

**UNIVERSITE LIBRE DES PAYS DES GRANDS LACS**

**ULPGL**



**BP 368 GOMA**

**FACULTE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES**

**DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL**

**CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN SYSTÈME DE  
GESTION DES EAUX PLUVIALES EN MILIEU URBAIN :  
Cas du tronçon Terminus-ULPGL dans la ville de GOMA**

Présenté par KAYIHEMBAKO MULIVANDA Eulalie

Travail présenté et défendu en vue de l'obtention du  
diplôme de Bachelor en sciences de l'ingénieur

Directeur : Prof. Dr. MUHIWA AMBOKO

Encadreur : Ir Yvan KHASHI

**ANNEE ACADEMIQUE : 2024-2025**

## **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. »*

**Koffi Annan**

## **Dédicace**

A mes parents :

**PALUKU MALIRO Edmond et**

**KAHINDO KASONGYA Suzanne**

**KAYIHEMBAKO MULIVANDA Eulalie**

## **Remerciements**

Nous voici au terme de notre premier cycle de formation dans la Faculté des Sciences et Technologies, département de Génie Civil.

Il serait ingrat de notre part de ne pas exprimer notre profonde gratitude et d'adresser nos remerciements à tous ceux qui ont contribué de diverses manières à la réalisation de ce travail. En premier lieu, que la gloire soit infiniment rendue à notre Dieu Tout-Puissant qui, par son amour grand, nous a donné : vie, santé, courage pour la réalisation du présent travail.

Nos remerciements s'adressent aux autorités académiques ainsi qu'au corps professoral de l'Université Libre des Pays des Grands Lacs (ULPGL/GOMA), pour l'encadrement scientifique qu'ils nous ont assuré.

Au Prof. Dr. AMBOKO MUHIWA et à l'Ir BAHATI KHASHI Yvan qui nous ont dirigés dans la réalisation de ce travail et qui ont mis tout leur savoir-faire à notre profit, nous disons merci.

Nos remerciements s'adressent à mon père PALUKU MALIRO Edmond et à ma mère KAHINDO KASONGYA Suzanne ainsi qu'à nos frères et sœurs pour tous les efforts consentis pour qu'il ne nous manque de rien pour la réalisation de ce travail.

A tous ceux qui ont concouru de près ou de loin pour la réalisation de ce travail, que le Tout-Puissant vous comble de ses bénédictions.

KAYIHEMBAKO MULIVANDA Eulalie

## **Résumé**

Ce travail s'intéresse à la problématique de la gestion des eaux pluviales, qui constitue un défi majeur dans les villes en forte urbanisation comme Goma où l'imperméabilisation croissante des surfaces et l'insuffisance des infrastructures de drainage favorisent les inondations et la dégradation prématurée des routes. Le tronçon Terminus – ULPGL, plus précisément la section comprise entre le couvent des sœurs de Saint Vincent de Paul et le Complexe Scolaire Amani, est particulièrement exposé aux stagnations d'eau lors des épisodes pluvieuses, perturbant la circulation et compromettant la sécurité des usagers. L'étude a visé à identifier les causes de la stagnation, à identifier les paramètres essentiels pour concevoir et dimensionner un ouvrage d'évacuation des eaux pluviales sur ce tronçon ; mais également à définir le type d'ouvrage à dimensionner. Pour atteindre les objectifs qui ont été fixés ; la documentation a été consultée, et des descentes sur terrain ont été effectuées en temps de pluie afin de repérer le sens d'écoulement ainsi que les points d'accumulation des eaux pluviales. Les logiciels GOOGLE EARTH PRO, GLOBAL MAPPER, et AUTODESK CIVIL 3D ont été utilisés pour l'élaboration des cartes, des dessins, et des caractéristiques topographiques du milieu d'étude. D'autres programmes, comme EPA SWMM, ont également été exploités pour le dimensionnement de l'ouvrage et la simulation de leur fonctionnement. Les résultats de l'étude ont conduit à la conception d'un caniveau en béton ciment dimensionné pour transporter un débit maximal de **1,651 m<sup>3</sup>/s**, de sections rectangulaires de dimensions **0,80m × 1,00m** pour la conduite 1 et **0,80m × 1,00m** (diminuant progressivement vers l'exutoire) pour la conduite 2, La validation des performances du réseau proposé via simulation démontrant que le dimensionnement est adapté et conforme aux exigences techniques.

Mots clés : eaux pluviales, drainage urbain, bassin versant, dimensionnement hydraulique, système de gestion, Goma, Terminus - ULPGL

## **Abstract**

This work focuses on the issue of stormwater management, which constitutes a major challenge in rapidly urbanizing cities such as Goma, where increasing surface impermeabilization and insufficient drainage infrastructure promote flooding and premature road deterioration. The Terminus – ULPGL section, specifically the portion between the convent of the Sisters of Saint Vincent de Paul and the Amani School Complex, is particularly exposed to water stagnation during rainy episodes, disrupting traffic and compromising user safety. The study aimed to identify the causes of water stagnation, determine the essential parameters for designing and sizing a stormwater drainage structure for this section, and define the type of structure to be implemented. To achieve these objectives, relevant documentation was reviewed, and field surveys were conducted during rainfall events to observe flow directions and identify points of stormwater accumulation. Software tools such as GOOGLE EARTH PRO, GLOBAL MAPPER, and AUTODESK CIVIL 3D were used to develop maps, drawings, and topographic characteristics of the study area. Other programs, including EPA SWMM, were also utilized for the design of the drainage structure and simulation of its performance. The study results led to the design of a concrete gutter sized to carry a maximum flow of **1.651 m<sup>3</sup>/s**, with rectangular sections measuring **0,80 m × 1,00 m** for conduit 1 and **0,80 m × 1,00 m** (with height gradually decreasing to reach the natural ground level) for conduit 2. Validation of the proposed network's performance through simulation demonstrated that the sizing is appropriate and compliant with technical requirements.

Keywords : stormwater, urban drainage, watershed, hydraulic sizing, management system, Goma, Terminus – ULPGL

## **Table des matières**

|                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| Epigraphe .....                                               | ii  |
| Dédicace.....                                                 | iii |
| Remerciements.....                                            | iv  |
| Résumé.....                                                   | v   |
| Table des matières .....                                      | vii |
| Liste des abréviations.....                                   | x   |
| Liste des tableaux.....                                       | xi  |
| 0. Introduction générale .....                                | 1   |
| 0.1 Contexte .....                                            | 1   |
| 0.2 Identification et formulation du problème .....           | 2   |
| 0.3 Questions de recherche .....                              | 3   |
| 0.4 Formulation des hypothèses.....                           | 4   |
| 0.5 Enoncé des objectifs .....                                | 4   |
| 0.5.1 L'objectif général.....                                 | 4   |
| 0.5.2 Les objectifs opérationnels/spécifiques .....           | 4   |
| 0.6 Justification et choix du sujet.....                      | 5   |
| 0.7 Subdivision du travail .....                              | 5   |
| Chapitre 1 GÉNÉRALITÉS SUR LES ROUTES ET ASSAINISSEMENT ..... | 6   |
| 1.1 INTRODUCTION .....                                        | 6   |
| 1.2 GÉNÉRALITÉS SUR LES ROUTES .....                          | 6   |
| 1.2.1 Définition .....                                        | 6   |

# CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN SYSTEME DE GESTION DES EAUX PLUVIALES EN MILIEU URBAIN : cas du tronçon terminus ULPGL à Goma

---

|                                                             |                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----|
| 1.2.2                                                       | Historique.....                                     | 7  |
| 1.2.3                                                       | Composante d'une route .....                        | 7  |
| 1.2.4                                                       | Classification administrative des routes [5] .....  | 10 |
| 1.2.5                                                       | Caractéristiques géométriques de la route [5].....  | 10 |
| 1.3                                                         | GÉNÉRALITÉS SUR L'ASSAINISSEMENT .....              | 11 |
| 1.3.1                                                       | Définition des concepts des bases.....              | 11 |
| 1.3.2                                                       | Risques causés par l'eau sur la route [11].....     | 24 |
| 1.3.3                                                       | Techniques de collecte des eaux pluviales [5] ..... | 27 |
| 1.3.4                                                       | Choix de la technique de collecte [5].....          | 28 |
| 1.4                                                         | CONCLUSION PARTIELLE .....                          | 29 |
| Chapitre 2 MÉTHODOLOGIE DU TRAVAIL .....                    |                                                     | 30 |
| 2.1                                                         | INTRODUCTION .....                                  | 30 |
| 2.2                                                         | PARAMETRES TECHNIQUES .....                         | 30 |
| 2.2.1                                                       | Présentation du milieu d'étude.....                 | 30 |
| 2.2.2                                                       | Paramètres géométriques et topographiques.....      | 32 |
| 2.2.3                                                       | Paramètres hydrologiques.....                       | 34 |
| 2.2.4                                                       | Paramètres hydrauliques .....                       | 38 |
| 2.3                                                         | DIMENSIONNEMENT DU CANAL .....                      | 44 |
| 2.3.1                                                       | Formule de Manning Strickler [14] .....             | 44 |
| 2.3.2                                                       | Formule de CHEZY [14] .....                         | 46 |
| 2.3.3                                                       | Choix du type d'ouvrage [15] .....                  | 46 |
| 2.4                                                         | PRÉSENTATION DES LOGICIELS.....                     | 47 |
| 2.4.1                                                       | Google Earth Pro [13].....                          | 47 |
| 2.4.2                                                       | Global Mapper [13].....                             | 47 |
| 2.4.3                                                       | EPA SWMM [15] .....                                 | 47 |
| 2.4.4                                                       | Civil 3D [13].....                                  | 48 |
| 2.5                                                         | CONCLUSION PARTIELLE .....                          | 49 |
| Chapitre 3 PRÉSENTATION ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS ... |                                                     | 50 |

# **CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN SYSTEME DE GESTION DES EAUX PLUVIALES EN MILIEU URBAIN : cas du tronçon terminus ULPGL à Goma**

---

|       |                                            |    |
|-------|--------------------------------------------|----|
| 3.1   | INTRODUCTION .....                         | 50 |
| 3.2   | CONCEPTION DU RÉSEAU D'ASSAINISSEMENT..... | 50 |
| 3.2.1 | Détermination du débit à évacuer .....     | 50 |
| 3.2.2 | Choix et traçage du réseau .....           | 53 |
| 3.3   | DIMENSIONNEMENT DU CANIVEAU .....          | 55 |
| 3.4   | SIMULATION AVEC EPA SWMM .....             | 59 |
| 3.5   | CONCLUSION PARTIELLE .....                 | 60 |
|       | Conclusion générale.....                   | 61 |
|       | Bibliographie.....                         | 63 |
|       | ANNEXES .....                              | 64 |

## **Liste des abréviations**

CAO : Conception Assistée par Ordinateur  
CIEH : Comité Interafricain d'Études Hydrauliques  
EPA : Environmental Protection Agency  
IRD : Institut de Recherche pour le Développement  
ORSTOM : Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer  
RAU : Réseau d'Assainissement Urbain  
RN2 : Route Nationale n°2  
SBV : Sous Bassin Versant  
SIG : Système d'Information Géographique  
SWMM : Storm Water Management Model  
S.S.O : Storm Sewer Overflow  
C.S.O : Combined Sewer Overflow  
ULPGL : Université Libre des Pays des Grands Lacs

## **Liste des tableaux**

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau 2-1 Valeur du coefficient de ruissellement de quelques surfaces [13] ..... | 36 |
| Tableau 2-2 Valeur du coefficient de ruissellement selon les secteurs .....        | 37 |
| Tableau 2-3 Quelques valeurs usuelles de la rugosité de la paroi .....             | 43 |
| Tableau 2-4 Valeur du coefficient de Manning [15] .....                            | 45 |
| Tableau 3-1 Résultat du calcul du débit.....                                       | 53 |
| Tableau 3-2 Présentation des résultats .....                                       | 57 |
| Tableau 3-3 Résultats après simulation .....                                       | 58 |
| Tableau 3-4 Dimension géométrique du caniveau.....                                 | 58 |
| Tableau 3-5 Valeurs obtenues avec EPA SWMM.....                                    | 60 |

## **0. Introduction générale**

### **0.1 Contexte**

L'eau, élément vital indispensable à toute forme de vie, joue un rôle crucial dans l'équilibre des écosystèmes et le développement des activités humaines. Cependant, lorsqu'elle se manifeste sous forme de précipitations intenses en milieu urbain, elle peut rapidement se transformer en une source de problèmes majeurs. L'eau est source de vie, mais cette ressource inestimable peut aussi devenir une très grande contrainte pour la construction. [1]

Les villes africaines connaissent une urbanisation rapide, souvent non planifiée, qui engendre de multiples défis liés à l'aménagement du territoire, aux infrastructures et à l'environnement. Parmi ces défis, la gestion des eaux pluviales s'impose comme une problématique majeure, en particulier dans les zones urbaines où l'imperméabilisation des sols augmente considérablement le ruissellement, provoquant inondations, dégradations routières et insalubrité. [1]

En Afrique centrale et dans plusieurs grandes métropoles telles que Kinshasa, Douala ou Lagos, l'absence de réseaux performants de drainage favorise l'apparition d'inondations récurrentes qui perturbent la mobilité, accélèrent la dégradation des routes et exposent les populations à des risques sanitaires importants. De nombreuses études soulignent l'importance de mettre en place des ouvrages d'assainissement efficaces, conçus à partir d'une approche intégrée prenant en compte la topographie, les caractéristiques des bassins versants et les données hydrologiques locales. [2], [3]

La ville de Goma n'échappe pas à cette réalité. En raison de sa situation géographique, de sa topographie particulière marquée par des zones en pente, ainsi que du manque d'un réseau de drainage performant, elle est régulièrement confrontée à des épisodes de stagnation des eaux pluviales. Ces accumulations entraînent la dégradation rapide des infrastructures routières, ralentissent la circulation et mettent en danger la sécurité des usagers.

Des travaux antérieurs ont montré l'importance de la prise en compte de la topographie, du calcul des bassins versants, de la prévision des intensités pluviométriques et du bon dimensionnement des ouvrages pour garantir une gestion durable des eaux de ruissellement. [1], De nombreux auteurs insistent sur l'approche intégrée, associant les données hydrologiques, environnementales et urbaines, pour concevoir des systèmes efficaces, surtout dans les villes en forte expansion démographique.

Dans ce contexte, il devient indispensable de concevoir une solution technique, durable et adaptée à la réalité du terrain. Cela passe par une étude approfondie du bassin versant concerner, le calcul des débits pluviaux attendus, la vérification de la topographie et le dimensionnement d'ouvrages de drainage efficaces. Cette démarche s'inscrit dans une logique de développement urbain durable et vise à améliorer les conditions de vie des populations locales.

## **0.2 Identification et formulation du problème**

Le tronçon Terminus – ULPGL, plus précisément la section comprise entre le couvent de sœurs de Saint Vincent de Paul et le complexe scolaire Amani, constitue l'un des points les plus sensibles de la ville en matière de gestion des eaux pluviales. Cette zone, située à la convergence de plusieurs axes majeurs notamment la RN2, la route Nyabushongo et la route de l'ULPGL reçoit d'importants volumes d'eau provenant des pluies, des chaussées pavées et des nombreuses ruelles environnantes.

La route Nyabushongo, située en altitude par rapport au tronçon Terminus – ULPGL, ne dispose d'aucun dispositif de drainage, ce qui favorise un ruissellement concentré vers le bas de la pente. Les avenues adjacentes, souvent imperméabilisées, n'assurent pas non plus l'infiltration naturelle des eaux. À cela s'ajoute l'absence d'un système de drainage efficace sur la chaussée principale, ce qui transforme la route elle-même en collecteur lors des pluies. Les collecteurs existants sont soit obstrués, soit fortement sous-dimensionnés au regard du débit réel généré par le bassin versant.

Ainsi, à chaque épisode pluvieux, une accumulation importante d'eau est observée, provoquant des stagnations persistantes, des perturbations de la circulation, une détérioration rapide de la chaussée, et un risque accru d'accidents pour les usagers.

Pour y faire face et afin de ménager cette ressource, les ouvrages d'assainissement et de drainage entrent en scène. Les ouvrages de drainage servent à recueillir les eaux de pluie s'écoulant sur une plateforme ainsi que les eaux d'écoulement provenant des talus ou des bassins versants, mais également les eaux d'infiltration. La fonction principale d'un ouvrage d'assainissement est d'assurer la collecte, le transport, mais également la rétention des eaux usées ainsi que des eaux pluviales en procédant à leur prétraitement suivi de leur traitement avant de finalement les rejeter dans le milieu naturel. [1]

Il est donc impératif de concevoir une solution globale et intégrée, capable de répondre à ce besoin, tout en assurant une gestion cohérente et efficace des eaux pluviales à l'échelle urbaine.

### **0.3 Questions de recherche**

Eu égard à ce qui précède, nous nous sommes posé les questions suivantes pour parvenir aux résultats :

- Quels sont les paramètres techniques nécessaires pour concevoir et dimensionner un système efficace de gestion des eaux pluviales sur le tronçon Terminus – ULPGL plus précisément entre le couvant des sœurs de **Saint Vincent de Paul** et le **Complexe Scolaire Amani** à Goma ?
- La conception d'un canal de drainage répondant aux données topographiques du milieu permettrait-elle de prévenir les inondations sur ce tronçon ?

En adoptant une approche intégrée et multidisciplinaire, il est possible de concevoir un système de gestion des eaux pluviales résilient, capable de protéger les populations et les infrastructures contre les aléas climatiques, tout en préservant la qualité de l'environnement urbain.

## **0.4 Formulation des hypothèses**

En vue de répondre aux questions ci-haut mentionnées, nous avons établi les hypothèses suivantes :

- ✓ La performance d'un système de gestion des eaux pluviales dépend principalement des caractéristiques hydrologiques du bassin versant, de la pluviométrie locale et des paramètres topographiques du site.
- ✓ Un canal correctement dimensionné, respectant les données topographiques du milieu (la pente naturelle, les caractéristiques du sol, ...), permettrait d'évacuer efficacement les eaux pluviales et d'éviter leur accumulation.

## **0.5 Enoncé des objectifs**

### **0.5.1 L'objectif général**

L'objectif général poursuivi dans cette étude est de concevoir un ouvrage de drainage fonctionnel et adapté au tronçon Terminus-ULPGL.

### **0.5.2 Les objectifs opérationnels/spécifiques**

Dans ce travail, il s'agit de :

- Identifier les paramètres clés (pente, superficie du bassin versant, pluviométrie, etc.) permettant de concevoir un système de drainage fonctionnel et adapté.
- Concevoir un canal de drainage optimisé en fonction des données relevées sur le terrain et du profil altimétrique du tronçon étudié.

## **0.6 Justification et choix du sujet**

Ce travail présente un intérêt majeur à plusieurs niveaux. Sur le plan scientifique et académique, il contribue à enrichir les connaissances relatives à la gestion des eaux pluviales en milieu urbain. Sur le plan social, l'étude apporte une réponse pratique à un problème réel touchant quotidiennement la population du tronçon Terminus – ULPGL, en améliorant la mobilité, en réduisant les risques d'inondation et en préservant la durabilité des infrastructures routières. Enfin, du point de vue personnel, ce travail représente une occasion de mettre en pratique les compétences acquises en génie civil, d'approfondir la maîtrise des outils hydrauliques et topographiques, et de contribuer utilement au développement de la ville de Goma.

## **0.7 Subdivision du travail**

Outre l'introduction et la conclusion générale, ce travail comporte trois chapitres dont le premier traite des généralités sur les chaussées et l'assainissement routier, le deuxième chapitre présente la méthodologie et enfin le troisième chapitre parle de l'analyse et l'interprétation des résultats.

# **Chapitre 1**

## **GÉNÉRALITÉS SUR LES ROUTES ET ASSAINISSEMENT**

### **1.1 INTRODUCTION**

L'étude d'un projet de gestion des eaux pluviales en milieu urbain nécessite la connaissance de notions générales sur la route et l'assainissement routier. D'une part, les généralités sur la route permettent de comprendre ses composantes, ses caractéristiques géométriques et fonctionnelles, ainsi que son interaction avec l'environnement. D'autre part, les notions liées à l'assainissement routier concernent les principes et les ouvrages de collecte, de canalisation et d'évacuation des eaux pluviales, indispensables pour préserver la durabilité de la chaussée et assurer la sécurité des usagers. Ces notions sont importantes car elles nous permettent d'acquérir certaines connaissances qui nous seront utiles lors du dimensionnement du système de drainage des eaux pluviales. Dans ce chapitre nous allons voir toutes ces notions.

### **1.2 GÉNÉRALITÉS SUR LES ROUTES**

#### **1.2.1 Définition**

La voirie ou la route peut être définie comme une structure conçue et dimensionnée pour garantir l'écoulement du trafic dans de bonne condition de visibilité, de sécurité et de confort pour les usagers et assuré une bonne fonction durant la période de service minimal du projet. [4]

La route étant l'une de voies de communication usuelles pour l'homme, elle facilite la circulation des véhicules et les échanges des produits commerciaux, culturels, technologiques, etc. d'une ville à une autre, d'un pays à un autre.

Mais, bien construite ou mal construite, la route finit toujours par se dégrader, le processus de dégradation étant bien entendu plus important lorsque certaines faiblesses sont signalées aux étapes de conception géométrique et de construction.

### **1.2.2 Historique**

La route est née du passage répète des hommes et des animaux sur un même itinéraire.

Au temps de la Rome Antique les voies été réalisé en creusant des tranchés remplis de pierres concassées, de couches de pierres liées par la terre et compactées fermement et un dallage de pierre massive constituant de la surface de roulement.

La route a connu une évolution figurante au cours du temps. De nos jours les chaussées modernes sont dotées d'une vaste plateforme. Dotée de chaussée de part et d'autre, et bordée de large accotement. [4]

### **1.2.3 Composante d'une route**

**1.2.3.1 La plateforme routière :** c'est la surface de la route qui comprend une ou plusieurs chaussées, les accotements et éventuellement un terre-plein central.

**1.2.3.2 La chaussée :** c'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules. La route peut être à chausse unique ou à chaussées séparées par un terre-plein central.

#### **a) Constitution d'une chaussée [5]**

La chaussée est un ensemble des couches de matériaux disposés pour supporter la circulation des véhicules sur un terrain bien préparé. Pour les chaussées revêtues, on note du bas vers le haut :

- La plateforme : correspond au terrain occupant les parties supérieures des terrassements. Elle doit être suffisamment rigide pour supporter les engins de terrassement.
- La couche de forme : constitue un élément de transition mise en œuvre à partir de l'arase du terrassement en fonction des caractéristiques du sol. Elle assure une certaine homogénéisation afin de mieux répartir les charges sur le terrain supporté.

- La couche de fondation : elle est l'élément de la structure de la chaussée placée au contact de la plateforme ou de la couche de forme. Son rôle est de résister aux efforts verticaux à la couche de base et d'assurer une bonne répartition des charges sur les couches inférieures afin que les précisions qui en résulte au niveau restent dans les limites admissibles. Selon la nature du trafic, la couche de fondation est constituée des graves naturelles ou traitées.
- La couche de base : Elle est l'élément d'une structure soumise directement aux efforts provenant des couches de surface. Elle permet également le réglage des pentes de la chaussée. Selon le trafic, elle se compose de graves, ou matériaux concassés.
- La couche de liaison : correspond à la partie inférieure des éléments de surface. Elle permet d'éviter les orniérages de la chaussée. Elle doit avoir une bonne planimétrie et posséder des caractéristiques mécaniques et géométriques voisine de la couche de roulement. Elle permet ainsi d'avoir une bonne adhérence entre la couche de roulement et la couche de base. Elle est réalisée en béton bitumineux.
- La couche de roulement : correspond au revêtement superficiel de la chaussée. Elle doit présenter les caractéristiques requises pour répondre aux contraintes dues à la circulation des véhicules. Elle possède également de bonne qualité de surface : être parfaitement unie, offrir une adhérence satisfaisante, ne pas constituer une source de nuisance sonore.

**b) Types de chaussées [4]**

- Les chaussées souples : on appelle chaussée souple, une chaussée dont l'assise est constituée de matériaux non traités surmonté de couche de roulement en béton bitumineux.
- Les chaussées bitumineuses : on appelle chaussée bitumineuse, une chaussée dont l'assise est constituée de matériaux traités au liant hydrocarboné (grave bitume), surmonté de couche de roulement en béton bitumineux.

- Les chaussées semi-rigides : on appelle chaussée semi-rigide, une chaussée dont l'assise est constituée de matériaux traités au liant hydraulique, surmonté de couche de roulement en béton bitumineux.
- Les chaussées rigides : on appelle chaussée rigide, une chaussée dont l'assise est en matériaux traitée au liant hydraulique, surmonté de couche de roulement en béton de ciment.
- Les chaussées mixtes : on appelle chaussée mixte, une chaussée dont la couche de fondation est en matériaux traités au liant hydraulique, la couche de base en matériaux traitée au liant hydrocarboné et surmonté d'une couche de roulement en béton bitumineux.
- Les chaussées inverses : on appelle chaussée inverse, une chaussée dont la couche de fondation est en matériaux traitée au liant hydraulique, la couche de base en matériaux naturel et surmonté d'une couche de roulement en béton bitumineux.

#### **1.2.3.3 Les ouvrages annexes [5]**

- Accotement : est une partie de la plateforme aménagée entre la chaussée et le talus. Il a pour rôle, support latéral à la structure de la chaussée, refuge aux véhicules arrêtés ou en panes, permet la circulation des véhicules d'urgence, protège l'automobiliste lors du dépassement imprévu en lui évitant une collision frontale
- Trottoirs : sont des accotements spécialement aménagés dans les zones urbaines pour la circulation permanente et fréquente des piétons.
- Talus : est une partie de la route comprise entre l'accotement et le fossé. Il joue le rôle de stabilisation de la route, évacuation des eaux, sécurité routière, intégration paysagère.
- Fossés : est une excavation pouvant être aménagée de part et d'autre de la plateforme, destinée à assainir la plateforme en collectant les eaux de ruissellement.

#### **1.2.4 Classification administrative des routes [5]**

##### **1.2.4.1 Routes communales**

Les chemins communaux constituent un maillon important dans le réseau routier, elles permettent la liaison des villages au réseau principale de routes. Elles peuvent s'étendre sur une ou plusieurs communes, entretenues par les collectivités locales.

##### **1.2.4.2 Routes régionales (wilaya)**

Les routes régionales relient le réseau de routes communales au réseau national. Ces routes peuvent desservir uniquement la wilaya et sont à la charge de celle-ci comme ils peuvent desservir deux wilayas avoisinantes.

##### **1.2.4.3 Routes nationales**

Les routes nationales sont d'intérêt commun pour plusieurs wilayas ou pour le pays entier. Elles constituent des itinéraires inter-wilaya qui supportent un grand trafic.

##### **1.2.4.4 Autoroutes**

Les autoroutes sont des routes nationales d'une catégorie spéciale, elles sont constituées de deux chaussées unidirectionnelles séparées par un terre-plein central, ne comportant aucun passage ou carrefour à niveau. Les autoroutes sont réservées à la circulation mécanique rapide et ne sont accessible qu'à des points spécialement aménagés.

#### **1.2.5 Caractéristiques géométriques de la route [5]**

Les caractéristiques géométriques désignent l'ensemble des éléments qui définissent la forme, les dimensions et le tracé de la route dans l'espace. Elles permettent d'assurer la sécurité, le confort, la visibilité et la fluidité de la circulation.

#### **1.2.5.1 Le tracé en plan**

Le tracé en plan est une succession de droites (alignement droits), de courbes en arcs de cercle. Du tracé en plan découle la vue en plan d'une route qui correspond à la projection orthogonale de l'ouvrage sur le plan horizontal.

#### **1.2.5.2 Le profil en long**

Le profil en long également appelé profil longitudinal, est une représentation graphique de l'alignement vertical d'un projet d'infrastructure linéaire, comme une route, une voie ferrée ou un canal. Il montre l'altitude de la surface du sol le long de l'axe central du projet, offrant une compréhension claire de la topographie du projet et des changements d'altitude sur sa longueur.

#### **1.2.5.3 Le profil en travers**

Le profil en travers est une représentation graphique en coupe transversale d'un ouvrage linéaire, comme une route, une voie ferrée, un remblai. Il permet de visualiser la forme et les dimensions de l'ouvrage à un endroit précis de son tracé.

#### **1.2.5.4 Le devers**

Le devers de la route est la pente transversale de la chaussée, il permet l'évacuation des eaux pluviales. Dans les raccordements courbes en plan, le devers assure la stabilité des véhicules.

### **1.3 GÉNÉRALITÉS SUR L'ASSAINISSEMENT**

#### **1.3.1 Définition des concepts des bases**

##### **1.3.1.1 Assainissement [5]**

L'assainissement routier est un ensemble de techniques visant à collecter, évacuer et traiter les eaux pluviales, les eaux de ruissellement et les eaux usées présentes sur la chaussée et dans les accotements des routes. Il joue un rôle crucial dans la construction et la maintenance des infrastructures routières, en garantissant leur sécurité, leur durabilité et leur performance environnementale.

**a) Nature des eaux à évacuer [6]**

- **Les eaux pluviales**

Les eaux pluviales susceptibles d'être reçues dans un réseau d'égouts comprennent, outre les eaux météoriques recueillies directement sur la surface concernée, les eaux qui, du fait de la topographie ou de la main de l'homme, transitent par cette surface, soit qu'elles ruissellent sur le terrain, soit quelles y soient amenées par d'autres canalisations souterraines (eaux de pluie, de drainage ou de source).

Les eaux pluviales, douces et exemptes à leur formation de toute impureté, se chargent, dans l'atmosphère, de gaz dissous et de matières en suspension et en solution, et même de produits nocifs au-dessus des grandes cites industrielles, ainsi que de bactéries.

Après ruissellement sur les chaussées ou dans les caniveaux, ces eaux se chargent également de produits non fermentescibles (sables, abrasion des chaussées, huiles, graisses), ainsi que de produits organiques dus aux animaux vivant avec l'homme (oiseaux, animaux domestiques) et aux résidus d'ordures ménagères, malgré le développement de la collecte hermétique ou en sacs plastiques.

On comprend aisément que les eaux des petites pluies ou, mieux, les premières eaux des fortes averses soient beaucoup plus polluées que des eaux pluviales courantes : c'est une considération à ne pas oublier dans le choix d'un système d'évacuation. La quantité d'eaux dépend essentiellement du caractère de l'agglomération ; dans l'ensemble, elles seront plus chargées en produits minéraux (sables) et en huiles dans les zones fortement urbanisées et plus chargées en matières organiques dans les agglomérations rurales où l'on pratique l'élevage (excréments du bétail, purin, etc.).

- **Les eaux usées**

Les eaux usées comprennent les effluents urbains ainsi que les effluents industriels. Par effluents urbains, il faut comprendre les eaux d'entraînement des déchets domestiques, évier, salles d'eaux, WC, ainsi que les eaux de services publics, lavage des rues et des caniveaux. Les effluents industriels comprennent toutes les eaux susceptibles d'être rejetées par les industries,

c'est-à-dire, outre les eaux à caractère domestique (personnel), les eaux de fabrication et les eaux de refroidissement.

Les eaux usées urbaines comprennent les eaux de service public et les eaux ménagères. Les eaux de service public utilisées pour le lavage des rues et des caniveaux ont généralement leur origine dans le réseau d'eau sous pression de l'agglomération, et elles présentent les mêmes caractéristiques chimiques. Leur pollution est sensiblement celle des petites pluies ; en système séparatif, elles suivent d'ailleurs le sort des eaux pluviales.

- **Les eaux industrielles**

La pollution des eaux industrielles varie de manière considérable suivant la nature de l'industrie et l'utilisation des eaux :

- Les eaux utilisées par le personnel ont pratiquement la même composition que les eaux domestiques ;
- Les eaux de refroidissement n'ont, en principe, pas d'autre pollution que leur température  $\theta$ , qui ne devrait pas dépasser 30 °C au rejet à l'égout ;
- Les eaux de fabrication sont évidemment très variables. On peut les classer en trois catégories :
  - ✓ Les eaux à pollution minérale ; elles ont en particulier pour origine les industries minières et sidérurgiques, les sucreries (lavage des betteraves), les centrales thermiques à charbon (lavage des fumées),
  - ✓ Les eaux à pollution organique en provenance des industries agricoles et alimentaires ; certaines doivent parfois subir un prétraitement avant rejet dans le réseau public général
  - ✓ Les eaux à pollution chimiques dangereuse pour le traitement biologique : par exemple, industries de traitement de surface (cyanures), pelanage en tanneries (sulfures), tannage au chrome, fabriques de pâte à papier (sulfures).

**b) Les différents types d'assainissement [7]**

Il existe trois types d'assainissement : l'assainissement collectif, l'assainissement non collectif et l'assainissement semi collectif. L'application de l'un ou de l'autre dépend du zonage d'assainissement appliqué à la parcelle concernée.

- **L'assainissement non collectif :**

C'est l'assainissement des eaux usées qui ne sont pas raccordées au réseau public des eaux usées. On trouve généralement ce mode d'assainissement (fosses septiques par exemple) en milieu rural, car il est adapté aux habitations isolées. Défectueuses, ces installations peuvent constituer un risque pour la santé ou l'environnement. C'est pourquoi elles doivent être entretenues et contrôlées régulièrement par le service public d'eau et d'assainissement et faire l'objet, si nécessaire, de travaux.

- **L'assainissement collectif :**

L'assainissement collectif désigne le système d'assainissement dans lequel les eaux usées sont collectées et acheminées vers une station d'épuration pour y être traitées avant d'être rejetées dans le milieu naturel. Ce type d'assainissement comprend les réseaux de collecte et les équipements de traitement (la station d'épuration).

- **L'assainissement semi-collectif :**

Encore appelé système à petits diamètres, le système d'assainissement semi collectif est une technologie d'évacuation d'excrétas qui donne beaucoup d'avantages mais reste encore peu connus dans nos pays. Dans ce système, les eaux domestiques passent d'abord dans les fosses septiques étanches d'interception où les composés organiques subissent une fermentation anaérobie qui les transforme en boue et les particules solides se décantent sous l'action de la gravité. Le filtrat obtenu est exempté de tout déchet solide et est évacué dans le réseau d'égout mis en place à l'occasion pour gagner l'exutoire. Cependant, compte tenu de la petitesse des diamètres de la canalisation, l'introduction accidentelle de particules solides dans le réseau peut engendrer des obstructions de conduites et causer un dysfonctionnement total de tout le système mis en place.

### **1.3.1.2 Réseau d'assainissement urbain [7]**

Les réseaux d'assainissement urbains (RAU) sont constitués d'un ensemble de composantes hydrauliques comprenant des conduites, des regards, des puisards, des stations de pompage, des bassins de retenue et différents ouvrages de contrôle. Leur mission principale est la collecte et l'évacuation adéquate des eaux usées vers une station de traitement ou vers un lieu de déversement approprié.

#### **a) Les systèmes d'évacuation des eaux usées et des eaux pluviales :**

L'établissement d'un réseau d'assainissement urbain doit répondre, en général, à deux préoccupations :

- Éliminer les eaux usées domestiques et industrielles pour assurer l'hygiène publique tout en évitant la pollution des milieux naturels ;
- Évacuer de façon adéquate les eaux pluviales pour empêcher l'inondation des zones urbaines et assurer la sécurité des citoyens.

L'ensemble de ces eaux est capté puis évacué par le réseau d'assainissement. Une station de traitement est conçue à l'aval de ce dernier pour traiter les eaux usées. Lorsque la capacité de la station est dépassée, le surplus de ces eaux usées est rejeté directement par des déversoirs d'orage. Pour un système unitaire, le déversement est connu sous le nom C.S.O (Combined Sewer Overflow) et SSO (Storm Sewer Overflow) pour un système pluvial.

Il est permis d'imaginer un ou plusieurs réseaux de canalisations où l'effluent s'écoule généralement gravitairement, mais qui peut, dans certaines sections, se comporter en écoulement forcé.

#### **b) Définition des divers systèmes [7]:**

La collecte peut s'effectuer dans le cadre de plusieurs systèmes. Le choix entre les systèmes doit être étudié au regard des caractéristiques locales.

- Système unitaire :

Le système unitaire évacue les eaux usées et les eaux pluviales par un seul réseau.

Les volumes à traiter sont donc beaucoup plus importants par temps de pluie que dans un réseau séparatif. Le système unitaire est généralement équipé de déversoirs d'orage ou de bassin de stockage permettant le rejet direct d'une partie des eaux en cas de pluies importantes et évitant ainsi de surcharger les outils de traitement.

Souvent, l'adoption d'un réseau unitaire est liée à l'existence préalable d'un réseau pluvial récupérable. En secteur rural, la faible importance des surfaces imperméabilisées peut rendre le réseau unitaire adapté, sous réserve de milieux récepteurs acceptant des surverses (déversoirs d'orage) et de stations d'épuration supportant des à-coups hydrauliques.

- Système séparatif :

A la différence du système unitaire, le système séparatif évacue les eaux usées domestique dans un réseau spécifique. Ce système est fréquemment adopté par un grand nombre de collectivités rurales et convient également au développement géographique de nouveaux quartiers urbains. Il permet d'évacuer rapidement et efficacement les eaux les plus polluées, sans aucun contact avec l'extérieur. Il assure à la station d'épuration un fonctionnement équilibré du fait de débits réguliers. Lorsqu'elles sont collectées, les eaux pluviales sont dans un réseau séparé. Elles peuvent également être dispersées sur place ; la tendance est de plus en plus, en ce domaine, à la gestion des eaux pluviales sur la parcelle de l'habitation.

- Système pseudo séparatif :

Le système pseudo séparatif, actuellement peu préconisé dans la conception d'un nouvel équipement, est un système dans lequel on divise les apports d'eaux pluviales en deux parties :

- L'une provenant uniquement des surfaces de voirie, qui s'écoule par des ouvrages particuliers déjà conçue pour cet objet par les services de la voirie municipale : caniveaux aqueducs, fossés avec évacuations directes dans la nature.
- L'autre provenant des toitures et cours intérieurs qui sont raccordées au réseau d'assainissement, à l'aide des mêmes branchements que des eaux usées domestiques

- Le système composite :

Ce système prévoit la dérivation partielle, en vue de leur épuration, des eaux pluviales les plus polluées vers les eaux usées au moyen de divers dispositifs. Le système hybride est une réalité dans les grandes villes, où l'évolution des structures a développé selon l'opportunité des solutions non classiques, tenant compte des contraintes locales et comportant des ouvrages d'interconnexion, des dérivations, des pompages de reprises, des vannages, des stockages et des restitutions différées.

Le système composite est parfois une variante du système séparatif.

- Système non gravitaire (Sous pression) :

Il est évident que les systèmes non gravitaires (que l'on appelle aussi transferts forcés) permettent, dans un réseau d'agglomération relief varié, d'éviter des sur profondeurs excessives et onéreuses des canalisations.

Ce type de réseau est généralement plus étanche qu'un réseau gravitaire. Cette bonne étanchéité est appréciable dans les zones sensibles à la pollution ; elle s'oppose à la pénétration d'eau de la nappe phréatique, qui peut perturber le fonctionnement des ouvrages et, notamment, la station d'épuration.

#### **c) Choix du système d'assainissement :**

Les paramètres prépondérants pour le choix du système d'assainissement sont :

- L'aspect économique : une étude comparative de plusieurs variantes est nécessaire ; prenant en compte les dépenses d'investissement et les frais d'entretien, d'exploitation et de gestion de l'ensemble des installations, de pompage et équipement des eaux usées ;
- Il faut tenir compte des conditions de rejet ;
- S'il s'agit d'une extension du réseau, il faut tenir compte du système existant ;

L'aspect technique et des conditions locales (topographie des lieux, régime des précipitations atmosphériques, disposition du réseau de la voirie, répartition des masses d'habitations, etc.)

### **1.3.1.3 Système de drainage [8]**

Un système de drainage pluvial est l'ensemble des ouvrages, dispositifs et aménagements destinés à collecter, transporter, réguler et évacuer les eaux de pluies issues des surfaces naturelles ou imperméabilisées, afin de prévenir les inondations, limiter l'érosion, protéger les infrastructures et préserver l'environnement urbain et rural.

#### **a) Types de drainage**

- **Drainage de surface :**

Ce sont des ouvrages qui visent à évacuer l'eau qui ruisselle à la surface du sol. Les ouvrages utilisés sont : les rigoles, fosses, caniveaux, canaux, avaloirs de chaussée. Ces ouvrages sont utilisés dans les zones urbaines (voiries, trottoirs), routes, terrains plats agricoles. Ils sont simples à réaliser et peu coûteux, mais nécessitent un entretien fréquent pour éviter l'obstruction.

- **Drainage souterrain (profond) :**

C'est un système d'évacuation de l'eau en excès contenue dans le sol, à travers des drains enterrés. Ces ouvrages peuvent être des tuyaux perforés, drains agricoles, regards de visite. Ils sont utilisés dans l'assainissement des sols agricoles, fondations de bâtiments, routes. Ces ouvrages améliorent la portance du sol et sont invisibles en surface mais leurs coûts sont plus élevés et nécessitent une bonne étude géotechnique.

- **Drainage pluviale urbain :**

C'est un système spécifique aux villes, conçu pour gérer les eaux de pluie provenant des surfaces imperméabilisées (toits, routes, parkings). Ces ouvrages sont les avaloirs, caniveaux, collecteurs souterrains, bassin de rétention ou infiltration. Ils sont utilisés dans les voiries urbaines, quartiers résidentiels, zones industrielles.

Ces ouvrages protègent contre les inondations urbaines, réduisent les stagnations d'eau mais ils sont vulnérables au colmatage si l'entretien est négligé.

- **Drainage routier :**

C'est un système destiné à empêcher l'accumulation d'eau sur la chaussée et à protéger les structures de la route. Ces ouvrages sont les fosses longitudinales, cunettes, caniveaux, drains sous chaussée. Ils sont utilisés pour les routes urbaines et interurbaines. Ces ouvrages prolongent la durée de vie de la route mais nécessite une conception adaptée à la topographie.

**b) Objectifs principaux :**

Un système de drainage poursuit certains objectifs tels que :

- Prévenir les inondations et les stagnations d'eau, en évacuant rapidement les eaux pluviales pour éviter l'accumulation sur les chaussées, terrains et zones habitées.
- Protéger les infrastructures et les habitations, en limitant l'action destructrice de l'eau sur les routes, les fondations, les bâtiments et les ouvrages publics.
- Réduire l'érosion et les glissements de terrain en contrôlant la vitesse et la direction de l'écoulement des eaux afin de limiter le ravinement et la déstabilisation des sols.
- Améliorer m'assainissement et la salubrité en évitant la stagnation d'eau qui favorise la prolifération de moustiques, de maladies hydriques (paludisme, cholera) et les mauvaises odeurs.
- Faciliter la mobilité et la sécurité routière en éliminant l'eau sur les chaussées afin de réduire les risques d'accidents, d'aquaplanage et de dégradation rapide des routes.
- Optimiser la gestion des ressources en eau, en favorisant l'infiltration pour recharger les nappes phréatiques et en stockant temporairement l'eau dans des bassins de rétention pour une réutilisation éventuelle (irrigation, espaces verts).
- Préserver l'environnement naturel en évacuant les eaux des exutoires adaptés sans provoquer de pollution ni d'érosion excessive et en maintenant l'équilibre hydrologique du bassin versant.

**c) Eléments constitutifs [7]**

Les transports des eaux usées et pluviales s'effectuent dans des canalisations ou collecteurs. L'eau s'écoule dans ces conduites par gravité, refoulement ou sous dépression. Différents

ouvrages sont mis en place afin de faciliter l'acheminement des eaux collectées vers les stations d'épuration lorsque la configuration du terrain rend leur écoulement difficile.

Les ouvrages d'assainissement comprennent des ouvrages principaux et des ouvrages annexes.

**i. Les ouvrages principaux :**

Elles correspondent au développement de l'ensemble du réseau jusqu'à l'entrée des effluents dans la station d'épuration. Les ouvrages principaux sont constitués des tuyaux cylindriques ou ovoïdes, ou d'ouvrages visitables pour les grandes évacuations.

➤ **Les canalisations**

Elles se présentent sous plusieurs formes cylindriques préfabriquées en usine. Elles sont désignées par leurs diamètres inférieurs, dit diamètres nominaux exprimés en millimètre, ou ovoïdes préfabriqués désignés par leur hauteur exprimée en centimètre et des ouvrages visitables.

Il existe plusieurs types de conduites qui sont différents suivant leur matériau, leur forme et leur destination. On distingue :

- Les conduites en béton non armé : sont fabriquées mécaniquement par procédé assurant une compacité du béton. la longueur utile ne doit pas dépasser 2,50 m. Ces types de tuyaux ont une rupture brutale, mais à moins que la hauteur de recouvrement ne soit insuffisante. Il est déconseillé d'utiliser les tuyaux non armés pour des canalisations visitables
- Les conduites en béton armé : sont fabriquées mécaniquement par procédé assurant une compacité élevée du béton. Les tuyaux comportent deux séries d'armatures, la première est formée des barres droites appelées génératrices, la deuxième est formée des spires en hélice continues d'un pas régulier maximal de 1,5 m. La longueur utile ne doit pas être supérieure à 2 m.
- Les conduites en amiante- ciment : les tuyaux et pièces de raccord en amiante- ciment se composent d'un mélange de ciment portland et d'amiante en fibre fait en présence d'eau. Ce genre se fabrique en deux types selon le mode d'assemblage ; à emboutissage

ou sans emboutissage avec deux bouts lisses. Les diamètres varient de 60 à 500 mm pour des longueurs variant de 4 à 5 m.

- Les conduites en fonte ductile : les tuyaux en fonte ductile offrent la garantie d'une étanchéité absolue rendant impossibles l'infiltration des eaux phréatiques dans la conduite.
- Les conduites en chlorure de polyvinyle non plastifié : les tuyaux sont sensibles à l'effet de température au-dessous de 0°C. Ils présentent une certaine sensibilité aux chocs. L'influence de la dilatation est spécialement importante et il doit en être tenu compte au moment de la pose. La longueur minimale est de 6 m
- Les conduites ovoïdes : ce sont des conduites de forme parabolique évasées, fermées à leur partie supérieure. Cette forme de conduite a été mise au point afin d'obtenir une vitesse d'écoulement aussi constante que possible quel que soit le débit. Généralement les conduites ovoïdes remplacent le profil circulaire quand celui-ci dépasse 800 mm de diamètres. La longueur utile de ces conduites est au minimum de 1 m, et peuvent être présentes soit en béton armé ou en béton non armé.

## **ii. Les ouvrages annexes**

Ils constituent toutes les constructions et les installations ayant pour but de permettre l'exploitation rationnelle et correcte du réseau. On citera :

- Les branchements particuliers : doivent assurer les meilleures conditions d'hygiène pour l'habitation tout en sauvegardant le bon fonctionnement du réseau de collecte. En particulier ; ils devront répondre au règlement sanitaire qui stipule que pour éviter le reflux des eaux d'égout dans les caves, et les sous-sols, les branchements doivent être équipés des dispositifs étanches et de canalisations capables de résister à la pression correspondant à la dénivellation mesurée depuis le niveau de la voie publique.
- Les regards : leur rôle est de permettre les branchements, les changements de pente est de direction, l'accès au réseau, le curage et l'entretien des ouvrages ainsi que l'aération du réseau.

- Les gargouilles : ce sont des conduites à section carrée ou rectangulaire, encastrées dans le sol, destinées à conduire les eaux pluviales au caniveau lorsqu'il n'existe pas d'égout à proximité immédiate.
- Les caniveaux : ce sont des ouvrages annexes de voirie destinés à la collecte des eaux pluviales provenant de la chaussée et éventuellement du trottoir s'il y en a un.
- Les bouches d'égout : est un élément propre au réseau d'égout pluvial et unitaire, elle a pour fonction de collecter habituellement à la bordure des rues, les eaux de ruissellement de surface, afin que celle-ci puisse être acheminée vers l'égout pluvial ou unitaire. On peut avoir une bouche à accès latérale (avaloir) et une bouche à accès sur le dessus (grille de caniveau)

#### **1.3.1.4 Bassin versant [9]**

Un bassin versant est une zone géographique où toutes les eaux de surface convergent vers un point commun, appelé exutoire (cours d'eau, lac, mer). Les limites du bassin sont définies par des lignes de partage des eaux, souvent situées sur les crêtes topographiques. Le bassin versant constitue le territoire pertinent pour traiter les causes en amont d'un problème lié aux eaux des surfaces : déficit d'eaux, pollution. 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.

##### **a) Caractéristiques du bassin versant**

Un bassin versant est caractérisé généralement par :

##### **i. Caractéristiques géométriques du bassin versant**

Chaque bassin versant se caractérise par différents paramètres géométriques :

- ✓ Surface : c'est l'aire de la portion du plan délimitée par la ligne de crête ou le contour du bassin.
- ✓ Périmètre : c'est la longueur de la ligne de contour du bassin.
- ✓ Longueur d'écoulement : c'est la distance depuis l'exutoire jusqu'à la ligne de partage des eaux.

- ✓ Pente moyenne d'un cours d'eau : la pente moyenne  $P_m$  est déterminée à partir de la relation.

**ii. Caractéristiques physiques du bassin versant**

- ✓ Temps de concentration : c'est le temps mis par une goutte d'eau la plus éloignée pour arriver à l'exutoire. Il dépend de la forme, de la pente, de la nature du sol, de la couverture végétale du bassin versant et de l'évènement pluvieux.
- ✓ Intensité de 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 parler de l'intensité de pluie de 10 minutes, de 30 minutes, etc.
- ✓ Coefficient de ruissellement  $C$  : Le coefficient de ruissellement  $C$  d'un bassin versant est le coefficient volumétrique mesurant l'importance des pertes à l'écoulement des eaux dans le bassin. Il en résulte la notion de pluie nette déduite de la pluie précipitée après abattement des pertes.

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.

**1.3.1.5 Bassin de rétention [10]**

Un bassin de rétention des eaux pluviales est une zone de stockage des eaux pluviales, il est destiné à contenir le surplus d'eaux de pluie et de ruissellement généré par l'urbanisation ou l'aménagement d'un site en fonction d'un débit d'évacuation régulé vers un exutoire ; exutoire pouvant être le réseau public, le milieu hydraulique superficiel ou un système d'infiltration. Il est principalement constitué par trois parties : un ouvrage d'alimentation, une zone de stockage et un ouvrage de régulation (garantissant le débit de fuite).

**a) Types de bassin de rétention**

Enterrée ou à ciel ouvert ou en eau, grandes fonctions peuvent être distinguées :

**i. Le bassin de rétention sec à ciel ouvert :**

Un bassin sec à ciel ouvert est situé au niveau du terrain naturel et se vidange complètement suite à l'épisode pluvieux. Le volume de stockage est égal au volume utile du bassin.

L'alimentation en eau de ce type de bassin peut se faire :

- Par ruissellement direct,
- Par déversement du réseau pluvial,
- Par mise en charge et débordement du réseau.

**ii. Bassin de rétention en eau :**

C'est un plan d'eau permanent dans lequel sont déversées les eaux de pluie et de ruissellement collectées au cours de l'épisode pluvieux. Le volume utile de rétention est le volume engendré par le marnage (variation du niveau).

Leur taille varie en fonction de leur utilité et du volume de rétention nécessaire. Elle peut varier de la petite mare en fond de jardin jusqu'au lac accueillant des activités de loisirs. Leur dimension conditionnera le type d'utilisation et d'exploitation.

**iii. Bassin de rétention enterré :**

Ce sont des ouvrages de stockage souterrain que l'on peut enterrer sous des espaces verts, des voiries ou encore des parkings. Ils se vidangent complètement à la suite de l'épisode pluvieux. Le bassin enterré est plus généralement utilisé chez le particulier (ouvrage préfabriqué) pour les petits volumes (rétention des eaux de pluies et de ruissellement à la parcelle).

### **1.3.2 Risques causés par l'eau sur la route [11]**

#### **1.3.2.1 Baisse de la portance**

Les sols limoneux et argileux sont très sensibles aux variations de teneur en eau. Leur portance peut diminuer de manière drastique lorsqu'ils sont trop humides. Les sols sableux sont moins sensibles aux variations de teneur en eau.

Un manque de portance du fond de coffre peut entraîner des déformations au sein des différentes couches de la structure routière. La présence d'eau tient en ce sens un rôle important

dans l'accélération de la dégradation de la structure routière existante. Il s'agit là d'un cercle vicieux : l'eau s'infiltre via les fissures et les joints ouverts, ce qui diminue la portance. Il en résulte l'apparition de déformations, ce qui accélère la fissuration et l'ouverture des joints.

#### **1.3.2.2 Dégradations liées à l'eau et au gel**

Lorsqu'un fond de coffre gélif est atteint par le gel, celui-ci provoque, sur une certaine épaisseur, la formation de lentilles de glace. Lorsque le gel dure assez longtemps, une couche de glace se forme et peut provoquer des phénomènes de gonflement.

Lors du dégel, la glace fond du haut vers le bas. L'eau est prisonnière entre le revêtement imperméable et la couche de glace sous-jacente. Il se produit une chute de portance au sein de la couche saturée. Sous l'action du trafic, la chaussée peut subir de graves détériorations. On sera particulièrement attentif à l'utilisation en (sous-)fondations de matériaux secondaires ou recyclés, en général plus sensibles au gel que les matériaux naturels.

#### **1.3.2.3 Routes dangereuses**

Ce problème est bien connu des conducteurs. L'eau rend la route plus glissante avec des risques d'aquaplanage lors d'averses intenses. Dès lors, la route doit être profilée de façon à éviter la stagnation de l'eau en surface de revêtement. Il est aussi à noter que la visibilité diminue sensiblement par temps de pluie.

#### **1.3.2.4 Sensibilité à l'eau des enrobes bitumineux**

Bien qu'il soit reconnu que de nombreux facteurs contribuent à la durabilité d'un enrobé bitumineux, l'interaction liant-granulats est identifiée comme l'une des caractéristiques principales de ce phénomène. En effet, une adhérence insuffisante dans un enrobé entraîne rapidement des dégâts au sein du revêtement. L'eau est, dans ce cadre, un facteur crucial capable de rompre l'interaction entre le liant et les granulats et, par conséquent, susceptible d'amorcer la défaillance d'un enrobe bitumineux.

#### **1.3.2.5 Instabilité des pentes**

La présence d'eau dans les talus diminue la cohésion apparente du sol avec un risque d'instabilité et de glissement de terrain.

#### **1.3.2.6 Problème d'érosion**

L'érosion superficielle (érosion externe) peut être maîtrisée rapidement à condition de contrôler visuellement l'infrastructure régulièrement et d'effectuer une inspection complémentaire après la chute de pluies exceptionnellement intenses.

Le phénomène d'érosion souterraine (érosion interne) est plus dangereux parce qu'on le remarque souvent quand il est trop tard. Il s'agit de cavités dans le sol qui sont par exemple provoquées par des fuites dans les collecteurs. Il n'est pas rare de voir une structure s'effondrer par érosion interne sans aucun signe avant-coureur.

#### **1.3.2.7 Phénomènes de punch out**

Le phénomène de punch out, propre au béton armé continu, est caractérisé par l'apparition de cassures, situées en général près du bord extérieur du revêtement, entraînant une fragmentation du béton et l'arrachement de blocs sous l'action dynamique du trafic.

L'apparition du punch out est favorisée par :

- La présence d'eau dans la fondation et l'interface béton/fondation ;
- La présence d'une fondation érodable ;
- Un trafic lourd en bord de dalles ;
- Des fissures rapprochées.

Le phénomène observé est alors le suivant : l'eau présente sous le bord de la dalle est mise sous pression au passage des véhicules lourds. Elle provoque une abrasion de la fondation par pompage répété du bord extérieur du revêtement, conduisant à la création de légers vides sous la dalle. Des fissures transversales rapprochées apparaissent.

### **1.3.2.8 Phénomènes de pompage**

En dessous des revêtements en dalles de béton, l'eau accumulée peut engendrer des phénomènes de pompage sous l'action du trafic qui entraînent aussi une érosion à l'interface fondation/revêtement, provoquant des dénivellations, une dégradation du revêtement ou des cassures de dalles.

### **1.3.3 Techniques de collecte des eaux pluviales [5]**

Plusieurs techniques permettent de collecter les eaux pluviales sur les chaussées, en se basant sur deux approches principales :

#### **1.3.3.1 La collecte par infiltration**

Cette approche vise à favoriser l'infiltration des eaux pluviales directement dans le sol sous la chaussée ou à proximité, permettant ainsi de recharger les nappes phréatiques et de réduire le ruissellement.

##### **a) Revêtements perméables :**

Il s'agit de surfaces qui laissent passer l'eau, comme les pavés drainants, les enrobés poreux ou les graviers concassés. Ces revêtements permettent une infiltration rapide de l'eau tout en conservant une surface roulable.

##### **b) Chaussées à structure réservoir :**

Ce concept consiste à créer une couche de stockage dans la structure même de la chaussée, permettant de retenir les eaux pluviales puis de les relâcher lentement dans le sol ou vers un système de drainage.

##### **c) Fossés drainants :**

Des fossés aménagés avec des matériaux perméables sur les accotements permettent de collecter et d'infiltrer les eaux pluviales provenant de la chaussée.

### **1.3.3.2 La collecte par drainage**

Cette approche vise à recueillir les eaux pluviales à la surface de la chaussée puis à les diriger vers un système de drainage, où elles sont ensuite canalisées et traitées si nécessaire avant d'être rejetées dans le milieu naturel.

#### **a) Caniveaux :**

Des caniveaux en béton ou en matériaux préfabriqués sont installés le long des bordures de la chaussée pour collecter les eaux de ruissellement.

#### **b) Avaloirs :**

Des regards équipés de grilles permettent de collecter les eaux pluviales à des points stratégiques de la chaussée.

#### **c) Rigoles :**

Des rigoles en béton ou en plastique peuvent être installées le long de la chaussée pour guider les eaux pluviales vers les avaloirs.

### **1.3.4 Choix de la technique de collecte [5]**

Le choix de la technique de collecte des eaux pluviales sur les chaussées dépend de plusieurs facteurs, tels que :

- Le type de sol : La perméabilité du sol détermine si l'infiltration est possible ou si un système de drainage est nécessaire.
- La pluviométrie : L'intensité et la fréquence des pluies influencent la capacité de collecte requise.
- Le trafic routier : Le volume et le type de trafic peuvent avoir un impact sur la quantité de polluants présents dans les eaux pluviales et nécessiter un traitement des eaux collectées.

- Les contraintes d'aménagement : La configuration du site et les contraintes d'espace peuvent influencer le choix de la technique.
- Les réglementations locales : Des réglementations peuvent exister concernant la gestion des eaux pluviales et orienter le choix des techniques.

## **1.4 CONCLUSION PARTIELLE**

Ce chapitre présente les notions essentielles sur la route et sur l'assainissement routier. Il met en évidence l'importance de maîtriser les effets de l'eau sur la chaussée afin d'assurer la durabilité et la sécurité des infrastructures.

La compréhension des différents systèmes de drainage, des types de chaussées et des techniques de collecte des eaux pluviales constituent les bases théoriques pour aborder les chapitres suivants.

## **Chapitre 2**

# **MÉTHODOLOGIE DU TRAVAIL**

### **2.1 INTRODUCTION**

Dans ce chapitre, nous décrivons les différentes approches et méthodes employées pour analyser, concevoir et dimensionner un système de drainage adapté au tronçon Terminus-ULPGL, en milieu urbain. La méthodologie adoptée repose sur la présentation du milieu d'étude, l'analyse des paramètres topographique, hydrologiques, hydraulique ainsi que la modélisation des ouvrages de drainage à mettre en place.

### **2.2 PARAMETRES TECHNIQUES**

#### **2.2.1 Présentation du milieu d'étude**

##### **2.2.1.1 Localisation**

Notre étude se porte sur la conception et le dimensionnement d'un système de gestion des eaux pluviales en milieu urbain, cas du tronçon Terminus -ULPGL qui se situe dans la ville Goma, province du Nord-Kivu, en République Démocratique du Congo et traverse le quartier kyeshero.

##### **2.2.1.2 Délimitation de la zone d'étude**

- Limite à l'amont : Terminus
- Limite à l'aval : ULPGL
- Zone d'intervention technique : St Vincent de Paul – Complexe Scolaire Amani.

La figure 2.1 présente la vue aérienne du milieu d'étude trouvée par le logiciel Google Earth.

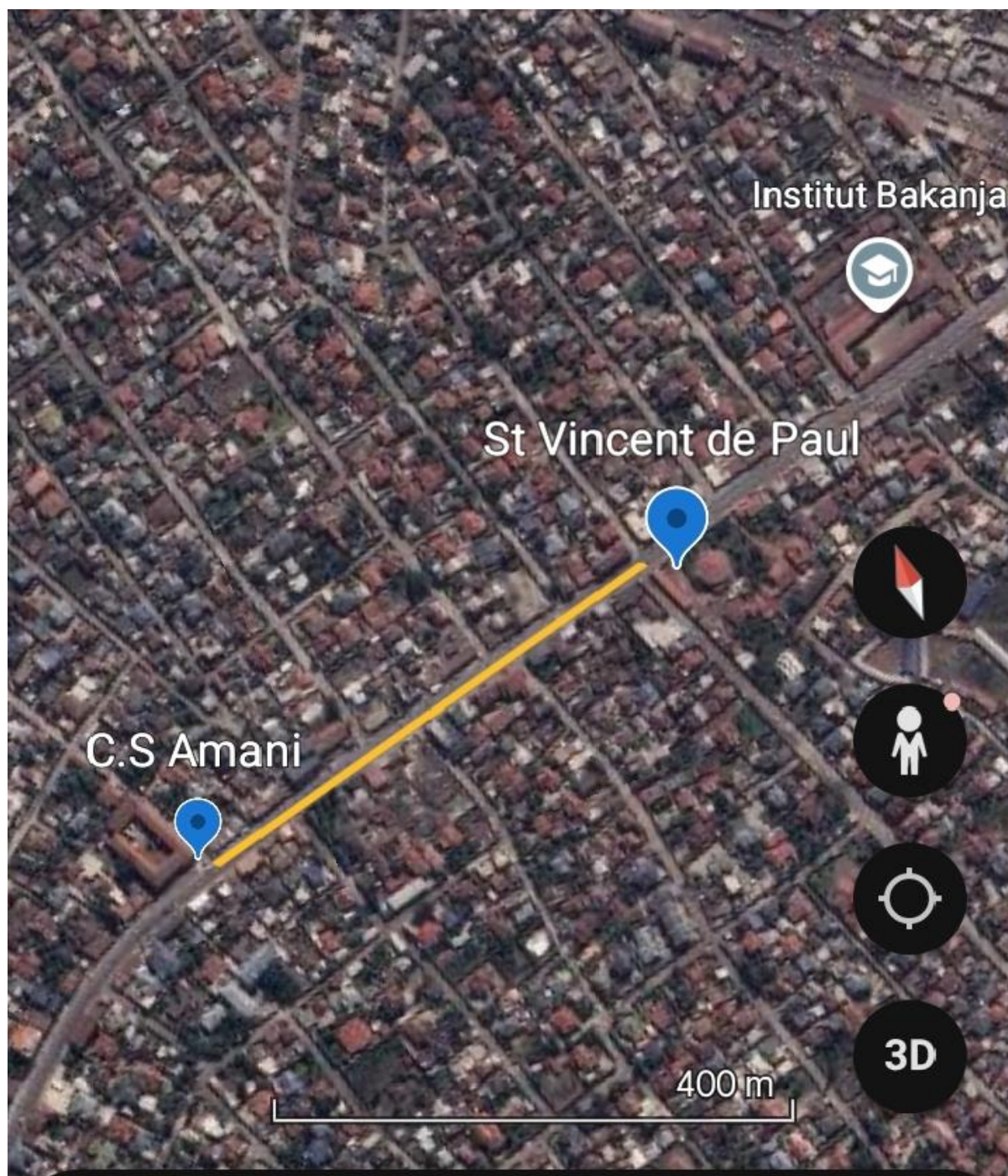


Figure 2-1 Milieu d'étude

### **2.2.2 Paramètres géométriques et topographiques**

Les paramètres géométriques et topographiques servent à décrire la forme, les dimensions et la position d'un terrain ou d'un ouvrage, de manière à pouvoir le concevoir, le calculer ou l'implanter correctement.

Dans le cadre de ce travail, nous allons déterminer les paramètres suivants :

#### **2.2.2.1 Pente longitudinale**

Une pente longitudinale désigne une inclinaison d'une surface par rapport à l'horizontale, mesurée dans le sens de l'écoulement de l'eau ou de la direction longitudinale de la route ou d'un canal. Elle est généralement exprimée en pourcentage ou en degrés.

En hydrologie, la pente longitudinale est cruciale pour déterminer la vitesse d'écoulement de l'eau dans les rivières, les canaux et les bassins versants.

$$i = \frac{\Delta h}{L} \times 100 \quad (2 - 1)$$

#### **2.2.2.2 Forme du canal [12]**

La forme du canal dépend de la section ainsi que la pente longitudinale de façon à satisfaire la compatibilité de la vitesse d'écoulement avec les conditions de stabilité et de fonctionnement. La forme de la section de la canalisation peut être triangulaire, rectangulaire, trapézoïdale circulaire et ovale. Les sections couramment utilisées pour les collecteurs sont les sections rectangulaires, trapézoïdales et circulaires.

La figure 2.2. Reprend les différentes formules de section et de périmètre mouille des différentes formes des ouvrages de drainage.

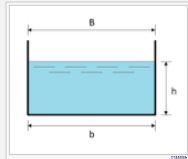
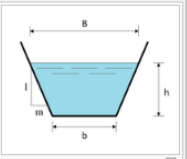
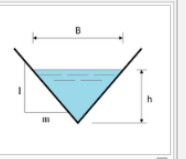
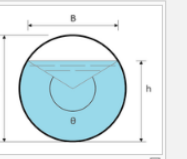
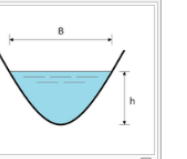
|                               |  |  |  |  |  |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|                               | Rectangle                                                                         | Trapèze                                                                           | Triangle                                                                           | Cercle                                                                              | Parabole                                                                            |
| Largeur, $B$                  | $b$                                                                               | $b + 2 \times mh$                                                                 | $2 \times mh$                                                                      | $(\sin \frac{\theta}{2}) \cdot D$<br>ou<br>$2\sqrt{h \cdot (D - h)}$                | $\frac{3S}{2h}$                                                                     |
| 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, $R_h$      | $\frac{bh}{b + 2h}$                                                               | $\frac{(b + mh) \cdot h}{b + 2h \cdot \sqrt{1 + m^2}}$                            | $\frac{mh}{2 \cdot \sqrt{1 + m^2}}$                                                | $\frac{1}{4} \left[ 1 - \frac{\sin \theta}{\theta} \right] D$                       | $\frac{2B^2h}{3B^2 + 8h^2}$                                                         |
| Profondeur hydraulique, $D_h$ | $h$                                                                               | $\frac{(b + mh)h}{b + 2 \times mh}$                                               | $\frac{1}{2}h$                                                                     | $\left[ \frac{\theta - \sin \theta}{\sin \frac{\theta}{2}} \right] \frac{D}{8}$     | $\frac{2}{3}h$                                                                      |

Figure 2-2 Différentes formules des sections et des périmètres mouillées [13]

### 2.2.2.3 Profondeur d'encaissement

La profondeur d'encaissement d'une pente fait référence à la différence de hauteur entre le point le plus élevé et le point le plus bas d'une pente, c'est à dire le dénivelé de la pente sur une distance horizontale donnée. En d'autres termes, c'est la mesure de l'élévation verticale sur une distance horizontale spécifique.

Pour calculer la profondeur d'encaissement, on peut utiliser la formule :

$$H = i \times L \quad (2 - 2)$$

Avec H la profondeur d'encaissement, i la pente en % et L la distance horizontale.

### 2.2.2.4 Largeur du canal

La largeur du canal se réfère à la mesure de la largeur du lit du canal, qui est la distance d'un côté à l'autre, à la base du canal. Cette mesure est essentielle pour déterminer la capacité du canal à transporter un débit d'eau donné et est utilisée dans divers calculs hydrauliques.

#### **2.2.2.5 Altimétrie générale**

L'altimétrie est une opération qui consiste à exploiter les observations et les mesures qui conduisent à la représentation des reliefs du sol.

Les données altimétriques permettront de calculer avec précision la pente longitudinale du canal, paramètre essentiel pour assurer un bon écoulement optimal des eaux et le bon fonctionnement du système de drainage.

#### **2.2.3 Paramètres hydrologiques**

Les paramètres hydrologiques sont les données qui décrivent le comportement de l'eau dans un bassin versant ou sur un site, afin de concevoir, dimensionner ou gérer un ouvrage hydraulique. Ces paramètres sont les suivants :

##### **2.2.3.1 Données pluviométriques**

Ces données sont généralement caractérisées par la mesure des précipitations et l'analyse des observations.

##### **a) Mesure des précipitations [14]**

Les précipitations, sous forme de pluie ou de neige, sont mesurées dans des stations pluviométriques où les relevés se font soit manuellement (pluviométriques), soit à l'aide d'appareils enregistreurs (pluviographes).

En mesurant les précipitations, on cherche à déterminer :

- Intensité de pluie : c'est la hauteur moyenne sur une période de mesure ou d'observation. Cette période étant relativement courte, on peut parler de l'intensité de pluie de 10 minutes, de 30 minutes, etc. utile pour évaluer la rapidité avec laquelle l'eau arrive sur le sol.
- Durée de la pluie : c'est le temps pendant lequel la pluie tombe (quelques minutes, heures, jours...) car une pluie brève et intense n'a pas le même effet qu'une pluie longue et faible.

- Fréquence : c'est la probabilité ou période de retour d'un évènement pluvieux d'une certaine intensité

**b) Analyse des observations [14]**

Les observations effectuées sont exploitées sous différentes formes :

- Hyétogramme : graphique chronologique où l'on porte en ordonnées les hauteurs d'eau en mm et abscisse la période des mesures.
- Courbe des hauteurs cumulées : hauteur cumulée en fonction du temps.

**2.2.3.2 Période de retour T**

Considérons une valeur particulière P de l'intensité moyenne maximale

Si dans l'analyse des observations portant sur N années, on observe n évènements ayant dépassé cette intensité, la période de retour T de la valeur P est définie par la formule :

$$T = \frac{N}{n} \quad (2 - 3)$$

Pour  $T=10$ , la valeur P est dite décennale. La période de retour T apparait comme une durée moyenne. Il peut donc se produire plusieurs pluies décennales successivement comme il peut ne pas s'en produire pendant plusieurs décennies

**2.2.3.3 Superficie du bassin versant**

Le bassin versant étant l'aire de réception des précipitations et d'alimentations des cours d'eau, les débits d'écoulement sont en partie reliés ; la détermination de la surface du bassin versant ainsi que son périmètre peuvent être déterminé soit par la technique de digitation de la carte topographique établit à une échelle bien donnée grâce au logiciel GLOBAL MAPPER, soit de manière approchée suivant un principe de quadrillage.

#### **2.2.3.4 Coefficient de ruissellement C**

Le coefficient de ruissellement C d'un bassin versant est le coefficient volumétrique mesurant l'importance des pertes à l'écoulement des eaux dans le bassin. Il en résulte la notion de pluie nette déduite de la pluie précipitée après abattement des pertes.

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 comme c'est le cas de notre projet, le coefficient de ruissellement est considéré comme constant.

Les valeurs de coefficients de ruissellement pour quelques types de surfaces et pour quelques types des secteurs sont données dans les tableaux 2-1 et 2-2 :

Tableau 2-1 Valeur du coefficient de ruissellement de quelques surfaces [13]

| Surface | Toits      | Asphalte    | Pavé        | Dalles    | Gazon       | Gravier    |
|---------|------------|-------------|-------------|-----------|-------------|------------|
| C       | 0.7 à 0.95 | 0.85 à 0.90 | 0.75 à 0.85 | 0.4 à 0.5 | 0.05 à 0.25 | 0.15 à 0.3 |

Tableau 2-2 Valeur du coefficient de ruissellement selon les secteurs

| Secteur                                                             | Valeurs du coefficient C |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Zone de centre                                                      | 0.70 - 0.95              |
| Zone résidentielle, pavillon isolés                                 | 0.30 - 0.5               |
| Zone résidentielle, pavillon groupés                                | 0.60 - 0.75              |
| Zone industrielle                                                   | 0.50 - 0.90              |
| Cimetière, parc                                                     | 0.10 - 0.25              |
| Rue                                                                 | 0.80 - 0.85              |
| Trottoir                                                            | 0.75 - 0.90              |
| Pelouse (sols sableux, faible pente)                                | 0.05 - 0.10              |
| Pelouse (sols terreux, faible pente)                                | 0.15 - 0.20              |
| Surface complètement imperméabilité telles<br>que toiture, chaussés | 0.90                     |
| Habitation dense                                                    | 0.60 - 0.70              |
| Surface boisées                                                     | 0.05                     |
| Voies non goudronnées                                               | 0.35                     |
| Habitations moins denses                                            | 0.60 - 0.70              |

#### **2.2.3.5 Temps de concentration [12]**

Il s'agit du temps qui s'écoule entre le début de la pluie et le débit maximal enregistré à l'exutoire. Il correspond aussi au temps que met la goutte d'eau qui tombe au point le plus éloigné pour atteindre l'exutoire. Dans la théorie hydrologique, il faut qu'un épisode pluvieux dure au moins le temps de concentration pour que l'ensemble de la surface du bassin versant soit sollicitée ce qui produit alors le débit maximum possible à l'exutoire.

Selon les observations, le temps de concentration dépend de plusieurs facteurs dont la plus longue distance de parcourt L, la pente du bassin versant, la couverture végétale et l'intensité

du ruissellement. Plusieurs formules empirique et semi-théorique définissent le temps de concentration. La formule la plus utilisée est celle de KIRPICH.

Elle est donnée par l'expression

$$T_c = \frac{1}{52} \times \frac{L^{1,15}}{i^{0,38}} \quad (2 - 4)$$

Avec :

- $T_c$  : le temps de concentration
- $L$  : la distance entre l'exutoire et le point le plus éloigné du bassin en mètres
- $i$  : la dénivelée entre l'exutoire et le point le plus éloigné du bassin en mètres

#### **2.2.4 Paramètres hydrauliques**

Les paramètres hydrauliques sont les données qui décrivent l'écoulement de l'eau à l'intérieur d'un ouvrage ou d'un cours d'eau, afin de vérifier son bon fonctionnement et de le dimensionner correctement. Ces paramètres sont les suivants :

##### **2.2.4.1 Le débit (Q) [12]**

Le débit est la quantité de fluide qui s'écoule à travers une section donnée d'un canal pendant un temps donné. En hydraulique, le débit caractérise la rapidité du mouvement. Elle s'exprime en  $m^3/s$ . Le débit est donné par la formule :

$$Q = V \times A \quad (2 - 5)$$

Avec  $V$  : vitesse et  $A$  : section

##### **a) Calcul de débit d'eaux pluviales [14]**

Le calcul du débit des eaux pluviales est une étape essentielle dans la conception des ouvrages de drainage, car il permet d'estimer la quantité d'eaux à évacuer lors des pluies. Cette estimation dépend de plusieurs facteurs tels que la superficie du bassin versant, la nature du sol, la pente et l'intensité des précipitations. Elle conditionne directement le dimensionnement des canaux, fosses ou colleteurs. Selon les données disponibles et la précision souhaitée,

différentes méthodes sont utilisées pour ce calcul, entre autres la méthode rationnelle et la méthode de Caquot

**i. Méthode rationnelle**

La méthode rationnelle est une méthode empirique qui permet de calculer le débit de pointe à l'exutoire d'un bassin versant à partir de l'intensité des précipitations, de la surface du bassin et du coefficient de ruissellement. Elle est fondée sur le concept du temps de concentration du bassin versant en amont du point où s'effectue le calcul et elle est adaptée aux petits bassins urbains (inférieurs à 200 ha).

Le débit de pointe est le débit instantané le plus élevé enregistré pendant un événement de précipitation donnée sur un bassin versant.

Pour une averse homogène dans le temps et dans l'espace, le débit du bassin à l'exutoire est calculé par la formule.

$$Q = C \times I \times A \quad (2 - 6)$$

Où :

- Q : débit de pointe (m<sup>3</sup>/s)
- C : coefficient de ruissellement (dépendant du type de surface)
- I : intensité de la pluie (mm/h)
- A : aire du bassin versant (ha)

Les valeurs de C ont été choisies en fonction de l'occupation du sol (zone urbaine asphaltée ou non), tandis que I a été obtenue par des données pluviométriques locales ou des références disponibles pour la région. L'aire A a été mesurée à partir de la carte du bassin versant générée par le logiciel.

**ii. Formule de l'institut de recherche en hydrologie**

C'est une formule empirique utilisée pour le calcul du débit de ruissellement de pointe dans des bassins versants urbains et ruraux. Elle est assez simple à utiliser et se base sur des observations hydrologiques locales.

Cette formule est équivalente à la méthode rationnelle, mais a été adaptée et diffusée par des organismes africains comme le CIEH (comité interafricain d'études hydrauliques) et l'ex-ORSTOM, maintenant IRD. Elle est souvent citée dans les études hydrauliques au sahel, en Afrique de l'Ouest et centrale.

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad (2 - 7)$$

Avec : 0,278 : le facteur de conversion pour Q en m/s (puisque 1ha= 10000 m et 1mm/h=1L/m/h)

#### **i. La méthode de Caquot [15]**

Elle tient compte de la surface du bassin versant, de l'intensité de pluie et de l'occupation du sol, mais elle introduit aussi un facteur correctif appelle coefficient de concentration, qui prend en compte la pente, la longueur et la rugosité du terrain. Elle est utilisée pour de bassins urbanisés de superficies inférieures à 4 km<sup>2</sup> et plus adaptée au bassin irrégulier, elle est plus adaptée que la méthode rationnelle lorsque l'écoulement n'est pas uniforme.

Le débit est calculé par la formule suivante :

$$Q = 1,29 \times i^{0,21} \times C^{1,14} \times A^{0,83} \quad (2-8)$$

Avec :

- i : la pente moyenne du bassin versant
- C : le coefficient de ruissellement moyen
- A : la superficie du bassin versant
- Q : le débit

#### **2.2.4.2 Vitesse d'écoulement [12]**

Les vitesses d'écoulement de l'eau dans les conduites doivent être considérées dans une marge de vitesse acceptable conceptuellement. En effet, si ces vitesses sont trop faibles il y aura stagnation et formation de dépôts dans les conduites ce qui aura comme conséquence le développement des bactéries, désagrément pour le consommateur (eaux colorées, mauvais goûts, ...), risques sanitaires (présence des métaux, germes). Les inconvénients des vitesses trop élevées sont les bruits, l'usure prématurée des installations, la dégradation de la qualité de l'eau par ramonage des tuyauteries. De ce fait, les vitesses de circulation de l'eau doivent être comprises entre 0,8 m/s et 3 m/s.

$$V = \frac{Q}{S} = \frac{4 \times Q}{\pi \times d^2} \quad (2 - 9)$$

Avec V la vitesse d'écoulement, Q le débit et S la section mouillée.

#### **2.2.4.3 Pente hydraulique [14]**

La pente c'est l'inclinaison d'un canal, d'une conduite ou d'un cours d'eau par rapport à l'horizontale. Elle exprime la différence d'altitude entre deux points, rapportée à la distance horizontale qui les sépare. Elle est notée par  $i$ , et s'exprime en pourcentage

$$i = \frac{\Delta h}{L} \times 100 \quad (2 - 1)$$

Avec  $i$  la pente,  $\Delta h$  la différence d'altitude et L la distance horizontale.

La pente sert à déterminer la vitesse de l'eau dans le canal ou la conduite. Plus la pente est forte, plus l'écoulement est rapide. Une pente trop faible peut causer des dépôts (sédimentation), et une pente trop forte peut provoquer de l'érosion.

#### **2.2.4.4 Hauteur d'eau (tirant d'eau) [16]**

C'est la distance de la surface libre au point le plus bas de la section du canal. Elle est utilisée pour calculer la section mouillée.

La hauteur d'eau permet d'évacuer la capacité de transport d'un canal ou d'une rivière.

#### **2.2.4.5 Section mouillée (S) [16]**

On appelle section mouillée l'aire de la section du canal limitée par les parois et la surface libre de l'écoulement. Elle est utilisée pour calculer le débit.

#### **2.2.4.6 Périmètre mouillée [16]**

On appelle périmètre mouillée la partie de la section mouillée en contact avec les parois. Il ne comprend donc pas la surface libre d'eau.

#### **2.2.4.7 Rayon hydraulique (R) [16]**

Le rayon hydraulique est le rapport de la section mouillée sur le périmètre mouillé. Il intervient dans la formule de Manning-Strickler pour calculer la vitesse.

$$R = \frac{A}{P} \quad (2 - 10)$$

Avec A : section mouillée et P : périmètre mouillé

#### **2.2.4.8 Rugosité de paroi (n) [16]**

La rugosité est une grandeur globale qui exprime l'influence des conditions physiques des parois du canal sur l'écoulement. Si la valeur de n est grande, cela signifie que les forces de frottement dans l'écoulement sont augmentées, et les pertes de charge deviennent élevées. Si la valeur de n est petite, alors les pertes de charge sont aussi affaiblies. Les principaux facteurs qui influencent la valeur de la rugosité sont les suivants :

- La nature physique des parois ;
- Le tracé du canal ;
- La variation de la section ;
- La quantité des sédiments dans l'écoulement ;
- La quantité d'eau elle-même ;

Tableau 2-3 Quelques valeurs usuelles de la rugosité de la paroi

| Caractéristique du lit du canal                                                    | n      | N =1/n |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|
| -Roche ancienne très solide<br>-Béton épais ou maçonnerie à parois très lisses     | 0.017  | 58.8   |
| -Roche ancienne stable<br>-Maçonnerie à parois moyennement lisse                   | 0.018  | 55.6   |
| -Couche en calcaire<br>-Canal aménagé à bords régulier                             | 0.020  | 50.0   |
| -Sol argileux du calcaire<br>-Canal aménagé moyennement entretenu                  | 0.0225 | 44.4   |
| -Canal à parois solide et moyennement entretenu                                    | 0.025  | 40.0   |
| -Canal dont l'entretien est inférieur à la moyenne                                 | 0.0275 | 36.4   |
| -Canal mal entretenu, présence des débris solides                                  | 0.030  | 33.3   |
| -Canal très mal entretenu                                                          | 0.035  | 28.6   |
| -Présence de gros morceaux de roches, des troncs d'arbres, des touffes d'herbes... | 0.040  | 25.0   |

#### 2.2.4.9 Régime d'écoulement [12]

Le régime d'écoulement décrit la façon dont l'eau se déplace dans un canal, une conduite ou une rivière, selon la vitesse, la profondeur et les forces en jeu.

Selon le nombre de Reynolds (Re) :

$$Re = \frac{V \times Dh}{\nu} \quad (2 - 11)$$

Avec  $V$  la vitesse d'écoulement,  $D_h$  le diamètre hydraulique et  $\nu$  la viscosité cinématique

On distingue trois types de régime ;

- Régime laminaire :  $Re \leq 2000$
- Régime de transition :  $2000 \leq Re \leq 4000$
- Régime turbulent :  $Re \geq 4000$

## **2.3 DIMENSIONNEMENT DU CANAL**

### **2.3.1 Formule de Manning Strickler [14]**

Le dimensionnement des canaux a été effectué en utilisant la formule de Manning, largement utilisée pour les écoulements en canal à surface libre. Cette formule permet de relier le débit à la pente, à la rugosité du canal et à ses dimensions géométriques.

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2} \quad (2 - 12)$$

Pour calculer le débit, on a la formule

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R^{2/3} \times i^{1/2} \quad (2 - 13)$$

Où :

- $Q$  : débit en  $m^3/s$
- $n$  : coefficient de rugosité (ex. : 0.015 pour le béton)
- $A$  : aire de la section mouillée
- $R$  : rayon hydraulique ( $A/\text{Périmètre mouillé}$ )
- $i$  : pente du canal

Les valeurs du coefficient de Manning sont présentées dans le tableau 2-4

Tableau 2-4 Valeur du coefficient de Manning [15]

| <b>Surfaces de la paroi</b> | <b>Coefficient de Manning</b> |
|-----------------------------|-------------------------------|
| Bronze                      | 0.011                         |
| Acier lissé                 | 0.012                         |
| Acier peint                 | 0.014                         |
| Acier révélé                | 0.015                         |
| Fonte                       | 0.013                         |
| Béton bien défini           | 0.012                         |
| Béton brut                  | 0.014                         |
| Bois rabote                 | 0.012                         |
| Brique                      | 0.014                         |
| Maçonnerie                  | 0.015                         |
| Asphalte                    | 0.016                         |
| Métal oxyde                 | 0.022                         |
| Maçonnerie en moellon brut  | 0.025                         |

### **2.3.2 Formule de CHEZY [14]**

Dans l'instruction technique de 1977, les ouvrages sont calculés suivant la formule de CHEZY qui sert à calculer la vitesse moyenne d'écoulement dans un canal ou une conduite ouverte. Elle s'écrit :

$$V = C \sqrt{R \times i} \quad (2 - 14)$$

Avec :

V : la vitesse d'écoulement en m/s

C : coefficient pour lequel on adopte la formule de Manning

$$C = \frac{1}{n} \times R^{1/6} \quad (2 - 15)$$

R : rayon hydraulique

i : pente moyenne

### **2.3.3 Choix du type d'ouvrage [15]**

Le choix du type d'ouvrage à dimensionner se base sur une analyse approfondie prenant en compte plusieurs critères. Il s'agit notamment :

1. De la nature des eaux à gérer, qu'il s'agisse d'eaux pluviales nécessitant une évacuation rapide ou d'eaux usées devant être transportées vers un exutoire.
2. Le débit à évacuer, déterminé en fonction des précipitations, du ruissellement et des caractéristiques du bassin versant, influence directement la taille et la forme des ouvrages.
3. Le relief et les pentes du terrain jouent également un rôle crucial, car ils dictent la direction et la vitesse d'écoulement, tandis que le type de sol, qu'il soit perméable ou imperméable, affecte le comportement des eaux.

4. Les paramètres de conception intègrent également les normes locales et environnementales, qui déterminent les exigences en termes de matériaux et de capacités des systèmes.
5. Enfin, le budget disponible, la faisabilité technique et les contraintes spécifiques au site influencent grandement le choix du type d'ouvrage à dimensionner. Ainsi, une combinaison de ces éléments permet de garantir un ouvrage performant, durable et adapté aux besoins locaux.

## **2.4 PRÉSENTATION DES LOGICIELS**

Dans la réalisation du troisième chapitre, quelques logiciels ont été utilisés. Il s'agit de :

### **2.4.1 Google Earth Pro [13]**

Google Earth est un logiciel de visualisation géo spatiale développé par Google. Il permet aux utilisateurs d'explorer la terre en utilisant des images satellite, des photographies aériennes et des données géographiques en 3D. Google Earth offre une interface conviviale qui permet aux utilisateurs de naviguer dans le monde entier, d'afficher des lieux spécifiques, d'obtenir des informations géographiques détaillées et d'interagir avec les données affichées.

### **2.4.2 Global Mapper [13]**

Global Mapper est un logiciel de cartographie et de système d'information géographique (SIG) développé par Blue Marble Geographics. Il est largement utilisé par les professionnels de la géomatique, les géographes, les ingénieurs et d'autres utilisateurs qui travaillent avec des données géo spatiales.

### **2.4.3 EPA SWMM [15]**

Le modèle SWMM (Storm Water Management Model), développé par la United States Environmental Protection Agency (EPA) en 1971, est encore le modèle le plus utilisé. Basé sur un module hydrologique et un module hydraulique, le logiciel EPA-SWMM permet de :

## CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN SYSTEME DE GESTION DES EAUX PLUVIALES EN MILIEU URBAIN : cas du tronçon terminus ULPGL à Goma

1. Dessiner et modéliser les bassins versants et les sous bassins versants élémentaires de la zone étudiée ;
2. Dessiner et modéliser le réseau d'assainissement en conduite ou en surface, ainsi que l'ensemble des ouvrages hydrauliques ;
3. Réaliser un diagnostic hydraulique du réseau ;
4. Etudier les flux polluants du réseau.

Son interface ergonomique permet de visualiser facilement les résultats des calculs et les exporter vers tout type de support informatique (tableau, base des données, SIG, ...)

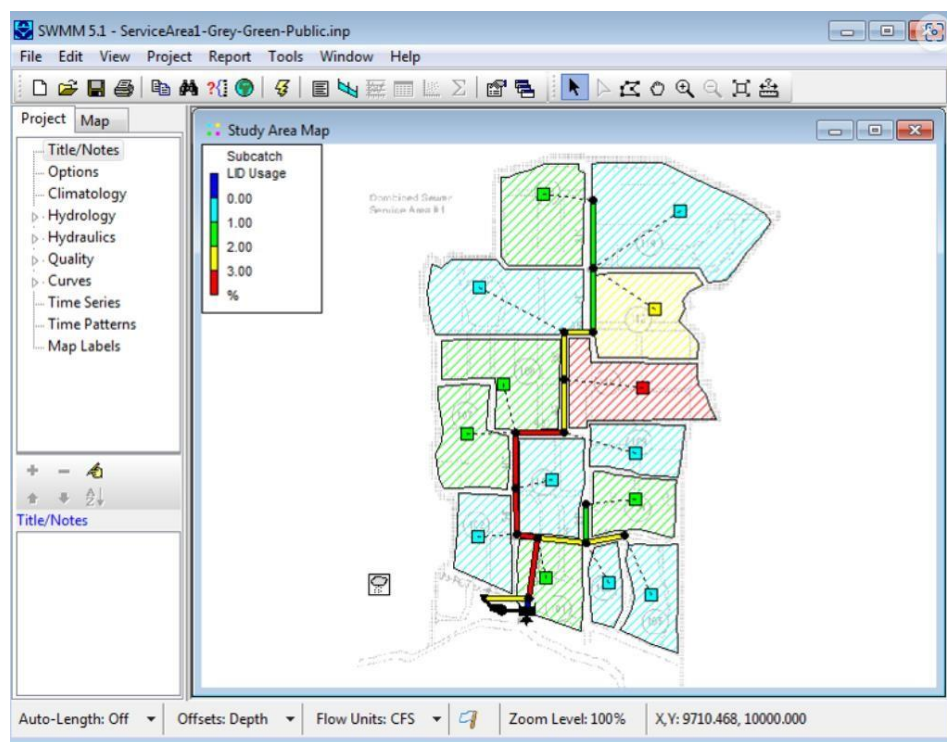


Figure 2-3 Présentation de EPA SWMM

### 2.4.4 Civil 3D [13]

Civil 3D est un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO) développé par Autodesk spécifiquement pour les professionnels de l'ingénierie civile et du génie infrastructures. Il est

largement utilisé pour la conception, la modélisation et l'analyse de projets d'infrastructure tels que les routes, les autoroutes, les ponts, les réseaux d'assainissement, les canalisations, les terrassements, etc.

Civil 3D offre des fonctionnalités avancées pour la création de dessins en 3D, la conception de profils en long et en travers, la modélisation des surfaces, le calcul des volumes et l'analyse hydraulique. Il permet également de générer automatiquement des rapports, d'effectuer des calculs de quantités et de réaliser des simulations d'aménagement des territoires.

## **2.5 CONCLUSION PARTIELLE**

Ce chapitre présente la démarche méthodologique adoptée pour la conception et le dimensionnement du système de drainage des eaux pluviales du tronçons Terminus- ULPGL à Goma. Les analyses topographiques, hydrologiques et hydrauliques ont permis de déterminer les paramètres essentiels à la modélisation et au calcul des ouvrages. Cette approche méthodique constitue la base du dimensionnement du réseau présenté dans le chapitre suivant.

## Chapitre 3

# PRESÉNTATION ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

### 3.1 INTRODUCTION

Ce chapitre se propose de présenter les résultats obtenus après utilisation des méthodes évoquées au chapitre précédent. Le réseau global est conçu pour l'ensemble du tronçon **Terminus – ULPGL**, Cependant le dimensionnement détaillé de l'ouvrage hydraulique est réalisé sur la section **Saint Vincent De Paul – Complexe Scolaire Amani**. Ce chapitre permettra de traiter les données en vue de dimensionner l'ouvrage de drainage des eaux sur ce tronçon.

### 3.2 CONCEPTION DU RÉSEAU D'ASSAINISSEMENT

La conception d'un ouvrage d'assainissement repose sur diverses règles de génie civil et doit satisfaire plusieurs des critères décrits dans le chapitre précédent. Les résultats obtenus à l'aide des méthodes sélectionnées seront présentés en détail.

#### 3.2.1 Détermination du débit à évacuer

L'identification du bassin versants et la détermination de ces caractéristiques ; est la première étape pour faire de calculs du débit de ruissellement. Les logiciels tels que Google Earth et Global Mapper ont aidé à définir ces paramètres. Ainsi La première étape consiste à délimiter le tronçon dans Google Earth, puis à le transférer dans Global Mapper. Global Mapper déduira les courbes de niveau, les sous-bassins versants ainsi que les lignes d'eau sur toute la surface de référence, comme présenté dans la figure 3-1 et figure 3-2

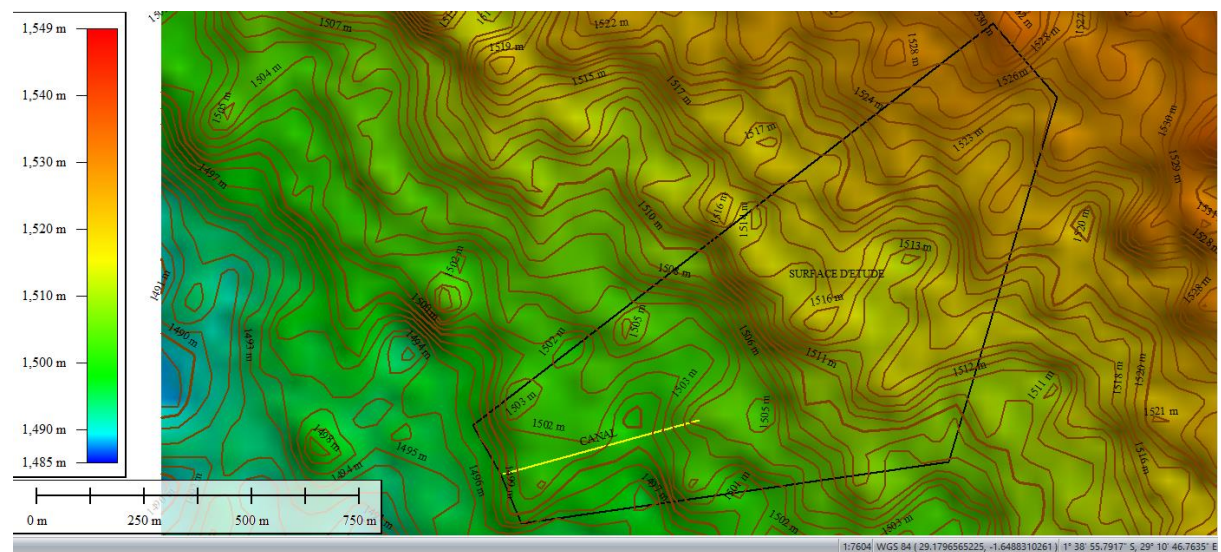


Figure 3-1 Courbes de niveau de la surface d'étude

Sur la figure 3.1, sont représentés les courbes de niveau de notre surface d'étude. Partant de la définition du courbe de niveau, nous voyons que ces lignes relient tous les points ayant la même altitude par rapport au niveau moyen de la mère.

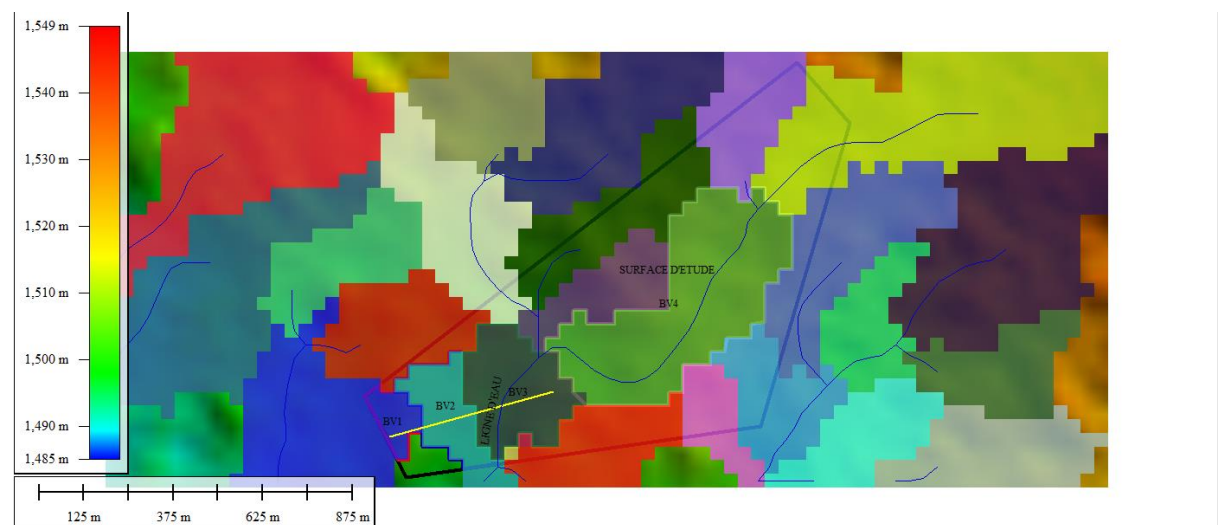
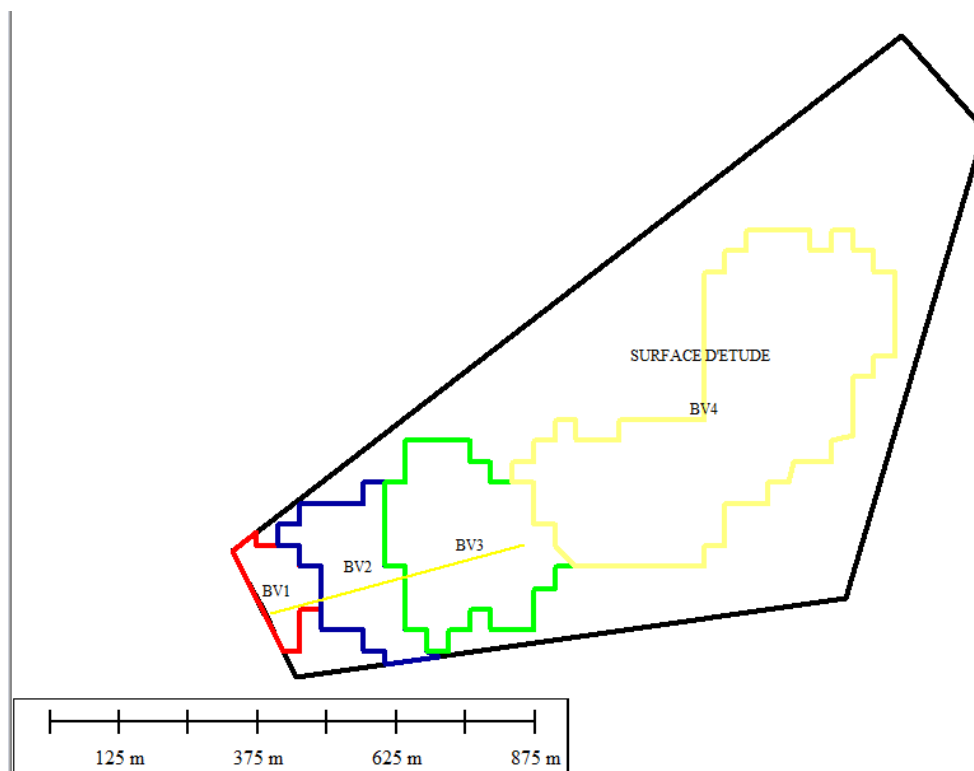


Figure 3-2 Sous bassins versants et lignes d'eau

Les surfaces en multi-couleur sont les différents sous bassins versants générés par Global Mapper, les lignes en bleu présentent les lignes d'eau, la lignes en jaune présente le tronçon en étude et la ligne en noire présente la délimitation de la zone d'étude.

Au moyen du logiciel Global Mapper, nous avons divisé le bassin versant présenter à la Figure 3-3, en 4 sous-bassins versants.



Le calcul du débit de ruissellement a été établi grâce à la méthode superficielle de CAQUOT pour un temps de retour de 5ans ; c'est la période de retour couramment utilisée pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques. Les résultats et les caractéristiques des différents bassins versants sont repris et représentés dans le tableau 3-1.

Tableau 3-1 Résultat du calcul du débit

| SBV   | Surface<br>(km <sup>2</sup> ) | Périmètre<br>(km) | Pente | Coefficient<br>de<br>ruissellement | Débit<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit<br>cumulé<br>(m <sup>3</sup> /s) |
|-------|-------------------------------|-------------------|-------|------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------|
| SBV 1 | 0.0188                        | 0.65              | 0.02  | 0.95                               | 0.90                         | 0.90                                   |
| SBV 2 | 0.0437                        | 1.179             | 0.01  | 0.95                               | 1.58                         | 2.48                                   |
| SBV 3 | 0.083                         | 1.52              | 0.01  | 0.95                               | 2.69                         | 5.17                                   |
| SBV 4 | 0.2068                        | 2.739             | 0.02  | 0.95                               | 6.64                         | 11.81                                  |

### 3.2.2 Choix et traçage du réseau

L'évacuation des eaux sera faite par un caniveau à surface libre, Pour ce qui est de la section du caniveau, la forme rectangulaire est celle qui sera dimensionné car celle-ci offre plusieurs avantages, notamment une construction simplifiée, une capacité hydraulique optimisée et une maintenance facilitée. Le caniveau sera réalisé en maçonnerie de béton ciment. Ce qui mène aux hypothèses suivantes :

- Le coefficient n de Manning-Strickler  $n=0,015$
- La section mouillée  $S_m$ ,  $S_m = b * h$  ; b étant la base du caniveau et h la hauteur mouillée.
- Le périmètre mouillé  $P_m$ , pour notre cas  $P_m = b + 2h$  ;
- Le rayon hydraulique  $R_h$ ,  $R_h = \frac{S_m}{P_m}$  ;
- La hauteur totale du caniveau H,  $H = h + 15\% \times h$
- Les pentes du caniveau suivent plus ou moins les pentes du terrain naturel ;

- Le réseau a été tracé à l'aide du logiciel AUTODESK CIVIL 3D, qui a permis d'obtenir les différents dessins de profils en long des canalisations.

Compte tenu de la forte présence de déchets solides dans la zone d'étude, le caniveau sera équipé d'un dispositif de retenue constitué d'une grille métallique inclinée installée le long du caniveau. Ce système permettra de limiter l'introduction des déchets dans le caniveau, de préserver la section hydraulique utile et d'assurer un fonctionnement optimal de l'ouvrage en période de pluie intense.

Grâce au logiciel GOOGLE EARTH il y a eu traçage de la trajectoire du caniveau, du point le plus haut vers le point le plus bas. La Figure 3-4 présente le profil en long avec une pente favorable qui va du milieu d'étude, jusqu'à l'exutoire. Parcours le tronçon **St Vincent De Paul – Complexe Scolaire Amani** :



## 3.3 DIMENSIONNEMENT DU CANIVEAU

Le caniveau a été dimensionné par la formule de Manning-Strickler détaillée au chapitre précédent. Les calculs ont été effectués, puis vérifiés avec le programme EPA-SWMM ; qui a permis de simuler le ruissellement dans le caniveau.

En raison de la configuration du réseau de drainage et de la direction des écoulements, Nous avons subdivisé notre tronçon hydraulique en deux conduites pour le dimensionnement : la première conduite est formée des sous bassins versants 2, 3 et 4 et la deuxième conduite est formée du premier sous bassin versant.

**Conduite 1 :**

## CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN SYSTEME DE GESTION DES EAUX PLUVIALES EN MILIEU URBAIN : cas du tronçon terminus ULPGL à Goma

---

Longueur mètres 380,78 mètres

Pente  $i = 0,04\%$

Débit  $Q = 10,91 \text{ m}^3/\text{s}$

La formule 2.12 et la formule 2.8 stipule que :

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

$$Q = V \times S_m$$

$$V = \frac{Q}{S_m} \quad (2)$$

Or  $R = \frac{S_m}{P_m}$ , pour un caniveau rectangulaire nous savons aussi que :

$$S_m = h \times b$$

$$P_m = 2h + b$$

Comme  $b = h$ , alors  $R = \frac{b}{3}$  et  $S_m = b^2$

=>Égalisons (1) et (2)

$$\Rightarrow \frac{1}{n} \times \left(\frac{b}{3}\right)^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} = \frac{Q}{b^2}$$

$$b^{\frac{2}{3}} \times b^2 = \frac{Q \times n \times 3^{\frac{2}{3}}}{i^{\frac{1}{2}}}$$

$$b = \left(\frac{Q \times n \times 3^{\frac{2}{3}}}{i^{\frac{1}{2}}}\right)^{\frac{3}{8}}$$

$$b = \left(\frac{10,91 \times 0,015 \times 3^{\frac{2}{3}}}{0,04^{\frac{1}{2}}}\right)^{\frac{3}{8}}$$

$$b = 1,21 \text{ m}$$

Comme  $b = h$ ; alors  $R = \frac{b}{3} = \frac{1,21}{3} = 0,40 \text{ m}$

$$\text{Et } V = \frac{Q}{b^2} = \frac{10,91}{1,21^2} = 7,4 \text{ m/s}$$

Nous avons posé que  $H = h + \frac{15}{100} \times h$ ;  $H = 1,39 \text{ m}$

- **Conduite 2 :**

Longueur 91,89 mètres

# CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN SYSTEME DE GESTION DES EAUX PLUVIALES EN MILIEU URBAIN : cas du tronçon terminus ULPGL à Goma

Pente  $i = 0,02$

Débit  $Q = 0,9 \text{ m}^3/\text{s}$

Si  $b=h$  ; alors :

$$b = \left( \frac{Q \times n \times 3^{\frac{2}{3}}}{i^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$$b = \left( \frac{0,9 \times 0,015 \times 3^{\frac{2}{3}}}{0,02^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$b = 0,47 \text{ m}$

Comme  $b=h$  ; alors  $R = \frac{b}{3} = \frac{0,47}{3} = 0,15 \text{ m}$

Et  $V = \frac{Q}{b^2} = \frac{0,9}{0,47^2} = 4,07 \text{ m/s}$

Nous avons posé que  $H = h + \frac{15}{100} \times h$  ;  $H = 0,54 \text{ m}$

Les résultats sont présentés dans le tableau 3-2 :

Tableau 3-2 Présentation des résultats

| Conduit<br>e  | Débit<br>Q<br>( $\text{m}^3/\text{s}$ ) | Rayon<br>hydraulique (m) | Vitesse<br>( $\text{m/s}$ ) | Longueur<br>du<br>tronçon<br>(m) | Coefficient<br>de<br>Manning | Pente<br>i | Largueur<br>du<br>radier<br>(m) | Hauteur<br>du<br>caniveau<br>(m) |
|---------------|-----------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------------------|------------------------------|------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Conduite<br>1 | 10.91                                   | 0.40                     | 7.4                         | 380,78                           | 0.015                        | 0.04       | 1.21                            | 1.39                             |

## CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN SYSTEME DE GESTION DES EAUX PLUVIALES EN MILIEU URBAIN : cas du tronçon terminus ULPGL à Goma

|            |     |      |      |       |       |      |      |      |
|------------|-----|------|------|-------|-------|------|------|------|
| Conduite 2 | 0.9 | 0.15 | 4.07 | 91,89 | 0.015 | 0.02 | 0.47 | 0.54 |
|------------|-----|------|------|-------|-------|------|------|------|

Après simulation nous avons trouvé les résultats présentés dans le tableau 3-3

Tableau 3-3 Résultats après simulation

| Conduit e  | Débit Q (m³/s) | Rayon hydraulique (m) | Vitesse (m/s) | Longueur du tronçon (m) | Coefficient de Manning | Pente i | Largueur du radier (m) | Hauteur du caniveau (m) |
|------------|----------------|-----------------------|---------------|-------------------------|------------------------|---------|------------------------|-------------------------|
| Conduite 1 | 1.418          | 0.26                  | 2.21          | 380.78                  | 0.015                  | 0.04    | 0.8                    | 1                       |
| Conduite 2 | 1.651          | 0.26                  | 2.57          | 91.89                   | 0.015                  | 0.02    | 0.8                    | 1                       |

Le débit maximal d'eau qui arrive au déversoir du caniveau est de 1.651 m³/s

Tableau 3-4 Dimension géométrique du caniveau

| Conduite   | Longueur du tronçon (m) | Largueur (radier) (m) | Hauteur du caniveau (m) |
|------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Conduite 1 | 380,78                  | 0,8                   | 1                       |
| Conduite 2 | 91,89                   | 0,8                   | 1                       |

Nous devons noter qu'à partir de la conduite 1, la hauteur du caniveau diminue progressivement jusqu'à atteindre le niveau du terrain naturel

### **3.4 SIMULATION AVEC EPA SWMM**

Cette partie présente la modélisation du réseau d'assainissement réalisée à l'aide du logiciel EPA-SWMM, elle détaille la configuration du réseau, les différentes étapes de simulation effectuées, les captures d'écran illustrent l'évolution du système, ainsi que les résultats obtenus tels que les dimensions des conduites, les débits d'écoulement et les autres paramètres hydrauliques essentiels.

Le réseau se présente comme suit :

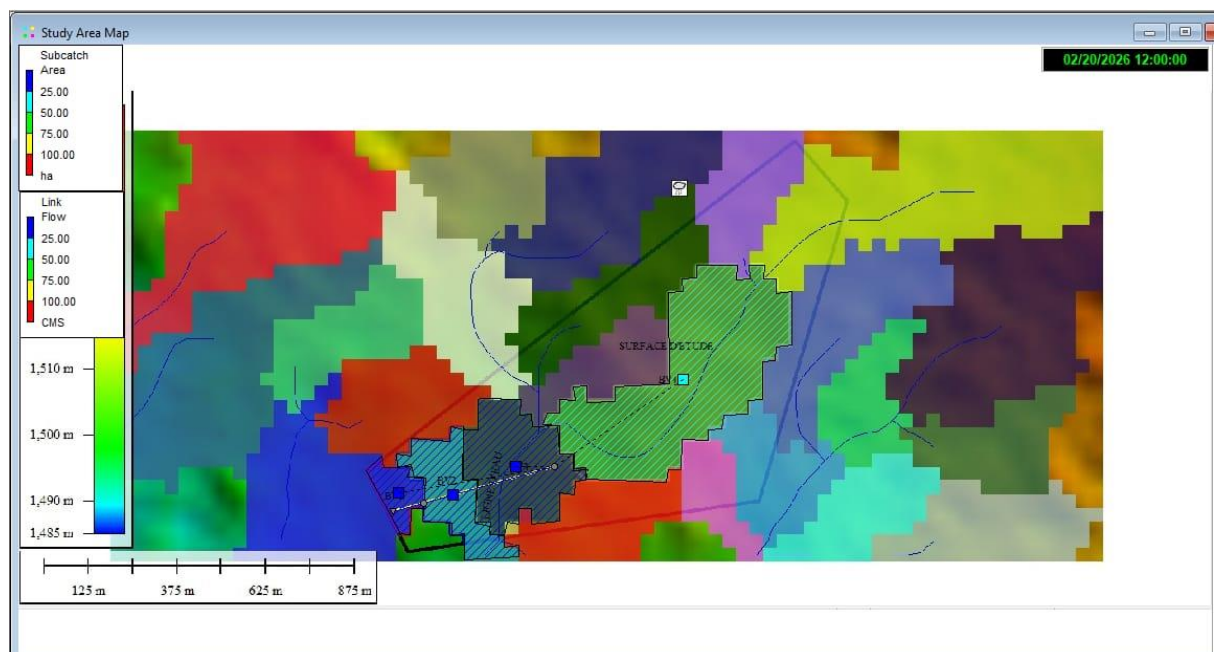


Figure 3-5 Présentation du réseau dans EPA SWMM

Cette figure présente la modélisation du bassin versant et du réseau de drainage dans EPA SWMM. Les différentes couleurs représentent les sous bassins versants, tandis que les lignes indiquent les conduites du réseau d'évacuation des eaux pluviales. L'échelle altimétrique permet d'identifier les variations de relief qui influencent l'écoulement des eaux.

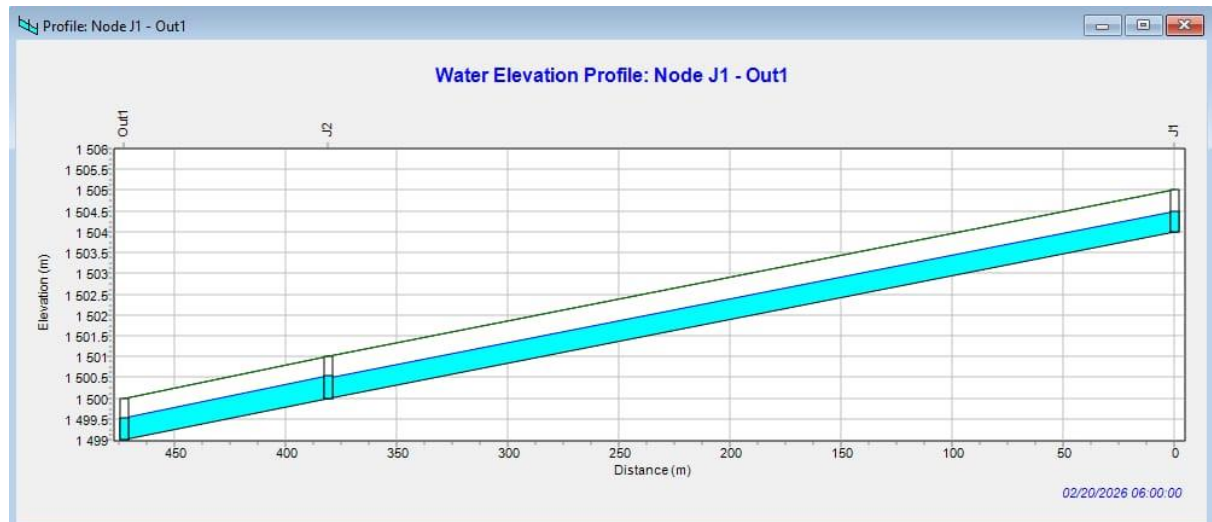


Figure 3-6 Profil en long du caniveau lorsqu'il a le maximum du flux d'eaux d'eau à 6h de pluie

Cette figure présente le profil en long du caniveau simulé dans EPA SWMM au moment du débit maximal après 6 heures de pluie. Elle présente l'évolution de l'altitude et du niveau d'eau le long du réseau, ce qui permet de vérifier que l'écoulement des eaux pluviales se fait correctement sans débordement.

### 3.5 CONCLUSION PARTIELLE

Ce chapitre a fait l'objet de la présentation des résultats liés à la conception d'un caniveau dont, le calcul de débit de ruissellement, le choix et le tracé du réseau afin de dimensionner le caniveau, en utilisant les méthodes données au chapitre précédent. L'analyse des résultats montre que le caniveau proposé répond aux exigences techniques du site étudié. Les débits générés par les sous bassins versants peuvent être correctement évacués par les sections dimensionnées, garantissant ainsi la stabilité et la durabilité du système de drainage projeté.

## Conclusion générale

Le présent travail a porté sur la conception et le dimensionnement d'un système de gestion des eaux pluviales en milieu urbain, cas du tronçon Terminus – ULPGL, plus précisément la section comprise entre le couvent des sœurs de Saint Vincent de Paul et le Complexe Scolaire Amani dans la ville de Goma.

L'étude est partie du constat selon lequel ce tronçon connaît des stagnations récurrentes d'eaux pluviales, provoquant la dégradation prématurée de la chaussée, des perturbations de la circulation et des risques pour les usagers. Cette situation est principalement liée à l'absence d'un dispositif de drainage adapté, à la topographie en pente du site et à l'augmentation des surfaces imperméabilisées.

Afin d'apporter une réponse technique appropriée, une méthodologie basée sur l'analyse des paramètres géométriques, topographiques, hydrologiques et hydrauliques a été adoptée. La délimitation des bassins versants, l'évaluation du coefficient de ruissellement ainsi que le calcul des débits de projet ont permis de dimensionner un ouvrage de drainage conforme aux exigences hydrauliques. Le recours aux formules de calcul hydraulique et à la simulation par le logiciel EPA SWMM a permis de vérifier la cohérence et la fiabilité des résultats obtenus.

Les résultats de l'étude ont conduit à la conception d'un caniveau en béton ciment dimensionné pour transporter un débit maximal de **1,651 m<sup>3</sup>/s**, de sections rectangulaires de dimensions **0,80m × 1,00m** pour la conduite 1 et **0,8m × 1,00m** (la hauteur diminue progressivement pour atteindre le niveau du terrain naturel) pour la conduite 2, La validation des performances du réseau proposé via simulation démontrant que le dimensionnement est adapté et conforme aux exigences techniques.

Toutefois, la réussite d'un tel système dépend non seulement de la qualité de sa conception et de son dimensionnement, mais également de son entretien régulier et de l'intégration d'une approche globale de gestion des eaux pluviales à l'échelle du bassin versant.

En définitive, la gestion rationnelle des eaux pluviales constitue un enjeu majeur pour le développement urbain durable de la ville de Goma. La mise en œuvre d'ouvrages de drainage adaptés, fondés sur des études techniques rigoureuses, demeure une condition essentielle pour assurer la sécurité, la durabilité des infrastructures et l'amélioration du cadre de vie des populations.

## **Bibliographie**

- [1] B. Yvan, Drainage et assainissement, 2017.
- [2] B. mondiale, «villes et inondations- Guide de gestion intégrée du risque d'inondation en zonz urbaine pour le 21e sciecle».
- [3] Inondation à DOUALA: causes et solutions.
- [4] Generalite sur les routes.
- [5] M. GRACE, Cours de route, 2025.
- [6] l. colombet, assainissement des agglomerations.
- [7] B. HOUSSEYN, Utilisation d'un outil de calcul pour le dimensionnement d'un reseau d'assinnissement: etude de cas d'une zone de la ville de souahlia, 2015.
- [8] PBM, TYPES OF DRAINAGE SYSTEMS: COMPREHENSIVE GUIDE, 2023.
- [9] A. M, COURS D' HYDROLOGIE, 2025.
- [10] GENERALITE SUR LE BASSIN DE RETENTION.
- [11] Code de bonne pratique pour la protection des routes contre les effets de l'eau, 1965.
- [12] Le monde de GENIE CIVIL, Novembre 2014.
- [13] B. B. Jeremie, *Verification structurale de l'axe kihisi-kilijize et dimensionnement des ouvrages d'assainissement*, 2023.
- [14] cours d'hydraulique appliquee.
- [15] S. N. Godelive, *conception et dimensionnement d'un systeme d'evacuation des eaux ruissellement à goma, cas du troncon semahore - afia bora*, 2024.
- [16] M. AMBOKO, cours d'hydraulique, 2025.

# ANNEXES

# CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN SYSTEME DE GESTION DES EAUX PLUVIALES EN MILIEU URBAIN : cas du tronçon terminus ULPGL à Goma

## Annexe 1 : DONNÉES PLUVIOMÉTRIQUES DE LA VILLE DE GOMA [15]

| Hauteur des pluies sur 37 ans |       |       |       |        |       |       |       |       |       |         |       |          |         |
|-------------------------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|----------|---------|
| Années                        | janv. | Févr. | Mars  | Avril  | Mai   | Juin  | juil. | Aout  | Sept  | Octobre | Nov.  | Décembre | MOYENNE |
| 1986                          | 68.8  | 128.9 | 42.9  | 113.8  | 56.3  | 51.9  | 1.6   | 2.3   | 32.1  | 55.9    | 91.6  | 32.2     | 56.5    |
| 1987                          | 60.6  | 26.0  | 65.3  | 54.2   | 75.6  | 82.3  | 7.9   | 14.1  | 52.3  | 75.3    | 114.1 | 23.9     | 54.3    |
| 1988                          | 26.5  | 45.1  | 98.0  | 140.5  | 65.7  | 2.9   | 70.0  | 106.7 | 51.9  | 85.0    | 63.8  | 62.4     | 68.2    |
| 1989                          | 20.6  | 38.1  | 56.5  | 29.7   | 46.8  | 22.0  | 29.8  | 56.7  | 35.9  | 71.6    | 71.8  | 57.7     | 44.8    |
| 1990                          | 38.6  | 70.8  | 54.1  | 166.8  | 111.4 | 3.8   | 0.0   | 75.3  | 143.8 | 98.0    | 95.2  | 96.0     | 79.5    |
| 1991                          | 82.4  | 119.7 | 177.6 | 88.8   | 106.8 | 126.8 | 71.2  | 7.9   | 78.6  | 143.8   | 171.2 | 83.7     | 104.9   |
| 1992                          | 65.4  | 64.6  | 97.5  | 116.9  | 29.4  | 84.2  | 25.3  | 46.3  | 126.7 | 121.8   | 195.3 | 84.4     | 88.2    |
| 1993                          | 82.6  | 85.5  | 78.2  | 82.3   | 79.9  | 80.9  | 68.4  | 73.9  | 67.2  | 68.6    | 74.6  | 78.5     | 76.7    |
| 1994                          | 66.4  | 21.2  | 160.3 | 161.2  | 93.6  | 38.3  | 10.1  | 71.8  | 101.7 | 161.0   | 208.0 | 123.2    | 101.4   |
| 1995                          | 38.2  | 82.2  | 145.3 | 153.8  | 181.8 | 40.6  | 60.6  | 6.0   | 87.8  | 269.0   | 209.1 | 104.1    | 114.9   |
| 1996                          | 136.3 | 100.8 | 124.5 | 92.3   | 98.7  | 129.2 | 41.9  | 42.7  | 98.4  | 134.7   | 0.0   | 0.0      | 83.3    |
| 1997                          | 7.9   | 0.0   | 0.0   | 0.0    | 225.0 | 38.2  | 54.9  | 26.7  | 26.9  | 159.2   | 195.2 | 125.2    | 71.6    |
| 1998                          | 115.5 | 133.5 | 158.6 | 121.7  | 143.5 | 76.5  | 56.3  | 23.3  | 124.5 | 128.1   | 118.9 | 69.9     | 105.9   |
| 1999                          | 85.0  | 23.8  | 168.9 | 160.5  | 23.0  | 23.9  | 3.4   | 95.2  | 148.0 | 83.3    | 154.2 | 68.8     | 86.5    |
| 2000                          | 88.9  | 53.9  | 108.1 | 146.7  | 263.0 | 131.0 | 11.5  | 80.9  | 74.9  | 188.6   | 171.3 | 116.7    | 119.6   |
| 2001                          | 200.1 | 87.9  | 132.6 | 150.9  | 28.0  | 8.5   | 78.7  | 94.8  | 151.6 | 147.2   | 292.1 | 91.5     | 122.0   |
| 2002                          | 147.0 | 100.8 | 144.3 | 146.7  | 125.5 | 12.6  | 11.0  | 41.0  | 35.3  | 117.8   | 167.4 | 137.1    | 98.9    |
| 2003                          | 44.3  | 68.4  | 132.6 | 150.9  | 57.7  | 48.5  | 23.7  | 62.0  | 144.0 | 201.0   | 74.5  | 70.7     | 89.9    |
| 2004                          | 154.3 | 73.6  | 81.7  | 98.1   | 51.1  | 62.0  | 14.0  | 96.3  | 117.2 | 76.0    | 62.2  | 56.6     | 78.6    |
| 2005                          | 129.4 | 93.9  | 120.7 | 51.0   | 51.1  | 62.0  | 14.0  | 96.3  | 117.2 | 76.0    | 62.2  | 56.6     | 77.5    |
| 2006                          | 103.8 | 101.5 | 113.4 | 127.3  | 90.2  | 15.1  | 66.0  | 158.3 | 69.3  | 81.4    | 153.5 | 114.3    | 99.5    |
| 2007                          | 20.4  | 63.2  | 65.6  | 69.7   | 43.7  | 67.8  | 58.0  | 23.6  | 179.2 | 126.0   | 177.0 | 58.3     | 79.4    |
| 2008                          | 105.5 | 73.8  | 131.1 | 31.1   | 40.0  | 163.6 | 49.5  | 72.1  | 154.3 | 111.2   | 194.1 | 120.0    | 103.9   |
| 2009                          | 91.1  | 63.0  | 89.3  | 71.0   | 160.9 | 27.2  | 0.1   | 47.2  | 76.4  | 160.1   | 223.3 | 145.6    | 96.3    |
| 2010                          | 211.4 | 230.4 | 192.4 | 80.0   | 160.9 | 29.3  | 0.0   | 85.0  | 155.3 | 165.0   | 231.0 | 150.0    | 140.9   |
| 2011                          | 24.7  | 1.2   | 0.0   | 0.0    | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 57.6  | 132.4 | 156.0   | 134.0 | 105.6    | 51.0    |
| 2012                          | 2.6   | 80.4  | 90.8  | 149.4  | 162.8 | 27.2  | 52.8  | 101.4 | 137.8 | 129.3   | 111.8 | 115.6    | 96.8    |
| 2013                          | 46.8  | 64.2  | 117.4 | 81.0   | 40.0  | 11.4  | 47.6  | 82.2  | 130.2 | 197.0   | 99.8  | 103.6    | 85.1    |
| 2014                          | 98.6  | 92.6  | 110.6 | 74.3   | 6.8   | 75.0  | 16.0  | 6.6   | 53.2  | 158.2   | 113.4 | 117.2    | 76.9    |
| 2015                          | 24.4  | 38.6  | 58.8  | 221.6  | 65.2  | 158.8 | 0.0   | 9.2   | 114.0 | 144.4   | 94.2  | 98.0     | 85.6    |
| 2016                          | 68.5  | 136.8 | 117.0 | 107.9  | 152.0 | 76.8  | 6.0   | 30.6  | 146.0 | 138.4   | 158.2 | 162.0    | 108.3   |
| 2017                          | 45.4  | 89.8  | 68.9  | 100.6  | 26.8  | 73.2  | 1.4   | 45.9  | 100.5 | 145.6   | 114.6 | 118.4    | 77.6    |
| 2018                          | 120.3 | 99.5  | 88.7  | 189.5  | 73.2  | 112.4 | 3.2   | 54.7  | 93.8  | 128.9   | 123.4 | 127.2    | 101.2   |
| 2019                          | 112.0 | 103.4 | 79.5  | 120.7  | 112.4 | 2.0   | 0.0   | 89.5  | 109.4 | 145.1   | 145.6 | 149.4    | 96.3    |
| 2020                          | 99.9  | 79.7  | 44.5  | 1633.1 | 106.3 | 67.0  | 19.8  | 25.7  | 142.3 | 108.3   | 89.6  | 93.4     | 209.1   |

# CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN SYSTEME DE GESTION DES EAUX PLUVIALES EN MILIEU URBAIN : cas du tronçon terminus ULPGL à Goma

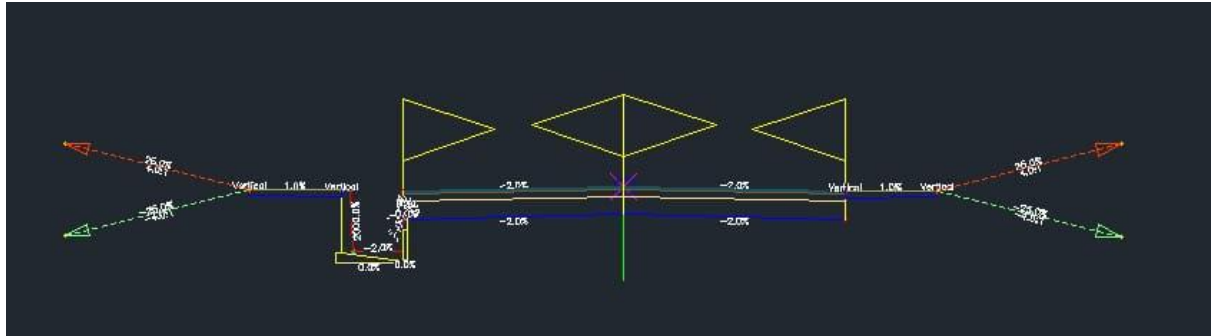
---

|         |        |        |        |        |         |        |       |        |        |        |        |        |        |
|---------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2021    | 114.6  | 101.3  | 105.0  | 94.1   | 128.0   | 45.6   | 11.4  | 60.1   | 80.5   | 146.2  | 140.2  | 144.0  | 97.6   |
| 2022    | 110.0  | 156.3  | 86.4   | 106.0  | 160,913 | 81.2   | 3.0   | 47,213 | 127.2  | 185.3  | 104.0  | 107.8  | 106.7  |
| TOTAL   | 3058.8 | 2994.4 | 3707.1 | 5484.1 | 3283.1  | 2159.7 | 989.1 | 2069.8 | 3708.4 | 4888.3 | 5000.4 | 3569.1 | 3409.3 |
| MOYENNE | 82.67  | 80.93  | 100.19 | 148.22 | 91.20   | 58.37  | 26.73 | 57.49  | 103.01 | 132.12 | 135.15 | 96.46  | 92.84  |
| MINIMUM | 2.6    | 0      | 0      | 0      | 0       | 0      | 0     | 2.3    | 26.9   | 55.9   | 0      | 0      | 44.767 |
| MAXIMUM | 211.4  | 230.4  | 192.4  | 1633.1 | 263     | 163.6  | 78.7  | 158.3  | 179.2  | 269    | 292.1  | 161.95 | 209.1  |

# CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN SYSTEME DE GESTION DES EAUX PLUVIALES EN MILIEU URBAIN : cas du tronçon terminus ULPGL à Goma

---

## Annexe 2 : Profil en travers type



**Annexe 3 : Profil en travers du caniveau**

