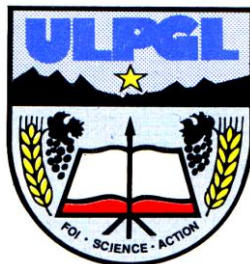


UNIVERSITE LIBRE DES PAYS DES GRANDS LACS
FACULTE DE SCIENCES ET TECHNOLOGIES
APPLIQUEES

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL



BP. 368 GOMA

www.ulpgl.net

ETUDE COMPARATIVE DES METHODES DE DIMENSIONNEMENT
DES FOSSES SEPTIQUES EN VUE D'OPTIMISER SA MISE EN
ŒUVRE DANS UN SOL ROCHEUX. APPLICATION SUR UNE FOSSE
SEPTIQUE D'UN APPARTEMENT R+6 DANS LA VILLE DE GOMA

Par BETINA AUMA reine

Travail présenté et défendu en vue de l'obtention du
Diplôme de Bachelor en Sciences et Technologies
Appliquées

Option : Génie civil

Directeur : Prof. Ing. BISHWEKA chérif

Encadreur : Ir. MBUSA MUYISA Isaac

ANNEE ACADEMIQUE 2024 - 2025

Epigraphe

« Concevoir une fosse septique, c'est avant tout équilibrer la technique, le sol et la communauté qu'elle sert »

Ing. Jean-Pierre Galland

Dédicace

A mes très chers parents BA'WELWA BENJAMIN auma et BISASHI ABWE ; pour votre amour, vos sacrifices, et votre soutien inconditionnel. Ce travail est le fruit de vos prières et de votre confiance. Merci pour tout.

Remerciements

Nous remercions l'Eternel notre Dieu Tout puissant qui règne dans le ciel, pour toutes les grâces et surtout la vie qu'Il nous accorde dans le parcours de notre cursus académique.

Nous sommes particulièrement reconnaissants de notre chère institution ULPGL/Goma pour sa formation tant théorique que pratique. Nos remerciements s'adressent au Professeur BISHWEKA Chérif pour sa rigueur dans la direction et sans laquelle ce travail ne serait abouti, et à l'Ir MBUSA MUYISA Isaac d'avoir accepté d'encadrer ce travail en nous transmettant son savoir.

A nos très chers parents BA'WELWA BENJAMIN auma et BISASHI ABWE qui donnent toujours leur patience, leur soutien et leur dynamisme tout au long de notre parcours académique. Recevez nos sincères remerciements.

A Nos frères, sœurs, oncles, belles sœurs, pour la bonne collaboration sans laquelle, nous n'aurons pas achevés ce travail, nous disons merci. Parmi eux nous citons : les AUMA, qui sont : PATRICE, UNGWA, ETO, ECA, EVARISTE, SOFIA, MWIBE, PIERRE, FAMIA, CHANCE ; ELISE MWAMINI, ELIZA MWANGAZA, CELESTNE ACI, NDIYO ALEXIS, BETINA FURAHA, SUZANA KITOGA, KANYOMBO KITOGA.

Nous tenons également à remercier tous nos ami(e)s dont EDMOND MAYUNDO, ESTHA MULILWA, FURAHINI KAYUMBU pour leur franche collaboration et sincère amitié, vous êtes devenus une famille sur laquelle je peux compter.

En fin, à toutes les personnes qui nous veulent du bien, ceux qui prient pour notre bien-être, nos camarades étudiants futurs ingénieurs, pour ce moment inoubliable de peine et de joie que nous avons passé ensemble et pour l'union qui nous caractérise, nous vous disons merci.

A vous dont les noms ne figurent pas sur cette liste, les héros dans l'ombre, recevez nos profondes gratitude.

BETINA AUMA reine

Résumé

L'assainissement non collectif représente un enjeu majeur dans les villes en forte croissance démographique dépourvues de réseaux d'assainissement collectif performants. La ville de Goma, à l'Est de la République Démocratique du Congo, connaît une urbanisation rapide dans un contexte géologique dominé par un sol rocheux, ce qui complique la réalisation des ouvrages d'assainissement et augmente les coûts de construction. Les fosses septiques constituent néanmoins la solution la plus couramment utilisée, notamment pour les immeubles à plusieurs niveaux. Ce travail a pour objectif de comparer trois méthodes de dimensionnement des fosses septiques : la méthode canadienne, la méthode britannique et celle préconisée par la Banque mondiale, afin d'identifier l'approche la plus adaptée au contexte local. L'étude est appliquée à un immeuble collectif de type R+6 accueillant cinquante usagers, représentatif des constructions actuelles dans la ville de Goma. La méthodologie repose sur l'analyse des normes et guides techniques relatifs au dimensionnement des fosses septiques, complétée par l'exploitation de données de terrain et une comparaison des résultats issus des différentes méthodes. Les calculs ont été réalisés à partir de paramètres communs tels que le nombre d'usagers, le débit journalier, le temps de rétention hydraulique, le taux d'accumulation des boues et la période de vidange. Les résultats montrent que la méthode canadienne conduit à un volume minimal de 1,6 m³, économiquement avantageux mais insuffisant pour le stockage des boues dans le cas d'un immeuble collectif. La méthode britannique aboutit à un volume élevé de 11 m³, assurant une grande sécurité de fonctionnement mais entraînant un surdimensionnement coûteux et difficile à mettre en œuvre en sol rocheux. La méthode préconisée par la Banque mondiale fournit un volume intermédiaire de 6 m³, offrant un compromis satisfaisant entre performance hydraulique, faisabilité technique et maîtrise des coûts. **Mots clés** : Étude ; comparative ; fosse septique ; méthode ; optimisation ; sol rocheux.

Abstract

On-site sanitation is a major challenge in rapidly growing cities lacking adequate sewerage systems. In Goma, eastern Democratic Republic of Congo, rapid urbanization combined with predominantly rocky soil conditions makes the construction of sanitation facilities technically difficult and costly. Septic tanks remain the most commonly used solution, particularly for collective residential buildings. This study aims to compare three septic tank sizing methods—the Canadian method, the British method and the World Bank recommended method—in order to identify the most suitable approach for rocky soil conditions in Goma. The analysis focuses on a collective R+6 residential building serving approximately fifty users. The methodology is based on a review of technical standards and a comparative application of the three methods using identical design parameters, including number of users, daily wastewater flow, hydraulic retention time, sludge accumulation rate and desludging period. The results indicate that the Canadian method produces a very small volume of 1.6 m³, which is cost-effective but inadequate for sludge storage. The British method results in a large volume of 11 m³, ensuring operational safety but leading to excessive construction costs in rocky soils. The World Bank recommended method provides an intermediate volume of 6 m³, representing a balanced compromise between efficiency, feasibility and cost optimization. The study concludes that the World Bank recommended sizing method is the most appropriate for septic tank design in rocky soil conditions in the city of Goma.

Table des matières

Epigraphe	i
Dédicace.....	ii
Remerciements.....	iii
Résumé.....	iv
Abstract	v
Table des matières.....	vi
Liste des abréviations.....	x
Liste des tableaux.....	xi
Liste des figures	xii
1. Introduction générale	1
1.1. Contexte	1
1.2. Identification et formulation du problème	3
1.3. Questions de recherche.....	4
1.4. Formulation des hypothèses	4
1.5. Justification du choix du sujet et motivations	5
1.6. Énoncé des objectifs de recherche	6
1.6.1. L'objectif général	6
1.5.2 Les objectifs opérationnels	6
1.7. Méthodologie et délimitation du travail	6
1.8. Structure du mémoire	7
Chapitre 1 Généralités sur les fosses septiques	8
1.1 Introduction	8

ETUDE COMPARATIVE DE METHODES DE DIMENSIONNEMENT DES FOSSES
SEPTIQUES ET OPMISATION DE LA MISE EN ŒUVRE DANS LE SOL ROCHEUX.

1.2	Terminologie	8
1.3	Constituants d'une fosse septique	10
1.4	Fonctionnement d'une fosse septique	10
1.5	Historiques et évolution de l'ingénierie des fosses septiques	11
1.6	Classification de fosses septiques	14
1.6.1	Classification selon le type d'eaux traitées.....	14
1.6.2	Classification selon la filière de traitement.....	15
1.6.3	Classification selon les matériaux de fabrication.....	16
1.7	Eléments de dimensionnement de fosses septiques	18
1.8	Fosses septiques dans le sol rocheux.....	19
1.9	Conclusion partielle.....	20
Chapitre 2 Méthodologie		22
2.1	Introduction	22
2.2	Présentation des méthodes de dimensionnement à comparer.	22
2.2.1	Méthode canadienne	22
2.2.2	Méthode préconisée par la banque mondiale	22
2.2.3	Méthode britannique	23
2.3	Paramètres de dimensionnement volumique des fosses septiques.....	23
2.3.1	Pour les méthodes canadiennes.....	23
2.3.2	Pour la méthode préconisée par la banque mondiale.....	24
2.3.3	Pour la méthode britannique	25
2.4	Protocole expérimental.....	26
2.4.1	Paramètres d'évaluation.....	26
2.5	Étude et analyse des cas des fosses septiques existantes dans la ville de Goma.....	27
2.6	Conclusion partielle.....	28
Chapitre 3 Présentation et analyse des résultats		30
3.1	Introduction	30
3.2	Présentation du plan architectural du bâtiment R+6	30

ETUDE COMPARATIVE DE METHODES DE DIMENSIONNEMENT DES FOSSES
SEPTIQUES ET OPMISATION DE LA MISE EN ŒUVRE DANS LE SOL ROCHEUX.

3.2.1	Organisation générale du bâtiment	32
3.2.2	Présentation des appartements	33
3.2.3	Nombre total d'usagers du bâtiment	33
3.2.4	Débit hydraulique.....	33
3.3	Dimensionnement volumique des fosses septiques	35
3.3.1	Méthode canadienne	35
3.3.2	Méthode préconisée par la banque mondiale.....	36
3.3.3	Méthode britannique	37
3.4	Calcul du période de vidange	37
3.4.1	Méthode canadienne	37
3.4.2	Méthode préconisée par la banque mondiale.....	38
3.4.3	Méthode britannique	38
3.5	Analyse comparative des trois méthodes	39
3.6	Plan architectural de la fosse septique.....	41
3.7	Discussion scientifique des résultats et Identification de la méthode optimale	41
3.8	Discussion des résultats au regard des questions de recherche et des hypothèses	43
3.8.1	Réponse à la question relative à la méthode de dimensionnement la plus appropriée au sol rocheux de Goma.....	43
3.8.2	Analyse des défis techniques et logistiques liés à la mise en œuvre en sol rocheux 44	
3.8.3	Solutions d'optimisation du coût et de la durabilité des fosses septiques	45
3.8.4	Vérification des hypothèses de recherche.....	45
3.9	Evaluation des cas choisis à Goma par rapport à la méthode optimale	46
3.10	Conclusion partielle	49
	Conclusion générale.....	50
	Bibliographie.....	52
	ANNEXES	54

ETUDE COMPARATIVE DE METHODES DE DIMENSIONNEMENT DES FOSSES
SEPTIQUES ET OPMISATION DE LA MISE EN ŒUVRE DANS LE SOL ROCHEUX.

Annexe A	55
Annexe B	56
Annexe C	57

Liste des abréviations

ANC	assainissement non collectif
Tr	temps de rétention hydraulique
Pb	taux d'accumulation de boues
PVC	polychlorure de vinyle
Fv	période de vidange
Qmj	débit hydraulique par personne par jour
RDC	rez de chaussée
R+6	rez de chaussée + six étages

Liste des tableaux

<i>Tableau 1: classification selon les filières de traitement [13]</i>	<i>15</i>
<i>Tableau 2 paramètres de dimensionnement des fosses septiques [15]</i>	<i>18</i>
<i>Tableau 3: Calcul du volume avec la méthode canadienne.....</i>	<i>35</i>
<i>Tableau 4: Calcul du volume avec la méthode préconisée par la banque mondiale</i>	<i>36</i>
<i>Tableau 5: Calcul du volume avec la méthode britannique</i>	<i>37</i>
<i>Tableau 6 comparaison de volume</i>	<i>39</i>
<i>Tableau 7 : Analyse quantitative des volumes.....</i>	<i>42</i>
<i>Tableau 8 données recueillies.....</i>	<i>46</i>
<i>Tableau 9 volume optimal</i>	<i>48</i>

Liste des figures

<i>Figure 1 – fosse etanche</i>	<i>10</i>
<i>Figure 2 – fosse septique</i>	<i>10</i>
<i>Figure 3 – fosse septique</i>	<i>12</i>
<i>Figure 4 – fosse toutes eaux</i>	<i>12</i>
<i>Figure 5 – fosse septique en verre</i>	<i>14</i>
<i>Figure 6 - fosse septique en plastique.....</i>	<i>15</i>
<i>Figure 7 - fosse septique en béton.....</i>	<i>15</i>
<i>Figure 8 - fosse septique à Goma.....</i>	<i>18</i>
<i>Figure 9 - vue en plan du RDC.....</i>	<i>29</i>
<i>Figure 10 - vue en plan d'étage.....</i>	<i>30</i>
<i>Figure 11 - fosse optimale.....</i>	<i>39</i>

1. Introduction générale

1.1. Contexte

La fosse septique est un élément constitutif d'une installation d'assainissement non collectif (ANC). Elle reçoit uniquement les eaux-vannes [1].

Son rôle est d'assurer une première étape de traitement par des processus physiques et biologiques : elle assure la décantation et la liquéfaction partielle des matières polluantes concentrées dans les eaux-vannes, ainsi que la rétention des matières solides et des déchets flottants [2] .

Cependant, l'urbanisation rapide et non planifiée de la ville de Goma, située dans la province du Nord-Kivu en République démocratique du Congo (RDC) [3] ; le Dimensionnement et Optimisation des Fosses Septiques dans les Sols Rocheux de Goma, pose des défis majeurs en matière de gestion des eaux vannes.

La croissance démographique exponentielle de la ville de Goma estimée à 111,3 % à partir de 2000 jusqu'en 2015, combinée à un développement urbain souvent anarchique, engendre une pression sans précédent sur les infrastructures d'assainissement, qui sont fréquemment obsolètes ou inadéquates [4].

Cette situation est particulièrement critique dans le contexte des immeubles à plusieurs niveaux qui se multiplient pour répondre à la demande croissante de logements, concentrant ainsi une population importante et augmentant considérablement le volume d'eaux vanne produites par unité de surface.

La fosse septique, en tant que système d'assainissement autonome, est fréquemment privilégiée pour sa simplicité relative d'installation et son coût initial perçu comme moins élevé que les systèmes collectifs [5]. En effet son efficacité et sa durabilité sont directement liées à la nature géologique du milieu où il fonctionne ; d'où la nécessité d'analyse des méthodes appropriées pour chaque type de sol. Ainsi nous nous intéressons plus spécifiquement au sol de la ville de Goma, caractérisées par un sous-sol principalement rocheux.

Ce contexte géologique influence le choix des méthodes de dimensionnement, des techniques de construction, ainsi que la maintenance à long terme de ces installations. Les conséquences d'un dimensionnement inadéquat et d'une mauvaise implantation sont nombreuses : saturation rapide des fosses, débordements fréquents, contamination des eaux souterraines et des sols, et propagation de maladies hydriques [6].

Dans le cas spécifique des immeubles à plusieurs niveaux, comme dans le cas ici présenté des appartements R+6, la densité de population élevée nécessite une approche plus sophistiquée du dimensionnement des fosses septiques afin d'éviter la saturation rapide du système et de garantir un traitement efficace des eaux usées tout en optimisant le coût.

Cette étude comparative vise donc à explorer trois méthodes de dimensionnement de fosses septique, notamment : les méthodes canadiennes, méthode préconisée par la banque mondiale et la méthode britannique. Tout en mettant l'accent sur leur application aux particularités du sol rocheux de la ville de Goma, dans le but de déterminer la plus optimale d'entre elles.

1.2. Identification et formulation du problème

La gestion des eaux-vannes constitue un défi majeur pour les bâtiments collectifs de la ville de Goma en raison de la croissance urbaine rapide et des caractéristiques géologiques dominées par des formations rocheuses. Dans ce contexte, les fosses septiques demeurent le système d'assainissement autonome le plus utilisé pour les immeubles résidentiels.

Cependant, le bon fonctionnement d'une fosse septique dépend largement de son dimensionnement. Une fosse sous-dimensionnée peut entraîner une saturation précoce, des débordements fréquents, une diminution du temps de rétention hydraulique et une dégradation de la qualité du traitement des eaux usées. À l'inverse, une fosse surdimensionnée nécessite des travaux d'excavation plus importants, particulièrement coûteux dans un sol rocheux, ainsi qu'une augmentation des quantités de matériaux de construction.

Plusieurs méthodes de dimensionnement sont proposées dans la littérature technique, notamment la méthode canadienne, la méthode britannique et la méthode préconisée par la Banque mondiale. Ces méthodes reposent sur des approches différentes et conduisent souvent à des volumes de fosses sensiblement différents. Or, dans le contexte géologique particulier de la ville de Goma, il n'existe pas d'étude comparative permettant d'identifier laquelle de ces méthodes offre le meilleur compromis entre performance technique, durabilité de l'ouvrage et maîtrise des coûts de réalisation.

Dès lors, le problème scientifique auquel cette étude tente de répondre est le suivant : parmi les méthodes canadienne, britannique et celle préconisée par la Banque mondiale, laquelle permet de dimensionner de manière optimale une fosse septique destinée à un immeuble collectif implanté dans un sol rocheux à Goma ?

1.3. Questions de recherche

Cette étude vise à répondre aux questions de recherche suivantes :

- Quelle est la méthode de dimensionnement des fosses septiques parmi les trois choisies appropriée pour le sol rocheux, et comment s'applique-t-elle spécifiquement dans le contexte de Goma ?
- Quels sont les défis techniques liés à la construction et à la maintenance des fosses septiques dans les sols rocheux, en particulier pour les immeubles R+6 (accès aux sites, manipulation des matériaux, coût des travaux, etc.) ?
- Quelles solutions innovantes s'implantent pour optimiser le cout et la durabilité des fosses septiques dans ce contexte géologique particulier de Goma caractérisé par un sol rocheux ?

1.4. Formulation des hypothèses

Sur base de nos questions de recherche ci-haut mentionnées, les réponses anticipatives que voici ont été émises :

- La méthode optimale fournirait un dimensionnement plus adapté aux conditions géologiques rocheuses de la ville de Goma.
- Les contraintes techniques liées au sol rocheux influenceraient significativement le coût et la faisabilité de construction des fosses septiques
- Une méthode de dimensionnement adaptée au contexte local permettrait d'améliorer simultanément la performance hydraulique, la durabilité et la rentabilité des fosses septiques destinées aux immeubles collectifs.

1.5. Justification du choix du sujet et motivations

Le choix de ce sujet a été motivé par le fait que, l'assainissement est un enjeu crucial pour la santé publique, surtout dans les zones urbaines en développement. La ville de Goma, en République Démocratique du Congo, connaît une urbanisation rapide, ce qui augmente la nécessité d'installer des systèmes d'assainissement efficaces sur tous les aspects. Les fosses septiques sont souvent une solution privilégiée dans ces contextes.

Quant à l'intérêt, il se décline en ces termes :

- a) Sur le plan personnel : ce travail va nous permettre d'approfondir nos connaissances dans le cadre de détermination de la méthode de dimensionnement de fosse septique répondant meilleure dans le sol rocheux.
- b) Sur le plan pratique : Cette étude présente un intérêt pratique important pour les ingénieurs civils, les concepteurs d'ouvrages d'assainissement, les promoteurs immobiliers et les autorités locales de la ville de Goma. Les résultats obtenus permettront d'orienter le choix d'une méthode de dimensionnement adaptée aux réalités géologiques locales, caractérisées par la présence d'un sol rocheux. L'application de la méthode retenue contribuera à réduire les risques de sous-dimensionnement ou de surdimensionnement des fosses septiques, à améliorer leur performance hydraulique et à optimiser les coûts de construction, d'exploitation et de maintenance des ouvrages d'assainissement.
- c) Sur le plan scientifique : ce travail vient compléter les travaux ayant traité de la problématique de déterminer la méthode de dimensionnement la plus efficace pour un sol rocheux et donc, constitué un document qui pourra servir d'autres chercheurs dans le même domaine.

1.6. Énoncé des objectifs de recherche

1.6.1. L'objectif général

L'objectif général poursuivi dans cette étude est de parvenir à déterminer la méthode de dimensionnement de la fosse septique la plus optimale possible parmi les 3 choisies, et qui garantira la meilleure fonctionnalité de la fosse dans le sol rocheux.

1.5.2 Les objectifs opérationnels

Afin d'atteindre cet objectif général, les objectifs spécifiques suivants sont poursuivis :

- a) Evaluer la vulnérabilité de fosses septiques dans un sol rocheux existants à Goma et faire un diagnostic sommaire ;
- b) Les analyser et comparer leurs caractéristiques fonctionnelles et volumiques;
- c) Déterminer la méthode de dimensionnement la plus optimale et répondant mieux dans un sol rocheux et Élaborer le modèle pour cette méthode.

1.7. Méthodologie et délimitation du travail

Afin d'atteindre les objectifs poursuivis dans ce travail, il a été nécessaire de :

- Effectuer une descente sur terrain afin de recueillir certaines données sur le site au près du personnel (ingénieur du bâtiment) par une technique d'observation en situation ;
- Rassembler une littérature par une technique d'analyse documentaire ;
- Procéder à l'étude comparative et à une analyse des résultants pour évaluer le coût et le fonctionnement de chaque méthode de dimensionnement dans notre contexte.

Cette étude se limite à la comparaison des méthodes de dimensionnement des fosses septiques et à l'optimisation de leur implantation dans le sol rocheux, en se concentrant sur le cas d'une

fosse septique d'un appartement R+6 dans la ville de Goma. Elle prend en compte les aspects hydrauliques et volumiques liées au nombre d'usagers, tout en excluant l'analyse chimique des eaux usées et l'impact environnemental global.

1.8. Structure du mémoire

Outre l'introduction et la conclusion générales, ce travail est constitué de trois chapitres suivants :

- Le premier présente les généralités sur les fosses septiques et particulièrement dans un sol rocheux,
- Le deuxième présente la méthodologie utilisée dans ce travail,
- Enfin au troisième chapitre sont présentés et analysés les résultats de ce travail.

Chapitre 1

Généralités sur les fosses septiques

1.1 Introduction

D'une manière générale, les fosses septiques sont définies comme les dispositifs essentiels pour le traitement des eaux-vannes dans les zones non desservies par un réseau d'assainissement collectif. Leurs fonctionnements reposent sur l'action des bactéries anaérobies pour décomposer les matières organiques et réduire la pollution des eaux. Leur entretien régulier et leur vidange périodique sont indispensables pour assurer leur bon fonctionnement et éviter les risques de dysfonctionnement. En contribuant à la préservation de l'environnement et à la protection de la santé publique, la fosse septique joue un rôle crucial dans la gestion des eaux vannes. Il est donc essentiel de sensibiliser les utilisateurs à son utilité et à l'importance de son entretien pour garantir son efficacité à long terme [7].

1.2 Terminologie

Comme c'est le cas dans tous les domaines, l'ingénierie des fosses septiques possède son propre langage qui doit d'abord être compris par le concepteur afin de créer une base de discussion uniforme. Dans cette section sont présentés certains termes et expression les plus couramment utilisés dans l'ingénierie des fosses septiques. On retient donc : [8] [9]

- Fosse septique : Ouvrage d'assainissement individuel destiné à recueillir et à traiter les eaux vannes par décantation et fermentation.
- Regard : Ouverture aménagée pour l'inspection, l'entretien et le curage.

- Chambre de tranquillisation : Compartiment qui permet de ralentir l'écoulement et d'éviter le brassage des boues.
- Préfiltre : Dispositif placé à la sortie de la fosse pour retenir les matières solides avant rejet vers le traitement secondaire.
- Ventilation : Conduits assurant l'évacuation des gaz de fermentation
- Eaux vannes : Eaux issues des toilettes.
- Eaux grises : Eaux provenant de la cuisine, douche, lessive, etc.
- Eaux usées domestiques : Ensemble des eaux vannes et des eaux grises.
- Eaux pluviales : Eaux de pluie (ne doivent pas être dirigées vers la fosse).
- Décantation : Séparation par gravité des matières solides et liquides.
- Fermentation anaérobie : Décomposition des matières organiques par des bactéries en absence d'oxygène, produisant du gaz (méthane, CO₂).
- Liquéfaction : Transformation progressive des boues solides en matières plus fluides.
- Épandage : Infiltration des effluents prétraités dans le sol (traitement secondaire).
- Boues : Dépôts solides accumulés au fond de la fosse.
- Écume : Dépôt flottant à la surface (graisses, papiers, matières légères).
- Effluents : Liquide sortant de la fosse après prétraitement.
- Vidange : Opération consistant à retirer les boues accumulées dans la fosse.
- Curage : Nettoyage des conduites et regards pour éliminer dépôts et obstructions.
- Pompage : Extraction mécanique des boues par un camion spécialisé.
- Tranchées d'infiltration : Canalisations enterrées qui dispersent les effluents dans le sol.
- Filtre à sable : Ouvrage de traitement secondaire utilisant du sable comme support épurateur.
- Micro station d'épuration : Alternative moderne à la fosse septique, assurant un traitement biologique plus poussé.

1.3 Constituants d'une fosse septique

Une fosse septique est constituée de plusieurs éléments assurant la collecte, le stockage et le prétraitement des eaux-vannes. Les principaux constituants sont : [9]

- La conduite d'entrée qui achemine les eaux usées vers la fosse ;
- Le premier compartiment où se produit principalement la décantation des matières solides ;
- Le deuxième compartiment assurant une clarification complémentaire de l'effluent ;
- La cloison de séparation qui favorise la rétention des boues et des matières flottantes ;
- La conduite de sortie permettant l'évacuation des eaux prétraitées ;
- Le système de ventilation destiné à évacuer les gaz issus de la décomposition anaérobie ;
- Les tampons de visite permettant l'inspection et la vidange de l'ouvrage ;
- Le fond de la fosse où s'accumulent les boues décantées.

La connaissance de ces différents éléments est indispensable pour assurer un bon dimensionnement, une exploitation adéquate et une maintenance efficace de la fosse septique.

1.4 Fonctionnement d'une fosse septique

La fosse septique assure le prétraitement des eaux-vannes grâce à des phénomènes physiques et biologiques se déroulant en milieu anaérobie.

Lors de leur arrivée dans la fosse, les eaux usées subissent une décantation gravitaire qui provoque la sédimentation des matières lourdes au fond de l'ouvrage sous forme de boues. Simultanément, les matières légères telles que les graisses, huiles et mousses remontent à la surface pour former une couche d'écume.

Entre ces deux couches se trouve une zone intermédiaire contenant un liquide relativement clarifié. Ce liquide traverse progressivement les compartiments de la fosse avant d'être évacué vers le système d'infiltration ou de traitement complémentaire.

Au fond de la fosse, les matières organiques accumulées sont partiellement dégradées par l'action des bactéries anaérobies. Cette décomposition biologique réduit le volume des boues et produit des gaz tels que le méthane (CH_4), le dioxyde de carbone (CO_2) et le sulfure d'hydrogène (H_2S). Ces gaz sont évacués par la conduite de ventilation afin d'éviter les nuisances et les surpressions à l'intérieur de l'ouvrage.

L'efficacité du traitement dépend notamment du temps de rétention hydraulique, du volume de la fosse, du nombre d'usagers ainsi que de la fréquence de vidange de l'installation [9].

1.5 Historiques et évolution de l'ingénierie des fosses septiques

L'ingénierie de la fosse septique, un pilier de l'assainissement non collectif, a connu une évolution remarquable depuis ses origines au 19ème siècle [10]. De la simple fosse étanche à des systèmes de traitement intelligents et écologiques, son histoire est marquée par une quête constante d'amélioration de l'hygiène publique et de protection de l'environnement.

Avant le 19ème siècle, la gestion des excréments reposait principalement sur des systèmes rudimentaires comme les latrines et les fosses d'aisances, qui étaient de simples trous creusés dans le sol. Ces dispositifs posaient de graves problèmes sanitaires, notamment dans les villes en pleine croissance industrielle, où l'accumulation des matières fécales entraînait des odeurs pestilentielles et la propagation de maladies.

La véritable révolution survient en France avec Jean-Louis Mouras. Vers 1860, cet ingénieur a l'idée de construire une fosse étanche en ciment pour recevoir à la fois les eaux des toilettes et les eaux ménagères. Il observe alors un phénomène inattendu : après une douzaine d'années, en vidant sa fosse, il ne trouve presque plus de matières fécales solides, mais un liquide qui

remplit la cuve. Mouras venait de découvrir, sans le nommer, le principe de la digestion anaérobie : en l'absence d'oxygène, des bactéries liquéfient les matières organiques.

Son invention, qu'il nomme « vidangeuse automatique et inodore », est brevetée le 22 septembre 1881. Elle est considérée comme la toute première fosse septique. La découverte est popularisée grâce aux articles de l'abbé Moigno dans la revue **Le Cosmos**, qui, intrigué, a même reproduit l'expérience dans un aquarium pour observer le processus. Ce n'est qu'en 1895 que le terme « *septic tank* » (réservoir septique) sera breveté par le Britannique Donald Cameron, le mot "septique" signifiant "porteur de microbes" [10].

Au fil des décennies, le concept de base de la fosse septique est amélioré. On commence à y adjoindre des systèmes de drainage pour évacuer les liquides traités (l'effluent) dans le sol, marquant une étape importante vers les systèmes que nous connaissons aujourd'hui.

L'après-guerre et les Trente Glorieuses voient une urbanisation croissante et une augmentation exponentielle du nombre de fosses septiques. C'est à cette période que se développent les camions hydrocureurs, équipés de pompes à vide puissantes, qui révolutionnent la vidange en la rendant plus rapide, plus sûre et moins pénible que la purge manuelle. Les cuves sont alors majoritairement construites en béton.

Depuis la fin du 20ème siècle, l'ingénierie des fosses septiques a connu une accélération de ses innovations, poussée par des réglementations environnementales plus strictes et une prise de conscience écologique. [11]



Figure1 fosse etanche [10].



Figure 2 fosse septique [11]

1.6 Classification de fosses septiques

1.6.1 Classification selon le type d'eaux traitées

La distinction fondamentale réside dans les types d'eaux que le système est conçu pour recevoir. [12]

a) La fosse septique

Ce système plus ancien ne collecte que les "eaux-vannes" (les eaux provenant des toilettes). Les autres eaux usées de la maison, appelées "eaux grises" ou "eaux ménagères" (cuisine, salle de bains, lave-linge), devaient être traitées séparément, souvent par un bac à graisse avant d'être rejetées.

b) La fosse toutes eaux (FTE)

C'est le système actuellement obligatoire pour toute nouvelle installation. Elle recueille et prétraite l'ensemble des eaux usées domestiques, qu'il s'agisse des eaux-vannes ou des eaux grises. Ce système assure une première décantation des matières solides et une liquéfaction partielle des matières organiques avant que l'effluent ne soit dirigé vers un système de traitement secondaire.

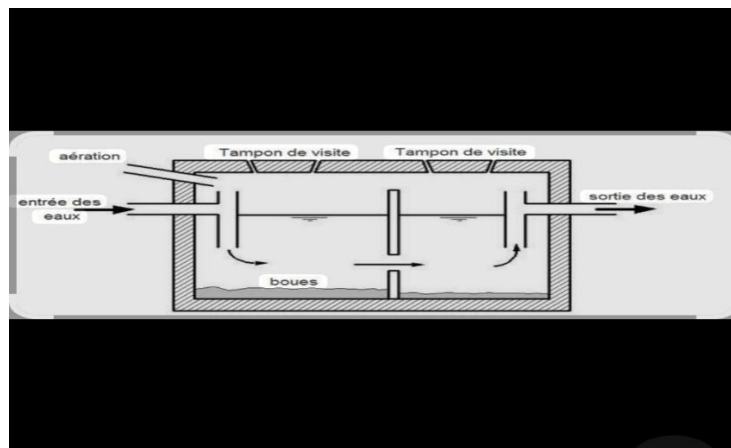


Figure3 fosse septique [12]

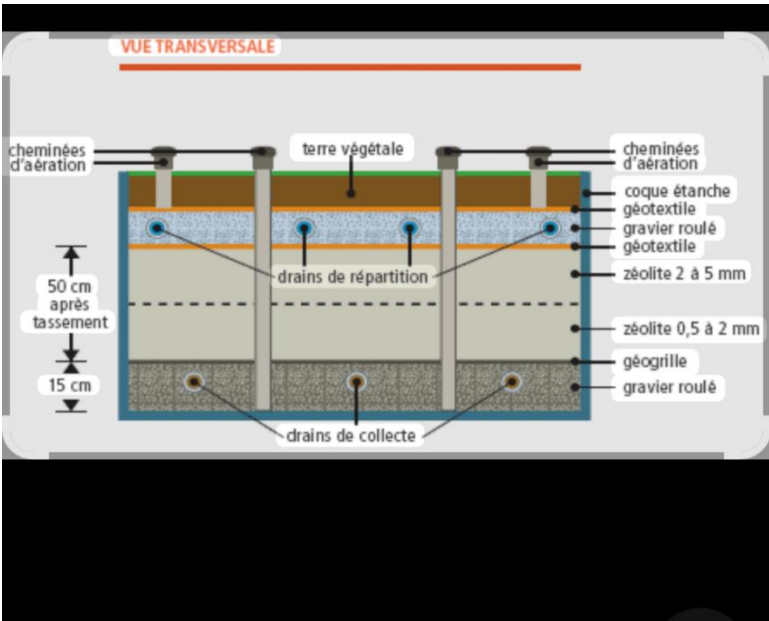


Figure4 fosse toute eau [12]

1.6.2 Classification selon la filière de traitement

Après le prétraitement dans la fosse toutes eaux, les eaux doivent subir un traitement complémentaire pour être épurées avant d'être rejetées dans le milieu naturel. On distingue principalement les filières traditionnelles et les filières agréées [13] . La classification de fosses septiques selon les filières de traitement et présentée dans le tableau 1

Tableau 1: classification selon les filières de traitement [13]

Filières	Avantage	Limite
filière traditionnelle	Coût initial relativement bas, s'adapte à une variété de sols.	Requiert une vidange régulière, peut entraîner des problèmes d'odeurs ou de pollution si mal entretenue.

filière agréée	Plus compactes, souvent plus écologiques, peuvent être une alternative aux filières traditionnelles.	Peuvent nécessiter des installations plus grandes et des systèmes d'épandage spécifiques.
----------------	--	---

1.6.3 Classification selon les matériaux de fabrication

Les cuves des fosses septiques peuvent être fabriquées à partir de différents matériaux, chacun ayant ses propres caractéristiques [14].

a) Le béton

Robuste et durable, le béton offre une excellente tenue mécanique, ce qui le rend adapté aux sols instables. Cependant, il est lourd, ce qui peut compliquer son installation.

b) Le plastique (PVC, polyéthylène)

Les cuves en plastique sont légères, ce qui facilite leur transport et leur installation. Elles sont également étanches et résistantes à la corrosion.

c) La fibre de verre

Ce matériau combine légèreté et solidité. Les fosses en fibre de verre sont étanches et résistantes.



Figure5 fosse septique en verre [14]



Figure6 fosse septique en beton [14]



Figure7 fosse septique en plastique [14]

1.7 Eléments de dimensionnement de fosses septiques

Le dimensionnement correct d'une fosse septique, est une étape cruciale pour assurer le bon fonctionnement de votre système d'assainissement non collectif et sa conformité avec la réglementation. Un dimensionnement adéquat évite les dysfonctionnements, les vidanges trop fréquentes et la pollution de l'environnement.

Les principaux éléments à prendre en compte pour le dimensionnement sont dictés par la réglementation et basés sur la capacité d'accueil potentielle de l'habitation sont représentés dans le tableau suivant [15]. Les paramètres de dimensionnement des fosses septiques sont présentés dans le tableau 2.

Tableau 2 paramètres de dimensionnement des fosses septiques [15]

Paramètres	Symboles	Unité	Rôle/signification
Nombres d'usagers	N	Personne	Détermine la charge hydraulique
Débit journalier d'eau usée par personne	Q	$l/p/j$	Quantité moyenne d'eau usée par en $l/p/j$
Débit total par jour	Q	l/j	Volume total d'eau usée
Type d'effluent/ vanne ou grise	—	-	Conditionne le volume
Temps de rétention hydraulique	Tr	$Jour$	Durée nécessaire pour assurer la décantation et la digestion des boues

Volume utile de la fosse septique	V_u	m^3	Volume nécessaire pour le traitement des eaux usées
Période de vidage	F_v	An_s	Intervalle entre deux opérations de vidange
Taux d'accumulation de boue par personne	P_b	$l/p/an$	Quantité de boues produites annuellement par personne

1.8 Fosses septiques dans le sol rocheux

L'installation d'une fosse septique dans un sol rocheux présente plusieurs défis, mais elle est possible avec les bonnes considérations. Voici en passant, quelques points à prendre en compte: [16]

a) Évaluation du site

Analyse du sol : Avant toute installation, il est essentiel de réaliser une étude de sol pour comprendre la profondeur et la composition des roches.

Permis : Vérifiez les réglementations locales concernant l'installation de fosses septiques.

b) Conception de la fosse

Dimensionnement : La fosse doit être dimensionnée en fonction du nombre d'occupants et de l'utilisation prévue.

Matériaux : Utiliser des matériaux résistants à la pression et aux conditions du sol.

c) Installation

Excavation : L'excavation peut nécessiter des outils spécifiques pour briser les roches

Drainage : Assurez-vous que le système de drainage est correctement conçu pour éviter les obstructions.

d) Entretien

Vidange régulière : Prévoyez des vidanges régulières pour éviter les débordements.

Inspection : Inspection périodique de la fosse et des drains pour s'assurer qu'ils fonctionnent correctement.

e) Alternatives

Systèmes de traitement : Dans certains cas, un système de traitement alternatif peut être nécessaire, comme un système de filtration ou un traitement biomécanique.



Figure8 fosse septique à Goma

1.9 Conclusion partielle

Ce premier chapitre a été consacré aux généralités sur les fosses septiques. Il a été question de présenter respectivement : une terminologie de l'ingénierie des fosses septiques,

historique et l'évolution de l'ingénierie des fosses septiques, la classification des fosses septiques, les éléments de dimensionnement des fosses septiques et les fosses septiques dans le sol rocheux. On y a donc présenté les éléments nécessaires à la compréhension de la thématique traitée dans ce travail.

Chapitre 2

Méthodologie

2.1 Introduction

Dans le présent chapitre nous présentons la méthodologie qui nous a permis de mener ce travail de recherche. Nous présentons ainsi la démarche suivie pour le dimensionnement de la fosse septique avec les trois méthodes ci-haut citées en faisant une analyse globale pour chaque méthode (généralité) dans le but d'optimiser la mise en œuvre dans le sol rocheux.

2.2 Présentation des méthodes de dimensionnement à comparer.

2.2.1 Méthode canadienne

La méthode canadienne est une approche basée sur les normes techniques nord-américaines (telles que celles du Ministère de l'Environnement du Canada). Elle repose sur le nombre réel d'usagers et la production moyenne d'eaux usées par personne.

Cette méthode vise à assurer une capacité suffisante de stockage des boues et un temps de rétention hydraulique optimal pour permettre une bonne décantation et un traitement biologique efficace. Elle est reconnue pour sa rigueur technique et son adaptation aux conditions domestiques modernes (consommation élevée d'eau, confort sanitaire). [17]

2.2.2 Méthode préconisée par la banque mondiale

La méthode préconisée par la Banque mondiale est une méthode simplifiée et pratique, utilisée surtout dans les pays en développement dans le cadre des projets d'assainissement rural.

et urbain. Elle prend en compte des paramètres essentiels comme le nombre d'usagers, le débit journalier, le temps de rétention hydraulique et le taux d'accumulation de boues.

Son objectif est d'assurer un fonctionnement fiable de la fosse septique tout en réduisant les coûts de construction et d'entretien.

C'est une méthode empirique, adaptée aux contextes tropicaux et aux moyens techniques limités. [17]

2.2.3 Méthode britannique

La méthode britannique est une approche normalisée issue des recommandations du *Building Research Establishment* (BRE) et d'autres organismes techniques du Royaume-Uni. Cette méthode vise à simplifier le calcul du volume total tout en garantissant une capacité suffisante de décantation et un entretien régulier.

Elle est largement utilisée dans les pays anglophones et adaptée aux logements individuels ou collectifs. [17]

2.3 Paramètres de dimensionnement volumique des fosses septiques

Sachant que notre étude comparative sera faite sur base de volume, alors c'est très capital de représenter les paramètres pris en compte lors du calcul de volume pour chaque méthode. [17]

2.3.1 Pour les méthodes canadiennes

On fait le calcul à partir du débit mesuré ou estimé. On ne tient pas compte du volume de stockage des boues si l'on présume que les fosses seront bien entretenues. Si toutefois on croit que la fosse sera mal entretenue, il est préférable d'ajouter à la capacité de la fosse un volume de stockage des boues.

=> Pour des débits quotidiens : $1900 < Q < 5700l$

$$Vu = 1,5 \times Qmj \quad (1)$$

$$Q\left(\frac{l}{j}\right) = N \times Qmj \quad (2)$$

Qmj : Débit des eaux usées mesuré ou estimé (l/p/j)

N : Le nombre d'usagers correspond au nombre de personnes utilisant régulièrement les installations sanitaires raccordées à la fosse septique. Ce paramètre permet de calculer le débit journalier d'eaux usées (Q) et d'adapter la capacité de la fosse à la charge réelle.

$$N = nf \times np \quad (3)$$

nf : Nombre de familles ou logement

np : Nombre des personnes par famille

$Q\left(\frac{l}{j}\right)$: Débit journalier d'eau usée

Dans la méthode canadienne, le temps de rétention recommandé est de 24 à 72 heures (1 à 2 jours), Il garantit une bonne décantation des matières solides et un traitement anaérobie efficace avant infiltration.

2.3.2 Pour la méthode préconisée par la banque mondiale

Capacité = 3 fois débit journalier d'eaux usées

$$C = 3 \times Q \quad (4)$$

C = volume utile de la fosse

Q : Débit journalier (en L/j).

Les recommandations de la Banque mondiale ont été élaborées dans le cadre de nombreux projets d'assainissement réalisés dans les pays en développement. Elles visent à proposer des solutions techniques capables d'assurer un niveau satisfaisant de traitement tout en tenant compte des contraintes économiques et des réalités locales.

Cette méthode privilégie une approche prudente du dimensionnement afin de garantir une durée de séjour suffisante des eaux usées dans la fosse septique. Elle cherche également à limiter les risques de dysfonctionnement liés aux variations du nombre d'usagers, à l'accumulation progressive des boues et aux irrégularités d'entretien.

2.3.3 Pour la méthode britannique

$$Cu = 180 \times N + 2000 \quad (5)$$

Cu = Volume utile de la fosse (litres)

La méthode britannique est fondée sur des recommandations techniques développées pour les systèmes d'assainissement autonomes desservant des bâtiments résidentiels et des établissements collectifs. Contrairement à certaines méthodes basées principalement sur les débits journaliers, elle accorde une attention particulière au nombre d'usagers et à la capacité de stockage des boues.

Cette approche conduit généralement à des volumes plus importants afin d'assurer une meilleure stabilité du fonctionnement de la fosse septique sur une longue période d'exploitation. Les marges de sécurité intégrées dans les calculs permettent notamment de réduire la fréquence des vidanges et de limiter les risques de saturation prématurée.

2.4 Protocole expérimental.

L'objectif de ce protocole expérimental est de comparer, dans des conditions identiques, les trois méthodes de dimensionnement afin d'identifier celle qui offre la meilleure performance technique et économique pour une fosse septique implantée dans un sol rocheux à Goma.

2.4.1 Paramètres d'évaluation

Afin de comparer objectivement les trois méthodes de dimensionnement des fosses septiques (canadienne, britannique et préconisée par la Banque mondiale), il est essentiel de définir les paramètres d'évaluation qui permettront d'apprécier leur performance technique, leur faisabilité dans un sol rocheux et leur rentabilité économique. Ces paramètres constituent la base d'analyse pour répondre aux questions de recherche et déterminer la méthode la plus optimale pour le contexte de la ville de Goma.

Etant donné que la suite de paramètres de dimensionnement des fosses septiques fait intervenir le temps de rétention hydraulique, Les principaux paramètres d'évaluation retenus sont :

- Le nombre d'usagers, reste une constante
- Le débit journalier d'eau par personne, reste une constante

- Le Temps de rétention hydraulique(Tr)
- Taux d'accumulation des boues(Pb) : ce taux est retenu à 0,005m dans le climat tropical [17].
- Période de vidange(Fv)

Tr : Le temps de rétention hydraulique est la durée moyenne pendant laquelle les eaux usées restent dans la fosse avant d'être rejetées vers le champ d'épuration.

Il est calculé par la formule :

$$Tr = Vu \div Q \quad (6)$$

2.5 Étude et analyse des cas des fosses septiques existantes dans la ville de Goma

Dans le souci de renforcer la cohérence entre l'approche méthodologique adoptée et l'analyse des résultats, une étude de cas portant sur des fosses septiques existantes dans la ville de Goma a été intégrée à la présente recherche. Cette étude vise à confronter les résultats issus du dimensionnement théorique aux réalités observées sur le terrain, dans un contexte urbain marqué par un sol majoritairement rocheux.

Trois fosses septiques existantes ont été retenues comme cas d'étude. Elles ont été sélectionnées dans deux quartiers représentatifs de la ville de Goma, à savoir Himbi et Kyeshero, en raison de leur forte urbanisation. Ces ouvrages desservent des bâtiments à plusieurs niveaux, ce qui les rend comparables au cas principal de l'immeuble R+7 analysé dans ce travail.

Les cas étudiés se présentent comme suit :

- Une fosse septique desservant un immeuble de type R+3 situé dans le quartier Himbi ;
- Une fosse septique desservant un immeuble de type R+1 situé dans le quartier Himbi ;
- Une fosse septique desservant un immeuble de type R+1 situé dans le quartier Kyeshero.

Pour chacun de ces cas, des informations générales ont été recueillies, notamment le type de bâtiment, le nombre estimé d'usagers, le volume utile, type d'eau traitée, le temps de rétention considéré, ainsi que la période de vidange. Ces données permettent d'apprécier le fonctionnement réel des fosses septiques et de mettre en évidence les contraintes liées à leur implantation en sol rocheux.

L'analyse détaillée de ces trois cas sera développée au chapitre 3, où les caractéristiques des fosses existantes seront comparées au volume optimal théorique obtenu après la comparaison des méthodes canadienne, britannique et préconisée par la Banque mondiale.

2.6 Conclusion partielle

Ce chapitre a été consacré à la présentation de la méthodologie adoptée pour la réalisation de cette étude comparative des méthodes de dimensionnement des fosses septiques. Il a permis d'exposer de manière structurée les trois méthodes retenues, à savoir la méthode canadienne, la méthode préconisée par la Banque mondiale et la méthode britannique, en mettant en évidence leurs principes de calcul, leurs hypothèses de base ainsi que les paramètres de dimensionnement pris en compte.

Les paramètres essentiels tels que le nombre d'usagers, le débit journalier d'eaux vannes, le temps de rétention hydraulique, le taux d'accumulation des boues et la période de vidange ont été définis de manière uniforme afin de garantir une comparaison objective entre les différentes approches. Un protocole expérimental rigoureux a ensuite été établi, permettant d'appliquer ces méthodes dans des conditions identiques à un cas réel d'immeuble collectif implanté dans un sol rocheux à Goma.

Enfin, l'intégration d'une étude de cas portant sur des fosses septiques existantes dans la ville de Goma a permis de renforcer le lien entre la théorie et la pratique, en tenant compte des réalités locales de mise en œuvre et d'exploitation.

Le chapitre suivant est consacré à la présentation, à l'analyse et à la discussion des résultats obtenus, en vue d'identifier la méthode de dimensionnement la plus optimale, tant du point de vue technique qu'économique, pour les fosses septiques implantées dans un sol rocheux.

Chapitre 3

Présentation et analyse des résultats

3.1 Introduction

Le présent chapitre est consacré à la présentation, à l'analyse et à l'interprétation des résultats obtenus à partir de l'application des trois méthodes de dimensionnement des fosses septiques étudiées. Il s'agit des méthodes canadienne, britannique et de celle préconisée par la Banque mondiale, appliquées au cas d'un immeuble collectif de type R+6 implanté dans un sol rocheux à Goma.

Au-delà du simple calcul des volumes, l'analyse s'appuie également sur des paramètres fonctionnels essentiels tels que le temps de rétention hydraulique et surtout la période de vidange, qui constitue un indicateur déterminant de la durabilité, du coût d'exploitation et de la performance globale de la fosse septique.

3.2 Présentation du plan architectural du bâtiment R+6

Comme le précise notre énoncée, Le bâtiment considéré dans le cadre de l'étude comparative des méthodes de dimensionnement est un immeuble de type R+4, composé d'un rez-de-chaussée et de quatre niveaux supérieurs. Sa configuration architecturale permet d'évaluer précisément la charge hydraulique et organique générée quotidiennement, donnée essentielle pour le dimensionnement de la fosse septique suivant les trois méthodes retenues.

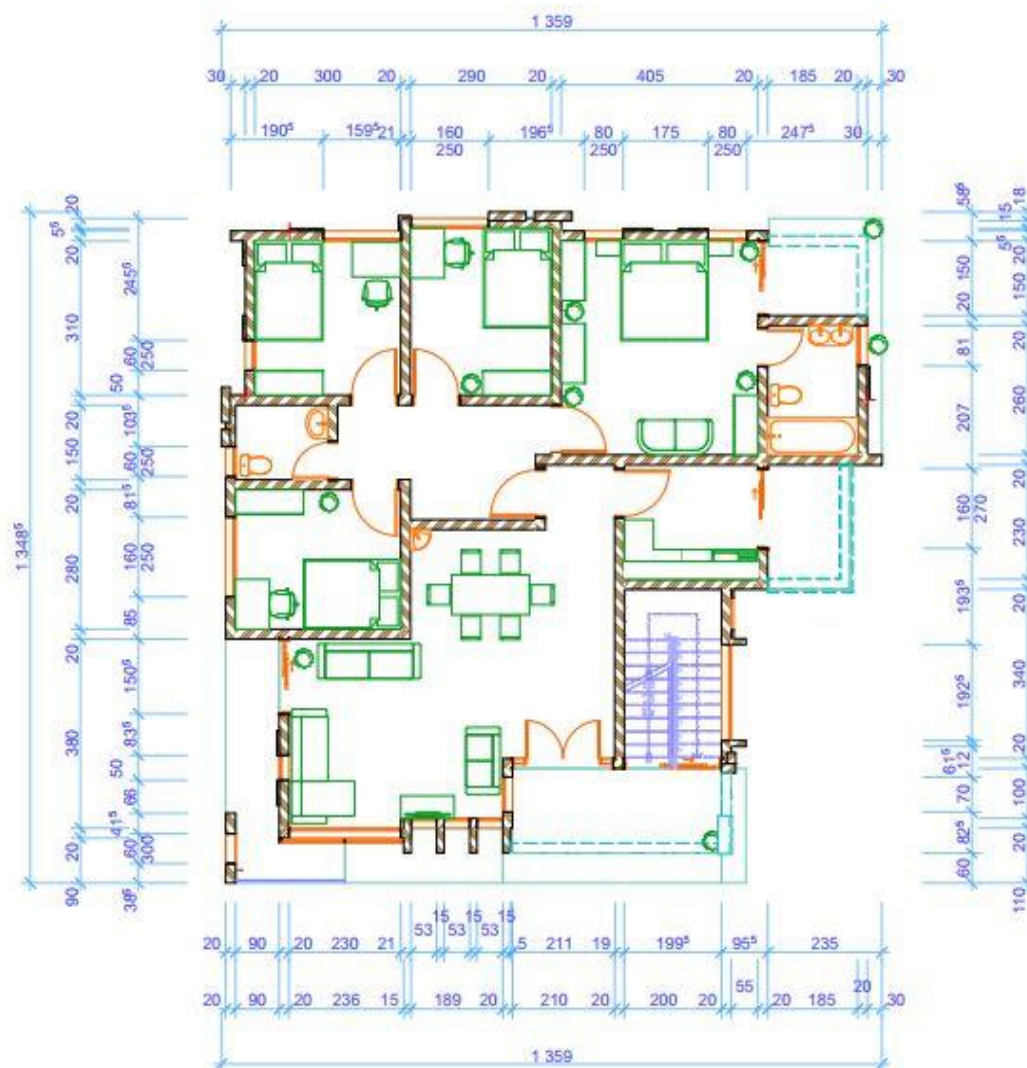


Figure 9 plan RDC

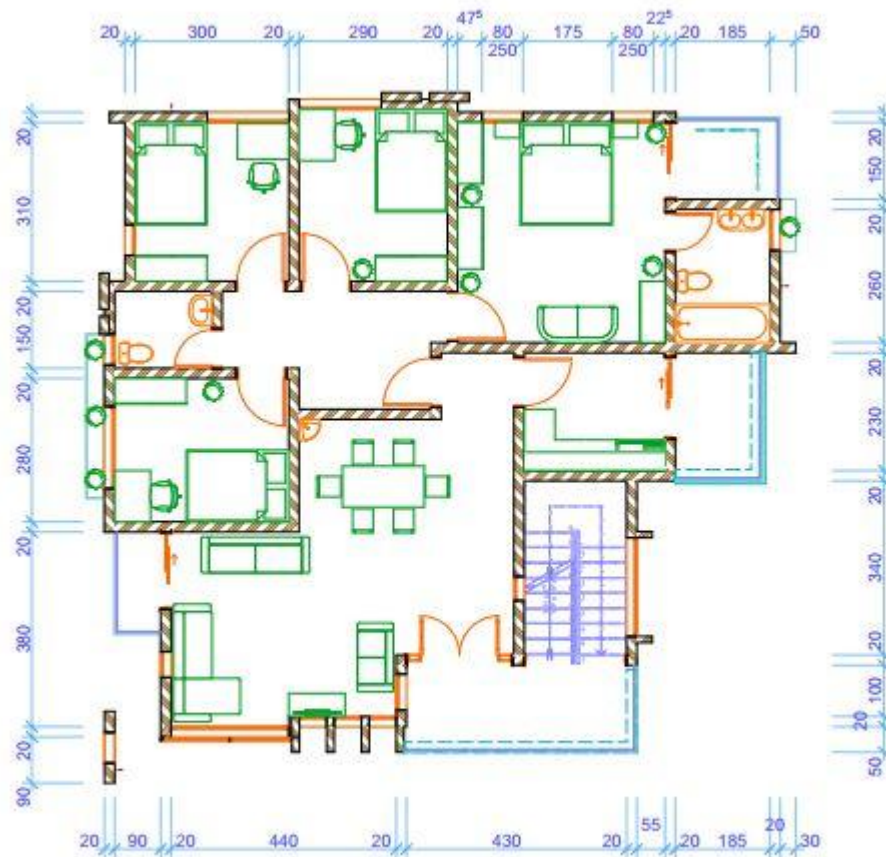


Figure10 plan etages

3.2.1 Organisation générale du bâtiment

L'immeuble R+6 est conçu selon une logique répétitive par étage, facilitant la distribution fonctionnelle des espaces et des réseaux d'évacuation. Chaque niveau de l'édifice comprend un logement ou une famille identique en nombre de pièces et en équipements sanitaires. Ainsi, le bâtiment totalise 7 appartements (1 familles× 7 niveaux).

Travail de fin de cycle /ULPGL/FSTA GC

PAR BETINA AUMA reine

3.2.2 Présentation des appartements

Chaque logement est prévu pour accueillir 7 usagers. Il est constitué de pièces de séjour, chambres, cuisine, et d'un ensemble d'équipements sanitaires comprenant typiquement un WC. Cette installation alimente le réseau d'eaux vannes, convergeant vers la fosse septique.

3.2.3 Nombre total d'usagers du bâtiment

En appliquant (7)

Nous trouvons $N = 7 \times 7 = 49$ on arrondi ça à 50

$$\Rightarrow N = 50$$

Ainsi, l'immeuble accueille 50 usagers, ce qui représente une charge importante nécessitant une fosse septique de grande capacité et un dimensionnement rigoureux.

3.2.4 Débit hydraulique

Sur base des données issues de la littérature et adaptées au contexte urbain de Goma, le débit hydraulique journalier d'eaux usées par personne est estimé à une valeur représentative des usages domestiques, notamment le WC.

Ce débit constitue la donnée d'entrée principale pour le calcul du volume de la fosse septique selon les trois méthodes. Pour déterminer ce débit hydraulique $Q \left(\frac{l}{j} \right) = N \times Q_{mj}$, nous aurons besoin de savoir le Q_{mj} .

Le **Q_{mj}** ou Débit des eaux usées mesuré ou estimé ($l/p/j$), dans le cadre de notre il a été nécessaire de déterminer ce débit sur base d'une suite logique dotée par l'OMS dans les normes standards. Qui dit **$Q_{mj} = 40 \frac{l}{p}/j$** [17]

Cette quantité est répartie comme suit :

- Volume d'une chasse 6 litres
- Nombre moyen de chasse par jour, 5 fois

Donc avec la toilette on a : $6 \times 5 = 30 \frac{l}{p}/j$

- Lavage de mains après toilette 1 litre => on a $1 \times 5 = 5$
- Rinçage, nettoyage rapide, perte diverses 5 litres

Donc avec la toilette on a : **$Q_{mj} = 30 + 5 + 5 = \frac{40l}{p}$**

$$\Rightarrow Q \left(\frac{l}{j} \right) = 50 \times 40 = 2000 \frac{l}{p}/j \text{ D'eaux vannées}$$

$$Q \left(\frac{m^3}{j} \right) = 2 m^3$$

3.3 Dimensionnement volumique des fosses septiques

Sur base des données hydrauliques déterminées précédemment, il est procédé au calcul du volume utile de la fosse septique selon chacune des méthodes de dimensionnement retenues. Les résultats obtenus sont présentés dans les tableaux ci-après.

3.3.1 Méthode canadienne

Le tableau 3 ci-dessous présente le calcul du volume utile de la fosse septique selon la méthode canadienne, en tenant compte du débit journalier total hydraulique trouvé.

Tableau 3: Calcul du volume avec la méthode canadienne

Paramètres	Symboles	Valeurs	Unité	observation
Nombre d'usagers	N	50	personnes	(3)
Débit journalier/personne/jour	Qmj	40 $Qmj = 0,04 m^3$	Litre/personne/jour	Eaux- vannes
Débit journalier total	Q	2000 $1900 < Q < 5700$	Litre/jour	(2)
Débit journalier total	Q	2	m ³ /J	conversion
Volume utile de la fosse septique	Vu	1,6	m ³	(1)
Temps de rétention	Tr	0,8=1jour	Temps	(7)

Il ressort de ce calcul que le volume utile de la fosse septique déterminé selon la méthode canadienne est de $1,6 \text{ m}^3$. Ce volume garantit un temps de rétention hydraulique de 24heures, suffisant pour assurer une décantation efficace des matières solides et un traitement biologique satisfaisant des eaux-vannes.

3.3.2 Méthode préconisée par la banque mondiale

Le calcul du volume utile de la fosse septique selon la méthode préconisée par la banque mondiale est base sur un coefficient multiplicateur applique au débit journalier total. Les paramètres et le volume obtenu sont présentés dans le tableau 4 ci-après.

Tableau 4: Calcul du volume avec la méthode préconisée par la banque mondiale

Paramètres	symboles	valeurs	unité	observation
Nombre d'usagers	N	50	personnes	Bâtiment R+4
Débit journalier/personne/jour	Qmj	40 $Qmj = 0,04$	Litre/personne/jour m^3	Eaux-vannes
Débit journalier total	Q	2000	Litre/jour	(2)
Débit journalier total	Q	2	m^3/J	conversion
Volume utile de la fosse septique	C	6	m^3	(5)
Temps de rétention	Tr	3jours	temps	(7)

Le volume obtenu selon la méthode préconisée par la banque mondiale est de 6 m³. Avec un temps de rétention hydraulique de 72heures.

3.3.3 Méthode britannique

Le calcul du volume utile de la fosse septique selon la méthode britannique est basé sur seulement le nombre d'usagers. Les paramètres et le volume obtenu sont présentés dans le tableau 5 ci-après.

Tableau 5: Calcul du volume avec la méthode britannique

paramètres	symboles	valeurs	Unité	observation
Nombre d'usagers	N	50	personnes	(3)
Volume utile de la fosse septique	Cu	11	m ³	(6)
Temps de rétention	Tr	5,5jours	Temps	(7)

Le volume obtenu selon la méthode préconisée par la banque mondiale est de 11 m³. Avec un temps de rétention hydraulique de 5,5 jours.

3.4 Calcul du période de vidange

3.4.1 Méthode canadienne

Longueur : 0,6m ; largeur : 0,2m ; profondeur totale : 0,8m ; hauteur des boues : 0,4m ; taux normatif : 0,005/p/an

Surface du sol : $0,2 \times 0,6 = 0,12m^2$

Volume de boues : $0,12 \times 0,4 = 0,048m^3$

Production annuelle des boues : $0,005 \times 50 = 0,25m^3$

Période de vidange : $Fv = 0,048 \div 0,25 = 0,192ans = 1mois$

3.4.2 Méthode préconisée par la banque mondiale

Longueur : 2,5m ; largeur : 1m ; profondeur totale : 2,4m ; hauteur des boues : 0,4m ; taux
normatif : 0,005/p/an

Surface du sol : $2,5 \times 1 = 2,5m^2$

Volume de boues : $2,5 \times 0,4 = 1m^3$

Production annuelle des boues : $0,005 \times 50 = 0,25m^3$

Période de vidange : $Fv = 1 \div 0,25 = 4ans = 48 mois$

3.4.3 Méthode britannique

Longueur : 7m ; largeur : 1,5m ; profondeur totale : 2,5m ; hauteur des boues : 0,4m ;taux
normatif :0,005/p/an

Surface du sol : $7 \times 1,5 = 10,5m^2$

Volume de boues : $10,5 \times 0,4 = 4,2m^3$

Production annuelle des boues : $0,005 \times 50 = 0,25m^3$

Période de vidange : $Fv = 4,2 \div 0,25 = 16,8 = 16,8ans = 200mois$

3.5 Analyse comparative des trois méthodes

L'analyse comparative des méthodes de dimensionnement de la fosse septique vise à mettre en évidence les écarts observés entre les volumes obtenus ainsi que les principes de calcul propres à chaque approche. Cette comparaison permet d'évaluer la pertinence de chaque méthode dans le contexte spécifique d'un immeuble R+6 implanté dans un sol rocheux.

Sur base des calculs effectués selon les formules définies dans la méthodologie, les volumes obtenus sont synthétisés dans le tableau 6 comparatif ci-après.

Tableau 6 comparaison de volume

Méthode	Principe de calcul	Volume obtenu
Méthode canadienne	$Vu = 1.5 \times Qmj$	1.6m ³
Méthode préconisée par la banque mondiale	$C = 3 \times Q$	6m ³
Méthode britannique	$Cu = 180 \times N + 2000$	11m ³

L'analyse du tableau montre que la méthode canadienne conduit à un volume minimal de 1,6 m³, correspondant strictement au volume hydraulique nécessaire pour assurer un temps de rétention de 24 heures. Cette approche, bien que simple et économiquement avantageuse,

présente une capacité limitée de stockage des boues et une faible marge de sécurité, ce qui peut engendrer des dysfonctionnements dans le cas d'un immeuble collectif de type R+6.

La méthode préconisée par la Banque mondiale aboutit à un volume intermédiaire de 6,0 m³, soit trois fois le débit journalier total. Ce volume permet d'assurer un temps de rétention hydraulique plus élevé, favorisant une meilleure décantation des matières solides et un traitement biologique plus efficace des eaux vannes. Ce dimensionnement constitue un compromis entre sécurité de fonctionnement et faisabilité technique, notamment dans un contexte de sol rocheux.

La méthode britannique fournit quant à elle un volume nettement plus élevé, estimé à 11,0 m³. Ce volume important traduit une approche conservatrice visant à garantir une exploitation durable de l'ouvrage, avec une fréquence de vidange réduite et une capacité élevée de stockage des boues. Toutefois, ce surdimensionnement entraîne une augmentation des coûts de construction et des contraintes techniques liées aux travaux d'excavation en sol rocheux.

3.6 Plan architectural de la fosse septique

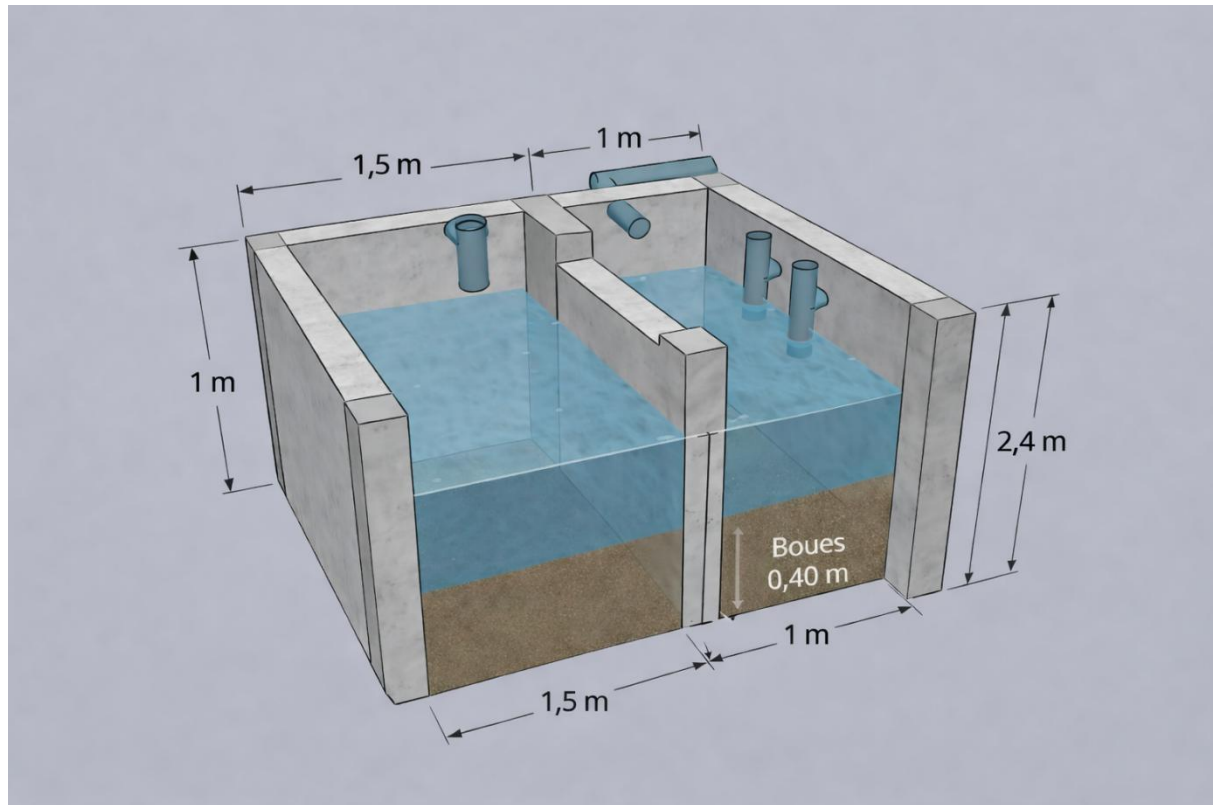


Figure11 fosse septique optimale

3.7 Discussion scientifique des résultats et Identification de la méthode optimale

Afin d'évaluer globalement les performances de chaque méthode, une synthèse quantitative est présentée dans le tableau 7 suivant.

Tableau 7 : Analyse qualitative des volumes

Critères d'analyse	Méthode canadienne	Méthode préconisée par la banque mondiale	Méthode britannique
Volume obtenu	Faible	Moyen	Élevé
Sécurité de fonctionnement	Faible	Bonne	Très élevée
Capacité de stockage de boues	Limitée	Suffisante	Très important
Coût de réalisation	Faible	Moyen	Élevé

L'analyse du tableau montre que la méthode canadienne, bien qu'économique, présente un risque de sous-dimensionnement pour un ouvrage collectif. La méthode britannique garantit une sécurité maximale, mais son volume élevé peut constituer une contrainte technique et financière importante.

La méthode de la Banque mondiale apparaît ainsi comme la solution la plus équilibrée, offrant un volume suffisant pour assurer un bon fonctionnement de la fosse septique tout en restant compatible avec les contraintes techniques et économiques du site étudié.

3.8 Discussion des résultats au regard des questions de recherche et des hypothèses

Le présent point a pour objectif d'interpréter les résultats obtenus dans le cadre de l'analyse comparative des méthodes de dimensionnement des fosses septiques, en les confrontant aux questions de recherche formulées dans l'introduction générale et aux hypothèses émises. Cette démarche permet d'évaluer la pertinence scientifique des résultats et de vérifier la validité des hypothèses de départ.

3.8.1 Réponse à la question relative à la méthode de dimensionnement la plus appropriée au sol rocheux de Goma

La première question de recherche visait à identifier, parmi les méthodes canadienne, britannique et celle préconisée par la Banque mondiale, la méthode de dimensionnement la plus appropriée aux conditions géologiques de la ville de Goma, caractérisées par un sol majoritairement rocheux.

Les résultats du dimensionnement volumique ont montré que la méthode canadienne conduit à un volume utile relativement faible (1,6 m³), correspondant essentiellement au volume hydraulique minimal nécessaire pour assurer un temps de rétention de 24 heures. Bien que cette méthode présente l'avantage d'un faible coût de réalisation, elle offre une capacité limitée de stockage des boues et une faible marge de sécurité, ce qui la rend peu adaptée à un ouvrage collectif de type immeuble R+6.

À l'inverse, la méthode britannique aboutit à un volume nettement plus élevé (11 m³), traduisant une approche conservatrice visant à garantir une sécurité maximale de fonctionnement. Toutefois, ce surdimensionnement entraîne des contraintes importantes en

termes de coûts de construction et de faisabilité technique, notamment en raison des difficultés d'excavation en sol rocheux.

La méthode préconisée par la Banque mondiale fournit un volume intermédiaire de 6 m³, permettant d'assurer un temps de rétention hydraulique satisfaisant et un fonctionnement fiable de la fosse septique, tout en limitant les contraintes techniques et économiques. Ainsi, au regard des résultats obtenus, cette méthode apparaît comme la plus appropriée pour le dimensionnement des fosses septiques en sol rocheux dans la ville de Goma.

3.8.2 Analyse des défis techniques et logistiques liés à la mise en œuvre en sol rocheux

La deuxième question de recherche portait sur l'identification des défis techniques et logistiques liés à la construction et à la maintenance des fosses septiques dans un sol rocheux, en particulier pour un immeuble de type R+6.

L'analyse des résultats montre que les volumes élevés, tels que ceux issus de la méthode britannique, nécessitent des travaux d'excavation importants, souvent réalisés à l'aide d'équipements spécifiques pour le forage ou le concassage de la roche. Ces opérations augmentent significativement les coûts de mise en œuvre et la durée des travaux. Par ailleurs, l'encombrement spatial des fosses de grande capacité constitue une contrainte supplémentaire dans un contexte urbain dense.

À l'opposé, un sous-dimensionnement, comme celui observé avec la méthode canadienne, peut entraîner une saturation rapide de la fosse, une augmentation de la fréquence de vidange et des risques accrus de dysfonctionnement. Ces constats mettent en évidence que le principal défi en sol rocheux réside dans la recherche d'un compromis entre sécurité de fonctionnement, faisabilité technique et maîtrise des coûts.

3.8.3 Solutions d'optimisation du coût et de la durabilité des fosses septiques

La troisième question de recherche visait à identifier les solutions permettant d'optimiser le coût et la durabilité des fosses septiques dans le contexte géologique particulier de Goma.

Les résultats obtenus indiquent que l'optimisation repose essentiellement sur le choix d'une méthode de dimensionnement adaptée au contexte local. La méthode de la Banque mondiale offre un équilibre satisfaisant entre volume, sécurité de fonctionnement et coût de réalisation. Elle permet de limiter les travaux d'excavation excessifs tout en garantissant une capacité suffisante de traitement et de stockage des boues.

Ainsi, l'adoption d'un dimensionnement intermédiaire, associée à une conception adaptée au sol rocheux et à une maintenance régulière, constitue une solution efficace pour assurer la durabilité et la performance des fosses septiques dans les immeubles collectifs de la ville de Goma.

3.8.4 Vérification des hypothèses de recherche

À la lumière des résultats obtenus, les hypothèses formulées dans l'introduction peuvent être évaluées.

La première hypothèse, selon laquelle une méthode de dimensionnement adaptée au sol rocheux permettrait d'optimiser le fonctionnement, le coût et l'exécution des fosses septiques à Goma, est confirmée. La méthode de la Banque mondiale répond de manière équilibrée aux contraintes techniques, économiques et fonctionnelles du site étudié.

La deuxième hypothèse, stipulant que l'identification et l'analyse des contraintes techniques et logistiques permettraient de réduire les coûts des travaux, est également confirmée. L'analyse comparative a permis de mettre en évidence les limites du sous-dimensionnement et du surdimensionnement, orientant ainsi vers une solution techniquement et économiquement viable.

Enfin, la troisième hypothèse, selon laquelle l'application de la méthode optimale garantirait la durabilité, la performance et l'optimisation de l'espace et des coûts, est validée. La méthode préconisée par la Banque mondiale apparaît comme la plus adaptée au contexte local de Goma.

3.9 Evaluation des cas choisis à Goma par rapport à la méthode optimale

Données recueillies aux sites sont présentées dans le tableau 8 suivant. Ils utilisent tous la norme standard.

Tableau 8 données recueillies

quartier	Bâtiment	Nombre d'usagers	Volume utile
Himbi	R+3	35	10m ³
Himbi	R+1	14	10,12m ³
Kyeshero	R+1	14	9m ³

Ce que devrait être obtenu selon la méthode préconisée par la banque mondiale

a) Pour le bâtiment R+3 avec 35 usagers

$$C = 3 \times Q$$

$$Q = Q_{mj} \times N$$

Norme standard donc $Q_{mj} = 40l/p/j$

$$Q = 40 \times 35 = 1400l/j = 1.4m^3$$

$$C = 3 \times 1,4 = 4,2$$

$$Tr = 4,2/1.4 = 3 \text{ jours}$$

b) Pour R+1 avec 14 usagers

$$Q = 14 \times 40 = 560l/p/j = 0,56 m^3$$

$$C = 3 \times 0,56 = 1,68$$

$$Tr = 1,68/0,56 = 3 \text{ jours}$$

c) Pour R+1 avec 17 usagers

$$Q = 40 \times 17 = 680l/j = 0,68m^3$$

$$C = 3 \times 0,68 = 2,04$$

$$Tr = 2,04 \div 0,68 = 3 \text{ jours}$$

Le tableau 9 présente les volumes optimaux des fosses septiques à Goma.

Tableau 9 volume optimal

Quartier	Bâtiment	Nombre d'usagers	Volume utile
Himbi	R+3	35	4,2m ³
Himbi	R+1	14	1,68m ³
Kyeshero	R+1	17	2,04m ³

L'analyse montre clairement que des fosses septiques existantes étudiées à Goma mettent en évidence un surdimensionnement généralisé des ouvrages. En effet, les volumes observés sur le terrain sont nettement supérieurs aux volumes théoriques obtenus par les méthodes de dimensionnement rationnelles, en particulier la méthode britannique.

Ce surdimensionnement résulte principalement d'une conception empirique, souvent guidée par la recherche d'une sécurité excessive face aux risques de saturation, mais réalisée sans une analyse rigoureuse des paramètres hydrauliques et biologiques.

Or, dans un contexte de sol rocheux, l'augmentation du volume de la fosse entraîne directement une hausse significative des coûts de réalisation, liée notamment à la difficulté d'excavation, à l'augmentation du volume de béton si c'est en béton et aux contraintes logistiques.

Ainsi, bien que le surdimensionnement puisse réduire la fréquence de vidange, il affecte négativement la rentabilité globale de l'ouvrage. Cela confirme la nécessité d'un dimensionnement optimisé, fondé sur une méthode équilibrée, permettant d'assurer à la fois la sécurité de fonctionnement et la maîtrise des coûts. C'est là que notre étude prend son emplet.

3.10 Conclusion partielle

Ce chapitre a présenté et analysé les résultats du dimensionnement volumique des fosses septiques selon les méthodes canadienne, britannique et celle préconisée par la Banque mondiale, appliquées à un immeuble R+6 implanté dans un sol rocheux à Goma. Les calculs réalisés ont mis en évidence des écarts importants entre les volumes obtenus, traduisant des approches de dimensionnement différentes.

La méthode canadienne conduit à un volume minimal, économiquement avantageux mais insuffisant pour garantir un fonctionnement durable d'un ouvrage collectif. À l'inverse, la méthode britannique propose un volume élevé offrant une grande sécurité, mais générant des contraintes techniques et financières importantes en sol rocheux. La méthode de la Banque mondiale apparaît comme un compromis équilibré, assurant une capacité suffisante, une bonne sécurité de fonctionnement et une meilleure faisabilité économique.

Ainsi, l'analyse comparative confirme que la méthode préconisée par la Banque mondiale est la plus adaptée au contexte local de Goma, validant les hypothèses de recherche et fournissant une base pertinente pour les conclusions et recommandations générales de ce travail.

Conclusion générale

Ce mémoire avait pour objectif de comparer trois méthodes de dimensionnement des fosses septiques, à savoir la méthode canadienne, la méthode préconisée par la Banque mondiale et la méthode britannique, afin d'identifier celle qui est la plus adaptée aux conditions géologiques de la ville de Goma, caractérisées par un sol majoritairement rocheux. L'étude a été appliquée au cas d'un immeuble collectif de type R+6 accueillant 50 usagers.

Les résultats du dimensionnement ont montré que la méthode canadienne conduit à un volume utile très faible (1,6 m³), correspondant essentiellement au minimum hydraulique requis pour un temps de rétention de 24 heures. Bien que cette méthode soit économiquement avantageuse, elle présente un risque de sous-dimensionnement pour un ouvrage collectif, en raison de sa faible capacité de stockage des boues et de sa marge de sécurité limitée.

À l'inverse, la méthode britannique a abouti à un volume élevé (11 m³), garantissant une grande sécurité de fonctionnement et une réduction de la fréquence de vidange. Toutefois, ce surdimensionnement engendre des contraintes techniques et financières importantes, notamment liées aux travaux d'excavation en sol rocheux.

La méthode préconisée par la Banque mondiale, avec un volume intermédiaire de 6 m³, s'est révélée comme la solution la plus équilibrée. Elle assure un temps de rétention hydraulique satisfaisant, une capacité de stockage des boues suffisante et une bonne fiabilité de fonctionnement, tout en restant compatible avec les contraintes techniques et économiques du contexte local.

Ainsi, l'analyse comparative confirme que la méthode de la Banque mondiale constitue la méthode de dimensionnement la plus optimale pour les fosses septiques implantées en sol rocheux à Goma, en particulier pour les immeubles collectifs de type R+6. Cette méthode offre un compromis pertinent entre sécurité de fonctionnement, faisabilité technique et maîtrise des coûts, tout en répondant aux contraintes d'excavation et de maintenance propres aux sols rocheux.

Le travail a également mis en évidence les principaux défis techniques et logistiques liés à la mise en œuvre des fosses septiques dans ce type de sol, notamment les contraintes de volume, d'accessibilité et de vidange. Il ressort de l'étude que l'optimisation du coût et de la durabilité des ouvrages d'assainissement repose avant tout sur un dimensionnement adapté au contexte local, confirmant ainsi la pertinence des hypothèses de recherche formulées au départ.

Cependant, certaines limites doivent être soulignées. L'étude repose principalement sur une analyse volumique et théorique, sans validation expérimentale à long terme sur une fosse septique réelle. L'évaluation des coûts de construction est restée qualitative, sans analyse économique détaillée tenant compte des variations locales des prix. De plus, le dimensionnement s'est limité aux eaux vannes, sans intégrer les eaux grises, et l'étude géotechnique utilisée est restée générale, sans essais approfondis de terrain.

Ces limites n'invalident pas les résultats obtenus, mais ouvrent des perspectives pour des recherches futures, notamment la validation expérimentale des résultats sur des ouvrages réels, l'intégration d'analyses technico-économiques sur le cycle de vie des installations, la comparaison avec des systèmes alternatifs d'assainissement, l'étude de l'impact environnemental sur les eaux souterraines et l'élaboration d'un guide local de dimensionnement adapté aux sols rocheux de la ville de Goma.

Bibliographie

- [1] Jeanne, 2024“Comment fonctionne une fosse septique ?” rapport de la réunion.
- [2] Bouhent M. M. (s.d) “Traitements physico-chimiques et biologiques des eaux usées,” cours universitaire de master 1 et 2 en génie de procédé.
- [3] Belden K. M. J. M. V, 2022“Analyse diachronique de l’expansion urbaine de la ville de Goma (RDC) durant la période 1986–2022,” mémoire académique
- [4] Anonyme,2025 “Défis et perspectives de l’aménagement urbain à Goma : vers une ville résiliente et durable,” article
- [5] Lakel. A, 2024 “Installation d’assainissement autonome,” document technique
- [6] Guilloux. G, 2025 “Assainissement individuel : top 3 des erreurs rencontrées,” rapport
- [7] Anonyme,2024 “Fosse septique : fonctionnement et utilité expliquées,” article web
- [8] Chocat. B, 1997 ; Encyclopédie de l’hydrologie urbaine et de l’assainissement, ouvrage scientifique.
- [9] Nguyen H. V et al. 2013. Glossary of Terms in Water Supply and Sanitation, ouvrage technique.
- [10] Bréant. J. P,2022 “Naissance de la première fosse septique,” article web.
- [11] Anonyme, 2024“L’histoire de la fosse septique : origines et évolution au fil du temps,” rapport .

- [12] Howseptic, 2025“Les différents types de fosses septiques et leurs spécificités : tout ce qu’il faut savoir,” rapport.
- [13] Bali. M, 2024.Traitement des eaux usées, cours de licence, Institut Supérieur des Sciences et Techniques des Eaux, Université de Gabès, Tunisie.
- [14] Duverne, 2023“Guide des matériaux de construction de fosses septiques : choix et performance,” blog en-travaux.net.
- [15] Munoz F. J et Vynne E, 2023 “Design of a sanitary sewer system and a septic tank for the city of Rushville, Illinois,” mémoire.
- [16] Edouard, 2024 “Tout ce qu’il faut savoir sur la réglementation des fosses septiques avant de les installer ou de les entretenir,” article.
- [17] Refea – Équipe technique, 2025“Fosse septique : méthodes pratiques de dimensionnement,” document technique.
- [18] Refea – Équipe technique, 2025 “Fosse septique : méthodes pratiques de conception,” document technique.

ANNEXES

Annexe A



Figure 1 et 2 fosse septique et vue en 3D du bâtiment R+3

Annexe B



Figure 3 et 4 : fosse septique et vue en 3D du bâtiment R+1(14 usagers)

Annexe C

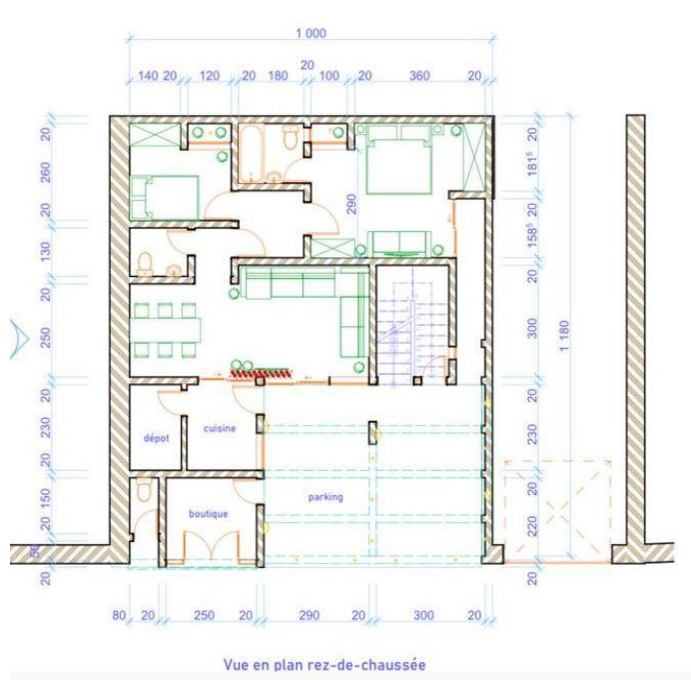
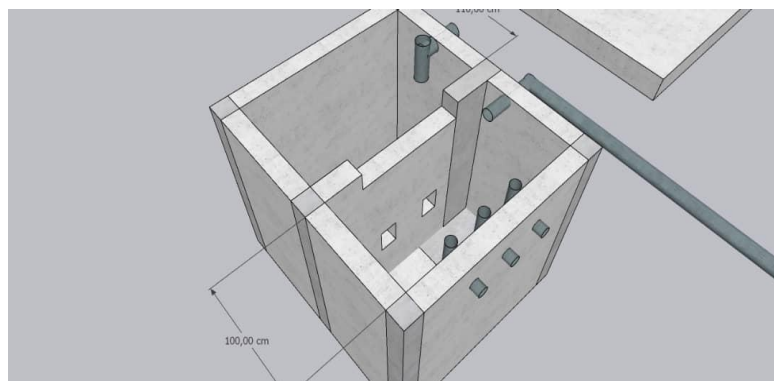


Figure 5 et 6 : plan fosse septique et plan RDC (pour 17 usagers)