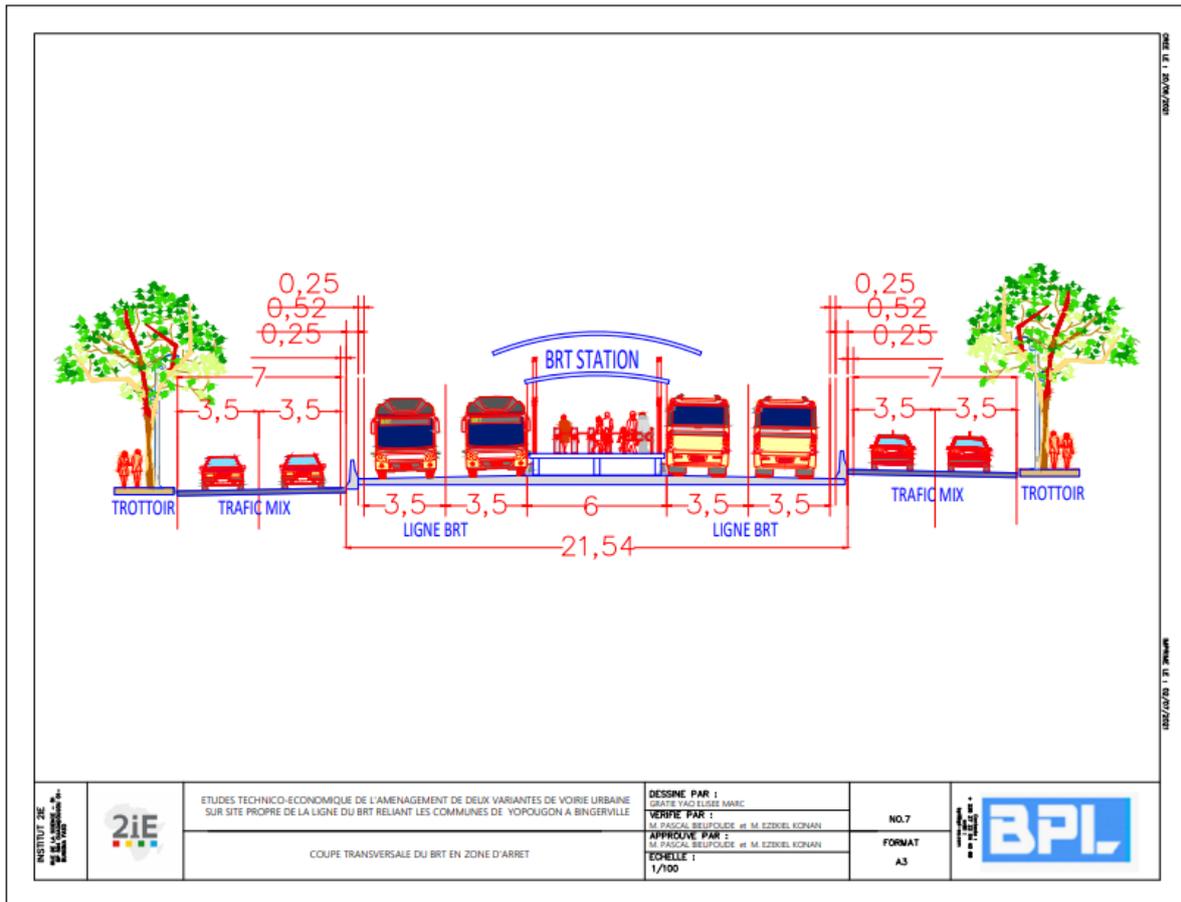
Études technico-économiques de l'aménagement de deux variantes de voirie urbaine sur site propre de la ligne du BRT reliant les communes de Yopougon et Bingerville.



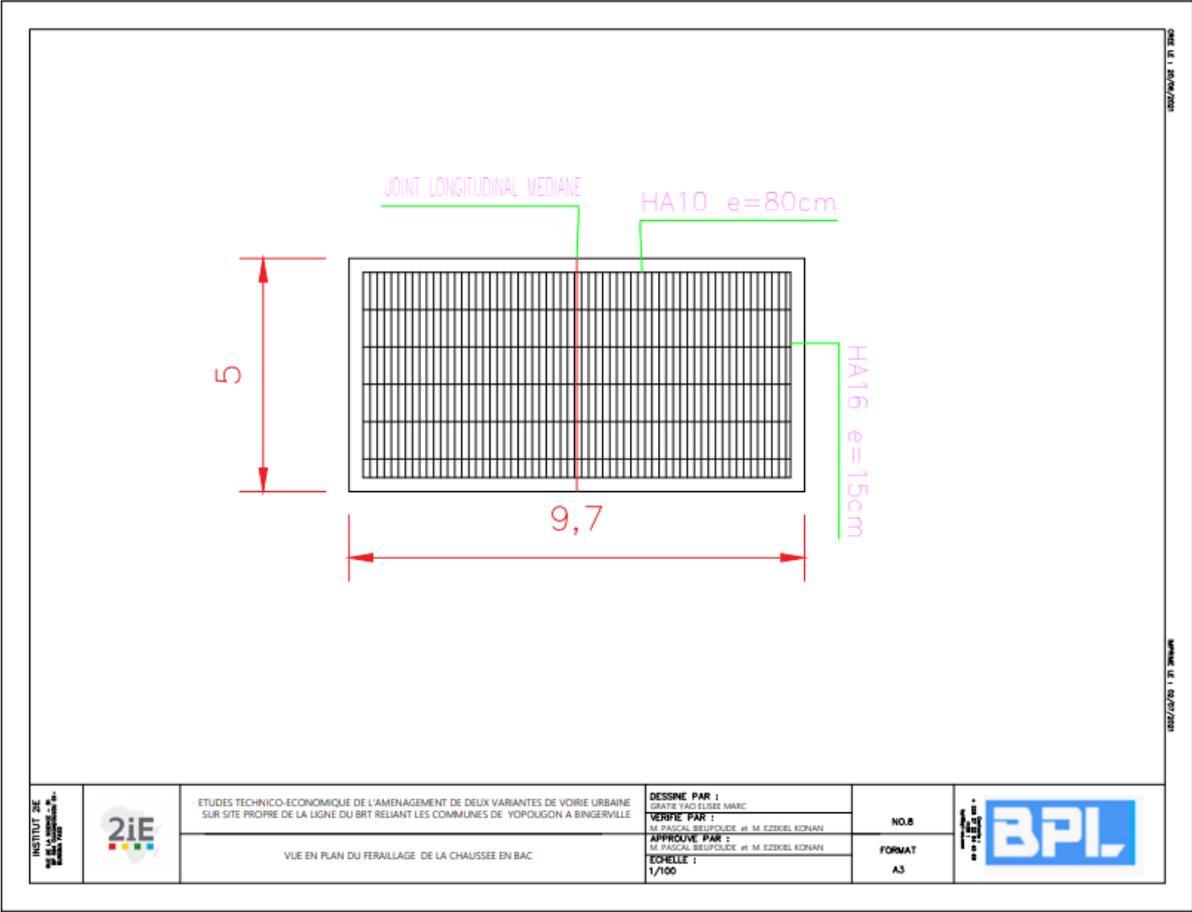
Études technico-économiques de l'aménagement de deux variantes de voirie urbaine sur site propre de la ligne du BRT reliant les communes de Yopougon et Bingerville.



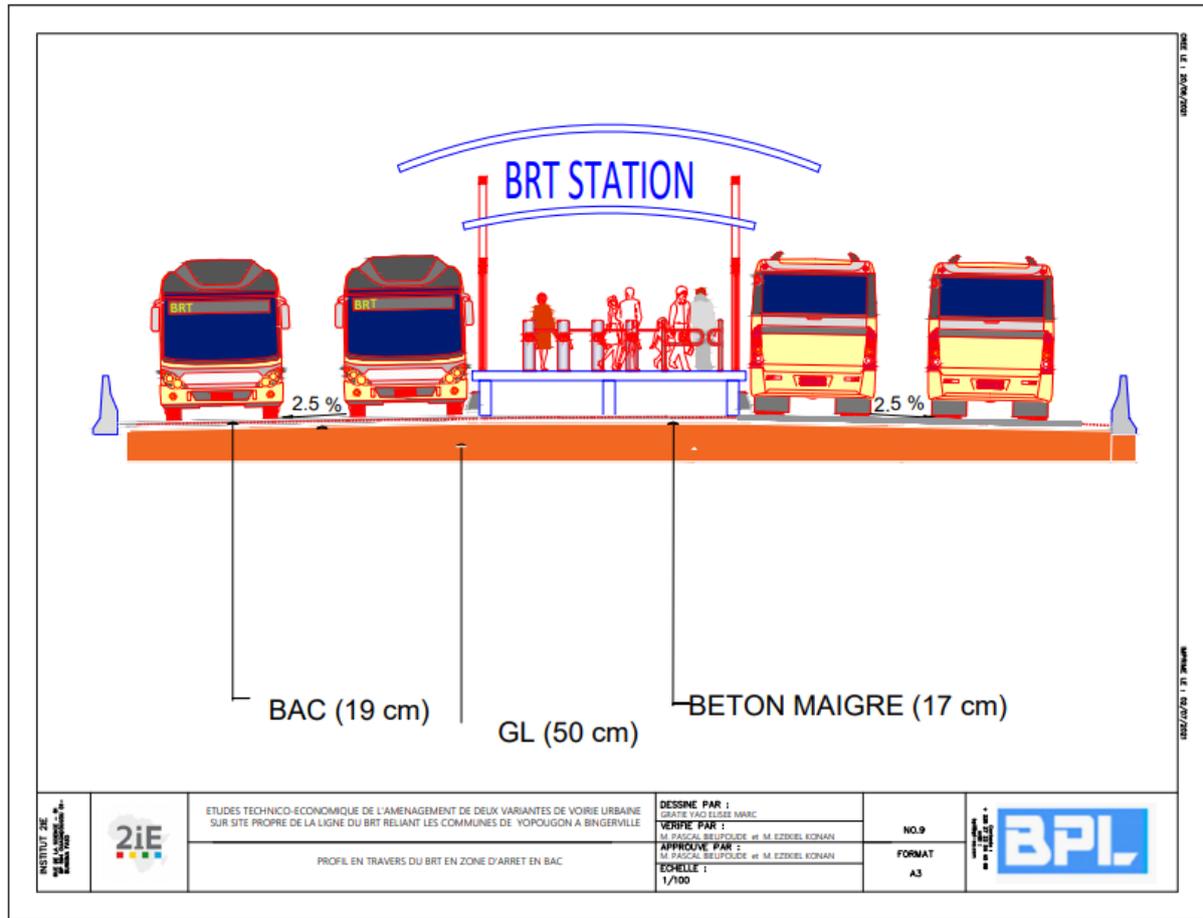
Études technico-économiques de l'aménagement de deux variantes de voirie urbaine sur site propre de la ligne du BRT reliant les communes de Yopougon et Bingerville.



Études technico-économiques de l'aménagement de deux variantes de voirie urbaine sur site propre de la ligne du BRT reliant les communes de Yopougon et Bingerville.



Études technico-économiques de l'aménagement de deux variantes de voirie urbaine sur site propre de la ligne du BRT reliant les communes de Yopougon et Bingerville.



INSTITUT ZIE ZIE SA ZIE SA ZIE SA		ETUDES TECHNICO-ECONOMIQUE DE L'AMENAGEMENT DE DEUX VARIANTES DE VOIRIE URBAINE SUR SITE PROPRE DE LA LIGNE DU BRT RELIANT LES COMMUNES DE YOPOUGON A BINGERVILLE	DESSINE PAR : GRATIE YAO ELISEE MARC	NO.9 FORMAT A3	
		PROFIL EN TRAVERS DU BRT EN ZONE D'ARRET EN BAC	VERIFIE PAR : M. PASCAL BELPOLEDE et M. EZZIKEL KONAN		
			ECHELLE : 1/100		

