

ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET UNIVERSITAIRE
UNIVERSITE LIBRE DES PAYS DES GRANDS LACS

« ULPGL/ GOMA »



BP :368 GOMA

www.ulpgl.net

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES APPLIQUEES

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

**Réhabilitation du tronçon routier ROND POINT
TERMINUS - MARCHÉ NYABUSHONGO en
pavés basaltiques**

Travail de Fin de Cycle présenté en vue de l'obtention du
diplôme de graduat en Sciences et technologies
appliquées

Présenté par : **KIBONGE MOKONGE Francisca**

Directeur : **Dr. Ir. AMBOKO MUHIWA Benjamin**

Encadreur : **Ass. Ir. SYAITSUTSWA KAMBALE Patrick**

Année académique : 2021-2022

IN MEMORIAM

En mémoire de notre Père KIBONGE MOSSI LUKUNDULA Fardin.

KIBONGE MOKONGE Francisca

EPIGRAPHE

Il y a des choses qu'on a parfois peine à croire : le type qui a inventé le code de la route n'avait même pas son permis...

Philippe GELUCK

DEDICACE

A notre mère Anastasie VUMILIYA KANSILEMBO et à mes frères et sœurs Solange KIBONGE, Alain KIBONGE et Robert KIBONGE, Salima KIBONGE et Chance KIBONGE

KIBONGE MOKONGE Francisca

REMERCIEMENTS

La réalisation de ce travail est le fruit de tant de labeur et de sacrifices. Qu'il nous soit permis d'exprimer nos remerciements en premier lieu à Dieu le tout puissant qui, par grâce nous continuons à vivre et sans son soutien nous ne pouvons rien.

En second lieu, nous tenons à remercier, de façon particulière, le Dr. Ir. AMBOKO MUHIWA Benjamin qui, en dépit de ses multiples occupations, a accepté la direction de ce travail. Nous tenons à exprimer également notre gratitude à l'Ass. Ir. KAMBALE SYAITSUTSWA Patrick pour son encadrement, ses conseils et sa bienfaisance.

Nous remercions tout le corps professoral de l'Université Libre des Pays de Grands Lacs en général et celui de la faculté des Sciences et Technologies Appliquées en particulier pour la qualité d'enseignement dont nous avons été bénéficiaires.

Mais aussi nous remercions nos parents KIBONGE MOSSI et Anastasie VUMILIYA pour nous avoir soutenu sur le plan financier, moral et matériel. Nous pensons aussi à nos frères et sœurs : Solange, Alain, Robert, Shabani, Salima, Chance, et Déborah pour leur encouragement.

Nous restons reconnaissant envers nos amis et connaissances particulièrement à Mireille MAPENDO, Francine NGANDU, Hope GAKURU, Divine THASSI, Cynthia SAMBO, Magloire KASIVITA, Dieu merci BUALE, Marc NGANDU, Benjamin AGANZE, Christian BISHIKWABO, Blaise SENDODA de vos assistances tant morales que matérielles pour que ce travail soit mis à jour.

Que tous ceux qui nous ont soutenu tout au long de nos études, dont les noms ne sont pas repris ci-haut trouvent ici l'expression de notre sentiment de vive reconnaissance.

KIBONGE MOKONGE Francisca

SIGLES ET ABREVIATIONS

Av. J.C	: Avant Jésus-Christ
CAM	: Coefficient d'agressivité moyen
CBR	: Californian Bearing Ration
CEBTP	: Centre Expérimental de Recherche et d'étude du Bâtiment et Travaux Publics
GPS	: Global Positioning System
MPA	: Mégas Pascal
NF	: Norme Française
OVD	: Office des Voiries et Drainage
PF	: Plate-Forme
PL	: Poids Lourds
TMJA	: Trafic Annuel Moyen Journalier
ULPGL	: Université Libre des Pays de Grands Lacs

LISTE DES FIGURES

<i>Figure I. 1 Profil en travers d'une route</i>	5
<i>Figure I. 2 Les différentes couches de la route</i>	7
<i>Figure II. 1 Image satellite google Earth Pro du Tronçon</i>	22
<i>Figure II. 2 Allure du terrain naturel</i>	23
<i>Figure II. 3 Coupe schématique d'une chaussée revêtue des pavés</i>	25
<i>Figure II. 4 Effet de la charge sur la hauteur de lit de pose</i>	26
<i>Figure II. 5: Schéma d'un fossé triangulaire</i>	36
<i>Figure II. 6 Eléments constitutifs du profil en travers</i>	40
<i>Figure III. 1 Coordonnées métriques de l'axe principale de la chaussée aménagée</i>	43
<i>Figure III. 2 Profil en travers type</i>	44
<i>Figure III. 3 Tracé en plan</i>	45

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau II. 1 Coordonnées métriques de l'axe principale de la chaussée aménagée.....</i>	<i>24</i>
<i>Tableau II. 2 Valeurs du CAM</i>	<i>30</i>
<i>Tableau II. 3 Classification du Trafic</i>	<i>31</i>
<i>Tableau II. 4 Trafic observé sur le tronçon d'étude</i>	<i>31</i>
<i>Tableau II. 5 Classification du sol en fonction du CBR</i>	<i>33</i>
<i>Tableau II. 6 Constitution en couche de la chaussée en étude</i>	<i>33</i>
<i>Tableau II. 7 Capacité max en (l/s) des fossés triangulaires revêtues pour (h=0,60 m)</i>	<i>38</i>
<i>Tableau II. 8 Distances d'arrêt en ligne droite d1 et en courbe d2 à différentes vitesses</i>	<i>39</i>
<i>Tableau III. 1 Résumé de différents facteurs d'équivalence du système "Pavés + lit de pose"</i>	<i>47</i>
<i>Tableau III. 2 Cubature de déblai et remblai réalisé par Autodesk Civil 3D.....</i>	<i>51</i>
<i>Tableau III. 3 Les volumes des matériaux par couches.....</i>	<i>52</i>

SOMMAIRE

IN MEMORIAM.....	i
EPIGRAPHE.....	ii
DEDICACE.....	iii
REMERCIEMENTS.....	iv
SIGLES ET ABREVIATIONS.....	v
LISTE DES FIGURES.....	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
SOMMAIRE.....	viii
RESUME.....	X
ABSTACT.....	Xi
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE PREMIER : REVUE DE LITTERATURE.....	3
I.1.GENERALITES SUR LES ROUTES.....	3
I.1.1. HISTORIQUE DES ROUTES.....	3
I.1.2. LES CARACTERISTIQUES DES ROUTES.....	4
I.1.3. LES PARTIES D’UNE ROUTE.....	5
I.1.4. CONSTITUTION D’UNE CHAUSSEE.....	7
I.1.5. CLASSIFICATION DES STRUCTURES DE CHAUSSEES.....	10
I.1.6. LES MATERIAUX DE REVETEMENT D’UNE ROUTE.....	11
I.2. GENERALITES SUR LE PAVAGE.....	12
I.2.1. Les types des pavés.....	12
I.2.2. Types de pavage.....	13
I.2.3. Les procédés du pavage.....	14
I.2.4. Les joints.....	15
I.3. GENERALITES SUR LA REHABILITATION ROUTIERE.....	16
I.3.1. Aperçu.....	16
I.3.2. Domaines d’activités.....	16
I.3.3. Causes et solutions de la dégradation de la chaussée.....	17
I.4. MATERIELS DE CHANTIERS POUR LA CONSTRUCTION DES ROUTES.....	19
I.5. CONCLUSION PARTIELLE.....	21
CHAPITRE DEUXIEME : METHODOLOGIES DE TRAVAIL.....	22
II.1. PRESENTATION DU SITE.....	22

II.1.1. ETUDES TOPOGRAPHIQUES	23
II.1.1.1. Le logiciel AutoCAD Civil 3D.....	23
II.1.1.2. Le logiciel Google Earth.....	24
II.1.1.3. Le logiciel Global Mapper.....	24
II.1.1.4. Le GPS.....	24
II.2. DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE DE LA CHAUSSEE	25
II.2.1. Le lit de pose.....	26
II.2.2. La fondation.....	26
II.2.3 La couche de roulement.....	27
II.2.4. METHODE DE DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE	27
II.3. CHOIX DE MATERIAUX	33
II.3.1. Matériaux de la couche de base	33
II.3.2. Matériaux de la couche du revêtement (couche de roulement)	34
II.4. DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT	34
II.4.1. Les fossés.....	34
II.5. DIMENSIONNEMENT HORIZONTAL DE LA ROUTE.....	38
II.7. CONCLUSION PARTIELLE	41
CHAPITRE TROISIEME : RESULTATS OBTENUS	42
III.1. Dimensionnement horizontal de la route.....	42
III.2. Dimensionnement des ouvrages d'assainissement.....	46
1. Dimensionnement du fossé latéral.....	46
III.3 DIMENSIONNEMENT STRUCTUREL DE LA CHAUSSEE	46
III.3.1. Choix de la méthode de dimensionnement.....	46
III.4. LES CUBATURES	48
III.4.1. Cubature de la couche de base et les trottoirs.....	49
III.5. CALCUL DE CUBATURES DES TERRASSEMENTS	50
III.5.1. Calcul des surfaces des profils en travers.....	50
III.5.2. Calcul des cubatures.....	50
III.5.3. Mouvement de terre.....	51
III.6. CONCLUSION PARTIELLE	53
CONCLUSION GENERALE	54
BIBLIOGRAPHIE	55
ANNEXES	57

RESUME

Notre travail a pour objectif de faire une étude d'aménagement d'une chaussée revêtue en pavés basaltiques. Après une étude documentaire des travaux antérieurs et du projet de pavage en cours dans la ville de GOMA, ce travail propose une application technique sur le tronçon routier Rond-point TERMINUS – Marché NYABUSHONGO, cela permettant d'une part de diminuer les embouteillages et les accidents de circulation sur ce tronçon routier et sur les routes principales et d'autre part de diminuer les problèmes de stagnations des eaux pluviales observés dans ce tronçon tout en améliorant la qualité touristique de la ville. Pour y arriver, nous avons utilisé le logiciel Autocad civil 3D, qui a permis de trouver tous les profils et la cubature de notre tronçon. Nous avons également utilisé la méthode CEBTP pour le dimensionnement de la chaussée. Les résultats obtenus étant appropriés aux chaussées souples, il a été question de les assimiler à la chaussée en pavé étant donné que les chaussées en pavés peuvent être assimilées à des chaussées souples.

ABSTRACT

The aim of our work is to study the design of a basalt pavement. After a literature review of previous work and the current paving project in the city of GOMA, this work proposes a technical application on the road section between the TERMINUS TRAFFIC CIRCLE and the NYABUSHONGO MARKET. This will help to reduce traffic jams and accidents on this road section and on them in roads, as well as the rainwater stagnation problems observed in this section, while improving the city's tourist quality. To achieve this, we used Autocad civil 3D software, which enabled us to find all the profiles and cubature for our section. We also used the CEBTP method for pavement dimensioning. As the results obtained with paving stones are suitable for flexible pavements, we decided to assimilate them to paving stones, since paving stones can be assimilated to flexible pavements.

INTRODUCTION

La phase de développement économique d'un pays dépend de l'état des infrastructures dans le cas général et des routes en particulier. Les infrastructures routières en République démocratique du Congo, y compris les routes publiques, régionales et urbaines, sont délaissées, ce qui réduit l'accès aux secteurs économiques et sociaux et nuit aux échanges de toutes sortes. En République Démocratique du Congo, le manque de la voie de communication routière ou de sa construction est un grand défi pour la circulation des personnes et des biens. La ville de Goma, chef -lieu de la province du Nord-Kivu, n'en est pas épargné. En effet, ce constat se fait sentir dans la commune de Karisimbi où la population de cette partie de la ville a du mal à effectuer ses trafics.

Notre sujet consiste à faire la réhabilitation du tronçon routier ROND POINT TERMINUS - MARCHE NYABUSHONGO. En effet, le tronçon en question paralyse le trafic du quartier Ndosho. Bien qu'il soit revêtu en pierres taillées, sa couche de roulement présente des fortes rugosités, ce qui cause l'inconfort des chauffeurs et des passagers dans des voitures. Son système hydraulique également présente de problèmes car après une forte pluie il se comporte comme un réservoir ainsi il y a stagnations des eaux.

Conscient des difficultés auxquelles font face les usagers du tronçon routier ROND POINT TERMINUS - MARCHE NYABUSHONGO, il y a lieu de se demander si la topographie du site n'est pas à la base de la stagnation récurrente des eaux sur la chaussée, ou encore si ce n'est pas plutôt les matériaux utilisés précédemment lors de l'aménagement de ce tronçon qui serait à la base de son impraticabilité.

Le travail en cours s'intéresse au secteur routier, pour comprendre la situation des routes congolaises et particulièrement celles de la ville de Goma en proposant quelques pistes de solutions pour pallier aux problèmes de stagnation des eaux et maintenir la qualité touristique de la ville.

Pour garantir une circulation confortable et sécurisée, le présent travail propose de réhabiliter ce tronçon par des pavés en pierres volcaniques tout en s'appuyant sur les hypothèses suivantes :

- L'évacuation des eaux stagnantes, tout en tenant compte de la contrainte topographique, serait l'une des solutions pour garantir une circulation fluide et confortable tant des

personnes que des engins roulants et ainsi parer à une éventuelle épidémie (exemple cholera) qui se développerait suite eaux stagnantes ;

- L'utilisation d'un matériau de roulement favoriserait une bonne circulation des véhicules pour rendre ce tronçon plus praticable et ainsi diminuer les embouteillages sur les routes principales.

Ayant pour objectif principal de réhabiliter le tronçon routier ROND-POINT TERMINUS - MARCHE NYABUSHONGO en pavés basaltiques, ce travail a comme objectifs spécifiques :

- Donner un accès rapide à la population de Goma et permettre de bien fréquenter ce tronçon en toute sécurité ;
- .

Hormis l'introduction et la conclusion, ce travail est subdivisé en trois chapitres suivants :

- Chapitre premier : REVUE DE LITTERATURE
- Chapitre deuxième : METHODOLOGIES DE TRAVAIL
- Chapitre troisième : RESULTATS OBTENUS

CHAPITRE PREMIER : REVUE DE LITTERATURE

Dans ce chapitre, nous allons présenter l'historique des routes, quelques généralités sur les routes, les éléments constitutifs d'une chaussée revêtue en pavés basaltiques, généralités sur le pavage, et sur les matériaux. Il est nécessaire de connaître certaines théories comme par exemple l'historique ainsi que certaines définitions qui nous permettront de comprendre notre sujet.

I.1.GENERALITES SUR LES ROUTES

I.1.1. HISTORIQUE DES ROUTES [1]

L'histoire des routes couvre une période qui commence avec la sédentarisation de l'homme, il y a 10 000ans, jusqu'à l'époque contemporaine. Le réseau routier semble tendre à se développer encore très rapidement, voire plus vite que jamais pour la première moitié du XXIe siècle. Environ deux milliards de véhicules pourraient rouler en 2030 selon Sperling (2009).

Les premières voies de transports de l'histoire se résument à des simples sentiers, qui sont la forme la plus primitive de route. En effet, la création d'une piste ne demande aucune connaissance technique, puisque celle-ci se forme de façon naturelle, et aucun entretien. On peut observer la création de sentiers chez de nombreuses espèces animales, comme les fourmis, les oiseaux migrateurs et la plupart des mammifères.

En effet, c'est avec la sédentarisation que s'installe la routine qui nous fait prendre le même itinéraire de jour en jour, jusqu'à créer un sentier. C'est avec Mésopotamie que naquirent les premiers chemins, lorsque les pistes qui reliaient les plus grandes agglomérations mésopotamiennes entre elles finirent par s'élargir pour former des chemins. Contrairement au sentier, ce dernier permet le passage de plusieurs hommes de front. De plus, étant relativement large et dégagé, il facilite le développement du territoire puis du commerce. A la fin de la Renaissance, comme les états devenaient plus riches, de nouvelles routes et de nouveaux ponts furent construits, souvent basés sur le modèle romain.

I.1.2. LES CARACTERISTIQUES DES ROUTES

I.1.2.1. DEFINITION ET ROLES D'UNE ROUTE [1]

1. Définition

La route est une infrastructure de communication terrestre qui permet le transport ou le déplacement des biens et des personnes par des véhicules automoteurs.

De ce fait, la route est à différencier des autres infrastructures de transport des personnes et des biens qui sont notamment la voie ferrée (chemin de fer), la voie fluviale ou maritime et la voie aérienne (aéroport).

2. Les caractéristiques géométriques d'une route

Les caractéristiques géométriques d'une route sont illustrées par le profil en travers et en long ainsi que le tracé en plan.

- **Vue en plan** : Le tracé en plan est la projection sur un plan horizontal de l'axe de la chaussée. C'est une succession de droites, d'arcs de cercle et de courbes de raccordement.
- **Profil en long** : Est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développée et représentée sur un plan à une échelle.
- **Profil en travers** : Est représentée par une coupe perpendiculaire à l'axe de la route de la structure définie par l'ensemble des points représentatifs de cette surface. (Figure 1.3)

I.1.2.2. ROLES [1]

Les rôles de la route sont :

- ❖ La route est une infrastructure qui permet un transport relativement rapide et sécurisant des personnes et des biens ;
- ❖ Elle facilite et développe les échanges et les transactions commerciales ;
- ❖ Elle véhicule l'information et le savoir ;
- ❖ Elle ouvre les esprits à l'apprentissage, à la comparaison et au développement ;

Bref, sans la route, le développement des infrastructures et équipements sociaux (écoles, hôpitaux, etc...) serait pratiquement impossible.

I.1.2.3. SORTES DES ROUTES [1]

D'une manière générale, sur le **plan technique**, nous rencontrons quatre types de route en RDC :

1. Les pistes saisonnières : sont des routes tracées à partir des sentiers reliant les villages. Elles sont utilisées pendant des périodes bien déterminées ; leur largeur est souvent de 4m. Sur ces pistes, il n'y a pas d'ouvrages d'art, ni de terrassement.

2. Les pistes améliorées : C'est le cas de plusieurs pistes rencontrées aujourd'hui.

3. Les routes en terre : Sont des pistes améliorées ayant fait l'objet d'une réhabilitation complète ; On y apporte les caractéristiques géométriques (rampe, pente, drainage des eaux, etc...).

4. Les routes revêtues : Considérées à défaut comme définitives ; elles exigent une surveillance accrue du corps de la chaussée et plus précisément de la couche de roulement, des accotements, fossés, caniveaux, et exutoires.

I.1.3. LES PARTIES D'UNE ROUTE [1]

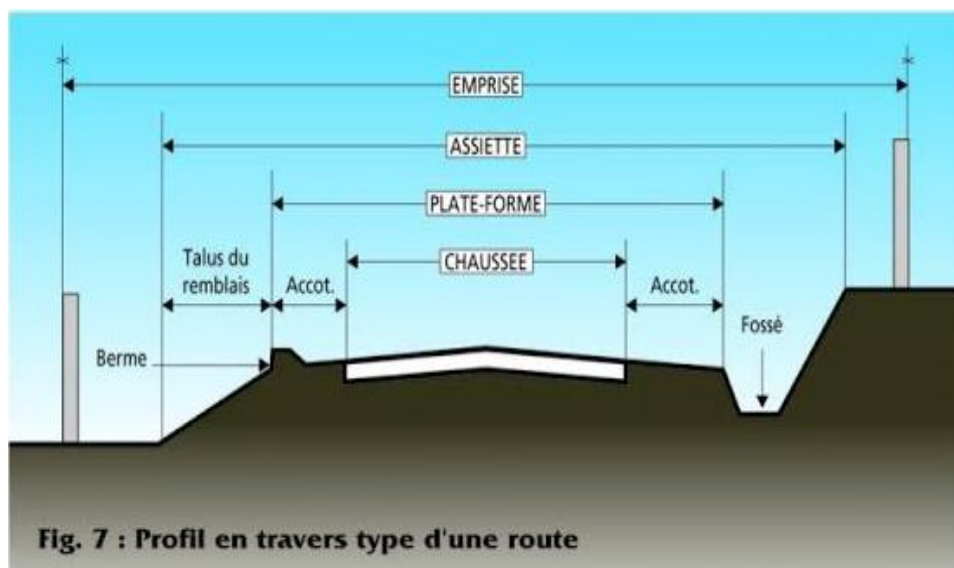


Figure I. 1 Profil en travers d'une route [1]

Les parties d'une route sont :

1. Chaussée : Du point de vue géométrique, la chaussée est la partie de la route sur laquelle circulent les véhicules. Tandis que, du point de vue structurale, la chaussée est l'ensemble formé des couches de structure d'une route, elle comprend de bas en haut : la plateforme support de la chaussée (sol support et la couche de forme), les couches d'assises (couches de base et de fondation) et les couches de surface (couche de liaison et de roulement).

2. Accotement : Un accotement est une partie de la plateforme aménagée entre la chaussée et le talus. La largeur d'un accotement varie entre 1 et 3 mètres et il a pour rôle de servir de support latéral à la structure de la chaussée, de refuge aux véhicules arrêtés ou en panes, permettre la circulation des véhicules d'urgence et de protéger les automobilistes lors du département imprévu en lui évitant une collision frontale.

3. Plateforme : Est la surface de la route qui comprend une ou plusieurs chaussées, les accotements, et éventuellement une TPC (Terre-Plein Central). En générale, c'est la couche de 30cm supérieur des terrassements. Il est indispensable de disposer d'une bonne assise pour que le corps de la chaussée soit mis en place dans des conditions satisfaisantes et pour qu'il conserve, dans le temps, une indéformabilité suffisante.

4. L'assiette : Est la surface du terrain réellement occupée par la route et ses dépendances (Plateforme, fossé, talus)

5. Emprise : L'emprise est la surface du terrain juridiquement affectée à la route et à ses annexes, elle est au minimum égale à l'assiette.

6. Fossé : Un fossé est une excavation pouvant être aménagée de part et d'autre de la plateforme, destinée à assainir PF en collectant les eaux de ruissellement.

7. Une voie : C'est une bande de la chaussée correspondant à la largeur du véhicule et circulée dans un seul sens. [2]

8. Les trottoirs : Sont des accotements spécialement aménagés pour la circulation permanente des piétons qui sont généralement séparés de la chaussée par une bordure surélevée. [2]

9. Bordures : Sont des dispositifs de séparation ou des limites le long d'une chaussée. Elles sont généralement en béton coffré, pavés, pierres taillées ou en béton bitumeux.

10. Banquette ou cavalier : C'est une surélévation aménagée à la limite extérieure des accotements en vue d'empêcher de déraper dans les vallées.

11. Devers : Inclinaison transversale de la route. Il joue un rôle crucial selon qu'on est en alignement droit ou en courbe. Pour le premier cas, le devers est destiné à évacuer les eaux superficielles alors que pour le second cas, non seulement il évacue les eaux de ruissellement mais également il compense une perte de charge centrifuge.

I.1.4. CONSTITUTION D'UNE CHAUSSEE [1]

Une chaussée est du point de vue structurale, un ouvrage à grande envergure constituant un système multicouche où chacune des couches joue un rôle important.

Distinguons à ce niveau, **l'infrastructure à la structure routière :** La **structure** est la composante de la chaussée formée de la couche de fondation, couche de base et celle de revêtement ; Tandis que **l'infrastructure** est l'ensemble des couches inférieures obtenues suite aux opérations de remblayage et déblayage.

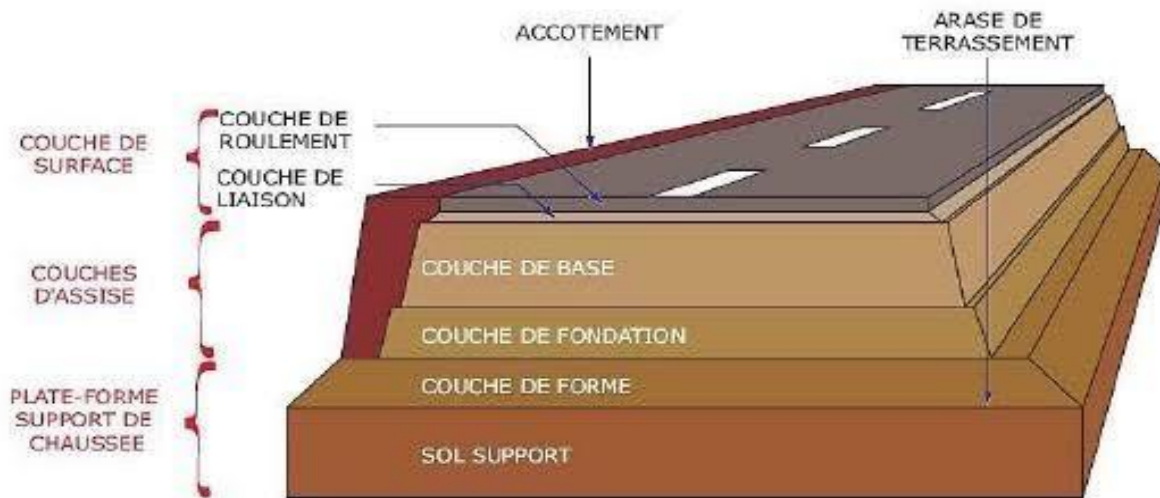


Figure I. 2 Les différentes couches de la route [1]

1. Couche de revêtement ou couche de roulement

Le revêtement est une couche de surface qui est généralement faite dans nos pays tropicaux en béton bitumeux (mélange à chaud des granulats et des bitumes), cette couche peut aussi être réalisée en béton de ciment dans les pays du Nord où il fait extrêmement froid.

Les rôles structuraux du revêtement sont :

- Distribution de la charge
- Etanchéité : le bitume imperméable, il empêche l'infiltration de l'eau
- Les rôles fonctionnels du revêtement :
- Confort au roulement
- Adhérence pneumatique – chaussée

En bref, le revêtement devrait également offrir à la chaussée une bonne apparence et un support marquage.

2. Couche de base

Dans nos pays tropicaux, la couche de base est généralement faite de latérites (non traitées) et de latérite-ciment si le niveau du trafic est élevé.

Cette couche peut être aussi faite des GNT (graves non traités) c'est-à-dire les granites 2 concassés, les basaltes concassés, etc. Et en cas de nécessité, on peut utiliser les graves bitumes.

Les rôles de la couche de base :

- Distribution des charges
- Drainage
- Surface de travail pour la mise en place du revêtement

3. Couche de fondation

Pour la couche de fondation, on utilise la latérite pour avoir un bon matériau. Mais aussi on utilise la GNT, la latérite-ciment, ou la grave-bitume même si cela est rare en raison de coût.

Les rôles de la couche de fondation :

- Drainer la couche de base
- Empêcher la contamination du sol support à la couche de base
- Distribuer les charges
- Atténuer les effets gel – dégel (pour les pays du nord)

- Assurer le passage infrastructure – couche de base

4. Sol de l'infrastructure

Le sol de l'infrastructure résulte des opérations de terrassement (mouvement des terres). Il s'agit évidemment du terrain naturel, c'est-à-dire du sable, argile, etc.... Ou alors des matériaux de remblai le sol ou le roc)

Les rôles du sol de l'infrastructure sont :

- Offrir une plate – forme pour la construction et le support de la chaussée
- Assurer le drainage au moyen de sa pente en surface
- Compliquer la vie du concepteur
- Lorsque le sol d'infrastructure n'a pas les qualités requises de portance, on y appose une couche de forme.

5. Les sous-couches

Les sous-couches sont des couches qui, dans certains cas particuliers, jouent le rôle de constituer un écran entre les matériaux mis en œuvre dans le terrassement et ceux employés au niveau de la couche d'assise.

On distingue deux types des sous-couches :

a. Sous-couches anti-contaminant : empêche la pénétration des matériaux finis de la plateforme à travers les vides d'une couche de fondation à structure ouverte.

b. Sous-couche drainante et anticapillaire : Elle est constituée de sables grossiers, de tout-venants concassés, etc.... Elle joue un double rôle, c'est-à-dire assurer un drainage efficace des chaussées et arrêter les remontées capillaires dans les zones marécageuses ou à nappe phréatique peu profonde.

6. Les éléments connexes

Les éléments connexes à la structure de la chaussée sont :

- Les accotements : jouant le rôle d'extension du revêtement et/ou de la fondation, du support latéral et de sécurité.

- Les talus : jouant le rôle de stabilité du remblai routier mais également de la sécurité et l'embellissement.
- Les fossés, caniveaux, collecteurs : constituent les principaux éléments u drainage.

I.1.5. CLASSIFICATION DES STRUCTURES DE CHAUSSEES [1]

Selon la Norme Française, on distingue six catégories de chaussées :

I.1.5.1. Chaussées ou structures souples

Dans ces types de structures, l'épaisseur totale de la couverture bitumineuse est inférieure ou égale à 12cm. Elle repose sur une assise constituée d'une ou plusieurs couches de GNT d'épaisseur totale supérieure ou égale à 15cm.

Cette définition ne concerne pas les structures comportant des matériaux d'assise constitués des matériaux traités aux liants hydrauliques, bitumineux ou en béton.

I.1.5.2. Chaussées ou structures bitumineuses

Dans ces types de structures, les couches de surface et de base sont en matériaux bitumineux. La couche de fondation éventuelle peut être en matériaux bitumineux ou en GNT.

I.1.5.3. Chaussées ou structures semi-rigides

Dans ces types de structures, les couches de surface (couche de roulement et éventuellement couche de liaison) sont constituées des matériaux bitumineux, elles reposent sur une assise constituée de matériaux traités aux liants hydrauliques.

I.1.5.4. Structures ou chaussées mixtes

Dans ces types de structures, les couches d'assises sont constituées de deux matériaux différents. La couche de base est en matériaux bitumineux à l'exécution des enrobés à module élevé et la couche de fondation est en matériaux traités aux liants hydrauliques.

Le rapport de l'épaisseur de matériaux bitumineux à l'épaisseur totale de la structure de chaussée est compris entre 0,45 à 0,6.

I.1.5.5. Structures ou chaussées inverses

Dans ces types des structures, les couches d'assise sont constituées d'une couche de base en matériaux bitumineux qui repose sur une couche intermédiaire en GNT d'épaisseur comprise entre 10 et 12cm reposant elle-même sur une couche de fondation en MTLH.

I.1.5.6. Structures rigides ou Structures en béton ciment

Ces structures comportent une couche en béton de ciment d'au moins 12cm. Les couches de base et de roulement peuvent former une seule et même couche de base-roulement.

I.1.6. LES MATERIAUX DE REVETEMENT D'UNE ROUTE

On distingue trois types de revêtement : les revêtements bitumeux ; les revêtements en béton et les revêtements modulaires. Le choix des matériaux implique de choisir la meilleure option pour les conditions données, en tenant compte des caractéristiques de la circulation, des conditions météorologiques, des couts et du bruit.

Les ministères des transports examinent généralement leurs options avant de commencer de nouvelles routes ou des projets de surfacage, afin de déterminer le meilleur choix possible. Les entreprises spécialisées dans les matériaux de construction routière proposent généralement une gamme de produits.

I.1.6.1. L'asphalte

C'est l'un des matériaux le plus populaire et généralement le préféré des routes très fréquentées. Connue sous le nom de béton d'asphalte collant ou béton bitumeux, est un mélange de gravillons, de sable, de fillers et d'un dérivé du pétrole. En bref, c'est un mélange d'hydrocarbures.

Des telles routes nécessitent une préparation préalable à la conception d'une route présentant le degré approprié d'inclinaison ; la route doit s'élever au milieu pour favoriser le drainage, mais elle doit également être correctement inclinée dans les virages, car les conducteurs peuvent se déplacer à grande vitesse.

I.1.6.2. Le béton de ciment

Le béton de ciment, couramment appelé béton, est un mélange de ciment, de granulats, d'eau et d'adjuvants. Le béton de ciment contient davantage de sable que l'asphalte, de sorte

que la surface ait un aspect plus lisse. Le béton se caractérise par sa résistance, sa maniabilité (ouvrabilité), son imperméabilité et sa durabilité.

Autrefois, les routes en béton étaient construites à l'aide d'une succession de plaques et un joint de dilatation était réalisé entre chaque plaque pour absorber leurs dilatations thermiques. Pendant les périodes pluvieuses, il est difficile d'évacuer l'eau se trouvant entre le pneu et le revêtement mais aussi il y a une insécurité car la surface devient trop lisse. C'est le désavantage de ce type de revêtement.

I.1.6.3. Les pavés

Les pavés sont connus pour un grand classique du revêtement extérieur. Ils permettent de décorer l'espace extérieur. Il y a de nombreuses utilités que ce soit pour les allées ou pour les terrasses. Le choix des pavés se fait souvent par leurs aspects décoratifs et fonctionnels.

I.2. GENERALITES SUR LE PAVAGE

I.2.1. Les types des pavés

I.2.1.1. Les pavés mécaniques en béton.

Moules et de forme régulière, ils se posent généralement sur du sable, mais aussi sur de la criblure de pierre couramment appelée poussière de pierre. Le fait qu'ils s'encastrent parfaitement les uns dans les autres rendent inutile le jointoiement au mortier. Il est, en revanche nécessaire de préparer avec soin le terrain où l'on va les poser.

I.2.1.2. Les pavés en pierre.

Ces pavés de pierre sont posés depuis l'antiquité dans les villes. Ils sont de tailles diverses suivant les chaussées et les traditions locales et la nature des roches environnant les villes ou on les pose.

I.2.1.3. Les pavés autobloquants.

Souvent agglomérés de béton et teintés, ils remplissent le pavage avec l'avantage de non-glissement des éléments et qui permettent des pentes et des surfaces courbes (garnissage des remblais et contreforts des piles de pont d'autoroute).

I.2.1.4. Les pavés de bois

A Paris, en 1882, les Champs-Élysées furent pavés en bois et beaucoup de voies de la capitale suivirent. S'ils furent progressivement remplacés par des pavés en pierre moins glissant et moins couteux à partir de 1905, ils perdurèrent néanmoins car ils évitaient aussi les inconvénients de la pierre : les bruits de roulement et ceux de l'asphalte ; le ramollissement lors des saisons chaudes et les nids-de-poule après les gelées.

En résumé, dans le cadre de ce travail, la chaussée soumise à l'étude est de la catégorie Chaussée souple (pavée en pierre basaltique).

I.2.2. Types de pavage

Le pavage est une technique de revêtement des chaussées en pavés. Le lit de pose est la couche de fondation sur laquelle pavés et dalles vont être installés.

1. Le pavage sec

Un pavage sera dit sec lorsque sa réalisation est faite sans éléments de liaison. Il suffira juste de bien disposer les pavés les uns aux autres pour avoir de l'esthétique sans élément de liaison. Les éléments de liaison peuvent être le sable, un mortier, le ciment ou le bitume. On peut faire la liaison des pavés par ces éléments pour assurer une bonne rigidité et une grande résistance.

2. Le pavage par liant

Pour ce type de pavage, on utilise un élément de liaison qui assure le maintien et une grande rigidité de l'ensemble pavé et liant. Il est utilisé pour les milieux à fort trafic ; on peut utiliser un béton bitumineux, un béton du ciment ou une colle.

En général ces deux méthodes, il faut commencer par la préparation du terrain sur lequel on va réaliser le pavage en :

- Le stabilisant, s'il s'agit d'un sol non cohérent
- Le renforçant, si c'est une terre à faible portance
- Faisant des remblais et de déblais pour uniformiser la surface

Les pavés peuvent être en plusieurs matériaux :

- Les pierres naturelles ou manufacturées
- Les briques et briquettes

I.2.3. Les procédés du pavage [3]

Pour réussir son pavage, il faut tenir compte de plusieurs critères : la résistance aux charges et aux intempéries, l'entretien nécessaire... Une fois l'usage du pavage déterminé, il faut décider d'un mode de pose : Sur le lit de sable ou sur chape de mortier.

Le choix entre ces deux types de pavés se fait selon l'usage des pavés :

1. La pavage sur le lit de sable

Cette technique de pose des pavés est surtout utilisée pour les pavages de plus de 6cm d'épaisseur et les allées piétonnes.

- Délimiter le périmètre de pavage et placez des repères pour le dessin des motifs
- Décaissez la zone sur une profondeur de 15 à 20 cm
- Installez le lit de sable et damez-le pour le stabiliser. Ne pas oublier de prévoir une légère pente de 1cm/m pour faciliter l'écoulement des eaux de pluie.
- Posez les pavés suivant le plan de calepinage en laissant la place pour les joints : on utilise des cales de mêmes dimensions à intercaler entre les pavés pour avoir toujours le même écart.
- Damez le pavage : à l'aide de la dameuse, on tasse les pavés pour avoir une surface plane.
- Jointez le pavage avec du sable et arrosez le tout pour tasser les pavés. Si le sol est meuble, il faut le stabiliser du mieux possible avant de démarrer le pavage :
 - **Pavage pour piéton** : faites une couche de sable et de petits graviers et compactez-la avec une dameuse avant de démarrer le pavage. Ainsi vous obtenez une assiette stabilisée, idéale pour la suite des opérations. A noter : on pose un feutre géotextile entre le mélange des matériaux et la repousse des herbes.

- **Pavage pour voiture** : La charge sera plus importante, c'est pourquoi on emploie un mélange de pierres, de graviers ou de briques concassées sur une épaisseur de 20 à 40 cm.

2. Le pavage sur chape de mortier

Cette technique est souvent utilisée pour paver une dalle de béton pour une terrasse, une piscine... Ainsi que dans le cas où les pavés choisis sont irréguliers : le pavage sur chape de mortier permet d'ajuster la profondeur du pavage et de palier aux différences entre les pavés.

- Nettoyer la dalle de béton au nettoyeur haute-pression : il faut s'assurer que la dalle est bien propre pour que le mortier adhère au mieux.
- Préparez le mortier : le mortier est un mélange de ciment, de sable et d'eau. On le trouve aussi disponible prêt à l'emploi.
- Posez les pavés : on dépose les pavés sur un lit de mortier de 2cm d'épaisseur. Il faut bien les aligner et les tasser en vérifiant régulièrement le niveau à la surface.
- Jointez le pavage avec du sable ou avec des joints de mortier.

Quel que soit la technique de pavage utilisée, le plus important est d'avoir une zone à paver bien délimitée et stable pour recevoir le pavage. Il faut veiller tout au long de la pose à ce que les pavés soient alignés suivant le motif et que la surface soit plane.

I.2.4. Les joints [3]

Le rôle du joint est primordial. En comblant les espaces entre les pavés, il assure leur stabilité et permet la dilatation des matériaux.

Les types de joints sont :

- Le joint en sable classique
- Le joint en sable polymère
- Le joint au mortier
- Le joint en résine époxy

Chaque type de joint présente ses avantages et ses inconvénients. C'est donc en fonction de la technique de pose de vos pavés et de leur usage que vous pourrez choisir le meilleur joint.

- **Pour une pose sur le lit de sable** : Un joint en sable classique ou en sable polymère s'impose. Le joint en sable classique est plus facile à poser mais il se dégrade dans le temps surtout si vous nettoyez vos pavés avec un nettoyeur haute pression et les mauvaises herbes l'adorent.
- **Pour une pose sur une chape ou une dalle** : Le joint au mortier est le plus classique. S'il est peu onéreux et facile à poser, son manque de souplesse est un handicap selon la nature de votre terrain. Même sur un mortier vous pouvez poser un joint polymère.

I.3. GENERALITES SUR LA REHABILITATION ROUTIERE

I.3.1. Aperçu

Pour la réhabilitation de la route, le début de l'opération consiste à inspirer visuellement l'état et le type de soutien. Il est essentiel d'évaluer les travaux. L'information résultant de l'étude permet d'apprécier le degré de la détérioration afin de déterminer les sections à entreprendre.

La réhabilitation des routes peut apporter des bénéfices économiques et sociaux substantiels à la fois aux communautés rurales et aux économies nationales. Mais, elle peut aussi conduire à des dommages environnementaux significatifs et de longue durée. Un réseau de transport fiable dans un pays constitue un élément déterminant pour son développement social et économique, car il facilite la mobilité, les échanges commerciaux, le tourisme, l'accès à l'emploi et la valorisation des ressources.

I.3.2. Domaines d'activités

Réhabiliter une chaussée, c'est sa remise en état pour qu'elle soit apte à couler le niveau de service qui lui est destiné. C'est donc un rehaussement de l'aptitude au service d'une chaussée ancienne. Selon les désordres observés compte tenu de la durée de vie de la structure, une réhabilitation peut-être l'une des opérations suivantes :

- **Rechargement** : C'est une mise en place d'un tapis de revêtement sur l'ancienne chaussée revêtue, c'est-à-dire une mise en œuvre de nouvelle couche de roulement après répartition des dégradations.
- **Renforcement** : C'est une mise en état de la capacité structurelle d'une chaussée en ajoutant une nouvelle couche de base et une nouvelle couche de roulement après une réparation des petites dégradations ou scarification de la chaussée.

- **Reconstruction** : Dans le cas d'une dégradation très avancée ou une destruction généralisée de l'ancienne chaussée ancienne accompagnée d'une faible capacité structurelle, nous exigeons la reconstruction après un décaissement ; c'est-à-dire une remis en œuvre de la nouvelle couche de fondation, d'une nouvelle couche de base et d'une nouvelle couche de roulement.

I.3.3. Causes et solutions de la dégradation de la chaussée [4]

I.3.3.1. Causes

Les chaussées évoluent et se dégradent sous l'effet de divers facteurs. La rapidité de cette évolution et les désordres qui apparaissent sont notamment fonction du trafic poids lourds, du dimensionnement de la structure de chaussée, des conditions climatiques, de la nature des matériaux et des conditions de mise en œuvre. Ces différents facteurs peuvent être classés en trois catégories qui sont soit extérieurs à la chaussée, soit liés à la structure même, c'est-à-dire à ses défauts de conception et de réalisation ou encore liés aux matériaux constitutifs.

Le trafic est le premier des facteurs provoquant la ruine des chaussées. Il agit d'une part en sollicitant les couches traitées en traction par flexion et en poinçonnant les couches non liées (sol support et GNT), provoquant respectivement fissures et déformations permanentes.

L'autre paramètre préjudiciable à la tenue de la chaussée est la présence de l'eau dans la structure de chaussée. L'eau est le premier ennemi de la route. Elle pénètre dans le corps de chaussée par infiltration gravitaire ou par remontée capillaire.

En effet, la teneur en eau trop élevée d'un sol, provoque des désordres importants en modifiant la portance ou en favorisant l'attrition de certains granulats comme les latérites. La conséquence immédiate est l'affaissement du corps de chaussée (sous le passage des véhicules), qui se traduit en surface par des déformations, principalement des affaissements et des ornières.

Outre la teneur en eau, les différences ou variations importantes de température peuvent conditionner l'état des chaussées de façon directe ou indirecte.

I.3.3.1. Types de dégradations et solutions

Selon qu'elles prennent naissance dans la structure ou non, on classe les dégradations en deux types :

- Les dégradations structurelles, type A ;

➤ Les dégradations superficielles, type B.

A. Les dégradations structurelles, type A

Elles apparaissent au sein de la structure de chaussée ou de son support et mettent en cause le patrimoine. Ce sont des dégradations issues d'une insuffisance de capacité structurelle de la chaussée. On y trouve essentiellement :

- Les déformations ;
- Les fissurations de fatigue ;
- Le faïençage ;

B. Les dégradations superficielles, type B

Encore appelées dégradations non structurelles, elles prennent naissance dans la couche de surface de la chaussée et affectent d'abord ses qualités superficielles. Elles engendrent des réparations qui généralement ne sont pas liées à la capacité structurelle de la chaussée. Leur origine est soit un défaut de mise en œuvre, soit un défaut de qualité d'un produit, soit une condition locale particulière que le trafic peut accentuer bien évidemment.

- Les fissurations transversales ;
- Les nids-de-poule ;
- Les arrachements et remontées de matériaux ;
- Les dénivelés des accotements.

C. Solutions

Les solutions préconisées sont le drainage de la chaussée et la réfection localisée. Lorsque la profondeur d'argile n'est pas trop importante, il faut procéder à une purge. Dans le cas contraire, il faut recourir à des techniques plus appropriées comme l'interposition de membrane. Une autre solution consiste à identifier l'origine de l'eau et des fines et de procéder au nettoyage de la zone concernée et on appliquera par suite une couche d'accrochage. Enfin, on procédera à la mise en place de l'enrobé.

Dans le cas où le corps de chaussée n'est pas affecté, les solutions préconisées sont : la réfection localisée ou la réalisation d'un enduit superficiel qui permet de rétablir l'imperméabilité de la

couche de surface. On peut aussi procéder au décapage de la couche de roulement et à la mise en œuvre d'une couche d'enrobé à chaud (après couche d'accrochage).

I.4. MATERIELS DE CHANTIERS POUR LA CONSTRUCTION DES ROUTES [5]

L'utilisation d'engins de construction est essentiellement sur les chantiers du BTP, qu'il s'agisse d'aménagement, de rénovation ou même de démolition . En effet, ces machines permettent d'effectuer des tâches très complexes voire impossible à réaliser avec des seuls moyens humains.

Ce sont toutefois des équipements dangereux, qu'il convient de manipuler avec précaution au risque de se blesser gravement. Pour garantir la sécurité des travailleurs, il faut d'une part bien s'assurer que ces derniers soient formés à leur conduite, et d'autre part instaurer des mesures de sécurité strictes sur le chantier.

Les principaux engins de chantier dans le bâtiment sont :

1. La chargeuse

C'est l'un des véhicules de chantier les plus couramment utilisés. Elle peut être sur pneus ou sur chenilles et est pourvue d'un large godet sur l'avant pouvant pivoter et effectuer des mouvements verticaux.

2. La mini-chargeuse

Plus familièrement appelée bob cat, la mini-chargeuse n'est rien de moins qu'un chargeur plus compact que le modèle classique. Il est muni des mêmes fonctions, à savoir : ramasser et déplacer des matériaux et niveler des surfaces. Elle est toutefois plus adaptée à des chantiers de petite taille et exigus, par exemple en milieu urbain.

3. La pelleuse ou engin hydraulique

C'est un engin de chantier polyvalent par excellence. Elle peut tout faire ou presque : creuser et déblayer le sol, déplacer des matériaux, niveler un terrain, et extraire des matériaux. Cette machine est utile aussi bien pour les chantiers d'assainissement, de terrassement que de forage et de démolition.

4. La/ le tractopelle

A mi-chemin entre la chargeuse et la pelleteuse, le (ou la) tractopelle combine les fonctions de ces deux véhicules ; on l'appelle d'ailleurs parfois chargeuse-pelleteuse. Très versatile, cet engin de chantier possède ainsi une benne sur le devant et une pelle articulée à l'arrière. Il est plutôt adapté aux petits chantiers, bien que cela varie suivant ses dimensions et le volume de sa pelle. Son usage concerne ainsi les travaux d'excavation, de remblayage, de manutention et de creusement de tranchée.

5. La nacelle

Destinée principalement aux travaux en hauteur (peinture, toiture, élagage...) la nacelle élévatrice est un indispensable des chantiers du bâtiment. Cette machine de levage permet d'atteindre des endroits peu accessibles tout en assurant la sécurité du conducteur.

6. Le bulldozer

Très utile au nivellement des terrains, le bulldozer (ou boteur), est une sorte de puissant tracteur monté sur des roues ou des chenilles. Il est équipé d'une puissante lame frontale qui se manipule au moyen de deux bras articulés.

En position basse, elle s'abaisse afin de racler le sol et pousser des matériaux. En position haute, la lame se relève et sert dans ce cas au transport. Le bulldozer aide également au déboisement des surfaces végétales et permet de pousser un scraper afin de faciliter l'extraction des matériaux.

7. Le scraper (décapeuse)

La décapeuse ou scraper, joue un rôle majeur dans la réalisation des travaux de terrassement et d'arasement des sols, et plus particulièrement dans l'extraction de matériaux meubles. Cet engin de chantier est muni d'une grande benne (ou caisse), elle-même dotée d'un tiroir extracteur, qui s'abaisse et s'enfonce dans le sol. En général, le scraper s'utilise de pair avec le bulldozer qui le pousse afin de lui fournir davantage d'énergie.

8. Le rouleau compresseur

Avec son cylindre géant fixé à l'avant, le rouleau compresseur (ou compacteur) est immédiatement reconnaissable sur les chantiers du bâtiment. Très lourd, il permet de lisser un terrain en compressant des couches des matériaux entre elles grâce à l'émission de vibrations.

On le nomme un ‘‘tandem’’ lorsqu’il possède deux rouleaux, l’un à l’avant et l’autre à l’arrière de l’engin. Il en existe également de taille plus modeste pour les petites surfaces, que l’on appelle des compacteurs à plaque vibrante.

9. Le dumper

Le dumper, de l’anglais ‘‘déverser’’, permet donc de transporter des matériaux non conditionnés (gravats, terre, sable...) puis de les décharger à un autre endroit. Cet engin de chantier se présente sous la forme d’un véhicule motorisé monté sur 4 roues ou sur chenilles et équipé d’une benne à basculement rotatif sur l’avant. Il peut être rigide ou articulé.

10. La niveleuse

La vocation d’une niveleuse, comme son nom l’indique, est de niveler les couches de matériaux sur un sol ou cela d’une grande lame pivotante, dont on peut régler la hauteur suivant la nature de la surface. La niveleuse comporte 6 roues, quatre l’arrière et deux sur l’avant, t parfois des dents métalliques pour mieux labourer le terrain. Pour de meilleures performances, il est de temps en temps nécessaire de l’utiliser en association avec un compacteur.

1.5. CONCLUSION PARTIELLE

Dans cette partie, nous avons parlé des généralités sur les routes revêtues en pavés basaltiques, sur les routes en général et sur le pavage en particulier. Nous avons aussi traité les généralités sur la réhabilitation routière c.-à-d. les causes et les solutions des dégradations ; nous avons également parlé de l’historique des routes, de la géométrie, des matériaux utilisés pour l’aménagement d’une chaussée, des terminologies, ... Car ce sont ces éléments qui nous faciliteront la suite de notre étude.

CHAPITRE DEUXIEME : METHODOLOGIES DE TRAVAIL

Dans ce chapitre nous allons faire la présentation du site et celle des matériels et logiciels utilisés ; ensuite on traitera sur le dimensionnement des ouvrages d'assainissement, le dimensionnement horizontal de la route, le dimensionnement de la structure de la chaussée.

II.1. PRESENTATION DU SITE

GOMA est une ville de l'est de la République Démocratique du Congo située sur la rive nord du lac Kivu et à 1500 mètres d'altitude dans la vallée du Rift, elle est le chef-lieu de la province du Nord-Kivu. Elle s'étend sur une superficie de 66,45 km² couverte des roches volcaniques au relief onduleux au pied du Volcan Nyiragongo. Elle est limitée au Nord par le Territoire de Nyiragongo ; au Sud par le Lac Kivu ; à l'Est par la République Rwandaise ; à l'Ouest par le Territoire de Masisi [6].

Sur le plan administratif, elle est divisée en 2 communes : Commune de Goma et Commune de Karisimbi.

Le tronçon faisant l'objet de cette étude s'appelle MTAA WA SUPERMARKET (d'après Google Earth) et il se trouve dans la Commune de Karisimbi, Quartier Ndosho.



Figure II. 1 Image satellite google Earth Pro du Tronçon

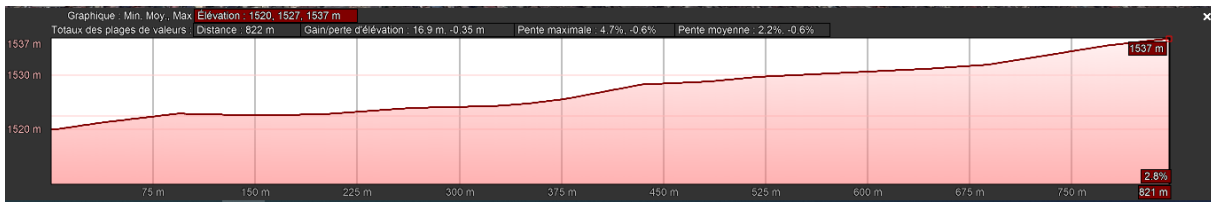


Figure II. 2 Allure du terrain naturel

En faisant un état de lieu, notre tronçon d'étude a une longueur de 820 mètres et présente ces caractéristiques :

- Le tronçon n'est pas bien revêtu
- Mauvaise pose des pierres constituant le revêtement de ce tronçon
- Le canal d'évacuation des eaux se trouve à l'une des extrémités de ce tronçon routier

II.1.1. ETUDES TOPOGRAPHIQUES

L'étude topographique du tronçon en étude a été primordiale pour déterminer la position et l'altitude des points situés dans la zone étudiée.

En effet, les procédés topographiques permettent de mesurer les détails de la terre et d'établir des cartes et des plans afin de les représenter. Il s'agit soit d'obtenir les plaines, collines, montagnes, cours d'eaux, formations rocheuses ou forêts créées par l'homme ; tels que chemins, routes, bâtiments, villages, etc.

La carte topographique fournit une représentation exacte des caractéristiques de la Terre, rendues à l'échelle sur une surface à deux dimensions. Elles sont un excellent outil de planification et d'orientation, et elles permettent également de profiter du plein air d'une façon agréable et sécuritaire. Certains matériels ou logiciels ont permis de faciliter la levée topographique dont :

II.1.1.1. Le logiciel AutoCAD Civil 3D

AutoCAD Civil 3D est un logiciel de modélisation et de conception de projets de Travaux Publics (routes, les chemins de fer, les tunnels), qui permet aux professionnels des infrastructures de mieux appréhender les performances d'un projet, d'assurer une plus grande cohérence dans les données et les processus, et de réagir plus vite aux changements.

II.1.1.2. Le logiciel Google Earth

C'est un logiciel permettant une visualisation de la Terre avec un assemblage de photographies aériennes ou satellitaires. Pour notre étude ; ce logiciel a permis d'avoir une vue aérienne du milieu d'étude qui est présentée à la figure II.1 et II.2.

II.1.1.3. Le logiciel Global Mapper

C'est une application qui donne accès à une variété inégalée de jeux de données spatiales. Il est utilisé comme outil autonome de gestion des données spatiales et comme élément intégral d'un système d'information géographique (SIG) à l'échelle de l'entreprise. Global Mapper est indispensable pour quiconque travaille avec des cartes ou des données spatiales [7]. Ce logiciel a permis d'avoir les courbes de niveau de l'ensemble du milieu d'étude.

II.1.1.4. Le GPS

Le Global Positioning System (Système mondial de positionnement) permet de déterminer les coordonnées géographiques de n'importe quel point situé à la surface du globe [8].

Cette technologie a permis de récolter sur terrain les coordonnées de l'axe principale du tronçon en étude qui sont présentés dans le tableau II.1.

Tableau II. 1 Coordonnées métriques de l'axe principale de la chaussée aménagée

PK	X	Y
0000.00	744471.1008m	9816802.4964m
0025.00	744484.5183m	9816823.5901m
0050.00	744496.6392m	9816845.4529m
0075.00	744508.5970m	9816867.4077m
0100.00	744520.5400m	9816889.3704m
0125.00	744532.3522m	9816911.4038m
0150.00	744544.1703m	9816933.4340m
0175.00	744555.4826m	9816955.7030m
0200.00	744566.6390m	9816978.0613m
0225.00	744578.6301m	9816999.9979m
0250.00	744590.3782m	9817022.0654m
0275.00	744602.0954m	9817044.1495m
0300.00	744614.1946m	9817066.0253m
0325.00	744624.3213m	9817088.7982m
0350.00	744633.3186m	9817112.1105m
0375.00	744643.5827m	9817134.9063m

0400.00	744653.8468m	9817157.7021m
0425.00	744664.1109m	9817180.4979m
0450.00	744674.3750m	9817203.2937m
0475.00	744685.4944m	9817225.6832m
0500.00	744696.6793m	9817248.0416m
0525.00	744707.8642m	9817270.4000m
0550.00	744719.5633m	9817292.4911m
0575.00	744730.2229m	9817315.0876m
0600.00	744740.7003m	9817337.7829m
0625.00	744751.5511m	9817360.3054m
0650.00	744762.4018m	9817382.8278m
0675.00	744773.2526m	9817405.3503m
0700.00	744785.2921m	9817427.2522m
0725.00	744797.5651m	9817449.0324m
0750.00	744809.8381m	9817470.8125m
0775.00	744822.2403m	9817492.5191m
0800.00	744834.7007m	9817514.1925m
0820.17	744842.9627m	9817532.5150m

II.2. DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE DE LA CHAUSSEE [9]

En parlant du dimensionnement d'une route, on fait allusion au calcul des épaisseurs des couches et le choix des matériaux destinés à être utilisés pour un meilleur service aux usagers. Il existe plusieurs méthodes de dimensionnement qui sont appliqués selon le type de chaussée et les pays. Etant donné que la structure d'une chaussée doit résister à des diverses sollicitations, celle-ci doit assurer la diffusion des efforts induits par spécifiquement le trafic dans le sol de fondation. L'application d'une charge roulante induits par spécifiquement le trafic dans le sol de fondation. L'application d'une charge roulante induit ainsi une déformation en flexion des couches de la structure. Cette flexion entraîne des sollicitations en compression au droit de la charge et des sollicitations en traction à la base des couches.

La Figure II.3. Fait une illustration de la constitution d'une chaussée en pavés.

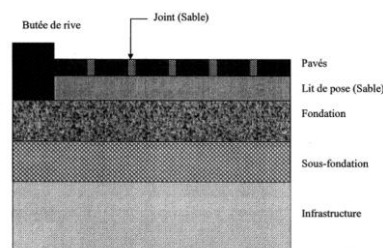


Figure II. 3 Coupe schématique d'une chaussée revêtue des pavés [10]

II.2.1. Le lit de pose

Le lit de pose est la couche de fondation sur laquelle pavés et dalles vont être installés. Il est dressé sur une couche de base compactée d'environ 20cm d'épaisseur, et de 30 à 40cm d'épaisseur dans les zones soumises à la circulation de véhicules. [11]

Une hauteur de lit de pose adéquate est un facteur important. Si l'épaisseur du lit de pose est trop faible, les pavés risquent de subir du poinçonnement sous l'effet de la charge alors qu'une épaisseur trop élevée risque d'engendrer un tassement différentiel. La figure montre l'effet de la hauteur du lit de pose sur la déformation du revêtement sous l'effet d'une charge de roue.

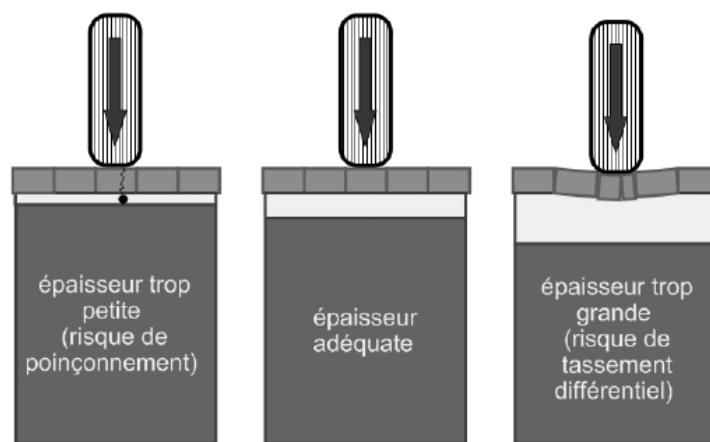


Figure II. 4 Effet de la charge sur la hauteur de lit de pose [12]

II.2.2. La fondation

La couche de fondation apporte à la chaussée la résistance mécanique nécessaire pour supporter les charges induites par le trafic. Elle répartit ainsi ces dernières sur le sol support. Ainsi, avant la mise en place du sol de fondation, il est recommandé de compacter directement le fond excavé à l'aide d'un compacteur : vibrant de préférence. Lorsque le sol en place est de type pulvérulent comme l'argile, le sol ne doit pas être compacté et pour prévenir la contamination des matériaux apportés (le sol de fondation) et assurer une plus grande stabilité on doit utiliser une membrane géotextile pour isoler le sol de fondation. Le sol de fondation doit être fait à l'aide d'un matériau grenu souvent le sable ou à l'aide de la pierre concassée. Le sol de fondation est étendu et compacté par couches successives de 100mm à l'aide d'un compacteur (d'une pilonneuse ~ jumping jack) jusqu'à l'obtention de la hauteur voulue. Pour les zones piétonnes, la couche de fondation est d'une épaisseur d'environ 20 cm, dans les zones soumises à la circulation de véhicules, elle doit être d'une épaisseur d'environ 30–40 cm.

II.2.3 La couche de roulement

Elle est faite par les pavés en pierre volcanique qui doivent offrir une surface de roulement sécuritaire par leur surface rugueuse non glissante. En effet, la rugosité de la surface des pierres limite le glissement des véhicules lors des freinages brusques. Les pavés de pierres doivent offrir à l'utilisateur et aux riverains un bon confort.

II.2.4. METHODE DE DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE [13]

Le dimensionnement d'une structure de la chaussée est une démarche technique et analytique pour déterminer les épaisseurs de différentes couches d'une structure routière. Les données de base pour le dimensionnement des structures de chaussées sont :

- La durée de vie ;
- Le risque de calcul considéré ;
- Les données climatiques ;
- Le trafic ;
- Le sol support de chaussée ;
- Les caractéristiques des matériaux à utiliser.

D'une manière générale, nous avons deux méthodes pour dimensionner une structure ; Ainsi, nous avons la méthode empirique et la méthode théorique ;

II.2.4.1. La méthode théorique

Elle est fondée sur les études qui est engendrées ^{^qr} le trafic aux différents niveaux possible le comportement mécanique du corps de chaussée basée sur la rhéologie du matériau. On distingue dans cette approche : Le modèle de Boussinesq, le modèle Bicouche, le modèle Hogg, le modèle de Wastergard et le modèle multicouche de Burmister.

Parmi les empiriques, on peut citer les méthodes suivantes :

- Méthode STEEL
- Méthode CBR (californiabearing ration)
- Méthode de Rood , Research laboratory (laboratoire de recherche routière)

- Méthode de CEBT (centre d'étude de bâtiment et travaux publics)
- Méthode dérivée de AASHO
- Méthode de sonnes en Angleterre
- Méthode Seuffroy et Bachelew en France
- Méthode d'avanor en Russie

II.2.4.2. La méthode empirique

Elle est fondée sur l'observation expérimentale des chaussées ainsi que leurs comportements face aux trafics sur la route en étude. Cette méthode établit aussi des relations entre la durée de vie et les propriétés mécaniques des matériaux.

L'une des méthodes utilisées au Congo est celle mise au point par le CEBTP (Centre Expérimental d'Etude du Bâtiment et des Travaux Publics). A côté de cette méthode, on a aussi la méthode des indices de groupe, la méthode du CBR la méthode préconisée par le CRR (Centre des Recherches Routières du Royaume de Belgique) celle du Transport and Road Research Laboratory (TRRL) ;

A. Méthode CEBTP

Elle tient compte de deux critères :

- L'intensité du trafic et la portance de la plate-forme, paramètres à partir desquels on a les épaisseurs des couches de fondation, de base et de roulement d'une chaussée souple.
- L'intensité du trafic et la nature de différents matériaux afin de vérifier les spécifications pour leurs possibilités d'utilisation.

Pour l'utiliser on doit disposer du CBR du sol de plate-forme qui reçoit la route selon la classification du CEBTP et de la classe de trafic sur le tronçon recevant la route. On pourra ainsi partir du guide et des matériaux disponibles, choisir des épaisseurs des couches de chaussée de la structure qui conviendrait.

1. Le trafic [14]

Le trafic exprime pour une voie de circulation le nombre de passages de véhicules dans une période déterminée et pour une voie de circulation.

L'étude de trafic est une partie essentielle de toute étude routière. Du volume de trafic dépendent, en effet, les caractéristiques essentielles des liaisons, telles que la géométrie, la largeur, le gabarit, les charges de ponts et structures de chaussées.

Mais l'étude de trafic est surtout importante pour le calcul du cout global (combinaison entre les couts dû à l'Etat et à l'utilisateur) de fonctionnement des véhicules, qui détermine de manière essentielle la rentabilité d'un projet. Globalement parlant, l'investigation peut être lourde, si son bénéfice est partagé par un grand nombre d'utilisateurs. Parfois, le trafic intervient aussi dans le calcul du cout individuel de fonctionnement d'un véhicule (en particulier en cas de saturation de trafic).

De plus, l'entretien des routes, et plus particulièrement l'entretien des structures de chaussées est largement dépendant du trafic, non seulement pour la fréquence et les méthodes d'entretien mais aussi pour adapter l'organisation des services techniques aux différentes demandes d'entretien possibles. L'étude de trafic peut être plus ou moins détaillée, en fonction du besoin, des moyens, et du but recherché. Elle peut aller du comptage manuel aux pesées d'essieux dynamiques et d'une projection simple de trafic aux modèles informatisés de prédiction les plus compliqués.

Les différents types de trafics sont :

- **Trafic normal** : C'est le trafic actuel sur une liaison existante en tenant compte de la croissance annuelle, en « situation stable ». Cette situation fait abstraction de tout aménagement, de toute construction nouvelle ou concurrente mais prend en compte l'évolution du trafic due aux mutations socio-économiques.
- **Trafic dérivé** : C'est le trafic supplémentaire sur une liaison qui est dévié d'autres itinéraires suite à des aménagements et investissements sur une autre liaison.
- **Trafic induit** : C'est le trafic créé nouvellement suite à un aménagement, et qui n'existait pas avant. Souvent, le terme trafic induit regroupe le trafic dérivé et le trafic induit.
- **Trafic saisonnier** : Il existe deux types de trafic saisonnier qui sont le trafic variant librement en fonction de la période de l'année (récoltes) et le trafic interdit ou limité par périodes (barrières de pluies...)

L'étude du trafic en vue du dimensionnement des chaussées comporte trois phases [9] :

1. La détermination de l'intensité des charges de la circulation
2. La détermination de la composition du trafic et du nombre d'application des charges
3. La prévision de l'accroissement du trafic initial

Pour déterminer la composition du trafic en charges diverses et en nombres de répétitions présents et futurs, il est nécessaire d'effectuer des enquêtes de la circulation telles que les comptages automatiques ou périodiques, des études origine-destination et des enquêtes sur la composition et le poids des véhicules. Plusieurs modèles permettent d'évaluer le trafic cumulé. Les deux modèles les plus connus sont [1] :

- Le modèle linéaire
- Le modèle exponentiel

Ainsi, le modèle qui approche le plus l'évolution du volume de la circulation reste le modèle exponentiel qui est donné par la formule :

$$N=365 \times n \times TMJA \times CAM \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \quad (II.1) [9]$$

Avec N : Le trafic cumulé en nombre d'essieux standard après n années

n : La durée de service en nombre d'années

TMJA : Le trafic moyen journalier annuel en nombre de poids lourds

i : Le taux de croissance annuelle du trafic exprimé en %

CAM : Le coefficient d'agressivité moyen (Il est donné par le tableau II.2)

Tableau II. 2 Valeurs du CAM [15]

Giratoire	Chaussée souple ou bitumineuses			Chaussées Hydrauliques, béton ou mixtes		
	Min	Par défaut	Max	Min	Par défaut	Max
Distribution	2	0,5	1	2	0,5	1
Principale	0,5	1	1,5	0,5	1	1,5

Le trafic est classifié dans le tableau II.3 :

Tableau II. 3 Classification du Trafic [14]

CLASSE DU TRAFIC	NOMBRE CUMULE
T1	$\leq 5.10^3$
T2	$5.10^3 < N \leq 4.10^6$
T3	$1,5.10^6 < N \leq 1,5.10^6$
T4	$4.10^6 < N \leq 4.10^7$
T5	$10^7 < N \leq 2.10^7$

Pour le cas de cette étude, il a été question de faire une descente au terrain d'étude pour observer le trafic. Les résultats sont représentés dans le tableau II.4.

Tableau II. 4 Trafic observé sur le tronçon d'étude

Catégories des véhicules	Nombre véhicules				Total
	Jour 1	Jour 2	Jour 3	Jour 4	
PL	4	2	4	3	13
4X4	15	11	7	6	39
MINI BUS	10	8	8	21	47
C 2 ^E	2	2	2	3	9
C>2 ^E	1	0	0	0	2
EA	0	0	2	0	2
TOTAL					112
TMJA					1629

Avec :

- PL : poids lourds
- 4×4 : véhicule à 2 essieux
- C2E : châssis à 2 essieux
- C>2 E : châssis à plus de 2 essieux
- EA : ensemble articulé

Le tronçon en étude se situe sur l'avenue Garamba 1 en utilisant le modèle exponentiel, il sera question de déterminer le trafic cumulé dans la suite du travail

2. Les caractéristiques du sol support

La plate-forme, couche du mètre supérieur des terrassements doit pouvoir supporter les charges transmises par les autres couches de la chaussée sans subir une dégradation. Les caractéristiques du sol support permettent de faire la classification des sols à l'aide de plusieurs méthodes (Exemple : Méthode CBR).

La portance est définie comme la capacité d'un sol à supporter la pression que veut exercer le poids d'un ouvrage à construire. Afin de connaître la capacité portante, des essais en laboratoire doivent être réalisés. Ces essais permettent de déterminer les caractéristiques d'un sol, tel que sa nature et sa résistance avant que les fondations soient installées.

- **L'essai CBR :** L'essai CBR, de California Bearing Ratio, permet de réaliser la caractérisation mécanique des sols naturels et des sols compactés dans des remblais et des couches de forme, de fondations et de sous-fondations de routes et aéroports. Il mesure la résistance à l'effort tranchant d'un sol et gonflement du sol lorsqu'il est immergé dans l'eau pendant 4 jours. Il nous permet de calculer la portance du sol, en estimant sa résistance au poinçonnement [16].
- **But de l'essai :** L'essai consiste au compactage d'un échantillon d'un sol d'infrastructure dans un cylindre de 15cm à 18cm de hauteur. Tremper ainsi l'échantillon dans l'eau pendant quatre jours. On le retire ensuite on le laisse s'égoutter pendant 15min. Puis, aussitôt l'échantillon est soumis, avec sa surcharge à la pénétration d'un piston de 5cm de diamètre se déplaçant à la vitesse de 1mm/min sous une charge variant de façon à garder constante la vitesse de pénétration. On note des charges correspondantes à des pénétrations de 2,5mm, 5mm, 10mm et 12,5 mm ; On trace une courbe des pénétrations en fonction des charges ; Si c'est nécessaire, on la corrige, puis on l'utilise pour la valeur d'unité de charge correspondante à 2,5 mm de pénétration. On compare cette vitesse à celle requise pour effectuer la pénétration dans le roc concassé ; c'est-à-dire 70kg/cm². [17]

Les résultats obtenus permettent de classer le sol et de définir les matériaux. [18]

Pour le cas de cette étude, nous avons fait recours aux essais CBR effectués à l'Office des Routes (OR/ GOMA) et qui révèlent que le CBR en ville de GOMA est compris entre **15**

et **30 (16%)** après quatre jours d'imbibition [19]. Ainsi le CBR obtenu a permis de situer la plate-forme à la classe **S4** sur le guide CEBTP.

Tableau II. 5 Classification du sol en fonction du CBR

CBR	CLASSE DU SOL
$CBR \leq 5$	S1
$5 < CBR \leq 10$	S2
$10 < CBR \leq 15$	S3
$15 < CBR \leq 30$	S4
$CBR > 30$	S5

II.3. CHOIX DE MATERIAUX

Le choix des pavés se justifie par sa flexibilité dans un projet d'aménagement, ils sont prêts à être installés dès la livraison au chantier (la mise en œuvre ou la pose est facile) et peuvent l'être dans presque toutes les conditions atmosphériques. Ils ne requièrent aucun mortier de béton et de plus, aucun temps de murissement n'est requis, permettant ainsi une réduction du temps de construction.

IL sied de signaler que pour la couche de base et celle de roulement les matériaux sont respectivement les scories volcaniques et les pavés en basaltes. Le Tableau II.6

Tableau II. 6 Constitution en couche de la chaussée en étude

Revêtement	En pavés basaltiques
Couche de base	En scories volcaniques
Couche de fondation	Sol en place (GNT concassée)

II.3.1. Matériaux de la couche de base

Il y a plusieurs sites de ravitaillement des matériaux de construction des routes à Goma, mais nous sommes intéressés par la carrière de MUNIGI situé en RN2 et allant vers Rutshuru.

Cette dernière devant respectivement intervenir pour la fourniture des matériaux pour la couche de base.

Les caractéristiques de ces matériaux ont été analysées au laboratoire de l'Office des Routes par les essais suivants ont été réalisés :

- Analyse granulométrique
- Proctor modifié
- Limite d'Atterberg
- Poids spécifique des grains solides
- CBR

Les résultats de ces essais seront présentés en annexe 1.

II.3.2. Matériaux de la couche du revêtement (couche de roulement)

La couche de roulement sera en pavés basaltiques ; Nous avons choisi ces derniers parce qu'ils sont disponibles et leur pose est facile. Il sera question d'utiliser les pavés de 15cm de longueur, 8cm d'épaisseur et 10cm de largeur provenant de l'entreprise SOCCOC à Goma pour l'aménagement de notre tronçon en étude.

II.4. DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT

[20]

II.4.1. Les fossés

Une route qu'elle soit en remblais ou en déblais, subit des risques graves d'érosions dus aux eaux de ruissellement.

Les protections contre ces dégradations peuvent être :

- Directes par augmentation de la résistance et rectification régulière des surfaces érodées (entretien)
- Indirectes, par localisation du ruissellement dans des ouvrages étudiés spécialement pour écouler les eaux sans dégâts : C'est le système d'assainissement, constitué par le réseau de fossés et leurs ouvrages de décharge.

Les fossés concentrent toutes les eaux de ruissellement ayant une action directe sur la route, qu'elles proviennent des impluviums extérieurs ou bien de la plate-forme routière proprement dite et des talus attenants.

On distingue en général deux types de fossés :

- **Les fossés extérieurs** destinés à collecter principalement les eaux provenant des impluviums extérieurs.
- **Les fossés latéraux** situés des deux côtés ou d'un seul côté de la route destinés à collecter principalement les eaux de la plate-forme routière et des zones attenantes (talus, bande d'arrêt, etc.)

Les dispositions sont très spécifiques suivant la topographie, dans le cadre de ce travail : les fossés extérieurs ne seront pas mis en œuvre.

Les fossés peuvent être :

- **Triangulaires** (qui fait l'objet de ce travail), est confectionnés au grader. C'est le plus communément rencontré. Les pentes des talus sont en général $\frac{1}{2}$ et $\frac{2}{1}$ ou bien $\frac{2}{3}$ et $\frac{3}{2}$.
- **Rectangulaires**, confectionnés par exemple à la niveleuse, à la pelle mécanique ou au ripper en terrain très cohésif ou rocheux.
- **Trapézoïdaux**, confectionnés par exemple à la niveleuse ou à la pelle mécanique en terrain très cohésif ou rocheux. Les pentes de talus peuvent être $\frac{1}{2}$ ou $\frac{1}{1}$ ou $\frac{3}{2}$ suivant la stabilité des talus voire plus raides en terrain rocheux.

Les dimensions peuvent être très variables, notamment pour les fossés extérieurs qui peuvent être amenés à véhiculer des débits importants. Pour les fossés latéraux, on ne dépasse pas en général une profondeur de 0,60m pour des problèmes de sécurité à moins que des dispositions spéciaux (glissières) ne soient mis en place. La figure II.5 illustre respectivement le fossé triangulaire à $\frac{1}{2}$ et le fossé triangulaire à $\frac{2}{3}$.

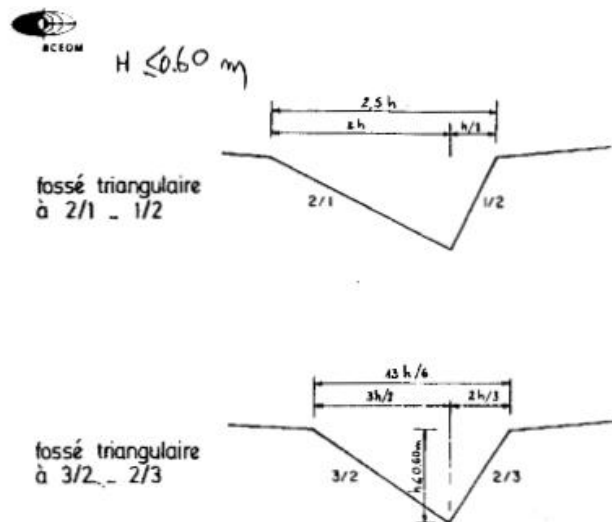


Figure II. 5: Schéma d'un fossé triangulaire [20]

Pour éviter les débordements de l'eau quand les débits dépassent la capacité des fossés intéressés ou bien pour que les vitesses d'écoulement dans les fossés n'atteignent pas les limites d'affouillement, les fossés latéraux doivent comporter des ouvrages de décharges en nombre suffisant.

II.4.1.1. Calculs des fossés latéraux

1. Capacité des fossés latéraux

Les débits des fossés sont donnés par la formule de MANNING STRICKER :

$$V = KR^{2/3}i^{1/2} \quad (\text{II.2})$$

Avec :

Q = Débit en m³/s

V = Vitesse en m/s

K = Coefficient de rugosité de MANNING

R = Rayon hydraulique en m

i = Pente longitudinale

$$Q = VS = KSR^{2/3}i^{1/2} \quad (\text{II.3})$$

On prendra pour le coefficient de rugosité K les valeurs suivantes :

- Fossés en terre $K= 33$
- Fossés en rocheux $K= 25$
- Fossés en béton $K= 67$

Etant donné que le fossé auquel ce travail s'intéresse est en béton, la valeur retenue pour le coefficient K est de 67.

Pour une pente donnée, la vitesse d'écoulement croit avec la hauteur d'eau dans le fossé. Pour un type de terrain meuble donné et une pente longitudinale donnée, il y a donc une capacité limite qu'il ne faut pas dépasser : il y a lieu alors, soit de changer de type de fossé, soit de l'interrompre et envoyer l'eau vers un émissaire naturel au moyen d'un ouvrage de décharge (ouvrage divergent ou ouvrage sous-chaussée par exemple) si le tronçon n'est pas trop en déblais.

Pour les zones rocheuses et dans le cas des fossés bétonnés, les affouillaiement ne sont pas à craindre. Néanmoins, les vitesses supérieures à 3.5 m/s sont à déconseiller à cause des débordements dès qu'il y a un obstacle éventuel dans le fossé (rochers, branchages, etc.). Ces vitesses fixent par conséquent une capacité maximale pour les fossés revêtus ou non revêtus, débit à ne pas dépasser pour une pente longitudinale donnée.

La surface mouillée S et le rayon hydraulique R étant fonction de la hauteur d'eau h , on peut les éliminer de la formule de MANNING, ce qui permet de calculer la capacité limite des fossés triangulaires en fonction des paramètres V et i qui sont fixés.

Pour les fossés de talus 2/1, $\frac{1}{2}$ on a :

$$R = \frac{h\sqrt{5}}{6} = \left(\frac{V}{K\sqrt{i}} \right)^{3/2} \quad (\text{II.4})$$

$$S = \frac{5h^2}{4}$$

D'ou :

$$Q = SV = \frac{9V^2}{K^3 \cdot i^{3/2}} \quad (\text{II.5})$$

Pour les fossés de talus 3/2, 2/3 on a :

$$R = \frac{h\sqrt{13}}{10} = \left(\frac{V}{K\sqrt{i}} \right)^{3/2} \quad (\text{II.6})$$

$$S = \frac{13h^2}{12}$$

D'où :

$$Q = SV = \frac{50}{6} \frac{9V^2}{k^3 \cdot i^{\frac{3}{2}}} \quad (\text{II.7})$$

Nous avons vu que dans le cas des fossés revêtus, la vitesse ne doit pas dépasser $V_{\max} = 3.5\text{m/s}$. Cette condition entraîne donc que les fossés triangulaires revêtus ont les capacités maximales présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau II. 7 Capacité max en (l/s) des fossés triangulaires revêtues pour ($h=0,60\text{ m}$) [20]

Pente % Talus	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0
2/1, 1/2	<u>785</u>	<u>1 110</u>	<u>1 571</u>	864	561	402	306	198	142
3/2, 2/3	<u>666</u>	<u>942</u>	<u>1 332</u>	800	520	372	283	184	131

Les chiffres soulignés correspondent aux fossés entièrement remplis.

II.5. DIMENSIONNEMENT HORIZONTAL DE LA ROUTE

Le tracé routier se définit par la connaissance du tracé de son axe en plan (Tracé en plan), de la position en altitude (Profil en long) et de son gabarit (Profil en travers). Ce tracé doit satisfaire certaines conditions de la nature et de l'importance du trafic. Le tracé en plan et le profil en long doivent résoudre les problèmes suivants [13] :

- Un véhicule rapide doit pouvoir circuler à grande vitesse ;
- Un véhicule lourd doit pouvoir gravir les déclivités ;
- Un véhicule long doit pouvoir s'inscrire dans les courbes.

Le profil en travers courant doit pouvoir résoudre quant à lui les problèmes suivants [14] :

- La largeur de la chaussée doit pouvoir évacuer un débit assez important de trafic dans les conditions de sécurité et de confort ;
- Les différents dévers doivent permettre aux véhicules dans une courbe de passer sans dérapage ;
- L'eau doit s'écouler et l'assainissement doit se faire aussi facilement que possible.

II.5.1 Distance d'arrêt [14]

En tout point du tracé, la visibilité doit être suffisante pour que le véhicule puisse voir à temps un obstacle placé sur la chaussée et qu'il puisse réaliser, dans des conditions acceptables, une manœuvre de dépassement. Pour ce qui concerne l'arrêt avant un obstacle, on doit distinguer les obstacles permanents (par exemple musoir d'îlot directionnel) dont la hauteur est connue, et les obstacles imprévus, dont la hauteur conventionnelle est supposée être 0,15 m.

La distance d'arrêt en ligne droite est, donnée par la formule :

$$d_1 = 0,55V + \frac{4V^2}{1000f} \quad (I.1)$$

Avec

V : la vitesse du véhicule en (km/h), d_1 la distance d'arrêt en alignement en (m) et f étant le coefficient de frottement.

En courbe, on estime que le freinage ne peut pas être aussi énergique, et la distance d_2 prise en compte est obtenue en majorant de 25 % le terme $\frac{4}{1000}$ dès lors que le rayon en plan R (m) est inférieur à $5V$ (km/h). Les coefficients de frottement pris en compte par les règlements français diminuent lorsque la vitesse augmente comme le montre le Tableau II.8 qui donne également les distances d'arrêt d_1 en ligne droite et d_2 en courbe.

Tableau II. 8 Distances d'arrêt en ligne droite d_1 et en courbe d_2 à différentes vitesses [14]

V(km/h)	40	60	80	100	120	130	140
F	0,46	0,46	0,42	0,38	0,34	0,32	0,3
d_1 (m)	40	70	105	160	230	275	330
d_2 (m)	45	80	120	180	280	330	390

Il faut insister sur le caractère conventionnel de ces chiffres. Sur un mauvais revêtement, en cas de pluie, et s'il y a blocage des roues, l'adhérence effective peut être très inférieure à ces valeurs.

II.5.2 Choix du rayon des virages

Le rayon des arcs de cercle et leurs dévers doivent permettre au minimum à un véhicule roulant à la vitesse de référence V_r de ne pas déraper. Le rayon minimal dépend donc des dévers

et du frottement mobilisable. Le dévers ne doit pas être trop grand pour éviter le risque de glissement à faible vitesse par temps de verglas. Il est recommandé de le limiter à 7 % [14].

Le rayon au dévers minimal (RH) est le rayon qui permet de déverser la chaussée à une valeur minimale de 2% (chaussée rigide) ou de 2.5% (chaussée souple). Ce rayon correspond au dévers minimal que doit présenter toute chaussée.

Il faut donc éviter de très longs alignements droits favorables à l'éblouissement par les phares et créent chez les conducteurs une certaine torpeur. Il est recommandé d'alterner les alignements droits et les courbes de grands rayons.

La combinaison des alignements droits et courbes doit respecter dans la mesure du possible les contraintes topographiques, politiques, économiques, sécuritaires et de confort. En fonction de la vitesse de référence adoptée, des valeurs minimales des rayons permettant d'atteindre principalement les objectifs de confort et de sécurité.

II.5.3 La largeur de chaussée

Il n'y a pas de largeur minimale réglementaire pour une chaussée. Cette valeur doit être retenue en fonction du type de véhicules circulant ou attendus sur l'itinéraire et des vitesses prévues. Le choix du nombre de voies de circulation, celui de leur largeur et celui de la structure générale du profil en travers est à la fois dicté par les débits que l'on souhaite écouler et par la fonction que l'on souhaite faire jouer à la route [14]. La figure II.6 illustre la constitution du profil en travers.

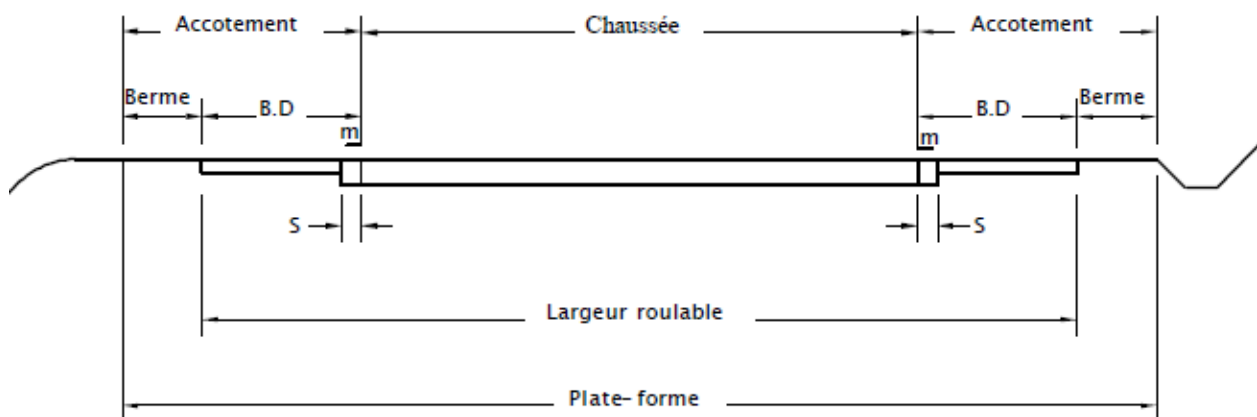


Figure II. 6 Eléments constitutifs du profil en travers [13]

Les marges de sécurité latérales doivent tenir compte des vitesses pratiquées sur l'itinéraire et de ce fait, des valeurs de 3,00 à 3,50 m sont usuellement retenues pour les routes principales.

Le standard international se situe à 3,50m. En fonction des contraintes de topographie et de l'importance du trafic poids lourd, des largeurs inférieures peuvent être adoptées. Toutefois Pour les voiries existantes de largeur de chaussée comprise entre 4 et 6 m, il est important de noter que les niveaux de vitesse pratiquée sont très sensibles aux largeurs de route et en conséquence, toute intervention en matière d'élargissement de chaussée devra tenir compte de l'impact en matière d'augmentation des vitesses [13].

II.5.4 Les dévers

Le dévers ou pente transversale permet de favoriser l'évacuation des eaux de surface. Dans les rayons de courbure faible, il contribue à l'équilibre dynamique des véhicules. Toutefois, cette contribution reste limitée et sa valeur est donc plafonnée (généralement à 7%). Au-delà de cette valeur plafond, d'autres problèmes surviennent et notamment des difficultés constructives [13].

En section courante, le profil de la chaussée est en toit, la pente de chaque versant résulte d'un compromis entre la recherche d'un écoulement rapide des eaux de pluie et la limitation de l'instabilité des véhicules lorsqu'ils passent d'un versant à l'autre. Pour la chaussée on adopte les pentes transversales suivantes [14] :

- ✓ Chaussée en béton de ciment : 2,0 % ;
- ✓ Enduit superficiel ou enrobé : 2,5 % ;
- ✓ Chaussée non revêtue : 4,0 %.

En courbe, le profil ne comporte plus qu'un seul versant, dont la pente est le dévers évoqué précédemment, le passage d'une situation à l'autre nécessitant une zone de transition. Cette zone doit être très soigneusement étudiée, particulièrement pour les chaussées de grande largeur, pour éviter les accumulations d'eau génératrices d'aquaplanage [14].

II.7. CONCLUSION PARTIELLE

Dans cette partie, nous avons détaillé les éléments nécessaires pour le dimensionnement de notre tronçon en étude. Ces éléments sont les suivants : les caractéristiques du sol support avec la méthode CEBTP, le trafic, les données topographiques et les logiciels Civil 3D, google Earth et Global Mapper. Nous avons aussi traité sur le dimensionnement des ouvrages d'assainissement routier se basant sur les fossés triangulaires et la structure de la chaussée.

CHAPITRE TROISIEME : RESULTATS OBTENUS

III.1. Dimensionnement horizontal de la route

Un tracé routier défini par un plan, un profil en élévation ou longitudinal, et un axe de gabarit de trajectoire ou profil transversal est proposé dans le présent ouvrage de réhabilitation de chaussée en pierre volcanique dont les caractéristiques géométriques sont présentées comme suit :

III.1.1. Le Profil en long [14]

Un profil est une section verticale le long de l'axe d'un projet de route rectiligne. Il se compose de segments de droite reliés par des arcs indiqués par des rayons. Une section droite s'appelle une pente ou une rampe, selon que la route monte ou descend dans le sens de la marche. Les rampes ont des limites pour les véhicules lourds à consommation accrue. Plus ils sont longs, plus le véhicule perd son avantage dynamique initial. Le ralentissement de ces véhicules perturbe également la circulation générale.

En plus de respecter les rampes maximales, des efforts devraient être faits pour réduire les différences d'élévation cumulatives dans la conception générale des itinéraires. Cela affecte directement le coût de la congestion du trafic. Cependant, cela peut augmenter le coût de votre projet. Seule la recherche économique permet de définir un développement optimal. Le choix du rayon de l'angle de sondage RV dépend des conditions de visibilité. Il existe deux types de profils longs :

- Le profil en long du terrain naturel : C'est la représentation sur un plan vertical des différents points (en X et Z) du terrain naturel suivant l'axe du tracé en plan choisi.
- Le profil en long du projet : C'est la représentation des éléments définissant en altitude de la route suivant le cheminement du tracé en plan. Cette représentation est appelée ligne rouge.

Tenant compte des aspects ci-haut, le profil en long de l'axe obtenu se présente comme suit :

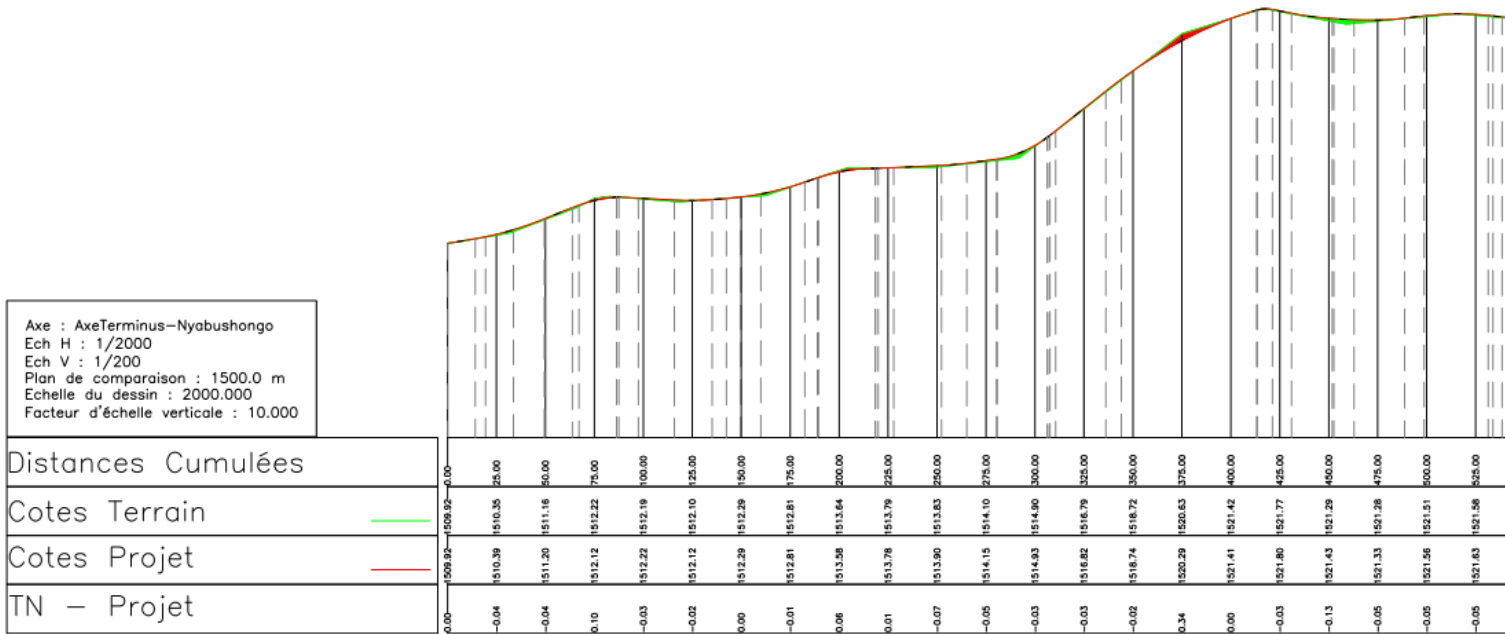


Figure III. 1 Coordonnées métriques de l'axe principale de la chaussée aménagée

III.1.2. Le profil en travers

C'est la coupe transversale de la chaussée et de ses dépendances. Il permet de connaître la position des points théoriques d'entrée en terre des terrassements, l'assiette du projet et son emprise sur le terrain naturel et les cubatures (volumes de déblais et de remblais).

La figure ci-dessous illustre le profil type réalisé pour la réhabilitation du tronçon en étude

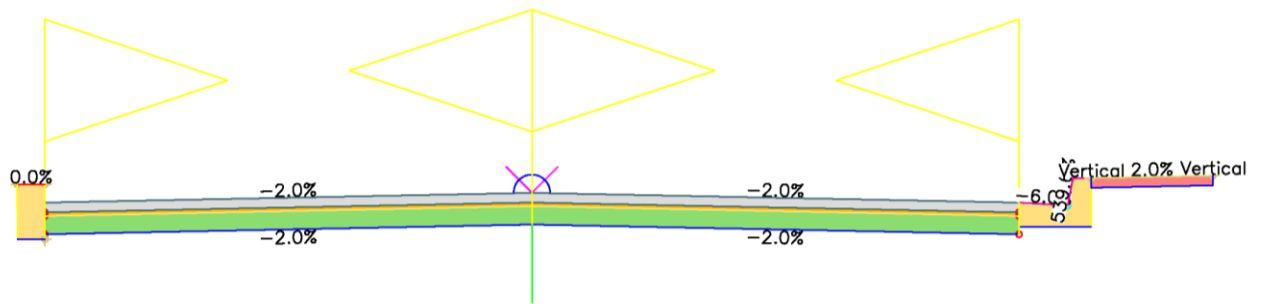


Figure III. 2 Profil en travers type

III.1.3 Tracé en plan

Le tracé en plan est la projection sur un plan horizontal de l'axe de la chaussée. C'est une succession de droites, d'arcs de cercle et de courbes de raccordement [14].

Le tracé en plan donne les informations les rayons des courbures, les points kilométriques et la façon dont sont faits les différents raccordements.

La figure ci-dessus présente la vue en plan proposée dans le cadre de notre étude

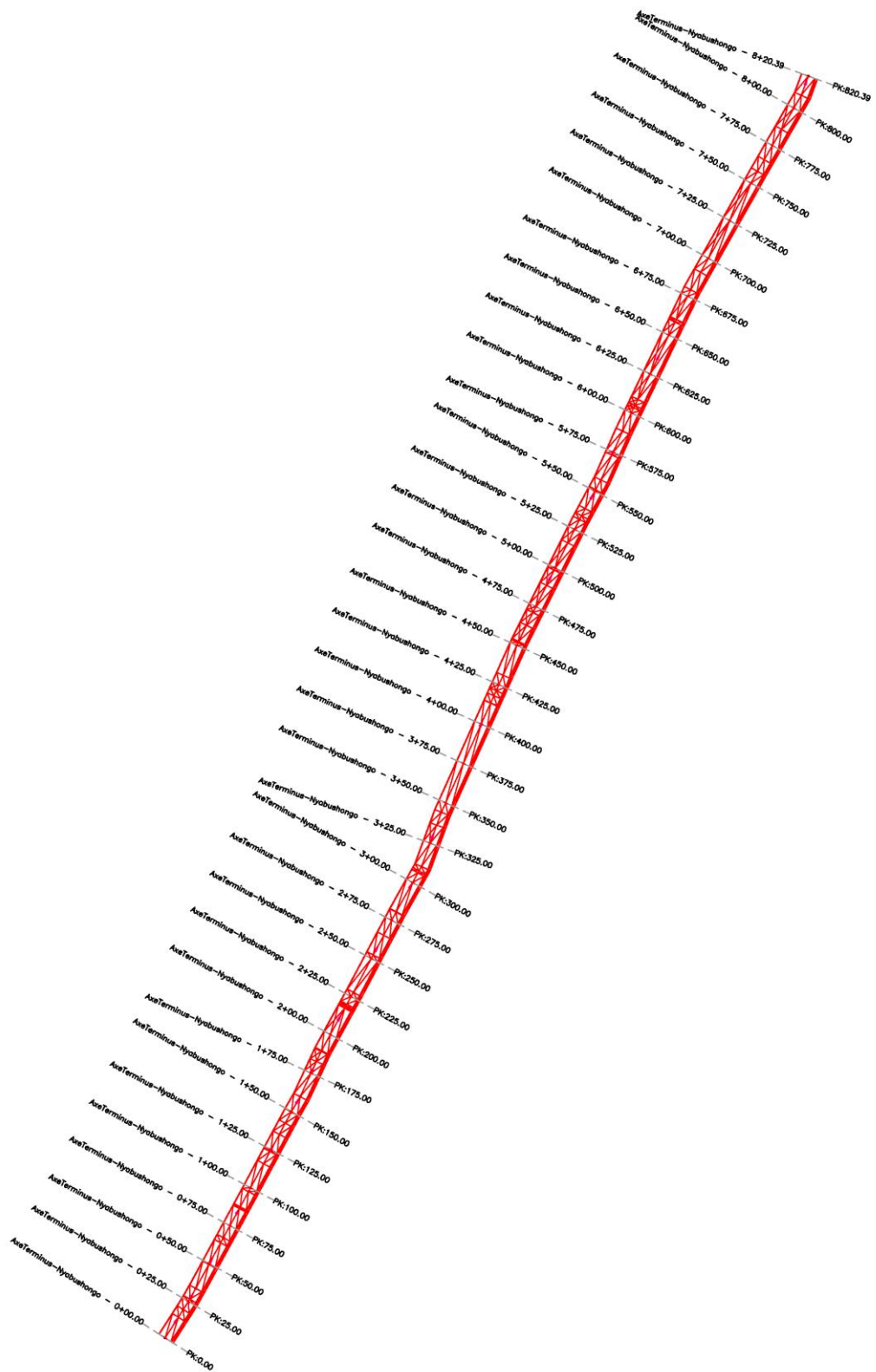


Figure III. 3Tracé en plan

III.2. Dimensionnement des ouvrages d'assainissement

Comme signalé au chapitre précédent, ce travail se focalisera sur le dimensionnement du fossé triangulaire de type 2/1 et ½ illustrée à la figure II.5.

1. Dimensionnement du fossé latéral

Ce travail s'est proposé de dimensionner sur un côté de la chaussée un fossé de talus 2/1 et ½. Pour calculer le débit des fossés latéraux, on utilise la formule (II.3) de MANNING qui est la suivante :

$$Q = VS = KSR^{2/3}i^{1/2}$$

Cette vitesse maximale est l'objectif précis de ces travaux, car la hauteur de la tranchée triangulaire est limitée à 0,60 m et les vitesses supérieures à 3,5 m/s sont déconseillées en raison du débordement en présence d'obstacles.

Comme développé dans le chapitre précédent, la surface mouillée S et le rayon hydraulique R en fonction de la hauteur d'eau h sont retirés de la formule de MANNING permettant de calculer la capacité critique des tranchées triangulaires selon les paramètres V et i.

Une vitesse maximale de 3,5 m/s et une pente de 6 % ont été maintenues pour cette tâche, car le fossé n'aspire que l'eau de la chaussée et non du fossé extérieur.

Ensuite, sur la base des résultats du tableau II.7, qui présente la capacité maximale (l/s) d'une tranchée triangulaire (h = 0,60 m), la capacité de la tranchée objet de ce travail est de 306. l/s.

III.3 DIMENSIONNEMENT STRUCTUREL DE LA CHAUSSEE

III.3.1. Choix de la méthode de dimensionnement

Actuellement, il n'existe pas de méthode de dimensionnement pour les chaussées revêtues en pavés. Pourtant, l'utilisation des pavés de béton comme revêtement de chaussées apporte des avantages certains sur le plan esthétique que sur le plan climatique. Du point de vue structural, sous l'effet du trafic, le transfert de charges d'un pavé à un autre et vers les couches inférieures de la chaussée permet à ce type de structures de se comporter comme une chaussée souple, ce qui rend possible leur installation dans des zones fortement sollicitées.

L'orniérage étant la principale dégradation pour ce type de chaussées, une méthodologie de dimensionnement peut alors être développée en déterminant l'accumulation de la déformation

permanente dans la chaussée sous l'effet du trafic, en incluant les variations de caractéristiques que subit la chaussée suivant la période de l'année.

En effet, nous allons faire recours aux méthodes de dimensionnement utilisées pour les chaussées souples et adopter les résultats au projet en étude dont le revêtement sera en pavés.

III.3.1.1. Dimensionnement de la chaussée en pavés basaltiques [21]

Etant donné que les chaussées revêtues en pavés ont un comportement qui s'apparente à celui des chaussées souples. Le dimensionnement de la chaussée en pavé se fera presque de la même façon que pour la chaussée souple. Cependant pour la chaussée souple, les couches de pavés et de lit de pose sont converties en une couche unique d'un matériau connu par un facteur d'équivalence.

De ce fait, la couche unique est caractérisée par un module combiné du système " pavés + lit de pose " et il est alors possible d'avoir des pavés aux méthodes de dimensionnement usuelles, utilisées pour les chaussées souples. Ainsi, le CMA (2004) a recensé divers facteurs d'équivalence et le matériau correspondant, présentés au tableau III.1.

Tableau III. 1 Résumé de différents facteurs d'équivalence du système "Pavés + lit de pose"

Pays	Le système "pavés + lit de pose" est équivalent à :
Argentine	2,5 fois l'épaisseur de sous-fondation granulaire
Australie	2,1 à 2,9 fois l'épaisseur de fondation de pierres concassées
USA	165mm de revêtement d'enrobé bitumineux 2 à 2,85 fois l'épaisseur de fondation granulaire
Royaume-Uni	225 mm de sol stabilisé au ciment 160mm de béton bitumineux coulé

Il est préférable de faire recours à la méthode de dimensionnement utilisée pour une chaussée souple qui est le CEBTP et adapter les résultats pour le cas d'une chaussée revêtue en pavé.

III.3.1.2. Proposition de la structure selon le guide CEBTP

Pour calculer le trafic cumulé N partant de la formule II.1 et du tableau II.3, il nous faut les éléments suivants : une durée de vie de 20 ans, un taux d'accroissement annuel du trafic de 4% et un coefficient d'agressivité moyen de 1 provenant du Tableau II.4.

$$N = 365 \times n \times TMJA \times CAM \times \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

$$N = 365 \times 20 \times 1629 \times 1 \times \frac{(1+0,04)^{20} - 1}{0,04}$$

$N = 708\,223,954$. Alors, le trafic est de **la classe T2** (Tableau II.3)

Se basant sur le guide de dimensionnement pour les pays tropicaux du CEBTP, pour un trafic T2 et une portance S4, on a une constitution suivante [19]:

- La couche de fondation en GNT concassé de 20cm
- La couche de base en scories volcaniques de 15 cm

Pour adapter ces résultats au projet en étude, il est important de se référer sur une étude faite par l'interlocking concrète pavement Institute en 1995 qui dit qu'un revêtement constitué de pavés dont la hauteur est de 80mm reposant sur un lit de pose de 25mm est comparable à une épaisseur d'enrobé bitumineux de 105mm avec un module de 3100MPa [22].

Cela étant, il est donc possible d'adopter une hauteur de pavés comprises entre 5-10cm et un lit de pose de 2-4cm en tenant compte de la normalisation.

En tenant compte du risque de poinçonnement présenté à la *Figure II.4* et celui du tassement pouvant résulter d'un choix du lit de pose très petit, des erreurs commises sur la charge d'exploitation et en intégrant le facteur de surcharges, il serait utile d'adopter ce qui suit :

- Un lit de pose d'une épaisseur de 3cm
- Un pavé de 15cm de longueur, 8cm d'épaisseur et 10cm de largeur
- La couche de base de 15cm

III.4. LES CUBATURES

Les travaux de terrassement désignent tous les travaux de terrassement dont le but principal est généralement de modifier la forme du terrain afin que la construction puisse commencer. Ces mesures sont nécessaires et sont souvent observées dans les plans longitudinaux et transversaux.

Changer la forme d'un terrain naturel nécessite deux actions : ajouter du terrain (remblai) et enlever du terrain (coupe). Le calcul du volume de déblai et de remblai est appelé "volume cubique de terrassement".

III.4.1. Cubature de la couche de base et les trottoirs

1. Les matériaux de la couche de base seront calculés à partir des éléments suivants :

- Longueur de la chaussée : 820 m
- Largeur de la plate-forme : 7m
- Epaisseur de la couche de base : 15 cm

Avec ces éléments, la surface sera égale à 6560 m²

Pour les pavés :

- Longueur : 0,15m
- Largeur : 0,1 m
- Epaisseur : 0,08m

2. Pour le trottoir (il se trouve d'un seul côté et il sera constitué des scories volcaniques pour la couche de base (15cm) et des graves non traités (20cm) :

- Longueur : 820 m
- Largeur : 1,5m

Pour les bordures, prenons comme hypothèse :

- Longueur : 0,5 m
- Hauteur : 0,2m.

Pour connaître le nombre des pavés, il faut d'abord chercher les surfaces de la chaussée, des pavés et du trottoir.

- Surface de la chaussée : $820\text{m} \times 7\text{m} = 5740\text{m}^2$
- Surface du trottoir : $1,5\text{ m} \times 820\text{ m} = 1230\text{ m}^2$

- Surface d'un pavé : $0,15\text{m} \times 0,1\text{m} = 0,015 \text{ m}^2$

Comme nous avons déjà calculé les surfaces, nous pouvons facilement trouver le nombre de pavés.

- Nombre des pavés de la chaussée : $5740 : 0,015 = 382\ 667$ pavés
- Nombre des pavés du trottoir : $1230 : 0,015 = 82\ 000$ pavés
- Nombre de bordures : $820 : 0,5 = 1\ 640$ pièces
- **Nombre Total des pavés = $382\ 667 + 82\ 000 = 464\ 667$ Pavés**

III.5. CALCUL DE CUBATURES DES TERRASSEMENTS [14]

III.5.1. Calcul des surfaces des profils en travers

Les surfaces des profils en travers se décomposent simplement en des surfaces des trapèzes et triangles dont le calcul est aisé dès que l'on connaît les côtes du projet, celles du terrain naturel et les distances partielles sur profils en travers.

Pour les profils mixtes, les surfaces des déblais et celles des remblais ne doivent pas être additionnées.

III.5.2. Calcul des cubatures

Cette méthode consiste tout simplement à évacuer les cubes des terres compris entre deux profils en faisant le produit de moyenne des surfaces de chacun d'eux par la longueur de l'entre profil.

Il existe quatre méthodes d'évaluation des cubatures sur un projet routier :

- La méthode de Robin
- La méthode exacte
- La méthode de la moyenne des aires, c'est cette dernière qui est la plus utilisée et c'est elle qui a été choisi pour le cas de cette étude.

III.5.3. Mouvement de terre

Dans un projet, les terres sont transportées des déblais vers les remblais et les excédents sont mis en dépôt. Lorsque les déblais sont insuffisants pour combler les remblais, on est amené à faire des emprunts. Ces transports se font à des distances variables et parfois indéterminées.

Le cout global de transport dépend directement de ces distances, donc de la distance moyenne. Les résultats des calculs effectués par le logiciel Civil 3D sont représentés dans les tableaux suivants :

Tableau III. 2 Cubature de déblai et remblai réalisé par Autodesk Civil 3D

Table des volumes déblai/remblai totaux							
PK	Surface déblai	Vol déblai	Vol déblai cumulé	Surface remblai	Vol remblai	Vol remblai cumulé	Vol net
0.00	0.38	0	0	0.10	0	0	0
25.00	0.22	7	7	0.31	5	5	2
50.00	0.12	4	12	0.29	7	13	-1
75.00	1.07	15	27	0.16	6	18	8
100.00	0.50	20	46	0.98	14	32	14
125.00	0.62	14	60	1.04	25	58	3
150.00	0.69	16	77	0.91	24	82	-5
175.00	0.44	14	91	0.58	19	101	-10
200.00	0.87	17	107	0.32	11	112	-5
225.00	0.38	16	123	0.27	7	119	4
250.00	0.11	6	129	0.63	11	130	-1
275.00	0.07	2	131	0.45	14	144	-13
300.00	0.41	6	137	0.79	15	159	-22
325.00	0.30	9	146	0.59	18	177	-31
350.00	0.21	6	152	0.29	11	188	-36
375.00	3.29	44	196	0.00	4	192	4
400.00	0.39	46	242	0.13	2	193	49
425.00	0.44	10	253	0.34	6	199	53
450.00	0.12	7	260	1.01	17	216	44
475.00	0.24	4	264	0.38	17	233	31
500.00	0.27	6	270	0.41	10	243	27
525.00	0.10	5	275	0.45	11	254	21
550.00	0.09	2	277	0.32	10	263	14
575.00	0.01		278	1.09	18	281	-3
600.00	0.40	5	284	0.68	22	303	-20
625.00	0.11	6	290	1.82	31	335	-44
650.00	0.53	8	298	1.32	39	374	-76
675.00	0.65	15	313	1.73	38	412	-99
700.00	2.99	46	358	0.22	24	436	-78
725.00	5.26	103	462	0.00	3	439	23
750.00	4.86	126	588	0.00	0	439	149
775.00	2.22	89	677	0.13	2	441	236
800.00	0.70	36	713	0.43	7	448	266
820.39	0.46	11	725	0.50	10	457	267

Tableau III. 3 Les volumes des matériaux par couches

Roulement :				Base:				Forme :			
Volume				Volume				Volume			
PK	Surface	Volume	Vol cumulé	PK	Surface	Volume	Vol cumulé	PK	Surface	Volume	Vol cumulé
0.00	0.64	0	0	0.00	0.24	0	0	0.00	1.20	0	0
25.00	0.64	16	16	25.00	0.24	6	6	25.00	1.20	30	30
50.00	0.64	16	32	50.00	0.24	6	12	50.00	1.20	30	60
75.00	0.64	16	48	75.00	0.24	6	18	75.00	1.20	30	90
100.00	0.64	16	64	100.00	0.24	6	24	100.00	1.20	30	120
125.00	0.64	16	80	125.00	0.24	6	30	125.00	1.20	30	150
150.00	0.64	16	96	150.00	0.24	6	36	150.00	1.20	30	180
175.00	0.64	16	112	175.00	0.24	6	42	175.00	1.20	30	210
200.00	0.64	16	128	200.00	0.24	6	48	200.00	1.20	30	240
225.00	0.64	16	144	225.00	0.24	6	54	225.00	1.20	30	270
250.00	0.64	16	160	250.00	0.24	6	60	250.00	1.20	30	300
275.00	0.64	16	176	275.00	0.24	6	66	275.00	1.20	30	330
300.00	0.64	16	192	300.00	0.24	6	72	300.00	1.20	30	360
325.00	0.64	16	208	325.00	0.24	6	78	325.00	1.20	30	390
350.00	0.64	16	224	350.00	0.24	6	84	350.00	1.20	30	420
375.00	0.64	16	240	375.00	0.24	6	90	375.00	1.20	30	450
400.00	0.64	16	256	400.00	0.24	6	96	400.00	1.20	30	480
425.00	0.64	16	272	425.00	0.24	6	102	425.00	1.20	30	510
450.00	0.64	16	288	450.00	0.24	6	108	450.00	1.20	30	540
475.00	0.64	16	304	475.00	0.24	6	114	475.00	1.20	30	570
500.00	0.64	16	320	500.00	0.24	6	120	500.00	1.20	30	600
525.00	0.64	16	336	525.00	0.24	6	126	525.00	1.20	30	630
550.00	0.64	16	352	550.00	0.24	6	132	550.00	1.20	30	660
575.00	0.64	16	368	575.00	0.24	6	138	575.00	1.20	30	690
600.00	0.64	16	384	600.00	0.24	6	144	600.00	1.20	30	720
625.00	0.64	16	400	625.00	0.24	6	150	625.00	1.20	30	750
650.00	0.64	16	416	650.00	0.24	6	156	650.00	1.20	30	780
675.00	0.64	16	432	675.00	0.24	6	162	675.00	1.20	30	810
700.00	0.64	16	448	700.00	0.24	6	168	700.00	1.20	30	840
725.00	0.64	16	464	725.00	0.24	6	174	725.00	1.20	30	870
750.00	0.64	16	480	750.00	0.24	6	180	750.00	1.20	30	900
775.00	0.64	16	496	775.00	0.24	6	186	775.00	1.20	30	930
800.00	0.64	16	512	800.00	0.24	6	192	800.00	1.20	30	960
820.39	0.64	13	525	820.39	0.24	5	197	820.39	1.20	24	984

III.6. CONCLUSION PARTIELLE

Dans cette dernière partie, nous avons procédé au dimensionnement de la structure de notre tronçon d'étude par la méthode CEBTP et à la présentation de tous les résultats obtenus. Nous avons utilisé le logiciel Civil 3D pour trouver le profil en long et en travers, tracé en plan, la courbe de niveau de notre tronçon mais aussi pour faire le calcul des cubatures.

CONCLUSION GENERALE

L'objectif principal de ce travail est l'étude de la réhabilitation d'une chaussée en pavés basaltiques. Cette étude a eu lieu sur le tronçon routier Rond-Point Terminus- Marché NYABUSHONGO.

La construction d'une chaussée s'effectue sur base d'un ensemble des principes et connaissances prédéfinis et cela dans une délimitation bien précise, ainsi il a été question de préconiser l'aménagement d'un tronçon routier en pavés basaltiques avec une durée de 20ans.

En terme de ce travail, il s'avère important de remarquer que l'avènement des pavés basaltiques est une réponse pour urbaniser les routes à faible trafic dans la ville de GOMA. Nous avons fait le choix des pavés basaltiques pour la réhabilitation de ce tronçon routier pas seulement pour leur disponibilité, coût moins élevé et leur pose facile mais aussi pour leurs aspects décoratifs. En effet, les roches volcaniques de Goma présentent des caractéristiques physico-mécaniques satisfaisantes. Cependant, les résultats obtenus ci-haut du dimensionnement ont été obtenus en assimilant les chaussées en pavés en chaussées souples.

Pour mener à bien l'étude, on a fait recours à la méthode CEBTP pour la détermination des épaisseurs des différentes couches constitutives du tronçon connaissant le trafic du tronçon en étude et la portance du sol de GOMA (S4). A partir de cette méthode, on a trouvé un trafic cumulé $N = 708\,223,954$; d'où le trafic est de la classe T2. Pour le calcul de la cubature, nous avons trouvé les nombres de pavés suivants : 82 000 pavés pour le trottoir et 382 667 pavés pour la chaussée. D'où le total est de 464 667 pavés pour la réhabilitation de notre tronçon.

Ce travail a été un champ d'étude et de fixation des idées innovatrices en matière des infrastructures routières en générale et de dimensionnement des chaussées en pavés basaltiques en particulier.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] G. KASHALA, Cours de route G3 Génie Civil, Goma, 2022.
- [2] H. B. Daniel, TFC- AVANT PROJET DE LA REHABILITATION DE LA ROUTE EN TERRE BATTUE cas de l'Axe KOBOKOBO-NGUNGU, Goma, 2013-2014.
- [3] Habitat, «<https://www.m-habitat.fr>,» 2013-2022. [En ligne]. [Accès le 2022].
- [4] M. Hodonou, ETUDE DES DEGRADATIONS DES ROUTES REVETUES : CAS DU TRONCON COME-POSSOTOME-BOPA ZOUNGBONOU, Cotonou: UNIVERSITE D'ABOMEY CALAVI, 2019.
- [5] «<https://www.obat.fr>,» 16 Février 2021. [En ligne]. [Accès le 2022].
- [6] «<https://fr.m.wikipedia.org>,» [En ligne].
- [7] ALIGATOR, «Available: <https://altigator.com>,» Le logiciel Google Mapper. [En ligne]. [Accès le 21 Novembre 2022].
- [8] «<https://www.futura-sciences.com>,» [En ligne].
- [9] K. K. Magloire, TFC-ETUDE D'AMENAGEMENT D'UNE CHAUSSEE DES PAVES EN PIERRES VOLANIQUES : cas du tronçon routier Entrée HOTEL Boneza-musée, GOMA: ULPGL/GOMA, 2020-2021.
- [10] CEBTP, GUIDE PRATIQUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES POUR LES PAYS TROPICAUX, 1984.
- [11] «<https://tpdemain.com>,» [En ligne].
- [12] SETTRA, AMENAGEMENT DES ROUTES PRINCIPALES : Recommandations pour la conception et la géométrie de la route, 1994.
- [13] «<https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/construction-et-travaux-publics-th3/les-routes-les-ponts-et-les-joints-42235210/dimensionnement-des-chaussées-routieres-c4316/>,» Jean BERTHIER, 10 Aout 2009. [En ligne]. [Accès le 22 Novembre 2022].
- [14] M. Ghislain, TFC- ETUDE COMPARATIVE ENTRE UNE CHAUSSEE SOUPLE ET UNE CHAUSSEE EN PIERRE cas du tronçon NYABUSHONGO TERMINUS, GOMA: ULPGL/GOMA, 2019.
- [15] K. K. Lydie, DIMENSIONNEMENT D'UNE CHAUSSEE REVETUE D'ENROBE DENSE, ULPGL/GOMA.
- [16] «fr.m.wikipedia.org,» [En ligne].

[17] F et NGAPGUE, COURS DE MECANIQUE DES SOLS G3Génie Civil, GOMA: ULPGL/GOMA, 2022.

[18] M. ZIHALIRWA, TFC-ETUDE D'AMENAGEMENT D'UNE CHAUSSEE REVETUE EN PAVES BASALTIQUES, GOMA: ULPGL/GOMA, 2020-2021.

[19] K. B. Bruno, TFC- CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UNE ROUTE EN PAVES sise troncon College Mwanga- Boulevard Enock Nyamwisi Muvungi, GOMA: ULPGL/GOMA, 2020.

[20] B. L. e. J. P. N. V. TUU, Routes et Hydraulique, pp. 283-345, 1979.

[21] Sétra: services d'études techniques des routes et autoroutes, Comprendre les principaux paramètres de conception géométrique des routes, 2006.

[22] J. BERTHIER, Projet et construction de routes.

[23] M. Yvette, *TFC- ETUDE D'AMENAGEMENT D'UNE CHAUSSEE REVETUE EN PAVES BASALTIQUES*, GOMA: ULPGL/ GOMA, 2020-2021.

[24] J. BERTHIER, PROJET ET CONSTRUCTION DE ROUTES.

[25] «[fr.m.wikipedia.org/wiki/Histoire des routes](http://fr.m.wikipedia.org/wiki/Histoire_des_routes),» [En ligne].

ANNEXES

ANNEXE 1

Tableau 1. Synthèse des résultats des essais pour les échantillons de MUNIGI et MUGUNGA

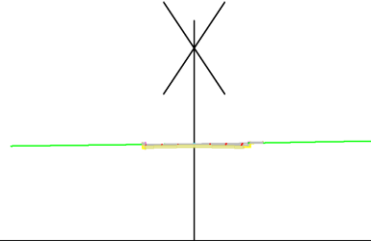
[19]

	NATURE DE MATERIAUX	Scories volcaniques
1	Provenance	MUNIGI
2	Granulométrie <ul style="list-style-type: none"> • Diamètre maximal mm • Passant au 0,8 AFNOR 	50 1
3	Limite d'Atterberg : WL	30%
4	Poids spécifique des grains solides	2,34
5	Compactage <ul style="list-style-type: none"> • Teneur en eau optimal • Densité sèche max en T/m³ 	21% 1,25
6	Portance : gonflement <ul style="list-style-type: none"> • Indice CBR à 95% de L'OPM et à 4 jours d'immersion 	- 21
B	NATURE DE MATERIAUX	GNT concassés
1	Provenance	MUGUNGA
2	Granulométrie <ul style="list-style-type: none"> • Diamètre maximal mm • Passant au 0,8 AFNOR 	40 5
3	Equivalent de sable	57%
4	Poids spécifique des grains solides	2,94
5	Compactage : <ul style="list-style-type: none"> • Teneur en eau optimal • Densité sèche max T/m³ 	8,7% 2,15
6	Portance : Gonflement <ul style="list-style-type: none"> • Indice CBR à 95% de L'OPM et à 4 jours d'immersion 	- 51

ANNEXES 2

1. PROFIL EN TRAVERS COURANT

PL : AxeTerminus-Nyabushongo
 PT : AxeTerminus-Nyabushongo - 0+00.00
 PK : 0.00m
 Ech H : 1/500
 Ech V : 1/500
 PC : 1502.0



	Distances	1509.75 -15.00				
Altitudes TN		1509.75		1509.92	1509.97	1510.09
	Distances		1509.83 -4.00	1509.92	1509.97	1510.09
Altitudes Projet			1509.83	1509.92	1509.97	1510.09
	Distances					
Altitudes Assise			1509.83	1509.92	1509.97	1510.09

2. COURBE DE NIVEAU

