



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique

Option : CONCEPTION DES SYSTEMES D'ASSAINISSEMENT

THEME :

**DIMENSIONNEMENT D'UN RESEAU D'ASSAINISSEMENT
DE LA NOUVELLE VILLE BERBIH -POS27- (W. DJELFA)**

Présenté par :

GUAT Mohamed Badereddine

Devant les membres du jury

| Nom et Prénoms | Grade | Qualité |
|-----------------------|--------------|----------------|
| MOKRANE Wahiba | M.C.B | Présidente |
| YAHIAOUI Samir | M.A.A | Examineur |
| SAIMI Ahmed | M.C.A | Examineur |
| SALHI Chahrazed | M.C.B | Examinatrice |
| TOUMI Samir | M.C.B | Promoteur |

Session Octobre 2023

Dédicace :

Je dédie ce travail

À celui qui a été serré dans l'étreinte de la tombe, et dont l'âme a habité les hauteurs du ciel, à celui qui a été pour moi un conseiller et un guide dans les difficultés du monde et les obstacles de la vie, mon cher père, ô toi que mon âme a tant désiré de revoir.

À l'amour de mon cœur, la lumière de mes yeux, la joie de mon âme. Tu as toujours été la tendre et compatissante, l'oreille attentive. Ma chère mère bien-aimée.

À mon deuxième père, toi qui as assumé la responsabilité avant ton temps et qui as été pour nous un protecteur et un guide... mon cher frère Khaled.

À celle qui a un cœur tendre et qui est sage dans la gestion des choses, ma chère sœur Zelikha.

À celle qui a un cœur pur et un visage innocent, ma chère sœur Samira.

À la chère et élégante toujours, ma chère sœur Imane.

À la souriante et aimante, ma chère sœur Hanane.

À mes amis

et tous ceux qui m'aiment et qui m'aident.

Je vous remercie de tout mon cœur, et vous souhaite tout le bonheur du monde.

Que Allah vous garde pour moi.

Mohamed Badereddine

Remerciement :

Je remercie d'abord Allah le tout puissant de m'avoir donné l'ambition, la force, la volonté et le courage de réaliser ce modeste travail, fait avec amour, passion et honnêteté.

Je remercie également mon promoteur, Mr TOUMI S., pour sa disponibilité, son aide et ses conseils.

Je suis également reconnaissant aux membres du jury qui vont évaluer mon travail.

Je remercie enfin tous les enseignants de l'ENSH qui m'ont formé et accompagné durant ma scolarité.

Je n'oublie pas mes amis, qui m'ont encouragé, et toutes les personnes qui ont contribué à l'élaboration de ce travail.

Que Allah vous bénisse, et qu'Il vous récompense par le bien. Merci beaucoup.

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des planches

Introduction générale _____ 1

CHAPITRE I : Présentation de la zone d'étude

Introduction _____ 3

I. Situation géographique de Djelfa _____ 3

II. Localisation de la zone d'étude _____ 3

III. Situation topographique _____ 6

IV. Situation géologique _____ 6

V. Sismicité _____ 7

VI. Situation Climatique _____ 7

VI.1. Climat _____ 7

VI.2. Température _____ 7

VI.3. Pluviométrie _____ 8

VI.4. Gelée _____ 9

VI.5. Vent _____ 9

Conclusion _____ 9

CHAPITRE II : Etude hydrologique

Introduction _____ 11

I. La série des données pluviométriques _____ 11

II. Etude des précipitations maximales journalières _____ 12

II.1. Caractéristiques statiques de série _____ 13

II.2. Ajustement de la série _____ 13

II.3. Calcul de l'intensité des averses de courte durée pour différentes périodes de retour ____ 18

III. Intensité moyenne maximale _____ 20

Conclusion _____ 20

CHAPITRE III : Calcul de base

| | |
|---|----|
| Introduction | 22 |
| I. Situation démographique | 22 |
| II. Découpage de l'air d'étude en surfaces élémentaires | 23 |
| III. Système d'évacuation des eaux | 23 |
| III.1. Les différents systèmes d'assainissement | 23 |
| III.2. Choix du système d'assainissement | 26 |
| IV. Schéma d'évacuation | 27 |
| IV.1. Les différents schémas d'assainissement | 27 |
| IV.2. Le choix du schéma d'évacuation : | 28 |
| V. Le coefficient de ruissellement : | 29 |
| V.1. Évaluation du coefficient de ruissellement | 29 |
| V.2. Évaluation du coefficient de ruissellement pour chaque sous bassin | 31 |
| VI. Estimation de la population pour chaque sous bassin | 32 |
| Conclusion | 33 |

CHAPITRE IV : Estimation des débits à évacuer

| | |
|--|----|
| Introduction | 35 |
| I. Origine et nature des eaux à évacuer | 35 |
| I.1. Les eaux usées | 35 |
| I.2. Les eaux pluviales | 37 |
| II. Estimation des débits des eaux pluviales | 37 |
| II.1. La méthode rationnelle | 38 |
| II.2. Choix de la méthode | 40 |
| II.3. Calcul des débits pluviaux | 41 |
| III. Estimation des débits des eaux usées | 42 |
| III.1. Débits des eaux usées domestiques | 42 |
| III.2. Débits des eaux usées des équipements publics | 44 |
| III.3. Débits des eaux parasites | 46 |
| III.4. Débits totaux des eaux usées à évacuer | 48 |
| Conclusion | 49 |

CHAPITRE V : Dimensionnement du réseau d'assainissement

| | |
|--------------|----|
| Introduction | 51 |
|--------------|----|

| | | |
|--------|--|----|
| I. | Conception d'un système d'assainissement | 51 |
| II. | Mode de dimensionnement des canalisations | 52 |
| II.1. | Base de calcul | 52 |
| II.2. | Formule de MANNING-STRICKLER | 52 |
| II.3. | Formule de BAZIN | 54 |
| III. | Conditions d'autocurage | 55 |
| III.1. | Réseaux pluviaux ou unitaire | 55 |
| IV. | Normes d'écoulement et d'implantation | 56 |
| IV.1. | Canalisations des eaux pluviales ou unitaire | 56 |
| V. | Résultats du dimensionnement | 56 |
| | Conclusion | 68 |

CHAPITRE VI : Les éléments constitutifs du réseau

| | | |
|-------|--------------------------------------|----|
| | Introduction | 70 |
| I. | Les ouvrages principaux | 70 |
| I.1. | Les canalisations | 70 |
| I.2. | Formes et sections de conduites | 70 |
| I.3. | Critères du choix de conduite | 70 |
| I.4. | Types de matériaux | 71 |
| I.5. | Les essais de conduites préfabriqués | 73 |
| I.6. | Pose de canalisation | 74 |
| II. | Les ouvrages annexes | 75 |
| II.1. | Les ouvrages normaux | 75 |
| II.2. | Les ouvrages spéciaux | 79 |
| | Conclusion | 85 |

CHAPITRE VII : Organisation du chantier

| | | |
|------|---|----|
| | Introduction | 87 |
| I. | Les étapes de réalisation du projet | 87 |
| I.1. | Manutention et stockage des conduites | 87 |
| I.2. | Décapage de la couche de terre végétale | 87 |
| I.3. | Emplacement des piquets | 88 |
| I.4. | Exécution des tranchées et des fouilles des regards | 88 |
| I.5. | Aménagement du lit de sable | 88 |
| I.6. | Pose des canalisations | 88 |
| I.7. | Assemblage des canalisations | 89 |
| I.8. | Essai d'étanchéité | 89 |
| I.9. | Réalisation des regards | 89 |

| | |
|---|-----|
| I.10. Remblayage et compactage | 90 |
| II. Choix des engins | 90 |
| III. Calcul des différents volumes des travaux | 93 |
| III.1. Volume du décapage de la couche végétale | 93 |
| III.2. Volume du déblai des tranchées | 93 |
| III.3. Volume occupé par le lit de sable | 93 |
| III.4. Volume occupé par les collecteurs | 93 |
| III.5. Volume de l'enrobage | 94 |
| III.6. Volume du remblai de protection | 94 |
| III.7. Volume excédentaire | 94 |
| IV. Devis quantitatif et estimatif | 95 |
| V. Planification du projet | 95 |
| V.1. Technique de la planification | 96 |
| V.2. Les étapes de la planification | 97 |
| V.3. Définitions des tâches et leurs durées | 99 |
| Conclusion | 100 |
| Conclusion générale : | 101 |
| Références bibliographiques : | 102 |
| Annexe : | 103 |

ملخص

تهدف هذه المذكرة إلى تصميم شبكة صرف صحي موحدة لمدينة بربيح الجديدة بالمنطقة 27 في ولاية الجلفة، سيؤدي هذا النظام إلى تصريف مياه الأمطار ومياه الصرف الصحي إلى نقطة التصريف، ثم فصلهما لإخلاء مياه الأمطار نحو المجرى المائي ومياه الصرف الصحي نحو محطة المعالجة.

لتحقيق هذا الهدف، قمنا بجمع البيانات اللازمة وتقدير حجم تدفقات المياه الواجب صرفها وحساب الأبعاد وتنفيذ مخطط الشبكة. كما قمنا بتقييم المشروع من الناحية الاقتصادية وذلك بتقدير التكلفة الإجمالية.

الكلمات المفتاحية: المدينة الجديدة بربيح – شبكة الصرف الصحي – نظام تصريف المياه.

Résume :

L'objectif de ce mémoire est de concevoir un réseau d'assainissement unitaire pour la nouvelle ville de Berbich (POS 27) dans la wilaya de Djelfa. Ce système permettra d'évacuer les eaux usées et pluviales vers un point de rejet, puis de les séparer pour évacuer les eaux pluviales vers le cours d'eau et les eaux usées vers la station d'épuration.

Pour atteindre cet objectif, nous avons collecté les données nécessaires, estimé le volume des débits à évacuer, calculé les dimensions et mis en œuvre le plan du réseau. Nous avons également évalué le projet sur le plan économique en estimant le coût total.

Mots clés : nouvelle ville de Berbich – réseau d'assainissement – système d'évacuation des eaux.

Abstract:

The objective of this thesis is to design a unitary sewage network for the new city of Berbich (POS27) in the wilaya of Djelfa. This system will collect and discharge both wastewater and stormwater to a discharge point, and then separate them to discharge stormwater to the stream and wastewater to the treatment plant.

To achieve this objective, we collected the necessary data, estimated the volume of flows to be discharged, calculated the dimensions, and implemented the network plan. We also evaluated the project from an economic perspective by estimating the total cost.

Keywords : new city of Berbich – sewage network – water drainage system

Liste des tableaux

CHAPITRE I : Présentation de la zone d'étude

| | |
|--|---|
| Tableau I-1 : Répartition mensuelle de la température de la région de Djelfa (1990-2022) | 7 |
| Tableau I-2 : Précipitations moyennes mensuelles (1990-2022) | 8 |
| Tableau I-3 : Les variations moyennes de nombre des jours de gelée entre (1992-2009) | 9 |
| Tableau I-4 : La variation moyenne des vitesses de vent entre (1990-2022) | 9 |

CHAPITRE II : Etude hydrologique

| | |
|---|----|
| Tableau II-1 : Identification de la station de Djelfa | 11 |
| Tableau II-2 : La série pluviométrique (station de Djelfa) 1990-2018 | 12 |
| Tableau II-3 : Caractéristiques de la série | 13 |
| Tableau II-4 : Résultat du test de χ^2 | 18 |
| Tableau II-5 : Les pluies de différentes périodes de retour et leurs intensités | 19 |

CHAPITRE III : Calcul de base

| | |
|---|----|
| Tableau III-1 : Répartition de la population | 22 |
| Tableau III-2 : Avantages et inconvénients du système séparatif | 24 |
| Tableau III-3 : Avantages et inconvénients du système unitaire | 25 |
| Tableau III-4 : Coefficient de ruissellement en fonction du type d'occupation du sol | 29 |
| Tableau III-5 : Coefficient de ruissellement en fonction de la catégorie d'urbanisation | 30 |
| Tableau III-6 : Coefficient de ruissellement en fonction de la densité de population | 30 |
| Tableau III-7 : Coefficient de ruissellement en fonction de la nature des surfaces | 30 |
| Tableau III-8 : Coefficient de ruissellement pour chaque sous bassin | 31 |
| Tableau III-9 : Le nombre d'habitants pour chaque sous bassin | 32 |

CHAPITRE IV : Estimation des débits à évacuer

| | |
|--|----|
| Tableau IV-1 : Débits totaux des eaux pluviales à évacuer | 41 |
| Tableau IV-2 : Les débits des eaux usées domestiques | 43 |
| Tableau IV-3 : Les débits des eaux usées des équipements publics | 45 |
| Tableau IV-4 : Débits des eaux parasite | 47 |
| Tableau IV-5 : Les débits totaux des eaux usées | 48 |

CHAPITRE V : Dimensionnement du réseau d'assainissement

| | |
|---|----|
| Tableau V-1 : Calculs du réseau projeté | 57 |
|---|----|

CHAPITRE VI : Les éléments constitutifs du réseau

| | |
|---|----|
| Tableau VII-1 : Résultat des hauteurs d'eau correspondant aux débits I | 82 |
| Tableau VII-2 : Résultat des hauteurs d'eau correspondant aux débits II | 84 |

CHAPITRE VII : Organisation de chantier

| | |
|--|-----|
| Tableau VII-1 : Devis quantitatif et estimatif _____ | 95 |
| Tableau VII-2 : Les paramètres de la méthode C.P.M _____ | 98 |
| Tableau VII-3 : Les symboles et les durées de différentes opérations _____ | 99 |
| Tableau VII-4 : Détermination des délais _____ | 100 |

Liste des figures

CHAPITRE I : Présentation de la zone d'étude

| | |
|---|---|
| Figure I-1 Carte de la situation géographique de Djelfa | 4 |
| Figure I-2 Localisation la zone d'étude (POS27) | 5 |
| Figure I-3 : Carte géologique de la région de Djelfa | 6 |
| Figure I-4 : Variation des précipitations moyennes mensuelles (1990-2022) | 8 |

CHAPITRE II : Etude hydrologique

| | |
|---|----|
| Figure II-1 : Ajustement graphique à la loi de Gumbel | 14 |
| Figure II-2 : Ajustement graphique à la loi Log-normale | 15 |
| Figure II-3 : Ajustement graphique à la loi GEV | 16 |

CHAPITRE III : Calcul de base

| | |
|---|----|
| Figure III-1 : Le système séparatif | 24 |
| Figure III-2 : Le système unitaire | 25 |
| Figure III-3 : Le système pseudo-séparatif | 26 |
| Figure III-4 : Schéma perpendiculaire | 27 |
| Figure III-5 : Schéma par déplacement latéral | 27 |
| Figure III-6 : Schéma oblique | 28 |
| Figure III-7 : Schéma radial | 28 |
| Figure III-8 : Schéma par zones étagées | 28 |

CHAPITRE VI : Les éléments constitutifs du réseau

| | |
|--|----|
| Figure VI-1 : Joints Everitube et Eternit | 71 |
| Figure VI-2 : Joints de tuyau en grès | 72 |
| Figure VI-3 : Joints sur tuyaux en béton | 73 |
| Figure VI-4 : Pose de canalisation sur un terrain normal | 75 |
| Figure VI-5 : Un branchement simple | 76 |
| Figure VI-6 : Une bouche d'égout sans décantation | 77 |
| Figure VI-7 : Exemple d'un regard simple | 77 |
| Figure VI-8 : Schéma du déversoir d'orage | 79 |

CHAPITRE VII : Organisation du chantier

| | |
|-------------------------------------|----|
| Figure VII-1 : Pose du lit de sable | 88 |
| Figure VII-2 : Niveleuse | 91 |

| | |
|---|----|
| Figure VII-3 : Bulldozer | 91 |
| Figure VII-4 : Pelle à chenille | 92 |
| Figure VII-5 : Chargeuse | 92 |
| Figure VII-6 : Compacteur à rouleaux lisses | 92 |

Liste des planches

Planche n°1/4 : Plan de masse avec levé topographique.

Planche n°2/4 : Tracé du réseau projeté.

Planche n°3/4 : Profil en long du collecteur principal.

Planche n°4/4 : Ouvrages annexes.

Introduction générale

L'assainissement est une discipline essentielle qui vise à gérer de manière adéquate les eaux usées et pluviales pour préserver la santé publique, la biodiversité et l'environnement. Dans la wilaya de Djelfa, comme dans de nombreuses autres zones urbaines en Algérie, la croissance rapide de la construction de logements, qu'ils soient sociaux ou privés, engendre une augmentation significative des rejets d'eaux usées et pluviales. Cette croissance démographique et urbaine met en évidence la nécessité d'une gestion efficace de ces eaux afin d'éviter les risques pour la santé et l'environnement.

C'est dans ce contexte spécifique que ce mémoire a été élaboré, avec un objectif : concevoir un système d'évacuation des eaux usées et pluviales pour le POS 27 de la nouvelle ville de Berbih, située dans la wilaya de Djelfa.

Pour atteindre cet objectif, le travail a suivi une méthodologie en trois étapes. Tout d'abord, une présentation détaillée de la zone d'étude a été réalisée pour mieux comprendre les spécificités géographiques, démographiques et environnementales qui influent sur la gestion des eaux. Ensuite, un plan d'évacuation a été élaboré pour déterminer comment collecter, transporter et évacuer les eaux usées et pluviales de manière optimale. Enfin, des calculs approfondis ont été effectués pour déterminer les différents débits à évacuer, et le dimensionnement du réseau unitaire a été réalisé en conséquence.

Ce mémoire représente une contribution importante pour la planification et la gestion des ressources hydriques dans la région de Djelfa, en particulier dans le cadre du développement urbain croissant. Il souligne l'importance d'une planification efficace de l'assainissement pour garantir la santé publique, la protection de l'environnement, et la durabilité des infrastructures urbaines.

CHAPITRE I :

**Présentation de
la zone d'étude**

Introduction :

La présentation de la zone d'étude est une étape essentielle de tout projet en hydraulique. Elle consiste à décrire le site de manière exhaustive, en tenant compte de ses aspects géographiques, topographiques, géologiques, climatiques, démographiques et hydrauliques. Cette description permet de bien identifier les facteurs qui influenceront la conception du projet.

I. Situation géographique de Djelfa :

La commune de Djelfa est la capitale de la wilaya de Djelfa, située dans la partie centrale de l'Algérie du Nord au-delà des piémonts Sud de l'Atlas Tellien, à environ 300 kilomètres de la capitale d'Alger avec une superficie de 542,2 km². Selon le recensement de 2008, sa population est d'environ 289226 habitants.

Les limites de la commune de Djelfa sont les suivantes :

- Au Nord par la commune Ain Maabed.
- Au Sud par la commune Ain Elibel et la commune Zakkar.
- A l'Est par la commune Mouadjebara.
- A l'Ouest par la commune Zaafrane.

(Voir le figure I-1).

II. Localisation de la zone d'étude :

La zone d'étude (POS27) est localisée dans le sud-ouest de la ville de Djelfa, à environ 3 km du chef-lieu de Wilaya, couvrant une superficie totale estimée à 125,21 hectares.

Les limites de la zone d'étude sont les suivantes :

- Au Nord la route de contournement et des terrains vacants.
- Au Sud par POS 26.
- A l'Est par la zone industrielle.
- A l'Ouest par POS 16.

(Voir le figure I-2).



Figure I-1 : Carte de la situation géographique de Djelfa

Source : DRE Djelfa



Figure I-2 : Localisation la zone d'étude (POS27)

ECHELLE :
1/1000

Source : Bureau d'étude URUBATIA

III. Situation topographique :

La région d'étude est implantée sur une assise rocheuse robuste et stable, à des altitudes oscillantes entre 1156m et 1220m.

La région de Djelfa est caractérisée par trois grands ensembles morphologiques : les montagnes, les plateaux et les piémonts

IV. Situation géologique :

La région de Djelfa est située à la frontière entre deux grandes unités structurales : les Hauts plateaux et l'Atlas saharien.

La pression exercée par ces deux unités a provoqué un mouvement de plissement, un mouvement tectonique récent de la Terre. La région de Djelfa est donc, du point de vue géologique, en période d'ascension. La région est divisée en deux parties structurales :

- Le grand synclinal sud de Djelfa, dont l'axe s'oriente d'est en nord-est, forme une assise semi-fermée sur son flanc sud-ouest. Il a une base large et une pente modérée.
- Le petit synclinal nord, qui suit la même orientation que le précédent, est caractérisé par ses diapirs rapprochés, l'importance de l'inclinaison des roches et le développement des fissures dues au plissement.

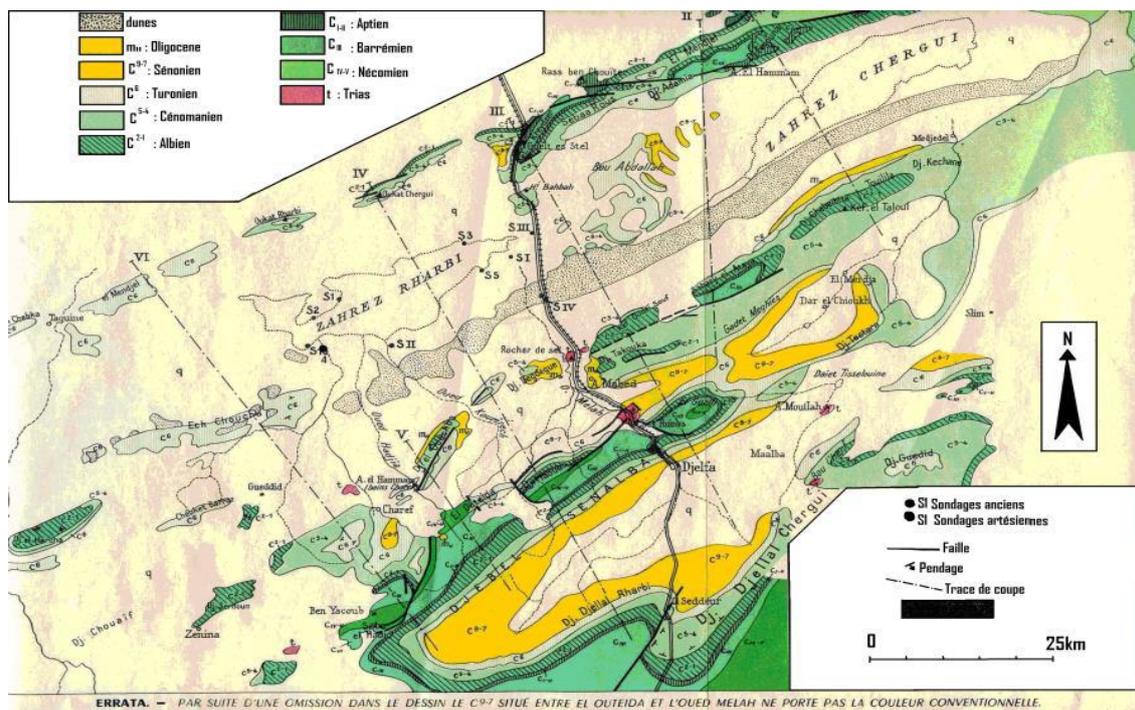


Figure I-3 : Carte géologique de la région de Djelfa

Source : Bureau d'étude HPO

V. Sismicité :

Sur le plan tectonique, la région des hauts plateaux est en général assez stable et n'est pas considérée comme une zone à risque sismique majeur. Les Règles Parasismiques Algériennes (R.P.A. 99 version 2003) classent cette région dans la zone de faible sismicité.

VI. Situation Climatique :

VI.1. Climat :

La région de Djelfa se caractérise par un climat semi-aride qui se distingue par sa fraîcheur en hiver avec des chutes de neige et la formation de gelées, ainsi que par sa chaleur estivale accompagnée d'une relative fraîcheur nocturne.

VI.2. Température :

La température est un facteur important à prendre en compte, car elle affecte la viscosité de l'eau.

Les renseignements sur les variations mensuelles de la température ont été prélevés de la station météorologique de Djelfa durant la période (1990-2022), comme le tableau suivant :

Tableau I-1 : Répartition mensuelle de la température de la région de Djelfa (1990-2022)

| Mois | Sep. | Oct. | Nov. | Déc. | Jan. | Fév. | Mars | Avr. | Mai | Juin | Juil. | Août | Moyenne inter-annuelle (°C) |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------------------|
| Moy. (°C) | 22,47 | 16,84 | 10,41 | 6,6 | 5,35 | 6,76 | 10,17 | 13,71 | 18,57 | 24,21 | 28,23 | 27,64 | 15,96 |
| Min. (°C) | 16,1 | 11,29 | 5,7 | 2,42 | 0,92 | 1,57 | 4,11 | 6,9 | 11,25 | 16,32 | 20,18 | 20,29 | 9,8 |
| Max. (°C) | 29,75 | 23,81 | 16,83 | 12,68 | 11,69 | 13,52 | 17,42 | 21,22 | 26,2 | 32,15 | 36,44 | 35,5 | 23,15 |

Source : ONM Djelfa (2023)

Selon le tableau au-dessus, on peut distinguer deux périodes :

- Une période froide qui s'étale de Novembre à Avril. Le moi le plu froid est Janvier où la température moyenne mensuelle est de 0,92 °C.
- Une période chaude qui s'étale de Mai à Octobre ; les mois les plus chauds sont Juillet et Août où la température moyenne mensuelle dépasse 35 °C.

VI.3. Pluviométrie :

Selon les données de la station de Djelfa, on note que les pluies sont généralement irrégulières.

Le tableau suivant (Tableau I-2) présente les précipitations moyennes mensuelles durant la période d'observation (1990-2022) :

Tableau I-2 : Précipitations moyennes mensuelles (1990-2022)

| Mois | Sep. | Oct. | Nov. | Déc. | Jan. | Fév. | Mars | Avr. | Mai | Juin | Juil. | Août | Total |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| P (mm) | 32,29 | 34,63 | 34,14 | 32,83 | 37,15 | 30,05 | 31,88 | 35,43 | 35,15 | 19,27 | 8,13 | 19,04 | 349,11 |
| P (%) | 9,23 | 9,9 | 9,76 | 9,38 | 10,62 | 8,59 | 9,11 | 10,13 | 10,05 | 5,5 | 2,31 | 5,43 | 100 |

Source : ONM Djelfa (2023)

L'analyse de la variation des précipitations (Figure I-4) montre que :

- La période pluvieuse s'étend du mois de Septembre au mois de Mai, coïncidant avec la saison froide, avec des précipitations maximales pouvant atteindre 37,15 mm au mois d'Janvier.
- Les mois de Juin, Juillet et Août sont les plus secs ; avec un minimum de précipitation de 8,13 mm au mois de Juillet.

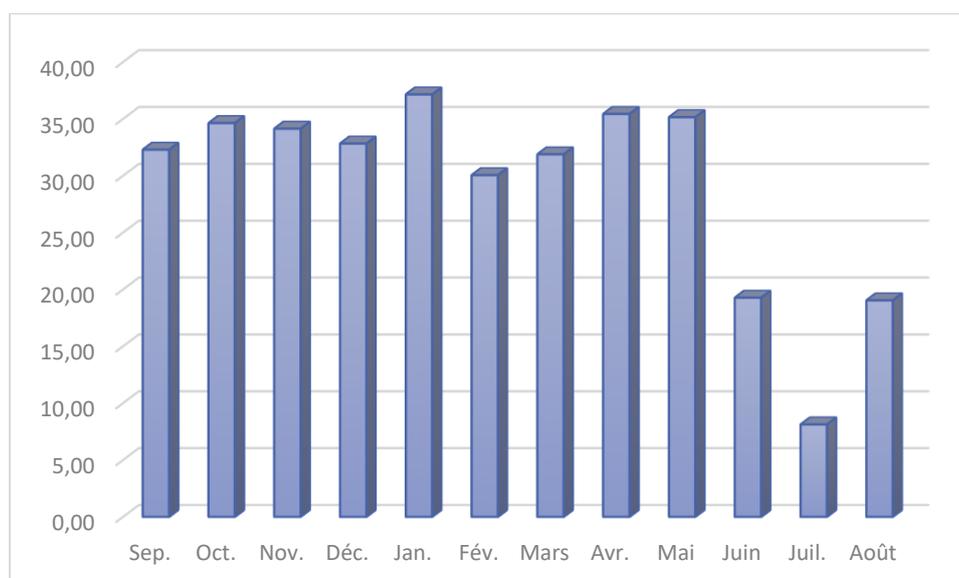


Figure I-4 : Variation des précipitations moyennes mensuelles (1990-2022)

VI.4. Gelée :

Les gelées sont enregistrées pendant la période, allant de janvier à avril et de novembre à décembre, avec un maximum de (15 jours), obtenu au cours de la saison d'hiver (janvier).

Le tableau suivant (Tableau I-3) regroupe les variations moyennes du nombre de jour de gelée.

Tableau I-3 : Les variations moyennes de nombre des jours de gelée entre (1992-2009)

| Mois | Sep. | Oct. | Nov. | Déc. | Jan. | Fév. | Mars | Avr. | Mai | Juin | Juil. | Août |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|-------|------|
| Nbr de jour | 0 | 0 | 6.3 | 10.4 | 14.8 | 8.9 | 4.4 | 1.2 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Source : ANRH Djelfa (2023)

VI.5. Vent :

Dans la région d'étude, les directions prédominantes des vents sont celles du Sud-Ouest et Nord-Ouest fréquentes en période estivale.

Le tableau suivant montre la variation moyenne des vitesses de vent.

Tableau I-4 : la variation moyenne des vitesses de vent entre (1990-2022)

| Mois | Sep. | Oct. | Nov. | Déc. | Jan. | Fév. | Mars | Avr. | Mai | Juin | Juil. | Août | Annuel |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|--------|
| Vent(m/s) | 3,2 | 3,28 | 3,31 | 3,4 | 3,14 | 2,93 | 2,86 | 2,64 | 2,75 | 2,77 | 3,16 | 3,15 | 3,05 |

Source : ONM Djelfa (2023)

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté un aperçu général de la zone d'étude, défini les caractéristiques nécessaires du site et déterminé les données de base pour le projet de dimensionnement et de conception du réseau d'assainissement du POS 27 de la nouvelle ville de Berbih, en respectant les exigences de la santé publique et de l'environnement.

CHAPITRE II :

Etude hydrologique

Introduction :

D'une manière générale, l'hydrologie peut être définie comme la science qui étudie le cycle de l'eau dans la nature, avec un intérêt particulier pour les interactions entre l'atmosphère, la surface terrestre et le sous-sol. Elle s'intéresse également à l'évaluation de ses différents flux.

En ce qui concerne la conception des systèmes d'assainissement, l'étude hydrologique joue un rôle essentiel en visant à déterminer l'intensité moyenne maximale à partir de l'analyse des pluies extrêmes et des averses. Ainsi, qu'en choisissant la période de retour adéquate pour protéger le réseau contre les risques des fortes crues.

I. La série des données pluviométriques :

La pluviométrie est évaluée en utilisant les relevés des précipitations recueillis dans plusieurs stations réparties sur une zone topographique donnée. Cette évaluation repose sur l'idée que les précipitations mesurées dans une station sont représentatives de celles qui tombent tout autour de cette station, sur une étendue plus ou moins vaste selon la densité du réseau, désignée sous le terme de zone d'influence du pluviomètre.

La station pluviométrique de Djelfa est prise comme station de référence. Les caractéristiques de la station sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau II-1 : Identification de la station de Djelfa

| Station | Code | Les coordonnées | | Les années d'observation |
|---------------|--------|-----------------|------|------------------------------|
| Djelfa | 170208 | X (km) | 551 | 1990-2018 (28 ans) |
| | | Y (km) | 153 | |
| | | Z (m) | 1160 | |

Source : ANRH Djelfa (2023)

Le poste fournit une série des précipitations maximales journalières. Cette série couvre une période d'observation de 28 ans, allant de 1990/1991 à 2017/2018. Les informations concernant cette série sont présentées dans le tableau ci-dessous. (Tableau II-2) :

Tableau II-2 : La série pluviométrique (station de Djelfa) 1990-2018

| Année | Précipitations maximales journalières (mm) | | | | | | | | | | | | P _{j max.} |
|-------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|---------------------|
| | Sep. | Oct. | Nov. | Déc. | Jan. | Fév. | Mars | Avr. | Mai | Juin | Juil. | Août | |
| 90-91 | 3.5 | 0 | 0 | 3.8 | 22 | 16 | 20 | 27 | 4.1 | 0 | 3 | 1 | 27 |
| 91-92 | 5 | 12 | 8 | 8 | 24 | 5.1 | 11.1 | 8 | 6.6 | 2 | 0 | 0 | 24 |
| 92-93 | 0 | 0 | 8 | 24.3 | 0 | 1.6 | 8 | 2.5 | 7.6 | 0 | 0 | 0 | 24.3 |
| 93-94 | 1.1 | 0.5 | 1.5 | 2.8 | 13.8 | 17 | 2.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.4 | 17 |
| 94-95 | 29.7 | 10 | 22 | 0 | 6 | 4 | 14.9 | 1.3 | 0.6 | 15.5 | 0 | 0 | 29.7 |
| 95-96 | 2 | 14 | 3 | 8 | 25.2 | 3.5 | 13 | 2.4 | 3 | 1.6 | 0 | 11.5 | 25.2 |
| 96-97 | 0 | 0 | 0 | 0.4 | 16 | 0 | 0 | 37 | 11 | 0 | 0 | 0.9 | 37 |
| 97-98 | 13.5 | 12 | 2.4 | 0.4 | 0 | 2.2 | 0.3 | 3.2 | 16 | 0 | 0 | 4.8 | 16 |
| 98-99 | 24 | 0 | 3 | 0.6 | 26 | 10.5 | 8.5 | 0.3 | 0 | 0.6 | 0.8 | 0.7 | 26 |
| 99-00 | 11 | 16 | 0.6 | 19.1 | 11.5 | 5.6 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 3 | 19.1 |
| 00-01 | 13.8 | 0.4 | 0.8 | 7 | 11.5 | 5.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 13.8 |
| 01-02 | 25.5 | 8.5 | 0.4 | 4.4 | 3.5 | 1.5 | 2.1 | 12.7 | 1.7 | 0 | 0 | 9.2 | 25.5 |
| 02-03 | 2.5 | 5.6 | 8.7 | 15.7 | 12 | 29.2 | 12.7 | 10.9 | 5.4 | 1.9 | 0.6 | 0 | 29.2 |
| 03-04 | 1 | 8 | 9.9 | 10.5 | 1.9 | 0 | 7.7 | 12.1 | 28 | 0 | 4.5 | 23 | 28 |
| 04-05 | 25.2 | 13.5 | 23 | 10.2 | 1.9 | 8.5 | 6 | 5 | 0 | 15 | 0.5 | 0 | 25.2 |
| 05-06 | 18.6 | 11 | 8.3 | 6.5 | 12.3 | 7.3 | 0.5 | 25 | 13 | 0 | 0.5 | 3.2 | 25 |
| 06-07 | 5 | 2 | 14.5 | 21 | 3 | 16 | 46 | 14 | 13.5 | 11 | 10.2 | 12 | 46 |
| 07-08 | 11.5 | 18.5 | 5.4 | 1 | 2.1 | 1.8 | 5.5 | 3.1 | 12 | 4.8 | 6.5 | 77 | 77 |
| 08-09 | 16.5 | 0 | 0 | 7 | 22 | 21 | 43 | 30.5 | 5.5 | 8.5 | 4 | 2.5 | 43 |
| 09-10 | 10 | 3 | 8.5 | 10.5 | 8.5 | 17 | 6 | 13 | 13 | 11.5 | 0.5 | 12.5 | 17 |
| 10-11 | 1.5 | 23.5 | 3.5 | 4 | 4.5 | 8.5 | 15.5 | 23 | 15.5 | 28.5 | 11.5 | 8.5 | 28.5 |
| 11-12 | 3.5 | 26 | 7.5 | 0.5 | 1 | 5.5 | 18 | 18.4 | 16 | 11.3 | 7 | 2.8 | 26 |
| 12-13 | 11.5 | 24.6 | 14 | 22 | 23.9 | 24 | 20.2 | 15 | 10.5 | 8 | 6.3 | 2.2 | 24.6 |
| 13-14 | 12 | 5.3 | 6 | 26.8 | 5 | 21 | 18.7 | 15.9 | 15.4 | 9 | 5.2 | 3 | 26.8 |
| 14-15 | 11.8 | 4.2 | 5.5 | 12.4 | 3.4 | 11.5 | 9.5 | 1.6 | 2 | 12.4 | 0 | 8.5 | 12.4 |
| 15-16 | 50.5 | 20 | 3 | 0 | 4 | 14.5 | 14.5 | 20 | 4 | 1 | 4.5 | 0 | 50.5 |
| 16-17 | 10.5 | 9.5 | 18 | 7 | 26.5 | 2 | 0.5 | 1 | 17 | 6.5 | 5.6 | 0 | 26.5 |
| 17-18 | 8.5 | 14.5 | 5 | 17.5 | 8.1 | 7 | 4 | 5 | 2 | 1 | 1 | 0 | 17.5 |

Source : ANRH Djelfa (2023)

II. Etude des précipitations journalières maximales :

Pour obtenir les valeurs extrêmes ou quantiles, il est nécessaire d'effectuer un ajustement statistique à une loi de probabilité. Ainsi, il convient de réaliser un ajustement approprié à une loi théorique basée sur la série des pluies maximales journalières pour déterminer les intensités de pluie les plus extrêmes. Elle comporte les étapes suivantes :

- Trier les valeurs $P_{\max,j}$ par ordre croissant.
- Calculer la fréquence empirique des valeurs non dépassées de la série.
- Calculer les caractéristiques statistiques de la série, telles que la moyenne, la médiane et l'écart-type.

- Ajuster la série graphiquement.
- Déterminer les quantiles et leurs intervalles de confiance.
- Calculer les quantités d'eau tombées pendant des périodes de temps courtes.

II.1. Caractéristiques statiques de série :

➤ **La moyenne « $\overline{P_{\max. j}}$ » :**

La moyenne interannuelle des précipitations maximales journalière :

$$\overline{P_{\max. j}} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{\max. j}}{N} = 28.14 \text{ mm} \quad (\text{II.1})$$

Avec N la taille de l'échantillon (N = 28)

➤ **L'écart-type « $\sigma_{P_{\max. j}}$ » :**

Pour N = 28, on a :

$$\sigma_{P_{\max. j}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (P_{\max. j} - \overline{P_{\max. j}})^2}{N - 1}} = 13.12 \text{ mm} \quad (\text{II.2})$$

➤ **Le coefficient de variation « C_v » :**

$$C_v = \frac{\sigma_{P_{\max. j}}}{\overline{P_{\max. j}}} = 0.466 \quad (\text{II.3})$$

Tableau II-3 : Caractéristiques de la série

| | |
|--------------------------|-------|
| Nombres d'années | 28 |
| Valeur maximale (mm) | 77 |
| Valeur Minimale (mm) | 12.4 |
| Médiane (mm) | 25.75 |
| Moyenne (mm) | 28.14 |
| Ecart-type (mm) | 13.12 |
| Coefficient de variation | 0.466 |

II.2. Ajustement de la série :

La détermination de l'efficacité d'une méthode d'estimation repose sur la loi de probabilité, la taille de l'échantillon et ses caractéristiques. Cependant, de nombreuses études comparatives, à la fois empiriques et théoriques, ont été menées pour déterminer les conditions dans lesquelles une loi donnée se montre performante.

Afin de simplifier le processus, l'ajustement sera effectué à l'aide du logiciel "Hyfran", en utilisant les quatre lois suivantes : la loi de Gumbel, la loi normale, la loi de Galton (Log-normale) et la loi GEV

II.2.1. Ajustement à la loi de Gumbel :

- La fonction de la loi de Gumbel :

$$F(x) = e^{-e^{-y}} \quad (\text{II.4})$$

Étant donné que « y » est la variable réduite de la loi de Gumbel :

$$y = \frac{x - x_0}{\alpha} = -\ln[-\ln(F(x))] \quad (\text{II.5})$$

Avec :

- x : variable étudiée ($P_{\max,j}$).
- x_0 : paramètre de position (ordonnée à l'origine).
- α : paramètre de l'échelle ($\alpha > 0$).

- L'expression de quantile est :

$$x = \alpha y + x_0 \quad (\text{II.6})$$

- Les paramètres de la loi de Gumbel par la méthode du maximum de vraisemblance :

$$\alpha = \mathbf{8.44} \quad ; \quad x_0 = \mathbf{22.87} \text{ mm}$$

- Résultats de l'ajustement à la loi de Gumbel :

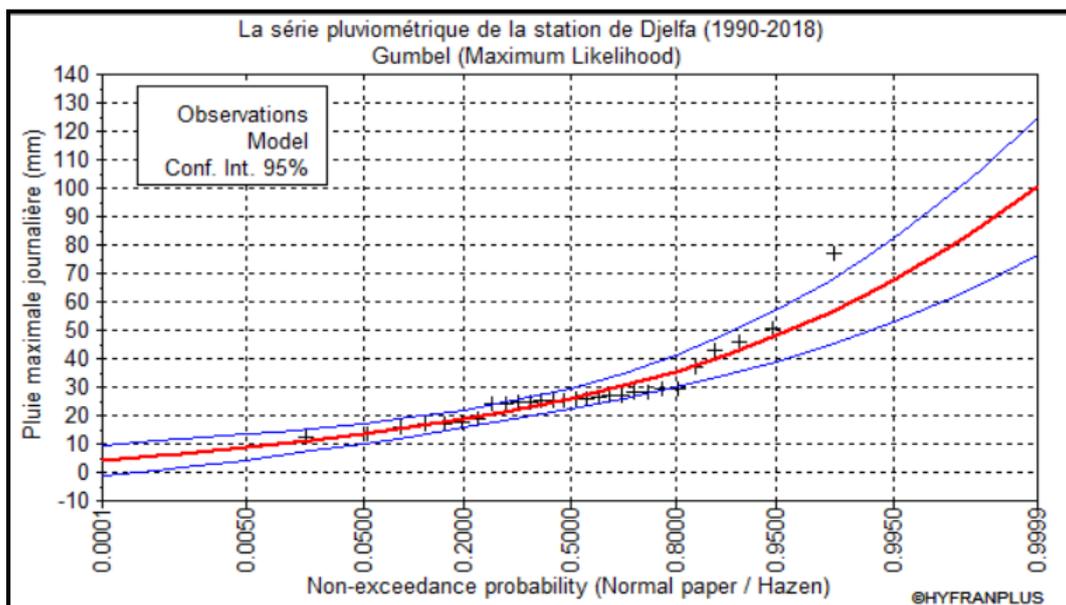


Figure II-1 : Ajustement graphique à la loi de Gumbel

II.2.2. Ajustement à la loi de Galton (Log-normale) :

- La fonction de répartition de la loi Log-normale :

$$F(x) = \sqrt{2\pi} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{u^2}{2}} du \quad (\text{II.9})$$

Étant donné que « u » est la variable centrée réduite de Gauss :

$$u = \frac{\ln(x) - \overline{\ln(x)}}{\sigma_{\ln(x)}} \quad (\text{II.10})$$

Avec :

- x : variable étudiée ($P_{\max,j}$).
- $\overline{\ln(x)}$: la moyenne des logarithmes de la variable x
- $\sigma_{\ln(x)}$: l'écart-type des logarithmes de la variable x.

- L'expression de quantile est alors :

$$\ln(x) = u \sigma_{\ln(x)} + \overline{\ln(x)} \quad (\text{II.11})$$

- Paramètres de la loi par la méthode du maximum de vraisemblance :

$$\sigma_{\ln(x)} = \mathbf{0.39} \quad ; \quad \overline{\ln(x)} = \mathbf{3.26}$$

- Résultats de l'ajustement à la loi de Galton :

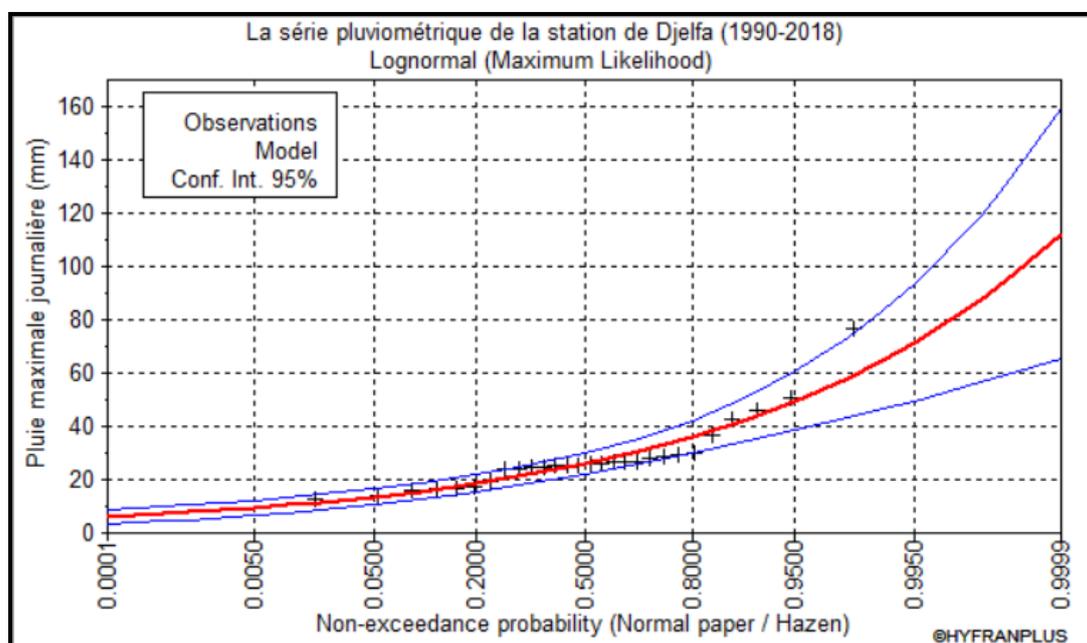


Figure II-2 : Ajustement graphique à la loi Log-normale

II.2.3. Ajustement à la loi GEV :

- La fonction de répartition de la loi GEV :

$$F(x) = e^{-e^{-y}} \quad (\text{II.12})$$

Étant donné que « y » est la variable réduite :

$$y = -\frac{1}{k} \ln \left[1 - \frac{k}{\alpha} (x - u) \right] \quad (\text{II.13})$$

Avec :

- x : variable étudiée ($P_{\max,j}$).
- u : paramètre de position
- α : paramètre de dispersion ($\alpha > 0$).
- k : paramètre de forme appelé indice des valeurs extrêmes.

- L'expression de quantile est alors :

$$x = u + \frac{\alpha}{k} (1 - e^{-ky}) \quad (\text{II.14})$$

- Paramètres de la loi par la méthode du maximum de vraisemblance :

$$u = \mathbf{22.31 \text{ mm}} \quad ; \quad \alpha = \mathbf{7.66} \quad ; \quad k = \mathbf{-0.16}$$

- Résultats de l'ajustement à la loi GEV :

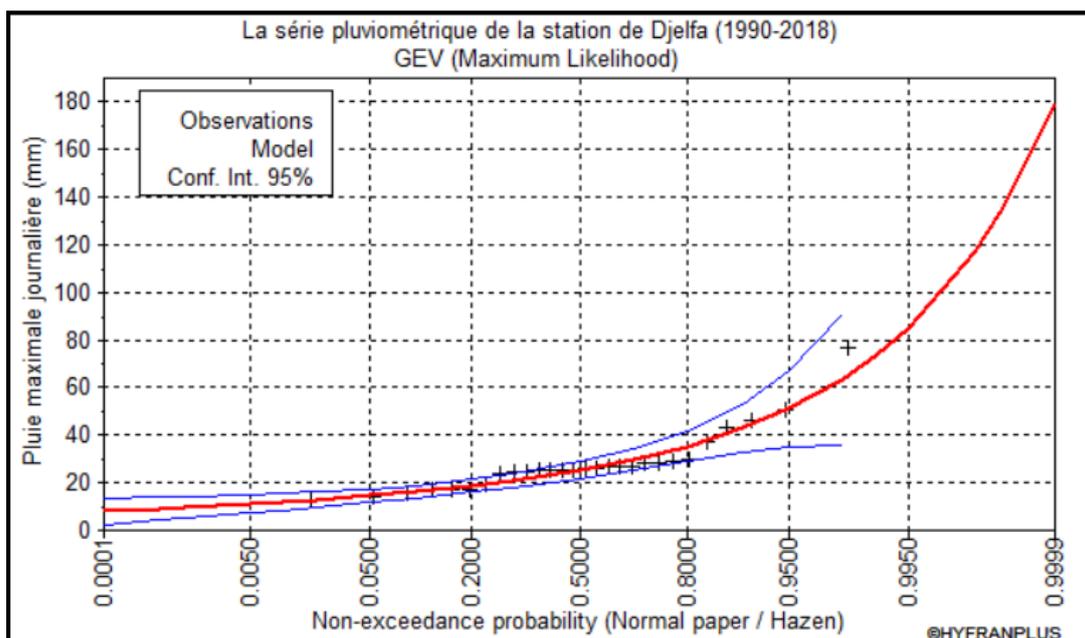


Figure II-3 : Ajustement graphique à la loi GEV

II.2.4. Choix de la loi d'ajustement :

Après avoir procédé à l'ajustement d'une loi de probabilité théorique, la question qui se pose est de déterminer si cette loi s'adapte correctement ou non. Les critères pour sélectionner une loi sont basés sur une analyse graphique et un test de dispersion.

Test graphique :

Ce test repose sur une évaluation visuelle des graphiques d'ajustement ; il implique l'examen de la répartition des points sur le graphique de probabilité afin de déterminer s'il existe un alignement adéquat sans présence de courbes défectueuses.

Interprétation des graphiques :

D'après l'examen visuel des graphiques d'ajustement présentés dans les figures II-1. II-2. II-3 et II-4, on remarque que :

- La loi GEV donne un mauvais ajustement, car l'allure des intervalles de confiance inclut des valeurs non définies → la loi est inadéquate ; à rejeter.
- La loi Gumbel donne un mauvais ajustement car l'allure des intervalles de confiance compte des valeurs négatives et des valeurs hors l'intervalle de confiance → la loi est inadéquate ; à rejeter.
- L'ajustement graphique à la loi de Galton (Log-normale) est meilleur, car les points sont très proches de la droite théorique avec une bonne convergence.

Test d'adéquation de Khi-deux « χ^2 » :

Le test du χ^2 , également appelé test de Pearson, permet de comparer les valeurs observées et les valeurs attendues d'une distribution. Pour ce faire, on calcule une statistique, le χ^2 , qui est ensuite comparée à une valeur critique, qui dépend du seuil de signification α et du nombre de degrés de liberté de la loi.

Tableau II-4 : Résultat du test de χ^2 (Hyfran)

| Loi d'ajustement | Nombre de paramètres m | Degré de liberté γ | χ^2 calculé | χ^2 théorique | Observation |
|------------------|--------------------------|---------------------------|------------------|--------------------|---|
| Log-normale | 2 | 6 | 3,8 | 11,53 | $\chi^2_{\text{calculé}} < \chi^2_{\text{théorique}}$ → Condition vérifiée |

D'après le tableau au-dessus, la condition du test est vérifiée pour la loi de Galton (Log-normale). Donc le test de Khi-deux montre que la loi de Galton (Log-normale) est adéquate.

🚦 Sélection de la loi :

À partir de ces tests, on va choisir la loi de Galton (Log-normale).

II.3. Calcul de l'intensité des averses de courte durée pour différentes périodes de retour :

Dans cette étape, nous allons calculer les valeurs des pluies ainsi que leurs intensités. Cela se fera en se basant sur les résultats de l'ajustement à la loi de Galton (Log-normale).

➤ Pluies de courte durée :

Les pluies de courte durée (les averses) sont estimées à partir des pluies maximales journalières en utilisant la relation suivante :

$$P_{t,p\%} = P_{\max,j} \left(\frac{t}{24} \right)^b \quad (\text{II.15})$$

Avec :

- $P_{t,p\%}$: pluie (mm) de courte durée correspondante à une fréquence de dépassement donnée (p%).
- $P_{\max,j}$: pluie maximale journalière (mm) correspondante à une fréquence de dépassement donnée (p%).
- t : durée de l'averse (h)
- b : exposant climatique, selon l'ANRH Djelfa $b = 0.40$ pour la région d'étude.

➤ **Intensités de courte durée :**

Pour calculer l'intensité moyenne d'une averse de durée t et de fréquence de dépassement, nous utilisons la formule de Montanari :

$$i_{t,p\%} = \frac{P_{t,p\%}}{t} \quad (\text{mm/h}) \quad (\text{II.16})$$

Tableau II-5 : Les pluies de différentes périodes de retour et leurs intensités

| T | 5 ans | | 10 ans | | 20 ans | | 50 ans | | 100 ans | |
|-------------|------------|--------------|----------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|
| X_t | 36.1 mm | | 43.0 mm | | 49.6 mm | | 58.3 mm | | 64.9 mm | |
| t (h) | P_t (mm) | i_t (mm/h) | P_t (mm) | i_t (mm/h) | P_t (mm) | i_t (mm/h) | P_t (mm) | i_t (mm/h) | P_t (mm) | i_t (mm/h) |
| 0.1 | 4.03 | 40.31 | 4.80 | 48.02 | 5.54 | 55.39 | 6.51 | 65.10 | 7.25 | 72.47 |
| 0.2 | 5.32 | 26.60 | 6.34 | 31.68 | 7.31 | 36.54 | 8.59 | 42.95 | 9.56 | 47.81 |
| 0.25 | 5.82 | 23.26 | 6.93 | 27.71 | 7.99 | 31.96 | 9.39 | 37.57 | 10.46 | 41.82 |
| 0.5 | 7.67 | 15.35 | 9.14 | 18.28 | 10.54 | 21.09 | 12.39 | 24.79 | 13.80 | 27.59 |
| 0.75 | 9.03 | 12.03 | 10.75 | 14.33 | 12.40 | 16.53 | 14.58 | 19.43 | 16.23 | 21.63 |
| 1 | 10.13 | 10.13 | 12.06 | 12.06 | 13.91 | 13.91 | 16.35 | 16.35 | 18.20 | 18.20 |
| 2 | 13.36 | 6.68 | 15.91 | 7.96 | 18.36 | 9.18 | 21.58 | 10.79 | 24.02 | 12.01 |
| 3 | 15.71 | 5.24 | 18.72 | 6.24 | 21.59 | 7.20 | 25.38 | 8.46 | 28.25 | 9.42 |
| 4 | 17.63 | 4.41 | 21.00 | 5.25 | 24.22 | 6.06 | 28.47 | 7.12 | 31.69 | 7.92 |
| 5 | 19.28 | 3.86 | 22.96 | 4.59 | 26.48 | 5.30 | 31.13 | 6.23 | 34.65 | 6.93 |
| 6 | 20.73 | 3.46 | 24.70 | 4.12 | 28.49 | 4.75 | 33.48 | 5.58 | 37.28 | 6.21 |
| 7 | 22.05 | 3.15 | 26.27 | 3.75 | 30.30 | 4.33 | 35.61 | 5.09 | 39.65 | 5.66 |
| 8 | 23.26 | 2.91 | 27.71 | 3.46 | 31.96 | 4.00 | 37.57 | 4.70 | 41.82 | 5.23 |
| 9 | 24.38 | 2.71 | 29.05 | 3.23 | 33.50 | 3.72 | 39.38 | 4.38 | 43.84 | 4.87 |
| 10 | 25.43 | 2.54 | 30.30 | 3.03 | 34.95 | 3.49 | 41.08 | 4.11 | 45.73 | 4.57 |
| 11 | 26.42 | 2.40 | 31.47 | 2.86 | 36.30 | 3.30 | 42.67 | 3.88 | 47.50 | 4.32 |
| 12 | 27.36 | 2.28 | 32.59 | 2.72 | 37.59 | 3.13 | 44.18 | 3.68 | 49.19 | 4.10 |
| 13 | 28.25 | 2.17 | 33.65 | 2.59 | 38.81 | 2.99 | 45.62 | 3.51 | 50.79 | 3.91 |
| 14 | 29.10 | 2.08 | 34.66 | 2.48 | 39.98 | 2.86 | 46.99 | 3.36 | 52.31 | 3.74 |
| 15 | 29.91 | 1.99 | 35.63 | 2.38 | 41.10 | 2.74 | 48.31 | 3.22 | 53.78 | 3.59 |
| 16 | 30.70 | 1.92 | 36.56 | 2.29 | 42.17 | 2.64 | 49.57 | 3.10 | 55.18 | 3.45 |
| 17 | 31.45 | 1.85 | 37.46 | 2.20 | 43.21 | 2.54 | 50.79 | 2.99 | 56.54 | 3.33 |
| 18 | 32.18 | 1.79 | 38.33 | 2.13 | 44.21 | 2.46 | 51.96 | 2.89 | 57.85 | 3.21 |
| 19 | 32.88 | 1.73 | 39.16 | 2.06 | 45.18 | 2.38 | 53.10 | 2.79 | 59.11 | 3.11 |
| 20 | 33.56 | 1.68 | 39.98 | 2.00 | 46.11 | 2.31 | 54.20 | 2.71 | 60.34 | 3.02 |

| | | | | | | | | | | |
|----|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
| 21 | 34.22 | 1.63 | 40.76 | 1.94 | 47.02 | 2.24 | 55.27 | 2.63 | 61.52 | 2.93 |
| 22 | 34.87 | 1.58 | 41.53 | 1.89 | 47.90 | 2.18 | 56.31 | 2.56 | 62.68 | 2.85 |
| 23 | 35.49 | 1.54 | 42.27 | 1.84 | 48.76 | 2.12 | 57.32 | 2.49 | 63.80 | 2.77 |
| 24 | 36.10 | 1.50 | 43.00 | 1.79 | 49.60 | 2.07 | 58.30 | 2.43 | 64.90 | 2.70 |

III. Intensité moyenne maximale :

Dans le cadre des projets d'assainissement, l'estimation des débits pluviaux est généralement basée sur l'intensité moyenne maximale d'une averse de courte durée (15 minutes, soit 0,25 heure) et d'une période de retour de 10 ans. Cette approche est justifiée par des raisons technico-économiques et de sécurité.

D'après les résultats dans le tableau II-5, on a :

$$i_{15\text{min}.10\%} = 27,71 \text{ mm/h}$$

$$i_{15\text{min}.10\%} = \frac{27,71 \times 10000}{3600} = 76,97 \text{ l/s/ha}$$

Conclusion :

L'étude des précipitations maximales journalières nous a permis de déterminer l'intensité moyenne maximale. Cela a été réalisé en utilisant les résultats obtenus par l'ajustement de la série pluviométrique à la loi log-normale et en effectuant les calculs des pluies de courte durée.

$$i = 76,97 \text{ l/s/ha}$$

CHAPITRE III :

Calcul de base

Introduction :

L'objectif de l'assainissement est l'évacuation des eaux usées provenant de différentes sources en dehors des agglomérations. Dans ce contexte, il est impératif de suivre certaines phases préliminaires, parmi lesquelles se trouve le calcul fondamental. Ceci est essentiel pour obtenir une meilleure estimation des débits à évacuer ultérieurement.

Cette étape inévitable se résume ainsi :

- L'estimation du nombre d'habitants.
- Le découpage du site en surfaces élémentaires (sous bassins) et la détermination du coefficient de ruissellement.
- Le choix du système et du schéma du réseau d'évacuation des eaux.

I. Situation démographique :

Concernant la nouvelle ville de Berbih, on a deux types d'habitation, premier type est habitation collective et deuxième type habitation individuel.

Pour l'habitation collective on a fixé un taux d'occupation de sept (07) personnes par logement pour un horizon d'étude de 30 ans, et sachant que le site (POS 27) comporte 4000 logements, donc le nombre d'habitants sera :

$$P_{\text{Log coll}} = 4000 \times 7 = \mathbf{28000 \text{ habitants}}$$

Pour l'habitation individuel on a 4800 habitants avec un taux d'accroissement de 2.5%.

Pour calculer le nombre d'habitants à l'horizon, on utilise la formule suivante :

$$P_n = P_o(1 + \tau)^n \quad \text{(III.1)}$$

Avec :

P_n : population à l'horizon.

P_o : population de l'année de référence.

τ : taux d'accroissement.

n : nombre d'années entre l'année de référence et l'année de l'horizon (2023-2053).

Tableau III-1 : Répartition de la population

| Année | 2053 |
|---------------------------------|-------|
| Nombre d'habitants collective | 28000 |
| Nombre d'habitants individuelle | 10069 |
| Nombre d'habitants totale | 38069 |

II. Découpage de l'air d'étude en surfaces élémentaires :

Pour définir la découpe adéquate d'un site en sous-bassins élémentaires, les éléments suivants sont pris en considération :

- La nature du sol.
- La densité des habitants.
- Le réseau existant.
- Les routes et les voiries.
- Les courbes de niveau.
- Les pentes et les contre pentes.
- Les limites naturelles (talweg, oued, etc...).

→ Dans notre projet, Nous allons diviser le site en **19 sous-bassins**.

III. Système d'évacuation des eaux :

III.1. Les différents systèmes d'assainissement :

Le réseau d'assainissement, quel qu'il soit, a pour rôle d'évacuer les eaux résiduaires et les eaux de pluie dans les zones rurales, urbaines et industrielles. Il existe plusieurs systèmes d'évacuation possibles, notamment les suivants :

III.1.1. Le système séparatif :

Dans lequel deux réseaux séparés sont mis en place :

- Le réseau d'eaux usées est conçu pour collecter et évacuer les eaux usées domestiques, publiques et industrielles vers la station d'épuration. Le tracé du réseau est déterminé en fonction de la disposition des zones à drainer.
- Le réseau d'eaux pluviales est conçu pour évacuer les eaux de pluie. Il suit la pente naturelle du terrain pour rejoindre le cours d'eau le plus proche et accélérer l'écoulement. Son tracé est déterminé en fonction de la localisation des zones susceptibles de ruisseler.

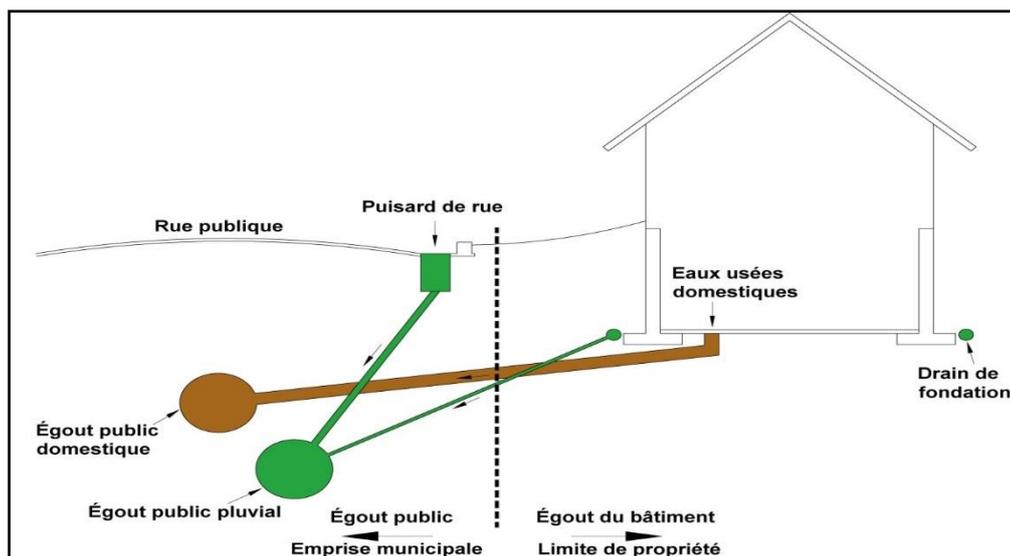


Figure III-1 : Le système séparatif

Tableau III-2 : Avantages et inconvénients du système séparatif

| | |
|----------------------------------|---|
| Domaine d'utilisation privilégié | <ul style="list-style-type: none"> - Les zones à forte pluviométrie. - Les zones urbaines et périurbaines. - Les zones avec une forte présence d'eaux usées industrielles. |
| Avantages | <ul style="list-style-type: none"> - Réduction des risques d'inondation. - Il protège les cours d'eau et les nappes phréatiques de la pollution. - Économies d'énergie |
| Inconvénients | <ul style="list-style-type: none"> - Le sous-sol est fortement encombré. - L'investissement est coûteux. - Il y a un risque élevé de faire une erreur de branchement. |

III.1.2. Le système unitaire :

L'évacuation de toutes les eaux usées et pluviales se fait à travers un réseau unifié. Ce réseau est généralement pourvu de déversoirs qui, en cas d'orage, facilitent le rejet direct d'une partie des eaux dans l'environnement naturel.

Ce système se caractérise par sa simplicité, demandant seulement une canalisation unique par rue et d'un seul branchement pour chaque immeuble.

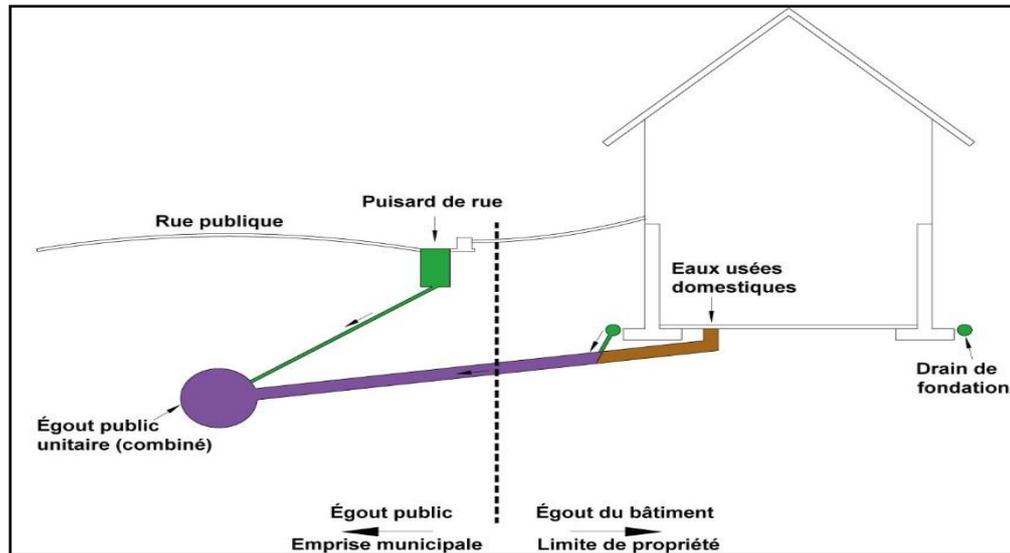


Figure III-2 : Le système unitaire

Tableau III-3 : Avantages et inconvénients du système unitaire

| | |
|----------------------------------|--|
| Domaine d'utilisation privilégié | <ul style="list-style-type: none"> - Milieu récepteur éloigné des points de collecte. - Topographie à faible relief. - Imperméabilisation importante et topographie accentuée de la commune. - Débit d'étiage du cours d'eau récepteur important |
| Avantages | <ul style="list-style-type: none"> - Coût d'installation et d'entretien réduit. - Système plus simple à gérer. - Encombrement du sous-sol réduit. |
| Inconvénients | <ul style="list-style-type: none"> - Peut entraîner une pollution des cours d'eau. - Risque d'inondation. - Nécessite une station d'épuration plus grande. |

III.1.3. Le système pseudo-séparatif :

Ce système a collecté les eaux usées domestiques et une fraction des eaux pluviales sont collectés dans un seul réseau. L'autre fraction des eaux pluviales est évacuée par un autre réseau.

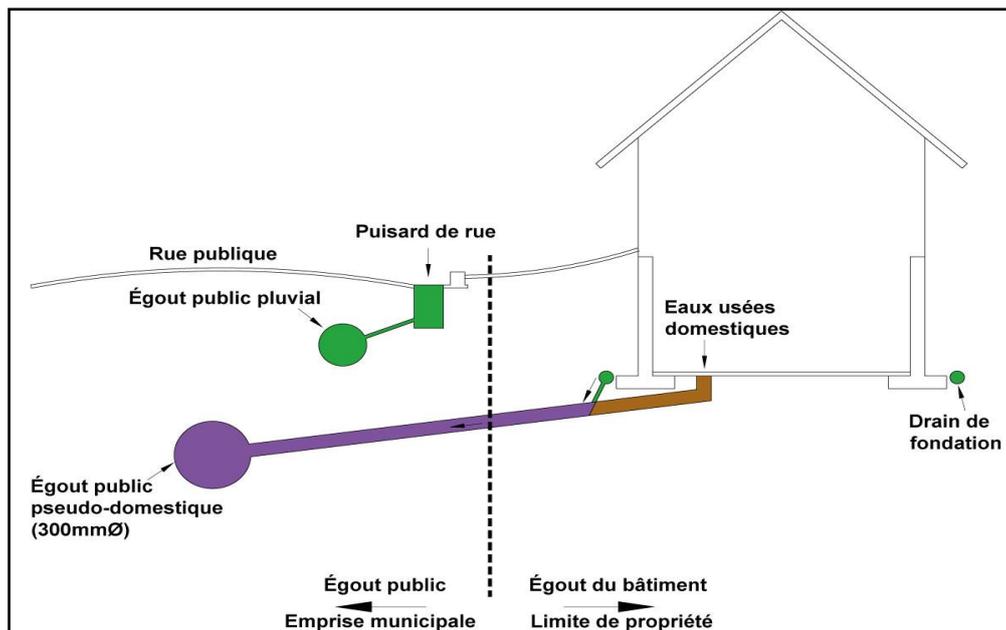


Figure III-3 : Le système pseudo-séparatif

III.1.4. Système mixte :

Ce système combine un réseau unitaire et un réseau séparatif. Il est utilisé dans les villes où un ancien réseau unitaire ne peut pas supporter l'augmentation du débit liée à l'extension de la ville.

III.1.5. Système autonome :

Il s'agit d'un système d'assainissement individuel non raccordé au réseau public. Il est utilisé dans les zones rurales à faible densité d'habitations, où la mise en place d'un réseau public serait trop coûteuse.

III.2. Choix du système d'assainissement :

Pour le choix du système d'assainissement, il faut prendre en considération :

- La localisation du site : La topographie du terrain, la présence d'un réseau public, la densité d'habitations, etc.
- Les caractéristiques du sol : La perméabilité, la présence de nappe phréatique, etc.
- Le nombre d'habitants : La taille du système doit être adaptée au nombre d'habitants.
- Le budget : Le coût du système d'assainissement doit être compatible avec le budget disponible.

➔ Nous avons choisi le système unitaire pour notre projet pour les raisons suivantes :

- Dans notre région, les précipitations sont rares et peu intenses. La séparation totale des eaux usées et des eaux pluviales pourrait entraîner des débits faibles dans le réseau d'eaux pluviales, provoquant des problèmes de colmatage. Le système unitaire convient mieux dans ces situations.
- L'oued qui est proche de la zone n'est pas bien aménagée. Si on déverse les eaux pluviales dans cet oued, il y a des risques de débordement.

IV. Schéma d'évacuation :

IV.1. Les différents schémas d'assainissement :

Les réseaux d'assainissement fonctionnent en écoulement gravitaire, ce qui les rend tributaires du relief. Pour éviter des tranchées trop profondes, il est nécessaire de tenir compte de la topographie. En fonction du système d'assainissement et de la topographie, on distingue divers schémas :

IV.1.1. Schéma perpendiculaire :

Les eaux usées s'écoulent directement dans le cours d'eau. Ce type de schéma ne permet pas de collecter les eaux usées vers une station d'épuration. Il est utilisé lorsque l'épuration n'est pas nécessaire, par exemple pour les eaux pluviales en système séparatif.

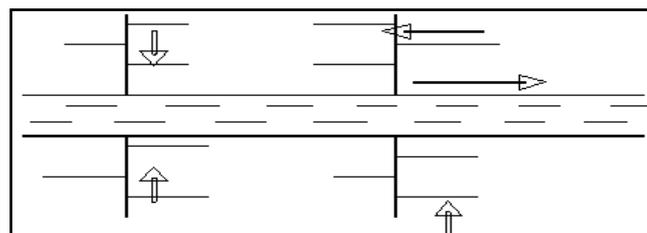


Figure III-4 : Schéma perpendiculaire

IV.1.2. Schéma par déplacement latéral :

Il consiste à collecter les eaux usées dans un collecteur parallèle au cours d'eau. On adopte ce type de schéma lorsque l'épuration des eaux usées est obligatoire ou lorsque toutes les eaux usées sont acheminées vers un seul point dans la mesure du possible.

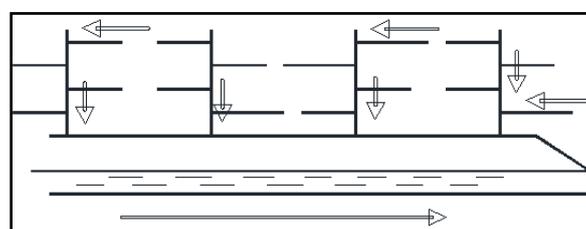


Figure III-5 : Schéma par déplacement latéral

IV.1.3. Schéma transversal ou oblique :

Ce schéma est constitué de collecteurs ramifiés qui permettent de transporter l'effluent à l'aval de l'agglomération. Il est adopté lorsque la pente du terrain est faible.

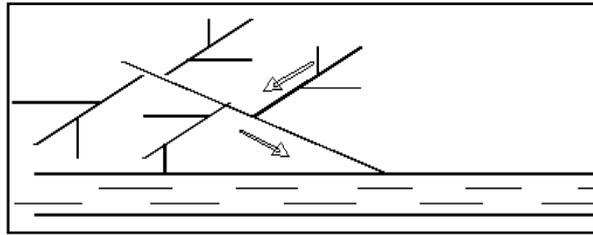


Figure III-6 : Schéma oblique

IV.1.4. Schéma radial :

Le schéma radial est adapté aux terrains plats. Il permet de collecter les eaux usées en un ou plusieurs points situés à l'intérieur de l'agglomération, puis de les évacuer par relevage vers un point éloigné, tel qu'un cours d'eau récepteur ou une station d'épuration.

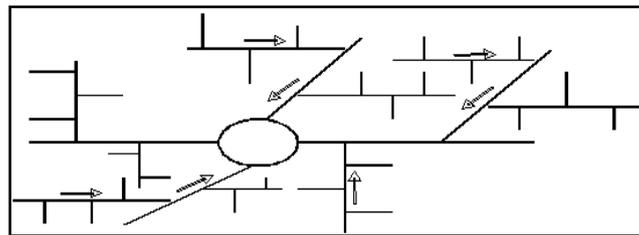


Figure III-7 : Schéma radial

IV.1.3. Schéma par zones étagées :

Ce schéma est une variante du schéma par déplacement latéral, avec des collecteurs longitudinaux supplémentaires. Ces collecteurs permettent l'évacuation des eaux usées à plusieurs niveaux, ce qui permet de réduire la charge du collecteur principal.

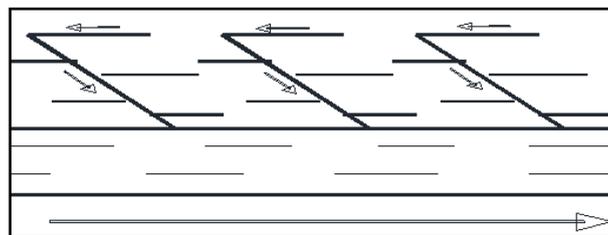


Figure III-8 : Schéma par zones étagées

IV.2. Le choix du schéma d'évacuation :

Le choix du schéma du réseau d'évacuation à adopter, dépend de divers paramètres :

- La topographie du terrain.
- La densité de population.

- Le coût de l'installation et de l'entretien.
 - L'emplacement de la station d'épuration ou l'exutoire.
- ➔ Nous avons décidé d'opter pour un schéma par déplacement latéral pour notre projet.

V. Le coefficient de ruissellement :

V.1. Évaluation du coefficient de ruissellement :

Le coefficient de ruissellement « C_r » d'une surface donnée est le rapport entre le volume d'eau ruisselé et le volume d'eau tombé sur le bassin versant. Ce coefficient est important pour évaluer les débits de pointe pluviaux, qui sont utilisés pour dimensionner le réseau.

Le coefficient de ruissellement est influencé par plusieurs facteurs, notamment :

- La nature du sol.
- Le mode d'occupation du sol.
- L'inclinaison du terrain (la pente).
- La durée et l'intensité de la pluie.
- La densité de la population.
- Le degré de saturation du sol en eau.
- L'humidité de l'air.

L'estimation du coefficient de ruissellement est effectuée de manière empirique, d'une manière approximative, en raison de l'hétérogénéité des surfaces, en tenant compte de différents facteurs, en fonction :

➤ Du type d'occupation du sol :

Tableau III-4 : Coefficient de ruissellement en fonction du type d'occupation du sol

| Type d'occupation du sol | | C_r |
|--------------------------|------------------|-------------|
| Commercial | | 0.70 – 0.95 |
| Résidentiel | Lotissement | 0.3 – 0.5 |
| | Collectifs | 0.5 – 0.75 |
| | Habitat dispersé | 0.25 – 0.4 |
| Industriel | | 0.5 – 0.8 |
| Parcs et jardins public | | 0.05 – 0.25 |
| Terrains de sport | | 0.1 – 0.3 |

| | | |
|------------------|--------------|-------------|
| Terrains vagues | | 0.05 – 0.15 |
| Terres agricoles | Drainées | 0.05 – 0.13 |
| | Non drainées | 0.03 – 0.07 |

Source : Satin *et al.* (2006)

➤ **De la catégorie d'urbanisation :**

Tableau III-5 : Coefficient de ruissellement en fonction de la catégorie d'urbanisation

| Catégorie d'urbanisation | C _r |
|--------------------------|----------------|
| Habitations très denses | 0.90 |
| Habitations denses | 0.60 – 0.70 |
| Habitations moins denses | 0.40 – 0.50 |
| Quartiers résidentiels | 0.20 – 0.30 |
| Square – garde – prairie | 0.05 – 0.20 |

Source : Water Environment Federation (1970)

➤ **De la densité de population :**

Tableau III-6 : Coefficient de ruissellement en fonction de la densité de population

| Densité de la population (habitant/ha) | C _r |
|--|----------------|
| 20 | 0.20 |
| 30 – 80 | 0.20 – 0.25 |
| 60 – 150 | 0.25 – 0.30 |
| 150 – 200 | 0.30 – 0.45 |
| 200 – 300 | 0.45 – 0.60 |
| 300 – 400 | 0.60 – 0.80 |
| > 400 | 0.80 – 0.90 |

Source: Water Environment Federation (1970)

➤ **De la nature de la surface :**

Tableau III-7 : Coefficient de ruissellement en fonction de la nature des surfaces

| La surface | C _r |
|-----------------------------|----------------|
| Chaussée en béton asphaltée | 0.7-0.95 |
| Chaussée en brique | 0.7-0.85 |
| Toiture | 0.75 – 0.95 |
| Pavage en blocages | 0.40 – 0.50 |
| Surfaces goudronnées | 0.25 – 0.60 |

| | |
|------------------------|-------------|
| Chemin en gravier | 0.25 – 0.30 |
| Gare, terrain de sport | 0.10 – 0.30 |
| Parcs, jardins, gazons | 0.05 – 0.25 |
| Forêts | 0.01 – 0.20 |

Source : Gomella et Guerree (1967)

V.2. Evaluation du coefficient de ruissellement pour chaque sous bassin :

Nous allons calculer le coefficient de ruissellement pondéré pour chaque sous-bassin, en utilisant le plan de masse de la zone d'étude.

Tableau III-8 : Coefficients de ruissellement pour chaque sous bassin

| N° SB | Surface : A (ha) | Cr |
|----------------|------------------|------|
| 01 | 2,715 | 0,77 |
| 02 | 5,998 | 0,75 |
| 03 | 2,688 | 0,69 |
| 04 | 7,56 | 0,81 |
| 05 | 9,461 | 0,32 |
| 06 | 7,506 | 0,58 |
| 07 | 4,732 | 0,76 |
| 08 | 6,09 | 0,38 |
| 09 | 7,7 | 0,8 |
| 10 | 8,794 | 0,86 |
| 11 | 6,59 | 0,73 |
| 12 | 4,393 | 0,64 |
| 13 | 7,16 | 0,84 |
| 14 | 7,54 | 0,68 |
| 15 | 2,328 | 0,85 |
| 16 | 5,584 | 0,55 |
| 17 | 8,772 | 0,6 |
| 18 | 9,833 | 0,59 |
| 19 | 9,766 | 0,62 |
| Somme : | 125,21 | - |

VI. Estimation de la population pour chaque sous bassin :

Tableau III-9 : Le nombre d'habitants pour chaque sous bassin

| N° SB | Surface : A (ha) | Nombre d'habitants |
|----------------|------------------|--------------------|
| 01 | 2,715 | - |
| 02 | 5,998 | 2697 |
| 03 | 2,688 | - |
| 04 | 7,56 | 3671 |
| 05 | 9,461 | - |
| 06 | 7,506 | - |
| 07 | 4,732 | 2156 |
| 08 | 6,09 | - |
| 09 | 7,7 | 3693 |
| 10 | 8,794 | 4534 |
| 11 | 6,59 | 2884 |
| 12 | 4,393 | 1686 |
| 13 | 7,16 | 3606 |
| 14 | 7,54 | 3074 |
| 15 | 2,328 | - |
| 16 | 5,584 | 1532 |
| 17 | 8,772 | 2624 |
| 18 | 9,833 | 2892 |
| 19 | 9,766 | 3020 |
| Somme : | 125,21 | 38069 |

Conclusion :

Ce chapitre nous a permis d'établir les paramètres fondamentaux nécessaires pour une estimation précise des débits d'évacuation, ce qui est essentiel pour réaliser un calcul hydraulique adéquat pour notre agglomération. Ces paramètres sont les suivants :

- Le système retenu est un système unitaire à déplacement latéral.
- La détermination du coefficient de ruissellement et du nombre d'habitants pour chaque sous-bassin.

CHAPITRE IV :

**Estimation des
débits à évacuer**

Introduction :

Le réseau d'assainissement collecte et évacue les eaux de ruissellement et les eaux usées. Avant de concevoir le réseau, il est crucial d'évaluer les débits d'eaux usées et pluviales pour déterminer la quantité et la qualité des rejets. Cela permet d'évacuer rapidement et en toute sécurité les liquides provenant des habitations et des zones d'activités, prévenant ainsi les risques pour la santé et l'environnement.

I. Origine et nature des eaux à évacuer :

I.1. Les eaux usées :

Les eaux usées peuvent être classées en fonction de leur composition et de leur traitement nécessaire en quatre (4) origines :

- Les eaux usées domestique.
- Les eaux usées des services publics.
- Les eaux usées industrielles.
- Les eaux parasites.

I.1.1. Les eaux usées domestiques :

Ce sont les eaux usées provenant des habitations et des bâtiments résidentiels. Elles sont composées :

- **Eaux ménagères** : les eaux de cuisine, des lavabos, des douches, de vaisselle, de lavage, etc....
- **Eaux vannes** : les eaux usées des toilettes.

La quantité d'eaux usées domestiques dépend de plusieurs facteurs, notamment :

- Le nombre d'habitants.
- Le niveau de vie.
- Les habitudes de vie.
- Le climat.

I.1.2. Les eaux usées des services publics :

Les eaux usées des services publics, résultent des activités quotidiennes des institutions gouvernementales, des établissements éducatifs, des établissements de santé, des

installations de loisirs, touristique, des transports publics et d'autres services publics au sein d'une communauté.

Pour estimer les eaux usées, on prend en compte la quantité d'eau potable nécessaire pour chaque activité. Cette quantité est exprimée en équivalent habitant, une unité de mesure qui permet de comparer la consommation d'eau de différents usagers.

I.1.3. Les eaux usées industrielles :

Les eaux usées industrielles proviennent de diverses activités industrielles, menées dans différentes usines. La quantité d'eau évacuée par les industries dépend de plusieurs facteurs, notamment :

- Nature de l'industrie (production ou transformation).
- Taux de recyclage effectivement atteint.
- Procédé de fabrication utilisé.
- Le nombre des heures de travail (régime de l'industrie).

L'évaluation de cette quantité peut se faire selon deux principes :

- **Industrie de production** : l'étude porte sur le nombre de produits fabriqués et la quantité d'eau nécessaire à leur fabrication.
- **Industrie de transformation** : l'étude s'intéresse au nombre de travailleurs employés par l'industrie et à la quantité d'eau utilisée par chacun.

Il existe d'autres paramètres à prendre en compte :

- Les eaux chaudes doivent avoir une température inférieure à 35°C, car une température plus élevée peut nuire aux caractéristiques mécaniques des canalisations (ramollissement des joints, dilatation des conduites).
- Les eaux usées industrielles agressives nécessitent un prétraitement à l'intérieur de l'unité industrielle pour éviter les dommages causés par les matières chimiques corrosives (acides ou bases), les matières toxiques (traitement difficile à la station d'épuration) et les corps solides (frottement contre les parois des conduites).

I.1.4. Les eaux parasites :

Les eaux claires parasites sont généralement des eaux non usées qui se retrouvent dans les réseaux d'assainissement. Ces eaux proviennent des infiltrations des eaux de pluie, de drainage, de la remontée de la nappe ou du réseau d'AEP est endommagée

Ces eaux s'infiltrent dans les collecteurs, généralement par :

- Les joints mal réalisés, ou déboîtés en raison d'une mauvaise pose des canalisations.
- Les collecteurs peuvent se fissurer sous l'effet des tassements de la terre ou des racines des arbres qui recherchent l'humidité (phénomène d'hydrotropisme).

La présence de ces eaux perturbe le fonctionnement des stations d'épuration. Leur évaluation est difficile, car elle ne peut être effectuée que sur le terrain.

En pratique et en absence des valeurs mesurées, le débit d'eau parasite est estimé à 0,15 l/s/ha.

I.2. Les eaux pluviales :

Les eaux pluviales sont des eaux de ruissellement de surface qui proviennent des précipitations. Elles doivent être collectées et dirigées vers les canalisations d'évacuation pour prévenir les inondations.

La teneur en matières organiques des eaux pluviales est plus importante dans les premières minutes d'une chute de pluie, surtout dans les agglomérations à dominance industrielle. Le phénomène est causé par le balayage des surfaces par les eaux de ruissellement et de lavage.

Les eaux pluviales transportent également du sable, qui peut se déposer dans les canalisations en cas de diminution de la vitesse d'écoulement.

II. Estimation des débits des eaux pluviales :

Pour dimensionner un réseau, on calcule le débit maximum d'eau qui peut s'écouler pendant une période de 10 ans. Ce débit est appelé débit décennal.

Lors d'une averse, seule l'eau qui ruisselle est prise en compte pour dimensionner un ouvrage d'évacuation.

En fonction de la taille du bassin et de son degré d'urbanisation, il existe différentes méthodes pour évaluer le débit pluvial. Pour notre projet, nous utiliserons la méthode rationnelle.

II.1. La méthode rationnelle :

La méthode rationnelle est une méthode simple et efficace pour évaluer le débit pluvial dans les bassins de taille moyenne à petite. Elle donne des résultats plus précis pour les surfaces inférieures à 10 hectares.

Cette méthode permet d'estimer les débits pluviaux générés par une averse d'intensité moyenne « i » considérée comme constante pendant toute la durée de la pluie sur des surfaces d'influence de superficie « A » caractérisée par un coefficient de ruissellement « C_r ».

L'intensité de l'averse n'est pas uniforme, car elle a un épiceutre et se diffuse dans l'espace. Pour tenir compte de cette non-uniformité, on utilise un coefficient « α » de répartition de la pluie.

La méthode rationnelle s'exprime par la formule suivante :

$$Q = \alpha \times C_r \times i \times A \quad (\text{IV.1})$$

Avec :

Q : débit à évacuer (l/s)

C_r : coefficient de ruissellement.

A : surface d'apport (ha).

i : intensité moyenne de précipitation (l/s/ha).

α : coefficient réducteur de l'intensité.

II.1.1. Coefficient réducteur de l'intensité :

En pratique, l'intensité de la pluie varie sur un bassin, en particulier pour les pluies de courte durée et de forte intensité. Pour tenir compte de cette variation, on utilise un coefficient de réduction de l'intensité : $\alpha \leq 1$.

❖ La valeur de ce coefficient peut être déterminée à partir d'une loi de répartition de pluie :

- Pour des bassins carrés, cercles, ... :

$$\alpha = 1 - 0.005 \times \sqrt{d/2} \quad (\text{IV.2})$$

- Pour des bassins rectangles étroits, ... :

$$\alpha = 1 - 0.006 \times \sqrt{d/2} \quad (\text{IV.3})$$

Avec :

- d : longueur du milieu de l'aire élémentaire (m).

II.1.2. Validité de la méthode rationnelle :

Cette méthode simple et efficace pour estimer le débit pluvial dans les bassins versants de taille moyenne à petite. Elle donne des résultats plus précis pour les surfaces inférieures à 10 hectares. Le résultat est plus précis pour des aires encore plus petites, car le coefficient de ruissellement est mieux estimé.

Ainsi, elle peut être utilisée pour des surfaces dont le temps de concentration est court, généralement inférieur ou égal à 30 minutes.

Par contre, si on veut l'utiliser pour de grandes surfaces (jusqu'à 150 ha), il faut calculer coefficient réducteur de l'intensité « α ».

II.1.3. Hypothèses de la méthode rationnelle :

Les hypothèses qui fondent la méthode rationnelle sont les suivantes :

- Le débit de pointe est observé à l'exutoire seulement si la durée de l'observe est supérieure au temps de concentration de la surface à drainer.
- Le débit de pointe est proportionnel à l'intensité moyen maximal sur une durée égale au temps de concentration.
- L'intensité et le débit de pointe ont la même période de retour cela suppose que le coefficient de ruissellement est constant.

II.1.4. Temps de concentration :

Le temps de concentration est une caractéristique du bassin versant. Il est défini comme le temps nécessaire à l'eau de pluie tombée au point le plus éloigné du bassin pour atteindre l'entrée du collecteur qui doit évacuer l'apport de la surface considérée.

❖ Le temps de concentration « t_c » est composé de :

➤ t_1 (min) : temps mis par l'eau pour s'écouler dans la canalisation :

$$t_1 = \frac{L}{60 \times V} \quad (\text{IV.4})$$

Tel que :

- L : longueur de canalisation (m).
- V : vitesse d'écoulement (m/s).

- t_2 (min) : temps mis par l'eau pour atteindre le premier ouvrage d'engouffrement, ce temps varie de 2 à 20 min.
- t_3 (min) temps de ruissellement dans un bassin ne comportant pas de canalisations.

$$t_3 = \frac{L_s}{11 \times \sqrt{I}} \quad (\text{IV.5})$$

Tel que :

- L_s : Cheminement hydraulique le plus long (km).
- I : la pente moyenne du chemin parcouru par l'eau.

❖ Donc, trois (03) aspects sont à considérer :

- La surface ne comporte pas de canalisation : $t_c = t_3$.
- La surface est constituée d'un parcours superficiel et d'une canalisation : $t_c = t_1 + t_3$.
- La surface est urbanisée et dispose d'une canalisation : $t_c = t_1 + t_2$.

❖ En général, pour les zones peu allongées caractérisées par une longueur de parcours de l'eau plus importante L (km), le temps de concentration « t_c (min) » est donné par la relation suivante :

$$t_c = 3.98 \times \left[\frac{L}{\sqrt{I}} \right]^{0.77} \quad (\text{IV.6})$$

Tel que :

- L : cheminement hydraulique le plus long (km).
- I : la pente moyenne du chemin parcouru par l'eau

II.1.5. Les Critique de la méthode rationnelle :

- La décomposition du bassin en aires élémentaires est toujours assez grossièrement approchée en raison de la difficulté de déterminer avec une précision suffisante la durée du ruissellement entre ces diverses zones et l'exutoire.
- Cette méthode ne prend pas en considération la nature du sol et pente du bassin étudié.
- Elle ne tient pas compte l'effet de stockage d'eau de ruissellement sur les sous bassins.
- On suppose généralement que le coefficient de ruissellement « C_r » est constant sur tout le bassin et pendant toute la durée de l'averse ce qui est souvent loin de la réalité.

II.2. Choix de la méthode :

Selon les limitations et les critiques de cette méthode, les conditions de validité sont respectées sur tous les sous bassins.

II.3. Calcul des débits pluviaux :

Comme les sous-bassins sont petits (inférieurs à 10 ha), le coefficient « α » est proche de 1. On prend donc $\alpha = 1$.

Les résultats de calcul des débits pluviales pour chaque surface élémentaire sont reportés dans le tableau suivant :

Tableau IV-1 : Débits totaux des eaux pluviales à évacuer

| N° SB | A (ha) | C _r | α | I (l/s/ha) | Q _{EP} (l/s) | Q _{EP} (m ³ /s) |
|-------|--------|----------------|----------|------------|-----------------------|-------------------------------------|
| 01 | 2,715 | 0,77 | 1 | 76,97 | 160,910 | 0,161 |
| 02 | 5,998 | 0,75 | 1 | 76,97 | 346,250 | 0,346 |
| 03 | 2,688 | 0,69 | 1 | 76,97 | 142,758 | 0,143 |
| 04 | 7,56 | 0,81 | 1 | 76,97 | 471,333 | 0,471 |
| 05 | 9,461 | 0,32 | 1 | 76,97 | 233,028 | 0,233 |
| 06 | 7,506 | 0,58 | 1 | 76,97 | 335,087 | 0,335 |
| 07 | 4,732 | 0,76 | 1 | 76,97 | 276,809 | 0,277 |
| 08 | 6,09 | 0,38 | 1 | 76,97 | 178,124 | 0,178 |
| 09 | 7,7 | 0,8 | 1 | 76,97 | 474,135 | 0,474 |
| 10 | 8,794 | 0,86 | 1 | 76,97 | 582,112 | 0,582 |
| 11 | 6,59 | 0,73 | 1 | 76,97 | 370,280 | 0,370 |
| 12 | 4,393 | 0,64 | 1 | 76,97 | 216,403 | 0,216 |
| 13 | 7,16 | 0,84 | 1 | 76,97 | 462,928 | 0,463 |
| 14 | 7,54 | 0,68 | 1 | 76,97 | 394,641 | 0,395 |
| 15 | 2,328 | 0,85 | 1 | 76,97 | 152,308 | 0,152 |
| 16 | 5,584 | 0,55 | 1 | 76,97 | 236,390 | 0,236 |
| 17 | 8,772 | 0,6 | 1 | 76,97 | 405,109 | 0,405 |
| 18 | 9,833 | 0,59 | 1 | 76,97 | 446,539 | 0,447 |
| 19 | 9,766 | 0,62 | 1 | 76,97 | 466,047 | 0,466 |

III. Estimation des débits des eaux usées :

La quantité journalière d'eaux usées est estimée à partir de la consommation d'eau potable. La quantité d'eau rejetée dépend du type et de la nature de l'agglomération, ainsi que des diverses catégories d'urbanisation. Plus l'agglomération est urbanisée, plus la quantité d'eau rejetée est élevée.

III.1. Débits des eaux usées domestiques :

La quantité d'eau rejetée dans le réseau n'est pas égale à la quantité d'eau consommée. Il est admis que la quantité d'eau rejetée représente environ 70 à 80 % de la quantité d'eau consommée.

III.1.1. Débit moyen journalier :

Pour calculer le débit des eaux usées à évacuer, on utilise la dotation de la consommation d'eau potable comme base.

Le débit moyen journalier rejeté est donné par la relation suivante :

$$Q_{\text{moy,j dom}} = \frac{K_r \times D \times N_{\text{hab}}}{86400} \quad (\text{IV.7})$$

Avec :

- $Q_{\text{moy,j dom}}$: le débit moyen journalier des eaux usées domestiques en (l/s)
- K_r : coefficient de rejet pris égal à 80% de la quantité d'eau potable consommée.
- D : dotation journalière estimée à 150 l/j/hab.
- N_{hab} : nombre d'habitants à l'horizon d'étude.

III.1.2. Débit de pointe :

Le débit des eaux usées est variable tout au long de la journée, en raison des variations de la consommation. Il est donc nécessaire de déterminer. Ce dernier est donné par la formule suivante :

$$Q_{\text{pte dom}} = K_p \times Q_{\text{moy,j dom}} \quad (\text{IV.8})$$

Avec :

- $Q_{\text{pte dom}}$: le débit de pointe des eaux usées domestiques (l/s).
- $Q_{\text{moy,j dom}}$: le débit moyen journalier des eaux usées domestiques (l/s).

- K_p : coefficient de pointe ; calculé à partir du débit moyen journalier des eaux usées domestiques :

$$K_p = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{moy,j\ dom}}} \quad \text{si : } Q_{moy,j\ dom} \geq 2.81 \text{ l/s} \quad \text{(IV.9)}$$

$$K_p = 3 \quad \text{si : } Q_{moy,j\ dom} < 2.81 \text{ l/s} \quad \text{(IV.10)}$$

Le tableau suivant présente les débits des eaux usées domestiques à évacuer :

Tableau IV-2 : Les débits des eaux usées domestiques

| N° SB | N _{hab} | K _r | D (l/j/hab) | Q _{moy,j dom} (l/s) | K _p | Q _{pte dom} (l/s) | Q _{pte dom} (m ³ /s) |
|-------|------------------|----------------|-------------|------------------------------|----------------|----------------------------|--|
| 01 | - | - | - | - | - | - | - |
| 02 | 2766 | 0,8 | 150 | 3,746 | 2,792 | 10,457 | 0,010 |
| 03 | - | - | - | - | - | - | - |
| 04 | 3765 | 0,8 | 150 | 5,099 | 2,607 | 13,293 | 0,013 |
| 05 | - | - | - | - | - | - | - |
| 06 | - | - | - | - | - | - | - |
| 07 | 2211 | 0,8 | 150 | 2,994 | 2,945 | 8,818 | 0,009 |
| 08 | - | - | - | - | - | - | - |
| 09 | 3072 | 0,8 | 150 | 5,129 | 2,604 | 13,356 | 0,013 |
| 10 | 4650 | 0,8 | 150 | 6,297 | 2,496 | 15,719 | 0,016 |
| 11 | 2958 | 0,8 | 150 | 4,006 | 2,749 | 11,012 | 0,011 |
| 12 | 1729 | 0,8 | 150 | 2,342 | 3,134 | 7,338 | 0,007 |
| 13 | 3698 | 0,8 | 150 | 5,008 | 2,617 | 13,107 | 0,013 |
| 14 | 3152 | 0,8 | 150 | 4,269 | 2,710 | 11,570 | 0,012 |
| 15 | - | - | - | - | - | - | - |
| 16 | 1532 | 0,8 | 150 | 2,128 | 3,214 | 6,838 | 0,007 |
| 17 | 2625 | 0,8 | 150 | 3,644 | 2,810 | 10,239 | 0,010 |
| 18 | 2893 | 0,8 | 150 | 4,017 | 2,747 | 11,035 | 0,011 |
| 19 | 3020 | 0,8 | 150 | 4,194 | 2,721 | 11,412 | 0,011 |

III.2. Débits des eaux usées des équipements publics :

L'évaluation de ces débits se fait de la même manière que les eaux domestiques, en se basant sur la consommation d'eau potable pour chaque type d'utilisateur.

III.2.1. Débit moyen journalier :

Le débit moyen journalier des eaux usées des services publics est donné par la relation suivante :

$$Q_{\text{moy,j éq}} = \frac{K_r \times D_{\text{éq}} \times N_u}{86400} \quad (\text{IV.11})$$

Avec :

- $Q_{\text{moy,j éq}}$: débit moyen journalier des eaux usées des services publics (l/s)
- K_r : coefficient de rejet pris égal à 80% de la quantité d'eau potable consommée.
- $D_{\text{éq}}$: dotation de la consommation journalière d'eau potable (l/j/unité).
- N_u : nombre des usagers (des unités) concernés par chaque service.

III.2.2. Débit de pointe :

Le débit de pointe des eaux usées des équipements publics est donné par la formule suivante :

$$Q_{\text{pte éq}} = K_p \times Q_{\text{moy,j éq}} \quad (\text{IV.12})$$

Avec :

- $Q_{\text{pte éq}}$: débit de pointe des eaux usées publiques (l/s).
- $Q_{\text{moy,j éq}}$: débit moyen journalier des eaux usées des services publics (l/s).
- K_p : coefficient de pointe, calculé à partir du débit moyen des eaux usées des services publics :

$$K_p = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{\text{moy,j éq}}}} \quad \text{si : } Q_{\text{moy,j éq}} \geq 2.81 \text{ l/s} \quad (\text{IV.13})$$

$$K_p = 3 \quad \text{si : } Q_{\text{moy,j éq}} < 2.81 \text{ l/s} \quad (\text{IV.14})$$

Le tableau suivant présente les débits des eaux des équipements publics à évacuer :

Tableau IV-3 : Les débits des eaux usées des équipements publics

| N° SB | Equipement | Unité de mesure | Nu | D _{éq} (l/j/unité) | Q _{moy,j éq} (l/s) | K _p | Q _{pte éq} (l/s) | Q _{pte éq} (m ³ /s) | |
|-------|-------------------------|-----------------|----------|-----------------------------|-----------------------------|----------------|---------------------------|---|---------|
| 01 | Ecole primaire | Élève | 480 | 30 | 0,133 | 3 | 0,400 | 0,0004 | 0,0012 |
| | CEM | Élève | 1000 | 30 | 0,278 | 3 | 0,833 | 0,0008 | |
| 03 | Ecole primaire | Élève | 450 | 30 | 0,125 | 3 | 0,375 | 0,0004 | 0,0011 |
| | CEM | Élève | 750 | 35 | 0,243 | 3 | 0,729 | 0,0007 | |
| 06 | Mosquée | Fidèle | 500 | 40 | 0,185 | 3 | 0,556 | 0,0006 | 0,001 |
| | Ecole des métiers de TP | Élève | 300 | 40 | 0,111 | 3 | 0,333 | 0,0003 | |
| | OMS | Employé | 80 | 50 | 0,037 | 3 | 0,111 | 0,0001 | |
| 07 | Ecole primaire | Élève | 380 | 30 | 0,106 | 3 | 0,317 | 0,0003 | 0,0003 |
| 08 | Jardin | m ² | 19965,92 | 10 | 1,849 | 3 | 5,546 | 0,0055 | 0,0069 |
| | Piscine | Vestiaire | 300 | 25 | 0,069 | 3 | 0,208 | 0,0002 | |
| | Salle des fêtes | Vestiaire | 150 | 50 | 0,069 | 3 | 0,208 | 0,0002 | |
| | Lycée | Élève | 1000 | 35 | 0,324 | 3 | 0,972 | 0,0010 | |
| 09 | OPGI | Employé | 15 | 50 | 0,007 | 3 | 0,021 | 0,00002 | 0,00065 |
| | APC | Employé | 15 | 50 | 0,007 | 3 | 0,021 | 0,00002 | |
| | Surette Urbaine | Police | 30 | 50 | 0,014 | 3 | 0,042 | 0,00004 | |
| | PTT posta | Employé | 15 | 50 | 0,007 | 3 | 0,021 | 0,00002 | |
| | Ecole primaire | Élève | 320 | 30 | 0,089 | 3 | 0,267 | 0,0003 | |
| | Mosquée | Fidèle | 250 | 40 | 0,093 | 3 | 0,278 | 0,0003 | |
| 10 | Polyclinique | Malade | 300 | 185 | 0,514 | 3 | 1,542 | 0,0015 | |
| | Centre de sante | Malade | 50 | 185 | 0,086 | 3 | 0,257 | 0,0003 | |
| | Centre commercial 1 | Vendeur | 15 | 15 | 0,002 | 3 | 0,006 | 0,000006 | |

| | | | | | | | | | |
|----|----------------------|-----------|-----|----|-------|---|-------|----------|--------|
| 10 | Centre commercial 2 | Vendeur | 12 | 15 | 0,002 | 3 | 0,005 | 0,000005 | 0,0022 |
| | Bureaux des services | Employé | 10 | 50 | 0,005 | 3 | 0,014 | 0,000014 | |
| | Sale de sport | Vestiaire | 150 | 60 | 0,083 | 3 | 0,250 | 0,0003 | |
| | Surette Urbaine | Police | 72 | 50 | 0,033 | 3 | 0,100 | 0,0001 | |
| 11 | Ecole primaire | Élève | 450 | 30 | 0,125 | 3 | 0,375 | 0,0004 | 0,0004 |
| 12 | Ecole primaire | Élève | 380 | 30 | 0,106 | 3 | 0,317 | 0,0003 | 0,0010 |
| | CEM | Élève | 750 | 35 | 0,243 | 3 | 0,729 | 0,0007 | |
| 14 | Ecole primaire | Élève | 320 | 30 | 0,089 | 3 | 0,267 | 0,0003 | 0,0017 |
| | CEM | Élève | 700 | 30 | 0,194 | 3 | 0,583 | 0,0006 | |
| | Lycée | Élève | 900 | 35 | 0,292 | 3 | 0,875 | 0,0009 | |
| 15 | CFP | Élève | 300 | 40 | 0,111 | 3 | 0,333 | 0,0003 | 0,0003 |
| 18 | Ecole primaire | Élève | 380 | 30 | 0,106 | 3 | 0,317 | 0,0003 | 0,0009 |
| | Mosquée | Fidèle | 500 | 40 | 0,185 | 3 | 0,556 | 0,0006 | |

III.3. Débits des eaux parasites :

Le débit d'eau parasite est donné par la relation suivante :

$$Q_{\text{parasite}} = A \times Q_p \quad (\text{IV.14})$$

Avec :

Q_{parasite} : Le débit d'eau parasite (l/s)

A : surface du sous-bassin (ha)

Q_p : l'eau parasite qui estimé 0,15 l/s/ha

Le débit d'eau parasite à évacuer sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau IV-4 : Les débits des eaux parasite

| N° SB | A (ha) | Q _p (l/s/h) | Q _{parasite} (l/s) | Q _{parasite} (m ³ /s) |
|-------|--------|---------------------------|--------------------------------|--|
| 01 | 2,715 | 0,15 | 0,4073 | 0,0004 |
| 02 | 5,998 | 0,15 | 0,8997 | 0,0009 |
| 03 | 2,688 | 0,15 | 0,4032 | 0,0004 |
| 04 | 7,56 | 0,15 | 1,1340 | 0,0011 |
| 05 | 9,461 | 0,15 | 1,4192 | 0,0014 |
| 06 | 7,506 | 0,15 | 1,1259 | 0,0011 |
| 07 | 4,732 | 0,15 | 0,7098 | 0,0007 |
| 08 | 6,09 | 0,15 | 0,9135 | 0,0009 |
| 09 | 7,7 | 0,15 | 1,1550 | 0,0012 |
| 10 | 8,794 | 0,15 | 1,3191 | 0,0013 |
| 11 | 6,59 | 0,15 | 0,9885 | 0,0010 |
| 12 | 4,393 | 0,15 | 0,6590 | 0,0007 |
| 13 | 7,16 | 0,15 | 1,0740 | 0,0011 |
| 14 | 7,54 | 0,15 | 1,1310 | 0,0011 |
| 15 | 2,328 | 0,15 | 0,3492 | 0,0003 |
| 16 | 5,584 | 0,15 | 0,8376 | 0,0008 |
| 17 | 8,772 | 0,15 | 1,3158 | 0,0013 |
| 18 | 9,833 | 0,15 | 1,4750 | 0,0015 |
| 19 | 9,766 | 0,15 | 1,4649 | 0,0015 |

IV. Débits totaux des eaux usées à évacuer :

En l'absence de données précises sur la répartition dans le temps, le débit total à évacuer est calculé en supposant que les débits de pointe de tous les types d'eaux usées se produisent au même moment.

Le tableau suivant présente les débits totaux des eaux à évacuer:

Tableau IV-5 : Les débits totaux des eaux usées

| N° SB | A (ha) | Q _{EP} (m ³ /s) | Q _{pte dom} (m ³ /s) | Q _{pte éq} (m ³ /s) | Q _{parasite} (m ³ /s) | Q _{Total} (m ³ /s) |
|-------|--------|--|---|--|--|---|
| 01 | 2,715 | 0,161 | - | 0,0012 | 0,0004 | 0,163 |
| 02 | 5,998 | 0,346 | 0,010 | - | 0,0009 | 0,358 |
| 03 | 2,688 | 0,143 | - | 0,0011 | 0,0004 | 0,144 |
| 04 | 7,56 | 0,471 | 0,013 | - | 0,0011 | 0,486 |
| 05 | 9,461 | 0,233 | - | - | 0,0014 | 0,234 |
| 06 | 7,506 | 0,335 | - | 0,001 | 0,0011 | 0,337 |
| 07 | 4,732 | 0,277 | 0,009 | 0,0003 | 0,0007 | 0,287 |
| 08 | 6,09 | 0,178 | - | 0,0399 | 0,0009 | 0,186 |
| 09 | 7,7 | 0,474 | 0,013 | 0,00065 | 0,0012 | 0,489 |
| 10 | 8,794 | 0,582 | 0,016 | 0,0022 | 0,0013 | 0,601 |
| 11 | 6,59 | 0,370 | 0,011 | 0,0004 | 0,0010 | 0,383 |
| 12 | 4,393 | 0,216 | 0,007 | 0,001 | 0,0007 | 0,225 |
| 13 | 7,16 | 0,463 | 0,013 | - | 0,0011 | 0,477 |
| 14 | 7,54 | 0,395 | 0,012 | 0,0017 | 0,0011 | 0,409 |
| 15 | 2,328 | 0,152 | - | 0,0003 | 0,0003 | 0,153 |
| 16 | 5,584 | 0,236 | 0,007 | - | 0,0008 | 0,244 |
| 17 | 8,772 | 0,405 | 0,010 | - | 0,0013 | 0,417 |
| 18 | 9,833 | 0,447 | 0,011 | 0,0009 | 0,0015 | 0,460 |
| 19 | 9,766 | 0,466 | 0,011 | - | 0,0015 | 0,479 |

Conclusion :

Ce chapitre a permis d'estimer et d'évaluer les débits d'eaux à évacuer. Les débits d'eaux usées domestiques et publiques, ainsi que les eaux pluviales, ont été pris en compte. Il est important de noter que la zone d'étude ne comporte aucune unité industrielle.

Les débits d'eaux usées domestiques et publiques représentent une faible fraction des débits pluviaux, selon les valeurs obtenues.

CHAPITRE V :

Dimensionnement du réseau d'assainissement

Introduction :

Après avoir déterminé les débits des eaux à évacuer, le dimensionnement des ouvrages (collecteurs et regards) des réseaux du système d'assainissement est effectué. Ce dimensionnement consiste à déterminer les dimensions des ouvrages en fonction des débits des eaux à évacuer, afin d'assurer un écoulement correct des eaux.

Le calcul hydraulique du réseau d'assainissement doit respecter certaines normes d'écoulement, telles que la vitesse et le débit des eaux à évacuer. L'implantation en profondeur doit également respecter certaines conditions, telles que la profondeur minimale de l'ouvrage et la nature du sol. Ces conditions visent à assurer la résistance mécanique du réseau aux charges extérieures, tout en optimisant son tracé.

I. Conception d'un système d'assainissement :

La conception d'un réseau d'assainissement consiste à représenter, sur un schéma, tous les éléments qui composent le réseau. :

- ▲ **Les collecteurs** : doivent avoir une capacité suffisante pour transporter la totalité des débits apportés par les conduites qu'ils desservent. Ils sont caractérisés par leurs :
 - Dimensions.
 - Emplacements.
 - Profondeurs.
 - Pentes.
- ▲ **Les regards** : de différents types. Ils sont également définis par leurs :
 - Emplacements.
 - Profondeurs.
 - Côtes.

En général, le système d'assainissement fonctionne en écoulement gravitaire. Cependant, dans des cas particuliers, comme les contre-pentes, il nécessite un relevage.

Pour effectuer le calcul hydraulique d'un réseau d'assainissement, il est nécessaire de faire les hypothèses suivantes :

- L'écoulement est uniforme à surface libre.
- La perte de charge engendrée est une énergie potentielle égale à la différence des côtes du plan d'eau en amont et en aval.

- Les canalisations d'égouts sont dimensionnées pour un débit en pleine section « Q_{ps} », malgré qu'en réalité, et dans la plupart du temps, elles ne débitent pas cette quantité.

II. Mode de dimensionnement des canalisations :

II.1. Base de calcul :

L'écoulement dans les collecteurs d'assainissement est un écoulement à surface libre. Le débit de cet écoulement est donné par la formule de la continuité :

$$Q = V \times S_m \quad (\text{V.1})$$

Avec :

- Q : le débit (m^3/s).
- S_m : section mouillée (m^2).
- V : vitesse d'écoulement (m/s).

La vitesse se calcule suivant une formule d'écoulement uniforme résultant de celle de CHEZY :

$$V = C \times \sqrt{R_h \times I} \quad (\text{V.2})$$

Tel que :

- V : vitesse d'écoulement (m/s).
- C : coefficient de Chézy, qui dépend des paramètres hydrauliques et géométriques de l'écoulement.
- I : pente de l'écoulement (m/m).
- R_h : rayon hydraulique (m), donné par :

$$R_h = \frac{S_m}{P_m} \quad (\text{V.3})$$

Où :

- S_m : la surface mouillée de la conduite (m^2)
- P_m : le périmètre mouillé (m).
-

II.2. Formule de MANNING-STRICKLER :

Le coefficient de CHEZY est exprimé comme suit :

$$C = K \times R_h^{1/6} \quad (\text{V.4})$$

Avec :

- K : coefficient de rugosité (de Manning-Strickler), sa valeur dépend du type de l'ouvrage utilisé, son matériau et son état.

L'expression suivante permet de calculer la vitesse d'écoulement :

$$V = K \times R_h^{2/3} \times I^{1/2} \quad (\text{V.5})$$

Le débit capable de l'ouvrage :

$$Q = K \times R_h^{2/3} \times I^{1/2} \times S_m \quad (\text{V.6})$$

❖ Procédé de calcul :

1- Déterminer le débit et la pente pour chaque point.

2- Le diamètre calculé est exprimé par :

$$D_{\text{cal}} = \left[\frac{3.2 \times Q}{K \times \sqrt{I}} \right]^{3/8} \quad (\text{V.7})$$

Avec :

$$- D_{\text{cal}} \text{ (m)} \quad ; \quad Q \text{ (m}^3\text{/s)} \quad ; \quad I \text{ (m/m)}$$

3- Choisir un diamètre normalisé pour la conduite « D_N ».

4- La vitesse d'écoulement à pleine section est calculée à l'aide de la relation suivante :

Pour un rayon hydraulique $R_h = D_n/4$, on a :

$$V_{\text{ps}} = K \times \left(\frac{D_N}{4} \right)^{2/3} \times I^{1/2} \quad (\text{V.8})$$

Avec :

$$- V_{\text{ps}} \text{ (m/s)} \quad ; \quad D_N \text{ (m)} \quad ; \quad I \text{ (m/m)}$$

5- Le débit à pleine section :

$$Q_{\text{ps}} = V_{\text{ps}} \times \frac{\pi \times D_N^2}{4} \quad (\text{V.9})$$

Avec :

$$- Q_{\text{ps}} \text{ (m}^3\text{/s)} \quad ; \quad V_{\text{ps}} \text{ (m/s)} \quad ; \quad D_N \text{ (m)}$$

6- Le rapport des débits :

$$r_Q = \frac{Q}{Q_{\text{ps}}} \quad (\text{V.10})$$

7- Déterminer les vitesses réelles par :

$$V = r_V \times V_{\text{ps}} \quad (\text{V.11})$$

Avec :

- r_v : rapport des vitesses, donnée comme suit :

$$r_v = -25.63 \times r_Q^6 + 93.647 \times r_Q^5 - 134.25 \times r_Q^4 + 95,24 \cdot r_Q^3 - 35.151 \times r_Q^2 + 7.0395 \times r_Q + 0.2263 \quad (\text{V.12})$$

8- La hauteur de remplissage :

$$H = r_H \times D_N \quad (\text{V.13})$$

Avec :

- r_H : rapport des hauteurs, donnée comme suit :

$$r_H = -11.423 \times r_Q^6 + 40.641 \times r_Q^5 - 55.497 \times r_Q^4 + 37.115 \times r_Q^3 - 12.857 \times r_Q^2 + 2.8373 \times r_Q + 0.0359 \quad (\text{V.14})$$

II.3. Formule de BAZIN :

Le coefficient de Chézy est donné par la formule de Bazin :

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R_h}}} \quad (\text{V.15})$$

Avec :

- γ : Un coefficient d'écoulement qui dépend des matériaux utilisés et de la nature des eaux transportées.

II.3.1. Réseau des eaux pluviales ou unitaire :

Il est important de considérer la possibilité de dépôts, car cela entraîne un écoulement sur des parois semi-rugueuses. Ainsi, le coefficient de Bazin peut être pris $\gamma = 0.46$; le coefficient de Chézy peut donc être représenté approximativement par l'expression suivante :

$$C = 60 \times R_h^{1/4} \quad (\text{V.16})$$

Alors, la vitesse d'écoulement :

$$V = 60 \times R_h^{3/4} \times I^{1/2} \quad (\text{V.17})$$

Le débit capable de l'ouvrage :

$$Q = 60 \times R_h^{3/4} \times I^{1/2} \times S_m \quad (\text{V.18})$$

II.3.2. Les abaques de Bazin :

Les abaques, présentés dans l'annexe, ont été élaborés en se basant sur la formule de Chézy-Bazin. Ils prennent en considération la nature de l'effluent, le matériau de la canalisation et le type de joint. Ils sont construits pour le débit à pleine section avec

$$R_h = D_n/4.$$

- L'abaque (1) : pour les réseaux unitaire (canalisation circulaire).
- Le nomogramme (2) permet de visualiser l'évolution du débit et de la vitesse en fonction du niveau d'eau dans la conduite. Ils sont utilisés pour évaluer les caractéristiques capacitaires des conduites ou pour apprécier les possibilités d'autocurage (ouvrages circulaires).

❖ Procédé de calcul :

1- A l'aide de l'abaque (1) :

En donnant la pente et le débit, on peut tirer le diamètre normalisé « D_N », la vitesse à pleine section « V_{ps} » et le débit à pleine section « Q_{ps} » d'où on peut déterminer le rapport des débits « r_Q » en utilisant la relation (V.10).

2- D'après l'abaque (2) :

En connaissant le rapport des débits « r_Q », on peut tirer le rapport des vitesses « r_v » et le rapport des hauteurs « r_H » ; d'où on peut déterminer la vitesse d'écoulement « V » et la hauteur de remplissage « H » par les relations (V.11) et (V.13).

III. Conditions d'autocurage :

III.1. Réseaux pluviaux ou unitaire :

Un réseau d'eaux pluviales doit être conçu pour évacuer le sable sans provoquer d'érosion. Pour ce faire, il doit être dimensionné de manière à garantir une vitesse d'écoulement suffisante pour transporter le sable, tout en évitant des vitesses trop élevées qui pourraient éroder la paroi de la conduite.

- 1- Pour 1/10 du débit à pleine section : $V \geq 0.6$ m/s.
- 2- Pour 1/100 du débit à pleine section : $V \geq 0.3$ m/s.

Ces limites sont respectées avec :

- $V_{ps} = 1 \text{ m/s}$, Pour une section circulaire.
($r_Q = 0.1 \Rightarrow r_v = \frac{v}{v_{ps}} = 0.55 \Rightarrow v_{ps} \geq 1 \text{ m/s}$)
- $V_{ps} = 0.9 \text{ m/s}$, Pour une section ovoïde.

IV. Normes d'écoulement et d'implantation :

IV.1. Canalisations des eaux pluviales ou unitaire :

Les conditions de bon fonctionnement des canalisations d'eaux pluviales sont :

- Le diamètre minimal des canalisations circulaires est fixé à 300 mm pour éviter les risques d'obstruction.
- La pente minimale est de 0.2% des canalisations pour permettre l'autocurage.
- Le relèvement des eaux par pompage sera si possible évité car les débits d'eaux pluviales peuvent être importants.
- La couverture minimale de la canalisation est de 80 cm.
- Un regard de visite tous les 80m au maximum pour permettre un hydrocurage des réseaux ou une visite par camera.
- Un regard à chaque changement de pente ou de direction.
- Une vitesse maximum 4 m/s afin d'éviter l'abrasion des tuyaux.

V. Résultats du dimensionnement :

Les tableaux ci-dessous résument les résultats du dimensionnement de tous les collecteurs et de la détermination de leurs paramètres hydrauliques :

Tableau V-1 : Calculs du réseau projeté

| Tronçon | L (m) | Pente (%) | Q (m ³ /s) | D _{cal} (mm) | D _N (mm) | Q _{ps} (m ³ /s) | V _{ps} (m/s) | R _q | R _v | R _h | H (mm) | V (m/s) | V _{min} (m/s) | Autocurage |
|---------|-------|-----------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-------------------------------------|-----------------------|----------------|----------------|----------------|--------|---------|------------------------|------------|
| R1-R2 | 50 | 2,382 | 0,012 | 107,198 | 300 | 0,064 | 0,571 | 0,170 | 0,051 | 1,567 | 0,194 | 2,745 | 0,705 | Vérifié |
| R2-R3 | 48,19 | 3,16 | 0,025 | 130,940 | 300 | 0,110 | 0,648 | 0,224 | 0,067 | 2,050 | 0,223 | 3,162 | 0,959 | Vérifié |
| R3-R4 | 50 | 4,9 | 0,037 | 140,733 | 300 | 0,133 | 0,682 | 0,247 | 0,074 | 2,683 | 0,278 | 3,937 | 1,280 | Vérifié |
| R4-R5 | 50 | 3,4 | 0,050 | 168,075 | 300 | 0,214 | 0,796 | 0,311 | 0,093 | 2,609 | 0,232 | 3,279 | 1,279 | Vérifié |
| R5-R6 | 50 | 1,566 | 0,062 | 211,480 | 300 | 0,394 | 0,934 | 0,437 | 0,131 | 2,079 | 0,157 | 2,226 | 1,094 | Vérifié |
| R6-R7 | 23,6 | 0,64 | 0,068 | 258,791 | 300 | 0,676 | 1,069 | 0,598 | 0,179 | 1,521 | 0,101 | 1,423 | 0,822 | Vérifié |
| R7-R8 | 50 | 0,824 | 0,080 | 262,938 | 300 | 0,705 | 1,078 | 0,616 | 0,185 | 1,740 | 0,114 | 1,614 | 0,943 | Vérifié |
| R8-R9 | 45,7 | 2,6 | 0,092 | 222,804 | 300 | 0,453 | 0,971 | 0,473 | 0,142 | 2,783 | 0,203 | 2,867 | 1,477 | Vérifié |
| R9-R10 | 50 | 2,668 | 0,106 | 234,333 | 300 | 0,205 | 2,905 | 0,519 | 1,011 | 0,509 | 0,153 | 2,938 | 1,561 | Vérifié |
| R10-R11 | 50 | 4,798 | 0,121 | 220,282 | 300 | 0,275 | 3,896 | 0,440 | 0,962 | 0,465 | 0,139 | 3,747 | 1,987 | Vérifié |
| R11-R12 | 50 | 4,5 | 0,136 | 232,673 | 300 | 0,267 | 3,773 | 0,509 | 1,006 | 0,504 | 0,151 | 3,794 | 2,015 | Vérifié |
| R12-R13 | 40 | 3,4 | 0,254 | 310,086 | 400 | 0,499 | 3,973 | 0,508 | 1,005 | 0,503 | 0,201 | 3,994 | 2,121 | Vérifié |
| R13-R14 | 40,26 | 3,2 | 0,265 | 319,006 | 400 | 0,484 | 3,854 | 0,548 | 1,027 | 0,525 | 0,210 | 3,958 | 2,104 | Vérifié |
| R14-R15 | 39,23 | 3,15 | 0,277 | 325,061 | 400 | 0,480 | 3,824 | 0,576 | 1,040 | 0,540 | 0,216 | 3,975 | 2,118 | Vérifié |
| R15-R16 | 40,33 | 2,25 | 0,464 | 420,422 | 500 | 0,736 | 3,750 | 0,631 | 1,058 | 0,571 | 0,286 | 3,967 | 2,129 | Vérifié |
| R16-R17 | 40 | 1,892 | 0,479 | 439,361 | 500 | 0,675 | 3,439 | 0,710 | 1,079 | 0,619 | 0,310 | 3,711 | 2,013 | Vérifié |
| R17-R18 | 45,11 | 2,2 | 0,496 | 432,585 | 500 | 0,728 | 3,708 | 0,681 | 1,071 | 0,601 | 0,301 | 3,971 | 2,147 | Vérifié |
| R18-R19 | 49,74 | 1,353 | 0,610 | 512,120 | 600 | 0,928 | 3,284 | 0,657 | 1,065 | 0,587 | 0,352 | 3,496 | 1,884 | Vérifié |
| R19-R20 | 50 | 1,97 | 0,625 | 481,768 | 500 | 0,689 | 3,509 | 0,908 | 1,139 | 0,742 | 0,371 | 3,997 | 2,176 | Vérifié |
| R20-R21 | 50 | 1,97 | 0,640 | 486,185 | 500 | 0,689 | 3,509 | 0,930 | 1,139 | 0,755 | 0,378 | 3,998 | 2,188 | Vérifié |
| R21-R22 | 48,95 | 1,97 | 0,655 | 490,445 | 500 | 0,689 | 3,509 | 0,952 | 1,139 | 0,770 | 0,385 | 3,998 | 2,200 | Vérifié |
| R22-R23 | 45 | 1,727 | 1,195 | 701,499 | 800 | 1,693 | 3,370 | 0,706 | 1,078 | 0,617 | 0,494 | 3,633 | 1,970 | Vérifié |
| R23-R24 | 45,16 | 2,135 | 1,209 | 677,085 | 800 | 1,883 | 3,747 | 0,642 | 1,061 | 0,578 | 0,462 | 3,975 | 2,138 | Vérifié |
| R24-R25 | 46,84 | 1,21 | 1,224 | 679,116 | 800 | 1,890 | 3,762 | 0,647 | 1,062 | 0,581 | 0,465 | 3,996 | 2,151 | Vérifié |
| R25-R26 | 33,43 | 1,2 | 1,234 | 682,314 | 800 | 1,882 | 3,746 | 0,656 | 1,064 | 0,586 | 0,469 | 3,987 | 2,149 | Vérifié |
| R26-R27 | 40,08 | 1,870 | 1,719 | 791,922 | 800 | 1,762 | 3,508 | 0,975 | 1,140 | 0,787 | 0,630 | 3,999 | 2,211 | Vérifié |
| R27-R28 | 43,11 | 1,66 | 1,734 | 812,488 | 1000 | 3,010 | 3,835 | 0,576 | 1,040 | 0,540 | 0,540 | 3,986 | 2,124 | Vérifié |
| R29-R30 | 45,18 | 3,435 | 0,011 | 96,353 | 300 | 0,048 | 0,526 | 0,148 | 0,044 | 1,735 | 0,233 | 3,296 | 0,788 | Vérifié |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-------|-------|-------|---------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| R30-R31 | 45,02 | 0,971 | 0,023 | 158,261 | 300 | 0,182 | 0,753 | 0,288 | 0,086 | 1,319 | 0,124 | 1,752 | 0,642 | Vérifié |
| R31-R32 | 45,24 | 1,587 | 0,034 | 168,090 | 300 | 0,214 | 0,796 | 0,311 | 0,093 | 1,783 | 0,158 | 2,240 | 0,874 | Vérifié |
| R32-R33 | 43,54 | 2,931 | 0,045 | 166,340 | 300 | 0,208 | 0,788 | 0,307 | 0,092 | 2,400 | 0,215 | 3,045 | 1,175 | Vérifié |
| R33-R335 | 50,1 | 4,5 | 0,057 | 168,371 | 300 | 0,215 | 0,797 | 0,312 | 0,094 | 3,007 | 0,267 | 3,773 | 1,474 | Vérifié |
| R34-R35 | 40,10 | 1,6 | 0,012 | 112,718 | 300 | 0,159 | 2,250 | 0,074 | 0,590 | 0,182 | 0,055 | 1,328 | 0,600 | Vérifié |
| R35-R36 | 42,72 | 4,221 | 0,024 | 123,348 | 300 | 0,258 | 3,654 | 0,094 | 0,625 | 0,207 | 0,062 | 2,282 | 1,051 | Vérifié |
| R36-R37 | 44,97 | 1,461 | 0,037 | 177,076 | 300 | 0,152 | 2,150 | 0,246 | 0,832 | 0,335 | 0,100 | 1,789 | 0,886 | Vérifié |
| R37-R38 | 44,99 | 1,258 | 0,050 | 203,921 | 300 | 0,141 | 1,995 | 0,358 | 0,913 | 0,413 | 0,124 | 1,822 | 0,948 | Vérifié |
| R38-R39 | 45,74 | 3,28 | 0,064 | 186,075 | 300 | 0,228 | 3,221 | 0,280 | 0,864 | 0,360 | 0,108 | 2,783 | 1,397 | Vérifié |
| R39-R40 | 53,76 | 1,438 | 0,079 | 235,860 | 300 | 0,151 | 2,133 | 0,528 | 1,016 | 0,514 | 0,154 | 2,168 | 1,152 | Vérifié |
| R40-R41 | 44,84 | 1,274 | 0,118 | 280,238 | 300 | 0,142 | 2,007 | 0,835 | 1,126 | 0,699 | 0,210 | 2,259 | 1,221 | Vérifié |
| R41-R42 | 45,21 | 2,057 | 0,132 | 266,488 | 300 | 0,180 | 2,551 | 0,731 | 1,086 | 0,633 | 0,190 | 2,770 | 1,503 | Vérifié |
| R42-R15 | 47,16 | 1,718 | 0,173 | 305,351 | 400 | 0,355 | 2,824 | 0,488 | 0,993 | 0,492 | 0,197 | 2,803 | 1,489 | Vérifié |
| R43-R44 | 46,17 | 3,164 | 0,013 | 104,575 | 300 | 0,224 | 3,164 | 0,060 | 0,561 | 0,165 | 0,049 | 1,775 | 0,798 | Vérifié |
| R44-R42 | 48,15 | 2,918 | 0,028 | 138,794 | 300 | 0,215 | 3,038 | 0,128 | 0,675 | 0,242 | 0,073 | 2,050 | 0,974 | Vérifié |
| R45-R46 | 43,85 | 1,5 | 0,013 | 117,982 | 300 | 0,154 | 2,178 | 0,083 | 0,608 | 0,194 | 0,058 | 1,324 | 0,603 | Vérifié |
| R46-R40 | 44,85 | 5 | 0,026 | 122,605 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,092 | 0,622 | 0,205 | 0,061 | 2,475 | 1,137 | Vérifié |
| R47-R48 | 40 | 5 | 0,015 | 98,940 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,052 | 0,538 | 0,153 | 0,046 | 2,138 | 0,967 | Vérifié |
| R48-R49 | 40 | 2,482 | 0,029 | 146,310 | 300 | 0,198 | 2,802 | 0,148 | 0,703 | 0,260 | 0,078 | 1,969 | 0,947 | Vérifié |
| R49-R50 | 40 | 2,46 | 0,044 | 170,628 | 300 | 0,197 | 2,789 | 0,223 | 0,806 | 0,318 | 0,095 | 2,250 | 1,105 | Vérifié |
| R50-R51 | 50 | 1,254 | 0,062 | 220,620 | 300 | 0,141 | 1,992 | 0,441 | 0,963 | 0,466 | 0,140 | 1,918 | 1,017 | Vérifié |
| R51-R52 | 50 | 0,438 | 0,080 | 295,998 | 300 | 0,083 | 1,177 | 0,967 | 1,140 | 0,781 | 0,234 | 1,341 | 0,740 | Vérifié |
| R52-R18 | 50 | 0,728 | 0,099 | 290,582 | 300 | 0,107 | 1,517 | 0,920 | 1,139 | 0,750 | 0,225 | 1,729 | 0,944 | Vérifié |
| R53-R54 | 50 | 3,344 | 0,015 | 108,784 | 300 | 0,230 | 3,252 | 0,067 | 0,577 | 0,174 | 0,052 | 1,876 | 0,845 | Vérifié |
| R54-R55 | 50 | 3,594 | 0,031 | 139,182 | 300 | 0,238 | 3,372 | 0,129 | 0,676 | 0,243 | 0,073 | 2,279 | 1,084 | Vérifié |
| R55-R56 | 50 | 3,624 | 0,046 | 161,785 | 300 | 0,239 | 3,386 | 0,193 | 0,768 | 0,296 | 0,089 | 2,601 | 1,269 | Vérifié |
| R56-R57 | 38,18 | 1,571 | 0,390 | 421,303 | 500 | 0,615 | 3,134 | 0,635 | 1,059 | 0,573 | 0,287 | 3,318 | 1,782 | Vérifié |
| R57-R58 | 44,84 | 1,896 | 0,404 | 412,068 | 500 | 0,676 | 3,442 | 0,598 | 1,048 | 0,553 | 0,276 | 3,607 | 1,927 | Vérifié |
| R58-R59 | 45,19 | 1,186 | 0,418 | 455,698 | 500 | 0,534 | 2,723 | 0,782 | 1,105 | 0,666 | 0,333 | 3,010 | 1,631 | Vérifié |
| R59-R22 | 50,34 | 0,433 | 0,526 | 599,943 | 600 | 0,525 | 1,858 | 1,002 | 1,143 | 0,811 | 0,486 | 2,124 | 1,178 | Vérifié |
| R60-R61 | 32,13 | 2,116 | 0,010 | 100,419 | 300 | 0,183 | 2,587 | 0,054 | 0,544 | 0,156 | 0,047 | 1,408 | 0,635 | Vérifié |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------|-------|-------|---------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| R61-R62 | 42,25 | 1,77 | 0,023 | 142,249 | 300 | 0,167 | 2,366 | 0,137 | 0,687 | 0,250 | 0,075 | 1,626 | 0,777 | Vérifié |
| R62-R63 | 58,47 | 2,865 | 0,041 | 161,550 | 300 | 0,213 | 3,010 | 0,192 | 0,767 | 0,295 | 0,089 | 2,309 | 1,126 | Vérifié |
| R63-R64 | 40,35 | 2,872 | 0,053 | 178,358 | 300 | 0,213 | 3,014 | 0,250 | 0,837 | 0,338 | 0,101 | 2,524 | 1,251 | Vérifié |
| R64-R59 | 50 | 1,284 | 0,092 | 254,912 | 300 | 0,142 | 2,015 | 0,649 | 1,063 | 0,582 | 0,175 | 2,141 | 1,153 | Vérifié |
| R65-R66 | 32,38 | 3,184 | 0,010 | 93,285 | 300 | 0,224 | 3,173 | 0,044 | 0,512 | 0,142 | 0,042 | 1,624 | 0,744 | Vérifié |
| R66-R64 | 44,55 | 2,869 | 0,024 | 131,590 | 300 | 0,213 | 3,012 | 0,111 | 0,650 | 0,226 | 0,068 | 1,959 | 0,918 | Vérifié |
| R67-R68 | 40,23 | 1,966 | 0,012 | 110,759 | 300 | 0,176 | 2,494 | 0,070 | 0,584 | 0,178 | 0,053 | 1,456 | 0,656 | Vérifié |
| R68-R69 | 49,61 | 2,921 | 0,028 | 138,999 | 300 | 0,215 | 3,039 | 0,129 | 0,675 | 0,243 | 0,073 | 2,053 | 0,976 | Vérifié |
| R69-R70 | 49,72 | 2,114 | 0,043 | 174,208 | 300 | 0,183 | 2,586 | 0,235 | 0,821 | 0,327 | 0,098 | 2,123 | 1,047 | Vérifié |
| R70-R71 | 39,94 | 1,042 | 0,347 | 435,419 | 500 | 0,501 | 2,552 | 0,693 | 1,074 | 0,609 | 0,304 | 2,741 | 1,484 | Vérifié |
| R71-R72 | 45,24 | 1,921 | 0,361 | 393,988 | 400 | 0,375 | 2,986 | 0,962 | 1,140 | 0,777 | 0,311 | 3,403 | 1,877 | Vérifié |
| R72-R73 | 45,38 | 0,463 | 0,375 | 521,870 | 600 | 0,543 | 1,921 | 0,691 | 1,073 | 0,607 | 0,364 | 2,062 | 1,116 | Vérifié |
| R73-R26 | 44,88 | 0,2 | 0,471 | 740,929 | 800 | 0,576 | 1,147 | 0,817 | 1,119 | 0,687 | 0,550 | 1,284 | 0,694 | Vérifié |
| R74-R75 | 40 | 2,73 | 0,012 | 103,931 | 300 | 0,208 | 2,938 | 0,059 | 0,558 | 0,163 | 0,049 | 1,641 | 0,738 | Vérifié |
| R75-R76 | 40,19 | 1,933 | 0,025 | 143,921 | 300 | 0,175 | 2,473 | 0,141 | 0,693 | 0,254 | 0,076 | 1,715 | 0,822 | Vérifié |
| R76-R77 | 35,31 | 2,654 | 0,036 | 155,504 | 300 | 0,205 | 2,897 | 0,174 | 0,741 | 0,281 | 0,084 | 2,146 | 1,042 | Vérifié |
| R77-R78 | 33,57 | 1,772 | 0,046 | 184,579 | 300 | 0,167 | 2,368 | 0,274 | 0,859 | 0,355 | 0,107 | 2,034 | 1,018 | Vérifié |
| R78-R73 | 36,88 | 0,25 | 0,082 | 331,163 | 400 | 0,135 | 1,077 | 0,606 | 1,050 | 0,557 | 0,223 | 1,131 | 0,605 | Vérifié |
| R79-R80 | 40,12 | 2,039 | 0,012 | 109,901 | 300 | 0,179 | 2,539 | 0,069 | 0,581 | 0,176 | 0,053 | 1,475 | 0,665 | Vérifié |
| R80-R78 | 40,04 | 3,549 | 0,025 | 128,411 | 300 | 0,237 | 3,350 | 0,104 | 0,640 | 0,218 | 0,066 | 2,145 | 0,999 | Vérifié |
| R81-R82 | 40,06 | 1,35 | 0,014 | 124,860 | 300 | 0,146 | 2,066 | 0,097 | 0,629 | 0,210 | 0,063 | 1,300 | 0,601 | Vérifié |
| R82-R83 | 40,11 | 1,558 | 0,028 | 157,663 | 300 | 0,157 | 2,220 | 0,180 | 0,750 | 0,286 | 0,086 | 1,665 | 0,810 | Vérifié |
| R83-R84 | 40,24 | 2,448 | 0,042 | 168,732 | 300 | 0,197 | 2,783 | 0,216 | 0,798 | 0,313 | 0,094 | 2,222 | 1,090 | Vérifié |
| R84-R85 | 38,48 | 1,292 | 0,056 | 211,073 | 300 | 0,143 | 2,021 | 0,392 | 0,933 | 0,436 | 0,131 | 1,886 | 0,992 | Vérifié |
| R85-R86 | 44,99 | 1,492 | 0,072 | 225,587 | 300 | 0,153 | 2,172 | 0,469 | 0,980 | 0,481 | 0,144 | 2,130 | 1,131 | Vérifié |
| R86-R87 | 45,12 | 1,693 | 0,088 | 237,435 | 300 | 0,163 | 2,314 | 0,537 | 1,021 | 0,519 | 0,156 | 2,364 | 1,256 | Vérifié |
| R87-R88 | 37,17 | 1,431 | 0,101 | 258,157 | 300 | 0,150 | 2,128 | 0,671 | 1,068 | 0,595 | 0,179 | 2,273 | 1,228 | Vérifié |
| R88-R89 | 40,27 | 2,558 | 0,115 | 243,254 | 300 | 0,201 | 2,844 | 0,573 | 1,038 | 0,538 | 0,162 | 2,953 | 1,573 | Vérifié |
| R89-R90 | 40,16 | 4,153 | 0,129 | 231,999 | 300 | 0,256 | 3,624 | 0,505 | 1,003 | 0,502 | 0,150 | 3,636 | 1,931 | Vérifié |
| R90-R91 | 40,40 | 4,83 | 0,144 | 234,541 | 300 | 0,276 | 3,908 | 0,520 | 1,012 | 0,510 | 0,153 | 3,955 | 2,101 | Vérifié |
| R91-R92 | 38,69 | 4,637 | 0,157 | 244,528 | 300 | 0,271 | 3,830 | 0,581 | 1,041 | 0,543 | 0,163 | 3,988 | 2,126 | Vérifié |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|-------|-------|---------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| R92-R93 | 45,16 | 2,511 | 0,173 | 284,442 | 300 | 0,199 | 2,818 | 0,869 | 1,135 | 0,719 | 0,216 | 3,197 | 1,730 | Vérifié |
| R93-R94 | 45 | 0,2 | 0,189 | 464,031 | 500 | 0,230 | 1,173 | 0,821 | 1,121 | 0,690 | 0,345 | 1,314 | 0,711 | Vérifié |
| R94-R28 | 45,67 | 0,2 | 0,205 | 487,111 | 500 | 0,219 | 1,118 | 0,935 | 1,139 | 0,758 | 0,379 | 1,274 | 0,698 | Vérifié |
| R95-R96 | 30,12 | 1,97 | 0,009 | 97,328 | 300 | 0,176 | 2,496 | 0,050 | 0,531 | 0,150 | 0,045 | 1,325 | 0,601 | Vérifié |
| R96-R97 | 31,86 | 1,359 | 0,018 | 136,776 | 300 | 0,146 | 2,073 | 0,123 | 0,668 | 0,238 | 0,071 | 1,384 | 0,656 | Vérifié |
| R97-R98 | 42,35 | 1,353 | 0,068 | 225,212 | 300 | 0,146 | 2,069 | 0,466 | 0,979 | 0,480 | 0,144 | 2,025 | 1,075 | Vérifié |
| R98-R99 | 44,57 | 2,367 | 0,095 | 229,644 | 300 | 0,193 | 2,736 | 0,491 | 0,995 | 0,494 | 0,148 | 2,722 | 1,446 | Vérifié |
| R99-R100 | 40,90 | 3,088 | 0,121 | 239,545 | 300 | 0,221 | 3,125 | 0,550 | 1,028 | 0,526 | 0,158 | 3,213 | 1,708 | Vérifié |
| R100-R101 | 40,74 | 4,231 | 0,133 | 233,854 | 300 | 0,258 | 3,658 | 0,516 | 1,010 | 0,507 | 0,152 | 3,694 | 1,962 | Vérifié |
| R101-R102 | 37,02 | 3,893 | 0,240 | 296,084 | 300 | 0,248 | 3,509 | 0,967 | 1,140 | 0,781 | 0,234 | 3,999 | 2,208 | Vérifié |
| R102-R103 | 40,44 | 3,2 | 0,257 | 315,338 | 400 | 0,484 | 3,854 | 0,531 | 1,019 | 0,516 | 0,206 | 3,925 | 2,086 | Vérifié |
| R103-R104 | 40,10 | 3,2 | 0,274 | 323,104 | 400 | 0,484 | 3,854 | 0,567 | 1,036 | 0,535 | 0,214 | 3,992 | 2,125 | Vérifié |
| R104-R70 | 40,09 | 1,634 | 0,292 | 374,982 | 400 | 0,346 | 2,754 | 0,843 | 1,128 | 0,704 | 0,282 | 3,107 | 1,679 | Vérifié |
| R105-R106 | 45,20 | 1,08 | 0,019 | 146,744 | 300 | 0,131 | 1,848 | 0,149 | 0,704 | 0,261 | 0,078 | 1,302 | 0,626 | Vérifié |
| R106-R107 | 45,26 | 1,458 | 0,039 | 179,932 | 300 | 0,152 | 2,148 | 0,256 | 0,843 | 0,342 | 0,103 | 1,811 | 0,900 | Vérifié |
| R107-R101 | 59,19 | 0,691 | 0,091 | 284,263 | 300 | 0,104 | 1,478 | 0,868 | 1,134 | 0,718 | 0,216 | 1,677 | 0,907 | Vérifié |
| R108-R109 | 48,65 | 1,815 | 0,014 | 118,304 | 300 | 0,169 | 2,396 | 0,084 | 0,609 | 0,195 | 0,058 | 1,459 | 0,665 | Vérifié |
| R109-R107 | 41,59 | 2,833 | 0,026 | 137,206 | 300 | 0,211 | 2,993 | 0,124 | 0,669 | 0,239 | 0,072 | 2,003 | 0,949 | Vérifié |
| R110-R99 | 49,78 | 1,661 | 0,015 | 121,322 | 300 | 0,162 | 2,292 | 0,090 | 0,618 | 0,202 | 0,061 | 1,417 | 0,650 | Vérifié |
| R111-R98 | 47,36 | 2,308 | 0,014 | 111,962 | 300 | 0,191 | 2,702 | 0,072 | 0,588 | 0,181 | 0,054 | 1,588 | 0,717 | Vérifié |
| R112-R113 | 23,54 | 2,25 | 0,007 | 86,549 | 300 | 0,188 | 2,668 | 0,036 | 0,478 | 0,129 | 0,039 | 1,275 | 0,601 | Vérifié |
| R113-R114 | 42,78 | 1,442 | 0,019 | 138,732 | 300 | 0,151 | 2,136 | 0,128 | 0,674 | 0,242 | 0,073 | 1,441 | 0,685 | Vérifié |
| R114-R115 | 33,02 | 2,126 | 0,029 | 150,105 | 300 | 0,183 | 2,593 | 0,158 | 0,718 | 0,269 | 0,081 | 1,862 | 0,899 | Vérifié |
| R115-R97 | 30,12 | 1,932 | 0,038 | 168,777 | 300 | 0,175 | 2,472 | 0,216 | 0,799 | 0,313 | 0,094 | 1,974 | 0,968 | Vérifié |
| R116-R117 | 40,40 | 1,1 | 0,017 | 140,208 | 300 | 0,132 | 1,865 | 0,132 | 0,680 | 0,246 | 0,074 | 1,268 | 0,604 | Vérifié |
| R117-R118 | 40,40 | 0,787 | 0,035 | 193,601 | 300 | 0,111 | 1,578 | 0,312 | 0,886 | 0,382 | 0,114 | 1,398 | 0,712 | Vérifié |
| R118-R119 | 44,00 | 2,825 | 0,054 | 179,334 | 300 | 0,211 | 2,989 | 0,254 | 0,841 | 0,341 | 0,102 | 2,514 | 1,248 | Vérifié |
| R119-R120 | 52,28 | 0,7 | 0,076 | 265,617 | 300 | 0,105 | 1,488 | 0,724 | 1,084 | 0,629 | 0,189 | 1,612 | 0,875 | Vérifié |
| R120-R121 | 47,71 | 1,31 | 0,097 | 258,269 | 300 | 0,144 | 2,036 | 0,672 | 1,068 | 0,596 | 0,179 | 2,175 | 1,175 | Vérifié |
| R121-R122 | 47,30 | 0,49 | 0,144 | 360,762 | 400 | 0,190 | 1,509 | 0,761 | 1,097 | 0,652 | 0,261 | 1,655 | 0,898 | Vérifié |
| R122-R123 | 49,72 | 1,46 | 0,166 | 309,672 | 400 | 0,327 | 2,603 | 0,506 | 1,004 | 0,502 | 0,201 | 2,614 | 1,388 | Vérifié |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|-------|-------|----------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| R123-R124 | 54,65 | 2,19 | 0,289 | 353,796 | 400 | 0,400 | 3,189 | 0,722 | 1,083 | 0,627 | 0,251 | 3,453 | 1,874 | Vérifié |
| R124-R125 | 50,07 | 1,114 | 0,311 | 412,548 | 500 | 0,518 | 2,639 | 0,600 | 1,048 | 0,554 | 0,277 | 2,767 | 1,478 | Vérifié |
| R125-R56 | 50,20 | 1,468 | 0,332 | 401,748 | 500 | 0,594 | 3,029 | 0,559 | 1,032 | 0,531 | 0,265 | 3,127 | 1,664 | Vérifié |
| R126-R127 | 52,72 | 1,24 | 0,015 | 130,949 | 300 | 0,140 | 1,980 | 0,110 | 0,648 | 0,224 | 0,067 | 1,284 | 0,601 | Vérifié |
| R127-R121 | 40,56 | 2,522 | 0,027 | 141,974 | 300 | 0,200 | 2,825 | 0,136 | 0,686 | 0,250 | 0,075 | 1,938 | 0,926 | Vérifié |
| R128-R129 | 25,51 | 2,372 | 0,048 | 177,623 | 300 | 0,194 | 2,739 | 0,248 | 0,835 | 0,336 | 0,101 | 2,286 | 1,132 | Vérifié |
| R129-R130 | 29,29 | 2,588 | 0,056 | 185,830 | 300 | 0,202 | 2,861 | 0,279 | 0,863 | 0,359 | 0,108 | 2,469 | 1,239 | Vérifié |
| R130-R131 | 36,67 | 2,179 | 0,091 | 229,115 | 300 | 0,185 | 2,625 | 0,488 | 0,993 | 0,492 | 0,148 | 2,607 | 1,385 | Vérifié |
| R131-R123 | 33,09 | 3,388 | 0,100 | 219,074 | 300 | 0,231 | 3,273 | 0,433 | 0,958 | 0,461 | 0,138 | 3,136 | 1,661 | Vérifié |
| R132-R133 | 40,11 | 1,6 | 0,012 | 112,673 | 300 | 0,159 | 2,250 | 0,074 | 0,590 | 0,182 | 0,055 | 1,328 | 0,600 | Vérifié |
| R133-R130 | 40,16 | 0,999 | 0,023 | 159,664 | 300 | 0,126 | 1,777 | 0,186 | 0,759 | 0,291 | 0,087 | 1,349 | 0,657 | Vérifié |
| R134-R135 | 42,85 | 1,52 | 0,012 | 116,624 | 300 | 0,155 | 2,193 | 0,081 | 0,603 | 0,191 | 0,057 | 1,323 | 0,601 | Vérifié |
| R135-R128 | 45,21 | 1,332 | 0,026 | 156,630 | 300 | 0,145 | 2,052 | 0,177 | 0,746 | 0,284 | 0,085 | 1,530 | 0,744 | Vérifié |
| R136-R128 | 50,80 | 1,3 | 0,015 | 128,000 | 300 | 0,143 | 2,028 | 0,103 | 0,639 | 0,217 | 0,065 | 1,296 | 0,603 | Vérifié |
| R137-R138 | 40,31 | 4,229 | 0,019 | 112,241 | 300 | 0,258 | 3,657 | 0,073 | 0,589 | 0,181 | 0,054 | 2,154 | 0,973 | Vérifié |
| R138-R139 | 50,66 | 5 | 0,042 | 147,596 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,151 | 0,708 | 0,263 | 0,079 | 2,815 | 1,356 | Vérifié |
| R139-R140 | 50,40 | 5 | 0,066 | 174,125 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,235 | 0,821 | 0,327 | 0,098 | 3,264 | 1,610 | Vérifié |
| R140-R141 | 42,56 | 5 | 0,123 | 219,976 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,438 | 0,961 | 0,464 | 0,139 | 3,821 | 2,026 | Vérifié |
| R141-R142 | 38,36 | 4,34 | 0,186 | 263,610 | 300 | 0,262 | 3,705 | 0,710 | 1,079 | 0,619 | 0,186 | 3,998 | 2,168 | Vérifié |
| R142-R143 | 50,05 | 3,89 | 0,228 | 290,450 | 300 | 0,248 | 3,508 | 0,919 | 1,139 | 0,749 | 0,225 | 3,996 | 2,181 | Vérifié |
| R143-R144 | 50,66 | 3,43 | 0,251 | 308,607 | 400 | 0,501 | 3,990 | 0,502 | 1,001 | 0,500 | 0,200 | 3,996 | 2,122 | Vérifié |
| R144-R145 | 31,62 | 3,28 | 0,266 | 317,935 | 400 | 0,490 | 3,902 | 0,543 | 1,025 | 0,522 | 0,209 | 3,998 | 2,125 | Vérifié |
| R145-R146 | 50,09 | 2,172 | 0,290 | 354,498 | 400 | 0,399 | 3,175 | 0,726 | 1,084 | 0,630 | 0,252 | 3,443 | 1,868 | Vérifié |
| R146-R147 | 64,45 | 2,818 | 0,320 | 350,360 | 400 | 0,454 | 3,617 | 0,704 | 1,077 | 0,616 | 0,246 | 3,896 | 2,112 | Vérifié |
| R147-R148 | 50,14 | 1,39 | 0,345 | 411,436 | 500 | 0,578 | 2,948 | 0,596 | 1,047 | 0,551 | 0,276 | 3,086 | 1,648 | Vérifié |
| R148-R149 | 55,57 | 2,72 | 0,372 | 373,444 | 400 | 0,446 | 3,553 | 0,834 | 1,125 | 0,698 | 0,279 | 3,998 | 2,161 | Vérifié |
| R149-R150 | 50,02 | 1,54 | 0,930 | 585,677 | 600 | 0,990 | 3,503 | 0,939 | 1,139 | 0,762 | 0,457 | 3,992 | 2,190 | Vérifié |
| R150-R151 | 56,81 | 1,54 | 0,958 | 592,297 | 600 | 0,990 | 3,503 | 0,968 | 1,140 | 0,782 | 0,469 | 3,993 | 2,205 | Vérifié |
| R151-R152 | 40,03 | 1,54 | 0,978 | 596,888 | 600 | 0,990 | 3,503 | 0,988 | 1,141 | 0,798 | 0,479 | 3,999 | 2,215 | Vérifié |
| R152-R153 | 45,17 | 0,928 | 1,001 | 737,445 | 800 | 1,241 | 2,470 | 0,806 | 1,115 | 0,681 | 0,545 | 2,755 | 1,491 | Vérifié |
| R153-R154 | 49,80 | 0,2 | 1,207 | 1054,896 | 1200 | 1,699 | 1,503 | 0,711 | 1,079 | 0,620 | 0,744 | 1,622 | 0,880 | Vérifié |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|-------|-------|----------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| R154-R155 | 50,48 | 0,2 | 1,254 | 1069,850 | 1200 | 1,699 | 1,503 | 0,738 | 1,088 | 0,637 | 0,765 | 1,636 | 0,888 | Vérifié |
| R155-R156 | 50,30 | 1,18 | 1,300 | 697,924 | 800 | 1,866 | 3,715 | 0,696 | 1,075 | 0,611 | 0,489 | 3,994 | 2,164 | Vérifié |
| R156-R157 | 45,07 | 1,16 | 1,341 | 708,414 | 800 | 1,851 | 3,683 | 0,725 | 1,084 | 0,629 | 0,503 | 3,992 | 2,166 | Vérifié |
| R157-R158 | 49,95 | 0,2 | 1,386 | 1111,068 | 1200 | 1,699 | 1,503 | 0,816 | 1,119 | 0,687 | 0,824 | 1,682 | 0,909 | Vérifié |
| R158-R159 | 50,03 | 1,543 | 1,411 | 762,410 | 800 | 1,601 | 3,186 | 0,881 | 1,137 | 0,726 | 0,581 | 3,621 | 1,962 | Vérifié |
| R159-R160 | 59,99 | 1,96 | 1,440 | 734,557 | 800 | 1,804 | 3,591 | 0,798 | 1,112 | 0,676 | 0,541 | 3,992 | 2,161 | Vérifié |
| R160-R161 | 49,81 | 1,847 | 1,718 | 793,655 | 800 | 1,751 | 3,486 | 0,981 | 1,141 | 0,792 | 0,633 | 3,976 | 2,201 | Vérifié |
| R161-R162 | 49,84 | 1,66 | 1,742 | 813,963 | 1000 | 3,010 | 3,835 | 0,579 | 1,041 | 0,542 | 0,542 | 3,991 | 2,127 | Vérifié |
| R162-R163 | 31,76 | 0,2 | 1,758 | 1214,402 | 1500 | 3,081 | 1,744 | 0,570 | 1,037 | 0,537 | 0,806 | 1,809 | 0,963 | Vérifié |
| R163-R164 | 49,90 | 0,655 | 1,782 | 977,129 | 1000 | 1,891 | 2,409 | 0,942 | 1,139 | 0,763 | 0,763 | 2,745 | 1,507 | Vérifié |
| R164-R165 | 49,95 | 0,2 | 1,806 | 1226,823 | 1500 | 3,081 | 1,744 | 0,586 | 1,044 | 0,546 | 0,819 | 1,820 | 0,971 | Vérifié |
| R165-R166 | 54,11 | 1,62 | 1,832 | 833,271 | 1000 | 2,974 | 3,788 | 0,616 | 1,053 | 0,563 | 0,563 | 3,991 | 2,137 | Vérifié |
| R166-R167 | 50,35 | 1,18 | 3,123 | 1080,044 | 1200 | 4,127 | 3,651 | 0,757 | 1,095 | 0,649 | 0,779 | 3,999 | 2,170 | Vérifié |
| R167-R168 | 42,71 | 1,09 | 3,555 | 1150,852 | 1200 | 3,967 | 3,509 | 0,896 | 1,138 | 0,735 | 0,882 | 3,994 | 2,170 | Vérifié |
| R168-R169 | 42,81 | 1,09 | 3,627 | 1159,547 | 1200 | 3,967 | 3,509 | 0,914 | 1,139 | 0,746 | 0,895 | 3,998 | 2,180 | Vérifié |
| R169-R170 | 50,53 | 1,033 | 3,712 | 1181,520 | 1200 | 3,861 | 3,416 | 0,961 | 1,140 | 0,777 | 0,932 | 3,893 | 2,146 | Vérifié |
| R170-R171 | 49,90 | 0,335 | 3,796 | 1471,816 | 1500 | 3,985 | 2,256 | 0,953 | 1,139 | 0,770 | 1,156 | 2,571 | 1,415 | Vérifié |
| R171-R172 | 50,01 | 1,08 | 3,881 | 1191,333 | 1200 | 3,948 | 3,493 | 0,983 | 1,141 | 0,793 | 0,952 | 3,985 | 2,206 | Vérifié |
| R172-R173 | 37,46 | 0,742 | 3,944 | 1285,939 | 1500 | 5,934 | 3,360 | 0,665 | 1,067 | 0,591 | 0,887 | 3,583 | 1,934 | Vérifié |
| R173-R174 | 50,10 | 0,2 | 4,316 | 1700,849 | 1800 | 5,010 | 1,970 | 0,861 | 1,133 | 0,715 | 1,286 | 2,231 | 1,207 | Vérifié |
| R174-R175 | 50,15 | 0,2 | 4,369 | 1708,653 | 1800 | 5,010 | 1,970 | 0,872 | 1,135 | 0,721 | 1,298 | 2,236 | 1,210 | Vérifié |
| R175-R176 | 50,56 | 0,2 | 4,422 | 1716,461 | 1800 | 5,010 | 1,970 | 0,883 | 1,137 | 0,727 | 1,309 | 2,239 | 1,214 | Vérifié |
| R177-R178 | 50 | 5 | 0,019 | 108,391 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,066 | 0,575 | 0,173 | 0,052 | 2,288 | 1,030 | Vérifié |
| R178-R140 | 49,83 | 2,653 | 0,037 | 158,200 | 300 | 0,205 | 2,897 | 0,182 | 0,752 | 0,287 | 0,086 | 2,180 | 1,061 | Vérifié |
| R179-R180 | 40,18 | 2,849 | 0,015 | 110,966 | 300 | 0,212 | 3,002 | 0,071 | 0,584 | 0,178 | 0,054 | 1,755 | 0,791 | Vérifié |
| R180-R181 | 39,97 | 2,37 | 0,030 | 148,817 | 300 | 0,193 | 2,738 | 0,155 | 0,713 | 0,266 | 0,080 | 1,951 | 0,941 | Vérifié |
| R181-R141 | 40 | 1,883 | 0,045 | 180,851 | 300 | 0,172 | 2,440 | 0,260 | 0,846 | 0,345 | 0,103 | 2,065 | 1,027 | Vérifié |
| R182-R142 | 50 | 3,312 | 0,019 | 117,094 | 300 | 0,229 | 3,237 | 0,082 | 0,605 | 0,192 | 0,058 | 1,958 | 0,890 | Vérifié |
| R183-R184 | 40,24 | 4,404 | 0,015 | 102,320 | 300 | 0,264 | 3,732 | 0,057 | 0,552 | 0,160 | 0,048 | 2,060 | 0,928 | Vérifié |
| R184-R185 | 40,98 | 1,755 | 0,030 | 158,225 | 300 | 0,166 | 2,356 | 0,182 | 0,753 | 0,288 | 0,086 | 1,773 | 0,863 | Vérifié |
| R185-R186 | 50 | 2,778 | 0,049 | 173,774 | 300 | 0,209 | 2,964 | 0,234 | 0,819 | 0,326 | 0,098 | 2,429 | 1,197 | Vérifié |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|---------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| R186-R'186 | 48,64 | 3,931 | 0,067 | 183,257 | 300 | 0,249 | 3,526 | 0,269 | 0,855 | 0,352 | 0,105 | 3,014 | 1,505 | Vérifié |
| R'186-R187 | 41,85 | 5 | 0,128 | 222,914 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,454 | 0,971 | 0,473 | 0,142 | 3,861 | 2,049 | Vérifié |
| R187-R188 | 34,89 | 5 | 0,141 | 231,185 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,500 | 1,000 | 0,499 | 0,150 | 3,978 | 2,113 | Vérifié |
| R188-R189 | 36,86 | 4,7 | 0,154 | 242,211 | 300 | 0,272 | 3,856 | 0,566 | 1,036 | 0,535 | 0,160 | 3,992 | 2,125 | Vérifié |
| R189-R190 | 48,65 | 3,88 | 0,243 | 297,805 | 300 | 0,247 | 3,503 | 0,983 | 1,141 | 0,793 | 0,238 | 3,996 | 2,212 | Vérifié |
| R190-R191 | 40 | 3,36 | 0,258 | 312,855 | 400 | 0,496 | 3,949 | 0,520 | 1,012 | 0,510 | 0,204 | 3,998 | 2,124 | Vérifié |
| R191-R192 | 40,66 | 3,22 | 0,273 | 322,185 | 400 | 0,486 | 3,866 | 0,563 | 1,034 | 0,533 | 0,213 | 3,997 | 2,127 | Vérifié |
| R192-R193 | 16,32 | 1,783 | 0,401 | 415,669 | 500 | 0,655 | 3,338 | 0,612 | 1,052 | 0,561 | 0,280 | 3,513 | 1,880 | Vérifié |
| R193-R194 | 34,92 | 2,27 | 0,477 | 423,778 | 500 | 0,739 | 3,767 | 0,645 | 1,061 | 0,579 | 0,290 | 3,998 | 2,151 | Vérifié |
| R194-R195 | 56,15 | 2,22 | 0,504 | 434,753 | 500 | 0,731 | 3,725 | 0,690 | 1,073 | 0,607 | 0,304 | 3,998 | 2,165 | Vérifié |
| R195-R149 | 57,02 | 2,15 | 0,533 | 446,450 | 500 | 0,719 | 3,666 | 0,741 | 1,089 | 0,639 | 0,320 | 3,993 | 2,168 | Vérifié |
| R196-R197 | 40,29 | 1,65 | 0,015 | 123,055 | 300 | 0,161 | 2,285 | 0,093 | 0,624 | 0,206 | 0,062 | 1,425 | 0,656 | Vérifié |
| R197-R198 | 40 | 0,55 | 0,030 | 195,828 | 300 | 0,093 | 1,319 | 0,321 | 0,892 | 0,388 | 0,117 | 1,177 | 0,602 | Vérifié |
| R198-R'186 | 40 | 0,37 | 0,045 | 245,465 | 300 | 0,076 | 1,082 | 0,587 | 1,044 | 0,546 | 0,164 | 1,129 | 0,602 | Vérifié |
| R199-R200 | 40,64 | 5 | 0,015 | 100,286 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,054 | 0,543 | 0,156 | 0,047 | 2,161 | 0,975 | Vérifié |
| R200-R201 | 39,93 | 5 | 0,030 | 129,628 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,107 | 0,644 | 0,221 | 0,066 | 2,562 | 1,195 | Vérifié |
| R201-R202 | 29,14 | 4,932 | 0,041 | 145,913 | 300 | 0,279 | 3,949 | 0,147 | 0,701 | 0,259 | 0,078 | 2,769 | 1,331 | Vérifié |
| R202-R193 | 45,81 | 3,573 | 0,058 | 176,666 | 300 | 0,238 | 3,362 | 0,244 | 0,831 | 0,334 | 0,100 | 2,793 | 1,382 | Vérifié |
| R203-R204 | 50 | 5 | 0,019 | 108,391 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,066 | 0,575 | 0,173 | 0,052 | 2,288 | 1,030 | Vérifié |
| R204-R205 | 45,49 | 5 | 0,036 | 138,157 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,127 | 0,672 | 0,241 | 0,072 | 2,674 | 1,270 | Vérifié |
| R205-R206 | 53,10 | 2,49 | 0,055 | 185,844 | 300 | 0,198 | 2,806 | 0,279 | 0,863 | 0,359 | 0,108 | 2,423 | 1,215 | Vérifié |
| R206-R207 | 50,47 | 0,971 | 0,074 | 247,430 | 300 | 0,124 | 1,752 | 0,599 | 1,048 | 0,553 | 0,166 | 1,837 | 0,981 | Vérifié |
| R207-R208 | 37,35 | 0,843 | 0,088 | 270,974 | 300 | 0,115 | 1,633 | 0,764 | 1,098 | 0,654 | 0,196 | 1,793 | 0,973 | Vérifié |
| R208-R208 | 40,26 | 1,279 | 0,103 | 265,837 | 300 | 0,142 | 2,011 | 0,726 | 1,084 | 0,630 | 0,189 | 2,181 | 1,184 | Vérifié |
| R209-R192 | 50 | 0,2 | 0,122 | 400,665 | 500 | 0,219 | 1,118 | 0,555 | 1,030 | 0,529 | 0,264 | 1,152 | 0,613 | Vérifié |
| R210-R211 | 50,12 | 4,037 | 0,025 | 125,888 | 300 | 0,252 | 3,573 | 0,099 | 0,632 | 0,212 | 0,064 | 2,260 | 1,046 | Vérifié |
| R211-R212 | 50,26 | 2,933 | 0,050 | 173,431 | 300 | 0,215 | 3,046 | 0,232 | 0,818 | 0,325 | 0,098 | 2,491 | 1,228 | Vérifié |
| R212-R213 | 50,01 | 2,026 | 0,075 | 216,316 | 300 | 0,179 | 2,531 | 0,419 | 0,949 | 0,452 | 0,136 | 2,402 | 1,270 | Vérifié |
| R213-R214 | 40,34 | 2,613 | 0,095 | 225,460 | 300 | 0,203 | 2,875 | 0,468 | 0,980 | 0,481 | 0,144 | 2,817 | 1,496 | Vérifié |
| R214-R215 | 29,02 | 1,606 | 0,109 | 260,471 | 300 | 0,159 | 2,254 | 0,687 | 1,073 | 0,605 | 0,182 | 2,417 | 1,308 | Vérifié |
| R215-R216 | 50,64 | 2,824 | 0,135 | 253,267 | 300 | 0,211 | 2,989 | 0,638 | 1,060 | 0,575 | 0,173 | 3,167 | 1,702 | Vérifié |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|-------|-------|---------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| R216-R153 | 52,63 | 3,466 | 0,161 | 260,534 | 300 | 0,234 | 3,311 | 0,688 | 1,073 | 0,606 | 0,182 | 3,551 | 1,922 | Vérifié |
| R217-R218 | 46,28 | 2,28 | 0,023 | 136,617 | 300 | 0,190 | 2,685 | 0,123 | 0,667 | 0,237 | 0,071 | 1,791 | 0,848 | Vérifié |
| R218-R219 | 44,67 | 1,437 | 0,046 | 191,922 | 300 | 0,151 | 2,132 | 0,304 | 0,881 | 0,377 | 0,113 | 1,879 | 0,954 | Vérifié |
| R219-R220 | 30,15 | 3,277 | 0,061 | 183,070 | 300 | 0,227 | 3,220 | 0,268 | 0,854 | 0,351 | 0,105 | 2,750 | 1,373 | Vérifié |
| R220-R221 | 33,58 | 5 | 0,078 | 185,386 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,278 | 0,862 | 0,358 | 0,107 | 3,427 | 1,718 | Vérifié |
| R221-R222 | 35,09 | 4,756 | 0,126 | 224,187 | 300 | 0,274 | 3,878 | 0,461 | 0,975 | 0,477 | 0,143 | 3,783 | 2,008 | Vérifié |
| R222-R223 | 40,06 | 4,25 | 0,192 | 268,110 | 300 | 0,259 | 3,666 | 0,743 | 1,090 | 0,640 | 0,192 | 3,996 | 2,169 | Vérifié |
| R223-R224 | 39,98 | 3,96 | 0,212 | 282,035 | 300 | 0,250 | 3,539 | 0,850 | 1,130 | 0,708 | 0,212 | 3,999 | 2,162 | Vérifié |
| R224-R225 | 46,20 | 3,89 | 0,236 | 294,237 | 300 | 0,248 | 3,508 | 0,951 | 1,139 | 0,770 | 0,231 | 3,996 | 2,199 | Vérifié |
| R225-R226 | 50,30 | 5 | 0,277 | 332,203 | 400 | 0,454 | 3,613 | 0,611 | 1,052 | 0,560 | 0,224 | 3,800 | 2,034 | Vérifié |
| R226-R227 | 45,45 | 2,24 | 0,316 | 364,235 | 400 | 0,405 | 3,224 | 0,781 | 1,105 | 0,665 | 0,266 | 3,562 | 1,931 | Vérifié |
| R227-R228 | 35,73 | 0,63 | 0,332 | 524,011 | 600 | 0,475 | 1,680 | 0,698 | 1,076 | 0,612 | 0,367 | 1,807 | 0,979 | Vérifié |
| R228-R229 | 38,30 | 2,86 | 0,348 | 360,738 | 400 | 0,458 | 3,643 | 0,761 | 1,097 | 0,652 | 0,261 | 3,996 | 2,168 | Vérifié |
| R229-R230 | 49,94 | 2,73 | 0,370 | 372,208 | 400 | 0,447 | 3,560 | 0,827 | 1,123 | 0,694 | 0,277 | 3,997 | 2,160 | Vérifié |
| R230-R231 | 50,01 | 0,20 | 0,391 | 691,411 | 800 | 0,576 | 1,147 | 0,679 | 1,070 | 0,600 | 0,480 | 1,228 | 0,664 | Vérifié |
| R231-R232 | 44,39 | 2,65 | 0,411 | 389,287 | 400 | 0,440 | 3,507 | 0,932 | 1,139 | 0,757 | 0,303 | 3,996 | 2,188 | Vérifié |
| R232-R233 | 30,05 | 2 | 0,581 | 467,332 | 500 | 0,694 | 3,536 | 0,837 | 1,126 | 0,700 | 0,350 | 3,981 | 2,152 | Vérifié |
| R233-R234 | 34,57 | 1,192 | 0,596 | 519,908 | 600 | 0,871 | 3,082 | 0,684 | 1,072 | 0,603 | 0,362 | 3,302 | 1,787 | Vérifié |
| R234-R235 | 50,86 | 2,16 | 1,202 | 674,083 | 800 | 1,894 | 3,770 | 0,635 | 1,059 | 0,573 | 0,459 | 3,991 | 2,144 | Vérifié |
| R235-R236 | 26,19 | 0,718 | 1,254 | 841,997 | 1000 | 1,979 | 2,522 | 0,633 | 1,058 | 0,573 | 0,573 | 2,669 | 1,433 | Vérifié |
| R236-R166 | 25,82 | 1,336 | 1,266 | 752,169 | 800 | 1,490 | 2,965 | 0,850 | 1,130 | 0,708 | 0,566 | 3,351 | 1,811 | Vérifié |
| R237-R238 | 30,39 | 1,25 | 0,015 | 130,600 | 300 | 0,140 | 1,988 | 0,109 | 0,647 | 0,223 | 0,067 | 1,287 | 0,602 | Vérifié |
| R238-R221 | 30,24 | 1,872 | 0,031 | 156,880 | 300 | 0,172 | 2,433 | 0,178 | 0,747 | 0,284 | 0,085 | 1,817 | 0,883 | Vérifié |
| R239-R240 | 39,79 | 0,91 | 0,020 | 153,355 | 300 | 0,120 | 1,697 | 0,167 | 0,732 | 0,276 | 0,083 | 1,241 | 0,601 | Vérifié |
| R240-R222 | 51,19 | 0,36 | 0,046 | 248,828 | 300 | 0,075 | 1,067 | 0,609 | 1,051 | 0,558 | 0,168 | 1,122 | 0,600 | Vérifié |
| R241-R225 | 45,20 | 3,323 | 0,020 | 132,712 | 300 | 0,172 | 2,431 | 0,114 | 0,654 | 0,228 | 0,069 | 1,590 | 0,747 | Vérifié |
| R242-R226 | 44,65 | 0,95 | 0,019 | 149,975 | 300 | 0,122 | 1,733 | 0,158 | 0,717 | 0,268 | 0,080 | 1,244 | 0,601 | Vérifié |
| R243-R244 | 43,20 | 5 | 0,019 | 108,495 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,067 | 0,576 | 0,173 | 0,052 | 2,289 | 1,031 | Vérifié |
| R244-R245 | 46,92 | 3,956 | 0,070 | 185,714 | 300 | 0,250 | 3,537 | 0,279 | 0,863 | 0,358 | 0,108 | 3,052 | 1,531 | Vérifié |
| R245-R246 | 55,12 | 1,644 | 0,094 | 244,502 | 300 | 0,161 | 2,280 | 0,581 | 1,041 | 0,543 | 0,163 | 2,375 | 1,266 | Vérifié |
| R246-R160 | 54,99 | 1,715 | 0,117 | 264,077 | 300 | 0,165 | 2,329 | 0,713 | 1,080 | 0,621 | 0,186 | 2,515 | 1,364 | Vérifié |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|-------|-------|---------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| R247-R248 | 28,11 | 3,418 | 0,012 | 99,173 | 300 | 0,232 | 3,288 | 0,052 | 0,539 | 0,153 | 0,046 | 1,771 | 0,801 | Vérifié |
| R248-R244 | 42,88 | 0,53 | 0,031 | 199,090 | 300 | 0,091 | 1,295 | 0,336 | 0,901 | 0,398 | 0,120 | 1,166 | 0,601 | Vérifié |
| R249-R250 | 49,95 | 5 | 0,022 | 114,565 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,077 | 0,597 | 0,186 | 0,056 | 2,373 | 1,075 | Vérifié |
| R250-R251 | 40,26 | 4,009 | 0,039 | 149,043 | 300 | 0,252 | 3,561 | 0,155 | 0,714 | 0,266 | 0,080 | 2,541 | 1,226 | Vérifié |
| R251-R252 | 40,09 | 4,567 | 0,056 | 166,944 | 300 | 0,269 | 3,801 | 0,210 | 0,791 | 0,309 | 0,093 | 3,006 | 1,472 | Vérifié |
| R252-R253 | 48,27 | 5 | 0,077 | 184,724 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,275 | 0,860 | 0,356 | 0,107 | 3,418 | 1,712 | Vérifié |
| R253-R232 | 50,16 | 4,324 | 0,157 | 247,685 | 300 | 0,261 | 3,698 | 0,601 | 1,049 | 0,554 | 0,166 | 3,878 | 2,073 | Vérifié |
| R254-R255 | 48,37 | 2,549 | 0,021 | 128,431 | 300 | 0,201 | 2,839 | 0,104 | 0,640 | 0,218 | 0,066 | 1,818 | 0,846 | Vérifié |
| R255-R256 | 44,94 | 2,027 | 0,040 | 171,522 | 300 | 0,179 | 2,532 | 0,226 | 0,810 | 0,320 | 0,096 | 2,052 | 1,009 | Vérifié |
| R256-R253 | 40,98 | 2,199 | 0,058 | 193,648 | 300 | 0,186 | 2,637 | 0,312 | 0,886 | 0,382 | 0,115 | 2,337 | 1,191 | Vérifié |
| R257-R258 | 19,25 | 5 | 0,010 | 84,858 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,035 | 0,469 | 0,126 | 0,038 | 1,865 | 0,886 | Vérifié |
| R258-R259 | 25,30 | 5 | 0,022 | 116,241 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,080 | 0,602 | 0,190 | 0,057 | 2,395 | 1,088 | Vérifié |
| R259-R260 | 30,51 | 5 | 0,074 | 181,818 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,264 | 0,850 | 0,348 | 0,104 | 3,379 | 1,684 | Vérifié |
| R260-R261 | 45,85 | 5 | 0,122 | 219,569 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,436 | 0,960 | 0,462 | 0,139 | 3,816 | 2,022 | Vérifié |
| R261-R262 | 32,84 | 3,92 | 0,218 | 285,271 | 300 | 0,249 | 3,521 | 0,876 | 1,136 | 0,723 | 0,217 | 3,999 | 2,166 | Vérifié |
| R262-R263 | 50,03 | 3 | 0,301 | 338,338 | 400 | 0,469 | 3,732 | 0,641 | 1,061 | 0,577 | 0,231 | 3,957 | 2,128 | Vérifié |
| R263-R264 | 50,34 | 2,97 | 0,326 | 349,444 | 400 | 0,466 | 3,713 | 0,699 | 1,076 | 0,612 | 0,245 | 3,994 | 2,164 | Vérifié |
| R264-R265 | 40,18 | 2,87 | 0,346 | 359,739 | 400 | 0,458 | 3,650 | 0,755 | 1,095 | 0,648 | 0,259 | 3,995 | 2,168 | Vérifié |
| R265-R234 | 38,78 | 2,75 | 0,366 | 370,181 | 400 | 0,449 | 3,573 | 0,815 | 1,118 | 0,686 | 0,275 | 3,996 | 2,161 | Vérifié |
| R266-R267 | 34,09 | 1,1 | 0,017 | 139,663 | 300 | 0,132 | 1,865 | 0,130 | 0,678 | 0,244 | 0,073 | 1,264 | 0,602 | Vérifié |
| R267-R259 | 37,71 | 5 | 0,036 | 139,023 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,129 | 0,676 | 0,243 | 0,073 | 2,686 | 1,277 | Vérifié |
| R268-R260 | 50,17 | 5 | 0,025 | 121,538 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,090 | 0,619 | 0,202 | 0,061 | 2,461 | 1,129 | Vérifié |
| R269-R270 | 38,46 | 5 | 0,019 | 110,008 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,069 | 0,581 | 0,176 | 0,053 | 2,311 | 1,041 | Vérifié |
| R270-R271 | 37,94 | 5 | 0,064 | 171,895 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,227 | 0,812 | 0,321 | 0,096 | 3,228 | 1,588 | Vérifié |
| R271-R261 | 30,07 | 5 | 0,079 | 186,211 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,281 | 0,864 | 0,360 | 0,108 | 3,438 | 1,726 | Vérifié |
| R272-R270 | 50,05 | 5 | 0,025 | 121,427 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,090 | 0,619 | 0,202 | 0,061 | 2,460 | 1,128 | Vérifié |
| R273-R274 | 39,97 | 2,442 | 0,020 | 127,653 | 300 | 0,196 | 2,779 | 0,103 | 0,638 | 0,217 | 0,065 | 1,773 | 0,824 | Vérifié |
| R274-R275 | 45,57 | 5 | 0,043 | 148,460 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,154 | 0,711 | 0,265 | 0,079 | 2,828 | 1,364 | Vérifié |
| R275-R262 | 28,16 | 3,981 | 0,057 | 172,396 | 300 | 0,251 | 3,548 | 0,229 | 0,814 | 0,322 | 0,097 | 2,888 | 1,421 | Vérifié |
| R276-R277 | 48,49 | 1,03 | 0,018 | 144,192 | 300 | 0,128 | 1,805 | 0,142 | 0,694 | 0,255 | 0,076 | 1,254 | 0,601 | Vérifié |
| R277-R278 | 48,22 | 1,124 | 0,036 | 183,768 | 300 | 0,133 | 1,885 | 0,271 | 0,856 | 0,353 | 0,106 | 1,615 | 0,807 | Vérifié |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|-------|-------|---------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| R278-R279 | 36,89 | 2,908 | 0,050 | 173,572 | 300 | 0,214 | 3,033 | 0,233 | 0,819 | 0,325 | 0,098 | 2,483 | 1,224 | Vérifié |
| R279-R280 | 42,16 | 5 | 0,066 | 173,790 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,234 | 0,820 | 0,326 | 0,098 | 3,259 | 1,606 | Vérifié |
| R280-R281 | 49,76 | 5 | 0,084 | 190,817 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,300 | 0,878 | 0,373 | 0,112 | 3,493 | 1,769 | Vérifié |
| R281-R282 | 30,22 | 5 | 0,096 | 200,031 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,340 | 0,903 | 0,401 | 0,120 | 3,592 | 1,854 | Vérifié |
| R282-R283 | 35,80 | 5 | 0,109 | 210,104 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,388 | 0,930 | 0,433 | 0,130 | 3,699 | 1,943 | Vérifié |
| R283-R284 | 50,25 | 5 | 0,128 | 223,014 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,454 | 0,971 | 0,473 | 0,142 | 3,863 | 2,050 | Vérifié |
| R284-R234 | 32,92 | 3,985 | 0,140 | 240,872 | 300 | 0,251 | 3,550 | 0,558 | 1,032 | 0,530 | 0,159 | 3,663 | 1,949 | Vérifié |
| R285-R286 | 25,22 | 5 | 0,009 | 83,913 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,034 | 0,464 | 0,124 | 0,037 | 1,845 | 0,882 | Vérifié |
| R286-R287 | 30,86 | 5 | 0,021 | 113,233 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,075 | 0,592 | 0,183 | 0,055 | 2,355 | 1,065 | Vérifié |
| R287-R288 | 36,48 | 5 | 0,035 | 136,642 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,123 | 0,667 | 0,237 | 0,071 | 2,653 | 1,256 | Vérifié |
| R288-R289 | 32,47 | 5 | 0,047 | 152,950 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,166 | 0,730 | 0,275 | 0,083 | 2,902 | 1,406 | Vérifié |
| R289-R290 | 40,27 | 4,726 | 0,062 | 171,640 | 300 | 0,273 | 3,866 | 0,226 | 0,811 | 0,320 | 0,096 | 3,134 | 1,542 | Vérifié |
| R290-R291 | 39,69 | 4,313 | 0,077 | 189,278 | 300 | 0,261 | 3,694 | 0,293 | 0,874 | 0,369 | 0,111 | 3,228 | 1,630 | Vérifié |
| R291-R236 | 27,79 | 0,24 | 0,087 | 341,224 | 400 | 0,133 | 1,055 | 0,656 | 1,064 | 0,586 | 0,234 | 1,123 | 0,605 | Vérifié |
| R292-R293 | 39,94 | 1,28 | 0,015 | 128,723 | 300 | 0,142 | 2,012 | 0,105 | 0,641 | 0,219 | 0,066 | 1,290 | 0,601 | Vérifié |
| R293-R294 | 39,93 | 4,963 | 0,030 | 129,472 | 300 | 0,280 | 3,962 | 0,107 | 0,644 | 0,221 | 0,066 | 2,550 | 1,190 | Vérifié |
| R294-R295 | 50,55 | 5 | 0,049 | 155,391 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,173 | 0,740 | 0,281 | 0,084 | 2,944 | 1,429 | Vérifié |
| R295-R296 | 42,10 | 0,746 | 0,105 | 296,358 | 300 | 0,109 | 1,536 | 0,970 | 1,140 | 0,783 | 0,235 | 1,751 | 0,967 | Vérifié |
| R296-R297 | 50,22 | 4,828 | 0,124 | 222,046 | 300 | 0,276 | 3,908 | 0,449 | 0,968 | 0,470 | 0,141 | 3,783 | 2,007 | Vérifié |
| R297-R298 | 49,72 | 4,561 | 0,143 | 236,485 | 300 | 0,268 | 3,798 | 0,531 | 1,018 | 0,516 | 0,155 | 3,868 | 2,055 | Vérifié |
| R298-R299 | 50,22 | 1,304 | 0,161 | 313,241 | 400 | 0,309 | 2,461 | 0,522 | 1,013 | 0,511 | 0,204 | 2,493 | 1,324 | Vérifié |
| R299-R167 | 55,58 | 0,909 | 0,182 | 350,780 | 400 | 0,258 | 2,054 | 0,706 | 1,078 | 0,617 | 0,247 | 2,213 | 1,200 | Vérifié |
| R300-R301 | 21,55 | 5 | 0,008 | 79,107 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,029 | 0,437 | 0,116 | 0,035 | 1,739 | 0,858 | Vérifié |
| R301-R302 | 37,37 | 0,81 | 0,022 | 162,271 | 300 | 0,113 | 1,601 | 0,195 | 0,770 | 0,297 | 0,089 | 1,233 | 0,602 | Vérifié |
| R302-R295 | 50,35 | 2,221 | 0,041 | 169,315 | 300 | 0,187 | 2,650 | 0,218 | 0,801 | 0,314 | 0,094 | 2,123 | 1,042 | Vérifié |
| R303-R304 | 34,29 | 3,313 | 0,019 | 118,498 | 300 | 0,229 | 3,237 | 0,084 | 0,609 | 0,195 | 0,059 | 1,973 | 0,899 | Vérifié |
| R304-R305 | 50 | 1,258 | 0,047 | 199,093 | 300 | 0,141 | 1,995 | 0,336 | 0,901 | 0,398 | 0,120 | 1,797 | 0,926 | Vérifié |
| R305-R306 | 50 | 0,27 | 0,075 | 316,386 | 400 | 0,141 | 1,119 | 0,536 | 1,021 | 0,519 | 0,207 | 1,143 | 0,607 | Vérifié |
| R306-R307 | 50 | 0,21 | 0,103 | 373,448 | 400 | 0,124 | 0,987 | 0,834 | 1,125 | 0,698 | 0,279 | 1,111 | 0,600 | Vérifié |
| R307-R308 | 50 | 0,2 | 0,132 | 412,381 | 500 | 0,219 | 1,118 | 0,599 | 1,048 | 0,553 | 0,277 | 1,172 | 0,626 | Vérifié |
| R308-R309 | 55,34 | 0,2 | 0,158 | 442,072 | 500 | 0,219 | 1,118 | 0,722 | 1,083 | 0,627 | 0,313 | 1,210 | 0,657 | Vérifié |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|-------|-------|---------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| R309-R167 | 41,33 | 3,005 | 0,178 | 278,109 | 300 | 0,218 | 3,083 | 0,819 | 1,120 | 0,689 | 0,207 | 3,452 | 1,867 | Vérifié |
| R310-R311 | 50,64 | 5 | 0,054 | 160,975 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,190 | 0,765 | 0,294 | 0,088 | 3,041 | 1,483 | Vérifié |
| R311-R312 | 50,26 | 5 | 0,107 | 208,467 | 300 | 0,281 | 3,977 | 0,380 | 0,926 | 0,428 | 0,128 | 3,681 | 1,929 | Vérifié |
| R312-R313 | 50,12 | 4,62 | 0,160 | 246,125 | 300 | 0,270 | 3,823 | 0,591 | 1,045 | 0,549 | 0,165 | 3,996 | 2,132 | Vérifié |
| R313-R314 | 50,07 | 3,95 | 0,213 | 282,196 | 300 | 0,250 | 3,535 | 0,851 | 1,130 | 0,708 | 0,213 | 3,995 | 2,160 | Vérifié |
| R314-R315 | 50,29 | 3,28 | 0,266 | 317,716 | 400 | 0,490 | 3,902 | 0,542 | 1,024 | 0,522 | 0,209 | 3,996 | 2,124 | Vérifié |
| R315-R173 | 50,52 | 0,837 | 0,319 | 439,594 | 500 | 0,449 | 2,288 | 0,711 | 1,079 | 0,620 | 0,310 | 2,469 | 1,339 | Vérifié |
| R316-R317 | 30,40 | 2 | 0,009 | 97,436 | 300 | 0,178 | 2,515 | 0,050 | 0,531 | 0,150 | 0,045 | 1,336 | 0,606 | Vérifié |
| R317-R318 | 40,37 | 3,252 | 0,021 | 122,113 | 300 | 0,227 | 3,207 | 0,091 | 0,621 | 0,204 | 0,061 | 1,991 | 0,914 | Vérifié |
| R318-R319 | 45,15 | 4,8 | 0,034 | 136,591 | 300 | 0,275 | 3,896 | 0,123 | 0,667 | 0,237 | 0,071 | 2,599 | 1,230 | Vérifié |
| R319-R12 | 53,91 | 0,518 | 0,106 | 318,523 | 400 | 0,195 | 1,550 | 0,546 | 1,026 | 0,524 | 0,210 | 1,590 | 0,845 | Vérifié |
| R320-R321 | 21,26 | 2,5 | 0,006 | 81,718 | 300 | 0,199 | 2,812 | 0,031 | 0,452 | 0,121 | 0,036 | 1,271 | 0,616 | Vérifié |
| R321-R322 | 37,97 | 3,192 | 0,017 | 114,627 | 300 | 0,224 | 3,177 | 0,077 | 0,597 | 0,187 | 0,056 | 1,897 | 0,859 | Vérifié |
| R322-R323 | 34,92 | 3,377 | 0,027 | 134,951 | 300 | 0,231 | 3,268 | 0,119 | 0,661 | 0,234 | 0,070 | 2,162 | 1,020 | Vérifié |
| R323-R324 | 50 | 0,952 | 0,042 | 200,748 | 300 | 0,123 | 1,735 | 0,343 | 0,905 | 0,403 | 0,121 | 1,571 | 0,812 | Vérifié |
| R324-R319 | 50 | 0,708 | 0,057 | 237,280 | 300 | 0,106 | 1,496 | 0,536 | 1,021 | 0,518 | 0,156 | 1,528 | 0,812 | Vérifié |
| R325-R326 | 50 | 1,356 | 0,028 | 161,399 | 300 | 0,146 | 2,071 | 0,192 | 0,767 | 0,295 | 0,089 | 1,587 | 0,774 | Vérifié |
| R326-R327 | 50 | 1,918 | 0,056 | 196,133 | 300 | 0,174 | 2,463 | 0,323 | 0,893 | 0,389 | 0,117 | 2,200 | 1,126 | Vérifié |
| R327-R328 | 50 | 2,978 | 0,084 | 210,261 | 300 | 0,217 | 3,069 | 0,388 | 0,931 | 0,433 | 0,130 | 2,856 | 1,501 | Vérifié |
| R328-R329 | 50 | 1,34 | 0,112 | 272,044 | 300 | 0,145 | 2,059 | 0,772 | 1,101 | 0,659 | 0,198 | 2,267 | 1,229 | Vérifié |
| R329-R330 | 49,90 | 2,785 | 0,136 | 255,149 | 300 | 0,210 | 2,968 | 0,651 | 1,063 | 0,583 | 0,175 | 3,155 | 1,699 | Vérifié |
| R330-R331 | 50,07 | 1,466 | 0,161 | 305,979 | 400 | 0,328 | 2,609 | 0,490 | 0,994 | 0,494 | 0,197 | 2,594 | 1,378 | Vérifié |
| R331-R332 | 49,63 | 2,839 | 0,185 | 284,820 | 300 | 0,212 | 2,997 | 0,872 | 1,135 | 0,721 | 0,216 | 3,402 | 1,841 | Vérifié |
| R332-R333 | 37,70 | 2,064 | 0,203 | 313,245 | 400 | 0,389 | 3,095 | 0,522 | 1,013 | 0,511 | 0,204 | 3,136 | 1,666 | Vérifié |
| R333-R334 | 50,26 | 2,167 | 0,227 | 323,872 | 400 | 0,398 | 3,171 | 0,571 | 1,037 | 0,537 | 0,215 | 3,290 | 1,752 | Vérifié |
| R334-R160 | 55,54 | 1,005 | 0,254 | 390,079 | 400 | 0,271 | 2,160 | 0,937 | 1,139 | 0,760 | 0,304 | 2,460 | 1,349 | Vérifié |
| R335-R189 | 54,2 | 4,2 | 0,071 | 184,702 | 300 | 0,275 | 0,860 | 0,356 | 0,107 | 3,133 | 0,258 | 3,645 | 1,568 | Vérifié |

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons étudié le dimensionnement du réseau d'assainissement, à savoir les collecteurs d'eaux usées et d'eaux pluviales.

Après avoir calculé les dimensions des collecteurs et leurs paramètres hydrauliques, nous avons constaté que les vitesses d'écoulement sont suffisantes pour assurer l'autocurage du réseau.

CHAPITRE VI :

**Les éléments
constitutifs du
réseau**

Introduction :

Le réseau d'assainissement collecte les eaux usées et pluviales pour protéger le milieu naturel. Pour atteindre ses objectifs, il se compose de plusieurs ouvrages, dont :

- Les ouvrages principaux : représentent la totalité du réseau, de l'entrée de l'effluent jusqu'à sa sortie vers la station d'épuration.
- Les ouvrages annexes sont des installations nécessaires au bon fonctionnement du réseau d'assainissement. Ils comprennent notamment les regards, les bouches d'égout, les déversoirs d'orages, etc.

I. Les ouvrages principaux :

Les ouvrages principaux sont les éléments du réseau d'assainissement qui permettent l'évacuation des eaux usées ou pluviales hors du réseau. Ils comprennent notamment les canalisations et les joints.

I.1. Les canalisations :

Les éléments principaux du système d'évacuation se présentent sous diverses formes. Les conduites sont de deux types : circulaires et ovoïdes. Les conduites circulaires sont définies par leurs diamètres nominaux en millimètres, tandis que les conduites ovoïdes sont désignées par leurs hauteurs intérieures en centimètres.

I.2. Formes et sections de conduites :

Les conduites circulaires sont utilisées pour les faibles sections, tandis que les conduites ovoïdes sont utilisées pour remplacer les conduites circulaires de grand diamètre, afin d'éviter le problème d'auto curage.

I.3. Critères du choix du matériau des canalisations :

Le choix des différents types de conduites doit être basé sur les critères suivants :

- La nature du sol.
- Le diamètre utilisé.
- Les caractéristiques chimiques des eaux usées.
- La pente du terrain.
- Les efforts extérieurs dus au remblai.

I.4. Types de matériaux :

I.4.1. Conduite en fonte :

Les canalisations en fonte sont inoxydables et solides, ce qui les rend idéales pour l'évacuation des eaux usées industrielles, notamment dans les raffineries de pétrole.

I.4.2. Conduite en amiante ciment :

Les conduites en amiante-ciment sont durables, car elles sont résistantes à la corrosion, à la rupture et aux produits chimiques courants. Elles peuvent également résister à des températures élevées. Les diamètres et les longueurs utiles des conduites varient de manière courante entre 80 mm et 500 mm, et entre 0,5 m et 5 m, respectivement.

➤ Joints :

On distingue deux types de joints sans emboîtement pour assembler ces types de conduites :

- Joint « Everitube »
- Joint « Eternit », conçu pour le raccordement de conduites à bout lisse.

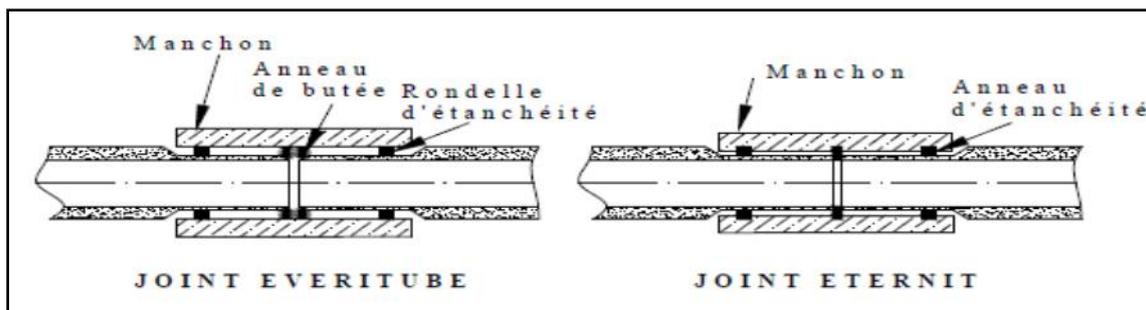


Figure VI-1 : Joints Everitube et Eternit

I.4.3. Conduite en grès :

Les conduites en grès sont des tuyaux en céramique fabriqués à partir d'argile et de shale vitrifiés à haute température. Elles sont durables, résistantes à la corrosion et ont une longue durée de vie. Ces conduites sont livrables en longueur utiles de 1.0m, 1.5m et 2.0m.

➤ Joints :

Les conduites en grès sont assemblées à l'aide de trois types de joints :

- Joints au mortier de ciment.
- Joints à double anneaux

- Joints réalisés avec une corde goudronnée et du mortier de ciment.

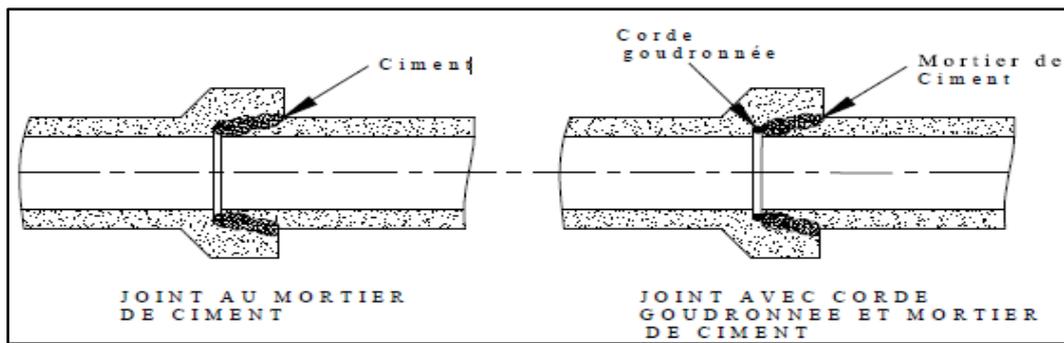


Figure VI-2 : Joints de tuyau en grès

I.4.4. Conduite plastique :

Les conduites en plastique présentent plusieurs avantages, notamment une résistance à la corrosion, une inertie et une stabilité vis-à-vis de nombreux réactifs chimiques. Elles peuvent être classées en deux catégories : les conduites en matières thermodurcissables et les conduites en matières thermoplastiques.

➤ Joints :

Les conduites en plastique peuvent être assemblées de deux manières : par collage ou par bagues d'étanchéité.

➔ Pour notre projet, nous avons choisi des conduites en PVC pour des diamètres inférieurs ou égaux de 630mm.

I.4.5. Conduite en béton armé :

Les conduites en béton armé sont des tuyaux en béton renforcés par une armature en acier. Elles sont durables, résistantes à la corrosion et ont une longue durée de vie. Ces conduites sont livrables en longueur utile de 2m

➤ Joints :

Pour assembler les conduites en béton armé ou non armé, il existe cinq types de joints :

- Joint torique.
- Joint type Rocla.
- Joint à coller.

- Joint à 1/2 emboitement.
- Joint plastique.

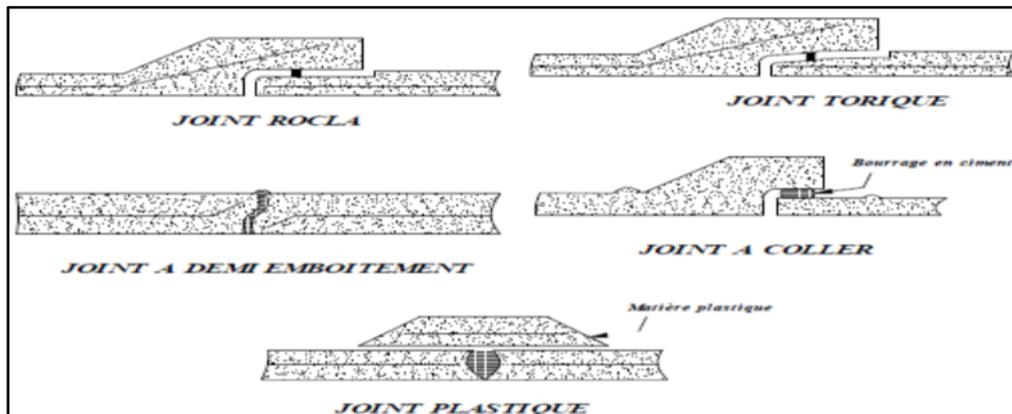


Figure VI-3 : Joints sur tuyaux en béton

➔ Pour notre projet, nous avons choisi des conduites en Béton armé pour des diamètres supérieurs de 630mm.

I.5. Les essais de conduites préfabriqués :

Pour garantir le bon fonctionnement des conduites préfabriquées, elles doivent subir différents essais, notamment d'écrasement, d'étanchéité et de résistance à la corrosion.

I.5.1. Essai à l'écrasement :

L'essai à l'écrasement mesure la résistance à la compression d'un matériau. Pour les conduites préfabriquées, il consiste à appliquer une force croissante jusqu'à la rupture. La résistance à la compression est calculée à partir de la force de rupture.

I.5.2. Essai d'étanchéité :

L'essai d'étanchéité est une procédure permettant de vérifier si un composant ou un système peut empêcher les fuites de fluides, en utilisant :

- ♣ À l'usine, la conduite en béton est remplie d'eau et maintenue debout. La diminution du niveau de l'eau ne doit pas dépasser 2 cm en 24 heures.
- ♣ Sur chantier, un des trois essais suivants peut être effectué :
 - L'essai à l'eau.
 - L'essai à la fumée.
 - L'essai à l'air sous pression.

I.5.3. Essai de corrosion (chimique) :

L'essai de corrosion (chimique) est un test qui mesure la résistance d'un matériau ou d'un produit à la corrosion. Il est utilisé pour évaluer la qualité et la durabilité d'un matériau ou d'un produit, et pour déterminer sa capacité à résister à l'attaque de produits chimiques. Dans le cas des conduites préfabriquées, l'essai de corrosion (chimique) est utilisé pour déterminer la résistance de la conduite à la corrosion causée par des produits chimiques présents dans l'eau ou d'autres fluides transportés par la conduite. Il est réalisé en exposant la conduite à un environnement corrosif pendant une période de temps définie.

I.6. Pose de canalisation :

I.6.1. Les conditions de pose :

Les principales conditions de pose de canalisation sont les suivantes :

- La canalisation doit être enterrée à une profondeur suffisante pour la protéger des surcharges de terre et du passage de charges lourdes. La profondeur minimale recommandée est de 80 cm.
- La pose de la canalisation sur un lit de sable ou de gravier est nécessaire pour assurer sa stabilité.
- La canalisation doit être correctement alignée et nivelée pour garantir un écoulement fluide des eaux usées.
- Les canalisations doivent être jointées de manière étanche pour éviter les fuites.
- Les canalisations doivent être équipées de regards de visite pour permettre leur inspection et leur entretien.

I.6.2. Les modes de pose :

Le mode de pose des canalisations doit être adapté à la nature du terrain.

➤ Terrain normal :

Dans ce type de terrain, la pose de la canalisation doit être effectuée sur un lit de sable propre et sans obstructions. Les joints doivent être réalisés avec soin, en suivant les instructions du fabricant de la canalisation.

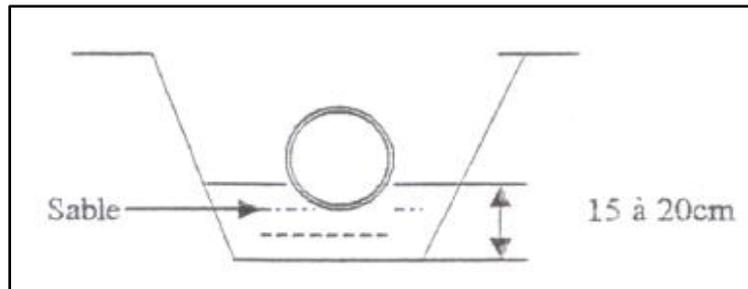


Figure VI-4 : Pose de canalisation sur un terrain normal

➤ **Terrain mauvais :**

Dans ce type de terrain, la canalisation doit être posée sur un lit en béton.

➤ **Terrain très mauvais :**

Dans ce type de terrain une dalle en béton armé doit être envisagée au fond de la tranchée.

II. Les ouvrages annexes :

Les ouvrages annexes sont des éléments essentiels du réseau d'assainissement, au même titre que les canalisations. Ils sont classés en deux types :

- Les ouvrages normaux.
- Les ouvrages spéciaux.

II.1. Les ouvrages normaux :

Les ouvrages normaux sont des ouvrages courants qui sont indispensables en amont ou sur le long des réseaux. Ils servent généralement à collecter les effluents ou à fournir un accès au réseau. On les divise en trois catégories :

II.1.1. Les branchements particuliers :

Les branchements particuliers sont les ouvrages qui relient les installations sanitaires d'un immeuble au réseau public d'assainissement. Ils sont composés d'une canalisation privée qui dessert les installations sanitaires, d'un regard de branchement et d'un branchement public qui relie la canalisation privée au réseau public.

Les principales caractéristiques des branchements particuliers :

- Diamètre : 100 à 200 mm.

- Pente : 3 %.
- Angle de l'inclinaison 45° à 60°.

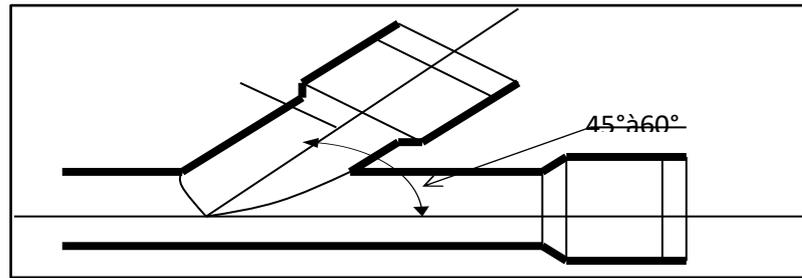


Figure VI-5 : Un branchement simple

II.1.2. Les bouches d'égout :

Les bouches d'égout, également appelées regards de chaussée, sont des ouvrages utilitaires et sécuritaires. Elles servent à absorber les eaux de surface, notamment les eaux pluviales et les eaux de lavage des chaussées. Les bouches d'égout sont généralement situées aux points bas des caniveaux, en bordure de trottoir ou sur la chaussée. Les eaux de ruissellement sont absorbées par le bas ou par le haut, selon la configuration de la bouche d'égout. La distance entre les bouches d'égout est en moyenne de 50m. La section de l'entrée est en fonction de l'écartement entre les deux bouches afin d'absorber le flot d'orage venant de l'amont.

Les bouches d'égout peuvent être classées selon deux critères : la manière de recueillir les eaux et la manière dont les déchets sont retenus.

➤ La manière de recueillir les eaux :

- Les bouches d'égout latérales sont les plus courantes. Elles recueillent les eaux pluviales par le côté du trottoir.
- Les bouches d'égout centrales recueillent les eaux pluviales par le milieu de la chaussée.

➤ La manière dont les déchets sont retenus :

- Les bouches d'égout à grille sont les plus courantes. Elles sont équipées d'une grille qui retient les déchets solides.
- Les bouches d'égout à clapet sont équipées d'un clapet qui empêche les déchets solides de pénétrer dans la canalisation.

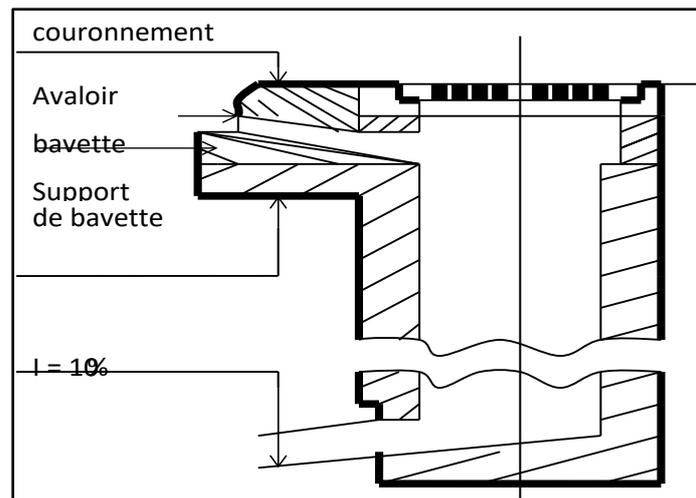


Figure VI-6 : Une bouche d'égout sans décantation

II.1.3. Les regards :

Les regards sont qui permet d'accéder au réseau d'assainissement pour le nettoyer, le contrôler et l'entretenir. Il est généralement constitué d'une cuvette, qui reçoit les eaux usées, et d'une plaque, qui recouvre la cuvette.

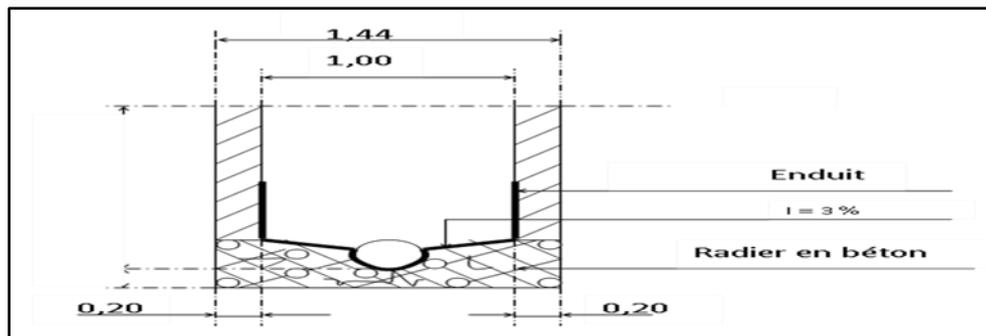


Figure VI-7 : Exemple d'un regard simple

➤ Fonctions :

Dans le système d'assainissement, le regard assure cinq fonctions principales :

- Permettre d'accéder au réseau d'assainissement pour le nettoyage, le contrôle et l'entretien.
- Permettre de contrôler le bon fonctionnement du réseau d'assainissement.
- Permettre de détecter les fuites et les obstructions dans le réseau d'assainissement.
- Permettre d'introduire des matériels et outils de nettoyage.
- Permettre de réaliser des coudes à 90° pour la canalisation.

➤ **Emplacement :**

Les regards doivent être installés sur les canalisations aux points suivants :

- Tous les points de jonctions.
- Les changements de direction.
- Les changements de pente de canaux.
- Les points de chute.

➤ **Types de regards :**

Les types de regards sont classés en fonction de trois critères : l'encombrement, la pente du terrain et le système d'évacuation. On distingue donc les types suivants :

- **Regard de visite :** Ces regards servent à l'entretien courant et au curage régulier des canalisations. Ils assurent également une bonne ventilation des canalisations. L'espacement entre les regards est de 35 à 80 mètres.
- **Regard de jonction :** sont des ouvrages qui permettent d'unir deux collecteurs de même diamètre ou différents. Ils sont construits de manière à garantir une bonne aération, à compenser les dénivelés entre les radiers des collecteurs, à empêcher le reflux d'eau par temps sec et à maintenir les niveaux d'eau dans les collecteurs en jonction à la même hauteur.
- **Regard de chute :** Ces regards sont les plus utilisés en assainissement, en particulier dans les zones à forte pente. Ils permettent de dissiper l'énergie des eaux usées, ce qui évite les dégâts causés par l'érosion. Ils sont également utiles pour la gestion du réseau, car ils permettent de mesurer le volume d'eaux usées collectées. On les utilise généralement pour deux types de chutes :
 - La chute verticale profonde : utilisée pour réduire la vitesse des eaux usées ou des eaux de ruissellement dans les collecteurs de faible diamètre et de débit important.
 - La chute toboggan : utilisés dans les zones présentant des changements de pente afin d'éviter les remous.
- **Regard de ventilation :** Permet de ventiler le réseau d'assainissement. Il permet d'évacuer les gaz et les odeurs qui se forment dans les canalisations, et de garantir le bon fonctionnement du réseau.

II.2. Les ouvrages spéciaux :

Ces ouvrages sont des ouvrages qui servent à collecter, transporter, épurer ou évacuer les eaux usées ou pluviales.

II.2.1. Les stations de pompage :

Les stations de relevage sont utilisées en assainissement pour élever les eaux usées d'un niveau à un autre. Cela peut être nécessaire pour franchir un obstacle, ou pour modifier un tracé qui serait devenu inacceptable. Le problème principal qui exige l'implantation d'une station de relevage est donc la contre pente.

II.2.2. Les déversoirs d'orage :

Le déversoir d'orage est un ouvrage d'assainissement qui permet d'évacuer l'eau de pluie en cas de fortes précipitations. Il est généralement utilisé dans les réseaux unitaires, qui collectent à la fois les eaux usées et les eaux pluviales.

Il est constitué d'une ouverture dans la canalisation, qui permet à l'eau de pluie de s'écouler directement dans le milieu naturel, sans être traitée. Cette ouverture est équipée d'un dispositif de réglage, qui permet de déterminer le débit d'eau qui peut s'écouler par le déversoir.

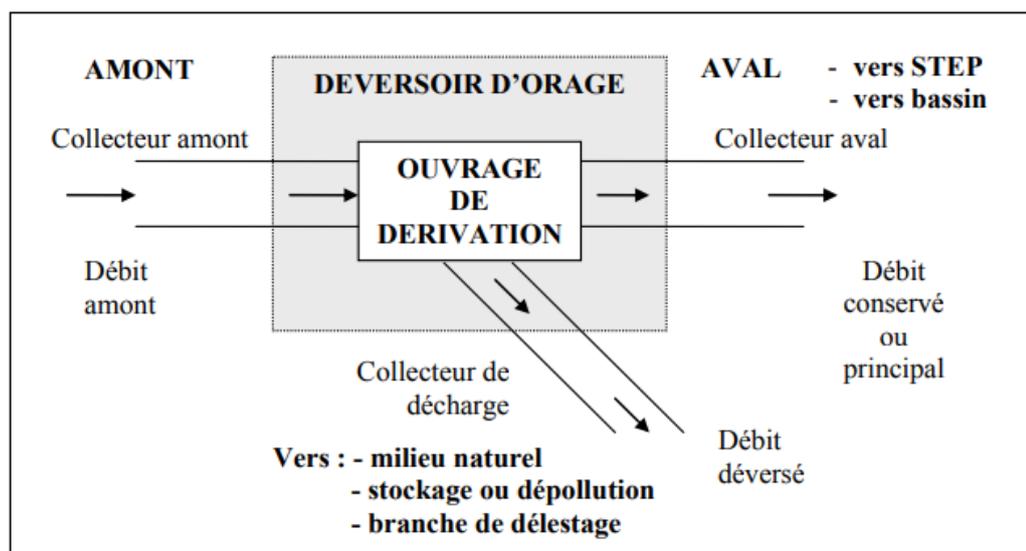


Figure VI-8 : Schéma du déversoir d'orage

➤ Fonctions :

Un déversoir d'orage doit donc assurer trois fonctions principales :

- Laisser transiter le débit des eaux usées de temps sec sans surverse et sans trop faire chuter la vitesse de l'écoulement afin de limiter la décantation des matières en suspension présentes dans l'effluent.
- Permettre le passage des eaux usées et des eaux de pluie de faible intensité sans débordement jusqu'au débit de référence, qui correspond au débit maximal admis à l'aval.
- Évacuer le débit excédentaire de pluie (au-delà du débit de référence) sans provoquer de surpression ou de dépôt dans la conduite amont et sans surcharger excessivement le réseau aval.

➤ **Emplacement :**

Les déversoirs d'orage pourront être placés :

- Sur le réseau pour réduire les diamètres des collecteurs en aval, ou déchargé un collecteur
- À l'entrée d'ouvrages tels que les bassins d'orage, les siphons, etc.,
- À l'entrée des stations d'épuration.

➤ **Types de déversoirs d'orage :**

Les déversoirs d'orage se distinguent selon la pente et l'écoulement, et la position de la STEP :

- Déversoir à seuil frontal.
- Déversoir à seuil latéral.
- Déversoir à double seuil latéral.
- Déversoir à ouverture de fond.
- Déversoir by-pass.

➤ **Choix du type de déversoir d'orage :**

Le choix du type de déversoir d'orage à utiliser dépend de plusieurs facteurs, notamment :

- Les conditions hydrologiques du site, telles que la pluviométrie moyenne et les intensités des précipitations maximales.

- La topographie du site, notamment la pente des canalisations et la présence de dépressions.
 - Les caractéristiques du réseau d'assainissement, notamment le diamètre et la pente des canalisations.
 - Les contraintes environnementales, telles que la protection des eaux naturelles et la prévention des nuisances sonores.
- ➔ Dans notre cas, nous avons deux déversoirs d'orage, tous deux sont déversoir d'orage latéral.

❖ **Procédé de calcul :**

- Le déversoir d'orage -1-

1- Temps de concentration t_c :

$$t_c = t_2 + t_1 = t_2 + \frac{L}{60 \times V}$$

Avec :

- t_2 : le temps mis par l'eau pour atteindre le premier ouvrage d'engouffrement [2 à 20] min
- L : longueur totale du collecteur le plus long (m).
- V : vitesse moyenne égale à la somme des vitesses de chaque tronçon sur le nombre des tronçons (m/s).

$$t_c = 2 + \frac{1166,21}{60 \times 3,5} = 7,55 \text{ min}$$

2- Coefficient de retardement :

$$Z = 1 - \frac{t_c}{100} = 1 - \frac{7,55}{100} = 0,92$$

3- Débit de dimensionnement (débit critique) :

$$Q_C = Z \times Q_t$$

Avec :

- Q_t : débit total (m³/s)

$$Q_C = 0,92 \times 2,009 = 1,85 \text{ m}^3/\text{s}$$

4- Débit de la STEP :

$$Q_{STEP} = C_{dilation} \times Q_{ts}$$

Avec :

- C_{dilution} : coefficient de dilution
- Q_{ts} : débit de temps sec (m^3/s)

$$Q_{\text{STEP}} = 3 \times 0,0356 = 0,11 \text{ m}^3/\text{s}$$

5- Débit déversant :

$$Q_{\text{dev}} = Q_c - Q_{\text{STEP}} \Rightarrow Q_{\text{dev}} = 1,85 - 0,11 = 1,74 \text{ m}^3/\text{s}$$

6- Les hauteurs d'eau correspondant aux débits à l'amont du déversoir :

On utilise l'abaque de variation des débits et des vitesses en fonction de la hauteur de remplissage (D'après la formule de Bazin). Les résultats dans le tableau suivant :

Tableau VI-1 : Résultat des hauteurs d'eau correspondant aux débits I :

| | Q (m^3/s) | Q_{ps} (m^3/s) | R_q | R_h | H_{ps} (m) | H (m) |
|----------|-----------------------------|---|-------|-------|---------------------|-------|
| Critique | 1,85 | 3,01 | 0,61 | 0,56 | 1 | 0,56 |
| STEP | 0,11 | 3,01 | 0,04 | 0,1 | 1 | 0,1 |

7- La hauteur déversant :

$$H_{\text{dev}} = H_c - H_{\text{STEP}} \Rightarrow H_{\text{dev}} = 0,56 - 0,1 = 0,46 \text{ m}$$

8- La longueur du seuil du déversoir :

$$Q_{\text{dev}} = m \times L \times \sqrt{2 \times g} \times H_{\text{dev}}^{3/2}$$

Avec :

- m : coefficient de débit en fonction de type de déversoir ; pour notre cas on a un déversoir d'orage latérale donc $m=0,4$.
- L : longueur du seuil (m).
- H_{dev} : la hauteur d'eau déversée par le déversoir (m).
- g : pesanteur = $9,81 \text{ m/s}^2$.

Donc :

$$L = \frac{Q_{\text{dev}}}{m \times \sqrt{2 \times g} \times H_{\text{dev}}^{3/2}} \Rightarrow L = \frac{1,74}{0,4 \times \sqrt{2 \times 9,81} \times 0,46^{3/2}} = 3,15 \text{ m}$$

- Le déversoir d'orage -2-

1- Temps de concentration t_c :

$$t_c = t_2 + t_1 = t_2 + \frac{L}{60 \times V}$$

Avec :

- t_2 : le temps mis par l'eau pour atteindre le premier ouvrage d'engouffrement [2 à 20] min
- L : longueur totale du collecteur le plus long (m).
- V : vitesse moyenne égale à la somme des vitesses de chaque tronçon sur le nombre des tronçons (m/s).

$$t_c = 2 + \frac{1921,98}{60 \times 3,3} = 11,71 \text{ min}$$

2- Coefficient de retardement :

$$Z = 1 - \frac{t_c}{100} = 1 - \frac{11,71}{100} = 0,88$$

3- Débit de dimensionnement (débit critique) :

$$Q_C = Z \times Q_t$$

Avec :

- Q_t : débit total (m^3/s)

$$Q_C = 0,88 \times 4,556 = 4,01 \text{ m}^3/s$$

4- Débit de la STEP :

$$Q_{STEP} = C_{dilution} \times Q_{ts}$$

Avec :

- $C_{dilution}$: coefficient de dilution
- Q_{ts} : débit de temps sec (m^3/s)

$$Q_{STEP} = 3 \times 0,158 = 0,474 \text{ m}^3/s$$

5- Débit déversant :

$$Q_{dev} = Q_C - Q_{STEP} \Rightarrow Q_{dev} = 4,01 - 0,474 = 3,536 \text{ m}^3/s$$

6- Les hauteurs d'eau correspondant aux débits à l'amont du déversoir :

On utilise l'abaque de variation des débits et des vitesses en fonction de la hauteur de remplissage (D'après la formule de Bazin). Les résultats dans le tableau suivant :

Tableau VI-2 : Résultat des hauteurs d'eau correspondant aux débits II :

| | Q (m ³ /s) | Q _{ps} (m ³ /s) | R _q | R _h | H _{ps} (m) | H (m) |
|----------|-----------------------|-------------------------------------|----------------|----------------|---------------------|-------|
| Critique | 4,01 | 5,01 | 0,8 | 0,77 | 1,8 | 1,39 |
| STEP | 0,474 | 5,01 | 0,09 | 0,16 | 1,8 | 0,29 |

7- La hauteur déversant :

$$H_{\text{dev}} = H_c - H_{\text{STEP}} \Rightarrow H_{\text{dev}} = 1,39 - 0,29 = 1,1 \text{ m}$$

8- La longueur du seuil du déversoir :

$$Q_{\text{dev}} = m \times L \times \sqrt{2 \times g} \times H_{\text{dev}}^{3/2}$$

Avec :

- m : coefficient de débit en fonction de type de déversoir ; pour notre cas on a un déversoir d'orage latérale donc m= 0,4.
- L : longueur du seuil (m).
- H_{dev} : la hauteur d'eau déversée par le déversoir (m).
- g : pesanteur = 9.81 m/s².

Donc :

$$L = \frac{Q_{\text{dev}}}{m \times \sqrt{2 \times g} \times H_{\text{dev}}^{3/2}} \Rightarrow L = \frac{3,536}{0,4 \times \sqrt{2 \times 9,81} \times 1,1^{3/2}} = 1,73 \text{ m}$$

Conclusion :

Pour assurer un bon fonctionnement du système d'assainissement, il est nécessaire de faire un bon choix en matière de canalisation et de joint.

Pour ce faire, nous avons opté pour des conduites en PVC pour les collecteurs de diamètre inférieur ou égal à 630 mm, et en béton armé pour les collecteurs de diamètre supérieur à 630 mm.

De plus, pour une exploitation rationnelle du réseau d'assainissement, pour faciliter les opérations de curage et pour éviter les problèmes techniques, nous avons projeté des ouvrages annexes convenablement dimensionnés.

CHAPITRE VII :

Organisation de chantier

Introduction :

Pour garantir la rapidité, la qualité et l'économie de la réalisation de notre projet, nous avons veillé à une organisation rigoureuse du chantier. Cette organisation a consisté à prévoir les ressources nécessaires en moyens humains, matériels et matériaux, et à définir un rythme de travail adapté.

I. Les étapes de réalisation du projet :

La pose de canalisation nécessite un certain nombre d'opérations à effectuer dans un ordre précis.

I.1. Manutention et stockage des conduites :**I.1.1. Manutention :**

Pour éviter d'endommager les conduites pendant le transport, il est important de les protéger des chocs, notamment sur les extrémités, et d'éviter de les décharger brutalement sur le sol.

I.1.2. Stockage :

Le stockage du matériel doit impérativement respecter ces consignes :

- Une aire de stockage plane est nécessaire pour un stockage sûr et efficace des conduites.
- Il est nécessaire de protéger les accessoires et les conduites de l'exposition au soleil.
- Il est important d'éviter tout contact des conduites avec des produits chimiques, des solvants et de l'huile.
- Le stockage des tubes doit être effectué dans des conditions qui les protègent des chocs et des températures extrêmes.
- La hauteur de gerbage doit être limitée à 1,50m.

I.2. Décapage de la couche de terre végétale :

Le décapage est une opération préliminaire qui consiste à éliminer la couche superficielle du sol, constituée principalement de matière végétale.

I.3. Emplacement des piquets :

Les jalons des piquets doivent être placés conformément aux tracés du plan de masse, à chaque emplacement d'un regard, à chaque changement de direction ou de pente, et à chaque branchement ou jonction de canalisation.

I.4. Exécution des tranchées et des fouilles pour les regards :

Le fond de la fouille doit être nivelé à la pente prévue, sans déplacer le sol, et en respectant les largeurs minimales pour assurer la sécurité des travailleurs.

I.5. Aménagement du lit de sable :

Les tubes ne doivent pas être posés directement sur le sol, mais sur un lit de sable propre d'au moins 10 cm d'épaisseur, compacté pour assurer sa stabilité. Si le terrain est instable, des travaux spéciaux peuvent être nécessaires pour créer une base solide pour les tubes, tels que la réalisation d'un béton de propreté, ou de dalles en béton armé, comme le montre la figure ci-dessous :

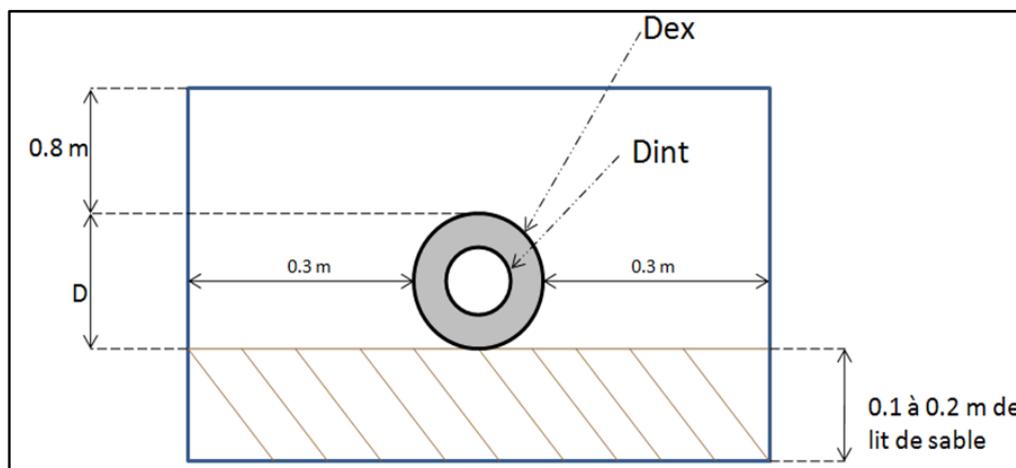


Figure VII-1 : Pose du lit de sable

I.6. Pose des canalisations :

Lors de la pose de canalisation, il est nécessaire de vérifier les points suivants :

- Le calage est effectué de manière définitive par remblai partiel ou provisoire par cales.
- La pose des éléments se fait de l'aval vers l'amont, avec l'emboîture des tuyaux dirigée vers l'amont

- Avant la mise en place des abouts, il est nécessaire de nettoyer les surfaces des abouts et le lit des tranchées de tout obstacle ou contamination.
- Les joints doivent être vérifiés et nettoyés.

I.7. Assemblage des canalisations :

L'assemblage des canalisations est une opération importante dans la construction de réseaux d'assainissement. Il doit être réalisé de manière correcte pour garantir l'étanchéité et la durabilité de la canalisation. Cette opération évertue avec les joints.

I.8. Essai d'étanchéité :

L'étanchéité des conduites est vérifiée après leur pose au fond des tranchées par un essai à l'eau, à l'air ou à la fumée.

I.9. Réalisation des regards :

Pour l'exécution d'un regard, on doit suivre les étapes suivantes :

- 1- Préparation du fond du regard :
 - Réglage du fond du regard.
 - Exécution de la couche de béton de propreté.
- 2- Pose du radier :
 - Ferrailage du radier de regard.
 - Bétonnage du radier.
- 3- Pose des parois :
 - Ferrailage des parois.
 - Coffrage des parois.
 - Bétonnage des parois.
 - Décoffrage des parois.
- 4- Pose de la dalle :
 - Ferrailage de la dalle.
 - Coffrage de la dalle.
 - Bétonnage de la dalle.
 - Décoffrage de la dalle.

Les regards sont généralement cubiques, avec des dimensions adaptées à la profondeur des tranchées et au diamètre des conduites. Ils peuvent être réalisés sur place en béton armé. Les regards réalisés sur place permettent une adaptation aux besoins spécifiques du projet, tandis que les regards préfabriqués permettent d'accélérer la construction.

I.10. Remblayage et compactage :

Le remblaiement est réalisé en suivant les étapes suivantes pour protéger la canalisation et transmettre les charges :

- L'enrobage de (10-15 cm) au-dessus de la génératrice supérieure de la conduite.
- A l'aide des engins, on continue à remblayer par des couches successives de 0.25 m compactées l'une après l'autre.

II. Choix des engins :

Les travaux nécessitent l'utilisation de différents types d'engins, car chaque opération nécessite un engin spécifique. Ces engins sont répartis en trois catégories :

- 1- Les engins de chargement :
 - Les chargeuses.
 - Les pelles hydrauliques.
 - Les pelles mécaniques à câblé (Dragline).
- 2- Les engins de transport :
 - Les brouettes.
 - Les véhicules utilitaires.
 - Les camions bennes.
 - Les moto-basculeurs.
 - Les dumpers.
 - Les tombereaux
- 3- Les engins de mise en place des matériaux :
 - Les finisseurs.
 - Les compacteurs.
 - Les niveleuses.

Concernant notre projet, on a utilisé les engins suivants :

➤ **Pour le décapage :**

La niveleuse est un engin utilisé pour le décapage de la terre végétale sur les terrains faciles à décapier. Elle est constituée d'un tracteur à quatre roues, dont deux sont prolongées vers l'avant. Une lame est montée sur une couronne et peut tourner ou se déplacer dans son prolongement dans toutes directions.



Figure VII-2 : Niveleuse

Dans les terrains difficiles on utilise le « Bulldozer » :



Figure VII-3 : Bulldozer

➤ **Pour l'excavation des tranchées :**

Pour les travaux de terrassement, on utilise une pelle équipée en rétro. Les pelles sont des engins polyvalents qui peuvent être utilisées sur tous les types de terrains. Elles sont principalement utilisées pour les déblais et le chargement de matériaux. Dans les terrains difficiles, il est préférable d'utiliser une pelle à chenille.



Figure VII-4 : Pelle à chenille

➤ **Pour le remblaiement :**

Le remblayage a été réalisé à l'aide d'une chargeuse, un engin de terrassement équipé d'un corps automoteur articulé et d'une benne de grande taille à l'avant.



Figure VII-5 : Chargeuse

➤ **Pour le compactage :**

Après le remblayage, la terre a été compactée à l'aide d'un compacteur à rouleaux lisses, un engin lourd équipé d'un ou plusieurs rouleaux en fonte qui tassent la terre en roulant dessus.



Figure VII-6 : Compacteur à rouleaux lisses

III. Calcul des différents volumes des travaux :

III.1. Volume du décapage de la couche végétale :

$$V_{\text{déc}} = L \times B_{\text{cv}} \times H_{\text{vc}} \quad (\text{VII.1})$$

Tel que :

- $V_{\text{déc}}$: volume du décapage de la couche végétale décapée (m^3).
- L : longueur totale de la tranchée (m).
- B_{cv} : largeur de la couche végétale (m)
- H_{vc} : profondeur de la couche végétale (m)

III.2. Volume du déblai des tranchées :

$$V_{\text{d}} = B \times L \times H \quad (\text{VII.2})$$

Avec :

- V_{d} : volume du déblai des tranchées (m^3).
- B : largeur de la tranchée (m).
- H : profondeur de la tranchée (m).
- L : longueur totale de la tranchée (m).

III.3. Volume occupé par le lit de sable :

$$V_{\text{ls}} = e \times L \times B \quad (\text{VII.3})$$

Avec :

- V_{ls} : volume du lit de sable (m^3).
- e : épaisseur de la couche de sable (m).
- B : largeur de la tranchée (m).
- L : longueur totale de la tranchée (m).

III.4. Volume occupé par les collecteurs :

$$V_{\text{cond}} = \frac{\pi \times D_{\text{ext}}^2}{4} \times L \quad (\text{VII.4})$$

Tel que :

- V_{cond} : volume occupé par les collecteurs (m^3).

- D_{ext} : diamètre extérieur de la conduite (m).
- L : longueur totale de la tranchée (m).

III.5. Volume de l'enrobage :

$$V_e = H_e \times B \times L \quad (\text{VII.5})$$

Tel que :

- H_e : hauteur d'enrobage (m).
- B : Largeur de la tranchée (m).
- L : longueur totale de la tranchée (m).

III.6. Volume du remblai de protection :

$$V_{\text{rem}} = V_d - (V_{\text{cond}} + V_{\text{déc}} + V_{\text{ls}}) \quad (\text{VII.6})$$

Avec :

- V_{rem} : volume du remblai (m^3).
- V_d : volume du déblai (m^3).
- V_{cond} : volume occupé par les conduites (m^3).
- $V_{\text{déc}}$: volume du décapage la couche végétale décapée (m^3).
- V_{ls} : volume du lit de sable (m^3).

III.7. Volume excédentaire :

$$V_{\text{exc}} = V_f - V_{\text{rem}} \quad (\text{VII.7})$$

Tel que :

- V_{exc} : Volume du sol excédentaire (m^3).
- V_f : Volume du sol foisonné (m^3).
- V_{rem} : Volume du remblai (m^3).

Sachant que :

$$V_f = K_f \times V_d \quad (\text{VII.8})$$

Tel que :

- K_f : coefficient de foisonnement varie en fonction de la nature du sol.

IV. Devis quantitatif et estimatif :

Tableau VII-1 : Devis quantitatif et estimatif

| N° | Désignation des travaux | Unité | Quantité | Prix unitaire (DA) | Montant (DA) |
|---------|--------------------------------------|----------------|-----------|--------------------|---------------|
| A | Travaux de terrassement | | | | |
| 1 | Décapage du tranché | m ³ | 1489,129 | 200 | 297825,8 |
| 2 | Déblai | m ³ | 17869,548 | 300 | 5360864,4 |
| 3 | Pose du tranché | m ³ | 7540,732 | 1500 | 11311098 |
| 4 | Remblai de la tranchée | m ³ | 5899,153 | 300 | 1769745,9 |
| 5 | Evacuation des déblais excédentaires | m ³ | 13399,959 | 500 | 6699979,5 |
| B | Canalisation | | | | |
| 1 | PVC-315mm | ml | 9716,933 | 3200 | 31094185,6 |
| 2 | PVC-400mm | ml | 1793,18 | 4300 | 7710674 |
| 3 | PVC-500mm | ml | 1083,952 | 5200 | 5636550,4 |
| 4 | PVC-630mm | ml | 362,619 | 6500 | 2357023,5 |
| 5 | Béton Arme-800mm | ml | 682,436 | 8500 | 5800706 |
| 6 | Béton Arme-1000mm | ml | 223,158 | 12000 | 2677896 |
| 7 | Béton Arme-1200mm | ml | 386,631 | 15000 | 5799465 |
| 8 | Béton Arme-1500mm | ml | 169,07 | 18000 | 3043260 |
| 9 | Béton Arme-1800mm | ml | 150,806 | 20000 | 3016120 |
| C | Construction | | | | |
| 1 | Regard | U | 336 | 60000 | 20160000 |
| 2 | Exécution de DO | U | 2 | 800000 | 1600000 |
| THT | | | | | 114335394,1 |
| TVA 19% | | | | | 21723724,879 |
| TTC | | | | | 136059118,979 |

V. Planification du projet :

La planification de projet correspond à l'organisation des tâches nécessaires à la réalisation d'un projet dans un délai défini. L'objectif de la planification est de déterminer le coût, les ressources mobilisées et la meilleure manière d'ordonner toutes les tâches à effectuer.

Elle consiste en une recherche constante de la manière la plus efficace d'utiliser la main-d'œuvre et les autres ressources disponibles afin d'assurer l'efficacité de l'action à entreprendre, elle consiste en :

- Installation des postes de travail.
- Observations instantanées.
- Analyse des tâches.
- Le chronométrage.
- Définition des objectifs et des attributions.
- Simplification des méthodes.
- Stabilisation des postes de travail.

V.1. Techniques de la planification :

Il existe deux principales méthodes de planification à savoir :

- Méthodes basées sur le réseau.
- Méthodes basées sur le graphique.

V.1.1. Méthodes basées sur le réseau :

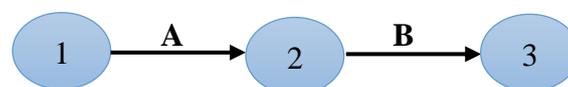
➤ Définition du réseau :

Le réseau est une représentation graphique d'un projet qui permet d'indiquer la relation entre les différentes opérations qui peuvent être successives, simultanées, convergentes et la durée de réalisation.

On distingue deux types de réseaux :

1- Réseau à flèches :

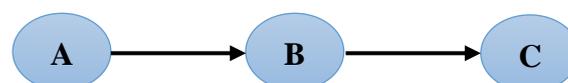
L'opération est représentée par une flèche et la succession des opérations par des nœuds.



Avec l'opération **A** précède l'opération **B**

2- Réseau à nœuds :

L'opération est représentée par un nœud et la succession des opérations par des flèches.



L'opération (**B**) ne peut commencer que si l'opération (**A**) est complètement achevée.

➤ **Construction du réseau :**

Pour construire un réseau il convient d'effectuer les six (6) opérations suivantes :

- Etablissement d'une liste des tâches.
- Détermination des tâches antérieures.
- Construction des graphes partiels.
- Regroupement des graphes partiels.
- Détermination des tâches de début de l'ouvrage et de fin de l'ouvrage.
- Construction du réseau.

V.1.2. Méthodes basées sur le graphique :

➤ **Méthode C.P.M (méthode du chemin critique) :**

L'objectif de cette méthode est de réduire les temps de réalisation d'un ouvrage en tenant compte de trois phases :

- **1^{ère} phase** : l'effectif nécessaire pour effectuer le travail considéré.
- **2^{ème} phase** : analyser systématiquement le réseau, heure par heure, jour pour jour, selon l'unité de temps retenue.
- **3^{ème} phase** : adapter le réseau aux conditions ou contraintes fixées par l'entreprise.

V.2. Les étapes de la planification :

La planification est le processus de la ligne de conduite des travaux à réaliser, elle comprend des étapes suivantes :

V.2.1. Collection des informations :

L'établissement d'une synthèse d'analyse des informations acquises par des études comparatives permet l'usage correct du plan de réalisation de notre projet.

V.2.2. Décomposition du projet :

C'est une partie importante car chaque projet peut être analysé de diverses manières ; nous attribuons à chaque tâche un responsable et ses besoins en matériels.

V.2.3. Relations entre les tâches :

Il existe deux relations essentielles entre les tâches lors de la réalisation ; l'une porte sur un enchaînement logique et l'autre sur un enchaînement préférentiel.

V.2.4. Les paramètres de la méthode C.P.M :

Les paramètres indispensables dans l'exécution de cette méthode sont les suivants :

Tableau VII-2 : Les paramètres de la méthode C.P.M

| | |
|-------------|-------------|
| DCP | TR |
| DFP | DCPP |
| DFPP | MT |

Avec :

- TR : Temps de réalisation du projet.
- DCP : Date de commencement au plus tôt des travaux.
- DCPP : Date de commencement au plus tard des travaux.
- DFP : Date de finition au plus tôt des travaux.
- DFPP : Date de finition au plus tard des travaux.
- MT : Marge totale de l'exécution du projet.

Sachant que :

$$DFP = DCP + TR \quad (\text{VII.9})$$

$$DCPP = DFPP - TR \quad (\text{VII.10})$$

➤ Chemin critique (C.C) :

C'est le chemin qui donne la durée totale du projet (DTR) reliant les opérations possédant la marge totale nulle (0).

Donc pour retrouver un chemin critique il suffit de vérifier la double condition suivante :

$$C.C \Leftrightarrow \begin{cases} MR = 0 \\ \sum TR_{C.C} = D.T.P \end{cases}$$

V.2.5. Attribution des durées de chaque opération :

Pour l'attribution du temps, il est nécessaire de se baser sur deux points :

- Le nombre de ressources (moyens humains et matériels).
- Dimensions du projet.

En utilisant les normes **C.N.A.T**, on pourra appliquer la formule suivante :

$$T = \frac{Q \times N}{n} \quad (\text{VII.11})$$

Avec :

- Q : Quantité de travail.
- N : Rendement.
- n: Nombre d'équipes

V.3. Définitions des tâches et leurs durées :

V.3.1. Symboles des différentes opérations et leur durée :

Pour notre projet, les principales opérations à exécuter sont :

Tableau VII-3 : Les symboles et les durées de différentes opérations

| Operations | Symboles | Durée (jour) |
|--|----------|--------------|
| Lancement de travaux (préparation du chantier) | A | 20 |
| Piquetage | B | 10 |
| Découpage de la couche de goudron et celle de végétation | C | 15 |
| Exécution des tranchées et des fouilles pour les regards | D | 65 |
| Pose du lit de sable | E | 25 |
| Construction des regards | F | 35 |
| La mise en place des canalisations en tranchée | G | 20 |
| Montage et raccordement des conduites | H | 10 |
| Constructions des ouvrages annexes (D.O) | I | 15 |
| Assemblage des tuyaux | J | 25 |
| Faire les essais d'étanchéité pour les conduites et les joints | K | 15 |
| Remblai des tranchées | L | 20 |
| Travaux final | M | 20 |

La détermination des délais par la méthode de tableau. Les résultats de calculs sont reportés dans le tableau suivant :

Tableau VII-4 : Détermination des délais

| Opérations | TR | DP | | DPP | | MT |
|------------|----|-----|-----|------|------|----|
| | | DCP | DFP | DCPP | DFPP | |
| A | 20 | 0 | 20 | 0 | 20 | 0 |
| B | 10 | 20 | 30 | 20 | 30 | 0 |
| C | 15 | 30 | 45 | 30 | 45 | 0 |
| D | 65 | 45 | 110 | 45 | 110 | 0 |
| E | 25 | 110 | 135 | 120 | 145 | 10 |
| F | 35 | 110 | 145 | 110 | 145 | 0 |
| G | 20 | 145 | 165 | 145 | 165 | 0 |
| H | 10 | 165 | 175 | 165 | 175 | 0 |
| I | 40 | 110 | 150 | 175 | 215 | 65 |
| J | 25 | 175 | 200 | 175 | 200 | 0 |
| K | 15 | 200 | 215 | 200 | 215 | 0 |
| L | 20 | 215 | 235 | 215 | 235 | 0 |
| M | 20 | 235 | 255 | 235 | 255 | 0 |

Le chemin critique est :

A-B-C-D-F-G-H-J-K-L-M

Avec un temps de réalisation :

$$\sum \text{TR} = 255 \text{ Jours}$$

Conclusion :

L'organisation de chantier est une étape indispensable pour la réalisation d'un système d'assainissement. Elle permet d'économiser les coûts, l'énergie et le temps, et d'améliorer le rendement de travail.

Cette discipline nous permet également d'établir un devis quantitatif et estimatif qui nous aide à évaluer le coût total du projet. Dans notre cas, le coût estimé est de 136059118,979 DA avec un dure de réalisation de 255 jours.

Conclusion générale

En conclusion, nous pouvons dire que dans ce mémoire, nous avons conçu un système d'évacuation des eaux usées et pluviales de la zone (POS 27 de la nouvelle ville Berbih) vers un exutoire. Ce système vise à protéger la santé publique et l'environnement.

Nous avons procédé en trois étapes :

- En premier lieu, nous avons présenté la zone d'étude et ses caractéristiques.
- En deuxième lieu, nous avons réalisé une étude hydrologique pour déterminer l'intensité moyenne maximale des précipitations, qui est de 76,97 l/s/ha.
- En troisième lieu, nous avons dimensionné le réseau d'assainissement en fonction des débits des eaux usées et pluviales

Pour évaluer les débits d'eaux usées, nous avons pris en compte les débits domestiques et publics. Pour estimer les débits pluviaux, nous avons découpé la zone en 19 sous-bassins et utilisé la méthode rationnelle.

Nous avons choisi des canalisations en PVC pour les canalisations inférieures à 630 mm et en béton armé pour les canalisations supérieures à 630 mm.

Concernant les ouvrages annexes, nous avons prévu deux déversoirs d'orage pour minimiser le diamètre du réseau et évacuer les eaux pluviales vers l'oued.

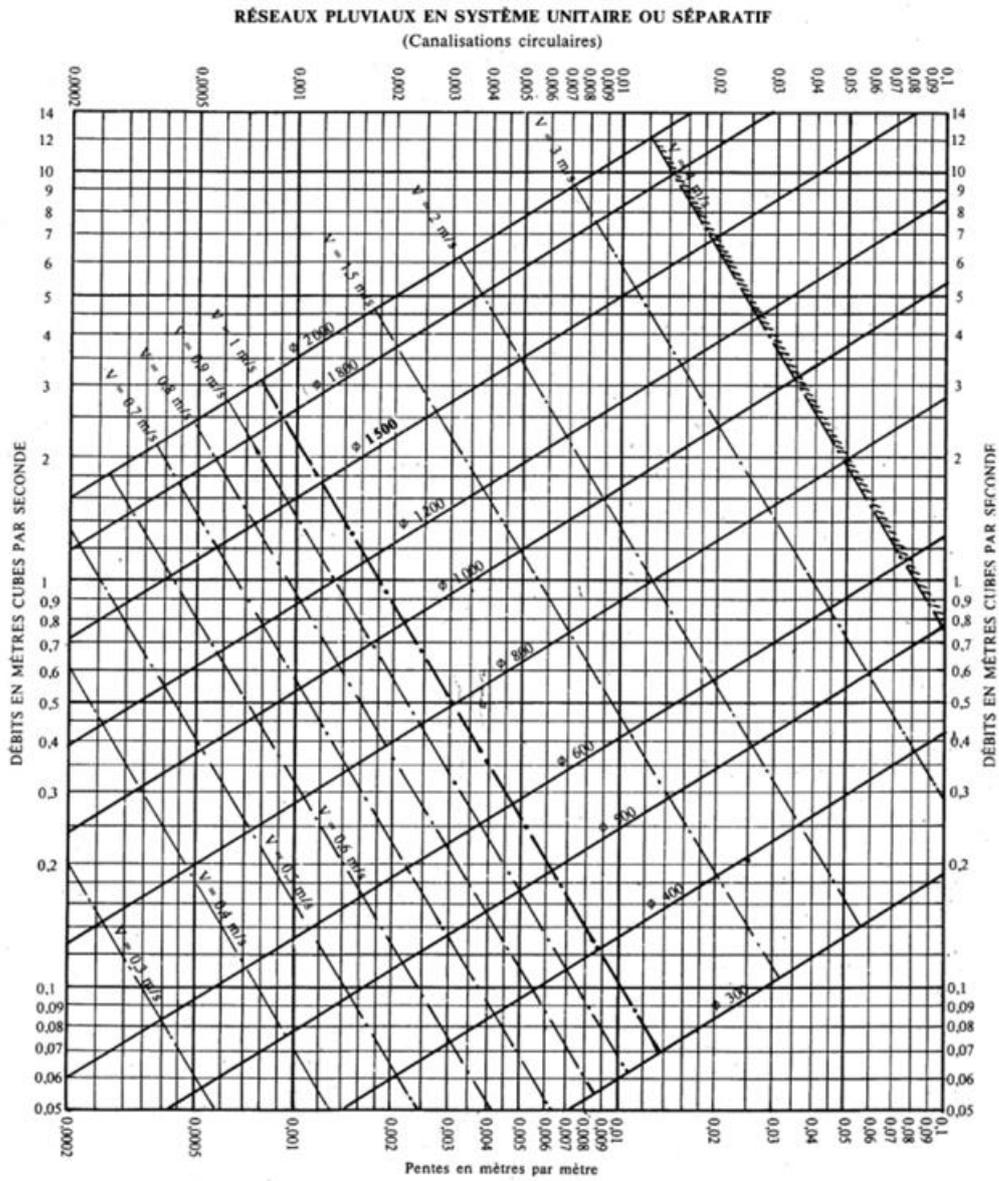
Du point de vue économique, nous avons élaboré un devis quantitatif et estimatif qui évalue le coût du projet à 136059118,979 DA avec un dure de réalisation de 255 jours.

Références bibliographiques

- 1- C.E.R.T.U, 2003. « La ville et son assainissement ». CERTU, France.
- 2- Gomella C. et Guerree H., 1967. « Les eaux usées dans les agglomérations urbaines ». Eyrolles, Paris.
- 3- Gomella C. et Guerree H., 1986. « Guide d'assainissement dans les agglomérations urbaines et rurales (tome 1) ». Eyrolles, Paris.
- 4- Instruction Technique, 1977. « Instruction technique relative aux réseaux d'assainissement des agglomérations ». Imprimerie nationale, Paris.
- 5- Kerloc'h B. et Maelstaf D., 1983. « Le dimensionnement des réseaux d'assainissement des agglomérations ». C.E.T.E, nord Picardie.
- 6- Satin M. *et al.*, 2006. « Guide technique de l'assainissement (3^e édition) ». Le Moniteur, Paris.
- 7- SALAH BOUALEM 2022, « principe de dimensionnement d'un déversoir d'orage », ENSH, Blida.
- 8- Touaibia B., 2004. « Manuel pratique d'hydrologie ». Madani Frères, Blida.
- 9- Water Pollution Control Federation, 1970. « Design and construction of sanitary and storm sewers ». WPCF Manual of practice N° 9. Washington, D.C.
- 10- REBIH.A, 2015. « Renforcement de l'adduction d'eau potable de la ville de Djelfa à partir du champ de captage d'oued Sedar ». Mémoire de fin d'étude. ENSH, Blida.
- 11- Polycopié DJILALI KAHLERRASE 2021, « organisation de chantier », ENSH Blida.

Annexe

Abaque (1)



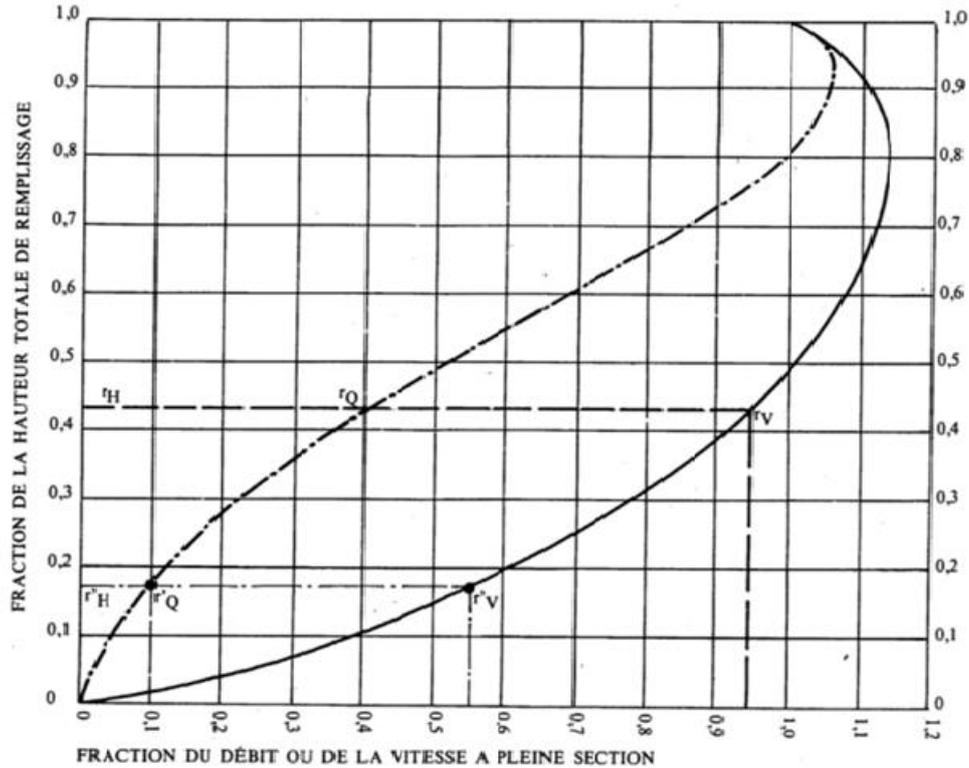
Nota. - La valeur du coefficient de Bazin a été prise égale à 0,46. Lorsque la pose des canalisations aura été particulièrement soignée, et surtout si le réseau est bien entretenu, les débits pourront être majorés de 20 % ($V = 0,30$). A débit égal, les pentes pourront être réduites d'un tiers.

Source : Instruction Technique 1977

Abaque (2)

VARIATIONS DES DÉBITS ET DES VITESSES EN FONCTION DU REMPLISSAGE

a) Ouvrages circulaires



MODE D'EMPLOI.

Les abaques Ab. 3 et Ab. 4 (a et b) utilisés pour le choix des sections d'ouvrages, compte tenu de la pente et du débit, permettent d'évaluer la vitesse d'écoulement à pleine section.

Pour l'évaluation des caractéristiques capacitaires des conduites, ou pour apprécier les possibilités d'autocurage, le nomogramme ci-dessus permet de connaître la vitesse atteinte en régime uniforme pour un débit inférieur à celui déterminé à pleine section.

Les correspondances s'établissent, soit en fonction de la fraction du débit à pleine section, soit en fonction de la hauteur de remplissage de l'ouvrage.

Exemples :

Pour $r_Q = 0,40$, on obtient $r_V = 0,95$ et $r_H = 0,43$.

Pour $Q_{ps}/10$, on obtient $r'_V = 0,55$ et $r'_H = 0,17$ (autocurage).

Nota. — Pour un débit égal au débit à pleine section, la valeur du rapport $r_Q = 1,00$ est obtenue avec $r_H = 0,80$.

Le débit maximum ($r_Q = 1,07$) est obtenu avec $r_H = 0,95$.

La vitesse maximum ($r_V = 1,14$) est obtenue avec $r_H = 0,80$.

Ces dernières conditions d'écoulement à caractère assez théorique ne peuvent être obtenues que dans des conditions très particulières d'expérimentation.