



Thème : Etudes techniques de VRD du projet de construction de la ligne de bus rapid transit (BRT) sur la route du zoo à Abidjan

**Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'ingénieur 2iE avec
Grade de Master – Spécialité Génie civil – Bâtiment et Travaux
Publics**

Présenté et soutenu publiquement le 21 Janvier 2025 par

Saint-Mathieu GONTO (20210990)

Encadrant 2iE : Issa MADOUGOU, enseignant de topographie et système d'information géographique à l'institut 2iE, Département science et technique de l'ingénieur.

Maître de stage : Abdoul Karim OUEDRAOGO, Directeur des études techniques et de l'ingénierie chez BPL Project Experts.

Structure d'accueil du stage : **BPL Project Experts SAS**

Jury d'évaluation du stage :

Président : **Prof Angelbert Chabi BIAOU**

Membres et correcteurs : **M. Amadou SIMAL
M. Koffi KOKOLE**

*Etudes techniques de VRD du projet de construction de la ligne de Bus Rapid Transit (BRT)
sur la route du Zoo à Abidjan.*

Promotion [2024/2025]

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

- **Mes chers Géniteurs, M. GONTO Pascal** et son épouse **Mme GONTO Léontine Missanlou**, pour l'éducation et la protection qu'ils m'ont prodiguées tout au long de ma vie ;
- **Mon aîné, Dr BIEUPOUDE Pascal**, pour son soutien moral et financier inestimable tout au long de mes études ;
- **Mon tuteur, M. NITIEMA Issiaka**, et son épouse, **Mme NITIEMA Mariam**, pour l'accueil chaleureux et bienveillant qu'ils m'ont réservé durant mon séjour d'études au Burkina Faso ;
- **Mes frères et sœurs**, pour leur soutien indéfectible dans toutes mes entreprises ;
- **Les grandes familles GONTO, GUE et LOUA**, à Abidjan, Man et Yèpleu, pour leurs conseils avisés et leur soutien sous toutes ses formes ;
- **Tous les enseignants**, dont les enseignements ont jalonné mon parcours scolaire et académique ;
- **Toutes les personnes** qui, d'une manière ou d'une autre, m'ont apporté leur soutien.
- **Mes amis**, pour leur présence constante et leur encouragement dans cette quête incessante de savoir
- **Mes compatriotes**, ainsi que **mes promotionnaires et amis** de l'institut 2iE de Ouagadougou et JNUIA-HEI de Lille, avec qui j'ai partagé des moments mémorables durant ces trois dernières années.

Citations

« À cœur vaillant, rien d'impossible »

JACQUES CŒUR (1395- 1456)

Remerciements

Nous adressons nos sincères remerciements à :

- **Dieu, Tout-Puissant**, pour le don de la vie, la santé, la force et l'intelligence qu'Il me renouvelle à chaque instant.
- **L'équipe pédagogique et administrative** de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), pour l'excellente formation reçue dans les domaines du Génie civil, des routes et ouvrages d'art, ainsi que du management ;
- **M. Issa MADOUGOU**, encadreur à 2iE, pour son accompagnement attentif et sa disponibilité ;
- **BPL PROJECT EXPERTS**, pour l'accueil chaleureux et l'encadrement de qualité dont nous avons bénéficié durant notre stage. Nos remerciements particuliers s'adressent au Président de BPL, **Dr Pascal BIEUPOUDE**, ainsi qu'à l'ensemble du personnel de BPL ;
- **M. Abdoul Karim OUEDRAOGO** et **Mlle Aicha Badialo TANGARA**, maîtres de stage, pour leurs soutiens constants et leur disponibilité.

Nous exprimons également notre gratitude intellectuelle envers les auteurs des ouvrages référencés dans notre bibliographie.

Enfin, que toutes les personnes non mentionnées, mais qui nous ont soutenus à travers leurs prières ou leurs actions, trouvent ici l'expression de notre profonde reconnaissance.

Résumé

Ce mémoire est consacré à l'étude technique des Voiries et Réseaux Divers (VRD) pour une ligne de Bus Rapid Transit (BRT) de 11,5 km en site propre, reliant les quartiers d'Adjamé et d'Abobo via la route du Zoo à Abidjan. L'objectif principal est de proposer une solution à la fois techniquement robuste et économiquement viable, visant à améliorer la mobilité urbaine durable. L'étude se concentre sur la conception et le dimensionnement des structures de chaussée pour deux variantes principales : une chaussée bitumineuse épaisse et une chaussée en béton armé continu, les deux destinées à une voie de circulation mixte. En référence au guide technique LCPC-SETRA (1994), la plate-forme a été classée en PF3. Les niveaux de trafic sont respectivement définis comme TC7 et TC6 pour la variante bitumineuse, et TC6 et TC6 pour la variante en béton. La chaussée bitumineuse comprend une couche de roulement de 8 cm en béton bitumineux semi-grenu, une couche de base de 13 à 15 cm et une fondation de 13 à 15 cm en grave-bitume. La chaussée en béton armé continu, quant à elle, se compose d'une couche combinée de 20 cm en béton armé et d'une fondation de 15 cm en béton maigre. La voie de circulation mixte présente une couche de roulement de 8 cm en béton bitumineux, une base de 9 cm et une fondation de 13 cm en grave-bitume. Par ailleurs, des études hydrologiques et hydrauliques ont été menées pour orienter la conception du système de drainage, impliquant des caniveaux de 60 x 50 cm et 80 x 80 cm. Une analyse préliminaire des impacts environnementaux et sociaux a également été réalisée, identifiant les effets potentiels sur l'environnement naturel, les dynamiques sociales, ainsi que le trafic résiduel après l'aménagement. Enfin, une estimation des coûts a été établie pour guider les choix techniques et économiques. La première variante est estimée à 69 843 867 240 FCFA, tandis que la seconde présente un coût total de 72 206 911 640. Ce mémoire constitue ainsi une contribution importante au développement d'infrastructures durables, apportant une réponse aux défis de la mobilité urbaine, notamment en réduisant les problèmes de congestion dans la grande région d'Abidjan à travers l'implantation de lignes de BRT.

Mots-clés :

1. Assainissement
2. Structure de chaussée
3. Transport en site propre
4. VRD

Abstract

This report focuses on the technical studies of Roads and Utility Networks (VRD) for the construction of an 11.5 km dedicated Bus Rapid Transit (BRT) line connecting Adjamé to Abobo via the Zoo Road in Abidjan. It aims to provide a technically sound and cost-effective solution to enhance sustainable urban mobility. The study covered the design and dimensioning of pavement structures for two main variants: a thick bituminous pavement and a continuously reinforced concrete pavement, both integrated into a mixed-traffic lane. Using the LCPC-SETRA (1994) manual, the platform was classified as PF3. Traffic levels were determined as TC7 and TC6 for the bituminous variant and TC6 and TC6 for the concrete variant. The bituminous pavement includes an 8 cm semi-dense asphalt layer, a base of 13-15 cm, and a foundation of 13-15 cm in bituminous gravel. The concrete pavement consists of a 20 cm combined reinforced concrete layer and a 15 cm lean concrete foundation. The mixed-traffic lane features an 8 cm asphalt layer, with a 9 cm base and 13 cm foundation in bituminous gravel. Hydrological and hydraulic studies guided the drainage system design, selecting 60 x 50 cm and 80 x 80 cm gutters. A preliminary assessment of environmental and social impacts was also carried out, highlighting potential effects on the natural environment, social dynamics, and residual traffic after development. Finally, a cost estimate was prepared to guide technical and economic decisions. The first variant is estimated at 69,843,867,240 XOF while the second variant has a total cost of 72,206,911,640 XOF. This report represents a significant contribution to the development of sustainable infrastructure tailored to the challenges of urban mobility

Keywords:

- Roads and Utility Networks
- Pavement Structure,
- Drainage,
- Dedicated Transport.

Liste des abréviations

2IE	: Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
BRT	: Bus Rapid Transit
BHNS	: Bus à Haut Niveau de Service
TCSP	: Transport Commun en Site Propre
DAA	: District Autonome d'Abidjan
CERTU	: Centre d'Etude sur les Réseaux, les Transport, l'Urbanisme et la Construction
PMUA	: Projet de Mobilité Urbaine d'Abidjan
PTUA	: Projet de Transport Urbain d'Abidjan
AMUGA	: Autorité de la Mobilité Urbaine dans le Grand Abidjan
SOTRA	: Société de Transport Abidjanaise
GTR	: Le Guide des Terrassement Routiers
PF	: Plateforme
ASP	: Avant-Projet Sommaire
PTAC	: Poids Total Autorisé en Charge
AR	: Arase
GNT	: Grave Non Traitée
GB	: Grave Bitume
BB	: Béton Bitumineux
BBSG	: Béton Bitumineux Semi-Grenu
BAC	: Béton Armé Continue
GB	: Grave Bitume
BAEL	: Béton Armé aux Etats Limites
BNETD	: Bureau National d'Etudes Techniques et de Développement
AGERROUTE	: Agence de Gestion des Routes
ELU	: Etat Limite Ultime
ELS	: Etat Limite de Service
LCPC	: Laboratoire Centrale des Ponts et Chaussées
ORSTOM	: Office de la Recherche Scientifique Outre-Mer
PL	: Poids Lourds
Cerema	: Centre d'Etudes et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et L'Aménagement

*Etudes techniques de VRD du projet de construction de la ligne de Bus Rapid Transit (BRT)
sur la route du Zoo à Abidjan.*

SETRA	: Service d'Etudes Techniques des Routes et d'Autoroutes
LBTP	: Laboratoire du Bâtiment et des Travaux Publics
USGS	: United States Geological Survey
PGES	: Le plan de Gestion Environnementale et Sociale
PAR	: Plan d'Action de Réinstallation
JICA	: Japan International Cooperation Agency
EIES	: L'Etude d'Impact Environnemental et Social
SDUGA	: Schéma Directeur d'Urbanisme du Grand Abidjan
SDTUGA	: Schéma Directeur des Transports Urbains du Grand Abidjan
OSER	: Office de Sécurité Routière
SODEXAM	: Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique
TTC	: Toute Taxe Comprise
TVA	: Taxe sur la Valeur Ajoutée

SOMMAIRE

Dédicaces	2
Citations	3
Remerciements	4
Résumé	5
Abstract	6
Liste des abréviations	7
<i>Sommaire</i>	8
<i>Liste des tableaux</i>	12
<i>Liste des figures</i>	14
Introduction	15
I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET LA ZONE DU PROJET	17
1. <i>Présentation de la structure d'accueil</i>	17
a) <i>Historique</i>	17
b) <i>Mission</i>	17
c) <i>Secteurs d'activités et services fournis</i>	18
d) <i>Organisation</i>	18
e) <i>Adresse du siège social de BPL Project Experts</i>	19
f) <i>Les implantations de BPL</i>	19
2. <i>Présentation de la zone d'étude</i>	20
a) <i>Situation de la zone d'étude</i>	20
b) <i>Relief du grand Abidjan</i>	21
c) <i>Climat</i>	21
d) <i>Pluviométrie</i>	21
II. PRESENTATION DU PROJET	22
1. <i>Localisation et description du projet</i>	22

*Etudes techniques de VRD du projet de construction de la ligne de Bus Rapid Transit (BRT)
sur la route du Zoo à Abidjan.*

2.	<i>Contexte général du projet</i>	24
3.	<i>Contexte du projet de Construction du BRT</i>	24
4.	<i>Problématique</i>	24
5.	<i>Objectif du projet</i>	25
6.	<i>Objectif général de notre étude</i>	25
7.	<i>Objectifs spécifiques de l'étude</i>	25
8.	<i>Données de base</i>	25
III.	<i>ETAT DES SOLUTIONS CONTEMPORAINES DE MOBILITE URBAINE</i>	26
1.	<i>Le tramway</i>	26
2.	<i>Le Metro</i>	27
3.	<i>La navette fluviale</i>	27
4.	<i>Les vélos en Libre-service</i>	28
5.	<i>Le Bus</i>	28
6.	<i>Les avantages et exigences du BRT</i>	28
7.	<i>Les variantes de configuration de BRT sur site propre.</i>	29
a)	<i>Site propre central</i>	29
b)	<i>Site propre lateral</i>	29
c)	<i>Site propre bilatéral</i>	30
d)	<i>Site propre surélevé</i>	30
IV.	<i>MATERIELS, HYPOTHESES ET METHODOLOGIES DE CONCEPTION</i>	31
1.	<i>Outils et matériels</i>	31
2.	<i>Etude du trafic sur le couloir du BRT</i>	31
3.	<i>Etudes géotechniques</i>	32
4.	<i>Dimensionnement de la chaussée</i>	32
5.	<i>Etude hydrologique</i>	32
6.	<i>Dimensionnement hydraulique des caniveaux</i>	35
7.	<i>Dimensionnement structural des caniveaux</i>	36
a)	<i>Pré dimensionnement</i>	36
V.	<i>ETUDE TECHNIQUE ET RESULTATS</i>	37
1.	<i>Etude du trafic du sur la voie réservée au BRT et sur la voie de circulation normale</i>	

*Etudes techniques de VRD du projet de construction de la ligne de Bus Rapid Transit (BRT)
sur la route du Zoo à Abidjan.*

37

a)	<i>Etude du trafic sur la voie réservée au BRT</i>	37
b)	<i>Etude du trafic sur la voie de circulation mixte</i>	41
2.	<i>Etude géotechnique du couloir BRT</i>	43
a)	<i>Données géologiques</i>	43
	<i>Classification du sol de la plateforme</i>	44
b)	44
3.	<i>Conception et dimensionnement de la structure de chaussée du couloir BRT et de la voie de circulation mixte</i>	45
a)	<i>Conception des deux variantes de structure de chaussée pour la voie réservée au BRT</i> 45	
b)	<i>Conception de la structure de chaussée pour la voie de circulation générale</i>	54
4.	<i>Etude hydrologique du couloir BRT</i>	55
a)	<i>Données topographiques et cartographiques</i>	55
b)	<i>Délimitation des bassins versants</i>	56
c)	<i>Détermination des caractéristiques des bassins versants</i>	57
d)	<i>Calcul des débits</i>	58
5.	<i>Dimensionnement Hydraulique des caniveaux par la formule de Manning Strickler</i> 60	
a)	<i>Choix des sections de caniveaux</i>	61
VI.	<i>ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL</i>	62
1.	<i>Cadre législatif, réglementaire et institutionnel ivoirien</i>	62
a)	<i>Cadre législatif et réglementaire</i>	62
2.	<i>Les impacts du projet</i>	62
a)	<i>Impact sur l'environnement</i>	62
b)	<i>Les impacts sociaux</i>	64
c)	<i>Les impacts du BRT sur la croissance économique</i>	66
d)	<i>L'impact sur le trafic résiduel</i>	66
VII.	<i>ETUDE FINANCIERE</i>	67
	<i>Conclusion</i>	68

10

*Etudes techniques de VRD du projet de construction de la ligne de Bus Rapid Transit (BRT)
sur la route du Zoo à Abidjan.*

<i>Bibliographie</i>	69
<i>Annexes</i>	70
<i>Annexe I : Etudes conceptuelle du BRT Zoo</i>	71
<i>Annexe II : Résumé des études géotechniques</i>	76
<i>Annexe III : Dimensionnement structural de la chaussée du BRT</i>	77
<i>Annexe IV : Etudes financières</i>	80

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1: Poids des autobus selon l'état de chargement.....</i>	<i>38</i>
<i>Tableau 2: Coefficient de canalisation selon la largeur de chaussée.....</i>	<i>39</i>
<i>Tableau 3: Nombre d'essieux équivalent selon la zone et la nature de chaussée</i>	<i>40</i>
<i>Tableau 4: Tableau de classification du trafic cumulé selon SETRA</i>	<i>41</i>
<i>Tableau 5: Classes de trafic selon la nature de la chaussée du BRT</i>	<i>41</i>
<i>Tableau 6: Coefficient d'agressivité moyenne selon la nature des matériaux de la chaussée</i>	<i>42</i>
<i>Tableau 7: Classe du trafic sur la voie mixte selon la nature des matériaux de la chaussée..</i>	<i>43</i>
<i>Tableau 9: Classe de l'arase de terrassement</i>	<i>44</i>
<i>Tableau 10: Conditions de sur-classement de portance des plates-formes</i>	<i>44</i>
<i>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 11:</i>	
<i>.....</i>	<i>45</i>
<i>Tableau 12: Epaisseur de la structure de chaussée bitumineuse en section courante</i>	<i>45</i>
<i>Tableau 13: Epaisseur de la structure de chaussée bitumineuse en zone de station.....</i>	<i>46</i>
<i>Tableau 14:Récapitulatif des épaisseurs de la structure de chaussée bitumineuse.....</i>	<i>46</i>
<i>Tableau 15Récapitulatif des épaisseurs de la structure de chaussée en Bac</i>	<i>47</i>
<i>Tableau 16: Modules et coefficient de poissons retenus.....</i>	<i>48</i>
<i>Tableau 17: Récapitulatif des vérifications dans la structure</i>	<i>50</i>
<i>Tableau 18: Récapitulatif des vérifications dans la structure</i>	<i>51</i>
<i>Tableau 19: Valeurs de contraintes admissibles et contraintes à la base des différentes couches de la chaussée.....</i>	<i>52</i>
<i>Tableau 20: Epaisseurs des différentes couches de la chaussée en BAC.....</i>	<i>52</i>
<i>Tableau 21: Epaisseurs des différentes couches de chaussée de la voie de circulation mixte</i>	<i>55</i>
<i>Tableau 22: Epaisseurs des différentes couches de la voie de circulation mixte après vérification</i>	<i>55</i>
<i>Tableau 23: Caractéristiques des bassins versants</i>	<i>58</i>

*Etudes techniques de VRD du projet de construction de la ligne de Bus Rapid Transit (BRT)
sur la route du Zoo à Abidjan.*

<i>Tableau 24: Tableau récapitulatif des études hydrologiques</i>	<i>59</i>
<i>Tableau 25: Récapitulatif des études hydrauliques</i>	<i>60</i>
<i>Tableau 26: Récapitulatifs des dimensions de caniveaux sur le BRT Zoo.....</i>	<i>61</i>
<i>Tableau 27: Nombre de kilomètres des véhicules par mode de transport (en milliers par année)</i>	<i>63</i>
<i>Tableau 28: Consommation de carburant unitaire estimée par mode de transport</i>	<i>63</i>
<i>Tableau 29: Estimation de l'émission unitaire de CO₂ par mode de transport.....</i>	<i>63</i>
<i>Tableau 30: Estimation de l'émission de tonnes de CO₂ par mode de transport</i>	<i>64</i>
<i>Tableau 31: Nombre de passagers-heures (en milliers par année).....</i>	<i>65</i>
<i>Tableau 32: Valeurs du temps par mode de transport.....</i>	<i>65</i>
<i>Tableau 33: Tableau comparatif du cout des deux variantes de chaussée du BRT.....</i>	<i>67</i>

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1: Carte de la zone d'étude.....</i>	<i>20</i>
<i>Figure 2: Carte de la ligne du BRT Zoo</i>	<i>22</i>
<i>Figure 3 : Configuration du BRT en section courante.....</i>	<i>23</i>
<i>Figure 4: Configuration du BRT en zone de station</i>	<i>23</i>
<i>Figure 5: Ligne de bus en site propre</i>	<i>26</i>
<i>Figure 6: Tramway de Melbourne en Australie.....</i>	<i>26</i>
<i>Figure 7: Metro de Tokyo</i>	<i>27</i>
<i>Figure 8: "Thames Clippers" la navette fluviale de Londres.....</i>	<i>27</i>
<i>Figure 9 : "V'Lille " le vélo en libre-service de la métropole européenne de Lille.....</i>	<i>28</i>
<i>Figure 11: Configuration du BRT central.....</i>	<i>29</i>
<i>Figure 12: Configuration du BRT latéral</i>	<i>30</i>
<i>Figure 13: Configuration du BRT bilatéral</i>	<i>30</i>
<i>Figure 14: Configuration du BRT surélevé.....</i>	<i>31</i>
<i>Figure 15: Coefficients de Montana dans la zone d'étude</i>	<i>34</i>
<i>Figure 16: Carte géologique d'Abidjan.....</i>	<i>43</i>
<i>Figure 17: Abaque BAC/BC2.....</i>	<i>47</i>
<i>Figure 18: Schéma de la structure d'une chaussée en BAC</i>	<i>54</i>
<i>Figure 19: Model numérique du terrain de la zone du projet</i>	<i>56</i>
<i>Figure 20: l'ensemble des bassins versants associés au couloir du BRT.....</i>	<i>57</i>

Introduction

La croissance rapide des villes est un phénomène global, généralement mesuré à travers la comparaison de recensements successifs, bien que souvent mal compris. Comme dans d'autres régions du monde, l'Afrique subsaharienne connaît une forte émigration rurale vers les centres urbains, due notamment à sa faible densité de population. Les statistiques mondiales de l'urbanisation montrent que, d'une part, l'Afrique est le continent le moins densément peuplé mais enregistre le taux de croissance urbaine le plus élevé depuis les années 1950. D'autre part, l'expansion des grandes villes est largement alimentée par l'exode rural, qui contribue à l'extension des périphéries urbaines. Cependant, cette urbanisation en Afrique présente des particularités : elle n'est souvent pas accompagnée d'un développement économique ou d'une amélioration des conditions de mobilité. On observe également une hypertrophie des grandes métropoles, due à la concentration des facteurs attractifs dans les capitales. Abidjan, la plus grande ville de Côte d'Ivoire, illustre cette tendance. Selon le recensement général de la population et de l'habitat RGPH 2021, le Grand Abidjan comptait 6 321 017 habitants, soit 21,5% de la population totale du pays.

Le Grand Abidjan dont la population est estimée à environ 7 000 000 d'habitant en 2024, joue un rôle crucial dans la croissance économique de la Côte d'Ivoire, un développement qui repose en grande partie sur les infrastructures physiques, sociales et institutionnelles. Parmi ces infrastructures, le secteur des transports occupe une place centrale dans l'essor socio-économique de la ville. En effet, il soutient la croissance économique en facilitant l'accès aux marchés nationaux et internationaux, tout en améliorant la mobilité des personnes et des biens, ce qui augmente le potentiel de production et de services.

Conscient des défis de mobilité urbaine, le gouvernement ivoirien, à travers le Projet de Mobilité Urbaine d'Abidjan (PMUA), a initié plusieurs projets de transport en site propre, dont les Bus Rapid Transit (BRT), pour améliorer la circulation à Abidjan.

La question se pose alors : la mise en place d'une ligne BRT reliant la commune commerciale d'Adjamé à celle d'Abobo via la route du Zoo sera-t-elle une solution efficace pour résoudre le problème de congestion de la circulation à Abidjan répondant aux besoins quotidiens de déplacement des habitants, que ce soit pour le travail, les courses ou les loisirs, dans un espace urbain en constante évolution ?

*Etudes techniques de VRD du projet de construction de la ligne de Bus Rapid Transit (BRT)
sur la route du Zoo à Abidjan.*

Ce mémoire vise à proposer une étude technico-économique sur l'aménagement de deux variantes de voirie. Il est structuré en sept parties :

- La première partie présente la structure d'accueil et la zone d'étude ;
- La deuxième partie porte sur la présentation générale du projet ;
- La troisième partie traite de l'état des solutions de mobilité urbaine ;
- La quatrième partie aborde les méthodes, hypothèses et formules utilisées pour déterminer les résultats ;
- La cinquième partie présente les différents résultats obtenus ;
- La sixième partie se penche sur une étude d'impact environnemental ;
- La septième partie propose une estimation financière du projet.

I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET LA ZONE DU PROJET

1. Présentation de la structure d'accueil

a) Historique

BPL Project Experts S.A.S, fondée par le Docteur, Ingénieur Pascal BIEUPOUDE, est une société privée et indépendante de conseils et d'ingénierie établie en Côte d'Ivoire. Officiellement créée en 2016, après une maturation de l'idée depuis 2008, BPL s'est rapidement distinguée par son approche moderne et innovante, intégrant les nouvelles technologies dans ses prestations d'ingénierie. Grâce à l'engagement de son personnel, l'entreprise a su gagner la confiance de clients majeurs et de bailleurs de fonds internationaux, tels que la Banque Africaine de Développement et la Banque Mondiale, l'Agence Française de Développement (AFD) et l'Institution Suédoise de Financement du Développement (SWEDFUND) pour des projets de développement en Afrique de l'Ouest et en Afrique Centrale. BPL a également noué des partenariats stratégiques avec des acteurs en Amérique du Sud, Amérique du Nord, Europe, Afrique du Nord et Afrique Subsaharienne. Engagée dans une démarche de qualité, de sécurité, et de respect de l'environnement, BPL est certifiée ISO 9001 (2015) pour le Système de Management de la Qualité, ISO 14001 (2015) pour le Système de Management Environnemental, et ISO 45001 (2018) pour le Système de Management Santé Sécurité au Travail.

b) Mission

Au cours des deux premières décennies de ce millénaire, le monde a connu des avancées technologiques d'une ampleur inédite, transformant profondément divers secteurs d'activité. BPL Project Experts, consciente de ces transformations, s'est engagée à offrir à ses clients des solutions de développement qui ne se contentent pas d'utiliser l'ingénierie traditionnelle, mais qui intègrent activement les innovations technologiques les plus récentes. La mission de BPL est de répondre aux défis modernes en fournissant des services qui allient expertise technique et technologie de pointe, permettant ainsi à ses clients de bénéficier de solutions durables, efficaces et adaptées aux exigences du monde actuel.

c) Secteurs d'activités et services fournis

En tant que société internationale de conseils et BPL Project Experts S.A.S est spécialisée dans les domaines suivants :

- Transport et mobilité urbaine
- Energie, électricité et électrification
- Eau et Assainissement
- Bâtiment et développement urbain
- Agriculture et Développement rurale
- Environnement et Climat
- Système d'Information Géographique (SIG).

Les principaux services fournis par BPL Project Experts sont :

- Etudes techniques d'avant-projet sommaire (APS)
- Etudes techniques d'avant-projet détaillé (APD)
- Préparation des dossiers d'appel d'offre (DAO)
- Assistance à la passation des marchés
- Suivi et contrôle des travaux

BPL collabore sur ses projets avec des experts provenant d'Afrique, d'Europe et d'Amérique.

d) Organisation

BPL Project Experts est organisée autour de plusieurs entités clés :

Conseil d'Administration : Supervise la gestion globale, prend des décisions stratégiques et assure la conformité réglementaire.

Présidence/Direction Générale : Gère les opérations quotidiennes, met en œuvre la stratégie et représente l'entreprise.

Direction de la Planification et de l'Administration des Projets : Planifie, coordonne les ressources et veille au respect des délais et budgets.

Direction de la Qualité et du Développement : Développe de nouveaux produits et services, tout en améliorant la qualité.

*Études techniques de VRD du projet de construction de la ligne de Bus Rapid Transit (BRT)
sur la route du Zoo à Abidjan.*

Département des Études Techniques et Générales : Conçoit des solutions techniques conformes aux normes.

Département Supervision des Travaux : Assure le contrôle qualité et la conformité des travaux sur le terrain.

Département de la Maîtrise Technique et de la Production : Gère les aspects techniques et soutient les équipes projets.

Département Développement : Focalisé sur l'innovation et les nouveaux services.

Département SMI QSE : Gère la qualité, la sécurité, l'environnement, la conformité aux normes, et favorise l'amélioration continue.

Département Administration, Finance et Comptabilité : Gère les ressources humaines, financières, administratives et la conformité fiscale.

e) Adresse du siège social de BPL Project Experts

Le siège social de BPL Project Experts est situé à Abidjan, dans le quartier de Cocody, précisément aux II Plateaux Angré, 7ème Tranche, sur la Rue L 169, à 100 mètres d'AIMAS. L'adresse postale est 27 BP 813 Abidjan 27.

Les contacts sont les suivants :

Tél. : +225 27 22 54 40 69

bpl@bpl-sa.com

dg@bpl-sa.com

tech@bpl-sa.com

www.bpl-sa.com

f) Les implantations de BPL

BPL Project Experts est fière de son empreinte géographique, présente dans de nombreux pays, que ce soit par ses propres opérations ou par l'acquisition de sociétés. En Afrique, elle est active dans des pays tels que la Côte d'Ivoire, le Togo, le Burkina Faso, le Mali, la Centrafrique, le Tchad, la République du Congo, le Niger, le Nigéria, le Cameroun, la Zambie, l'Ouganda, la Tanzanie, le Burundi, les Comores, le Kenya, la Sierra Leone, la Mauritanie, le Lesotho, l'Angola, le Ghana, et la Guinée. À l'international, BPL est également présente en France, au Royaume-Uni, au Canada, au Brésil, en Australie, en Hongrie, et au Panama.

2. Présentation de la zone d'étude

a) Situation de la zone d'étude

Le projet qui fait l'objet de notre présente étude, se situe dans le Sud de Côte d'Ivoire, plus précisément dans la métropole du Grand Abidjan. Le Grand Abidjan fait référence à la région métropolitaine d'Abidjan et à ses environs, englobant non seulement le district Autonome d'Abidjan (DAA) constitué de 13 communes, mais aussi 6 autres communes périphériques, faisant ainsi un total de 19 Communes. Cette région est le cœur économique de la Côte d'Ivoire et abrite une grande partie de la population du pays, environs 6 millions d'habitants.

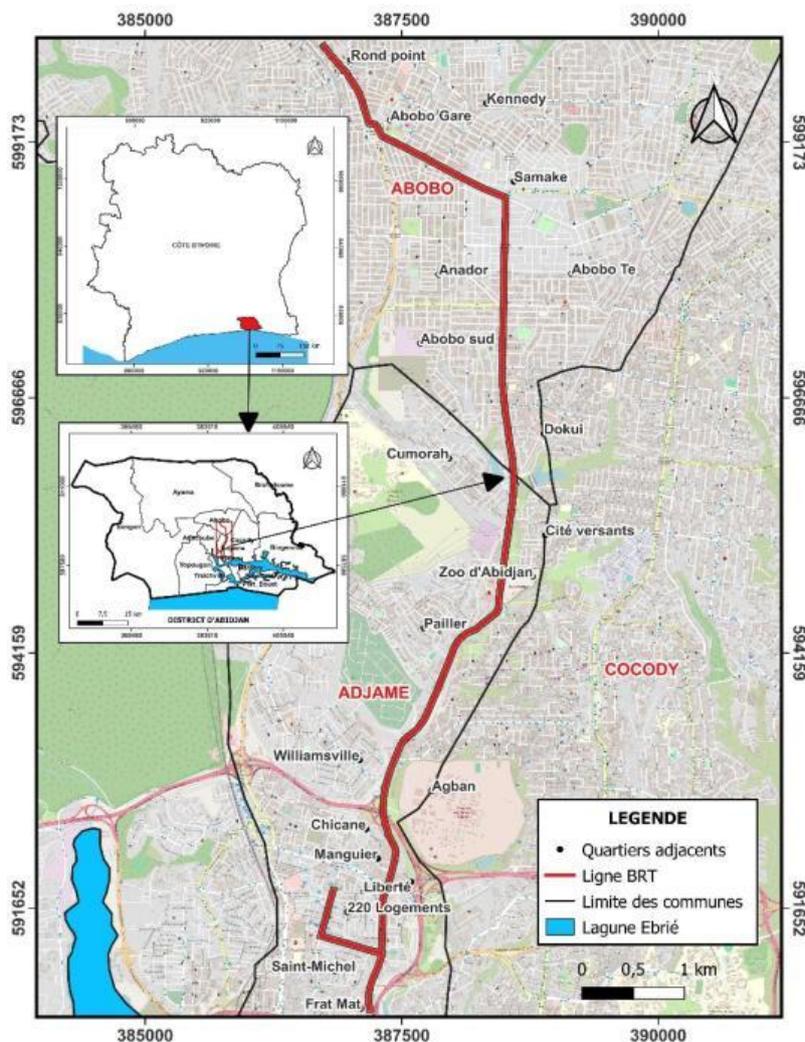


Figure 1: Carte de la zone d'étude

Source : BPL Project Experts

b) Relief du grand Abidjan

Le relief du Grand Abidjan est principalement plat, caractérisé par de basses plaines côtières avec une altitude inférieure à 50 mètres. La région est dominée par la lagune Ébrié, qui borde la ville et crée des zones humides et marécageuses le long de ses rives. Quelques collines basses se trouvent à l'ouest et au nord, notamment dans les communes de Yopougon et d'Anyama, où le terrain atteint parfois 150 mètres. Le relief légèrement ondulé avec des pentes douces rend certaines zones vulnérables à l'érosion et aux inondations, surtout pendant la saison des pluies

c) Climat

Le climat du Grand Abidjan est de type équatorial avec des températures élevées tout au long de l'année. La température moyenne annuelle est d'environ 27°C, avec des maximales atteignant 31°C et des minimales autour de 22°C. La saison la plus chaude s'étend de novembre à mai, avec des pics de chaleur en février, mars et avril, où les températures peuvent atteindre 32°C. En revanche, la saison moins chaude s'étale de juin à octobre, avec des maximales de 28°C, notamment en juillet, août et septembre, période où la fraîcheur relative et les pluies dominent.

d) Pluviométrie

Le Grand Abidjan connaît une pluviométrie abondante, avec une moyenne annuelle de 1 669 mm de précipitations. Il existe deux saisons des pluies distinctes. La grande saison des pluies s'étend principalement d'avril à juillet, durant laquelle tombe environ 62 % des précipitations annuelles. La petite saison des pluies survient en octobre et novembre, représentant environ 18 % de la pluie annuelle. Ces périodes de fortes précipitations jouent un rôle important dans l'hydrologie de la région, notamment dans l'alimentation des lagunes et des zones humides.

II. PRESENTATION DU PROJET

1. Localisation et description du projet

Le projet de Bus Rapid Transit (BRT) sur la Route du Zoo à Abidjan, d'une longueur d'environ 10 km, reliera Adjamé à Abobo, partant de la Gare de Bingerville jusqu'à la Mairie d'Abobo. Il traversera les carrefours "Liberté", "Djeni Kobénan (Williamsville)", "Zoo" et "Samaké". Ce BRT fait partie du Projet de Mobilité Urbaine d'Abidjan (PMUA), initié par l'AMUGA et financé par Swedfund, pour améliorer la mobilité en réponse à la congestion et à l'insuffisance des infrastructures de transport. Le projet couvre plusieurs communes stratégiques d'Abidjan, comme Yopougon, Attécoubé, Cocody, et Bingerville, visant à fluidifier la circulation, réduire la pollution et offrir des solutions de transport rapides et efficaces. Les opérateurs artisanaux, regroupés en sociétés de transport, géreront la ligne pour renforcer leur professionnalisation.

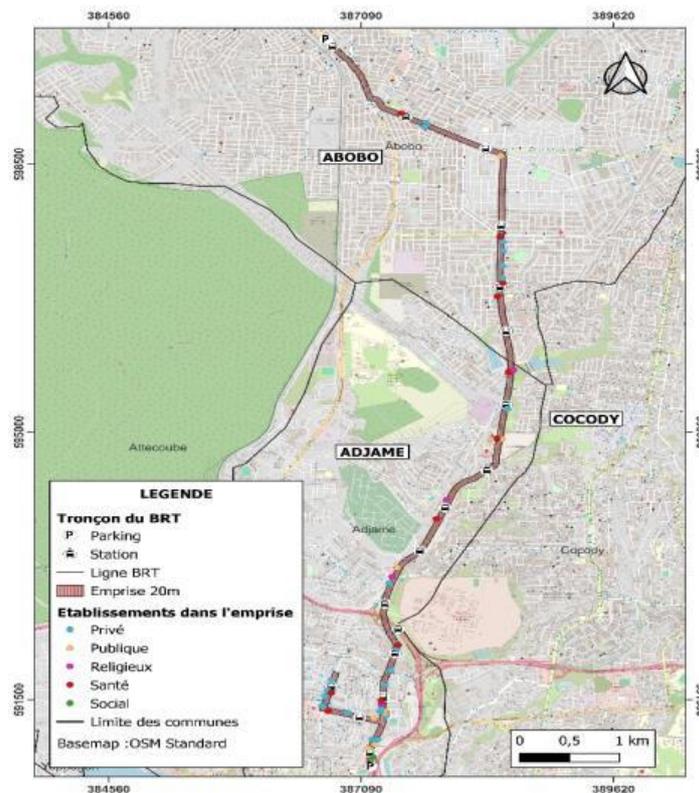


Figure 2: Carte de la ligne du BRT Zoo

Source : BPL Project Experts

*Etudes techniques de VRD du projet de construction de la ligne de Bus Rapid Transit (BRT)
sur la route du Zoo à Abidjan.*

Ce projet prévoit une ligne centrale de BRT aménagée sur site propre, flanquée de deux routes latérales, chacune composée de deux voies dédiées à la circulation générale. Les profils en travers, en section courante et au niveau des zones de stationnement, sont illustrés dans la figure suivante.

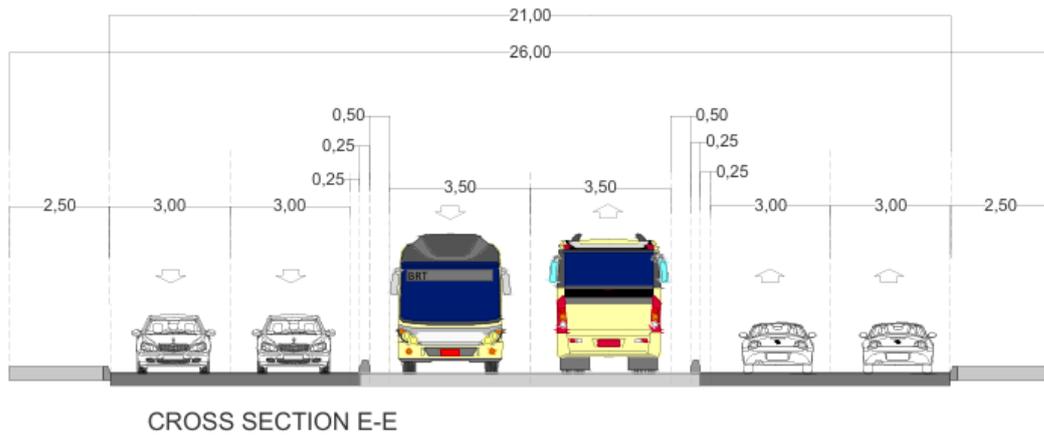


Figure 3 : Configuration du BRT en section courante

Source : Logit

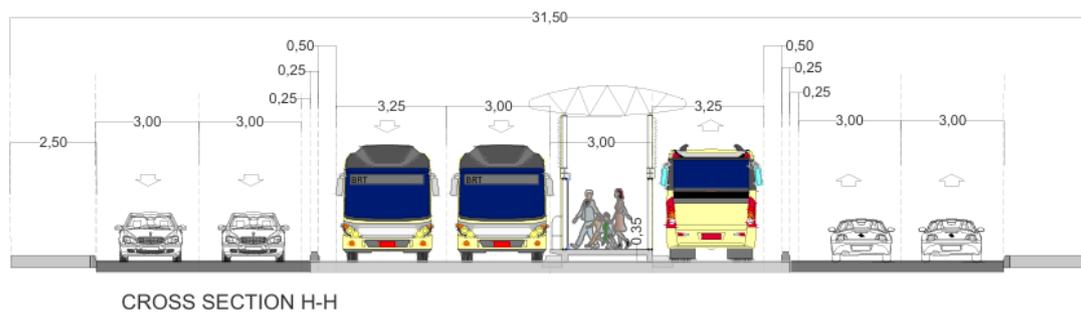


Figure 4: Configuration du BRT en zone de station

Source : Logit

Les études conceptuelles du BRT sont détaillées en annexe I

2. Contexte général du projet

La Côte d'Ivoire, avec une croissance annuelle moyenne de 7 % en 2024, est la première économie de l'UEMOA. Cette dynamique économique s'accompagne d'une urbanisation rapide, le Grand Abidjan regroupant plus de la moitié de la population active, 80 % des emplois et 90 % des entreprises formelles. Cependant, la mobilité y pose de graves problèmes : les ménages dépensent jusqu'à 30 % de leurs revenus en transport, avec des trajets quotidiens moyens de 200 minutes, entraînant des pertes économiques de 4-5 % du revenu national. Pour répondre à ces défis, le gouvernement, avec l'appui de la JICA, a adopté en 2016 le SDUGA, un plan visant un développement durable d'Abidjan avec des corridors de transport de masse prévus à l'horizon 2025.

3. Contexte du projet de Construction du BRT

Le Grand Abidjan, avec ses Sept millions d'habitants, fait face à une forte demande de mobilité due à une urbanisation rapide et une croissance démographique. Cependant, des contraintes géographiques et des infrastructures de transport inadéquates entraînent embouteillages, trajets inconfortables, pollution et nuisances sonores. Pour répondre à ces défis, le gouvernement, via l'AMUGA, a développé le SDUGA, incluant un réseau de bus à haut niveau de service (BRT) en complément du métro. Parmi les lignes prévues, celle de la route du Zoo reliera Adjamé à Abobo, connectant la ligne Est-Ouest et le métro. Le groupement Logit, BPL et Espelia mène l'Étude d'Avant-Projet Sommaire (APS) pour ce projet.

4. Problématique

La mise en place de la ligne de Bus à Haut Niveau de Service (BRT) sur la route du Zoo à Abidjan serait-elle une solution adéquate pour atténuer les externalités négatives du système de transport public actuel, telles que l'accès difficile des populations pauvres aux zones d'emploi et aux services sociaux, les importantes congestions qui impactent la préservation du capital humain, les problèmes de sécurité routière, les pollutions affectant la santé des populations, et la vulnérabilité des piétons, cyclistes et motocyclistes, tout en répondant efficacement aux besoins de déplacement quotidien liés au travail, aux achats et aux loisirs dans un espace urbain

en pleine expansion ?

5. Objectif du projet

L'objectif de la construction de la ligne de BRT route du Zoo en site propre est de renforcer l'accessibilité aux opportunités économiques et sociales tout en améliorant l'efficacité du système de transport public le long de la route du Zoo, reliant la commune commerciale d'Adjamé à Abobo, ainsi que ses lignes de rabattement dans la ville d'Abidjan.

6. Objectif général de notre étude

L'objectif de cette étude est de concevoir et de dimensionner la structure de chaussée ainsi que les ouvrages hydrauliques pour une ligne de bus en site propre reliant la commune d'Adjamé à celle d'Abobo via la route du Zoo à Abidjan, en se basant sur des choix justifiés de matériaux.

7. Objectifs spécifiques de l'étude

Pour parvenir au but général de notre étude énoncé ci-dessus, nous nous sommes fixés des objectifs spécifiques suivants :

- Etudes et classification du trafic sur le couloir du BRT et le voie de circulation mixte.
- Analyse des résultats d'études géotechniques sur le site du BRT
- Dimensionnement de la structure de chaussée ;
- Eudes hydrologiques et hydraulique du site de BRT
- Dimensionnement des ouvrages d'assainissement du couloir de la chaussée ;

8. Données de base

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

- Le rapport d'étude du trafic du site ;
- Les données topographiques du site
- Données géologiques du site
- Les résultats d'études géotechniques
- Les données météorologiques de la zone d'étude ;

III. ETAT DES SOLUTIONS CONTEMPORAINES DE MOBILITE URBAINE

La mobilité urbaine englobe les trajets quotidiens en ville, avec les transports en commun comme alternative à la voiture. Ces moyens incluent le tramway, le bus, le métro et les trains de banlieue. De nouvelles solutions émergent, comme les vélos et trottinettes en libre-service, navettes fluviales, véhicules autonomes, transport à la demande, et Bus Rapid Transit (BRT), étudié dans ce mémoire. Le concept de **site propre**, réservant des voies dédiées aux transports collectifs, optimise leur fluidité en ville.



Figure 5: Ligne de bus en site propre

Source : Atelier Parisien d'Urbanisme

1. Le tramway

Le tramway, transport collectif sur rails en zone urbaine, peut circuler sur des voies partagées ou réservées. Alimenté par câbles aériens ou rails, il est rapide, écologique, et réduit la congestion routière tout en améliorant l'accessibilité des villes.



Figure 6: Tramway de Melbourne en Australie

Source : Alstom

2. Le Metro

Le métro est un système ferroviaire urbain souvent souterrain qui transporte un grand nombre de passagers sur de longues distances. Avec sa capacité élevée, sa régularité et son faible impact environnemental, il désengorge les villes tout en offrant confort et sécurité aux utilisateurs.



Figure 7: Metro de Tokyo

Source : www.shibuyabunka.com

3. La navette fluviale

La navette fluviale, service de transport par bateau, offre une alternative écologique et agréable, désengorgeant le trafic routier en exploitant les cours d'eau urbains. Elle fonctionne comme un bus avec des arrêts réguliers, attirant navetteurs et touristes.



Figure 8: "Thames Clippers" la navette fluviale de Londres

Source : www.shippax.com

4. Les vélos en Libre-service

Les vélos en libre-service sont des bicyclettes disponibles dans des stations urbaines, permettant de les louer pour de courtes durées via une application ou un abonnement. Flexibles, économiques et écologiques, ils réduisent la congestion et la pollution en ville.



Figure 9 : "V'Lille" le vélo en libre-service de la métropole européenne de Lille

Source : La Voix du Nord

5. Le Bus

Le bus, transport collectif flexible et économique, suit des itinéraires fixes mais peut s'adapter à divers quartiers. Il propose des lignes régulières, express ou à haut niveau de service (BHNS), souvent sur des voies réservées pour plus de rapidité. Idéal pour les zones non desservies par tramways ou métros, il se distingue par sa couverture, sa fréquence et son intégration dans les réseaux de transport public, comme à Londres.

6. Les avantages et exigences du BRT

Le Bus Rapid Transit (BRT) améliore la mobilité urbaine en réduisant les embouteillages et la pollution grâce à ses voies réservées, tout en étant flexible, économique, écologique et accessible aux personnes à mobilité réduite, notamment dans les zones souvent délaissées. Cependant, sa mise en œuvre exige des infrastructures modernes, une intégration harmonieuse au réseau existant, une régulation du trafic qui priorise les bus, et un financement durable.

L'efficacité et la pérennité du système dépendent également de l'adoption de technologies innovantes, de formations adaptées et de l'implication active des parties prenantes.

7. Les variantes de configuration de BRT sur site propre.

Les configurations de sites propres pour un Bus Rapid Transit (BRT) varient en fonction des caractéristiques urbaines, des infrastructures disponibles et des objectifs de fluidité. Un site propre désigne des voies exclusivement réservées aux bus, garantissant rapidité et régularité des services en évitant la congestion. Voici les principales configurations possibles.

a) Site propre central

. Dans cette configuration, les voies du BRT sont centrées sur la chaussée, offrant un flux constant grâce à des bordures séparatrices et une priorité aux intersections. Bien qu'efficace, elle nécessite des infrastructures coûteuses et réduit l'espace pour les autres véhicules.



Figure 10: Configuration du BRT central

Source : primature.sn

b) Site propre lateral

Dans cette configuration, les voies de bus longent les trottoirs, rendant l'installation simple et peu coûteuse, avec des stations facilement accessibles aux piétons. Cependant, elle risque des conflits avec les véhicules privés et des perturbations dues au stationnement illégal ou aux véhicules d'urgence.

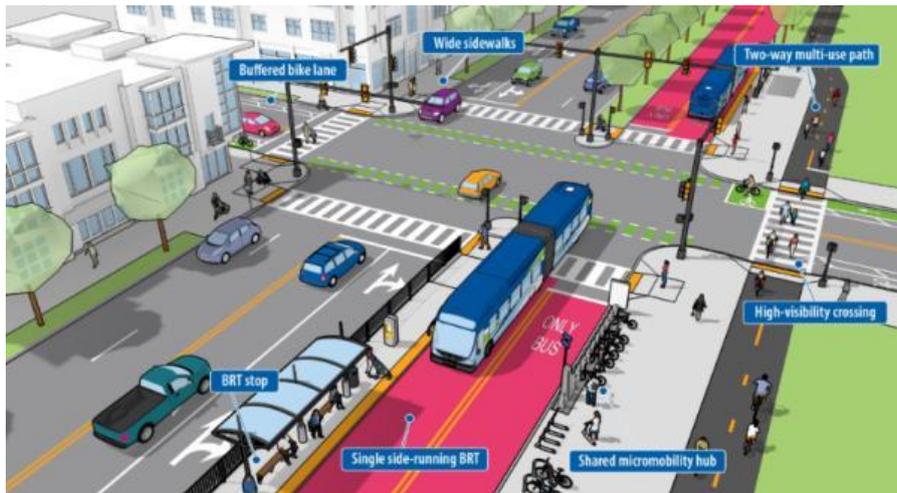


Figure 11: Configuration du BRT latéral

Source : www.greaterohio.org

c) Site propre bilatéral

La configuration bilatérale du BRT, avec des voies réservées de chaque côté de la chaussée, offre rapidité, capacité élevée et flexibilité, tout en étant moins coûteuse que les systèmes ferroviaires et respectueuse de l'environnement. Cependant, elle nécessite beaucoup d'espace, entraîne des coûts d'exploitation élevés et pose des défis d'intégration urbaine et de gestion des flux aux heures de pointe.



Figure 12: Configuration du BRT bilatéral

Source : Phoenix BRT

d) Site propre surélevé

Le BRT surélevé, avec ses voies dédiées au-dessus du sol, offre une circulation fluide et optimise l'espace urbain. Efficace et écologique, il améliore la mobilité et réduit les

embouteillages. Toutefois, il est coûteux, complexe à maintenir, et pose des défis d'acceptabilité sociale, d'accessibilité, et de résistance aux intempéries.



Figure 13: Configuration du BRT surélevé

Source: fr.king-long.com

IV. MATERIELS, HYPOTHESES ET METHODOLOGIES DE CONCEPTION

1. Outils et matériels

Pour la réalisation de ce travail, un ensemble d'outils nous seront utiles. Il s'agit entre autres de :

- Alize-LCPC : pour la vérification de notre chaussée ;
- Google Harth, Global Mapper pour les études hydrologiques
- Autocad 2025 : pour les différents dessins et plans ;
- QGis pour la cartographie ;
- Le pack Microsoft office 2016 (Word, Excel...) : pour la rédaction du mémoire et le traitement des données.

2. Etude du trafic sur le couloir du BRT

Le calcul du trafic pour le dimensionnement de la chaussée se concentre sur le passage des bus, en supposant que la voie dédiée au TCSP sera exclusivement réservée aux bus. Le trafic sera estimé en fonction du nombre moyen de passages journaliers (MJA) sur la ligne de BRT, en prenant en compte les hypothèses suivantes :

- Bus de 18 m avec 152 passagers/véhicule
- Les autobus sont considérés comme des poids lourds en raison de leur taille et capacité

- 365 jours de travail, de 05h à 23h pour l'exploitation du BRT
- Heures de pointe du matin (07h-09h) et du soir (16h-20h)
- Heures creuses (05h-07h, 09h-16h, et 20h-23h)

3. Etudes géotechniques

La géotechnique est généralement définie comme une science permettant d'analyser les propriétés mécaniques, physiques et hydrauliques des sols en vue de leur utilisation dans la construction d'ouvrages de génie civil. La durabilité d'une route, pour la période prévue lors de sa conception, dépend largement de certains paramètres pris en compte lors de son dimensionnement. Dans le cadre de ce projet, l'étude géotechnique peut être assimilée à une mission de type G1ES, conformément à la norme NF P 94-500 de novembre 2013.

4. Dimensionnement de la chaussée

Pour le dimensionnement, nous utiliserons le modèle de Burmister, selon le guide technique LCPC-Setra (1994). Cette méthode évalue la portance du sol et les paramètres de dimensionnement essentiels (trafic, durée de service, coefficients), pour calculer le nombre d'essieux équivalents (NE). Nous choisirons ensuite une structure adaptée aux zones d'arrêt et au site propre, en tenant compte des matériaux disponibles et des coûts. La résistance de la structure sera vérifiée avec le logiciel Alizé, et les épaisseurs des couches seront ajustées pour respecter les contraintes admissibles.

5. Etude hydrologique

L'étude hydrologique détermine les débits projetés nécessaires au dimensionnement des ouvrages, en tenant compte du bassin versant comprenant la plateforme routière du BRT (7 m de large sur toute la longueur du couloir) et des quartiers drainés par ce couloir.

➤ Choix de la période de retour

Une période de retour de 10 ans a été retenue, équilibrant les coûts des aménagements et les risques de débordement.

➤ Méthodologie

La méthode rationnelle sera utilisée pour dimensionner les caniveaux, applicable aux bassins versants de moins de 4 km². Cette méthode suppose une averse homogène dans le temps et

*Etudes techniques de VRD du projet de construction de la ligne de Bus Rapid Transit (BRT)
sur la route du Zoo à Abidjan.*

l'espace, atteignant un débit maximal Q lorsque sa durée égale le temps de concentration Tc. Le débit se calcule selon une formule spécifique.

$$Q = \frac{1}{3,6} CIA \quad \text{avec :}$$

- Q : Débit à évacuer (m³/s)
- C : Coefficient de ruissellement
- I : Intensité de la pluie (mm/h)
- A : Surface du bassin versant (km²)

Intensité de la pluie (I)

L'intensité de la pluie est calculée par la formule :

$$I = aT_c^{-b}$$

Avec

- I : Intensité de la pluie (mm/h)
- Tc : Temps de concentration (min)

Les coefficients a et b de Montana proviennent des données météorologiques locales.

Les paramètres de Montana fournis par la SODEXAM sont présentés dans le tableau suivant :



**COEFFICIENTS DE MONTANA AUX STATIONS
D'ABIDJAN-AERO, DE BONDOUKOU, DE
BOUAKE ET DE SASSANDRA AVEC LES
DUREES DE RETOUR DE 10 ; 20 ET 30 ANS.**

Pour les périodes de retour de **10 ; 20 et 30 ans**, les intensités moyennes **i(t)** de pluie de durée **t** sont calculées par la formule

$$\text{de Montana } i(t) = a \cdot t^{-b}$$

avec **i(t)** en **mm/mn** et **t** en **mn**.

Les coefficients de Montana (a,b) sont calculés par un ajustement statistique entre les durées et les quantités de pluie ayant des durées de retour de 10 ; 20 et 30 ans.

NB : Multiplier le résultat obtenu par **60** pour avoir **i(t)** en **mm/h**.

La hauteur de pluie (en **mm**) peut être approchée par la formule

$$h(t) = a \cdot t^{(1-b)}$$

Les quantités de pluie **h(t)** s'expriment en millimètres (**mm**) et les durées **t** en minutes (**mn**).

Formule de Montana : **i(t) = a \cdot t^{-b}**

Tableau 13 : Coefficients de Montana

STATION D'ABIDJAN-AERO PERIODE D'OBSERVATIONS (1958-2016) Coefficients de Montana pour des pluies de durée de 10 minutes à 120 minutes (2 heures)		
Durée de retour	a	b
T = 10 ans	11,7741	0,4972
T = 20 ans	12,9916	0,4936
T = 30 ans	13,7151	0,4927

Figure 14: Coefficients de Montana dans la zone d'étude

Temps de concentration (T_c)

Le temps de concentration est déterminé à partir de la formule de Kirpich :

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

- T_c : Temps de concentration (min)
- L : Longueur du chemin hydraulique (m)
- P : Pente moyenne du bassin versant (m/m).

Coefficient de ruissellement (C)

Selon les coefficients issus de la littérature spécialisée, une valeur initiale de 0,45 avait été proposée comme coefficient de ruissellement pour les bassins extérieurs, et de 0,9 pour les demi-chaussées sur l'ensemble du projet, en tenant compte du degré d'urbanisation de la zone et de la nature des surfaces concernées. À la demande de l'AGEROUTE, ces valeurs ont été révisées à la hausse en fonction de son expérience en matière de dimensionnement des ouvrages de drainage à Abidjan, conduisant à l'adoption des coefficients suivants :

- **0,9** pour les demi-chaussées, quel que soit le mode de dimensionnement utilisé ;
- **0,7** pour les bassins extérieurs selon la méthode de dimensionnement de **Caquot** ;
- **0,9** pour les bassins extérieurs selon la méthode de dimensionnement **rationnelle**.

6. Dimensionnement hydraulique des caniveaux

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

$$Q = V * S_m \quad \text{Equation (4)}$$

Avec

$$V = K_S * I^{\frac{1}{2}} * R_h^{2/3} \quad \text{Equation (5)}$$

$$S_m = l_{\text{caniveaux}} * H_{\text{caniveaux}} \quad \text{Equation (6)}$$

Q : Débit du projet (m³/s)

K_S : Coefficient de Manning

S_m : Surface mouillée (m²)

I : Pente de l'ouvrage (m/m)

R_h : Rayon hydraulique de l'ouvrage (m)

7. Dimensionnement structural des caniveaux

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

a) Pré dimensionnement

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

$$e = \frac{b}{32} + 0,125 \quad \text{Equation (7)}$$

Avec b a base de notre caniveau.

V. ETUDE TECHNIQUE ET RESULTATS

1. Etude du trafic du sur la voie réservée au BRT et sur la voie de circulation normale

a) Etude du trafic sur la voie réservée au BRT

➤ Résultats du comptage d'usagers de la route du Zoo

Le rapport d'enquête et du comptage du trafic du BRT Zoo nous estime le trafic moyen journalier annuel de Bus sur la voie réservée en 2030 (Année de mise en service du BRT) à 1062PL/jour/sens. En effet, du fait de leur taille et le nombre de personnes transportés, les bus sont considérés comme des véhicules poids lourds

Donc TMJA (2030) = 1062PL.

➤ Détermination de la classe du trafic en nombre d'essieux équivalent NE.

• Poids des véhicules

Les véhicules qui circuleront sur la ligne du BRT seront des modèles urbains articulés mesurant 18 mètres de long et équipés de trois essieux. Leur poids total autorisé en charge (PTAC) est de 32 tonnes. La répartition des charges sur les essieux est la suivante :

- Essieu avant : 7,5 tonnes
- Essieu du milieu : 11,5 tonnes
- Essieu arrière : 13 tonnes

• Calcul du nombre d'essieux équivalent

Après avoir déterminé tous les paramètres mentionnés précédemment, nous pouvons procéder au calcul du nombre d'essieux équivalents (NE) que la structure devra supporter sans subir de dommages au cours de sa durée de service. La formule pour le calcul du NE est la suivante :

$$\text{NE} = \text{MJA} \times 365 \times \text{C}(\text{d}, \text{t}) \times \text{CAM} \times \text{k}(\text{cana}) \quad \text{Equation (8)}$$

*Etudes techniques de VRD du projet de construction de la ligne de Bus Rapid Transit (BRT)
sur la route du Zoo à Abidjan.*

Avec

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

d : durée de service

t : taux de croissance annuel

C(d, t) : le facteur de cumule

CAM : coefficient d'agressivité moyen

k(cana) : coefficient de canalisation

- **Le coefficient d'agressivité moyen CAM**

Le coefficient d'agressivité moyen (CAM) est le rapport entre le nombre de poids lourds et les essieux équivalents de 13 tonnes. Il dépend du type et de l'intensité du trafic ainsi que des matériaux de la chaussée. Le CAM est calculé selon la répartition des charges entre les essieux avant et arrière pour chaque niveau de remplissage des bus, avec la formule suivante :

$$CAM = \frac{\sum \left(\frac{p}{13}\right)^\alpha}{n} \quad \text{Equation (9)}$$

où

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 en béton

Les poids des essieux pour chaque période sont les suivants :

Tableau 1: Poids des autobus selon l'état de chargement

	Vide	Mi- chargé	Chargé	Moyenne Composée
Poids de l'essieu avant (kN)	6.5	7	7,5	7.5
Poids de l'essieu milieu (kN)	8.5	10	11	10.23
Poids de l'essieu arrière (kN)	9	11	13	12.8

D'où

CAM = CAM des bus circulant la plupart des temps à mi- chargé

STRUCTURE BITUMINEUSE :

$$CAM = \frac{\left(\frac{7.5}{13}\right)^5}{1} + \frac{\left(\frac{10.23}{13}\right)^5}{1} + \frac{\left(\frac{12.8}{13}\right)^5}{1}$$

$$CAM = 1,29$$

STRUCTURE EN BETON ARME CONTINU :

$$CAM = \frac{\left(\frac{7.5}{13}\right)^{12}}{1} + \frac{\left(\frac{10.23}{13}\right)^{12}}{1} + \frac{\left(\frac{12.80}{13}\right)^{12}}{1}$$

$$CAM = 0,88$$

- **Coefficient de canalisation du trafic k(cana)**

Le coefficient de canalisation dépend de la largeur et de l'utilisation de la voie considérée. Le tableau ci-dessous présente les différentes valeurs de ce coefficient en fonction des largeurs variées.

Tableau 2: Coefficient de canalisation selon la largeur de chaussée

Coefficient de canalisation	Trafic non canalisé l ≥ 3,50 m	Trafic semi-canalisé 3 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

Source : CEREME

Notre couloir du BRT a une largeur de **3.5m** par sens. Ce qui convient à un **k(cana) = 1** en section courante et **k(cana) = 2** en station.

- **Détermination du facteur de cumule du trafic C.**

La durée de service correspond à la période sans besoin d'entretien structurel. En lien avec le risque de calcul, une durée de 30 ans est choisie pour le couloir du BRT. Le facteur de cumul est calculé avec la formule suivante :

*Etudes techniques de VRD du projet de construction de la ligne de Bus Rapid Transit (BRT)
sur la route du Zoo à Abidjan.*

$$C = d \times \left[1 + \frac{t \times (d - 1)}{2} \right] \quad \text{Equation (10)}$$

Avec :

d : durée de service (en année)

t : taux de croissance annuel

Le rapport d'étude du trafic sur le couloir du BRT Zoo nous donne un taux de croissance annuel du trafic $t = 1,53\%$

$$C = 30(1 + (0,0153 \times (30 - 1)) / 2)$$

$$C = 36.66$$

- **Déterminations de la valeur de NE**

Les résultats du calcul du trafic du BRT effectué sur les 30 ans de service avec le model de calcul du transport commun d'Abidjan sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 3: Nombre d'essieux équivalent selon la zone et la nature de chaussée

Types de structure	Sections	Nombre d'essieux équivalent
Structure bitumineuse	Section courante	18 331 565
	Zone de station	36 663 131
Structure en béton	Section courante	12 647 359
	Zone de station	25 294 718

Pour déterminer la classe de notre trafic connaissant le nombre d'essieux équivalent, nous nous referons au tableau de classification du trafic défini dans le catalogue des structures types de chaussées neuves ci-dessous.

Tableau 4: Tableau de classification du trafic cumulé selon SETRA

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	$3 \cdot 10^7 < NE < 7,5 \cdot 10^7$

Selon ce tableau de classification de trafic, notre trafic sur le couloir du BRT est récapitulé dans le tableau suivant selon le type de structure de chaussée

Tableau 5: Classes de trafic selon la nature de la chaussée du BRT

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

b) Etude du trafic sur la voie de circulation mixte

Le trafic dimensionnant pour les voies de circulation générale est le trafic de poids lourds (PL). L'évaluation du trafic de poids lourds cumulé sur 20 ans a été affinée pour tenir compte des commentaires de l'AGEROUTE.

➤ Résultats du comptage de véhicules poids lourds sur la voie de circulation générale par sens sur la route du Zoo

Le rapport d'étude du trafic effectuée sur la route du Zoo en 2024 estime une moyenne journalière annuelle de **280** véhicules poids lourds.

➤ Détermination de la classe du trafic en nombre d'essieux équivalent NE.

- **Trafic cumulé**

La durée de service de la voie de circulation mixte étant de 20 ans et le taux de croissance

*Etudes techniques de VRD du projet de construction de la ligne de Bus Rapid Transit (BRT)
sur la route du Zoo à Abidjan.*

annuelle de $t = 1,53\%$, nous avons un facteur de cumule égal à :

$$C = 20(1+(0,0153*(20-1)) / 2)$$

$$C = 22.90$$

D'où le trafic cumulé sur les 20 ans est estimé à :

$$TC = 280*365*22.90$$

$$TC = 2340380 \text{ PL}$$

- **Coefficient d'agressivité moyen.**

En l'absence de données de pesage, ou de valeurs de CAM préconisées par le LBTP et l'AGEROUTE, le consultant a proposé de retenir les CAM utilisés dans le cadre de projet récent à Abidjan (4^{ème} Pont).

Les valeurs suivantes ont été validées par le client

Tableau 6: Coefficient d'agressivité moyenne selon la nature des matériaux de la chaussée

Matériaux	CAM
Matériaux bitumineux	1
Matériaux naturels	1.25
Matériaux traités au liant hydraulique	1.625

Dans le cadre du projet, une largeur minimale de 3,5 m est prévue pour chaque voie de circulation générale. Par conséquent, un coefficient de canalisation de 1 a été adopté pour le dimensionnement de ces voies.

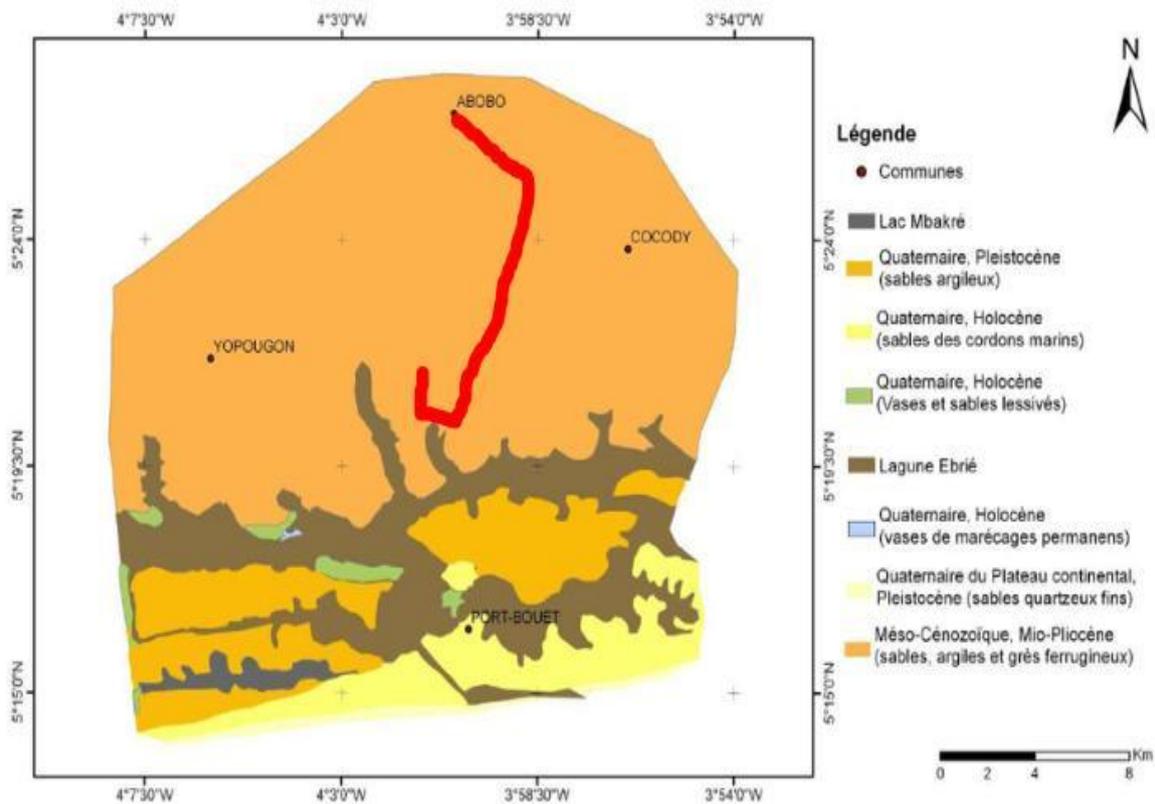
Le tableau ci-dessous synthétise les résultats des calculs de nombre d'essieux équivalents 13 T pour le dimensionnement de la structure de chaussée des voies de circulation générale en fonction du type de chaussée.

Tableau 7: Classe du trafic sur la voie mixte selon la nature des matériaux de la chaussée

Hypothèses	Trafic cumulé	Classe du trafic
Trafic de poids lourd cumulé sur 20 ans (voie de droite)	2340380 PL	
NE 13 T - Matériaux bitumineux (CAM = 1)	2340380 NE	TC4
NE 13 T - Matériaux naturels (CAM = 1,25)	2925476 NE	TC4
NE 13 T - Matériaux traités au liant hydraulique (CAM = 1,625)	3803118NE	TC4

2. Etude géotechnique du couloir BRT.

a) Données géologiques



Carte géologique du District d'Abidjan, Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest)

Figure 15: Carte géologique d'Abidjan

Source : www.researchgate.net

b) Classification du sol de la plateforme

Dans le cadre du projet BRT, des sondages géotechniques ont révélé une plateforme de type **PF3** sur la route existante, consolidée par les réhabilitations et le trafic. Cependant, l'élargissement de la voie, incluant une plateforme centrale pour le BRT et des voies mixtes, a nécessité des sondages supplémentaires sur les côtés adjacents. Les études ont identifié des sols de types A3, A2 et B6, avec une portance à long terme de 20 à 50 MPa, correspondant à une arase de classe AR1 (20 MPa) et une plateforme de type PF1, conformément au GTR.

Tableau 8: Classe de l'arase de terrassement

Module de Calcul (Mpa)	20	50	120	200
Classe de l'arase de terrassement	AR 1	AR 2	AR 3	AR 4

En raison du trafic mixte prévu sur les côtés latéraux de la voie, la classe de plateforme PF1 est insuffisante pour répondre aux exigences de portance. Il est donc nécessaire de renforcer la plateforme en optant pour une classe PF3, ce qui sera réalisé par l'ajout d'une couche de forme. Le guide technique de conception et dimensionnement des structures de chaussée (SETRA / LCPC – 1994) fournit les indications nécessaires pour déterminer l'épaisseur de cette couche, en fonction du type d'arase et des matériaux utilisés. Ainsi, une plateforme de type PF3, avec un module de portance de 120 MPa, sera adoptée pour le dimensionnement des chaussées.

Tableau 9: Conditions de sur-classement de portance des plates-formes

Classe de l'arase	Matériau de la couche de forme	Épaisseur matériau de couche de forme	Classe de la plate-forme obtenue
AR1	B31, C1B31, C2B31, D21, D31, R21, R41, R61, C1B11*, C2B11*, R11*, R42*, R62*	0,80 m **	PF3
AR2		0,50 m	

* Sous réserve d'une vérification sur la plate-forme support de chaussée.
** Une réduction d'épaisseur de l'ordre de 0,10 à 0,15 m peut être admise si l'on intercale un géotextile adapté entre la couche de forme et la PST.

Source. SETRA / LCPC

Les résultats d'études géotechniques sur le site du BRT sont détaillées en annexe

II

3. Conception et dimensionnement de la structure de chaussée du couloir BRT et de la voie de circulation mixte

La chaussée dédiée au BRT devra être conçue pour supporter le trafic prévu selon nos estimations. Elle devra présenter un module élevé et une grande résistance à la fatigue, tout en limitant les risques d'orniérage. Pour répondre à ces exigences, deux types de structures sont envisagés : une **structure bitumineuse épaisse** ou une structure rigide en **béton armé continu BAC**.

En ce qui concerne la voie de **circulation générale**, elle sera dimensionnée avec une structure unique : une chaussée souple constituée de matériaux bitumineux.

a) Conception des deux variantes de structure de chaussée pour la voie réservée au BRT

➤ **VARIANTE 1 : Structure de chaussée bitumineuse épaisse**

- **Choix de la structure en section 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 10:

Tableau 11: Epaisseur de la structure de chaussée bitumineuse en section courante

COUCHE	MATERIAUX	EPAISSEUR (cm)
Roulement	Béton bitumineux (BBSG)	8
Base	Grave bitume (GB3)	13
Fondation	Grave bitume (GB3)	13

- **Choix de la structure en Zone de station**

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

ci-dessous

Tableau 12: Epaisseur de la structure de chaussée bitumineuse en zone de station

COUCHE	MATERIAUX	EPAISSEUR (cm)
Roulement	Béton bitumineux (BBSG)	8
Base	Grave bitume (GB3)	15
Fondation	Grave bitume (GB3)	16

- **Résumé du choix des matériaux de la structure de chaussée**

Le choix des matériaux de la structure de chaussée de notre couloir de BRT se résume dans le tableau suivant :

Tableau 13: Récapitulatif des épaisseurs de la structure de chaussée bitumineuse

Zones	COUCHE	MATERIAUX	EPAISSEUR (cm)
Section courante	Roulement	Béton bitumineux	8
	Base	Grave bitume (GB3)	13
	Fondation	Grave bitume (GB3)	13
Zone de station	Roulement	Béton bitumineux	8
	Base	Grave bitume (GB3)	15
	Fondation	Grave bitume (GB3)	16

➤ **VARIANTE 2 : Structure de chaussée en béton armé continu BAC (Chaussée souple)**

Nous avons un trafic TC6 en section courante ainsi qu'en zone de station. Vu le trafic assez important, la plateforme support sera surclassée pour atteindre une classe de PF3. Le choix des différents matériaux composant la structure de la chaussée rigide se fait selon l'abaque proposé par le CERTU dans le guide *Chaussée Bus* comme l'indique la figure suivante :

*Etudes techniques de VRD du projet de construction de la ligne de Bus Rapid Transit (BRT)
sur la route du Zoo à Abidjan.*

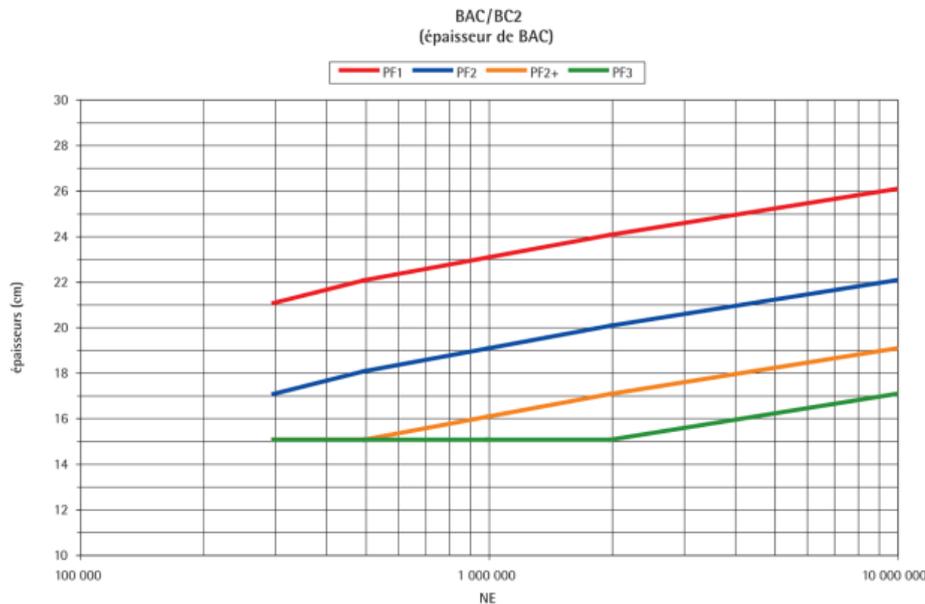


Figure 16: Abaque BAC/BC2

Les valeurs de trafic calculées dépassant celles de l'abaque, une interpolation linéaire a été réalisée à partir de la courbe de portance PF3 pour déterminer les épaisseurs nécessaires du BAC. L'épaisseur de la couche de béton maigre BC2 est fixée à 15 cm, selon les recommandations du CEREMA. L'épaisseur calculée du BAC est de 18,44 cm pour la section courante et de 20,55 cm pour la zone d'arrêt. Un béton C40/45 a été choisi pour la couche de base en béton armé continu, au lieu du béton C30/37 exigé par la norme NF EN 13877-1. Les épaisseurs finales des couches sont arrondies et présentées dans le tableau.

Tableau 14 Récapitulatif des épaisseurs de la structure de chaussée en Bac

Zone	Couche	Epaisseur
Section courante	Béton maigre (BC3)	15
	Béton armé continu (C30/37)	20
Zone de station	Béton maigre (BC3)	15
	Béton armé continu (C30/37)	22

- **Vérification de contrainte dans les différentes variantes de structure de chaussée de la voie réservée au BRT**

*Etudes techniques de VRD du projet de construction de la ligne de Bus Rapid Transit (BRT)
sur la route du Zoo à Abidjan.*

Matériaux	Module en MPa	Coefficient de poisson
Béton bitumineux (BBSG3)	2 200	0,35
Grave bitume (GB3)	2 700	0,35
Grave bitume (GB4)	3 500	0,35
Grave non traitées (GNT)	480	0,35
Sable argileux amélioré au ciment (SAC)	12 000	0,25
Béton de ciment classe 5 (BC5)	35 000	0.25
Béton de ciment classe 3 (BC3)	24 000	0.25

Les épaisseurs des couches de la chaussée ont été vérifiées avec le logiciel Alizé, en prenant en compte les trafics de dimensionnement établis. Les calculs suivent les recommandations du guide « Conception et dimensionnement des structures de chaussée » du LCPC et SETRA (1994). Une température de 30°C a été utilisée pour le dimensionnement des structures bitumineuses, avec une fréquence de 10 Hz et un risque de calcul de 5%. Les modules et coefficients de Poisson, obtenus via Alizé, sont présentés dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 15: Modules et coefficient de poissons retenus

Les déformations admissibles dans les différentes couches sont obtenues par les formules et les paramètres présentés ci-après.

MATÉRIAUX GRANULAIRES :

La déformation verticale de compression admissible est calculée par la relation suivante :

$$\epsilon_{z,adm} = A \times (NE)^{-0,222} \quad \text{Equation (11)}$$

Avec **A = 12000(sols) et 14400(GNT)**

MATÉRIAUX BITUMINEUX :

Pour les matériaux bitumineux, la déformation horizontale admissible de traction en flexion

est obtenue par la formule suivante :

$$\epsilon_{t,adm} = \epsilon_6(10^\circ\text{C} ; 25\text{Hz}) \times \left(\frac{NE}{10^6}\right)^b \times \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(\theta_{eq})}} \times Kc \times Kr \times Ks \quad \text{Equation (12)}$$

$$\text{Avec } Kr = 10^{-ub\delta} \text{ et } \delta = \sqrt{s_N^2 + \left(\frac{c \times Sh}{b}\right)^2}$$

MATÉRIAUX LIÉS AUX LIANTS HYDRAULIQUES :

La contrainte horizontale admissible de traction en flexion pour les matériaux liés aux liants hydrauliques est obtenue par la relation suivante

$$\sigma_{t,adm} = \epsilon_6(10^\circ\text{C} ; 25\text{Hz}) \times \left(\frac{NE}{10^6}\right)^b \times kc \times kd \times kr \times ks \quad \text{Equation (13)}$$

$$Kr = 10^{-ub\delta} \text{ et } \delta = \sqrt{s_N^2 + \left(\frac{c \times Sh}{b}\right)^2}$$

Dans les deux dernières formules, on a :

- ϵ_6 : déformation rupture pour un million de chargements
- σ_6 : contrainte de rupture pour un million de chargements
- $E(10^\circ\text{C})$: module à la température de 10°C
- NE : nombre d'essieux équivalent à 13 t
- $E(\ddot{O}eq)$: module à la température équivalente
- b : valeur de la pente de la droite de fatigue
- Sh : écart type sur l'épaisseur de la couche
- SN : écart type sur la fatigue des matériaux
- Kc : coefficient de calage
- Ks : coefficient tenant compte de l'hétérogénéité de portance du support
- Kd : coefficient de discontinuité
- r : risque
- Kr : coefficient de risque
- c : coefficient dépendant de la variation de déformation à la variation aléatoire de la chaussée
- u : valeur de la variable aléatoire associée au risque
- δ : écart type épaisseur/fatigue.

➤ **Variante 1 : Structure bitumineuse épaisse**

• **En section courante**

En intégrant dans le programme Alizé LCPC les caractéristiques et épaisseurs pré-dimensionnées des différentes couches de la structure de chaussée en section courante du BRT, nous avons obtenu les valeurs des déformations admissibles ainsi que les déformations réelles de chaque couche, présentées dans le tableau ci-dessous

Tableau 16: Récapitulatif des vérifications dans la structure

Couches	Valeur de la déformation dans la structure (μdef)	Valeur de la déformation admissible (μdef)	Observation
Roulement (BBSG)	4,4	117,3	Vérifié
Base (GB3)	37,7	106,0	Vérifié
Fondation (GB3)	100,8	106,0	Vérifié
Sol support (PF3)	277,1	293,1	Vérifié

Les épaisseurs finales des couches dans la section courante du BRT suite aux vérification et optimisation sont les suivantes :

Couche de revêtement : 8 cm de béton bitumineux

Couche de base : 13 cm de grave bitume Gb3

Couche de fondation : 13 cm de grave bitume Gb3

Couche de forme : Grave en Grave non traité (GNT2)

• **En Zone de station**

En intégrant dans le programme Alizé LCPC les caractéristiques et épaisseurs pré-dimensionnées des différentes couches de la structure de chaussée en section courante du BRT, nous avons obtenu les valeurs des déformations admissibles et des déformations réelles de chaque couche, comme indiqué dans le tableau ci-dessous.

Tableau 17: Récapitulatif des vérifications dans la structure

Couches	Valeur de la déformation calculée (μ_{def})	Valeur de la déformation admissible (μ_{def})	Observation
Roulement (BBSG)	0,9	102,1	Vérifié
Base (GB3)	33,2	89,9	Vérifié
Fondation (GB3)	86,5	89,9	Vérifié
Sol support (PF3)	236,9	251,3	Vérifié

Les épaisseurs finales des couches dans les zones de station du BRT, après vérification et optimisation, sont les suivantes :

Couche de revêtement : 8 cm de béton bitumineux semi-grenu

Couche de base : 15 cm de grave bitume Gb3

Couche de fondation : 15 cm de grave bitume Gb3

Couche de forme : Grave Non traité (GNT 2)

➤ **Variante 2 : Structure de chaussée en béton armé continu**

- **Vérification des contraintes dans la structure**

Pour vérifier une structure de chaussée en béton armé continu (BAC), la contrainte de traction à la base de la couche de béton armé et dans la couche de fondation doit être inférieure à une valeur admissible. Selon le SETRA 1994, l'épaisseur de la couche de fondation est fixée à 15 cm, l'épaisseur minimale recommandée. Les calculs effectués à l'aide du modèle continu sont présentés dans la première partie du tableau ci-dessous. Le calcul des contraintes admissibles dans les couches de la chaussée rigide suit une formule spécifique.

$$\sigma_{t,ad} = \sigma_t(NE) \cdot k_r k_d k_c \quad \text{Equation (14)}$$

*Etudes techniques de VRD du projet de construction de la ligne de Bus Rapid Transit (BRT)
sur la route du Zoo à Abidjan.*

Après avoir calculé les différentes contraintes (admissibles et à la base) et ajusté les épaisseurs des couches constitutives de la section courante et de la zone de stationnement à l'aide du logiciel Alizé, les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 18: Valeurs de contraintes admissibles et contraintes à la base des différentes couches de la chaussée

Zones	Couches	Epaisseurs (cm)	Contraintes admissibles (MPa)	Contraintes à la base de la couche (MPa)	Conditions
Section courante	Base (BAC)	20	1,459	0,29	Vérifié
	fondation (BC2)	15	0,879	0,551	Vérifié
Zone de station	Base (BAC)	22	1,397	0,29	Vérifié
	fondation (BC2)	15	0,507	0,500	Vérifié

Ainsi, après analyse la structure optimale proposée, tant pour les zones d'arrêt que pour les zones courantes, est résumée dans le tableau ci-dessous

Tableau 19: Epaisseurs des différentes couches de la chaussée en BAC

	Couche de Fondation	Couche de base
Section courante	15 cm BC2	20 cm BAC
Section des arrêts	15 cm BC2	22 cm BAC

- **Calcul des armatures dans le BAC**

Les armatures longitudinales de la couche de béton armé continu (BAC) répartissent les contraintes dues au retrait du béton et limitent l'ouverture des fissures. Placées parallèlement à la surface de la chaussée, elles se situent au-dessus de la fibre neutre, à mi- épaisseur de la dalle,

et à au moins 8 cm de la surface pour éviter la corrosion. Leur conception tient compte de l'adhérence entre béton et acier, de la qualité de l'acier (norme Fe-E400), et de la résistance en traction du béton.

Le rapport p , représentant le ratio des sections d'acier et de béton, dépend de l'adhérence entre ces deux matériaux, de la qualité de l'acier utilisé, ainsi que de la résistance en traction du béton. Pour des armatures conformes à la norme NF A 35-016, l'acier doit être d'une nuance minimale Fe-E400. Ce rapport se calcule par la formule suivante

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

f_t Étant la contrainte à la traction, elle vaut $f_t = 0.6 + 0.06 * f_{c28}$

$$f_t = 0.6 + 0.06 * 40 = 3 \text{ MPa}$$

$$P = 0,67 \left(\frac{3}{3,3} \right) \quad P = 0,60\%$$

La section de béton par mètre linéaire est de $8 * 0,20 \text{ m}^2$

La section d'acier nécessaire par mètre linéaire est alors :

$$A_s = 0.006 * 800 * 20 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 96 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

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

Soit 51 barres Ø16 mm réparties sur la largeur de la chaussée, avec un espacement de 15 cm.

Ce qui fait un total de $102,54 \text{ cm}^2/\text{ml}$

- **Calcul du fer de liaison**

Les fers de liaison sont utilisés dans les joints longitudinaux des chaussées en béton armé continu pour maintenir le joint fermé et assurer le transfert de charge entre les bandes de béton adjacentes. Ils sont nécessaires pour les joints des dalles recevant un trafic supérieur ou égal à T1, et sont placés perpendiculairement au joint, à mi-épaisseur de la dalle. Conformément à la norme NF A 35-016, ces fers sont fabriqués en acier de nuance Fe-E400 et mesurent 0,60 m de longueur.

*Etudes techniques de VRD du projet de construction de la ligne de Bus Rapid Transit (BRT)
sur la route du Zoo à Abidjan.*

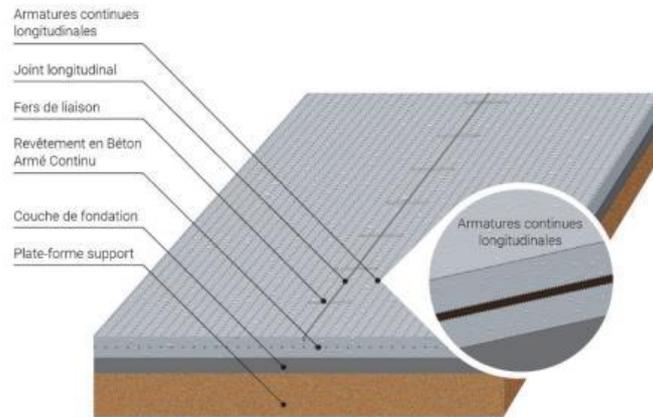


Figure 17: Schéma de la structure d'une chaussée en BAC

Source : www.infociments.fr

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

$$S = \frac{f * l * p}{Ls}$$

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 m²

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

f : 1,5

l : 4m

P : 0,20* 25 = 5KN/m , Ls : 300 MPa

S = 1cm²/ml

Afin de respecter une distance entre fers de liaison comprise entre 0,7 m et 1 m, on retiendra forfaitairement un fer Ø10 mm tous les 0,80 m selon le guide de dimensionnement de chaussée en béton du SETRA

b) Conception de la structure de chaussée pour la voie de circulation générale

➤ **Choix de la structure de chaussée**

Disposant d'un sol de classe PF3 et d'un trafic TC3, le catalogue des structures des chaussées types structures neuves (SETRA 1998) propose la structure de chaussée bitumineuse suivante dans le tableau ci-dessous.

Tableau 20: Epaisseurs des différentes couches de chaussée de la voie de circulation mixte

COUCHE	MATERIAUX	EPAISSEUR (cm)
Roulement	Béton bitumineux (BBSG)	8
Base	Grave bitume (GB3)	9
Fondation	Grave bitume (GB3)	9

➤ **Vérification de la structure de chaussée avec Alize**

Après vérification et ajustement des épaisseurs des différentes couches de la structure de chaussée avec Alize nous avons retenu les épaisseurs suivantes.

Tableau 21: Epaisseurs des différentes couches de la voie de circulation mixte après vérification

Couche	Matériaux	Epaisseur (m)	Valeur de la déformation calculée	Valeur de la déformation admissible	Observation
Roulement	BBSG	8	14,2	177,5	Vérifié
Base	GB3	10	38,2	165,4	Vérifié
Fondation	GB3	15	153,9	160,4	Vérifié
Sol support	PF3	infini	405,1	585,3	Vérifié

4. Etude hydrologique du couloir BRT

a) Données topographiques et cartographiques

Des données topographiques à 30 m de résolution de l'USGS ont été traitées à l'aide du logiciel Global Mapper pour délimiter les bassins versants et créer les profils en long des cours d'eau. Ces analyses ont permis de produire le Modèle Numérique de Terrain (MNT) de la zone du projet

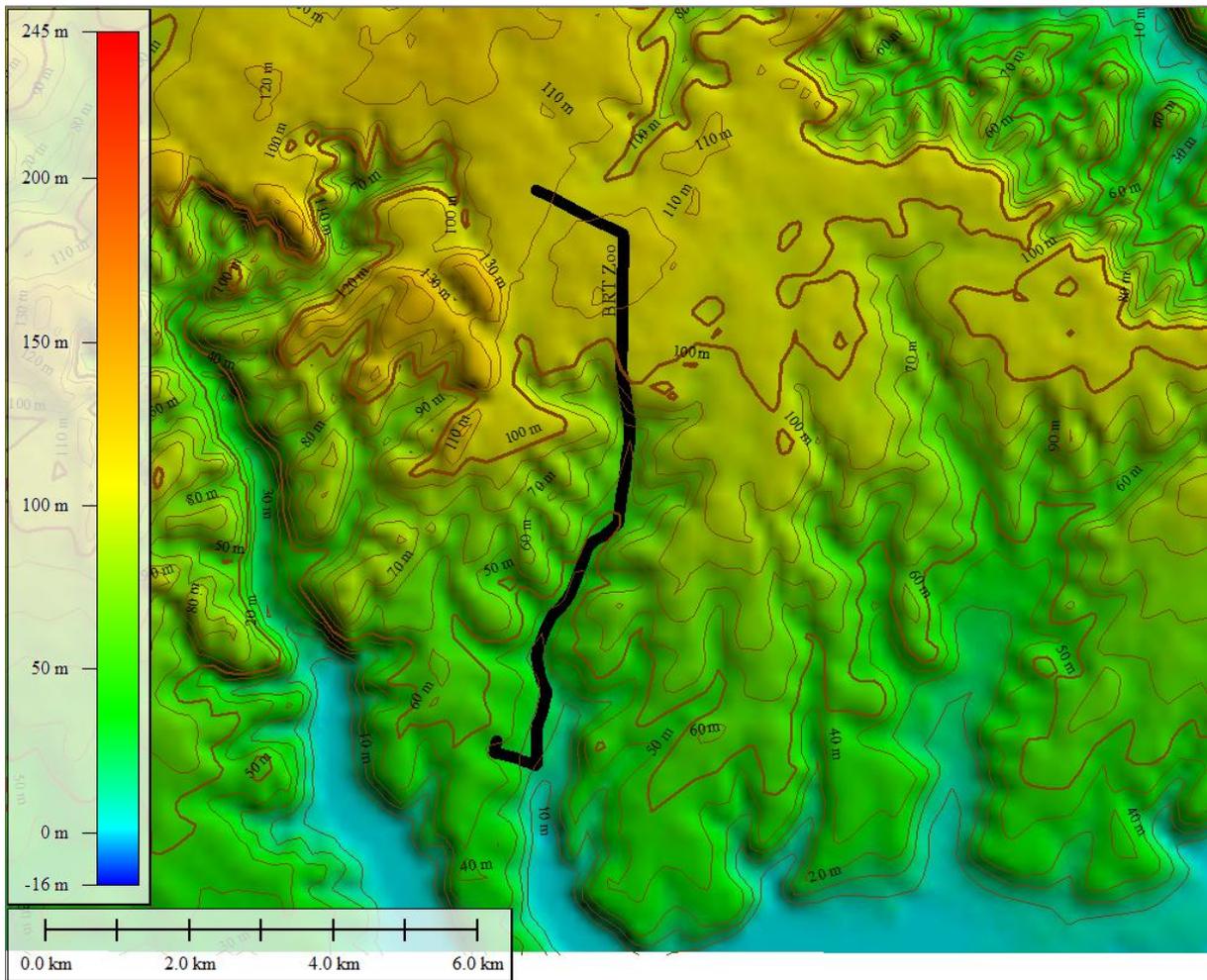


Figure 18: Model numérique du terrain de la zone du projet

Source : Saint-Mathieu GONTO

b) Délimitation des bassins versants

Pour délimiter les bassins versants associés aux caniveaux, une visite de terrain a été effectuée pour analyser la configuration des îlots et rues traversés par la route du BRT, en prenant en compte leur contribution à l'exutoire. Les bassins versants ont ensuite été délimités à l'aide de Google Earth pour repérer les caractéristiques géographiques et de Global Mapper pour des analyses topographiques et définir les limites des bassins en fonction des données d'altitude et d'écoulement. Ces outils ont permis une modélisation précise de la zone d'étude, représentant les 16 bassins versants de la route suivante.

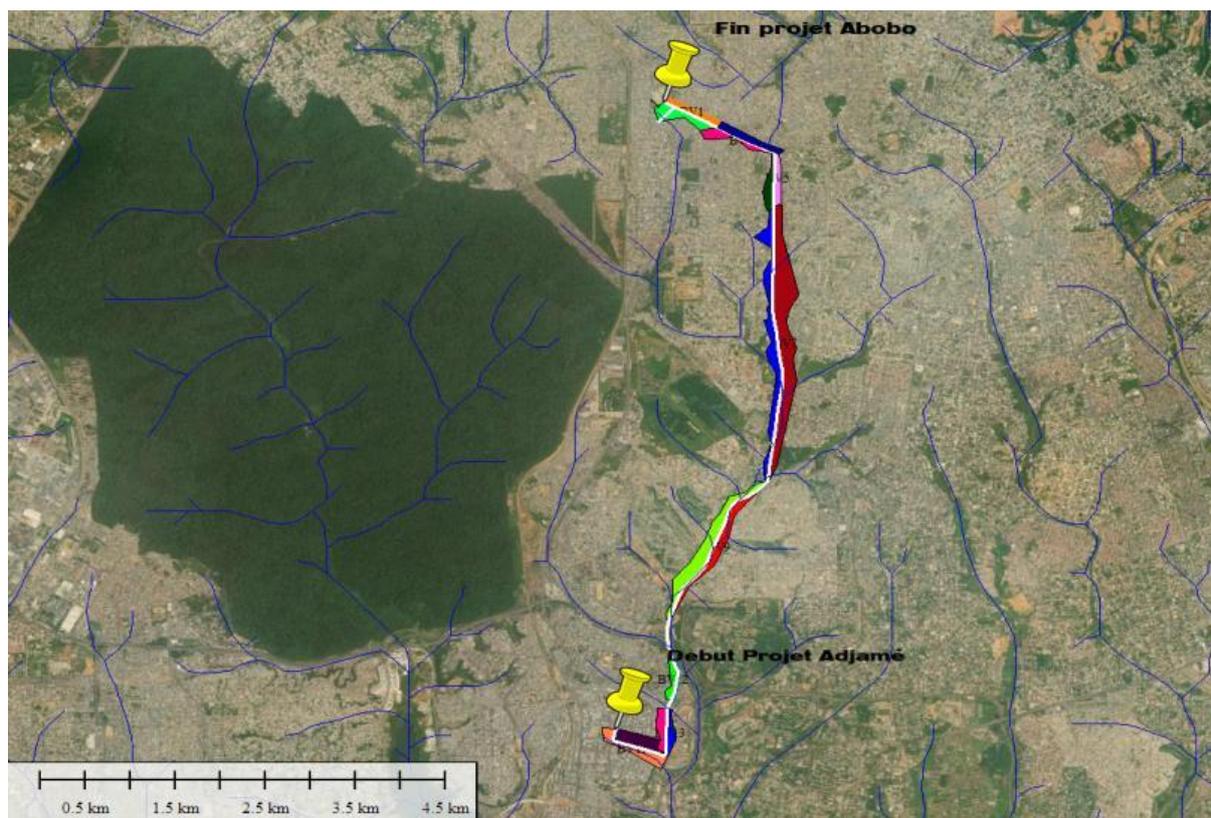


Figure 19: l'ensemble des bassins versants associés au couloir du BRT

Source : Saint-Mathieu GONTO

c) Détermination des caractéristiques des bassins versants

Le tableau suivant récapitule les caractéristiques des différents bassins versant associés à la voie du BRT Zoo

Tableau 22: Caractéristiques des bassins versants

Bassins versants	Superficie (Ha)	Longueur hydraulique (m)	Altitude Max (m)	Altitude min (m)	Dénivelée (m)	Pente moyenne (m/m)	Temps de concentration (min)	Coefficient de ruissèlement
BV1	54,50	527	113	109	4	0,0076	15,321	0,9
BV2	81,90	646	113	109	4	0,0062	19,363	0,9
BV3	57,10	778	114	109	5	0,0064	22,030	0,9
BV4	57,70	672	112	109	3	0,0045	22,603	0,9
BV5	49,50	470	115	113	2	0,0043	17,479	0,9
BV6	54,50	580	115	113	2	0,0034	22,261	0,9
BV7	495,50	1512	114	50	64	0,0423	17,953	0,9
BV8	256,40	1360	114	50	64	0,0471	15,893	0,9
BV9	133,80	1060	50	32	22	0,0208	17,905	0,9
BV10	214,70	1085	50	32	22	0,0203	18,392	0,9
BV11	14,90	480	26	25	1	0,0021	23,304	0,9
BV12	35,90	495	31	25	6	0,0121	12,221	0,9
BV13	43,40	466	26	20	6	0,0129	11,401	0,9
BV14	50,30	550	30	21	9	0,0164	11,825	0,9
BV15	86,20	631	41	21	10	0,0158	13,305	0,9
BV16	85,10	805	43	21	12	0,0149	16,428	0,9

d) Calcul des débits

Pour le calcul hydrologique nous avons opté pour la **méthode rationnelle** vu que tous les bassins versants de notre projet ont chacun une superficie **inférieure à 4 km²**. L'utilisation différentes formules de cette méthode nous a permis d'aboutir aux résultats des calculs hydrologiques est résumés dans le tableau suivant.

Tableau 23: Tableau récapitulatif des études hydrologiques

Bassins versants	Superficie (km ²)	Pente (m/m)	Tc (min)	C	Coefficients de Montana		Intensité De pluie (mm/h)	Débit du projet (m ³ /s)
					a	b		
BV1	0,0545	0,0076	15,321	0,9	11,7741	0,4972	3,031	0,041
BV2	0,0819	0,0062	19,363	0,9	11,7741	0,4972	2,698	0,055
BV3	0,0571	0,0064	22,030	0,9	11,7741	0,4972	2,530	0,036
BV4	0,0577	0,0045	22,603	0,9	11,7741	0,4972	2,498	0,036
BV5	0,0495	0,0043	17,479	0,9	11,7741	0,4972	2,839	0,035
BV6	0,0545	0,0034	22,261	0,9	11,7741	0,4972	2,517	0,034
BV7	0,4955	0,0423	17,953	0,9	11,7741	0,4972	2,801	0,347
BV8	0,2564	0,0471	15,893	0,9	11,7741	0,4972	2,976	0,191
BV9	0,1338	0,0208	17,905	0,9	11,7741	0,4972	2,805	0,094
BV10	0,2147	0,0203	18,392	0,9	11,7741	0,4972	2,768	0,149
BV11	0,0149	0,0021	23,304	0,9	11,7741	0,4972	2,461	0,009
BV12	0,0359	0,0121	12,221	0,9	11,7741	0,4972	3,392	0,030
BV13	0,0434	0,0129	11,401	0,9	11,7741	0,4972	3,511	0,038
BV14	0,0503	0,0164	11,825	0,9	11,7741	0,4972	3,448	0,043
BV15	0,0862	0,0158	13,305	0,9	11,7741	0,4972	3,251	0,070
BV16	0,0851	0,0149	16,428	0,9	11,7741	0,4972	2,928	0,062

5. Dimensionnement Hydraulique des caniveaux par la formule de Manning Strickler

Tableau 24: Récapitulatif des études hydrauliques

Caniveaux	Bassins versants	Débit projet (m ³ /s)	Pente (m)	Rugosité	Profondeur y(m)	Largeur b (m)	Surface mouillée (m ²)	Revanche (m)	Périmètre mouillé(m)	Rayon hydraulique	Vitesse (m/s)	Débit supporté (m ³ /s)
C1	BV1	0,0413	0,010	75	0,	0,4	0,16	0,2	1,2	0,133	1,96	0,3132
C2	BV2	0,0552	0,010	75	0,4	0,4	0,16	0,2	1,2	0,133	1,96	0,3132
C3	BV3	0,0361	0,010	75	0,4	0,4	0,16	0,2	1,2	0,133	1,96	0,3132
C4	BV4	0,0360	0,010	75	0,4	0,4	0,16	0,2	1,2	0,133	1,96	0,3132
C5	BV5	0,0351	0,010	75	0,4	0,4	0,16	0,2	1,2	0,133	1,96	0,3132
C6	BV6	0,0343	0,010	75	0,4	0,4	0,16	0,2	1,2	0,133	1,96	0,3132
C7	BV7	0,2204	0,020	75	0,4	0,4	0,16	0,2	1,2	0,133	2,77	0,4429
C8	BV8	0,1142	0,020	75	0,4	0,4	0,16	0,2	1,2	0,133	2,77	0,4429
C9	BV9	0,0669	0,020	75	0,4	0,4	0,16	0,2	1,2	0,133	2,77	0,4429
C10	BV10	0,1059	0,020	75	0,4	0,4	0,16	0,2	1,2	0,133	2,77	0,4429
C11	BV11	0,0092	0,010	75	0,4	0,4	0,16	0,2	1,2	0,133	1,96	0,3132
C12	BV12	0,0304	0,010	75	0,4	0,4	0,16	0,2	1,2	0,133	1,96	0,3132
C13	BV13	0,0380	0,010	75	0,4	0,4	0,16	0,2	1,2	0,133	1,96	0,3132
C14	BV14	0,0434	0,010	75	0,4	0,4	0,16	0,2	1,2	0,133	1,96	0,3132
C15	BV15	0,0701	0,020	75	0,4	0,4	0,16	0,2	1,2	0,133	2,77	0,4429
C16	BV16	0,0623	0,020	75	0,4	0,4	0,16	0,2	1,2	0,133	2,77	0,4429

a) Choix des sections de caniveaux

En tenant compte d'une marge de sécurité de 20 cm pour tous les caniveaux, des caniveaux rectangulaires de 60 cm de hauteur et 50 cm de largeur ont été choisis pour tous les tronçons, à l'exception des caniveaux C7 et C8. Pour ces derniers, des dimensions de 80 cm de largeur et 80 cm de hauteur ont été retenues en raison de leur traversée d'une zone sensible près d'un bassin de retenue. L'espacement sous les séparations est fixé à (0,80x0,10), ce qui permet d'évacuer un débit de 0,10 m³ sur une distance de 20 m, avec une largeur de 3,5 m pour la demi-chaussée. Ainsi, les saignées seront réalisées tous les 20 m pour assurer l'assainissement de la voie réservée. Le tableau suivant résume les dimensions des caniveaux le long du couloir BRT.

Tableau 25: Récapitulatifs des dimensions de caniveaux sur le BRT Zoo

Caniveaux	Largeur (cm)	Hauteur (cm)
C1	50	60
C2	50	60
C3	50	60
C4	50	60
C5	50	60
C6	50	60
C7	80	80
C8	80	80
C9	50	60
C10	50	60
C11	50	60
C12	50	60
C13	50	60
C14	50	60
C15	50	60
C16	50	60

VI. ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

La mise en œuvre d'une route a des impacts sur l'environnement, et cette étude vise à identifier les effets du scénario retenu, en prenant en compte les aspects sociaux et environnementaux. L'évaluation préliminaire porte sur le projet de construction de la voie urbaine dédiée au BRT reliant Adjamé à Abobo, en passant par la route du Zoo. Les impacts identifiés concernent quatre domaines principaux :

- L'impact sur l'environnement
- Les impacts sociaux
- L'impact sur le trafic résiduel

1. Cadre législatif, réglementaire et institutionnel ivoirien

a) Cadre législatif et réglementaire

La protection de l'environnement étant un enjeu majeur, l'État ivoirien impose aux promoteurs publics et privés le respect des mesures écologiques lors de travaux ayant un impact sur l'environnement, à travers sa politique environnementale. Cette politique repose sur cinq textes fondamentaux :

- La loi n°96-766 du 3 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 sur les études d'impact environnemental
- La loi n°2016-886 du 8 novembre 2016 portant Constitution de la Côte d'Ivoire
- Le décret n°2005-03 du 6 janvier 2005 relatif à l'Audit Environnemental

2. Les impacts du projet

a) Impact sur l'environnement

Les systèmes de Bus Rapid Transit (BRT) écologiques réduisent l'impact environnemental en diminuant les émissions de gaz à effet de serre et de particules fines, grâce à deux facteurs principaux : le transfert de trajets de véhicules à faible capacité vers ceux à grande capacité et l'utilisation de véhicules plus efficaces, comme les électriques ou hybrides. Des exemples comme le TransMilenio de Bogota et le Métrobus de Mexico ont montré des réductions notables des émissions de CO². Pour le BRT d'Abidjan, une analyse des kilomètres parcourus selon les modes de transport utilisés a été effectuée.

*Etudes techniques de VRD du projet de construction de la ligne de Bus Rapid Transit (BRT)
sur la route du Zoo à Abidjan.*

Tableau 26: Nombre de kilomètres des véhicules par mode de transport (en milliers par année)

Année	Sans BRT			Avec BRT		
	2027	2030	2035	2027	2030	2035
BRT 18m	-	-	-	9.500	10.300	13.600
SOTRA GBAKA	612.700	518.000	544.900	549.400	445.000	453.100
VP-Wôrô wôrô	2.951.800	3.090.600	4.340.600	2.962.900	3.101.900	4.346.500
Métro	-	6.500	7000	-	6.800	7.000

De plus, des relevés concernant la consommation estimée de carburant et les émissions de CO2 ont été réalisés pour chaque type de véhicule, comme présenté dans les tableaux suivants

Tableau 27 Consommation de carburant unitaire estimée par mode de transport

	Consommation	
	L/km	Carburant
BRT 18m	0.00	Électrique
SOTRA	0.43	Gasoil
-GBAKA	0.48	Gasoil
VP	0.10	Gasoil
Wôrô wôrô	0.10	Gasoil
Métro	0.00	Électrique

Tableau 28: Estimation de l'émission unitaire de CO2 par mode de transport

	Emission de CO ²
	g/km
BRT 18m	0.00
SOTRA	1.144
GBAKA	1.258
VP	2.64
Wôrô wôrô	2.64
Métro	0.00

Grâce aux informations mentionnées ci-dessus, il a été possible d'estimer les émissions annuelles de CO₂ en tonnes, permettant ainsi d'évaluer les avantages environnementaux du BRT, tels qu'illustrés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 29: Estimation de l'émission de tonnes de CO² par mode de transport

Emission annuelle de CO ² (tonne)						
Mode de transport	Sans BRT			Avec BRT		
	2027	2030	2035	2025	2030	2035
BRT 18m	-	-	-	-	-	
VP	771.800	809.240	1.138.680	773.840	809.640	1.137.810
SOTRA	213.450	148.020	152.940	194.570	122.850	119.990
GBAKA	536.140	499.910	524.190	465.810	421.770	421.140
Wôrô	7.470	7.020	7.630	7.710	7.100	5.680

b) Les impacts sociaux

Le BRT, en tant que système de transport en commun, présente plusieurs avantages pour la population, tels que la réduction des temps de trajet, une meilleure accessibilité aux infrastructures urbaines (hôpitaux, écoles), une sécurité accrue pendant les déplacements, et un encouragement au développement des espaces urbains. Ces bénéfices améliorent la qualité de vie. Ce chapitre examine les impacts sociaux du BRT, en étudiant la zone desservie, les améliorations des conditions de déplacement et de sécurité, ainsi que les perspectives de développement associées à son implantation.

➤ Amélioration des conditions de déplacement

Le BRT se distingue par plusieurs caractéristiques qui en font une solution de transport public plus efficace, notamment la réduction significative des temps de trajet. Parmi ces caractéristiques, on trouve :

- Le couloir en site propre
- Le paiement des billets avant l'embarquement
- L'embarquement de plain-pied
- Des véhicules de grande capacité avec portes multiples

*Etudes techniques de VRD du projet de construction de la ligne de Bus Rapid Transit (BRT)
sur la route du Zoo à Abidjan.*

Ces éléments permettent de réduire le temps d'embarquement, d'augmenter la vitesse moyenne du BRT et, ainsi, de diminuer les durées de déplacement. Une analyse a été réalisée pour évaluer les améliorations des conditions de déplacement, en examinant le nombre de passagers transportés par heure pour chaque mode de transport, comme présenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau 30: Nombre de passagers-heures (en milliers par année)

Mode de transport	Sans BRT			Avec BRT		
	2027	2030	2035	2025	2030	2035
BRT 18m	-	-	-	15.900	18.200	27.600
SOTRA	276.400	184.100	211.800	239.500	139.100	143.100
GBAKA	294.100	234.000	263.100	262.400	198.700	204.600
Wôrô	5.200	4.900	5.700	4.900	4.500	4.300
VP	185.000	197.500	329.400	183.700	194.700	327.800
Métro	-	41.700	44.800	-	42.300	45.900

On constate que, compte tenu de la demande totale, l'intégration du BRT permet une réduction du temps de trajet allant d'environ 2,4 % (soit plus de 19 millions d'heures en 2027) à 5,6 % (soit plus de 50 millions d'heures en 2035). Pour évaluer l'impact économique de cet avantage sur la ville, le facteur temps a été utilisé. Le temps consacré à chaque mode de transport a été étudié par le Bureau National d'Études Techniques et de Développement (BNETD). Le tableau ci-dessous illustre ces temps passés dans les transports.

Tableau 31: Valeurs du temps par mode de transport

Modes de transport	Temps passé dans les transports (XOF/h)
BRT (Rabattement)	520
BRT (18m)	520
SOTRA	520
Gbaka	930
Woro-Woro	1.200
Véhicules Particuliers	2.350
Métro	520

➤ **Amélioration de la sécurité**

En 2021, le district d'Abidjan a enregistré 9 223 accidents, causant plus de 580 décès et 9 886 blessés graves, selon l'Office de Sécurité Routière (OSER). Ce chapitre examine comment l'implantation du BRT pourrait contribuer à réduire ces chiffres. L'expérience internationale montre que les couloirs dédiés au BRT réduisent significativement les accidents, les blessés et les décès. De plus, l'ajout de dispositifs de modération de la circulation, comme des dos d'âne, ralentisseurs, et ronds-points, améliore encore la sécurité routière. Des exemples de villes ayant adopté le BRT montrent des réductions importantes :

- Bogota : -39 % de blessés et -48 % de décès
- Mexico : -38 % de blessés et de décès
- Ahmedabad : -28 % de blessés et -55 % de décès
- Guadalajara : -69% de blessés et -68 % de décès

c) Les impacts du BRT sur la croissance économique

Les villes modernes connaissent une croissance urbaine rapide et désorganisée, entraînant des problèmes de transport, tels que des trajets longs et des axes saturés. À Mexico, par exemple, les habitants des banlieues passent 2,5 heures par jour en transport et dépensent jusqu'à 30 % de leur revenu. Le développement urbain axé sur les transports, qui favorise la densité autour des axes de transport public, est une solution. Cela stimule l'économie locale, réduit les distances de trajet, et offre des avantages environnementaux. À Abidjan, le BRT transformera les habitudes de déplacement en offrant un transport rapide, confortable et accessible, stimulant ainsi la croissance économique dans les zones périphériques et renforçant la densité urbaine.

d) L'impact sur le trafic résiduel

Le BRT a un impact positif sur le trafic résiduel en réduisant le nombre de véhicules privés sur les routes. Offrant un transport rapide et confortable, il incite les usagers à laisser leurs voitures, ce qui diminue la congestion, surtout aux heures de pointe. Les voies réservées et l'optimisation des feux de circulation facilitent la gestion du trafic, permettant une meilleure fluidité et des trajets plus rapides. Ce réajustement contribue à réduire les émissions polluantes, les nuisances sonores et les risques d'accidents, tout en améliorant la sécurité et la qualité de vie urbaine.

VII. ETUDE FINANCIERE

Cette section analyse les coûts des deux variantes de la voie BRT en site propre, incluant la voie mixte. Les coûts, basés sur des unités validées par le BNETD, incluent taxes et main-d'œuvre. L'entretien annuel est estimé à 1,4 % du coût total.

Tableau 32: Tableau comparatif du cout des deux variantes de chaussée du BRT

		Variante 1 (BRT en BB)	Variante 2 (BRT en BAC)
Poste	Désignation		
100	Installation de chantier	1 640 000 000	1 640 000 000
200	Travaux préparatoires	2 370 700 000	2 370 700 000
300	Terrassements	1 991 163 000	1 991 163 000
400	Chaussées	15 101 895 000	17 104 475 000
500	Assainissement	1 757 060 000	1 757 060 000
600	Signalisation et sécurité	4 948 400 000	4 948 400 000
700	Mesures environnementales et sociales	115 800 000	115 800 000
800	stations-dépôts-équipements divers	31 264 700 000	31 264 700 000
Total hors taxe		59 189 718 000	61 192 298 000
Montant de la TVA 18%		10 654 149 240	11 014 613 640
Montant TTC		69 843 867 240	72 206 911 640

Les détails de l'étude financière se trouvent en annexe IV

Conclusion

Ce mémoire a permis de réaliser une étude approfondie des aspects techniques liés à la conception et à l'aménagement de la ligne de Bus Rapid Transit (BRT) de 11,5 km reliant Adjamé à Abobo via la route du Zoo à Abidjan. L'analyse s'est focalisée sur les travaux de Voirie et Réseaux Divers (VRD), en proposant deux variantes de structures de chaussée (bitumineuse épaisse et béton armé continu) et en tenant compte des spécificités techniques, géotechniques, hydrauliques et environnementales du site. Les études ont abouti à des propositions de solutions robustes, économiquement viables et adaptées aux exigences du trafic urbain. Chaque variante a été dimensionnée selon les normes LCPC-SETRA (1994), en considérant les contraintes géotechniques et les classes de trafic identifiées. Les travaux hydrologiques et hydrauliques ont permis de concevoir un système de drainage adéquat, tandis que l'évaluation environnementale et sociale a souligné l'importance de minimiser les impacts négatifs tout en renforçant les bénéfices pour la mobilité durable. L'estimation des coûts a révélé une différence significative entre les deux variantes, offrant ainsi aux décideurs des éléments clairs pour choisir la solution la mieux adaptée, en fonction des priorités budgétaires et stratégiques. En somme, cette étude constitue une contribution précieuse pour le développement d'une infrastructure moderne, durable et répondant aux besoins croissants de mobilité à Abidjan. Elle met en évidence l'importance d'une planification rigoureuse et intégrée pour relever les défis d'urbanisation rapide et de gestion des transports dans une métropole en pleine expansion.

Bibliographie

- [1] Certu, « *Chaussées bus : Choix des matériaux et dimensionnement structurel* », 2005.
- [2] Institut des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité, « *Guide des terrassements des remblais et des couches de forme : Fascicules 1 et 2* », 2024.
- [3] Pape Sakho, Jérôme Chenal, Armel Kemajou, « *Villes africaines : Mobilités et transports urbains* », 2018.
- [4] Ministère de la Construction et de l'Urbanisme, Direction de l'Urbanisme, « *Schéma-directeur-SDUGA.pdf* ».
- [5] Logit, SPEA, BPL, « *BRT Abidjan_L7_Rapport définitif de l'étude du choix de l'offre de service (design conceptuel)_v5* », mars 2020.
- [6] Certu, « *Fiche_CERTU_LepointSur_Pertinence_TCSP_cle5e1217.pdf* ».
- [7] ITF Global, « *BRT : A trade union negotiating guide_FR.pdf* ».
- [8] Certu, « *Bus à haut niveau de service : Concept et recommandations* », 2005.
- [9] Jacques Pouplard, Bernard Lemoine, « *Hydraulique routière* », Ministère de la Coopération et du Développement de la République Française, 1981.
- [10] Sébastien Galoyer, « *Insertion d'un BHNS dans un site contraint* », avril 2014.
- [11] CEBTP, « *Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux* », 1984.
- [12] Setra, LCPC, « *Conception et dimensionnement des structures de chaussées* », 1994.
- [13] Word Resources Institute, « *Social, Environmental and Economic Impacts of BRT Systems* ».
- [14] WWF, « *Mexico-city transport* », juin 2019. Disponible en ligne : <http://wwf.panda.org/?229199/Mexico-city-transport>.
- [15] Ministère des Infrastructures Économiques (M. des I. E.), CID, BNETD, « *Projet de sauvegarde et de valorisation de la baie de Cocody* », 2019.
- [16] Office de Sécurité Routière, Sous-direction des Études et Services Statistiques, « *Rapport de sécurité routière* », 2018.
- [17] The City Fix People-oriented Cities, « *Demystifying Transit-oriented Development* », juin.

Annexes

QUELQUES RECOMMANDATIONS POUR LA BONNE MARCHE DU PROJET.

- **Renforcer la communication sur les bienfaits du projet de BRT**

Une communication claire et proactive est essentielle pour éviter les oppositions et favoriser l'adhésion des communautés locales. Les campagnes de sensibilisation doivent souligner les bénéfices du BRT, tels que la réduction des temps de trajet, l'amélioration de l'accès aux services publics et la diminution de la pollution urbaine.

- **Former acteurs artisanaux de transport actuels pour la gestion de la ligne BRT**

En transformant les transporteurs actuels en gestionnaires compétents pour le BRT, on assure une transition harmonieuse vers un système moderne. Ces formations doivent inclure des ateliers pratiques et des modules théoriques pour fournir une base solide en gestion et service à la clientèle.

- **Sensibiliser la population au civisme et à la préservation des biens publics**

Les infrastructures du BRT représentent un investissement collectif. Éduquer la population à respecter ces biens et à adopter des comportements citoyens contribuera à minimiser les actes de vandalisme et à maximiser la durabilité des équipements et l'efficacité du système de transport.

- **Gérer l'aménagement et la réinstallation des personnes impactées**

Toute perturbation liée au projet doit être anticipée et gérée de manière inclusive. Les programmes d'aide doivent non seulement indemniser les personnes touchées, mais aussi leur fournir des solutions viables pour maintenir ou améliorer leur qualité de vie.

- **Assurer un suivi financier et institutionnel rigoureux**

Une bonne gestion des ressources est cruciale pour éviter les dépassements de coûts et les retards. Le suivi régulier des finances et la coordination institutionnelle garantiront l'efficacité et la transparence tout au long du projet.

- **Prévoir une exploitation efficace et une maintenance régulière**

Une fois le BRT opérationnel, une gestion quotidienne rigoureuse est essentielle. De plus, un plan de maintenance bien structuré est nécessaire pour prévenir les pannes et assurer la sécurité des usagers.

- **Gérer les impacts environnementaux du projet**

Les projets d'infrastructures comme le BRT doivent minimiser leur empreinte écologique. Cela inclut l'utilisation de matériaux durables, le contrôle des nuisances sonores et la plantation d'arbres pour compenser les impacts environnementaux négatifs.

Annexe I : Etudes conceptuelle du BRT Zoo

1. Tronçon 1 : Stations 00 ;01 ; 02 ;03 et 04



*Etudes techniques de VRD du projet de construction de la ligne de Bus Rapid Transit (BRT)
sur la route du Zoo à Abidjan.*



2. Tronçon 2 : Stations 05 ; 06 et 07



3. Tronçon 3 : Stations 08 et 10

NB : Pas de station 09

*Etudes techniques de VRD du projet de construction de la ligne de Bus Rapid Transit (BRT)
sur la route du Zoo à Abidjan.*



4. Tronçon 4 : Stations 11 et 12



5. Tronçon 5 : Stations 13 et 14

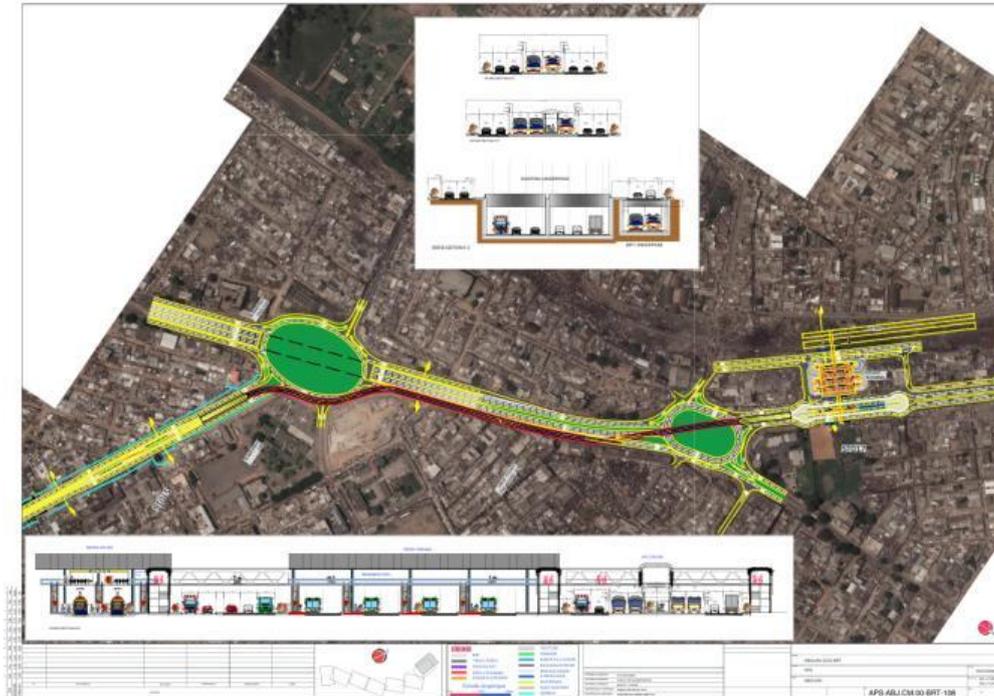


6. Tronçon 6 : Stations 16

NB : Pas de station 15



7. Tronçon 7 : Stations 17



Annexe II : Résumé des études géotechniques

Tableau I : Résultats des études géotechniques

D.2. Caractéristiques géotechniques des matériaux de plateforme en place

		Valeurs obtenues	
		Minimum	Maximum
Dmax (mm)		1.6	10
Analyse granulométrique	Passants au tamis 2 mm (%)	94.2	100
	Passants au tamis 80 µm (%)	13	38.2
Limite de liquidité W_L (%)		25	49
Indice de plasticité IP (%)		14	29
VBS (g/100g)		0.2	0.5
Densité sèche OPM (t/m ³)		1.91	2.10
Teneur en eau OPM (%)		8.0	12.9
CBR 4i, 95% OPM		8	23
Gonflement linéaire (%)		0.06	0.25
MO (%)		0.19	0.5
Classe GTR		A3, A2 et B6	

Les matériaux de la plateforme en place sont de classe GTR A3, A2 et B6.

La nappe phréatique n'a pas été rencontrée lors de l'exécution du sondage. Elle se situe vraisemblablement au-delà de la profondeur sondée.

Annexe III : Dimensionnement structural de la chaussée du BRT

1. Calcul des contraintes et déformations sans la structure de la chaussée à l'aide logiciel Alize-LCPC

➤ Voie de la circulation Mixte (Structure Bitumineuse)

épais. (m)	module (MPa)	coef. Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdéf)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdéf)	SigmaZ (MPa)
0,080	1300,0	0,350	0,000	52,8	0,168	163,1	0,657
collé			0,080	14,2	0,173	251,1	0,575
0,090	2700,0	0,350	0,080	-38,2	-0,012	100,3	0,278
collé			0,170	-38,2	-0,012	100,3	0,278
0,130	2700,0	0,350	0,170	-153,9	-0,534	142,9	0,053
collé			0,300	-153,9	-0,534	142,9	0,053
infini	120,0	0,350	0,300		0,004	405,1	0,053

variantes : variante 1 : Durée=00:00sec

Grandeurs affichées : tableau 1, tableau 2, tableau 3, tableau 4, tableau 5, tableau 6, tableau 7, tableau 8

Déflexion = 37,1 mm/100

entre-jumelage Rdc = 425,5 m

Imprimer Enregistrer

Voir Chargt. Fermer

Alizé-Lcpc M... X

1-EpsiT= 177,5
2-EpsiT= 165,4
3-EpsiT= 160,5
4-EpsiZ= 685,3

effacer=dble click
Pour imprimer les données des calculs de valeurs admissibles à la suite des résultats des calculs mécaniques: cocher les cases correspondantes dans la liste ci-dessus.

➤ Voie BRT en Chaussée souple (Bitumineuse épaisse)

Les détails des calculs effectués avec le logiciel Alizé sont illustrés comme suit :

- En section courante

épais. (m)	module (MPa)	coef. Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdéf)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdéf)	SigmaZ (MPa)
0,080	1300,0	0,350	0,000	24,1	0,103	198,2	0,657
collé			0,080	4,4	0,144	269,2	0,583
0,130	2700,0	0,350	0,080	-37,1	-0,034	83,3	0,214
collé			0,210	-37,1	-0,034	83,3	0,214
0,130	2700,0	0,350	0,210	-100,8	-0,344	98,9	0,055
collé			0,340	-100,8	-0,026	172,1	0,055
0,150	400,0	0,350	0,340	-113,0	-0,048	158,8	0,033
collé			0,490	-113,0	-0,048	158,8	0,033
infini	120,0	0,350	0,490		-0,002	277,1	0,033

variantes : variante 1 : Durée=00:00sec

Grandeurs affichées : tableau 1, tableau 2, tableau 3, tableau 4, tableau 5, tableau 6, tableau 7, tableau 8

Déflexion = 30,3 mm/100

entre-jumelage Rdc = 519,9 m

Imprimer Enregistrer

Voir Chargt. Fermer

Alizé-Lcpc M... X

1-EpsiT= 117,3
2-EpsiT= 106,0
3-EpsiT= 106,0
4-EpsiZ= 293,1

effacer=dble click
Pour imprimer les données des calculs de valeurs admissibles à la suite des résultats des calculs mécaniques: cocher les cases correspondantes dans la liste ci-dessus.

*Etudes techniques de VRD du projet de construction de la ligne de Bus Rapid Transit (BRT)
sur la route du Zoo à Abidjan.*

- En zone de station

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran, Charge de référence)

variante 1 : Durée=00:00sec

épais. (m)	module (MPa)	coef. Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdéf)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdéf)	SigmaZ (MPa)
0,080	1300,0	0,350	0,000	13,8	0,080	210,4	0,657
collé			0,080	0,9	0,133	275,7	0,585
0,150	2700,0	0,350	0,080	0,9	0,226	130,2	0,585
collé			0,230	-33,2	-0,028	74,3	0,192
0,150	2700,0	0,350	0,230	-33,2	-0,028	74,3	0,192
collé			0,380	-86,5	-0,302	87,5	0,046
0,150	400,0	0,350	0,380	-86,5	-0,023	148,9	0,046
collé			0,530	-95,9	-0,041	136,3	0,028
infini	120,0	0,350	0,530	-95,9	-0,002	236,9	0,028

Déflexion = 27,9 mm/100
entre-jumelage
Rdc = 562,1 m

Imprimer Enregistrer

Voir Chargt. Fermer

Alizé-Lcpc M... X

Grandeurs affichées

- 1-EpsiT= 102,1
- 2-EpsiT= 89,9
- 3-EpsiT= 89,9
- 4-Epsiz= 251,3

effacer=dble click
Pour imprimer les données des calculs de valeurs admissibles à la suite des résultats des calculs mécaniques: cocher les cases correspondantes dans la liste ci-dessus.

➤ CHAUSSEE RIGIDE (Béton armé continu)

- En section courante

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran, Charge de référence)

variante 1 : Durée=00:00sec

épais. (m)	module (MPa)	coef. Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdéf)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdéf)	SigmaZ (MPa)
0,200	35000,0	0,250	0,000	6,9	0,445	3,3	0,657
collé			0,200	-7,7	-0,290	8,2	0,156
0,150	20000,0	0,250	0,200	-7,7	-0,150	11,0	0,156
collé			0,350	-21,8	-0,551	13,2	0,010
infini	120,0	0,350	0,350	-21,8	0,001	71,6	0,010

Déflexion = 15,2 mm/100
entre-jumelage
Rdc = 4461,7 m

Imprimer Enregistrer

Voir Chargt. Fermer

Alizé-Lcpc M... X

Grandeurs affichées

- 1-SigmaT= 1,459
- 2-SigmaT= 0,879
- 4-Epsiz= 293,1

effacer=dble click
Pour imprimer les données des calculs de valeurs admissibles à la suite des résultats des calculs mécaniques: cocher les cases correspondantes dans la liste ci-dessus.

*Etudes techniques de VRD du projet de construction de la ligne de Bus Rapid Transit (BRT)
sur la route du Zoo à Abidjan.*

- En zone de station

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran, Charge de référence)

variante 1 : Durée=00:00sec

épais. (m)	module (MPa)	coef. Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (μdéf)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μdéf)	SigmaZ (MPa)
0,200	35000,0	0,250	0,000	6,9	0,445	3,3	0,657
			0,200	-7,7	-0,290	8,2	0,156
0,150	20000,0	0,250	0,200	-7,7	-0,150	11,0	0,156
			0,350	-21,8	-0,551	13,2	0,010
infini	120,0	0,350	0,350	-21,8	0,001	71,6	0,010

Grandeurs affichées

- tableau 1
- tableau 2
- tableau 3
- tableau 4
- tableau 5
- tableau 6
- tableau 7
- tableau 8

Déflexion = 15,2 mm/100

entre-jumelage

Rdc = 4461,7 m

Imprimer Enregistrer

Voir Chargt. Fermer

Alizé-Lcpc M... X

- 1-SigmaT= 1,459
- 2-SigmaT= 0,879
- 4-EpsiZ= 293,1

effacer=dble click
Pour imprimer les données des calculs de valeurs admissibles à la suite des résultats des calculs mécaniques: cocher les cases correspondantes dans la liste ci-dessus.

*Etudes techniques de VRD du projet de construction de la ligne de Bus Rapid Transit (BRT)
sur la route du Zoo à Abidjan.*

Annexe IV : Etudes financières

Devis quantitatif et estimatif de la variante 1

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	795 000 000	795 000 000
102	Repli du matériel et des installations	ft	1	197 750 000	197 750 000
103	Installation des centrales de concassage et de béton	ft	1	200 000 000	200 000 000
104	Installation des laboratoire et bureau de mission de contrôle	ft	1	100 000 000	100 000 000
105	Dossiers des ouvrages exécutés	ft	1	150 000 000	150 000 000
106	Elaboration du plan d'Assurance Qualité	ft	1	50 000 000	50 000 000
107	Plan de gestion environnementale et sociale	ft	1	15 000 000	15 000 000
108	Aménagement et entretien de voies de déviation et maintien du trafic pendant les travaux (fermetures complètes à la circulation des axes)	km	11,5	11 500 000	132 250 000
	SOUS TOTAL 100 : INSTALLATION DU CHANTIER				1 640 000 000
200	TRAVAUX PREPARATOIRES				
201	Déplacement et/ou réservation de réseaux électricité, téléphone, eau, TIC				
201-1	Réseau Electricité	ft	1	300 000 000	300 000 000
201-2	Réseau Eau potable	ft	1	150 000 000	190 000 000
201-3	Réseau Assainissement	ft	1	120 000 000	180 000 000
201-4	Réseau Orange	ft	1	100 000 000	110 000 000
201-5	Réseau Moov	ft	1	100 000 000	100 000 000
201-6	Réseau MTN	ft	1	100 000 000	100 000 000
202	Démolition d'ouvrages de toute nature (Dallage, Pavé, Perrés, etc.)	m ²	105 000,00	4 000	420 000 000
203	Démolition de la chaussée y compris bordure	m ²	295 130,00	2 500	737 825 000
204	Démolition d'ouvrages d'assainissement.	ml	18 630	12 500	232 875 000
	SOUS TOTAL 200 : TRAVAUX PREPARATOIRES	ft			2 370 700 000

*Etudes techniques de VRD du projet de construction de la ligne de Bus Rapid Transit (BRT)
sur la route du Zoo à Abidjan.*

300	TERRASSEMENTS				
301	Nettoyage de l'emprise	m ²	295 130,00	2000	590 260 000
302	Pure des matériaux impures	m ³	86 000	6 000	516 000 000
303	Scarification de chaussée existante récupérée	m ²	295 130,00	2000	590 260 000
304	Réglage, mise en forme et compactage de la plate-forme	m ²	295 130,00	1100	324 643 000
	SOUS TOTAL300 : TERRASSEMENTS				1 991 163 000
400	CHAUSSEES				
401	Couche de forme en graveleux latéritiques	m ³	124 350,00	15 000	1 865 250 000
402	Couche de fondation en grave bitume	m ³	31 860,20	150 000	4 779 030 000
403	Couche de base en grave bitume	m ³	31 860,20	150 000	4 779 030 000
404	Fourniture et mise en œuvre d'une couche d'accrochage	m ²	215 500,00	700	150 850 000
405	Fourniture et mise en œuvre de béton bitumineux sur chaussée (8 cm)	m ²	215 500,00	17 000	3 663 500 000
	SOUS TOTAL 400 : CHAUSSÉES				15 101 895 000
500	ASSAINISSEMENT / HYDRAULIQUE				
501	Construction de caniveaux en béton armé de section rectangulaire				
501-a	Caniveaux de section 60 x 50	ml	12 104,00	95 000	1 149 880 000
501-b	Caniveaux de section 80 x 80	ml	6 924,00	150 000	1 038 600 000
504	Fourniture et pose de bordures				
504-a	Bordures T2	ml	11 620,00	14 000	162 680 000
504-b	Bordure CS2	ml	11 620,00	16 000	185 920 000
504-c	Bordure Séparateur de voie Bus	ml	11 620,00	50 000	581 000 000
	SOUS TOTAL 500 : ASSAINISSEMENT				1 757 060 000
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	120	170 000	20 400 000
	Portique pour support de panneaux de signalisation routière verticale	u	50	5 000 000	2 500 000 000
603	Fourniture et pose de garde-corps métalliques de type S8 ou équivalent	ml	500	130 000	65 000 000
604	Balise de signalisation en béton	u	850	30 000	25 500 000

*Etudes techniques de VRD du projet de construction de la ligne de Bus Rapid Transit (BRT)
sur la route du Zoo à Abidjan.*

605	Séparateur double en béton adhérent type DBA	ml	20 500	55 000	1 127 500 000
606	Fourniture et pose de glissière de sécurité	ml	1000	120 000	120 000 000
606	Eclairage public	km	12	75 000 000	900 000 000
	SOUS TOTAL 600 : SIGNALISATION ET SECURITE				4 948 400 000
700	MESURES ENVIRONNEMENTALES ET SOCIALES				
701	Réhabilitation de la végétation (plantations d'arbres)	u	1200	15 000	18 000 000
702	Préservation de la santé et la sécurité	u	1	50 000 000	50 000 000
703	Mesures d'accompagnement	u	1	35 000 000	35 000 000
704	Suivi environnemental	u	1	20 000 000	20 000 000
	SOUS MESURES ENVIRONNEMENTALES ET SOCIALES TOTAL 700 :				115 800 000
800	STATIONS - DEPOTS - EQUIPEMENTS DIVERS				
801	Construction et Aménagement de stations.				
801-1	Réservations des station – phase 1	u	16	995 000 000	15 592 000 000
801-2	Réservations des stations - Phase 2	u	16	400 000 000	6 400 000 000
802	Construction et Aménagement du Dépôt	m ²	51 818	150 000	7 772 700 000
803	Construction du Centre de contrôle opérationnel	u	1	1 500 000 000	1 500 000 000
	SOUS TOTAL 800 : STATIONS - DEPOTS - EQUIPEMENTS DIVERS				31 264 700 000
	TOTAL GÉNÉRAL (FCFA HT - HD)				59 189 718 000
	Montant de la TVA 18%				10 654 149 240
	TOTAL GÉNÉRAL AVEC IMPRÉVUS (FCFA HT - HD) Montant TTC				69 843 867 240

Devis quantitatif et estimatif de la variante 2

N° PRIX	DÉSIGNATION DES PRIX	Unité	Quantité	Prix Unitaire (FCFA)	Montant (FCFA)
100	INSTALLATION DE CHANTIER				

*Etudes techniques de VRD du projet de construction de la ligne de Bus Rapid Transit (BRT)
sur la route du Zoo à Abidjan.*

101	Installation générale du chantier et Amenée du Matériel	ft	1	795 000 000	795 000 000
102	Repli du matériel et des installations	ft	1	197 750 000	197 750 000
103	Installation des centrales de concassage et de béton	ft	1	200 000 000	200 000 000
104	Installation des laboratoire et bureau de mission de contrôle	ft	1	100 000 000	100 000 000
105	Dossiers des ouvrages exécutés	ft	1	150 000 000	150 000 000
106	Elaboration du plan d'Assurance Qualité	ft	1	50 000 000	50 000 000
107	Plan de gestion environnementale et sociale	ft	1	15 000 000	15 000 000
108	Aménagement et entretien de voies de déviation et maintien du trafic pendant les travaux (fermetures complètes à la circulation des axes)	km	11,5	11 500 000	132 250 000
	SOUS TOTAL 100 : INSTALLATION DU CHANTIER				1 640 000 000
200	TRAVAUX PREPARATOIRES				
201	Déplacement et/ou réservation de réseaux électricité, téléphone, eau, TIC				
201-1	Réseau Electricité	ft	1	300 000 000	300 000 000
201-2	Réseau Eau potable	ft	1	150 000 000	190 000 000
201-3	Réseau Assainissement	ft	1	120 000 000	180 000 000
201-4	Réseau Orange	ft	1	100 000 000	110 000 000
201-5	Réseau Moov	ft	1	100 000 000	100 000 000
201-6	Réseau MTN	ft	1	100 000 000	100 000 000
202	Démolition d'ouvrages de toute nature (Dallage, Pavé, Perrés, etc.)	m ²	105 000,00	4 000	420 000 000
203	Démolition de la chaussée y compris bordure	m ²	295 130,00	2 500	737 825 000
204	Démolition d'ouvrages d'assainissement.	ml	18 630	12 500	232 875 000
	SOUS TOTAL 200 : TRAVAUX PREPARATOIRES	ft			2 370 700 000
300	TERRASSEMENTS				
301	Nettoyage de l'emprise	m ²	295 130,00	2000	590 260 000
302	Pure des matériaux impures	m ³	86 000	6 000	516 000 000
303	Scarification de chaussée existante récupérée	m ²	295 130,00	2000	590 260 000
304	Réglage, mise en forme et compactage de la plate-forme	m ²	295 130,00	1100	324 643 000

*Etudes techniques de VRD du projet de construction de la ligne de Bus Rapid Transit (BRT)
sur la route du Zoo à Abidjan.*

	SOUS TOTAL300 : TERRASSEMENTS				1 991 163 000
400	CHAUSSEES				
401	Couche de forme en graveleux latéritiques (BRT et circulation mixte)	m3	124 350,00	15 000	1 865 250 000
402	Couche de fondation béton maigre de classe 2 dosé a 150kg/m3 (Voie réservée au BRT)	m3	1 4662,5	70 000	1 026 375 000
403	Réalisation de chaussée en béton armé continu (BAC) dosage en ciment à 350 kg/m3, taux d'armature de 80 kg/m3 (Voie réservée au BRT)	m3	19 550	280 000	5 474 000 000
404	Couche de fondation en grave bitume (Pour la voie de circulation mixte)	m3	17 595	150 000	2 639 250 000
405	Couche de base en grave bitume (Pour la voie de circulation mixte)	m3	17 595	150 000	2 639 250 000
406	Fourniture et mise en œuvre d'une couche d'accrochage (Pour la voie de circulation mixte)	m2	195 500	700	136 850 000
407	Fourniture et mise en œuvre de béton bitumineux sur chaussée de 8 cm (Pour la voie de circulation mixte)	m2	195 500	17 000	3 323 500 000
	SOUS TOTAL 400 : CHAUSSÉES				17 104 475 000
500	ASSAINISSEMENT / HYDRAULIQUE				
501	Construction de caniveaux en béton armé de section rectangulaire				
501-a	Caniveaux de section 60 x 50	ml	12 104,00	95 000	1 149 880 000
501-b	Caniveaux de section 80 x 80	ml	6 924,00	150 000	1 038 600 000
504	Fourniture et pose de bordures				
504-a	Bordures T2	ml	11 620,00	14 000	162 680 000
504-b	Bordure CS2	ml	11 620,00	16 000	185 920 000
504-c	Bordure Séparateur de voie Bus	ml	11 620,00	50 000	581 000 000
	SOUS TOTAL 500 : ASSAINISSEMENT				1 757 060 000
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	120	170 000	20 400 000
	Portique pour support de panneaux de signalisation routière verticale	u	50	5 000 000	2 500 000 000

*Etudes techniques de VRD du projet de construction de la ligne de Bus Rapid Transit (BRT)
sur la route du Zoo à Abidjan.*

603	Fourniture et pose de garde-corps métalliques de type S8 ou équivalent	ml	500	130 000	65 000 000
604	Balise de signalisation en béton	u	850	30 000	25 500 000
605	Séparateur double en béton adhérent type DBA	ml	20 500	55 000	1 127 500 000
606	Fourniture et pose de glissière de sécurité	ml	1000	120 000	120 000 000
606	Eclairage public	km	12	75 000 000	900 000 000
	SOUS TOTAL 600 : SIGNALISATION ET SECURITE				4 948 400 000
700	MESURES ENVIRONNEMENTALES ET SOCIALES				
701	Réhabilitation de la végétation (plantations d'arbres)	u	1200	15 000	18 000 000
702	Préservation de la santé et la sécurité	u	1	50 000 000	50 000 000
703	Mesures d'accompagnement	u	1	35 000 000	35 000 000
704	Suivi environnemental	u	1	20 000 000	20 000 000
	SOUS MESURES ENVIRONNEMENTALES ET SOCIALES TOTAL 700 :				115 800 000
800	STATIONS - DEPOTS - EQUIPEMENTS DIVERS				
801	Construction et Aménagement de stations.				
801-1	Réservations des station – phase 1	u	16	995 000 000	15 592 000 000
801-2	Réservations des stations - Phase 2	u	16	400 000 000	6 400 000 000
802	Construction et Aménagement du Dépôt	m ²	51 818	150 000	7 772 700 000
803	Construction du Centre de contrôle opérationnel	u	1	1 500 000 000	1 500 000 000
	SOUS TOTAL 800 : STATIONS - DEPOTS - EQUIPEMENTS DIVERS				31 264 700 000
	TOTAL GÉNÉRAL (FCFA HT)				61 192 298 000
	Montant de la TVA 18%				11 014 613 640

*Etudes techniques de VRD du projet de construction de la ligne de Bus Rapid Transit (BRT)
sur la route du Zoo à Abidjan.*

	TOTAL GÉNÉRAL AVEC IMPRÉVUS (FCFA HT - HD) Montant TTC				72 206 911 640
--	---	--	--	--	-----------------------