

UNIVERSITE LIBRE DES PAYS DES GRANDS LACS

ULPGL/GOMA



B.P 368 GOMA

www.ulpgl.net

FACULTE DE SCIENCE ET TECHNOLOGIES APPLIQUEES

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

**CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN SYSTEME
D'EVACUATION D'EAU STAGNANTE SUR UNE CHAUSSEE :
APPLICATION SUR LE TRONÇON GPI – AFIA BORA A GOMA**

Travail de fin de cycle présenté en vue de

L'obtention du Diplôme de Graduat en Sciences Appliquées

Option : Génie Civil

Présenté par : Jérémie MALI VINDU

Directeur : MSc. Ir. Germaine BASHIGE

Encadreur : Ass. Ir. GABRIEL KASHALA Djibril

2022

EPIGRAPHE

« Nous ne pourrons vaincre aucune des maladies infectieuses qui affligent les pays en développement tant que nous n'aurons pas gagné la bataille pour l'eau potable, l'assainissement et les soins de santé de base. »

Kofi Annan

DEDICACE

À nos très chers parents KAKULE MUSANGANIA Michel et MASIKA MUSEMA Esperance ainsi qu'à nos frères et sœurs.

Jérémie MALI VINDU « conception et dimensionnement d'un système d'évacuation d'eau stagnante sur une chaussée : application sur le tronçon GPI – AFIA BORA à Goma »

FSTA/ULPGL-GOMA/2022

REMERCIEMENTS

Nos sincères remerciements et notre profonde gratitude s'adressent :

À notre Dieu tout puissant pour le don de vie, l'amour, la bonté, la force, l'intelligence et la santé qu'il ne cesse de nous accorder ;

À notre chère Directrice, MSc. Ir Germaine BASHIGE ainsi que notre cher encadreur Ass. Ir GABRIEL KASHALA Djibril pour leurs orientations tout au long de la rédaction de ce travail.

Aux autorités administratives, académiques de l'Université Libre des Pays des Grands-Lacs et plus particulièrement celles de la Faculté de Sciences et Technologies Appliquées ainsi qu'à nos chers enseignants pour leur formation durant ce premier cycle de notre parcours universitaire. À travers ces mots, retrouvez toute notre considération.

À nos parents, frères et sœurs pour leur sacrifice, amour et prières de tous les jours ;

Enfin, à tous nos camarades de la G3/Génie Civil dont nous ne saurons citer les noms, vous avez été nombreux à contribuer à nos connaissances et nous vous en sommes reconnaissants.

SIGLES ET ABBREVIATIONS

A : Assiette

AUC : Assainissement urbain et collectif

BA : Béton Armé

BV : Bassin Versant

C : Chaussée

E : Emprise

EPR : Eaux pluviales ou de Ruissellement

GPS : Global position system

OVD : Office de voiries et Drainage

PF : Plateforme

SBV : Sous-bassin Versant

LISTE DES FIGURES

Figure I.1. Portance de la chaussée en fonction de la teneur en eau [2]	7
Figure I.2. Perte de visibilité et défaut d'adhérence [3]	8
Figure I.3. Stagnation des eaux sur la chaussée [3]	8
Figure I.4. Dégradation progressive de la chaussée [3]	9
Figure I.5. Destruction de la chaussée [3]	10
Figure I.6. Effets induits par l'eau sur les dépendances routières [3]	10
Figure I.7. Inondation routière en Suisse Romande [6]	11
Figure I.8. Pente en toit d'une route [8]	13
Figure I.9. Fossé [9]	14
Figure I.10. Caniveau préfabriqué [8]	14
Figure I.11. Dalots en BA [8]	15
Figure I.12. Buses circulaire [10]	15
Figure I.13. Pont routier [10]	16
Figure I.14. Avaloirs [9]	17
Figure I.15. Chambre de visite [11]	17
Figure II.1. creux et différence de niveau entre la fin et le début du caniveau	20
Figure III.1. Courbes de niveaux	31
Figure III.2. Subdivision du Bassin versant en SB	33
Figure III.2. Présente la géométrie du caniveau.	35

LISTE DES TABLEAUX

Table II.1.composantes de la relation qui existe entre une pluie et un hydro gramme de ruissellement à la décharge d'un bassin versant	Erreur ! Signet non défini.
Table I.2.Pentes transversales des chaussées en fonction des matériaux de revêtement.	13
Table II.1.Différentes valeurs du coefficient de ruissèlement	23
Table II.2.Valeurs des coefficients de ruissellement	25
Table II.3.Différentes formules de section et périmètre mouillé	28
Table II.4.valeurs de coefficient d'écoulement.....	29
Table II.5.Valeurs de coefficient de manning.....	30
Table III.1.Résultats de calcul du débit	34
Table III.2.Détermination du tirant d'eau dans le caniveau.....	36

SOMMAIRE

EPIGRAPHE	i
DEDICACE	ii
REMERCIEMENTS	iii
SIGLES ET ABBREVIATIONS	iv
LISTE DES FIGURES	v
LISTE DES TABLEAUX	vi
SOMMAIRE	vii
INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
CHAPITRE PREMIER : REVUE DE LA LITTERATURE	3
I. GENERALITES SUR LE DRAINAGE ET L’ASSAINISSEMENT ROUTIERS.....	3
I.1 ASSAINISSEMENT ET DRAINAGE.....	3
I.1.1 Différents types d’assainissements.....	3
I.1.2. Le drainage.....	4
I.1.4. Réseaux d’égouts.....	4
I.2 QUELQUES DEFINITIONS DE TERMES UTILISES EN HYDRAULIQUE ROUTIERE.....	6
I.3. EFFETS DE L’EAU SUR LA STRUCTURE DE LA ROUTE.....	7
I.3.1. Perte de visibilité et défaut d’adhérence.....	7
I.3.2. Difficulté à discerner les limites de la route.....	8
I.3.3. Dégradation progressive de la structure.....	9
I.3.4. Destruction totale de la chaussée.....	9
I.3.5. Effets induits de l’eau sur le voisinage de la route.....	10
I.4.PRINCIPES D’ASSAINISSEMENT ROUTIER.....	10
I. 5. RÉTABLISSEMENT DES ÉCOULEMENTS NATURELS.....	11
I.5.1. Contexte et aléas d’une route non drainée.....	11
I.5.2. Ouvrages hydrauliques.....	12
I.8. CONCLUSION PARTIELLE.....	18
CHAPITRE II. ASPECT METHODOLOGIQUE DE DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES HYDRAULIQUES	19
II.1 INTRODUCTION.....	19
II.2. PRESENTATION DU SITE.....	19

Jérémie MALI VINDU « conception et dimensionnement d’un système d’évacuation d’eau stagnante sur une chaussée : application sur le tronçon GPI – AFIA BORA à Goma »

II.3. Méthodes de calcul du débit de ruissellement et choix des ouvrages	20
II.3.1. Préliminaire.....	20
II.3.2. Dimensionnement des ouvrages de drainage.....	21
II.3.2.3. Choix du type d'ouvrage [12].....	26
II. 4. Méthodologie de dimensionnement [10].....	28
II.4.1. Formule de Chezy	28
II.4.2. Relation de Manning.....	29
II.5. Conclusion partielle.....	30
III.1. Introduction	31
III.2. DIMENSIONNEMENT DU CANIVEAU ROUTIER.....	31
III.2.1. Calcul du débit du bassin versant	31
III.2.2. Dimensionnement de la géométrie du caniveau	34
III.3. CONCLUSION PARTIELLE.....	37
CONCLUSION GENERALE	38
BIBLIOGRAPHIE.....	39

INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'assainissement est une démarche visant à améliorer la situation sanitaire globale de l'environnement dans ses différents composants. Il comprend la collecte, le traitement et l'évacuation des déchets liquides, des déchets solides et des excréments.

L'homme ayant toujours recherché une vie saine non seulement pour garder une bonne forme physique, mentale et spirituelle mais également pour mettre hors de lui tout ce qui est défavorable à la santé, entre autres les différents déchets, les eaux susceptibles de créer des maladies et gêner le confort par manque d'une bonne évacuation (eaux de pluie, eaux vannes, eaux usées, ...), il s'est intéressé à cette problématique depuis l'antiquité afin de trouver les méthodes adéquates d'évacuation et de traitement des eaux usées, d'où l'assainissement urbain.

Néanmoins, dans certains pays sous-développés, l'assainissement demeure un grand challenge suite au manque d'investissements suffisants dans ce secteur.

En République Démocratique du Congo, la gestion des eaux pluviales sur les voies routières est presque inexistante. Le cas récent est celui des inondations (survenues au mois de Mars 2021) dans la partie Est de la ville de KINSHASA, où la rivière Kalamu, sortie de son lit, a ravagé une si grande partie de cette zone après une forte pluie. Après investigations, le constat fait est que ce drame a été principalement dû aux problèmes d'urbanisation et l'insuffisance d'infrastructures de drainage. Pour ne parler que de cet exemple, beaucoup d'autres seraient répertoriés au sein des grandes villes du Pays.

À Goma, cette situation gêne également la circulation tant des automobilistes que des piétons à différents endroits parmi lequel, le tronçon allant depuis la station GPI jusqu'au niveau de AFIA BORA auquel nous nous intéressons dans le cadre de ce travail.

En effet, l'absence de drainage des eaux pluviales dans ce tronçon serait à la base de nombreux problèmes, entre autres :

- ❖ Les embouteillages
- ❖ Les maladies liées à l'eau (des maladies hydriques : en général de type diarrhéique) pour les personnes environnantes.
- ❖ La détérioration de la chaussée suite à la stagnation des eaux de pluies

Jérémie MALI VINDU « conception et dimensionnement d'un système d'évacuation d'eau stagnante sur une chaussée : application sur le tronçon GPI – AFIA BORA à Goma »

En tenant compte de ces préoccupations, les questions suivantes seront au cœur du développement de ce travail :

- ❖ Quels seraient les réels problèmes liés à cette stagnation des eaux ?
- ❖ Ces problèmes pris en compte, quel serait le remède ou le moyen à entreprendre afin de pouvoir palier à ce phénomène ?

De par notre observation, nous pouvons affirmer que le problème provient de l'absence des ouvrages de gestion des eaux pluviales sur le tronçon considéré. Pour pallier à cette situation, en se basant sur les notions du cours d'Hydrologie et Hydraulique générale ainsi que le cours de Routes ; il serait possible de proposer un système d'assainissement des eaux stagnantes le long de ce tronçon. Lequel système devra répondre aux exigences et normes d'ingénierie afin de remédier au problème dont il est question.

Afin de mener une étude cohérente et logique, nous nous servirons de différentes méthodes notamment :

- **La technique documentaire** : basée sur divers ouvrages et travaux de recherche antérieurs.
- **La Méthode expérimentale** à travers les descentes sur terrain

Outre l'introduction et la conclusion générale, ce travail est subdivisé en trois grands chapitres

- **CHAPITRE PREMIER** : Généralités sur le drainage et l'assainissement routiers, il se base sur l'état de l'art d'une route et différents effets de l'eau sur la route.
- **CHAPITRE DEUXIEME** : Méthodologie de dimensionnement des ouvrages hydrauliques d'assainissement.
- **CHAPITRE TROISIEME** : Dimensionnement du système de drainage. ce chapitre applique les notions développées aux précédents pour répondre aux différentes questions de recherche.

CHAPITRE PREMIER : REVUE DE LA LITTERATURE

Ce chapitre est basé sur l'ensemble de connaissances relatives au drainage et à l'assainissement d'une route ainsi que quelques définitions qui interviennent dans ce travail. Il nous sera utile de signaler que la différence entre drainage et assainissement est le simple fait que le drainage routier concerne principalement l'évacuation des eaux des ruissellements pluviaux de la surface de la route, l'assainissement quant à lui, concerne la protection de la route, des zones environnantes et des exutoires des effets nocifs des eaux.

I. GENERALITES SUR LE DRAINAGE ET L'ASSAINISSEMENT ROUTIERS

I.1 ASSAINISSEMENT ET DRAINAGE

L'assainissement représente l'ensemble ou séquences des opérations assurant, l'évacuation et le traitement des eaux non désirables ou usées d'un bâtiment, d'une communauté ou des industries.

I.1.1 Différents types d'assainissements

La réglementation distingue deux grands modes d'assainissement des eaux : **l'assainissement collectif et l'assainissement non collectif**

L'assainissement collectif

Pratiqué plus en zone urbaine ou des habitations regroupées, c'est un mode d'assainissement constituée d'un réseau public destiné à collecter les eaux usées domestiques, on parle alors de réseau d'égout.

L'assainissement non collectif (autrement appel autonome ou individuel)

Ce type d'assainissement est utilisé en zone d'habitation dispersée ; et désigne tout système d'assainissement réalisé par le propriétaire sur une parcelle privée, en l'absence de réseau public.

I.1.2. Le drainage

Le drainage est une opération d'assainissement permettant l'évacuation des eaux. Il s'agit d'une opération essentielle assurant la longévité des chaussées mais prévenant également les catastrophes naturelles comme le glissement des terrains, les éboulements, en cas d'inondation.

I.1.3. Historique

Autres fois, on évacuait toutes les eaux de pluie dans des fossés et on rejetait les eaux usées d'origine domestique, dont les volumes ou les débits étaient très faibles en l'absence de réseaux de distribution sur les terrains entourant les maisons. Cependant avec l'augmentation de la densité de population, on a comblé les fossés et on les a remplacés par des conduites installées sous la chaussée. Par ailleurs à cause de la réduction de la superficie des terrains entourant les maisons, de l'augmentation des débits d'eaux usées et des exigences en matière de salubrité, les citoyens ont commencé à évacuer les eaux usées d'origine domestique dans ces conduites qui n'avaient pourtant pour but au départ que de débarrasser les villes des eaux de ruissellement.

Plus tard, on a développé dans des villes des réseaux d'égouts dont : le réseau dit unitaire ; qui reçoit et évacue les eaux usées d'origine domestique aussi bien que les eaux de ruissellement, le réseau dit pluvial destiné à l'évacuation des eaux de ruissellement et un réseau parallèle destiné à l'évacuation des eaux usées d'origine domestique (réseau dit sanitaire, souvent appelé par erreur réseau domestique ou séparatif).

I.1.4. Réseaux d'égouts

Comme défini dans le paragraphe précédent ; les réseaux d'égout peuvent être classés de différentes façons, en fonction des eaux qu'ils transportent, on distingue : le réseau d'égout pluvial ; le réseau d'égout unitaire ; le réseau d'égout sanitaire et le réseau d'égout pseudo séparatif.

I.1.4.1. Le réseau d'égout pluvial

Le réseau d'égout pluvial est destiné à canaliser les eaux de ruissellement, lesquelles résultent essentiellement des pluies et de la fonte des neiges. Habituellement, ces eaux sont déversées dans le cours d'eau récepteur sans qu'on les soumette à un traitement.

Pour un territoire ou un quartier donné, les débits d'eau de ruissellement maximaux sont beaucoup plus importants que les débits maximaux d'eaux usées d'origine domestique.

I.1.4.2. Le réseau d'égout unitaire

Un réseau d'égout unitaire est un réseau qui canalise toutes les eaux usées du territoire qu'il dessert, que ces eaux soient d'origine domestique, pluviale, industrielle ou commerciale.

Or étant donné que les débits pluviaux maximaux sont beaucoup plus importants que les débits maximaux d'origine domestique. On ne tient pas compte de ces derniers quand on calcule les dimensions d'un réseau unitaire.

I.1.4.3. Réseau d'égout Sanitaire

Souvent appelé à tort réseau d'égout domestique ou séparatif, un réseau d'égout sanitaire transporte les eaux d'origine domestique, les eaux provenant des commerces, des industries et certaine eaux parasites dont les eaux d'infiltration et les eaux de captage.

- **Eaux d'infiltration**

Eaux parasites d'origine souterraine s'insinuant dans le réseau de façon continue à travers les défauts du réseau.

- **Eaux de captage**

Eaux parasites pénétrant dans un réseau d'égouts de façon intermittente surtout en période de pluie et dues à divers pratiques illicites comme le raccordement au réseau d'égouts sanitaire des drains de fondations, des bouches d'égouts et d'égouts pluviaux.

Les réseaux d'égouts sanitaires doivent pouvoir transporter les débits maximaux d'eaux usées sanitaires (débit maximum d'eaux usées d'origine domestique ,débits d'aux d'infiltration et débits d'eaux de captage). Leur capacité hydraulique doit être suffisante pendant une longue période, en général de 30 à 50 ans. La grande variation des débits entre le début et la fin de la période d'utilisation exige beaucoup d'attention de la part du concepteur qui doit s'assurer du respect, en tout temps, des diverses exigences.

I.1.4.4. Le réseau d'égout pseudo séparatif.

Un réseau d'égout pseudo-séparatif (qu'on appelle aussi pseudo-domestique) est un réseau qui reçoit les eaux usées d'origine domestique et certaines eaux pluviales, soit celles provenant des drains de fondation (conduites destinées à évacuer l'eau du pourtour des fondations des immeubles), des drains de toits plats et des entrées de garage situées sous le niveau du sol. Les maisons desservies par un tel réseau ont donc un seul branchement de service, qui alimente le

Jérémie MALI VINDU « conception et dimensionnement d'un système d'évacuation d'eau stagnante sur une chaussée : application sur le tronçon GPI – AFIA BORA à Goma »

réseau en eaux usées d'origine domestique et en eaux pluviales autorisées. On tente ainsi d'éviter un problème de refoulement dans les sous-sols, par les drains de fondation et les fissures les fondations, qui pourrait se produire si les branchements pluviaux étaient raccordés au pluvial.

I.2 QUELQUES DEFINITIONS DE TERMES UTILISES EN HYDRAULIQUE ROUTIERE

Bassin versant : zone géographique de collecte des eaux d'un cours d'eau et ses affluents vers un point de sortie appelé exutoire.

Caniveau : Ouvrage de collecte et de transport longitudinal des eaux de ruissellement de la route vers les réseaux d'eaux usées.

Coefficient de ruissellement : théoriquement fraction du débit ruisselé de la pluie nette par rapport au débit de pluie brute. C'est aussi le rapport entre la surface imperméabilisée et la surface total d'un bassin versant (coefficient d'imperméabilisation).

Crue : phénomène caractérisé par une montée plus au moins brutale du niveau d'un cours d'eau, lie à une croissance du débit jusqu'à un niveau maximum. Ce phénomène peut se traduire par un débordement du lit mineur. Les crues font partie du régime d'une cour d'eau, ils sont caractérisés par leur période de récurrence ou période de retour, la crue centennale correspond ainsi à une crue de récurrence de 100ans.

Dalot : ouvrage hydraulique enterrée de section rectangulaire préfabriquée ou coulée en place et à forte capacité.

Débit de drainage : débit maximal que l'on peut faire transiter par un ouvrage coulant à plein régime.

Écoulement à surface libre : terme se reportant à un écoulement à ciel ouvert dont la surface en miroir est en contact avec l'air.

Écoulement en charge : par analogie à l'écoulement à surface libre ce terme désigne par exemple un écoulement à pleine section dans une canalisation, c'est-à-dire sans volume d'air résiduel.

Regard d'égout : composante d'un réseau d'égout, permettant l'accès aux conduites pour y effectuer les travaux d'entretien et assure la ventilation dans le réseau. [1]

Jérémie MALI VINDU « conception et dimensionnement d'un système d'évacuation d'eau stagnante sur une chaussée : application sur le tronçon GPI – AFIA BORA à Goma »

I.3. EFFETS DE L'EAU SUR LA STRUCTURE DE LA ROUTE

Dans le cadre de ce travail, on s'intéresse principalement aux eaux de ruissellement c'est-à-dire aux eaux pluviales affectant principalement la chaussée. Les effets de l'eau sur les structures routière sont variés et renvoient à la dégradation de la chaussée. En effet, comme le montre la figure I.1, la capacité portante d'une route diminue avec l'augmentation de la teneur en eau (due aux infiltrations) en cas d'absence du drainage ou d'un réseau d'égout pluvial.

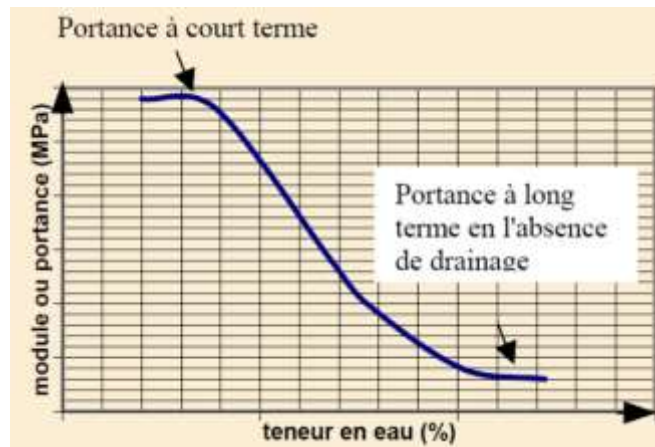


Figure I.1. Portance de la chaussée en fonction de la teneur en eau [2]

Mis à part la perte de la portance, autres effets nocifs de l'eau sur la chaussée seraient :

I.3.1. Perte de visibilité et défaut d'adhérence

Les précipitations peuvent générer sur une chaussée, à la fois une perte de visibilité pour les conducteurs de véhicules et un problème d'adhérence des pneumatiques. Ce dernier aspect, entraîne les véhicules à un glissement ou un patinage, lesquels constituent des inconforts de roulement sur la chaussée et peuvent entraîner des accidents de circulation. La figure I.2 fait une illustration de ce cas.



Figure I.2. Perte de visibilité et défaut d'adhérence [3]

I.3.2. Difficulté à discerner les limites de la route

La stagnation des eaux pluviales ou celles de ruissellement peut entraîner non seulement un problème de circulation mais également une difficulté de discerner les limites de la route, ce qui constitue un danger dans le sens où les conducteurs auront du mal à respecter le code de la route.

En effet, le réseau mineur d'assainissement, s'il est bien planifié et conçu, fournira un drainage efficace pour la grande majorité des événements pluvieux et permettra d'assurer que les activités ne soient pas affectées ou interrompues. Le réseau majeur quant à lui, permettra de protéger les différents secteurs de dommages importants ou de pertes de vie.



Figure I.3. Stagnation des eaux sur la chaussée [3]

Jérémie MALI VINDU « conception et dimensionnement d'un système d'évacuation d'eau stagnante sur une chaussée : application sur le tronçon GPI – AFIA BORA à Goma »

I.3.3. Dégradation progressive de la structure

La perte de la capacité portante suite à une augmentation de la teneur en eau dans le corps de la chaussée se manifeste par une dégradation progressive de celle-ci. En effet, il s'agira d'une ouverture de fissure ou des phénomènes d'arrachement de la couche de roulement pouvant conduire à une incapacité d'exploitation des voies ; la figure I.4 en fait une illustration.



Figure I.4. Dégradation progressive de la chaussée [3]

I.3.4. Destruction totale de la chaussée

Lors de très fortes pluies, les débits d'eau peuvent provoquer l'arrachement des éléments de drainage des sols passant sous les voies de circulation qui par la suite détruisent la route. La chaussée devient donc impraticable comme la figure I.5 ci-dessous.



Figure I.5. Destruction de la chaussée [3]

I.3.5. Effets induits de l'eau sur le voisinage de la route

L'eau peut provoquer sur des éléments voisins de la route des dégâts ayant des conséquences sur la structure routière ou son exploitation (glissement de terrain par exemple). La figure I.6 fait état de ces effets induits par l'eau sur talus aval à la route.



Figure I.6. Effets induits par l'eau sur les dépendances routières [3]

I.4. PRINCIPES D'ASSAINISSEMENT ROUTIER

L'assainissement routier peut se décliner suivant quatre principes permettant de lutter contre les phénomènes précédemment évoqués [4] :

- Assurer la sécurité des usagers : Il convient de s'assurer du non stagnation des eaux sur l'emprise de la route par une collecte et une évacuation des eaux superficielles.
- Lutter contre l'infiltration des eaux dans les structures routières : Il convient d'assurer un drainage dans la structure de la chaussée et dans les sols à proximité de la voirie.
- Assurer un écoulement de l'eau : Afin de lutter contre les phénomènes d'accumulations d'eau dues à la modification de la topographie des lieux, il convient de rechercher à rétablir le mieux possible les écoulements naturels de l'eau.
- Maintenir en fonctionnement les équipements et la qualité de l'eau : L'utilisation des routes peut conduire à des pollutions accidentelles du milieu naturel qu'il convient de prévenir.

De plus les rejets de débris sur les voies peuvent induire un défaut d'écoulement des eaux superficielles ou d'obstruction des éléments collecteurs des eaux pluviales. La lutte contre ce type de pollution comporte deux aspects :

- Un entretien et un "nettoyage" régulier des réseaux routiers ;
- Un changement de comportement des usagers de la route.

I. 5. RÉTABLISSEMENT DES ÉCOULEMENTS NATURELS

I.5.1. Contexte et aléas d'une route non drainée

Le rétablissement des écoulements naturels consiste à assurer la continuité des écoulements superficiels des bassins versants interceptés par la route.

En effet, la route est une construction de l'homme sur le sol. En absence de toute mesure compensatoire, elle constitue donc un barrage artificiel à l'écoulement naturel des eaux et des éléments charriés. Ainsi, la route étant un obstacle artificiel à l'écoulement naturel des eaux, si elle est non compensée, elle constitue deux aléas majeurs [5] :

- Un aléa de submersion de l'obstacle pouvant conduire à sa ruine : C'est le cas par exemple de l'inondation en Suisse Romande présentée à la figure I.8.



Figure I.7. Inondation routière en Suisse Romande [6]

Les rétablissements des écoulements naturels peuvent alors se faire au moyen du principe de compensation en proposant des ouvrages hydrauliques, ceci constitue l'objet du paragraphe suivant.

Jérémie MALI VINDU « conception et dimensionnement d'un système d'évacuation d'eau stagnante sur une chaussée : application sur le tronçon GPI – AFIA BORA à Goma »

I.5.2. Ouvrages hydrauliques

Le rétablissement des écoulements naturels consiste à mettre en place des ouvrages hydrauliques de drainage ou un réseau d'égout pluvial permettant une circulation des eaux en dehors de la chaussée. Leur dimensionnement doit permettre pour un temps de retour retenu, de limiter les risques d'inondation et de submersion ou de dégradation de la route dans des seuils admissibles ; de coupure en amont de la voie et de rupture de l'ouvrage routier.

On appelle temps de retour T d'un événement, l'intervalle de temps moyen séparant deux occurrences d'un événement caractérisé par le dépassement d'une valeur particulière pour une variable aléatoire unique ; on parle également de période de récurrence.

Outre l'aspect hydraulique, l'étude des ouvrages d'assainissement routier doit prendre en compte la réglementation et les impacts écologiques de l'ouvrage. L'ensemble de ces critères doivent permettre de définir :

- La position de l'ouvrage,
- La hauteur d'eau amont,
- Le tirant d'air et le tirant d'eau,
- Les vitesses d'écoulement...

En termes de recommandations constructives, on propose ce qui suit [7] :

- Les voies de circulation ne doivent pas servir d'exutoire aux ruissellements des talus et des zones environnantes mal drainées ;
- Les profils en travers et en long doivent d'une part favoriser un écoulement non destructif et d'autre part ne pas créer des pièges à l'eau. Autrement dit, la vitesse d'écoulement ne doit pas être érosive et doit être suffisante pour assurer l'autocurage ou auto – nettoyage des ouvrages ;
- Le profil transversal de la route sera en toit à une pente ou en toit à double comme indiquée à la figure I.9. La pente superficielle transversale doit être suffisante pour évacuer les eaux de ruissellement vers les fossés, mais sans créer des difficultés ou inconforts de conduite. Elle dépend de matériaux de revêtement de la chaussée et du régime pluviométrique local. Elle croit normalement avec la perméabilité de la surface. La pente unique est utilisée en courbe et sur le drainage unilatéral.

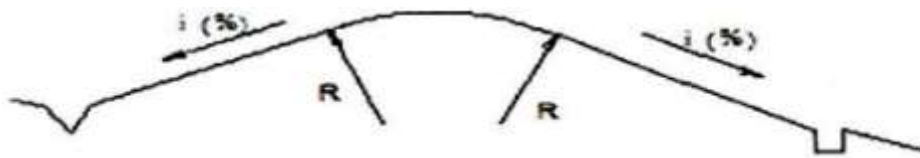


Figure I.8. Pente en toit d'une route [8]

- La pente longitudinale des ouvrages sera de l'ordre 0.5% à 1% pour satisfaire à la condition antiérosive et d'auto – curage. Quant à la pente de la chaussée, elle dépendra du revêtement ; comme illustré dans le tableau ci-dessous :

Table I.1. Pentes transversales des chaussées en fonction des matériaux de revêtement.

Revêtement	Pente i (%)
Assez imperméables (béton de ciment, enrobé dense) – 2 voies	1.5 – 2.0
Idem – 3 voies et plus (Min : 1,5%, Max : 4%)	1,5 + (0,5 à 1) par voie
Moyennement perméable	1,5 à 3
Perméable	2,0 à 6
Voirie urbaine	1,5 à 3,0 + 1 par voie
Accotement revêtu	2,0 à 6,0
Accotement avec bordure	≥ 4

Source : Dito Paul WRIGHT

Le drainage routier comprend les ouvrages longitudinaux, les ouvrages transversaux et les ouvrages de connexion [7].

I.5.2.1. Ouvrages longitudinaux

Les ouvrages longitudinaux recueillent les eaux de ruissellement et les acheminent le long de la route jusqu'à l'exutoire (zone d'écoulement naturel) ou à l'ouvrage récepteur. Selon la terminologie, on peut distinguer les types d'ouvrages suivants :

- ✓ Les fossés et les caniveaux revêtus ou non revêtus, généralement on sous – entend fossés pour ouvrages non revêtus et caniveaux pour ouvrages revêtus. Les figures I.10 et I.11 présentent un fossé et un caniveau préfabriqué.



Figure I.9. Fossé [9]



Figure I.10. Caniveau préfabriqué [8]

- ✓ Les drains revêtus ou non revêtus qui sont des ouvrages de petite taille ;
- ✓ Les collecteurs qui sont des ouvrages de grande taille et sont toujours revêtus ;
- ✓ Les glissières qui sont des collecteurs à forte pente. Il convient de noter que les grands caniveaux ou les collecteurs maçonnés ou en béton sont munis des raidisseurs verticaux, longitudinaux ou transversaux en béton armé afin de reprendre la poussée des terres.

I.5.2.2. Ouvrages transversaux

Les ouvrages transversaux ou sous – chaussées permettent à l'eau venant d'ouvrages longitudinaux, d'écoulements naturels et d'écoulements artificiels de passer sous la route. Selon la terminologie on peut distinguer les types suivants :

- ✓ Les dalots qui comprennent une dalle en béton armé, ou un tablier métallique (travée), ou un tablier en bois, posés sur des murets/culées en maçonnerie ou en B.A ; le terme

ponceau (petit pont) est souvent utilisé lorsque le tablier est métallique ou en bois. La figure I.12 illustre un dalot en B.A ;



Figure I.11. Dalots en BA [8]

- ✓ Les buses qui sont des conduites placées en tranchée sous la chaussée ; elles sont métalliques (en acier) ou en béton armé. Elles sont généralement de forme circulaire, ovale, ou ovoïdale. Des conduites surdimensionnées peuvent dans certains cas être utilisées comme ouvrages de rétention ; ce sont des tronçons du réseau qui sont destinées à fournir un certain volume de stockage pour le contrôle. Elles sont occasionnellement utilisées dans des secteurs existants où une conduite existante est surchargée et où il peut être difficile de mettre en place des bassins de rétention. Elles peuvent également être mise en place sous des aires de stationnement, encore là pour servir à stocker l'eau temporairement La figure I.13 en fait une illustration ;



Figure I.11. Buses circulaire [10]

- ✓ Les ponts sont des ouvrages placés aux endroits où la route est interrompue et où le trafic est supporté par un tablier posé sur des fondations particulières que sont les culées et les piles ; un pont peut être constitué de plusieurs travées. En fonction des portées des travées principales, de la géométrie de la brèche ou du tracé de l'ouvrage, certains types de structures ou certaines méthodes de construction peuvent être privilégiées.

Ces ouvrages peuvent être en B.A, en maçonnerie, partiellement métallique ou partiellement en bois



Figure I.12. Pont routier [10]

I.7.2.3. Les ouvrages de connexion

Les ouvrages de connexion servent de passage d'une section dans un système hydraulique à une autre sans grande perturbation. Selon leur utilité on peut distinguer les types suivants :

- ✓ Les avaloirs et les regards qui assurent le passage correct des eaux de surface dans la canalisation. La figure I.15 présente un avaloir ;



.Figure I.13.Avaloirs [9]

- ✓ Les chambres de visite qui sont accessibles et qui permettent l'entretien tel que le montre la figure I.16 ; elles sont souvent associées à un type précédent ;



Figure I.14.Chambre de visite [11]

Les dissipateurs d'énergie qui sont notamment les diffuseurs et les ressauts ;

- ✓ Les déversoirs qui peuvent décharger la canalisation (diminuer le débit) ou le réseau principal pour différentes raisons dont le contrôle du débit aval ;
- ✓ Les chambres de raccordement et de déviation qui permettent le changement de direction des écoulements, la connexion des ouvrages de différentes sections ou de

Jérémie MALI VINDU « conception et dimensionnement d'un système d'évacuation d'eau stagnante sur une chaussée : application sur le tronçon GPI – AFIA BORA à Goma »

FSTA/ULPGL-GOMA/2022

différentes formes ainsi que la réalisation des nœuds à plusieurs branches ; elles sont souvent couvertes, de forme rectangulaire, en maçonnerie ou en B.A ;

- ✓ Les chambres et les cheminées de chute qui autorisent des rattrapages altimétriques lorsque les pentes du terrain naturel sont très fortes ; elles sont semblables aux précédentes ; les cheminées sont des ouvrages de grande hauteur/profondeur (voire plusieurs mètres) ;

En ce qui cadre avec le drainage souterrain, on peut citer les drains souterrains, les tranchées et les massifs drainants notamment les murs de soutènement à barbacanes. À côté des ouvrages longitudinaux, transversaux et de connexion ; l'on peut avoir des ouvrages dits « ouvrages de réception » ; en effet, il s'agit des ouvrages qui reçoivent des eaux et les stockent momentanément en vue de leur infiltration ou de leur évaporation. On distingue pour ce groupe les types suivants :

- ✓ Les bassins d'orage qui sont des bassins de rétention munis d'un orifice d'évacuation ou ajustement qui autorise le contrôle du débit aval ; ils permettent le stockage momentané des pointes d'orage ;
- ✓ Les bassins de rétention qui ont la même fonction que les saignées mais qui recouvrent des surfaces beaucoup plus larges ;
- ✓ Les puits de rétention qui sont des saignées relativement courtes et larges ; ils sont placés sur les profils en déblais là où l'exécution des saignées serait couteuse ;
- ✓ Les saignées qui sont des fossés divergents relativement longs terminant en cul de sac et qui servent au stockage temporaire des eaux de ruissellement en vue de leur infiltration dans le sol et de leur évaporation ; elles sont rudimentaires et sont utilisées pour les routes non revêtues ou en terre ;

En effet, certains auteurs réservent le terme « saignée » aux fossés divergents évacuant dans la nature.

I.8. CONCLUSION PARTIELLE

Dans ce premier chapitre de notre travail, il a été question des généralités sur le drainage et l'assainissement routier, des types de réseau d'égouts, des effets de l'eau sur la structure routière et de choix des ouvrages hydrauliques pour le rétablissement des écoulements naturels. Ces quelques connaissances serviront de base pour le chapitre suivant traitant de la méthodologie de dimensionnement des ouvrages hydrauliques.

Jérémie MALI VINDU « conception et dimensionnement d'un système d'évacuation d'eau stagnante sur une chaussée : application sur le tronçon GPI – AFIA BORA à Goma »

CHAPITRE II. ASPECT METHODOLOGIQUE DE DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

II.1 INTRODUCTION

Ce chapitre est reparti en trois points dont : une brève présentation du milieu d'étude ; les méthodes de détermination du débit de ruissellement et de dimensionnement des ouvrages de drainage tel que le caniveau.

II.2. PRESENTATION DU SITE

Le tronçon constituant l'objet de ce travail se situe à l'Est de la République Démocratique du Congo, dans la ville de Goma plus précisément dans la commune de Karisimbi sur la route nationale numéro 2 (Goma – Sake).

Situé dans le quartier Afia Bora, avenue Mukonde ; il est limité :

- au nord par le quartier Afia Bora,
- au sud par l'entrepôt AKILI,
- à l'est par la station LEOKAS OIL et
- à l'ouest par le quartier Katoyi.

Comme nous l'avons annoncé dans l'introduction, ce tronçon est heurté à un problème récurrent de stagnation d'eau à chaque fois qu'il pleut depuis la construction de la chaussée. Ce qui entraîne en plus de la détérioration de la chaussée, des embouteillages même des maladies hydriques pour les habitants environnants.

Notons que ce problème est plutôt courant dans la ville Goma ceci dû à l'absence des ouvrages de drainage le long de la plupart de routes comme on peut le voir sur la figure II.1.

Nous constatons également sur le profil en long (figure II.2.) tiré de Google earth, une forte variation de dénivellation créant une forme de bassin le long de la zone d'étude ceci suite à l'effet de l'eau. Notre ouvrage de drainage devra alors suivre cet itinéraire afin de pallier à ce problème.



Figure II.1. Creux et différence de niveau entre la fin et le début du caniveau.

II.3. Méthodes de calcul du débit de ruissellement et choix des ouvrages

II.3.1. Préliminaire

Comme présenté au chapitre précédent, les ouvrages de drainage comprennent les ouvrages longitudinaux, les ouvrages de réception, les ouvrages transversaux et les ouvrages de connexion.

Les ouvrages longitudinaux recueillent les eaux de ruissellement et les acheminent le long de la route jusqu'à l'exutoire. Les ouvrages de réception qui reçoivent les eaux et les stockent momentanément en vue de leur infiltration ou de leur évaporation. Les ouvrages transversaux permettent à l'eau venant d'ouvrages longitudinaux, d'écoulements naturels et d'écoulement artificiels de passer sous la route. Les ouvrages de connexion servent à passer d'une section de réseau à l'autre sans grande perturbation.

Jérémie MALI VINDU « conception et dimensionnement d'un système d'évacuation d'eau stagnante sur une chaussée : application sur le tronçon GPI – AFIA BORA à Goma »

II.3.2. Dimensionnement des ouvrages de drainage

Le dimensionnement des ouvrages de drainage passe par les étapes suivantes :

- ❖ L'évaluation du débit de ruissellement
- ❖ Le choix du type d'ouvrage
- ❖ Le dimensionnement proprement dit

II.3.2.1. Évaluation du débit à drainer

A. Calcul du débit à drainer [10]

Pour le calcul du débit de ruissellement, il existe plusieurs méthodes. On peut distinguer celles qui déterminent un débit de pointe ; et d'autres qui donnent la variation du débit (hydro gramme de ruissellement) en fonction du temps de l'averse ; Parmi celles qui donnent le débit de pointe, on peut citer :

- Méthodes rationnelles
- Méthode de Caquot

Parmi celle qui donne l'hydro gramme de ruissellement, on peut citer :

- Méthode rationnelle avancée
- Méthode de l'hydro gramme unitaire du SCS

Dans le dimensionnement des ouvrages d'assainissement ce sont les méthodes Caquot et rationnelle qui sont les plus utilisées et ceci par souci de simplicité, car elles semblent avoir l'exactitude pour le calcul des débits maximaux de ruissellement.

✓ Méthode rationnelle

Elle est simplement basée sur une estimation du débit maximal de ruissellement qui atteint l'exutoire comme étant un pourcentage de l'intensité d'eau précipitée sur la surface du bassin versant.

Pour une averse (pluie) homogène dans le temps et dans l'espace, d'intensité I, sur une surface d'aire A et de coefficient de ruissellement C, le débit du bassin à l'exutoire est calculé par la formule suivante :

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad (\text{II.1})$$

Où :

A : Aire du bassin versant (ha) ;

Jérémie MALI VINDU « conception et dimensionnement d'un système d'évacuation d'eau stagnante sur une chaussée : application sur le tronçon GPI – AFIA BORA à Goma »

C : est coefficient ruissèlement (%)

I : Intensité de précipitations (mm/h)

Pour calculer le débit on procède comme suit :

- Calcul de la superficie A à partir des levés topographiques
- Choix du coefficient de ruissellement C en fonction de la nature du terrain, de la nature de la végétation et de la pente moyenne du bassin
- Mesure de la longueur du bassin L à partir des levés topographiques
- Mesure de la dénivelée H à partir de levés topographiques
- Calcul du temps de concentration Tc
- Estimation de l'intensité (décennale) de la pluie ITC à partir de l'abaque d'intensité durée des averses ou d'autres données disponibles
- Calcul du débit à drainer.

✓ Méthode de Caquot

La méthode est utilisable pour les petits bassins urbanisés de superficies inférieures à 4 Km². Elle tient implicitement compte de la capacité de stockage de l'eau dans les égouts. Le débit est calculé par la formule suivante :

$$Q = k \times i^m \times C^n \times A^p \quad (II.2)$$

Avec :

i : la pente moyenne du bassin versant en %,

C : le coefficient de ruissellement moyen (pondéré),

A : la superficie du bassin versant en Km²,

K : le coefficient dépendant de la fréquence de la crue (écoulement) étudiée, - m - n - p des coefficients et Q le débit en m³ /s.

Le tableau II.1 donne les coefficients de ruissellement à utiliser avec la méthode de Caquot recommandés pour la ville d'Abidjan (Climat proche de celui de Kinshasa).

Table II.1. Différentes valeurs du coefficient de ruissèlement

Nature du terrain	Pente i (%)	C
Rues et trottoirs bitumés	0 à 3	0.85
	3 à 6	0.9
	>6	0.95
Rues et Chemins en latérite compactée	0 à 5	0.35
	> 5	0.5
Chemins de sable, Allées en gravier	-	0.2
	-	
Terrains vagues, sous-sol sableux	Faible à très faible Moyenne et forte, Sous-sol argilo-sableux	0.05
		0.2
Jardin, Surfaces plantées ou boisées		0.1
Toitures métalliques ou en amiante ciment	faible pente	0.75
	forte pente	0.9
Cours d'immeubles imperméabilisés Cours d'immeubles non imperméabilisés	-	0.6
	-	0.4
Terrain de jeux, Voies ferrées	-	0.2

Source : hydraulique routière

N.B. Pour les avant-projets routiers on prend généralement C=0.95 pour la chaussée et l'accotement, C=0.80 pour le talus et le fossé et C=0.70 au-delà du talus. En simplifiant on prend C moyen = 0.81

Pour la R.D.C la formule de Caquot prend la formule suivante :

$$Q = 1.296 \times i^{0.21} \times C^{1.14} \times A^{0.83} \quad (II.3)$$

B. Paramètres supplémentaires pour la détermination du débit à drainer [4]

L'évaluation du débit à drainer dépend aussi de plusieurs paramètres dont les suivantes :

a. La hauteur de pluies

La hauteur de pluie est la colonne théorique d'eau totale qui serait accumulée sur une surface imperméable recevant cette pluie pendant sa durée. Elle est exprimée en millimètre. L'eau de pluie qui tombe sur la terre se repartit en 3 composants dont l'eau infiltrée dans le sol, l'eau évaporée dans l'atmosphère et l'eau de ruissèlement. La détermination de différentes

composantes donne le bilan hydrique ou météorologique de la pluie. La hauteur de pluie comprend donc les 3 fractions : évaporée, infiltrée et ruisselée.

Pratiquement on recueille le volume d'eau tombée dans les pluviomètres et on le ramène à la surface unitaire. Des pluviographes permettent d'enregistrer graphiquement la variation de la hauteur de pluie dans le temps. Le volume d'eau recueillie cumulée sur une période d'observation permet d'introduire les notions de hauteur annuelle, mensuelle, journalière, horaire et autres des pluies tombées.

b. Intensité de la pluie

L'intensité de la pluie est la hauteur moyenne sur une période de mesure ou d'observation. Cette période étant relativement courte. On peut par exemple parler de l'intensité de pluie de 10 minutes, de 30 minutes...etc. notées I10 et I30.

L'observation des pluies sur des périodes relativement longues peut, après traitement statistique, permettre de dégager les intensités maximale, minimale, moyenne.

Généralement, sauf pour certain aménagement complexes, l'information topographique permet de délimiter le bassin versant en suivant la ligne de crête et de calculer son étendue plane ou surface drainée.

Il faut relever que le bassin versant ne représente pas la surface courbe par la pluie et que l'intensité de pluie n'est pas constante sur le bassin versant.

La connaissance du bassin versant passe par celle de sa surface plane, de sa pente moyenne, du temps de concentration et du coefficient de ruissellement.

c. Bassin versant

Un bassin versant est un territoire qui draine l'ensemble de ses eaux vers un exutoire commun, cours d'eau ou mer. On définit différents bassins versants en fonction de l'échelle de travail ou d'étude, depuis les parcelles de quelques dizaines de mètres carrés d'un minuscule affluent jusqu'aux façades continentales qui abreuvent les océans. Le bassin versant est limité par des frontières naturelles : les lignes de crêtes ou lignes de partage des eaux. De part et d'autre de ces lignes, les eaux des précipitations et des sources, ainsi que tous les éléments dissous ou en suspension (sédiments, pollution...), s'écoulent vers des exutoires séparés. Le bassin versant constitue le territoire pertinent pour traiter les causes en amont d'un problème lié aux eaux de surfaces : déficit d'eau, pollution, poissons migrateurs, etc. Un bassin versant peut-être

caractérisé par sa superficie, sa forme, son élancement, la courbe hypsométrique, le rectangle équivalent, la nature du sol, le taux d'imperméabilité.

d. Coefficient de ruissellement

On appelle coefficient de ruissellement la fraction unitaire qui représente l'eau de ruissellement dans la hauteur de pluie. On peut la noter « C ».

Le coefficient de ruissellement dépend de la perméabilité du sol, de la nature du sol, de la pente du bassin versant...etc. il est déterminé expérimentalement par comparaison et par analogie.

Dans les zones urbanisées, le coefficient de ruissellement est considéré comme constant. Les valeurs des coefficients de ruissellement pour quelques types de surfaces et pour quelques types des secteurs sont donnés dans le tableau II.2.

Table II.2. Valeurs des coefficients de ruissellement

Secteur	Valeur du Coefficient C
Zone de centre	0.70-0.95
zone résidentielle, pavillon isolés	0.30-0.5
Zone résidentielle, pavillons groupés	0.60-0.75
Zone industrielle	0.50-0.90
Cimetières, parc	0.10-0.25
Rue	0.80-0.85
Trottoirs	0.75-0.90
Pelouse (sols sableux, faible pente)	0.05-0.10
Pelouse (sols terreux, faible pente)	0.15-0.20
Surface complètement imperméabilisées telles que toitures, chaussés	0.90
Habitation dense	0.60-0.70
Surface boisées	0.05
Vois non goudronnées	0.35
Habitations moins denses	0.60-0.70

Source : cahier des clauses techniques générales

e. Temps de concentration [11]

Le temps de concentration, noté « Tc », est le temps de parcours de la goutte d'eau la plus éloigné de l'exutoire. Selon les observations, le temps de concentration dépend de plusieurs facteurs dont la plus longue distance de parcours « L », la pente moyenne du bassin versant, la Jérémie MALI VINDU « conception et dimensionnement d'un système d'évacuation d'eau stagnante sur une chaussée : application sur le tronçon GPI – AFIA BORA à Goma »

couverture végétale et l'intensité du ruissellement. Plusieurs formules empiriques et semi-théoriques définissent le temps de concentration. Une des formules empiriques les plus utilisées est celle de KIRPICH. Elle est donnée l'expression suivante :

$$T_c = \frac{(0.000325 * L^{0.77})}{i^{0.385}} \quad (II.4)$$

Avec T_c le temps de concentration en minutes, L la distance entre l'exutoire et le point le plus éloigné du bassin en mètres et i la pente moyenne du bassin versant.

On admet en général, que le débit maximum d'un bassin versant arrive lorsqu'il pleut sur l'ensemble de son étendue, c'est-à-dire lorsque la goutte d'eau venant du point le plus éloigné atteint l'exutoire, ce qui revient en fait au temps de concentration. Autrement dit, l'intensité de la pluie à considérer est celle qui correspond au temps de concentration. Elle est notée « $c IT$ ».

II.3.2.3. Choix du type d'ouvrage [12]

Le choix du type d'ouvrage dépend du choix de la section ainsi que de la pente longitudinale à satisfaire afin d'assurer la compatibilité entre la vitesse d'écoulement et les conditions de stabilité et de bon fonctionnement (vitesse d'auto-curage, vitesse non érosive). Ce choix passe par le calcul hydraulique qui intègre les éléments suivants : la forme de la section de la canalisation (triangle, rectangle, trapèze, cercle, ovoïde...), la taille de la section de canalisation, la pente de la canalisation, les hypothèses et les modèles mathématiques et l'expérience locale.

Les ouvrages en question sont les conduites, collecteurs, caniveaux, etc. destinés à assurer l'écoulement des eaux.

On distingue principalement :

- Des ouvrages à ciel ouvert (les parois ne se joignent pas au-dessus du liquide) et des ouvrages enterrés pouvant être sous pression.
- En tenant compte de la forme de la section, les ouvrages enterrés ont souvent la section circulaire tandis que ceux à ciel ouvert présentent une section trapézoïdale ou rectangulaire.
- En tenant compte de la matière de fabrication, on peut trouver des ouvrages en béton, en acier, en fonte, etc.

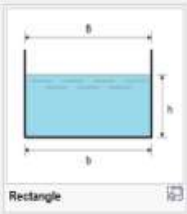
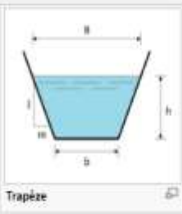
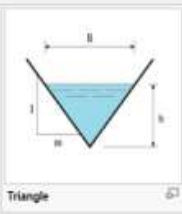
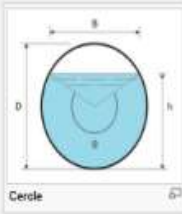
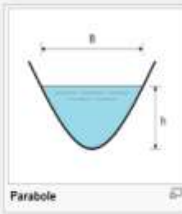
Les connaissances acquises conduisent aux critères de choix à savoir : une section transversale idéale devra permettre une évacuation avec un débit maximum, présenter une section minimale enfin d'apporter moins d'encombrement, offrir un meilleur rayon hydraulique. Cette section doit assurer une bonne accessibilité aux personnes censées d'entretenir les conduites.

N.B :

- Un profil ayant le plus grand rayon hydraulique permet d'écouler un débit important. Ceci correspond aussi à une solution économique car le rayon hydraulique maximal nécessite une section réduite, il y a réduction des travaux d'excavation. Les sections couramment utilisées pour les collecteurs sont les sections rectangulaires et circulaires.
- La section circulaire est utilisée le plus souvent pour des réseaux enterrés à écoulement gravitaire, le problème est de déterminer l'angle de remplissage qui donne le débit maximal pour une pente et un diamètre donné tandis que la section rectangulaire est un cas particulier de la section trapézoïdale où les berges sont verticales.

Le tableau II.3 reprend les différentes formules de section et périmètre mouillé des différentes formes des ouvrages de drainage.

Table II.3. Différentes formules de section et périmètre mouillée [13]

					
Largeur, B	b	$b + 2 \times mh$	$2 \times mh$	$(\sin \frac{\theta}{2}) \cdot D$ ou $2\sqrt{h \cdot (D - h)}$	$\frac{3S}{2h}$
Surface, S	$b \times h$	$(b + mh) \cdot h$	$m \times h^2$	$\frac{1}{8}(\theta - \sin \theta) \cdot D^2$	$\frac{2}{3}Bh$
Périmètre mouillé, P	$b + 2h$	$b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + m^2}$	$2h \cdot \sqrt{1 + m^2}$	$\frac{1}{2}\theta \cdot D$	$B + \frac{8h^2}{3B}$
Rayon hydraulique, R_h	$\frac{bh}{b + 2h}$	$\frac{(b + mh) \cdot h}{b + 2h \cdot \sqrt{1 + m^2}}$	$\frac{mh}{2 \cdot \sqrt{1 + m^2}}$	$\frac{1}{4} \left[1 - \frac{\sin \theta}{\theta} \right] D$	$\frac{2B^2 h}{3B^2 + 8h^2}$
Profondeur hydraulique, D_h	h	$\frac{(b + mh)h}{b + 2 \times mh}$	$\frac{1}{2}h$	$\left[\frac{\theta - \sin \theta}{\sin \frac{\theta}{2}} \right] \frac{D}{8}$	$\frac{2}{3}h$

Pour ce travail, il s'agira de dimensionner un caniveau rectangulaire à ciel ouvert facilitant l'évacuation des eaux de pluies au niveau de notre tronçon d'étude.

II. 4. Méthodologie de dimensionnement [10]

II.4.1. Formule de Chezy

Pour effectuer le dimensionnement d'un caniveau on utilise la formule de CHEZY. La formule de CHEZY est une formule empirique d'estimation de la vitesse moyenne d'un liquide s'écoulant en surface libre c'est-à-dire dans une conduite où le fluide ne remplit pas complètement la section ou dans un canal ouvert. Les écoulements à surface libre sont gouvernés par la gravité.

La formule de CHEZY s'écrit de la manière suivante :

$$V = \sqrt{RI} \quad (\text{II.5})$$

Avec :

V : vitesse d'écoulement en m/s

$$R : \text{Rayon hydraulique tel que : } R = \frac{Sm}{Pm} \quad (\text{II.6})$$

Le rayon hydraulique est une mesure de l'efficacité de l'écoulement dans un canal. La vitesse d'écoulement le long du canal dépend de la géométrie de la section

Jérémie MALI VINDU « conception et dimensionnement d'un système d'évacuation d'eau stagnante sur une chaussée : application sur le tronçon GPI – AFIA BORA à Goma »

de ce dernier. Le rayon hydraulique permet de caractériser cette géométrie. En faisant l'hypothèse d'une contrainte de cisaillement constante aux limites, le rayon hydraulique est défini comme le rapport de la surface de la section d'écoulement sur le périmètre mouillé c'est-à-dire la longueur de périmètre en contact avec le fluide de ce qui correspond à la couche limite :

Ou S_m est la section mouillée en m^2 ,

$$\text{Pour une section rectangulaire : } S_m = h * b \quad (\text{II.7})$$

P_m est le périmètre mouillé en m,

$$\text{Pour une section rectangulaire : } P_m = 2h + b \quad (\text{II.8})$$

Avec h la hauteur de l'ouvrage et b sa base.

I : Pente de l'ouvrage en m/m ou en %

C : Coefficient pour lequel on adopte celui donné par la formule de BAZIN

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}} \quad (\text{II.9})$$

Avec γ , le coefficient d'écoulement défini par le tableau II.3, il dépend du matériau utilisé pour la construction de l'ouvrage, et de la nature des eaux que celui-ci transporte. R étant le rayon hydraulique défini tantôt.

Table II.4.valeurs de coefficient d'écoulement

Type de surface et nature de l'eau	Coefficient γ
Eau fluviale et surface semi-rugueuse	0.46
Eau fluviale avec dépôts sur la surface	0.30
Eau usée et paroi maçonnée (rugueuse)	0.16
Eau usée et paroi en béton (lisse)	0.25

II.4.2. Relation de Manning

La formule de Manning permet de définir la vitesse d'écoulement des eaux dans l'ouvrage de cette manière [8] :

$$V = \frac{1}{\eta} * R^{\frac{2}{3}} * i^{\frac{1}{2}} \quad (\text{II.10})$$

Jérémie MALI VINDU « conception et dimensionnement d'un système d'évacuation d'eau stagnante sur une chaussée : application sur le tronçon GPI – AFIA BORA à Goma »

Avec :

V : la vitesse d'écoulement (m/s)

R : le rayon hydraulique

i : la pente longitudinale

η : le coefficient de Manning dépendant de la rugosité superficielle ; c'est-à-dire le matériau ; il est donné dans le tableau II.4

Notons que le coefficient de MANNING dépend de la rugosité superficielle, c'est-à-dire du matériau superficiel de l'ouvrage.

Table II.5.Valeurs de coefficient de manning [8]

Surfaces de la paroi	Coefficient de Manning
Terre	0.030
Roche	0.040
Béton de ciment	0.015

Par ailleurs, la section de l'ouvrage se déduit par le fait que le débit est le produit de la vitesse par la section :

$$Q = V \times S \quad (\text{II.11})$$

Avec V : la vitesse en m/s (obtenue par la formule de Manning) et S : la section en m².

II.5. Conclusion partielle

Ce chapitre présente en premier lieu, les méthodes de calcul de débit nécessaire au dimensionnement des ouvrages de drainage. Il s'agit principalement de la méthode Rationnelle et celle de Caquot. Par la suite, la méthodologie de dimensionnement est également développée à travers les formules de Chezy et celle de Manning.

Dans la suite de ce travail, le choix est porté sur la méthode de Caquot pour la détermination du débit à drainer.

CHAPITRE III. PRESENTATION DE RESULTATS

III.1. Introduction

Ce chapitre constitue une application numérique de la méthodologie présentée au chapitre précédant en utilisant les données récoltées. Il s'agit donc du dimensionnement proprement dit du caniveau sur le tronçon AFIA BORA-PLAGE DU PEUPLE.

III.2. DIMENSIONNEMENT DU CANIVEAU ROUTIER

Ce point concerne particulièrement le dimensionnement hydraulique du caniveau, ce dernier étant l'ouvrage principal de drainage longitudinal des eaux pluvieuses que nous proposons dans ce travail.

III.2.1. Calcul du débit du bassin versant

Comme précisé dans le chapitre précédant, pour déterminer le débit il faut connaître les surfaces des différents bassins versants concernés ainsi que les écoulements des eaux dans ces bassins versants.

Tous ces éléments cités ci-haut peuvent être trouvés en utilisant les logiciels Google Earth et Global mapper. Après avoir délimité le tronçon d'étude dans Google Earth, celui-ci est exporté dans Global Mapper, qui déduira les courbes des niveaux (figure III.1), les surfaces et pentes des sous bassins versants ainsi que les lignes d'écoulement d'eau.

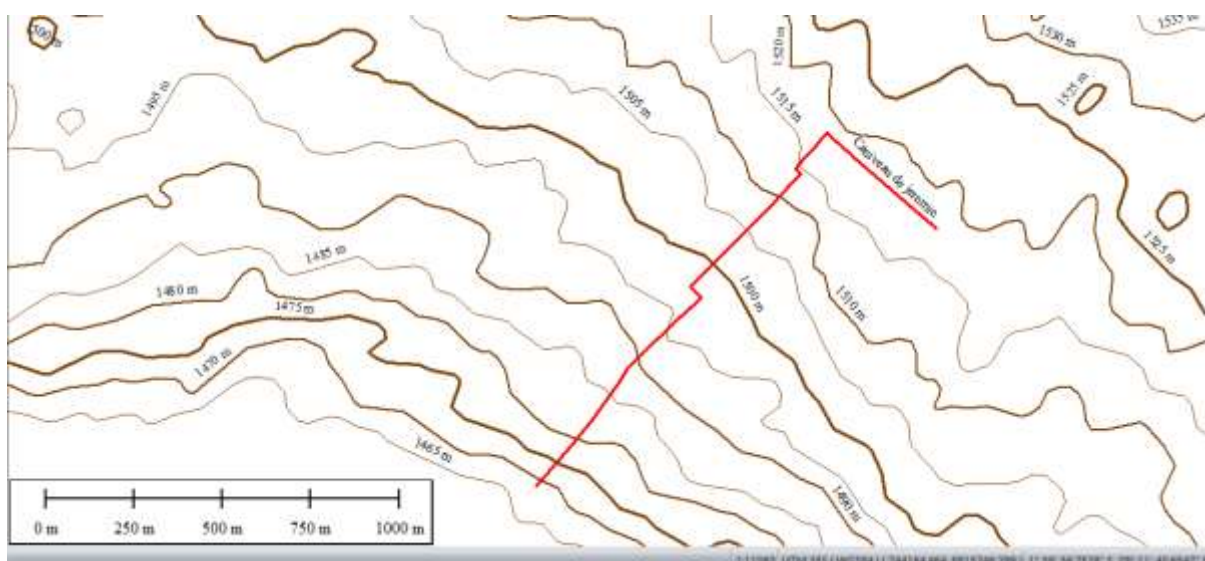


Figure III.1. Courbes de niveau

Le débit du bassin versant est déterminé par la relation II.3, dite formule de Caquot, comme suit :

$$Q = K \times i^m \times C^n \times A^p$$

Avec :

i : la pente moyenne du bassin versant en %,

C : le coefficient de ruissellement moyen (pondéré),

A : la superficie du bassin versant en km^2 ,

K : le coefficient dépendant de la fréquence de la crue (écoulement) étudiée,

m - n - p des coefficients qui dépendent d'une région à un autre et Q le débit en m^3/s .

A. Détermination numérique de K, m, n, p, i, C et A

À partir de la relation II.3, qui reprend la formule de Caquot adaptée au contexte de la RD Congo, le coefficient de rugosité K est égal à 1,296.

Aussi, les coefficients m , n et p sont respectivement 0,21 ; 1,14 ; et 0,83. [13].

La relation devient :

$$Q = 1,296 \times i^{0.21} \times C^{1.14} \times A^{0.83}$$

B. Détermination de la pente longitudinale i

Pour déterminer la pente du bassin versant choisi, il est nécessaire d'effectuer une brève présentation de celui-ci. De ce fait, il est limité :

→ Au Nord : par l'Avenue Bikindwe,

→ Au Sud : par la Route Nationale numéro 2 ou Avenue du Géomètre,

→ À l'Est : par l'Avenue Katoyi,

→ À l'Ouest : par l'Avenue Résidence.

Le bassin versant (BV) ainsi délimité, est présenté par la figure III.1 obtenue grâce au logiciel Google earth et Global Mapper.

Jérémie MALI VINDU « conception et dimensionnement d'un système d'évacuation d'eau stagnante sur une chaussée : application sur le tronçon GPI – AFIA BORA à Goma »

De ce fait, nous remarquons que la trajectoire en étude est traversée uniquement par ces différentes lignes d'eau comme présenté à la figure III.1, ainsi la délimitation des vrais bassins versants se fera manuellement pour permettre au logiciel de calculer les différentes surfaces des bassins versants choisis et déterminer les différentes pentes sur chaque trajectoire délimitée par les bassins versants comme le montre la figure II.2.

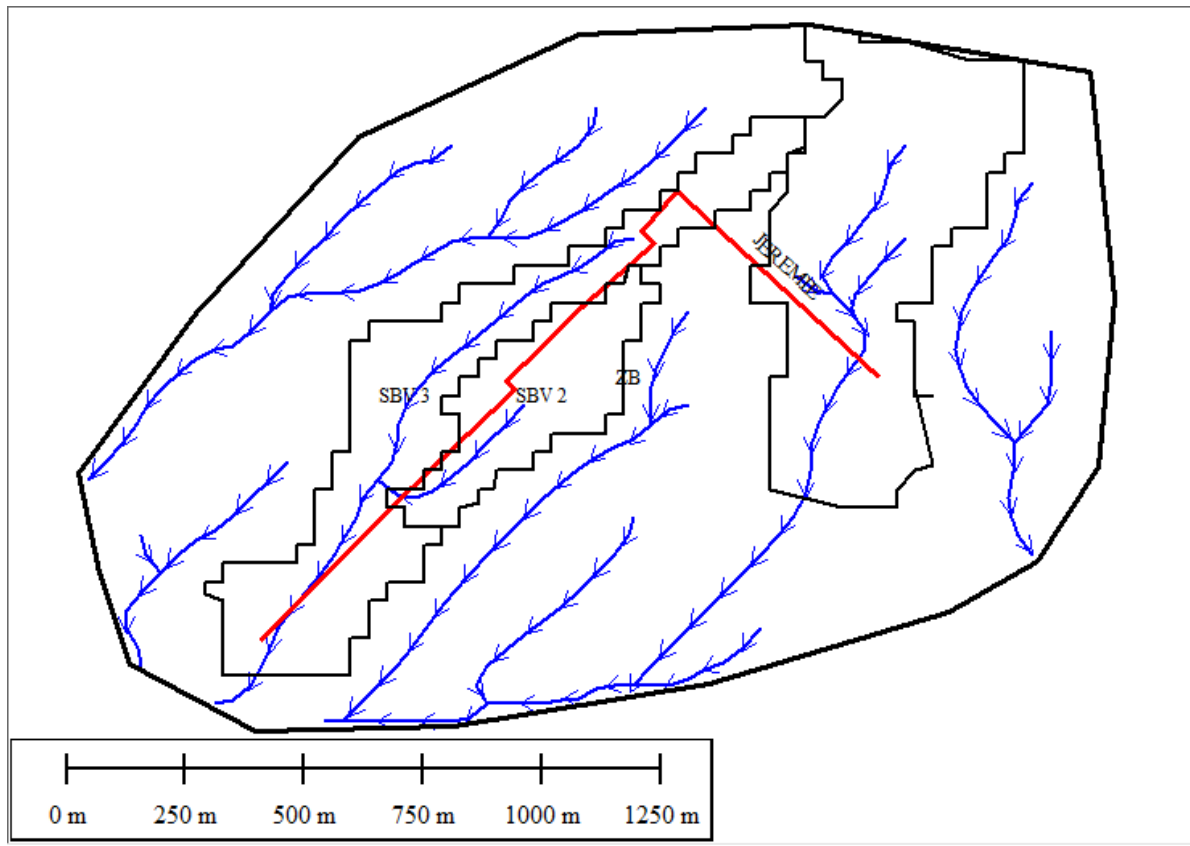


Figure III.2. Subdivision du Bassin versant en SB

Ce bassin est subdivisé en trois sous bassins versants, ainsi, chacun de ces sous bassins versants présente sa pente (déterminée au moyen du logiciel global mapper) ; les calculs de débit sont effectués pour chaque sous bassin versant par la suite.

C. Détermination du coefficient de ruissellement

Les valeurs de pentes trouvées pour tous les sous bassins versants sont entre 5 à 10% . Le terrain étant revêtu ; le coefficient de ruissellement est $C_s = 0.95$ (tableau II.1.)

D. Détermination des caractéristiques du bassin versant

Sur la figure III.2 présente le bassin versant concerné, constitué des sous-bassins SBV1, SBV2 et SBV3. Les surfaces et les pentes respectives des sous-bassins sont obtenus au moyen du Jérémie MALI VINDU « conception et dimensionnement d'un système d'évacuation d'eau stagnante sur une chaussée : application sur le tronçon GPI – AFIA BORA à Goma »

logiciel Global Mapper. Ce logiciel nous permet également de déterminer la longueur d'écoulement des eaux.

Le tableau III.1 présente les différents résultats (les surfaces des sous bassins) obtenus au moyen du logiciel.

Les débits des SBV présentés dans même tableau, sont obtenus à partir de la relation de caquot (II.13.)

E. Présentation des Résultat de calcul du débit

Table III.1.Résultats de calcul du débit

SBV	A (km ²)	Périmètre (Km)	Longueur(m)	i (%)	Cs	K	Q (m ³ /s)
SBV 1	0.4988	3.443	260	0.0804	0.95	1.296	0.404196577
SBV 2	0.3988	2.279	450	0.0774	0.95	1.296	0.333021511
SBV 3	0.5123	5.105	756	0.095	0.95	1.296	0.427993412
TOTAL	1.4099	10.827	1466				1.1652115

III.2.2. Dimensionnement de la géométrie du caniveau

Le caniveau à proposer en ce lieu, devra être capable de drainer un débit de **1.165m³/s**, dans nos calculs nous allons utiliser le débit majoré égal à **1.2m³/s**.

Ce paragraphe, propose donc le choix de matériau du caniveau, définie sa section de dimensionnement et tire profit du calcul de la vitesse d'écoulement des eaux afin de déterminer les dimensions manquantes pour le dimensionnement complet du caniveau.

Une fois que le caniveau est dimensionné, une vérification de la compatibilité entre la vitesse calculée et la plage admissible des vitesses est effectuée afin de prévenir les phénomènes d'érosion des parois et de sédimentation.

III.2.2.1. Choix de matériau de la section de pré dimensionnement

Le caniveau proposé dans ce travail est de section rectangulaire en béton de ciment, c'est-à-dire, un caniveau revêtu. Sachant que pour les ouvrages revêtus les vitesses d'écoulement doivent varier entre 3m/s à 5m/s pour éviter la stagnation ou l'érosion [14] .La figure III.2 présente la géométrie du caniveau.

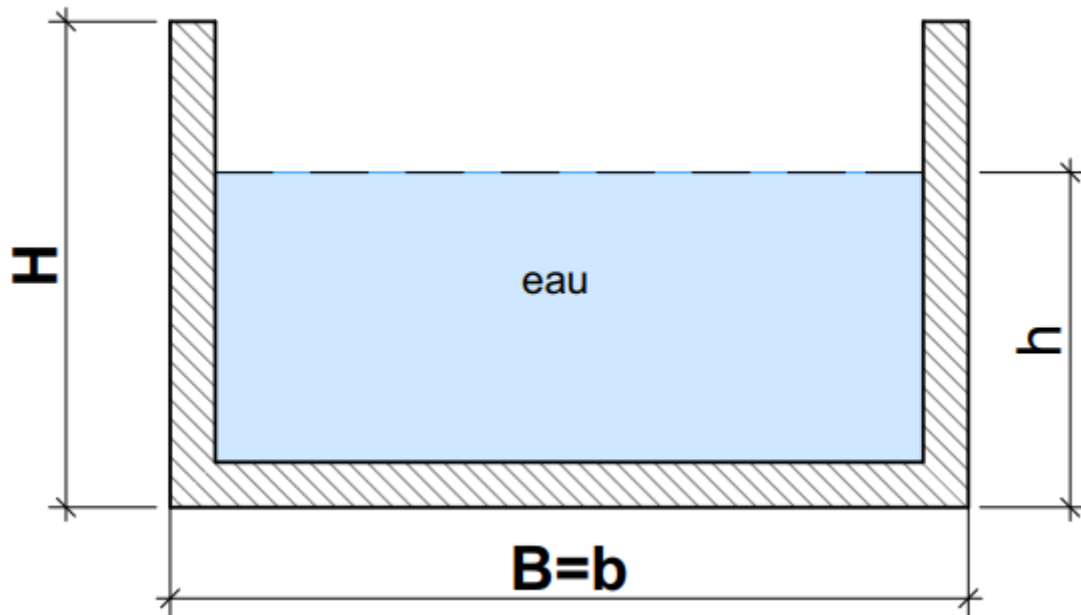


Figure III.3. Présente la géométrie du caniveau.

Par hypothèse, ce caniveau pourra drainer le débit trouvé avec une pente longitudinale de 1,5% présenté au tableau II.2 qui dépend de la nature des matériaux à utiliser. Pour notre cas nous utiliserons le béton de ciment et sa base (b) sera de 0,8m. Le paragraphe suivant, s'intéresse alors à calculer la vitesse d'écoulement pour déduire le tirant d'eau h et par conséquent, la hauteur du caniveau H en considérant une revanche de 15% de h .

III.2.2.2. Calcul de la vitesse drainée par le caniveau

La vitesse est calculée à partir de la formule de Manning suivante :

$$V = \frac{1}{\eta} \times R^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

$$R = \frac{Sm}{Pm}, \text{ avec } Sm = b \times h \text{ et } Pm = b + 2h$$

Sachant aussi que $Q = V \times S$, on a alors $V = Q/S$ (2)

Effectuant l'égalité (1) = (2), on aura :

$$\frac{1}{\eta} \times \frac{(b \cdot h)^{2/3}}{(b+2h)^{2/3}} \times i^{1/2} = \frac{Q}{bh}$$

$$\rightarrow \frac{1}{\eta} \times \frac{(b \cdot h)^{5/3}}{(b+2h)^{2/3}} \times i^{1/2} = Q$$

$$\rightarrow \frac{1}{\eta} \times (b \cdot h)^{5/3} \times i^{1/2} = Q (b + 2h)^{2/3}$$

Jérémie MALI VINDU « conception et dimensionnement d'un système d'évacuation d'eau stagnante sur une chaussée : application sur le tronçon GPI – AFIA BORA à Goma »

$$\rightarrow \left(\frac{1}{\eta}\right)^3 \times (b * h)^5 \times i^{3/2} = Q^3 (b + 2h)^2 \quad (3)$$

Application numérique :

$\eta = 0,015$ pour le béton de ciment

$b = 0,8m$

$Q = 1.2m^3 /s$ et $i = 0,015$

La relation ci-haut devient une équation à une seule inconnue h , telle que :

$$(1/0,015)^3 \times (0,8 \times h)^5 \times 0,015^{1.5} = 1.2^3 \times (0,8 + 2h)^2$$

Posons : $j = (1/0,015)^3 \times (0,8 \times h)^5 \times 0,015^{1.5}$ et $k = 1.2^3 \times (0,8 + 2h)^2$; pour nous permettre de résoudre cette équation au moyen du logiciel Excel.

La résolution de cette équation ci-haut au moyen du logiciel Excel telle que présentée au tableau suivant donne $h = 0.501m$

Table III.2.Détermination du tirant d'eau dans le caniveau

Hauteur h	Équation j	Équation K
0.497	5.41	5.56
0.498	5.46	5.57
0.499	5.52	5.59
0.5	5.57	5.6
0.501	5.63	5.61
0.502	5.69	5.62
0.503	5.74	5.64
0.504	5.8	5.65

Pour raison de réalisation sur terrain et en se plaçant du côté de la sécurité on retient, un tirant d'eau $h = 0.55m$.

Par conséquent, le rayon hydraulique sera :

$$Rh = \frac{Sm}{Pm} \quad \text{avec :}$$

Sm ; surface mouillée $Sm = b * h$ et Pm ; périmètre mouiller $Pm = b + 2h$.

$$R_h = \frac{b \cdot h}{b + 2h} = \frac{0.8 \cdot 0.51}{1 + 2 \cdot 0.51} = 0.31$$

On a donc: $V = (1/0.015) \times (0.31^{2/3}) \times (0.015^{1/2}) = \underline{\underline{3.7399\text{m/s}}}$

Nous constatons que :

$$3\text{m/s} \leq V = 3.7399\text{m/s} \leq 5\text{ m/s}$$

Nous allons retenir les valeurs suivantes :

$$b = 0.8\text{ m et } h = 0.55\text{ m}$$

Ainsi donc, comme la revanche autorisée pour le caniveau est de 15% du tirant d'eau, la hauteur totale du caniveau est par conséquent : $H = h + 0.15h = 0.55 + 0.15 \cdot 0.55 = \underline{\underline{0.6325\text{m}}}$

Ainsi trouver, nous pouvons retenir pour notre caniveau $\underline{\underline{H = 0.65\text{m}}}$

III.3. CONCLUSION PARTIELLE

Ce chapitre explicite le dimensionnement proprement dit du caniveau sur le tronçon d'étude. A partir des formules du chapitre précédent nous avons pu calculer les dimensions d'un caniveau pouvant évacuer les eaux pluviales à une vitesse acceptable.

CONCLUSION GENERALE

La République Démocratique du Congo dans son ensemble et plus particulièrement la ville de Goma présente beaucoup d'insuffisances en matière de construction hydrauliques. En tant que futur ingénieur civil, c'est notre responsabilité d'apporter des changements dès maintenant en proposant des solutions aux problèmes communautaires.

C'est dans ce contexte que nous avons choisi de traiter le sujet intitulé « Conception et dimensionnement d'un système d'évacuation d'eaux pluvieuses sur le tronçon GPI – AFIA BORA » afin d'apporter des propositions dans la résolution des problèmes liés à l'évacuation des eaux stagnantes, sur ce tronçon situé sur la RN2.

Ce travail a été subdivisé en trois chapitres hormis l'introduction et la conclusion générale.

Le chapitre premier donne diverses informations sur les effets de l'eau sur la structure routière, les généralités sur le drainage et assainissement routier, les ouvrages hydrauliques d'assainissement ainsi que les principes d'assainissement routier.

Le deuxième chapitre porte sur la méthodologie indispensable au dimensionnement des ouvrages longitudinaux d'assainissement comme les caniveaux. Dans un premier temps les formules de calcul de débit de ruissellement par la méthode rationnelle et la méthode de Caquot sont présentées et par la suite une méthode de dimensionnement générale basée sur le calcul de vitesse par la formule de Chézy et de Manning est proposée.

Enfin, le dernier chapitre dévoile les résultats de calcul de la capacité de l'ouvrage dimensionné répondant aux conditions d'auto curage et d'une vitesse non érosive en fonction de la pente de la canalisation. Les résultats démontrent qu'un caniveau de base 80cm et 65cm de hauteur répondrait bien à ces conditions avec une vitesse limite d'environ 4m/s.

Ce travail de fin de cycle nous a permis dans une certaine mesure, non seulement de consolider nos connaissances en hydraulique mais aussi de tenir compte contraintes hydrauliques dans la conception des routes afin d'accroître leurs durées de vie.

Étant cependant une œuvre humaine, nous faisons appel à l'indulgence de tous nos lecteurs pour les éventuelles imperfections qui pourraient être constatées et nous suggérons aux futurs chercheurs d'en combler les lacunes.

Jérémie MALI VINDU « conception et dimensionnement d'un système d'évacuation d'eau stagnante sur une chaussée : application sur le tronçon GPI – AFIA BORA à Goma »

BIBLIOGRAPHIE

- [1] K. NDUKWA, Dimensionnement d'un collecteur pour l'évacuation des eaux pluviales de la partie EST de l'aéroport de Goma tfc., Goma: ULPGL, 2020.
- [2] B. KIBANDJA, Conception et Dimensionnement d'un système d'évacuation des eaux de ruissellement de l'avenue Makengele Q.Katoyi, Goma: ULPGL, 2020.
- [3] Lycée-cherioux, L'eau : un élément accidentogène (l'assainissement routier), 2021.
- [4] Hydratec, Modélisation hydrologique et hydraulique des écoulements superficiels, 2007.
- [5] d. p. BTP. [En ligne]., «batiment et travaux publique ouvrage,» france, 2012.
- [6] Lycée-cherioux, Interférences entre routes et écoulements naturels (L'assainissement routier), 2021.
- [7] L. L. Espoir, Etude d'une voie servant à desenclaver le quartier périphérique Immo-Congo situé dans la ville de Boma en vue de faciliter l'implantation de nouvelles infrastructures, Kinshasa, 2015.
- [8] G. K. Djibril, «Cours de Routes,», Goma, 2022.
- [9] Lycée-cherioux, Principe de l'assainissement routier (L'assainissement routier), 2021.
- [10] B, les ponts routiers, 2022.
- [11] B, chambre de visite (route), 2021.
- [12] K. B. e. M. Damien, Le dimensionnement des réseaux d'assainissement des agglomérations, PICARDIE.
- [13] W. V. Manga, Etude d'une nouvelle voie de désenclavement devant faciliter les infrastructures publiques dans la périphérie de la ville de Mbuji-Mayi en RDC, Mbuji-Mayi, 2012.
- [14] P. A. MUSY, Hydrologie générale, SIE et GC, 2005.
- [15] P. TSHIULA, Cours des Routes G3 GC- UNIKIN,» cours inédit, Kinshasa, 2012.

Jérémie MALI VINDU « conception et dimensionnement d'un système d'évacuation d'eau stagnante sur une chaussée : application sur le tronçon GPI – AFIA BORA à Goma »

FSTA/ULPGL-GOMA/2022

