



## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

**Option : CONCEPTION DES SYSTEMES D'ASSAINISSEMENT**

**THEME :**

**Dimensionnement du système d'assainissement  
De la ville Ouled Brahim (W. Médéa)**

**Présenté par :**

**TAIBI Aymene**

**Devant les membres du jury**

| Nom et Prénoms           | Grade | Qualité    |
|--------------------------|-------|------------|
| AMMARI Abdelhadi         | M.C.A | Président  |
| KHEDIMALLAH Abderrahmane | M.C.B | Examineur  |
| DAHMANE Mouloud          | M.C.B | Examineur  |
| KAHLERRAS Malika         | M.C.B | Promotrice |

**Session 2024/2025**

## Remerciement :

Louange à Dieu, Maître des mondes, par Sa grâce les bonnes œuvres s'accomplissent, et grâce à Lui ce travail a pu voir le jour.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers Allah, qui m'a accordé la force, la patience et la volonté nécessaires pour surmonter les difficultés et persévérer jusqu'au bout.

J'adresse mes plus sincères remerciements à mes parents bien-aimés, pour leur soutien constant, leurs sacrifices inestimables et leur présence indéfectible tout au long de mon parcours. Leur amour et leur foi en moi ont été une source essentielle de motivation.

Je tiens également à remercier chaleureusement ma promotrice K.malika, pour ses précieux conseils et son accompagnement constant dans la réalisation de ce travail. Je lui exprime toute ma reconnaissance et mon respect.

Ma gratitude va également aux membres du jury, pour le temps qu'ils ont consacré à évaluer ce mémoire, ainsi que pour leurs remarques pertinentes et enrichissantes.

Je remercie l'ensemble de mes enseignants à l'École Nationale Supérieure d'Hydraulique (ENSH) pour la qualité de leur enseignement, leur disponibilité et leur encadrement tout au long de ma formation.

Enfin, un grand merci à mes amis, collègues, et à toutes les personnes qui, de près ou de loin, m'ont soutenu, encouragé ou aidé à mener à bien ce travail.

## **Dédicace**

J'adresse ce modeste travail à mes chers parents, qui ont toujours été mon pilier et mon soutien à chaque étape de ma vie. Grâce à leurs prières et à leurs encouragements, j'ai pu accomplir ce parcours.

Je dédie également ce travail à ma famille bien-aimée, source de réconfort et de chaleur, dont l'amour et le soutien ont façonné ma personnalité et m'ont aidé à atteindre mes objectifs.

Un grand merci aussi à mes amis précieux, qui ont toujours été à mes côtés, m'encourageant avec leurs mots gentils et leur présence constante.

À vous tous, j'exprime ma plus profonde reconnaissance et ma sincère gratitude.

## ملخص

تشهد بلدية أولاد إبراهيم نموًا ديموغرافيًا مستمرًا، مما يؤدي إلى زيادة كبيرة في كميات المياه المستعملة. وفي ظل غياب شبكة صرف صحي متكاملة، أصبح من الضروري إجراء دراسة دقيقة ومعقدة. تهدف هذه الدراسة، بعد جمع المعطيات اللازمة، إلى تقييم حجم التدفقات المتوقعة وتصميم نظام موحد قادر على تلبية الاحتياجات المتزايدة للسكان. ويهدف هذا العمل إلى ضمان تصميم شبكة صرف صحي فعالة، مستدامة، ومتكيفة مع إدارة المياه المستعملة ومياه الأمطار.

**الكلمات المفتاحية:** أولاد براهيم، النمو السكاني، شبكة الصرف الصحي، تصميم نظام صرف مياه الأمطار

## Résumé:

La commune d'Ouled Brahim connaît une croissance démographique continue, entraînant une augmentation significative des volumes d'eaux usées. En l'absence d'un réseau d'assainissement intégré, il devient impératif de mener une étude précise et approfondie. Cette étude vise, après la collecte des données nécessaires, à évaluer le volume des débits attendus et à concevoir un système unitaire capable de répondre aux besoins croissants de la population. Elle a pour objectif de garantir la conception d'un réseau d'assainissement efficace, durable et adapté à la gestion des eaux usées et des eaux pluviales.

**Mots-clés :** Ouled Brahim, croissance démographique, réseau d'assainissement, système unitaire, eaux usées. Eaux pluviales

## Abstract:

The municipality of Ouled Brahim is experiencing continuous population growth, leading to a significant increase in wastewater volumes. In the absence of an integrated sanitation network, there is an urgent need for a thorough and accurate study. This study aims, after collecting the necessary data, to evaluate the expected flow volumes and to design a unified drainage system that meets the growing needs of the population. The objective is to ensure the design of an efficient, sustainable, and appropriate network for the management of wastewater and stormwater.

**Keywords:** Ouled Brahim, population growth, sanitation network, unified system, wastewater, stormwater.

## **Sommaire :**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Introduction générale.....1**

### **Chapitre I : Présentation de l'agglomération**

|                                                               |   |
|---------------------------------------------------------------|---|
| I.1 Introduction.....                                         | 2 |
| I.2 Caractéristiques géographiques .....                      | 2 |
| I.2.1 Situation géographique de la commune OULED BRAHIM ..... | 2 |
| I.2.1 Localisation de la zone d'étude .....                   | 3 |
| I.3 Caractéristiques physiques.....                           | 3 |
| I.3.1 Situation topographique et relief .....                 | 3 |
| I.3.2 Sismicité .....                                         | 3 |
| I.3.3 Géologie .....                                          | 3 |
| I.3.4 Hydrogéologie .....                                     | 4 |
| I.4 Caractéristiques climatiques .....                        | 4 |
| I.4.1 Température .....                                       | 4 |
| I.4.2 Humidité .....                                          | 5 |
| I.4.3 Pluviométrie .....                                      | 6 |
| I.5 Situation hydraulique .....                               | 6 |
| I.5.1 Alimentation en eau potable .....                       | 6 |
| I.5.2 Assainissement .....                                    | 6 |
| I.5.3 Risque d'inondation .....                               | 6 |
| I.6 Conclusion .....                                          | 6 |

### **Chapitre II : Etude hydrologique**

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| II.1 Introduction .....                                    | 8  |
| II.2 Choix de la période de retour.....                    | 8  |
| II.3 L'intensité moyenne des précipitations .....          | 8  |
| II.4 Données des précipitations .....                      | 9  |
| II.5 Etude des précipitations maximales journalières ..... | 10 |
| Choix de la loi d'ajustement.....                          | 12 |
| II.5.1 Ajustement avec la loi de Gumbel .....              | 12 |

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| II.5.2 Ajustement à la loi de Galton .....                     | 14 |
| II.5.3 Ajustement à la loi de GEV .....                        | 15 |
| II.6 Choix de la loi d'ajustement .....                        | 17 |
| II.7 Calcul des pluies et des intensités de courte durée ..... | 19 |
| II.8 Intensité moyenne maximale .....                          | 21 |
| Conclusion .....                                               | 21 |

### **Chapitre III : Calcul de base**

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| III.1 Introduction.....                                                                  | 23 |
| III.2 Situation démographique .....                                                      | 23 |
| III.3 Découpage de l'aire d'étude en surfaces élémentaires.....                          | 23 |
| III.4 Systèmes d'évacuation des eaux .....                                               | 24 |
| III.4.1 Système unitaire .....                                                           | 24 |
| III.4.2 Systèmes séparatif .....                                                         | 25 |
| III.4.3 Système pseudo-séparatif.....                                                    | 25 |
| III.4 Avantages et inconvénients des types de systèmes d'assainissement .....            | 26 |
| III.5 Choix du système de notre réseau d'assainissement.....                             | 27 |
| III.6 Schémas d'évacuation des eaux collectées en assainissement.....                    | 27 |
| III.6.1 Schéma perpendiculaire .....                                                     | 27 |
| III.6.2 Schéma par déplacement latéral.....                                              | 28 |
| III.6.3 Schéma par zones étagées .....                                                   | 28 |
| III.6.4 Schéma à collecte transversale oblique .....                                     | 29 |
| III.6.5 Schéma radial .....                                                              | 29 |
| III.7 Principe du tracé du réseau .....                                                  | 30 |
| III.8 Evaluation du coefficient de ruissellement .....                                   | 30 |
| III.9 Calcul du nombre d'habitants pour chaque surface élémentaire .....                 | 31 |
| III.9.1 Estimation du coefficient du ruissellement pour chaque surface élémentaire ..... | 32 |
| III.9.2 Calcul du coefficient de ruissellement pondéré .....                             | 32 |
| III.9.3 Calcule la Densités des parcelles élémentaires .....                             | 33 |
| III.10 Conclusion .....                                                                  | 34 |

**Chapitre IV :**  
**Evaluation des débits des eaux usées et pluviales**

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| IV.1 Introduction.....                                    | 36 |
| IV.2.Evaluation des débits d'eaux usés.....               | 36 |
| IV.3 Nature des eaux usées.....                           | 36 |
| IV.3.1 Eaux usées domestique.....                         | 36 |
| IV.3.2 Eaux usées des services publics.....               | 36 |
| IV.3.3 Eaux usées industrielles.....                      | 36 |
| IV.3.4 Eaux claires parasites (EPC).....                  | 37 |
| IV.4 Consommation en eau potable .....                    | 37 |
| IV.5 Estimation des débits d'eaux usées.....              | 37 |
| IV.5.1 Estimation des débits usés domestiques .....       | 37 |
| IV.5.2 Estimation du débit moyen journalier rejeté.....   | 37 |
| IV.6 Estimation du débit de pointe .....                  | 38 |
| IV.6.1 Estimation des eaux usées des équipements.....     | 39 |
| IV.6.2 Estimation des débits des eaux parasites.....      | 40 |
| IV.6.3 Débits totaux des eaux usées à évacuer.....        | 40 |
| IV.7 Estimation des eaux pluviales.....                   | 41 |
| IV.7.1 Méthode rationnelle.....                           | 41 |
| IV.7.2 Coefficient réducteur de l'intensité de pluie..... | 41 |
| IV.7.3 Hypothèses de la méthode rationnelle.....          | 41 |
| IV.7.4 Temps de concentration Tc.....                     | 42 |
| IV.7.5 Critiques de la méthode rationnelle .....          | 42 |
| IV.7.6 Méthode superficielle .....                        | 42 |
| IV.7.7 Limites de la méthode superficielle.....           | 43 |
| IV.7.8 Choix de la méthode du calcul.....                 | 43 |
| IV.8 Débits totaux.....                                   | 44 |
| IV.9 Conclusion.....                                      | 45 |

## **Chapitre V :**

### **Dimensionnement du réseau d'égout**

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| VI.1 Introduction.....                                                     | 47 |
| VI.2 Conception des réseaux d'évacuation des eaux usées et pluviales ..... | 47 |
| VI.3 Conditions d'écoulement .....                                         | 47 |
| VI.4 Mode de calcul .....                                                  | 48 |
| VI.5 Détermination des sections des ouvrages.....                          | 48 |
| VI.6 Conclusion.....                                                       | 49 |

## **Chapitre VI**

### **Eléments constitutifs et Ouvrages annexes**

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| VI.1 Introduction .....                                             | 51 |
| VI.1 VI.2 Ouvrages principaux.....                                  | 51 |
| VI.2.1 Canalisations.....                                           | 51 |
| VI.2.2 sélection du type de canalisation .....                      | 51 |
| VI.2.3 Joints des canalisations en béton armé .....                 | 51 |
| VI.2 VI.3 Ouvrages annexe .....                                     | 52 |
| VI.3.1 Ouvrages normaux.....                                        | 52 |
| VI.3.1.1 Les Branchements.....                                      | 52 |
| VI.3.1.2 Bouches d'égout .....                                      | 52 |
| VI.3.1.3 Ouvrages d'accès au réseau (Regards) .....                 | 53 |
| VI.3.1.4 Dimensionnement des différents ouvrages constitutifs ..... | 53 |
| VI.3.2 Ouvrages spéciaux.....                                       | 54 |
| VI.3.2.1 Déversoirs d'orage.....                                    | 54 |
| VI.3.2.2 Les différents types de déversoirs .....                   | 55 |
| VI.3.2.3 choix et emplacement des déversoirs d'orage .....          | 55 |
| VI.3.2.4 Dimensionnement de déversoir d'orage.....                  | 55 |
| VI.4 Conclusion.....                                                | 58 |

**Chapitre VII :**  
**Organisation du chantier**

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| VII.1 Introduction.....                                                   | 60 |
| VII.2 les étapes de réalisation du projet .....                           | 60 |
| VII.2.1 Exécution des travaux.....                                        | 60 |
| VII.2.1.1 Vérification de la manutention des conduites .....              | 60 |
| VII.2.1.2 Décapage de la couche végétale.....                             | 60 |
| VII.2.1.3 Piquetage.....                                                  | 61 |
| VII.2.1.4 Excavation des tranchées et des fouilles pour les regards ..... | 61 |
| VII.2.1.5 Aménagement du lit de pose.....                                 | 61 |
| VII.2.1.6 Mise en place des conduites.....                                | 62 |
| VII.2.1.7 Assemblage des conduites .....                                  | 62 |
| VII.2.1.8 Essais d'étanchéité sur les canalisations et joints .....       | 62 |
| VII.2.1.9 Construction des ouvrages hydrauliques .....                    | 62 |
| VII.2.1.10 Remblaiement des tranchées.....                                | 62 |
| VII.2.2 Choix des engins de terrassement.....                             | 63 |
| VII.3 Détermination des différents volumes de terrassement .....          | 63 |
| VII.4 Cout de projet.....                                                 | 65 |
| VII.5 Planification des travaux.....                                      | 65 |
| VII.5.1 Techniques de la planification .....                              | 65 |
| VII.5.1.1 Méthodes basées sur le réseau .....                             | 66 |
| VII.5.1.2 Méthode basées sur le graphique .....                           | 67 |
| VII.5.2 Étapes de la planification.....                                   | 68 |
| VII.5.2.1 Les Paramètres de la méthode C.P.M.....                         | 67 |
| VII.5.2.2 Attribution des durées de chaque opération .....                | 67 |
| VII.5.3 Les différents opérations avec leurs durées.....                  | 68 |
| VII.6 Conclusion .....                                                    | 69 |

## Liste des tableaux :

### Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

|                                                                        |   |
|------------------------------------------------------------------------|---|
| Tableau I-1 : Répartition des températures moyennes mensuelles .....   | 4 |
| Tableau I-1 : Valeurs moyennes mensuelles de l'humidité relative ..... | 5 |

### Chapitre II : Etude hydrologique

|                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau II-1 : Identification de la station pluviométrique d'EL OMARIA.....                          | 9  |
| Tableau II-2 : la série pluviométrique (station d'EL OMARIA .....                                    | 9  |
| Tableau II-3 : Caractéristiques de la série pluviométrique.....                                      | 11 |
| Tableau II-4 : Résultats de l'ajustement a la loi de Gumbel .....                                    | 12 |
| Tableau II-5 : Ajustement à la loi de Galton .....                                                   | 14 |
| Tableau II-6 : Résultat de l'ajustement à la loi GEV .....                                           | 16 |
| Tableau II-7 : Comparaison de paramètre P pour les trois lois de probabilité de test d'adéquation... | 17 |
| Tableau II-8 : Résultats de test khi-deux.....                                                       | 17 |
| Tableau II-9 : Pluies et Intensités de courtes durées de différentes périodes de retour .....        | 20 |

### Chapitre III : Calcul de base

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau III-1 : Données démographiques .....                                                 | 23 |
| Tableau III-2 : Avantages et Inconvénients des types systèmes d'évacuation.....              | 26 |
| Tableau III-3 : valeurs de coefficient de ruissellement en fonction de la nature de sol..... | 30 |
| Tableau III-4 : Coefficients de ruissellement pour différentes densités de population.....   | 31 |
| Tableau III-5 : Coefficients de ruissellement en fonction du type d'occupation du sol.....   | 31 |
| Tableau III-6 : coefficient de ruissellement relatif aux catégories d'urbanisation.....      | 31 |
| Tableau III-7 : coefficient du ruissellement de chaque surface élémentaire .....             | 32 |
| Tableau III-8 : Détermination la densité partielle et le nombre d habitante.....             | 33 |

### Chapitre IV : Evaluation des débits des eaux usées et pluviales

|                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau IV-1 : Débits d'eaux usées domestiques pour chaque surface élémentaire.....                    | 38 |
| Tableau IV-2 : débits des eaux usées rejetés par les équipements pour chaque surface élémentaire. .... | 39 |
| Tableau IV-3 : Débits des eaux parasites. ....                                                         | 40 |
| Tableau IV-4 : Débits totaux des eaux usées. ....                                                      | 40 |
| Tableau IV-5 : Evaluation des débits pluviaux .....                                                    | 40 |
| Tableau IV-6 : Débits totaux à évacuer.....                                                            | 40 |

## **Chapitre V : Dimensionnement du réseau d'égout**

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau V-1 : coefficients de rugosité en fonction de la nature de la paroi..... | 49 |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|

## **Chapitre VI : Les Eléments constitutifs et ouvrages annexes**

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau VI-1 : Les dimensions des regards.....                             | 54 |
| Tableau VI-2 : dimensionnement du premier déversoir d'orage projeté .....  | 57 |
| Tableau VI-3 : dimensionnement du deuxième déversoir d'orage projeté ..... | 57 |

## **Chapitre VII : Organisation du chantier**

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau VII-1 : Coefficients du foisonnement.....                  | 64 |
| Tableau VII-2 : Résultats des volumes calculés.....                | 64 |
| Tableau VII-3 : Devis estimatif et quantitatif des travaux .....   | 65 |
| Tableau VII-3 : les différentes opérations avec leurs délais ..... | 68 |
| Tableau VII-3 : détermination des délais .....                     | 68 |

## Liste des figures :

### Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

|                                                                     |   |
|---------------------------------------------------------------------|---|
| Figure I-1 : Situation géographique de la commune OULED BRAHIM..... | 2 |
| Figure I-2 : Image satellitaire D'OULED BRAHIM, .....               | 3 |
| Figure I-3 : Carte géologique de l'Algérie .....                    | 4 |

### Chapitre II : Etude Hydrologique

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| Figure II-1 : Ajustement graphique à la loi de Gumbel .....          | 13 |
| Figure II-2 : Ajustement graphique à la loi Galton .....             | 15 |
| Figure II-3 : Ajustement graphique à la loi GEV .....                | 16 |
| Figure II-4 : Comparaison entre les trois graphes d'ajustement. .... | 18 |

### Chapitre III : Calcul de base

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure III-1 : Schéma représentatif des branchements dans un système unitaire.....   | 24 |
| Figure III-2 : Schéma représentatif des branchements d'un système séparatif. ....    | 25 |
| Figure III-3 : Schéma présentatif des branchements en système pseudo-séparatif ..... | 25 |
| Figure III-4 : Schéma perpendiculaire.....                                           | 27 |
| Figure III-5 : schéma par déplacement latéral.....                                   | 28 |
| Figure III-6 : Schéma par zones étagées .....                                        | 28 |
| Figure III-7 : Schéma transversal oblique.....                                       | 29 |
| Figure III-8 : Schéma radial .....                                                   | 29 |

### Chapitre VI : Les Eléments constitutifs et ouvrages annexes

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| Figure VI-1 : Branchement de service avec inclinaison..... | 52 |
| Figure VI-2 : Schéma type d'un DVO .....                   | 54 |

### Chapitre VII : Organisation du chantier

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| Figure VII-1 : Aménagement du lit de pose..... | 61 |
|------------------------------------------------|----|

# **INTRODUCTION GENERALE**

## **Introduction générale :**

L'eau constitue une ressource vitale étroitement liée à la santé publique et à l'équilibre environnemental. Avec l'expansion urbaine et la croissance démographique continue, la gestion des eaux usées devient un enjeu majeur, notamment dans les zones où les réseaux d'assainissement sont absents ou insuffisants.

La commune d'Ouled Brahim, située dans la wilaya de Médéa, fait face à une situation environnementale préoccupante en raison de l'absence d'un réseau d'assainissement fonctionnel. Cette carence se traduit par la prolifération de rejets directs et non contrôlés dans les cours d'eau naturels, aggravant la dégradation du cadre de vie et menaçant la santé des habitants, dans un contexte de forte pression démographique.

Face à cette problématique, la nécessité de réaliser une étude technique approfondie s'impose, dans le but de concevoir un réseau d'assainissement unitaire capable de répondre aux besoins actuels et futurs de la commune. Cette étude portera sur l'évaluation des débits d'eaux usées prévus, l'analyse des caractéristiques topographiques et hydrologiques du site, ainsi que la définition de solutions viables, à la fois sur le plan environnemental et économique, garantissant un système d'évacuation efficace et durable.

Ce mémoire vise ainsi à contribuer à l'amélioration des conditions de vie à Ouled Brahim à travers des solutions techniques adaptées, basées sur une approche scientifique rigoureuse. La protection des ressources naturelles et la réduction de la pollution nécessitent des actions durables et des politiques appropriées.

# **Chapitre I :**

## **Présentation de la zone d'étude**

## I.1 Introduction

A Lorsqu'on s'apprête à planifier ou à exécuter un projet de recherche ou d'étude d'une agglomération, on devra au préalable en faire la présentation. Dans tout projet hydraulique, cette phase ne devrait, en aucun cas, être négligée, au contraire, c'est une étape fondamentale pour donner à voir la zone d'étude des différentes facettes à savoir : géographique, topographique, géologique, climatique, démographique, hydraulique, entre autres. En fait cela, pour identifier les diverses entraves qui interagissent sur l'aménagement du dessin du projet, notamment dans le choix du dimensionnement des systèmes pertinents d'évacuation.

## I.2 Caractéristiques géographiques :

### I.2.1 Situation géographique de la commune OULED BRAHIM :

La commune de OULED BRAHIM a été créée suite au découpage administratif de 1984. Auparavant, elle constituait une agglomération secondaire rattachée à la commune mère El Omaria. Elle fait partie de la Daïra d'El Omaria. Située à environ 20 km à l'est du chef-lieu de la wilaya de Médéa, la commune de Ouled Brahim est traversée par la route nationale 64A, qui prend son origine depuis la RN1.

La commune D'Ouled Brahim est délimitée :

- Au Nord par la commune Ouzera.
- A L'Est par la commune El Omaria.
- A L'Ouest par la commune BENCHICAO.
- Au Sud par les communes Berrouaghia et Sidi Naamane.

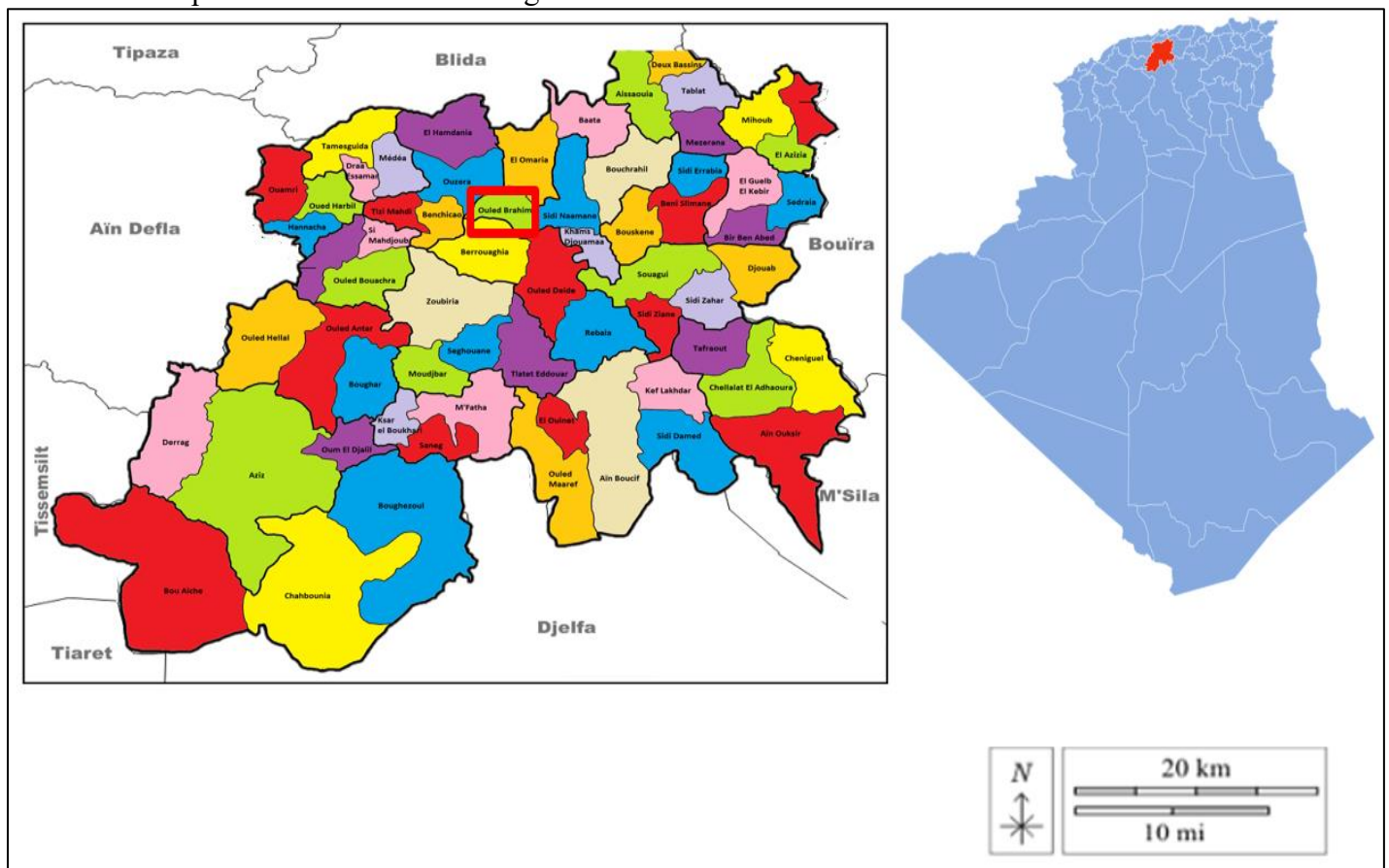


**Figure I-1 : Situation géographique de la commune OULED BRAHIM**

### 1.2.2 Localisation de la zone d'étude :

L'agglomération du chef-lieu de la commune d'OULED BRAHIM est située dans la partie nord de la commune, traversée par la route nationale RN64A, qui constitue l'axe principal structurant de la ville et de son développement. Il s'étend sur une surface de 72 ha et se situe à une altitude d'environ 1100 mètres au-dessus du niveau de la mer.

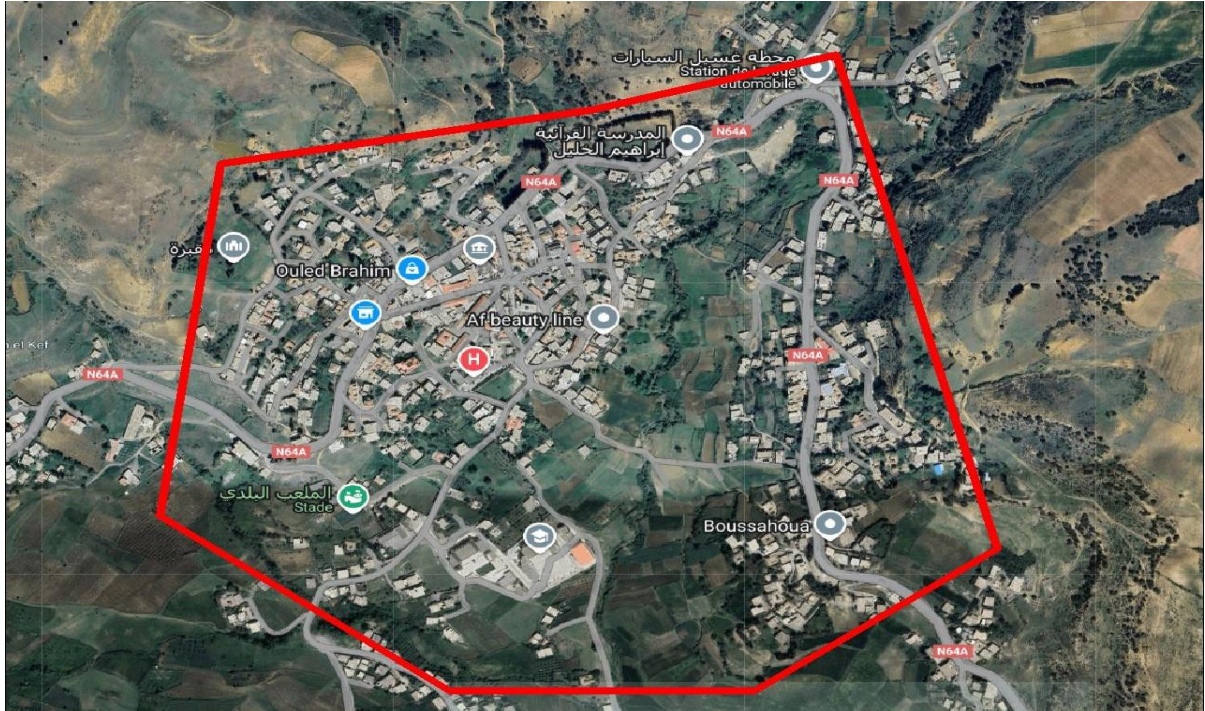


Figure I-2 : Image satellitaire D'OULED BRAHIM. (3 avril 2025)

### 1.3 Caractéristiques physiques :

#### 1.3.1 Situation topographique et relief :

Le point culminant de la zone d'étude atteint 1253 mètres et descend à 1001 mètres en direction de la plaine, suivant un gradient nord-sud. La région se distingue par un terrain accidenté, avec des pentes abruptes variant entre 0 % et 20 %.

#### 1.3.2 Sismicité :

La commune D'OULED BRAHIM est située dans la wilaya de Médéa, en Algérie. Selon la carte de zonage sismique du Règlement Parasismique Algérien (RPA 99/version 2003), la wilaya de Médéa est classée en zone sismique IIa, ce qui correspond à un niveau de sismicité moyen. Cette classification implique que la région est sujette à une activité sismique modérée, nécessitant une attention particulière dans les normes de construction pour assurer la sécurité des infrastructures.

#### 1.3.3 Géologie

A l'échelle régionale nous avons un lieu élevé appartenant à la zone moyenne de l'Atlas tellien, cette partie concerne le bassin de Isser présentant des croupes élevées, terres argileuses, des plateaux sablonneux, ainsi il est caractérisé par la présence de roches non consolidées.

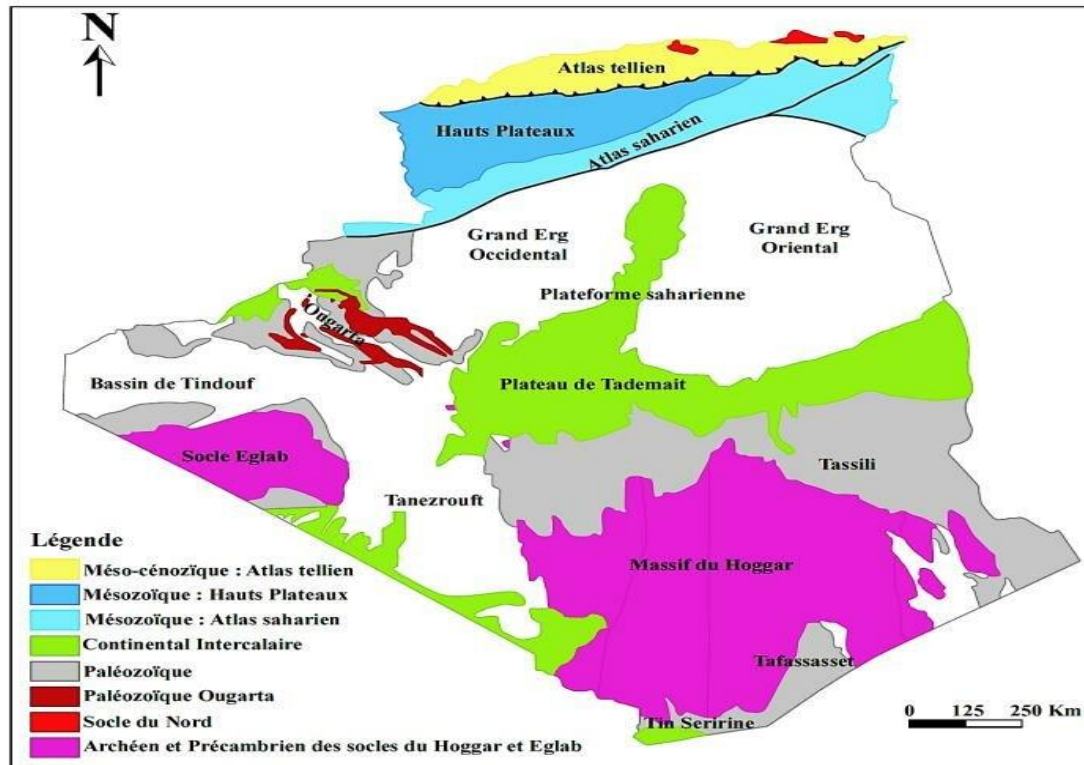


Figure I-3 : Carte géologique de l'Algérie (ASGA-2020)

### I.3.4 Hydrogéologie :

Les grès helvétiques retiennent l'eau au-dessus d'une couche argileuse, permettant son écoulement à travers de nombreuses sources situées en périphérie des affleurements. En revanche, les marnes argileuses de l'Helvétien inférieur et supérieur forment une barrière imperméable, limitant l'infiltration des eaux de pluie et provoquant un fort ruissellement lors des orages.

Ce phénomène entraîne une érosion intense, donnant naissance à des reliefs escarpés et dentelés sur les flancs montagneux. La majeure partie des eaux pluviales converge vers l'Oued Besbas via un réseau de cours d'eau secondaires, principalement constitué d'oueds et de chaabets. Le débit des sources est très variable selon les saisons, atteignant un maximum en hiver, tandis que la plupart s'assèchent complètement en été.

### I.4 Caractéristiques climatiques :

La commune de OULED BRAHIM se situe dans l'étage biochimique subhumide avec des précipitations allant de 700 à 750 mm par an, La zone présente un climat à forte amplitude thermique, avec des hivers froids et des étés chauds et secs,.

#### I.4.1 Température :

Le tableau I-1 résume les températures moyennes maximales et minimales observées dans la zone d'étude.

Tableau I-1 : Répartition mensuelle des températures moyennes mensuelles.

| T   | Mois         | Sept | Oct  | Nov  | Dec  | Jan | Fév  | Mars | Avril | Mai   | Juin  | Juil  | Aout  |
|-----|--------------|------|------|------|------|-----|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| °C] | Moyenne. Max | 26,3 | 19,8 | 15,3 | 11,2 | 10  | 11,1 | 13,2 | 16,3  | 20,4  | 25,4  | 29,2  | 30,4  |
|     | Moyenne      | 18,8 | 13,5 | 11,3 | 8    | 6,9 | 7,35 | 9,49 | 9,71  | 12,78 | 18,64 | 21,65 | 23,5  |
|     | Moyenne. Min | 11,3 | 7,3  | 7,3  | 4,8  | 3,8 | 3,6  | 5,77 | 3,11  | 5,15  | 11,87 | 19,4  | 16,61 |

Source :PDAU d'OULED BRAHIM

### I.4.2 Humidité :

La zone d'Ouled Brahim est caractérisée par un climat méditerranéen tempéré, marqué par des étés chauds et arides, et des hivers généralement doux accompagnés de précipitations.

Vous trouverez le récapitulatif de l'humidité perçue dans le tableau I-2.

**Tableau I-2 : Valeurs moyennes mensuelles de l'humidité relative**

| Mois         | Sept | Oct | Nov | Dec | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Aout |
|--------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| Humidité [%] | 60   | 65  | 69  | 72  | 73  | 70  | 67  | 64  | 61  | 58   | 55   | 57   |

Source : ANRH BLIDA 2025

Selon le tableau , Ces données indiquent que l'humidité relative est généralement plus élevée en hiver, atteignant son maximum en janvier avec 73 %, et plus basse en été, avec un minimum de 55 % en juillet. Ces variations saisonnières sont typiques des climats méditerranéens, où les hivers sont plus humides et les étés plus secs.

### I.4.3 Pluviométrie :

Les précipitations annuelles varient entre 450 et 750 mm/an.

## I.5 Situation hydraulique :

### I.5.1 Alimentation en eau potable :

le Nombre de réservoirs égal 3 (500+50+100), de Capacités totales 650 m<sup>3</sup>, L'alimentation en eau de la commune repose exclusivement sur une source naturelle, aucun puits ni forage n'est raccordé au réseau .La production moyenne journalière est estimée entre 300 et 400 m<sup>3</sup> ce qui nécessite une Fréquence de distribution 1/2; avec une plage horaire de 8 a 10 heures/jour, Longueur du réseau de distribution-10 km, les abonés 829 (forfait),

### I.5.2 Assainissement :

La commune de OULED BRAHIM est située dans le Sous Bassin versant d'Oued KHRACHRIA.

Notre zone d'étude est dotée d'un réseau de type unitaire, dans son état ancien ou récent et il est constitué par des collecteurs primaires et secondaires qui drainent les eaux usées et pluviales vers les rejets a ciel ouvert et sans aucun prétraitement.

Le réseau d'assainissement de la commune de Ouled Brahim, mis en service depuis 1990, s'étend sur environ 8 km. Il est constitué à environ 70 % de canalisations en béton et 30 % en PVC, avec des diamètres variant de 315 mm à 1200 mm. Les eaux usées sont évacuées directement vers l'oued Kherachria, qui représente le seul exutoire naturel. Actuellement, le réseau est en état de dégradation partielle, en raison de l'ancienneté des installations, du manque d'entretien et de l'absence de système de prétraitement, ce qui engendre une pollution environnementale directe et préoccupante au niveau du chef-lieu de la commune.

### 1.5.3 Risque d'inondation

Le chef-lieu est situé dans un terrain accidenté, avec un drainage d'oued EL KHRACHRIA aménagé qu'à hauteur de 10 % dans la zone urbaine, donc le chef-lieu ne se pose pas aux risques d'inondation.

## **I.6 Conclusion :**

Chapitre analyse les caractéristiques physiques et climatiques de la région d'Ouled Brahim afin de poser les bases nécessaires au développement des infrastructures, notamment le réseau d'assainissement. Les données recueillies permettent une conception optimisée du réseau tout en respectant les exigences environnementales et sanitaires pour le traitement des eaux, avec la proposition de création d'une station d'épuration.

# **Chapitre II :**

# **Etude Hydrologique**

## II.1 Introduction :

L'hydrologie est une discipline scientifique qui s'intéresse aux mécanismes du cycle de l'eau dans l'environnement. Elle étudie les interactions entre l'atmosphère, la surface terrestre et les nappes souterraines, en mettant l'accent sur la distribution, le déplacement et les propriétés physiques, chimiques et biologiques de l'eau. Ce champ d'étude comprend l'analyse des précipitations, de l'infiltration, du ruissellement ainsi que l'écoulement des eaux dans les réseaux naturels ou artificiels comme les rivières et les canaux, tels que les canaux et les conduites souterraines, avec une attention particulière au débit pluvial.

En urbanisme et dans la conception des systèmes d'assainissement, l'hydrologie joue un rôle fondamental. L'étude hydrologique repose sur des données historiques adaptées à la zone d'étude, portant sur les précipitations. Dans le but de déterminer l'intensité maximale des précipitations et de choisir une période de retour adaptée aux conditions locales. L'objectif est d'évaluer le débit de pointe en période de crue dans un bassin versant donné, contribuant ainsi à la protection des réseaux hydrauliques contre les risques d'inondations majeures.

## II.2 Choix de la période de retour

Le choix de la période de retour est effectivement une décision stratégique cruciale dans la conception des infrastructures, notamment pour les réseaux d'assainissement et d'eau pluviale.

Dans le cadre du dimensionnement du réseau, une période de retour de 10 ans a été choisie, en tenant compte d'épisodes pluvieux d'intensité caractéristique apparaissant en moyenne tous les dix ans.

## II.3 Intensité moyenne des précipitations :

L'intensité moyenne des précipitations désigne la quantité d'eau de pluie enregistré sur une surface définie pendant un intervalle de temps donné. Elle permet d'apprécier le rythme d'accumulation de l'eau, des précipitations sur une surface déterminée et joue un rôle essentiel dans la conception des réseaux d'assainissement et des systèmes de drainage.

Elle se calcule en divisant la hauteur de pluie enregistrée par la durée de l'averse.

$$I_m = \frac{\Delta H}{\Delta T} \left( \frac{\text{mm}}{\text{h}} \right)$$

### Définitions des paramètres :

- $\Delta H$  : représente la hauteur de pluie en (mm).
- $I_m$  : intensité moyenne en (mm/h).
- $\Delta T$  = durée de la précipitation (h).

Plusieurs étapes pour déterminer l'intensité moyenne maximale des précipitations :

- Sélection et analyse d'une série de données pluviométriques
- Choix d'une loi statistique adaptée.
- Calcul et vérification des paramètres de la loi.
- Estimation de l'intensité maximale selon la période de retour choisie.

## II.4 Données des précipitations

L'analyse des données pluviométriques constitue une étape fondamentale dans toute étude relative à un projet d'assainissement. Elle s'appuie sur l'exploitation d'une série de précipitations journalières maximales, enregistrées sur la période la plus longue possible, afin d'assurer la fiabilité des estimations hydrologiques.

Dans le cadre de cette étude, l'hypothèse sous-jacente est que les précipitations enregistrées par une station météorologique peuvent être considérées comme représentatives des précipitations tombées dans son environnement immédiat, selon une zone d'influence déterminée par la densité du réseau de stations..

L'analyse des précipitations s'appuie ainsi sur des relevés effectués dans plusieurs stations réparties sur une surface topographique définie. Dans cette étude, la station pluviométrique d'El Omaria est choisie comme station de référence, servant à analyser la répartition et l'intensité des précipitations dans la région. La distance entre la commune d'Ouled Brahim et la station d'El Omaria est d'environ 17 kilomètres, ce qui permet de considérer cette dernière comme représentative pour l'analyse pluviométrique locale.

**Tableau II-1 :** Caractéristiques générales de la station pluviométrique d'El Omaria.

| Nom       | Code   | Coordonnées (UTM)        | Période d'observation |
|-----------|--------|--------------------------|-----------------------|
| El Omaria | 090201 | Latitude<br>36.268964° N | 1990-2020<br>(30 ans) |
|           |        | Longitude<br>2.758993° E |                       |
|           |        | Altitude 790 m           |                       |

Source : ANRH-BLIDA

L'analyse statistique permet d'interpréter des données afin d'identifier des tendances. Dans cette étude, une série d'observations sur une période de 30 ans a été utilisée comme base d'analyse. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant

**Tableau II-2 :** la série pluviométrique (station d'EL OMARIA)

| Année     | Précipitations maximales journalières (mm) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |      | Max  |
|-----------|--------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|
|           | Sep.                                       | Oct. | Nov. | Déc. | Jan. | Fév. | Mars | Avr. | Mai  | Juin | Juil. | Août |      |
| 1990-1991 | 5,5                                        | 11,1 | 9,7  | 30,4 | 8,7  | 19,1 | 17,1 | 11,6 | 9,9  | 2,5  | 0     | 21,1 | 30,4 |
| 1991-1992 | 12                                         | 68   | 15,2 | 0    | 26   | 4,9  | 41,1 | 30,5 | 20   | 0    | 0     | 0    | 68   |
| 1992-1993 | 0                                          | 5,4  | 21,5 | 17,5 | 16,7 | -    | 6,1  | 8,6  | 40,8 | 0    | 0     | 0    | 40,8 |
| 1993-1994 | 8,9                                        | 16,8 | 15,8 | 14   | 10,3 | 9,2  | 0    | 15,8 | 0    | 0    | 0     | 0,3  | 16,8 |
| 1994-1995 | 44                                         | 32   | 13,5 | 26,7 | 52,8 | -    | -    | 0    | 0    | 0    | 0     | -    | 52,8 |
| 1995-1996 | 5,3                                        | -    | 15   | 12,8 | 32,1 | 47   | 12,1 | 12,8 | 20,8 | 8,3  | 8,6   | 3    | 47   |
| 1996-1997 | 12,5                                       | 9,8  | 0    | 13   | 25,8 | -    | 2,3  | 24   | 4,2  | 1,1  | 0     | 0,5  | 25,8 |
| 1997-1998 | 3,2                                        | -    | 27   | 27,7 | 17,4 | 28   | 2,8  | 19,9 | 30,1 | 4,7  | 0     | 2,5  | 30,1 |
| 1998-1999 | 13                                         | 7,9  | 15,7 | 13   | 14,5 | 9,9  | 14,6 | 0    | 12   | 0    | 0     | 0,9  | 15,7 |

|           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|
| 1999-2000 | 16,5 | 26,5 | 62   | 36,1 | 32   | 18,8 | 14,4 | 8,1  | 2,4  | 0    | 0   | 0    | 62   |
| 2000-2001 | 10,2 | 26,5 | 20,9 | 32   | 34,2 | 39   | 12,1 | 1    | 16   | 0    | 0   | 3,8  | 39   |
| 2001-2002 | 10   | 1,5  | 10,4 | 11,4 | 12   | 18   | 3    | 14,5 | 0    | 0    | 6,5 | 5    | 18   |
| 2002-2003 | 11,7 | 25   | 63   | 33   | 32   | 36   | 0    | 33,5 | 3,8  | 0    | 4,3 | 3,2  | 63   |
| 2003-2004 | 5,7  | 11,9 | 63   | 33   | 12,9 | 14,9 | 14,8 | 14   | 16   | 0    | 0   | 6,3  | 63   |
| 2004-2005 | 5,7  | 17   | 38   | 28,3 | 33,2 | 19,5 | 15   | 17   | 23,6 | 7,5  | 3,7 | 0    | 38   |
| 2005-2006 | 10   | 39,5 | 15,2 | 29,4 | 20,6 | 16,8 | 12   | 11,5 | 28,5 | 3,2  | 0   | 0    | 39,5 |
| 2006-2007 | 27,7 | 1,9  | 29   | 31,1 | 3,3  | 27   | 83   | 21,8 | 10,4 | 5,1  | 5,4 | 0    | 83   |
| 2007-2008 | 34,7 | 16   | 30,4 | 8    | 10   | 10   | 1,3  | 3,4  | 9,6  | 28,8 | 7,9 | 4,5  | 34,7 |
| 2008-2009 | 10,8 | 11   | 18,6 | 21   | 31,2 | 12   | 28   | 22,2 | 24,3 | 0    | 0   | 9,7  | 31,2 |
| 2009-2010 | 29   | 10,5 | 30,5 | 33,4 | 20,8 | 25,5 | 19,7 | 15   | 19,5 | 0    | 0   | 16,2 | 33,4 |
| 2010-2011 | 0    | 29,3 | 23,6 | 10,5 | 40   | 35   | 14   | 24,5 | 25   | 10,7 | 0   | 0    | 40   |
| 2011-2012 | 0    | 17   | 24,5 | 20,5 | 8    | 21,5 | 35,2 | 35,1 | 19,3 | 0    | 0   | 1,1  | 35,2 |
| 2012-2013 | 3    | 13,5 | 16   | 0    | 39   | 34,5 | 24,9 | 11,5 | 12,6 | 0    | 0   | 10,7 | 39   |
| 2013-2014 | 10   | 0    | 15,4 | 14   | 12,9 | 25,7 | 36,5 | 0    | 0    | 26,5 | 0   | 0    | 36,5 |
| 2014-2015 | 20,6 | 4    | 20,8 | 96   | 31,9 | 34   | 11,8 | 0    | 76   | 3,4  | 0   | 11   | 96   |
| 2015-2016 | -    | -    | -    | 14,9 | 23,3 | 40,1 | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 40,1 |
| 2016-2017 | -    | -    | 15   | 10,4 | 19   | 16,6 | 30,8 | 49,9 | 22   | 32,8 | -   | 10,9 | 49,9 |
| 2017-2018 | 36,5 | 23,6 | 28   | 64   | 56,1 | 11   | 7,6  | 15,1 | 6,4  | 5    | 0   | 6    | 64   |
| 2018-2019 | 13,1 | -    | 91,5 | 20   | 5,6  | 0    | 44,9 | 21,8 | 2,6  | 8    | 0   | 0,3  | 91,5 |
| 2019-2020 | 2,9  | 14,6 | 23   | 27   | 14,9 | 14,8 | 12,4 | 7,6  | 20   | 9,4  | 0   | 0    | 27   |

Source : ANRH Blida

## II.4 Etude des précipitations maximales journalières :

pour estimer les intensités de pluie à partir des précipitations extrêmes, il est indispensable d'ajuster une loi de probabilité appropriée à la série des hauteurs de pluie maximales journalières. Cette démarche permet de déterminer les valeurs extrêmes ou les quantiles associés à différentes périodes de retour.

L'obtention de l'intensité moyenne maximale passe par plusieurs étapes méthodologiques, détaillées ci-après :

- Classer la série des précipitations par ordre croissant.
- Calculer les caractéristiques statistiques de la série (moyenne, écart-type, etc.)
- Choisir les lois d'ajustement adaptées pour modéliser les données.
- Détermination des quantiles et intervalles de confiance.
- Calcul des intensités pour différentes durées.
- Obtention de l'intensité moyenne maximale (TR = 10 ans).

Les Paramètres statistiques de la série :

- La moyenne :

Avec N=30, La moyenne interannuelle des précipitations maximales journalières :

$$\overline{P_{\max,j}} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{\max,j}}{N} = \frac{1334,6}{30} = 45.05\text{mm. ....II.1}$$

- L'écart-type:

Pour  $N \geq 30$  ans on a :

$$\sigma_{P_{\max,j}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (P_{\max,j} - \overline{P_{\max,j}})^2}{N}} = 20,37 \text{ mm. .... II.2}$$

- Coefficient de variation :

$$C_v = \frac{\sigma_{P_{\max,j}}}{\overline{P_{\max,j}}} = \frac{20,37}{45.05} = 0,452 \text{ ..... II.3}$$

- L'exposant climatique :

L'exposant climatique de la région d'étude ( $b = 0,37$ ) donnée par ANRH de Birmourad Rais

Les valeurs calculées sont récapitulées dans le tableau II-3.

**Tableau II-3 :** Caractéristiques de la série pluviométrique.

| Caractéristiques                   | Valeurs |
|------------------------------------|---------|
| Nombre d'année d'observation (ans) | 30      |
| Valeur maximale (mm)               | 96      |
| Valeur minimale (mm)               | 15,7    |
| Moyenne (mm)                       | 45.05   |
| Ecart-type (mm)                    | 20,37   |
| Médiane                            | 39      |
| Coefficient de variation           | 0,452   |
| Exposant climatique                | 0,37    |

## II.5 Choix de la loi d'ajustement

### II.5.1 Ajustement avec la loi de Gumbel

La loi de probabilité de Gumbel est couramment employée en hydrologie pour modéliser le comportement des phénomènes extrêmes.

Sa fonction de distribution cumulative s'exprime comme suit :

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

$y$  est la variable réduite de la loi de Gumbel

$$- \quad y = (x - x_0)/a = -\ln(-\ln(F(x))) \dots\dots\dots \text{II.5}$$

-  $x_0$  Et  $a$  : les paramètres du modèle de Gumbel

Tel que :

- $x_0$  : Paramètre de position.
- $a$  : Paramètre de l'échelle différent de Zéro appelé Gradex.
- $x$  : variable aléatoire (valeur de la pluie extrême)

❖ l'équation de la loi de Gumbel s'écrit comme suit:

$$x = a y + x_0$$

Les paramètres de la loi Gumbel tirés du logiciel, par la méthode de maximum vraisemblance :

$$a = 15,9822$$

$$u = 35.6236$$

Les valeurs obtenues sont synthétisées dans le tableau III-4, tandis que l'ajustement graphique correspondant est illustré par la figure II-1 :

**Tableau II-4:** Résultats de l'ajustement a la loi de Gumbel

| T (ans) | Q      | X [mm] | $\sigma$ | Intervalle de confiance |
|---------|--------|--------|----------|-------------------------|
| 100     | 0.9900 | 109    | 12.0     | 85.6 - 133              |
| 50      | 0.9800 | 98.0   | 10.4     | 77.5 - 118              |
| 20      | 0.9500 | 83.1   | 8.38     | 66.7 - 99.5             |
| 10      | 0.9000 | 71.6   | 6.83     | 58.2 - 85.0             |
| 5       | 0.8000 | 59.6   | 5.29     | 49.2 - 70.0             |
| 3       | 0.6667 | 50.1   | 4.20     | 41.8 - 58.3             |
| 2       | 0.5000 | 41.5   | 3.41     | 34.8 - 48.2             |

Tel que :

- T : période de retour T= 10 ans
- Q : probabilité au ND
- X<sub>t</sub> : précipitations maximales journalières.

Pour une période de retour T= 10 ans  $\rightarrow Q = 1 - \frac{1}{10} = 0,9$

La variable réduite :

$$u = -\ln(-\ln(0,9)) = 2,25 \dots\dots\dots \text{II.5}$$

Selon les résultats générés par le logiciel Hyfran, l'équation de la loi de Gumbel s'écrit comme suit :

$$P_{\max,j} = 15,9822u + 35,6236.$$

$$u = 2,25$$

Alors :

$$P_{\max,j}(10\text{ans}) = 71,6 \text{ mm}$$

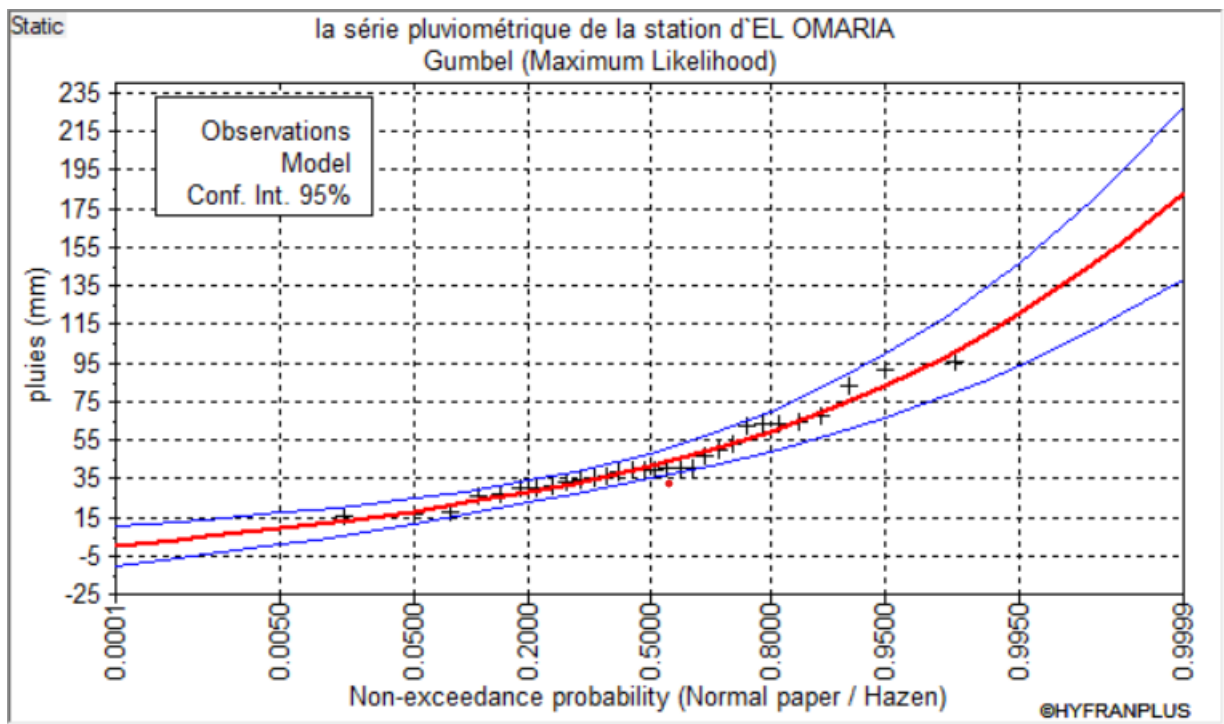


**Figure II-1 : Ajustement graphique à la loi de Gumbel**

## II.5.2 Ajustement à la loi de Galton (log-normal)

- La fonction de répartition de la loi de galton :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{u^2}{2}} d(x) \dots\dots\dots \text{II.6}$$

- u: La variable centrée réduite de Gauss donnée par l'expression suivante :

$$u = \frac{\ln(x) - \overline{\ln(x)}}{\sigma_{\ln(x)}}$$

Tel que :

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

- o L'équation de la loi de Galton s'écrit comme suit :

$$\ln(x) = \overline{\ln(x)} + u \sigma_{\ln(x)}$$

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

$$\overline{\ln(x)} = 3,707$$

$$\sigma_{\ln(x)} = 0,46$$

Les résultats dans le tableau II-5 :

**Tableau II-5** : Ajustement à la loi de Galton

| T (ans) | FND q  | Xt [mm] | Ecart-type | Intervalle de confiance |
|---------|--------|---------|------------|-------------------------|
| 100.0   | 0.9900 | 119     | 19.5       | 80.8 - 157              |
| 50.0    | 0.9800 | 105     | 15.7       | 74.1 - 136              |
| 20.0    | 0.9500 | 86.9    | 11.3       | 64.7 - 109              |
| 10.0    | 0.9000 | 73.5    | 8.40       | 57.1 - 90.0             |
| 5.0     | 0.8000 | 60.0    | 5.90       | 48.5 - 71.6             |
| 3.0     | 0.6667 | 49.7    | 4.37       | 41.1 - 58.3             |
| 2.0     | 0.5000 | 40.8    | 3.43       | 34.0 - 47.5             |

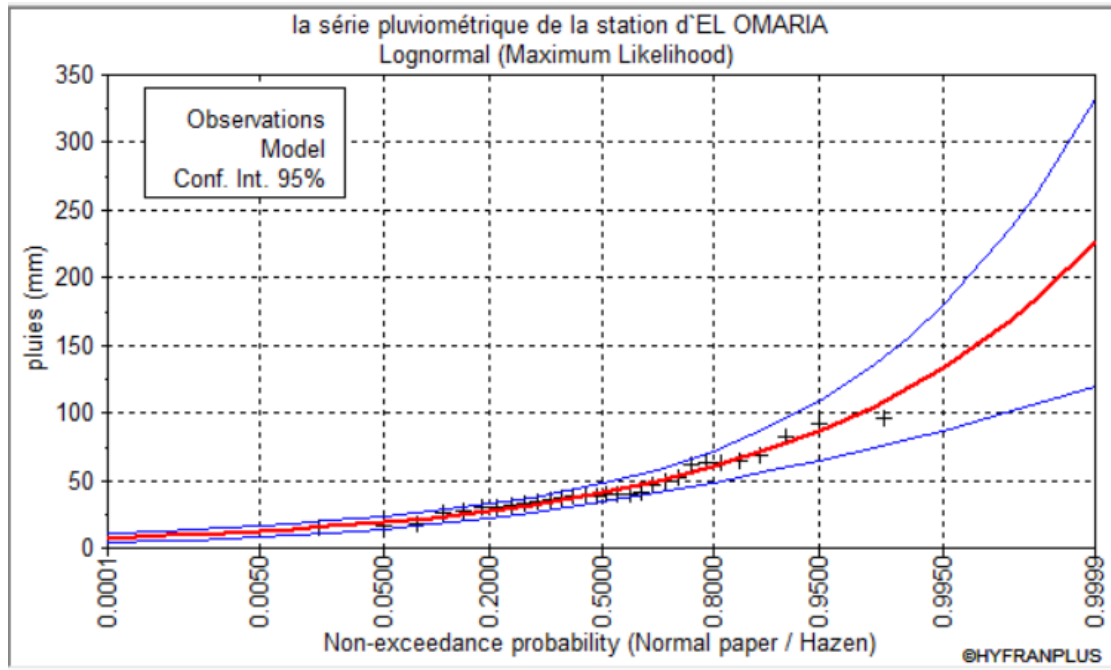


**Figure II-2 : Ajustement graphique à la loi Galton**

### II.5.3 Ajustement à la loi de GEV

- La fonction de répartition de la loi d'extrémum généralisée est exprimée comme suit :

$$F(x) = e^{-e^{-y}} \dots\dots\dots \text{II.7}$$

- Sachant que « y » est la variable réduite :

$$y = -\frac{1}{k} \ln \left[ 1 - \frac{k}{\alpha} (x - u) \right] \dots\dots\dots \text{II.8}$$

Avec :

- x : variable étudiée ( $P_{\max,j}$ )
- u : paramètre de position
- a : paramètre de dispersion ( $\alpha > 0$ )
- k : paramètre de form

- L'expression de quantile est alors :

$$x = u + \frac{\alpha}{k} (1 - e^{-ky}) \dots\dots\dots \text{II.9}$$

- Les paramètres de la loi :

$$u = 35.45 \text{ mm}$$

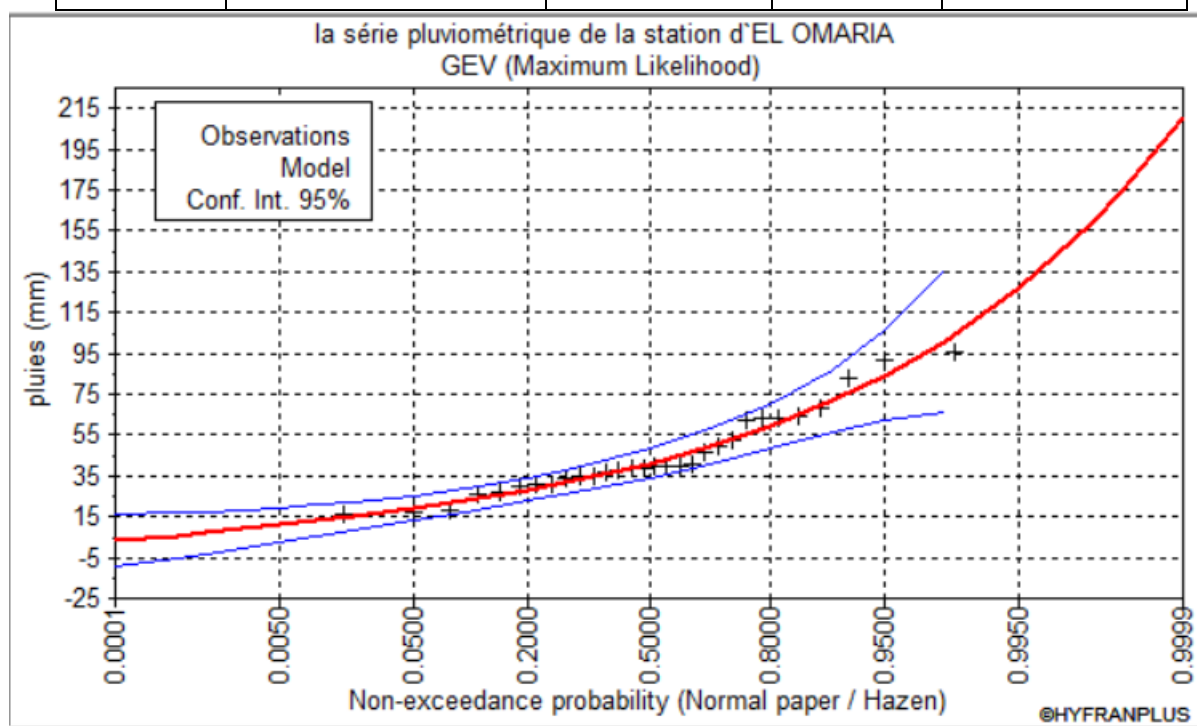
$$\alpha = 15.30$$

$$k = -0.0455$$

Résultats de l'ajustement à la loi :

**Tableau II-6** : Résultat de l'ajustement à la loi GE

| T [ans] | FNDq   | Xt[mm] | Ecart-type | Intervalle de confiance |
|---------|--------|--------|------------|-------------------------|
| 100.0   | 0.9900 | 114    | 24.5       | N/D                     |
| 50.0    | 0.9800 | 101    | 17.9       | 65.7 - 136              |
| 20.0    | 0.9500 | 84.1   | 11.2       | 62.1 - 106              |
| 10.0    | 0.9000 | 71.7   | 7.74       | 56.5 - 86.9             |
| 5.0     | 0.8000 | 59.2   | 5.42       | 48.6 - 69.8             |
| 3.0     | 0.6667 | 49.5   | 4.27       | 41.2 - 57.9             |
| 2.0     | 0.5000 | 41.1   | 3.54       | 34.2 - 48.0             |

**Figure II-3** : Ajustement graphique à la loi GEV

## II.6 Choix de la loi d'ajustement :

Lors de l'ajustement d'une loi de probabilité théorique, il est essentiel de vérifier son adéquation aux données observées. Le choix de la loi repose généralement sur l'analyse graphique et les tests de dispersion. L'ajustement graphique consiste à comparer visuellement la courbe théorique aux données réelles, tandis que les tests de dispersion permettent d'évaluer cette adéquation de manière quantitative.

### 1) Test d'adéquation de khi-deux :

Le test du chi-carré, ou test de Pearson, est un outil statistique permettant d'évaluer si l'écart observé entre les données empiriques et les valeurs attendues selon une loi théorique est statistiquement significatif. Ce test s'applique avec un seuil de signification de 5 % ( $\alpha = 0,05$ ) et tient compte du nombre de degrés de liberté associé à la distribution étudiée.

L'évaluation de la valeur P pour les trois lois statistiques appliquées à notre série pluviométrique a été réalisée à l'aide du logiciel Hyfran. Les résultats obtenus sont synthétisés dans le tableau II-7.

**Tableau II-7 :** Comparaison de paramètre P pour les trois lois de probabilité de test d'adéquation

| Loi de probabilité | $\chi^2$ calculé | P ( $\chi^2$ ) | H0 | Remarque                      |
|--------------------|------------------|----------------|----|-------------------------------|
| Gumbel             | 1,73             | 0,7847 > 0.05  | Vr | Les trois lois sont adéquates |
| Galton             | 2,67             | 0,6151 > 0.05  | Vr |                               |
| GEV                | 3,6              | 0,3080 > 0.05  | Vr |                               |

Dans notre cas, les valeurs de khi-deux calculés sont obtenues par le logiciel Hyfran, en outre, les valeurs de khi-deux théoriques sont déterminées à partir de la table de Pearson (voir l'abaque dans l'annexe), en fonction de la probabilité  $\alpha = 5\%$  et le degré de liberté donné par le logiciel Hyfran.

- Les résultats ainsi que la comparaison entre le  $\chi^2$ théorique et le  $\chi^2$ calculé pour les trois lois sont représentés dans le tableau II-8.

**Tableau II-8 :** Résultats de test khi-deux.

| Loi d'ajustement | Nombre de paramètre m | Degré de liberté | $\chi^2$ théorique | $\chi^2$ calculé | Observation                            |
|------------------|-----------------------|------------------|--------------------|------------------|----------------------------------------|
| Gumbel           | 7                     | 4                | 9,94               | 1,73             | $\chi^2$ théo > $\chi^2$ calculé<br>CV |
| Galton           | 7                     | 4                | 9,94               | 2,67             | $\chi^2$ théo > $\chi^2$ calculé<br>CV |
| GEV              | 7                     | 3                | 7,81               | 3,6              | $\chi^2$ théo > $\chi^2$ calculé<br>CV |

Le test du Khi-deux ( $\chi^2$ ) montre que les distributions **log-normale (Galton)**, de **Gumbel** et la loi **GEV** s'adaptent bien aux données.

Ainsi, on peut conclure que la série suit ces trois lois, mais il est essentiel de déterminer laquelle est la plus appropriée. Pour cela, un test graphique est réalisé, basé sur une analyse visuelle des courbes d'ajustement. L'objectif est d'évaluer la cohérence des points sur le papier de probabilité afin de sélectionner la distribution qui présente le meilleur alignement sans distorsion.

Compte tenu des résultats de nombreuses recherches hydrologiques menées dans le nord de l'Algérie, la loi log-normale également appelée loi de Galton apparaît comme la plus pertinente pour modéliser les précipitations extrêmes. Il est donc judicieux de l'adopter comme base pour l'ajustement statistique.

### .3) Test graphique :

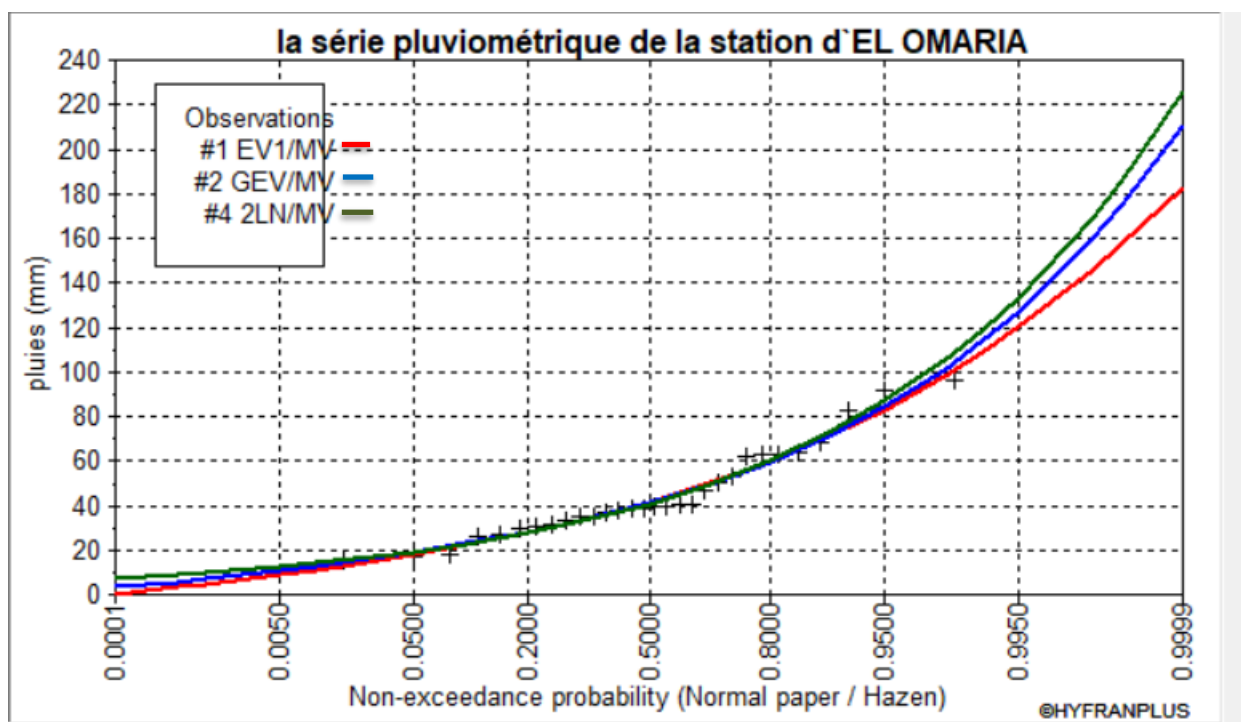


**Figure II-4:** Analyse comparative des trois courbes d'ajustement.

## II.7 Calcul des pluies et des intensités de courte durée :

La détermination des valeurs des pluies de courte durée et leurs intensités se fait en se basant sur les résultats obtenus de l'ajustement à la loi de log-normal

### .1) Pluies de courte durée :

La détermination des pluies de courte durée, également appelées averses, s'effectue à partir des précipitations maximales journalières ajustées selon la loi de Gumbel pour différentes périodes de retour (2, 5, 10, 20, 50 et 100 ans). La hauteur de pluie correspondant à une durée courte est estimée à l'aide de la formule suivante :

$$P_{t,p\%} = P_{\max,j} \times \left(\frac{t}{24}\right)^b \dots\dots\dots \text{II.10}$$

- $P_{t,p\%}$  : pluie (mm) de courte durée correspondante à une FD
- $P_{\max,j}$  : pluie maximale journalière (mm) correspondante à une FD
- $t$  : durée de l'averse (h).
- $b$  : exposant climatique. Egale 0.37

### .2) Intensités de courte durée :

Pour évaluer l'intensité moyenne  $I_{t,p\%}$  d'une averse de courte durée de courte durée  $t$  (h) à une fréquence de dépassement donnée  $p\%$ , Nous utilisons la formule de Montanari

$$I_{t,p\%} = I_{24,p\%} \left(\frac{t}{24}\right)^{b-1} \dots\dots\dots \text{II.11}$$

Tel que :

- $I_{t,p\%}$  : Intensité moyenne de précipitation
- $I_{24,p\%}$  : Intensité moyenne de précipitation

Les calculs effectués sont représentés dans le tableau II-9 :

**Tableau II-9 : Pluies et Intensités de courtes durées de différentes périodes de retour**

| T           | 5ans  |       | 10 ans  |       | 20 ans  |        | 50 ans |        | 100 ans |        |
|-------------|-------|-------|---------|-------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|
| $P_{max,j}$ | 60 mm |       | 73,5 mm |       | 86,9 mm |        | 105mm  |        | 119 mm  |        |
| t           | Pt mm | It mm | Pt mm   | It mm | Pt mm   | It mm  | Pt mm  | It mm  | Pt mm   | It mm  |
| 0,1         | 7,90  | 78,97 | 9,67    | 96,74 | 11,44   | 114,38 | 13,82  | 138,20 | 15,66   | 156,63 |
| 0,2         | 10,21 | 51,03 | 12,50   | 62,51 | 14,78   | 73,91  | 17,86  | 89,30  | 20,24   | 101,21 |
| 0,25        | 11,08 | 44,34 | 13,58   | 54,31 | 16,05   | 64,22  | 19,40  | 77,59  | 21,98   | 87,94  |
| 0,5         | 14,32 | 28,65 | 17,55   | 35,10 | 20,75   | 41,49  | 25,07  | 50,14  | 28,41   | 56,82  |
| 0,75        | 16,64 | 22,19 | 20,39   | 27,18 | 24,11   | 32,14  | 29,13  | 38,83  | 33,01   | 44,01  |
| 1           | 18,51 | 18,51 | 22,68   | 22,68 | 26,81   | 26,81  | 32,40  | 32,40  | 36,72   | 36,72  |
| 2           | 23,93 | 11,96 | 29,31   | 14,65 | 34,65   | 17,33  | 41,87  | 20,93  | 47,45   | 23,73  |
| 3           | 27,80 | 9,27  | 34,05   | 11,35 | 40,26   | 13,42  | 48,65  | 16,22  | 55,13   | 18,38  |
| 4           | 30,92 | 7,73  | 37,88   | 9,47  | 44,78   | 11,20  | 54,11  | 13,53  | 61,32   | 15,33  |
| 5           | 33,58 | 6,72  | 41,14   | 8,23  | 48,64   | 9,73   | 58,77  | 11,75  | 66,60   | 13,32  |
| 6           | 35,92 | 5,99  | 44,01   | 7,33  | 52,03   | 8,67   | 62,87  | 10,48  | 71,25   | 11,87  |
| 7           | 38,03 | 5,43  | 46,59   | 6,66  | 55,08   | 7,87   | 66,56  | 9,51   | 75,43   | 10,78  |
| 8           | 39,96 | 4,99  | 48,95   | 6,12  | 57,87   | 7,23   | 69,93  | 8,74   | 79,25   | 9,91   |
| 9           | 41,74 | 4,64  | 51,13   | 5,68  | 60,45   | 6,72   | 73,04  | 8,12   | 82,78   | 9,20   |
| 10          | 43,40 | 4,34  | 53,16   | 5,32  | 62,86   | 6,29   | 75,95  | 7,59   | 86,07   | 8,61   |
| 11          | 44,96 | 4,09  | 55,07   | 5,01  | 65,11   | 5,92   | 78,67  | 7,15   | 89,16   | 8,11   |
| 12          | 46,43 | 3,87  | 56,87   | 4,74  | 67,24   | 5,60   | 81,25  | 6,77   | 92,08   | 7,67   |
| 13          | 47,82 | 3,68  | 58,58   | 4,51  | 69,26   | 5,33   | 83,69  | 6,44   | 94,85   | 7,30   |
| 14          | 49,15 | 3,51  | 60,21   | 4,30  | 71,19   | 5,08   | 86,02  | 6,14   | 97,48   | 6,96   |
| 15          | 50,42 | 3,36  | 61,77   | 4,12  | 73,03   | 4,87   | 88,24  | 5,88   | 100,01  | 6,67   |
| 16          | 51,64 | 3,23  | 63,26   | 3,95  | 74,79   | 4,67   | 90,37  | 5,65   | 102,42  | 6,40   |
| 17          | 52,81 | 3,11  | 64,70   | 3,81  | 76,49   | 4,50   | 92,42  | 5,44   | 104,75  | 6,16   |
| 18          | 53,94 | 3,00  | 66,08   | 3,67  | 78,13   | 4,34   | 94,40  | 5,24   | 106,98  | 5,94   |
| 19          | 55,03 | 2,90  | 67,41   | 3,55  | 79,70   | 4,19   | 96,31  | 5,07   | 109,15  | 5,74   |
| 20          | 56,09 | 2,80  | 68,71   | 3,44  | 81,23   | 4,06   | 98,15  | 4,91   | 111,24  | 5,56   |
| 21          | 57,11 | 2,72  | 69,96   | 3,33  | 82,71   | 3,94   | 99,94  | 4,76   | 113,26  | 5,39   |
| 22          | 58,10 | 2,64  | 71,17   | 3,24  | 84,15   | 3,82   | 101,67 | 4,62   | 115,23  | 5,24   |
| 23          | 59,06 | 2,57  | 72,35   | 3,15  | 85,54   | 3,72   | 103,36 | 4,49   | 117,14  | 5,09   |
| 24          | 60,00 | 2,50  | 73,50   | 3,06  | 86,90   | 3,62   | 105,00 | 4,38   | 119,00  | 4,96   |

## II.8 Intensité moyenne maximale :

Dans le cadre des projets d'assainissement, l'estimation des débits pluviaux repose généralement sur l'intensité moyenne maximale d'une averse de courte durée. Pour des considérations techniques, économiques et de sécurité, la durée de référence adoptée est souvent de 15 minutes (soit  $t=0,25$  h) et une période de retour de 10 ans.

D'après les résultats obtenus et présentés dans le tableau II-9, l'intensité correspondante est évaluée:

$$I_{15\text{min},10\%} = 54,31\text{mm/h}$$

$$I_{15\text{min},10\%} = \frac{54.31 \times 10000}{3600} = 150,86 \text{ l/s/ha}$$

## II.9 Conclusion:

La détermination de l'intensité moyenne maximale pour notre agglomération constitue l'aboutissement de ce chapitre. Cette étape est essentielle puisqu'elle sert de base au calcul des débits pluviaux, qui seront évalués par la suite. L'intensité moyenne maximale retenue pour la zone d'étude est de 150,86 l/s/ha, valeur qui reflète les conditions pluviométriques locales observées. Ces calculs s'appuieront sur le découpage de la zone d'étude en surfaces élémentaires, présenté dans le chapitre suivant.

# **Chapitre III**

## **Calcul de base**

### III.1 Introduction

L'assainissement en milieu urbain a pour objectif principal l'évacuation contrôlée des eaux usées et pluviales, afin de préserver la santé des populations et de limiter les impacts négatifs sur l'environnement. La conception du réseau nécessite des calculs de base, notamment l'estimation de la population, la division du site en unités superficielles, et la détermination du coefficient de ruissellement. Une analyse approfondie de la zone est réalisée pour garantir la précision des calculs hydrauliques, ce qui permet de concevoir un réseau efficace et durable, réduisant ainsi les risques environnementaux et sanitaires.

### III.2 Situation démographique :

La population future est estimée pour différents horizons temporels en utilisant la loi de croissance géométrique, exprimée par la relation ci-dessous. L'estimation est basée sur une population de référence de 3657 habitants, enregistrée en 2008 dans la région de Ouled Brahim, avec un taux de croissance annuel de 1,67 %, selon les données fournies par la DRE de Médéa.

Cette estimation couvre la période allant de 2025 à 2055, afin de prévoir l'évolution démographique et de garantir la conception et l'entretien durable du réseau d'assainissement.

$$P_n = P_0 (1+t)^n$$

Avec :

- $P_n$  : population à l'horizon 2055.
- $P_0$  : population actuelle.
- $t$  : Taux d'accroissement.
- $n$  : Nombre d'années entre l'année de référence l'année de l'horizon.

**Tableau III-1** : données démographiques.

| Année             | 2008 | 2025 | 2055 |
|-------------------|------|------|------|
| Population (hab.) | 3657 | 4848 | 7968 |

Source :DRE Médéa 2025

### III.3 Découpage de la zone urbain en surfaces élémentaire:

Le bassin versant ou une surface élémentaire, est une surface géographique remarquable limitée par les lignes de crête ou les lignes de partage des eaux.

Son découpage en sous-bassins élémentaires repose sur plusieurs critères :

- La nature du sol.
- La densité de la population.
- Les courbes de niveau.
- Les limites naturelles.
- Les routes et les voiries existantes.

### III.3 Systèmes d'évacuation des eaux :

Dans les zones urbaines, le système d'assainissement est crucial pour gérer efficacement les eaux pluviales et les eaux usées. Il permet non seulement de prévenir les inondations en assurant une évacuation rapide des eaux de pluie, mais aussi de protéger la santé publique en acheminant les eaux usées vers des stations de traitement avant leur rejet dans le milieu naturel.

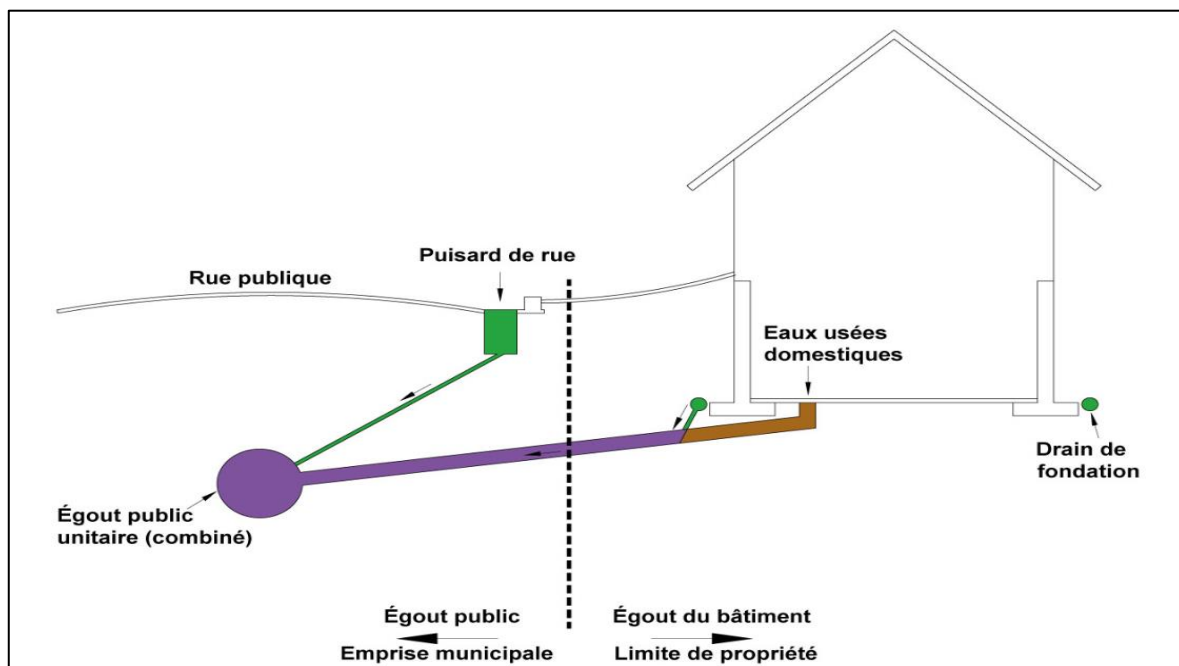
On distingue généralement trois types :

- Le système unitaire
- Le système séparatif
- Le système pseudo-séparatif

Une bonne conception du réseau est indispensable pour garantir son efficacité et préserver l'environnement.

#### III.2.1 Système unitaire :

Le système unitaire est conçu pour recueillir simultanément les eaux usées d'origine domestique, industrielle ainsi que les eaux de pluie dans un même conduit, les dirige vers une station de traitement avant leur rejet dans l'environnement. Ce système est adapté aux zones urbaines à forte densité, mais il rencontre des problèmes de nettoyage automatique durant les périodes sèches. Il nécessite des infrastructures adéquates pour gérer les débits importants lors des fortes pluies.

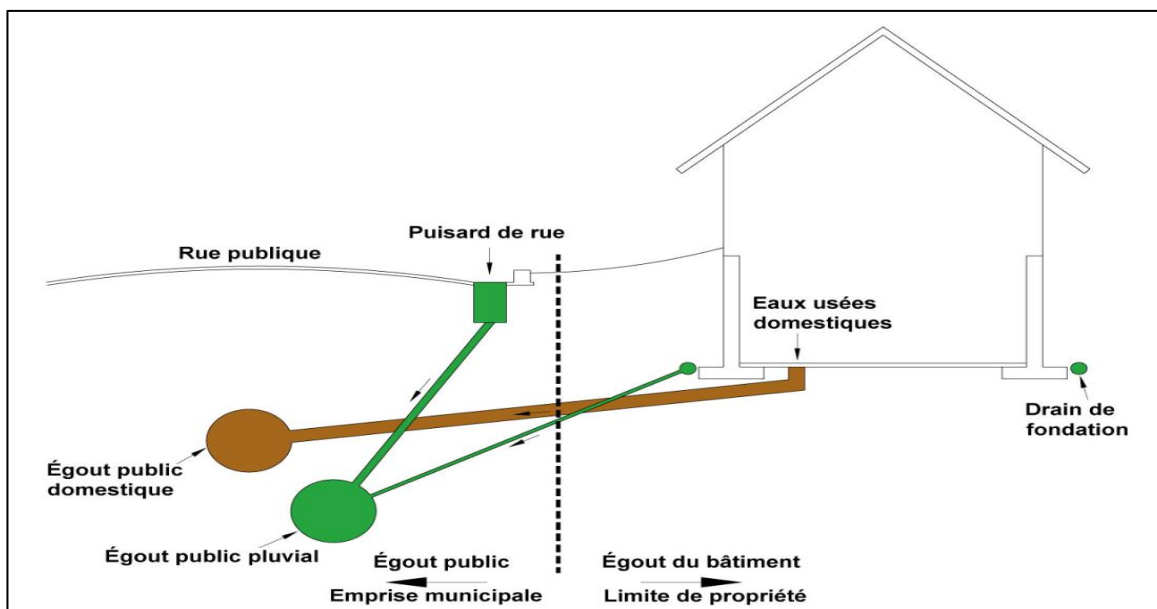


Source : <https://www.gatineau.ca/>

**Figure III-1** : schéma représentatif des branchements dans un système unitaire

### III.2.2 système séparatif :

Le système séparatif repose sur la collecte indépendante des eaux usées et des eaux pluviales, chacune étant dirigée vers un réseau spécifique. Les eaux de pluie sont, en général, déversées directement dans le milieu naturel sans traitement préalable. tandis que les eaux usées domestiques et industrielles sont dirigées vers des stations de traitement avant leur rejet. Ce système est particulièrement adapté aux petites et moyennes agglomérations

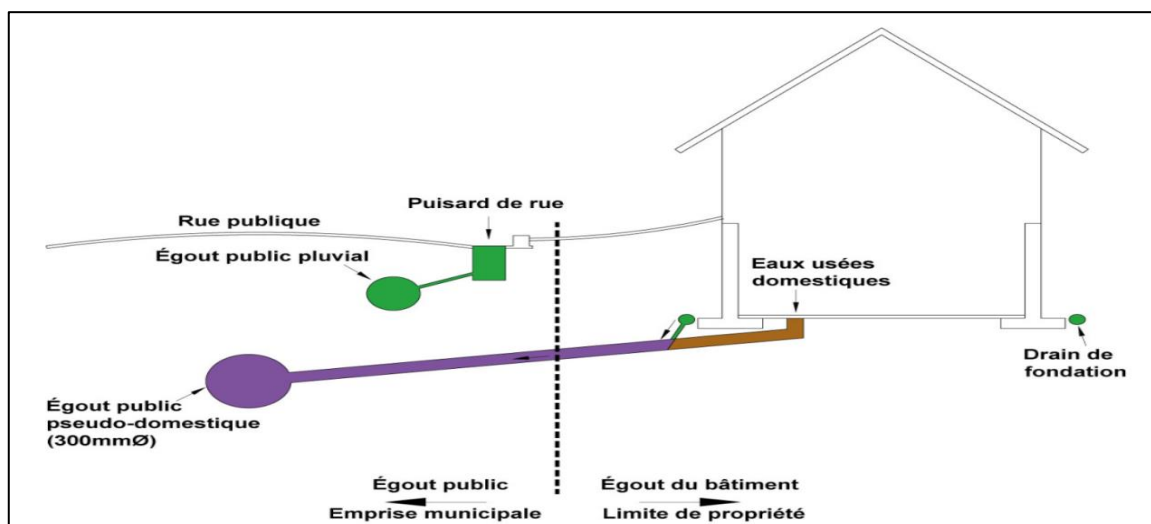


Source : <https://www.gatineau.ca/>

**Figure III-2 :** Schéma représentatif des branchements dans un système séparatif

### III.2.3 Système pseudo-séparatif :

Le système pseudo-séparatif fonctionne selon un principe mixte : il regroupe les eaux usées domestiques et une fraction des eaux de ruissellement dans un seul réseau, tandis que l'excédent des eaux pluviales est évacué par des ouvrages spécifiques. Ce type de système offre une solution intermédiaire permettant de limiter les coûts par rapport à un réseau entièrement séparatif.



Source : <https://www.gatineau.ca/>

**Figure III-3 :** schéma représentatif des branchements dans un système pseudo-séparatif

### III.3 Avantages et inconvénients des types de systèmes d'assainissement

Si vous le permettez, je vais vous présenter les avantages et les inconvénients de chaque système, comme indiqué dans le tableau III-2.

**Tableau III -2 : Avantages et Inconvénients des systèmes d'évacuation**

| Système                 | Conditions d'utilisation                                                                                                                                                    | Avantages                                                                                                                                                                                                                               | Inconvénients                                                                                                                                                                                                                 | Contraintes d'exploitation                                                                                                                                                                   |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Unitaire</b>         | Recommandé lorsque le milieu récepteur est éloigné, avec un terrain peu incliné et un débit d'étiage élevé.                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conception simple</li> <li>- Faible coût (une seule conduite)</li> <li>- Encombrement réduit du sous-sol</li> <li>- Pas de risque de faux branchement</li> <li>- Auto-curage assuré</li> </ul> | Il présente une grande variabilité du débit à la station d'épuration, une dilution des eaux usées, et une importante charge sableuse. Il génère également des rejets d'eaux usées et pluviales mélangées lors des surcharges. | - Ce système exige un entretien fréquent des déversoirs d'orage et des bassins de rétention, ainsi qu'une surveillance des rejets vers le milieu naturel, ce qui peut poser des difficultés. |
| <b>Séparatif</b>        | Adapté aux zones urbaines en expansion et aux agglomérations de taille petite ou moyenne, notamment lorsque le cours d'eau récepteur a un débit faible en période d'étiage. | Il permet de réduire la taille des conduites, facilite l'exploitation des stations d'épuration, et protège davantage le milieu naturel en séparant les flux.                                                                            | Ce système demande un double réseau, ce qui augmente les coûts d'investissement, crée un encombrement du sous-sol, et présente un risque d'erreurs de branchement.                                                            | Il limite les erreurs de branchement et réduit la charge sur les réseaux pluviaux en dérivant les premières eaux de pluie. Il permet aussi de diminuer le diamètre des canalisations.        |
| <b>Pseudo-séparatif</b> | Utilisé dans les mêmes conditions que le séparatif, avec un débit d'étiage faible et une urbanisation croissante.                                                           | Il diminue les erreurs de branchement et la charge sur les réseaux pluviaux, tout en favorisant l'auto-curage et la réduction du diamètre des canalisations.                                                                            | Il peut entraîner une perturbation du fonctionnement de la station d'épuration à cause de la variabilité des flux pluviaux (en quantité et en qualité).                                                                       | Ce système nécessite un suivi régulier des déversoirs et une surveillance accrue des branchements pour garantir un bon fonctionnement.                                                       |

### III.3 Choix du système de notre réseau d'assainissement :

Le choix du système d'assainissement repose sur plusieurs critères clés :

- Topographie du terrain : Le système doit être adapté à l'inclinaison du terrain.
- Infrastructure existante : Il faut vérifier la compatibilité avec les réseaux actuels.
- Aspects économiques : Évaluer les coûts d'installation et de maintenance à long terme.
- Impact environnemental : Le système unitaire nécessite une station d'épuration, tandis que le séparatif peut provoquer de la pollution.
- Considérations urbanistiques : Prévoir l'évolution future des zones résidentielles et commerciales.

il faut équilibrer ces éléments pour choisir un système efficace et durable.

- **Remarque** : Un système unitaire a été choisi pour notre zone d'étude

### III.6 Schémas d'évacuation des eaux collectées en assainissement :

On peut adopter différents schémas d'évacuation afin d'éviter le blocage de l'écoulement des eaux dans les réseaux d'assainissement. Nous distinguons plusieurs schémas à savoir :

#### III.6.1 Schéma perpendiculaire :

Le système de drainage direct évacue les eaux pluviales directement vers le milieu naturel, sans traitement. Ce système est rapide et économique, mais peut causer de la pollution en l'absence de purification des eaux usées .

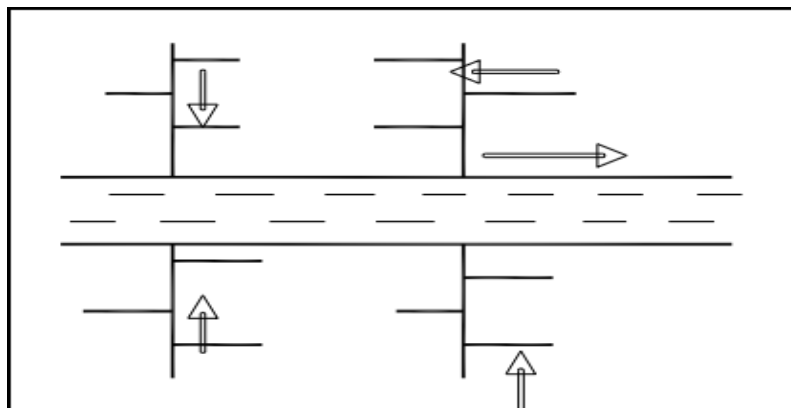


Figure III-4 : Schéma perpendiculaire

### III.6.2 Schéma par déplacement latéral :

Ce système latéral consiste à diriger les eaux usées vers une seule point de traitement à l'aide d'un canal parallèle au cours d'eau principal. Ce type de système impose fréquemment l'installation de stations de pompage afin de surmonter les obstacles liés au relief ou à la morphologie du site.

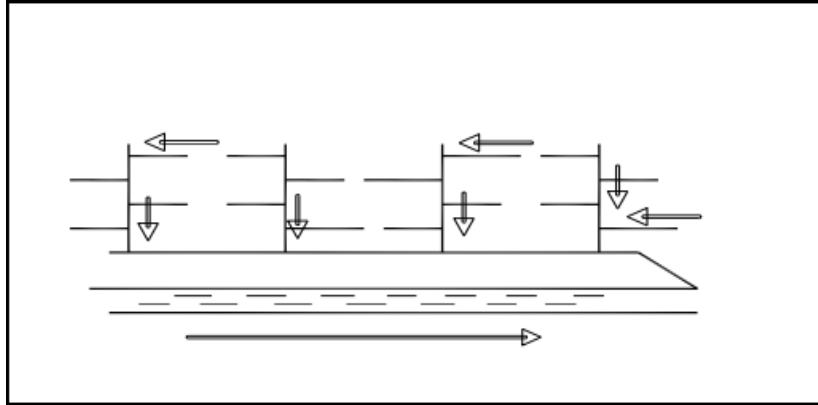


Figure III-5 : schéma déplacement latéral

### III.6.3 Schéma par zones étagées :

Ce schéma repose sur un réseau de collecteurs ramifiés acheminant les effluents vers l'aval de l'agglomération. Il est particulièrement adapté aux zones présentant une faible pente topographique.

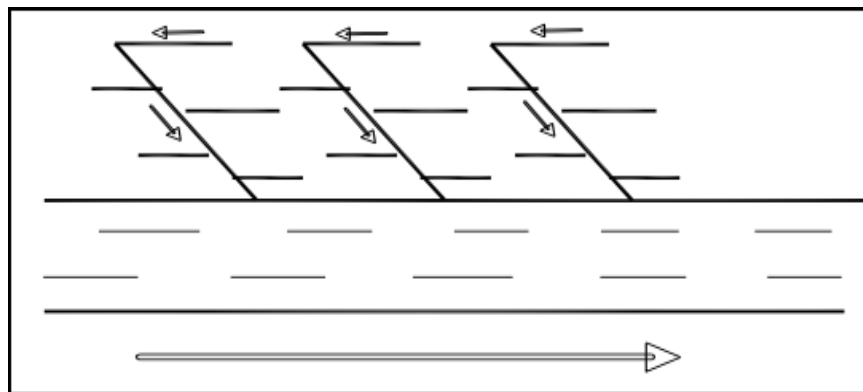


Figure III-6 : Schéma transversal oblique

### III.6.4 Schéma à collecte transversale oblique:

Il s'agit d'une adaptation du schéma à déplacement latéral. Il permet de répartir les eaux usées sur plusieurs collecteurs afin d'éviter de surcharger le réseau, particulièrement dans les zones étendues avec une faible pente. Ce système garantit un écoulement plus efficace et une meilleure gestion des effluents.

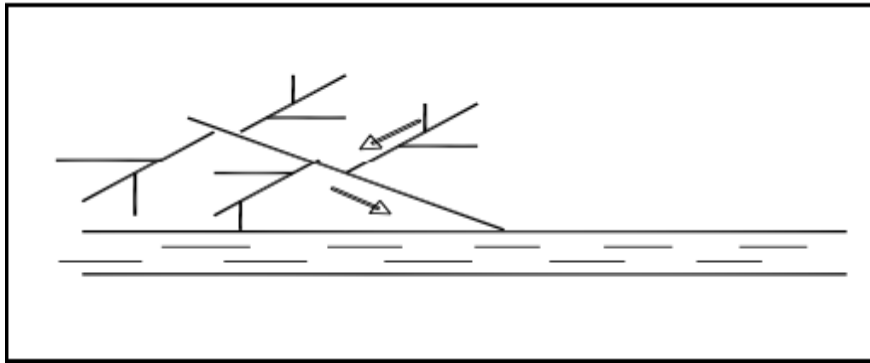


**Figure III-7 :** Schéma par zones étagées

### III.6.5 Schéma radial :

Le système radial d'assainissement est conçu pour les zones à faible pente naturelle. Il centralise les eaux usées vers un point bas, où elles sont ensuite relevées à l'aide de pompes vers un exutoire, tel qu'un collecteur gravitaire, une station de traitement ou un cours d'eau, grâce à l'aménagement d'une pente artificielle facilitant leur évacuation.

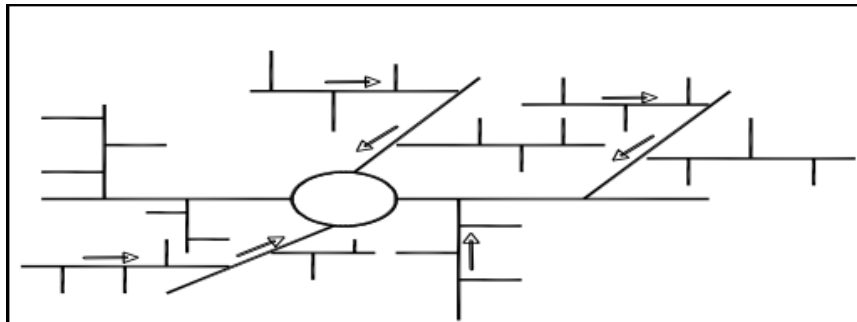


**Figure III-8 :** schéma radial

○ **Remarque :** Suite à l'étude de la configuration de notre agglomération et du relief, la position du rejet et la distance de l'exutoire par rapport aux points de collecte, nous avons décidé d'opter pour le schéma par déplacement latéral

### III.7 Principe du tracé du réseau :

Le tracé des collecteurs est établi en fonction de divers paramètres clés, notamment la présence de cours d'eau et de talwegs, les modalités de rejet des eaux, la configuration topographique du site ainsi que l'implantation des conduites dans les espaces publics. L'emplacement de l'exutoire, qu'il s'agisse d'un cours d'eau ou d'une station d'épuration, est également un facteur déterminant. Par ailleurs, la profondeur des canalisations est définie en tenant compte de plusieurs exigences techniques, telles que la résistance des conduites aux contraintes mécaniques et au gel, ainsi que la profondeur des sous-sols des bâtiments voisins afin d'éviter tout conflit d'infrastructure.

### III.8 Évaluation du coefficient de ruissellement :

Le coefficient de ruissellement désigne la fraction des précipitations qui s'écoule à la surface du sol, par opposition à celle qui s'infiltré ou s'évapore. Il fluctue généralement entre 0,05 et 1, en fonction de plusieurs paramètres tels que la perméabilité du sol, la pente, le type d'occupation des sols et les conditions climatiques. Une délimitation rigoureuse du bassin versant en zones homogènes est indispensable pour affiner l'estimation de ce coefficient. Plusieurs éléments influencent sa valeur, notamment la nature du sol et sa rugosité, la déclivité du terrain, l'intensité et la durée des épisodes pluvieux, ainsi que des facteurs climatiques comme l'humidité, la température ou encore le vent. L'aménagement urbain, le niveau d'imperméabilisation et la densité des constructions jouent également un rôle majeur dans la variation de ce paramètre.

#### ➤ En fonction de la nature des surfaces à drainer (tableau III -3)

**Tableau III -3** : valeurs de coefficient de ruissellement en fonction de la nature de sol.

| Nature de la surface                                    | Cr        |
|---------------------------------------------------------|-----------|
| Toits en métal, tuile, ardoise                          | 0.9       |
| Chaussée avec peu de joints                             | 0.85-0.9  |
| Pavés en pierres naturelles, brique avec joints cimenté | 0.75-0.85 |
| 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 |
| Forts                                                   | 0.01-0.20 |

Source : GUERREE ET COMELLA

➤ **En fonction de la densité de population (Tableau III -4)**

**Tableau III- 4 :** Coefficients de ruissellement pour différentes densités de population

| Densité de population par hectare | (Cr)      |
|-----------------------------------|-----------|
| 20                                | 0,23      |
| 30-80                             | 0,2-0,27  |
| 60 -150                           | 0,25-0,34 |
| 150-200                           | 0,30-0,45 |
| 200-300                           | 0,6-0,62  |
| 300-400                           | 0,6-0,80  |
| 400-600                           | 0,7-0,9   |

Source : GUERREE ET COMELLA

➤ **En fonction du type d'occupation du sol (tableau III - 5)**

**Tableau III -5:** Coefficients de ruissellement en fonction du type d'occupation du sol.

| Type d'occupation du sol | Cr                 |            |
|--------------------------|--------------------|------------|
| Commercial               |                    | 0,5 – 0,95 |
| Résidentiel              | Lotissement        | 0,3-0,5    |
|                          | Collectifs         | 0,5-0,75   |
|                          | Habitats dispersés | 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 de vagues       |                    | 0,05-0,15  |
| Terres agricoles         | Drainées           | 0,05-0,13  |
|                          | Non drainées       | 0,03-0,07  |

➤ **Coefficient de ruissellement relatif à la catégorie d'urbanisation (Tableau III-6)**

**Tableau III-6 :** coefficient de ruissellement relatif aux catégories d'urbanisation.

| Catégorie d'urbanisation      | Cr        |
|-------------------------------|-----------|
| Habitations très denses       | 0,90      |
| Habitations denses            | 0,60-0,70 |
| Habitations moyennement dense | 0,40-0,50 |
| Quartiers résidentiels        | 0,20-0,30 |
| Square – jardin - prairie     | 0,05-0,20 |

Source : Water Environnement Fédération, 1970

### III.9 Calcul du nombre d'habitants pour chaque surface élémentaire :

Lorsque les données précises manquent, la population de chaque surface élémentaire est approximée selon :

- la nature de la surface. la nature des surfaces afin de déterminer un coefficient de ruissellement adapté
- on évalue la densité de population partielle propre à chaque zone
- calculer un coefficient global pondéré
- Estimant le nombre d'habitants à partir de ces données.

### III.9.1 Estimation du coefficient du ruissellement pour chaque surface élémentaire :

Dans le cadre de notre étude sur la zone d'Ouled Brahim, le territoire a été subdivisé en surfaces élémentaires. Chaque sous-bassin a ensuite été analysé selon la nature de son sol, afin de déterminer un coefficient de ruissellement représentatif. Les valeurs obtenues sont synthétisées dans le tableau III-7.

**Tableau III-7** : coefficient du ruissellement de chaque surface élémentaire.

| N°SB | Surface (ha) | Cr   |
|------|--------------|------|
| I    | 7            | 0,8  |
| II   | 8            | 0,85 |
| III  | 8,1          | 0,8  |
| IV   | 6,2          | 0,85 |
| V    | 6,6          | 0,9  |
| VI   | 6,9          | 0,8  |
| VII  | 8,4          | 0,8  |
| VIII | 6            | 0,85 |
| IX   | 8,9          | 0,75 |
| X    | 5,9          | 0,8  |

### III.9.2 Calcul du coefficient de ruissellement pondéré :

L'expression suivante représente la relation de  $Cr_{pondéré}$  :

$$Cr_p = \frac{\sum Cr_i A_i}{A}$$

Tel que :

- $Cr_p$  : représenté Le coefficient du ruissellement pondéré de la zone d'étude.
- $Cr_i$  : Le coefficient du ruissellement de chaque surface élémentaire.
- $A_i$  : la superficie (en hectares) de chaque surface élémentaire.
- $A$  : Est la surfce globale de la zone detude

Application numérique :

$$Cr_p = \frac{58,825}{72}$$

$$Cr_p = 0,82$$

### III.9.3 Calcule La Densités des parcelles élémentaires :

La densité spécifique à chaque surface élémentaire est calculée selon l'expression suivante :

$$Di = \frac{Cri * P}{Crp * A} \quad \text{III.1}$$

Tel que :

- $D_i$  : densité partielle (en habitants par hectare) de la surface élémentaire considérée.
- $P$  : population totale à l'horizon 2055 .

$$P_i = D_i * A_i$$

Les résultats sont résumés dans le tableau III-8 :

**Tableau III-8** :Détermination la densité partielle et le nombre d habitante

| N°SB  | $A_i$ (ha) | $Cr_i$ | $D_i$  | $P_i$ (hab) |
|-------|------------|--------|--------|-------------|
| I     | 7          | 0,8    | 108,36 | 759         |
| II    | 8          | 0,85   | 115,13 | 921         |
| III   | 8,1        | 0,8    | 108,36 | 878         |
| IV    | 6,2        | 0,85   | 115,13 | 714         |
| V     | 6,6        | 0,9    | 121,91 | 805         |
| VI    | 6,9        | 0,8    | 108,36 | 748         |
| VII   | 8,4        | 0,8    | 108,36 | 910         |
| VIII  | 6          | 0,85   | 115,13 | 691         |
| IX    | 8,9        | 0,75   | 101,59 | 904         |
| X     | 5,9        | 0,8    | 108,36 | 639         |
| Total | 72         | /      | /      | 7968        |

- $D_i$  : densité partielle (en habitants par hectare) de la surface élémentaire considérée.
- $P$  : population totale à l'horizon 2055 .

**III.10 Conclusion :**

Cette étude a permis de définir le système d'assainissement le plus adapté à la zone d'étude, en tenant compte de la topographie accidentée et de l'évolution démographique. Un système d'assainissement de type unitaire a été choisi, avec une projection de population estimée à 7968 habitants pour l'année 2055. Afin de faciliter les calculs hydrauliques, la zone a été divisée en plusieurs surfaces élémentaires.

**Chapitre IV :**  
**Evaluation des débits**  
**des eaux usées et**  
**pluviales**

## IV.1 Introduction

L'assainissement joue un rôle essentiel dans la gestion des eaux usées et pluviales. Il permet de protéger la santé publique et l'environnement. Avant de concevoir le réseau, il est nécessaire d'évaluer les débits pour adapter le dimensionnement et prévenir les risques de pollution. Une bonne gestion des eaux est donc indispensable pour un développement durable.

## IV.2 Évaluation des débits d'eaux usées :

L'estimation du débit des eaux usées repose sur l'évaluation des volumes d'effluents générés par les zones résidentielles ainsi que par les espaces à vocation économique ou sociale. Il permet de concevoir un réseau d'assainissement efficace en :

- Déterminant le débit de pointe pour dimensionner correctement les canalisations.
- Évaluant le débit minimal afin d'assurer le bon auto-curage des conduites.

## IV.3 Nature des eaux usées :

### IV.3.1 Eaux usées domestique :

Les eaux usées domestiques sont issues des usages quotidiens dans les habitations et se divisent en deux types principaux selon leur source :

- Eaux ménagères (cuisine, bains, douches).
- Eaux-vannes (sanitaires).

La quantité d'eaux usées dépend du nombre d'habitants, du type de logement et des conditions climatiques. Il est essentiel de prévoir avec précision ces quantités pour concevoir un réseau d'assainissement efficace à l'horizon 2055.

### IV.3.2 Eaux usées des services publics :

Les eaux usées des services publics proviennent du nettoyage des voiries et espaces publics. Leur volume dépend de la surface à entretenir et elles contiennent fréquemment des graisses, comme les marchés et les rues, avec un débit estimé à 5 litres par seconde. Ces eaux viennent aussi des bâtiments publics (administratifs, éducatifs, sanitaires, etc.).

### IV.3.3 Eaux usées industrielles :

Les eaux usées industrielles sont issues de diverses activités de production et peuvent contenir des composés chimiques ou toxiques. Il convient de noter que la nature et le volume de ces éléments dépendent d'une multitude de facteurs, notamment le secteur industriel, les procédés employés, ainsi que le niveau de réutilisation en place.

Pour être collectées dans le réseau d'assainissement, ces eaux doivent être exemptes de substances toxiques ou corrosives et ne pas dépasser 35°C.

#### IV.3.4 Eaux parasites :

Les eaux parasites (EPC) désignent les infiltrations d'eaux non usées dans le réseau d'assainissement, qui sont souvent dues à la pluie, au drainage ou à la remontée de nappes. Elles pénètrent dans le réseau par des défauts tels que des fissures ou des joints défectueux. Bien qu'il soit difficile de quantifier précisément ces infiltrations, elles peuvent entraîner une surcharge nuisible au bon fonctionnement du système.

Selon les estimations, un débit de 0,05 à 0,15 l/s/ha est couramment utilisé comme référence dans les évaluations pratiques.

#### IV.3 Consommation en eau potable :

La quantité d'eau nécessaire pour répondre aux besoins d'une population dépend de plusieurs facteurs, notamment : les ressources en eau disponibles, la densité de population, l'expansion des zones urbaines, ainsi que le mode de vie et les comportements de consommation des habitants.

Compte tenu de l'évolution du mode de vie et de l'urbanisation croissante dans la commune d'Ouled Brahim, il a été retenu une dotation en eau potable de 200 litres par jour et par habitant.

#### IV.4 Estimation des débits des eaux usées :

L'évaluation du débit des eaux usées repose sur la consommation d'eau potable par habitant. Pour estimer correctement ce débit, il est indispensable de déterminer la nature de l'agglomération ainsi que son mode d'occupation. En général, une urbanisation plus dense entraîne une augmentation significative du volume des eaux usées générées.

##### IV.4.1 Estimation des débits usés domestiques :

Pour concevoir efficacement un réseau d'assainissement des eaux usées domestiques, on considère en général que 80 % de l'eau potable consommée par habitant chaque jour est rejetée sous forme d'eaux usées.

Dans le cas d'Ouled Brahim, une dotation journalière de 200 litres par habitant a été retenue. Cette estimation prend en compte les usages quotidiens comme la boisson (cuisine, lessivage, nettoyage).

##### IV.4.2 Estimation du débit moyen journalier rejeté :

Pour déterminer le débit moyen journalier rejeté, nous utilisons la relation suivante :

$$Q_{moy.j}^{dom} = \frac{K_r \times \text{dot} \times N}{86400} \quad \text{IV.1}$$

#### À savoir:

- $Q_{moy.j}^{dom}$  : Le débit moyen rejeté (l/s).
- dot : la dotation en eau, à 200 litres par jour et par habitant (l/j/hab),.
- N : Nombre d'habitant à l'horizon 2055.
- $\frac{1}{86400}$  : facteur de conversion des litres par jour en litres par seconde,
- $K_r$  : coefficient de rejet, évalué à 0,8, représentant la part de l'eau potable consommée qui est effectivement rejetée sous forme d'eaux usées.

### IV.5 Estimation du débit de pointe :

Il s'agit du débit maximal d'évacuation des eaux au cours de la journée, nécessaire pour concevoir efficacement un réseau d'assainissement, et il est calculé selon la formule suivante :

$$Q_{pte}^{dom} = K_p \times Q_{moy.j}^{dom} \quad \text{IV.2}$$

Tel que :

- $Q_{pte}^{dom}$  : le débit de pointe en l/s.
- $K_p$  : le coefficient de pointe.
- $Q_{moy.j}^{dom}$  : le débit moyen des eaux usées en l/s.
- $K_p$  : coefficient de pointe ; Déterminé en fonction du débit moyen journalier
- $K_p = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{moy.j}^{dom}}}$  si :  $Q_{moy.j}^{dom} \geq 2.81$  l/s
- $K_p = 3$  si :  $Q_{moy.j}^{dom} \leq 2.81$  l/s

Le tableau suivant synthétise les débits d'eaux usées domestiques prévus pour l'évacuation :

**Tableau IV-1 : Débits d'eaux usées domestiques pour chaque surface élémentaire.**

| N°SB  | Surface<br>(ha) | Nombre<br>d'habitants | Dotation<br>(l/s/hab) | $Q_{moy.j}^{dom}$<br>(l/s) | $K_p$ | $Q_{pte}^{dom}$<br>(l/s) |
|-------|-----------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|-------|--------------------------|
| I     | 7               | 759                   | 200                   | 1,40                       | 3     | 4,21                     |
| II    | 8               | 921                   | 200                   | 1,71                       | 3     | 5,12                     |
| III   | 8,1             | 878                   | 200                   | 1,63                       | 3     | 4,88                     |
| IV    | 6,2             | 714                   | 200                   | 1,32                       | 3     | 3,97                     |
| V     | 6,6             | 805                   | 200                   | 1,49                       | 3     | 4,47                     |
| VI    | 6,9             | 748                   | 200                   | 1,38                       | 3     | 4,15                     |
| VII   | 8,4             | 910                   | 200                   | 1,69                       | 3     | 5,06                     |
| VIII  | 6               | 691                   | 200                   | 1,28                       | 3     | 3,84                     |
| IX    | 8,9             | 904                   | 200                   | 1,67                       | 3     | 5,02                     |
| X     | 5,9             | 639                   | 200                   | 1,18                       | 3     | 3,55                     |
| Total | 72              | 7968                  | -                     | 14,76                      | -     | 44,27                    |

### IV.5.1 Estimation des eaux usées des équipements :

L'évaluation des volumes d'eaux usées générés par les équipements repose sur une approche similaire à celle utilisée pour les eaux domestiques, en prenant comme référence la consommation moyenne d'eau potable propre à chaque catégorie d'usagers. Les données issues du calcul sont présentées de manière synthétique dans le tableau IV-2.

**Tableau IV-2 : débits des eaux usées rejetés par les équipements pour chaque surface élémentaire**

| N°SB  | Les équipements   | Unité de mesure    | Quantité | Dotation | $Q_{moy,j}$<br>l/s | $Kp$ | $Q_{pte}$<br>l/s | $Q_{total}$<br>l/s |
|-------|-------------------|--------------------|----------|----------|--------------------|------|------------------|--------------------|
| I     | /                 | /                  | /        | /        | /                  | /    | /                | /                  |
| II    | APC               | Employé            | 20       | 10       | 0,002              | 3    | 0,007            | 0,012              |
|       | Algérie poste     | Employé            | 10       | 15       | 0,002              | 3    | 0,005            |                    |
| III   | Ecole coranique   | Elève              | 160      | 15       | 0,028              | 3    | 0,083            | 0,083              |
| IV    | /                 | /                  | /        | /        | /                  | /    | /                | /                  |
| V     | Centre de santé   | Employé et patient | 50       | 20       | 0,012              | 3    | 0,035            | 0,104              |
|       | Bibliothèque      | Inscrit            | 200      | 10       | 0,023              | 3    | 0,069            |                    |
| VI    | Salle Polyvalent  | Employé et patient | 20       | 20       | 0,005              | 3    | 0,014            | 1,972              |
|       | Mosquée           | Fidèle             | 2800     | 20       | 0,648              | 3    | 1,944            |                    |
|       | Centre de culture | Employé et patient | 80       | 5        | 0,005              | 3    | 0,014            |                    |
| VII   | /                 | /                  | /        | /        | /                  | /    | /                | /                  |
| VIII  | Ecole primaire    | Elève              | 553      | 15       | 0,096              | 3    | 0,288            | 0,288              |
| IX    | Lycée             | Elève              | 550      | 15       | 0,095              | 3    | 0,286            | 0,286              |
| X     | CEM               | Elève              | 546      | 15       | 0,095              | 3    | 0,284            | 0,284              |
| Total |                   |                    |          |          |                    |      |                  | 3,031              |

### IV.5.2 Estimation des débits des eaux parasites:

Lorsque les données de terrain sont indisponibles, le débit des eaux claires parasites d'infiltration est estimé à 0,15 l/s/ha selon la relation suivante :

$$Q_{ep} = K \times A_i \quad \text{IV.3}$$

À savoir :

- $K = 0,15 \frac{l/s}{ha}$ .
- $A_i$  : la superficie de chaque surface élémentaire.
- $Q_{ep}$  : débit des eaux parasites (l/s).

**Tableau IV-3 : Débits des eaux parasites**

| N°SB  | Surface (ha) | K    | $Q_{ep}$ (l/s) |
|-------|--------------|------|----------------|
| I     | 7            | 0,15 | 1,05           |
| II    | 8            | 0,15 | 1,20           |
| III   | 8,1          | 0,15 | 1,22           |
| IV    | 6,2          | 0,15 | 0,93           |
| V     | 6,6          | 0,15 | 0,99           |
| VI    | 6,9          | 0,15 | 1,04           |
| VII   | 8,4          | 0,15 | 1,26           |
| VIII  | 6            | 0,15 | 0,90           |
| IX    | 8,9          | 0,15 | 1,34           |
| X     | 5,9          | 0,15 | 0,89           |
| Total | 72 ha        | -    | 10,80          |

### IV.5.3 Débits totaux des eaux usées à évacuer :

Le tableau ci-dessous présente l'ensemble des débits des eaux usées à évacuer.

**Tableau IV-4: Débits totaux des eaux usées**

| N°SB  | Surface (ha) | $Q_{pte}^{dom}$ (l/s) | $Q_{pte}^{eq}$ (l/s) | $Q_{ep}$ (l/s) | $Q_{TS}$ (l/s) | $Q_{TS}$ (m³/s) |
|-------|--------------|-----------------------|----------------------|----------------|----------------|-----------------|
| I     | 7            | 4,21                  | /                    | 1,05           | 5,26           | 0,0053          |
| II    | 8            | 5,12                  | 0,012                | 1,20           | 6,332          | 0,0063          |
| III   | 8,1          | 4,88                  | 0,083                | 1,22           | 6,183          | 0,0062          |
| IV    | 6,2          | 3,97                  | /                    | 0,93           | 4,9            | 0,0049          |
| V     | 6,6          | 4,47                  | 0,104                | 0,99           | 5,564          | 0,0056          |
| VI    | 6,9          | 4,15                  | 1,972                | 1,04           | 7,162          | 0,0072          |
| VII   | 8,4          | 5,06                  | /                    | 1,26           | 6,32           | 0,0063          |
| VIII  | 6            | 3,84                  | 0,288                | 0,90           | 5,028          | 0,0050          |
| IX    | 8,9          | 5,02                  | 0,286                | 1,34           | 6,646          | 0,0066          |
| X     | 5,9          | 3,55                  | 0,284                | 0,89           | 4,724          | 0,0047          |
| Total | 72           | 44,27                 | 3,031                | 10,80          | 58,101         | 0,0581          |

## IV.6 Estimation des eaux pluviales

L'évaluation des volumes d'eaux pluviales. repose sur l'hypothèse d'une pluie intense survenant tous les 10 ans, en ne considérant que l'eau ruisselée à évacuer par le réseau. En raison de la complexité des facteurs influençant le  $Q_{\text{point}}$ , Deux méthodes courantes permettent une estimation simplifiée des eaux pluviales : la méthode superficielle et la méthode rationnelle

### IV.6.1 Méthode rationnelle :

La méthode rationnelle estime le débit de ruissellement dans les petits bassins ( $\leq 10$  ha) en supposant une pluie d'intensité constante et un ruissellement uniforme. Le débit est proportionnel à l'intensité des précipitations, à la surface drainée et au coefficient de ruissellement ( $Cr$ ). Un coefficient correcteur ( $\alpha$ ) est intégré pour tenir compte de l'inégalité de la répartition des pluies. La méthode rationnelle repose sur la formule suivante :

$$Q(l/s) = a . Cr . I . A \quad \text{IV.4}$$

- $Q(l/s)$  : Débit d'eau du ruissellement.
- $Cr$  : Coefficient du ruissellement.
- $I$  : Intensité moyenne maximale(  $l/s/ha$ )
- $A$  : Aire de la surface drainée.
- $a$  : coefficient réducteur de l'intensité.

### IV.6.2 Coefficient réducteur de l'intensité de pluie :

La Distribution des précipitations peut être considérée comme relativement uniforme sur l'ensemble de la surface, étant donné la petite superficie du sous-bassin (SB), Cela signifie que l'intensité des précipitations reste globalement uniforme dans l'ensemble de la zone. Dans ces conditions, le coefficient de réduction  $\alpha$  est très proche de 1, Ce coefficient peut dès lors être pris pour 1 sans que cela compromette l'exactitude des résultats.

### IV.6.3 Les Hypothèses de la méthode rationnelle :

Trois hypothèses fondamentales sous-tendent la méthode rationnelle :

- Le débit de pointe à l'exutoire n'est atteint que lorsque la durée de la pluie excède le temps d'écoulement à travers le bassin versant.
- Le bassin est divisé en surfaces élémentaires homogènes, idéalement avec un même type de sol pour simplifier l'analyse.
- Le débit de pointe est proportionnel à l'intensité moyenne maximale des précipitations, calculée sur une période correspondant au temps de concentration de la zone à drainer.

#### IV.6.4 Temps de concentration $T_c$ :

On définit le temps de concentration comme l'intervalle requis pour que l'eau issue d'une pluie atteigne l'exutoire depuis le point le plus éloigné du bassin versant. Il est exprimé en minutes et se compose de plusieurs temps d'écoulement :

- Temps d'écoulement dans les canalisations ( $t_1$ )

Ce temps correspond à la durée que met l'eau pour parcourir la canalisation, calculée selon la formule :

$$t_1 = \frac{L}{60 V} \text{ [Min]} \quad \text{IV.5}$$

- Temps d'accès au premier ouvrage hydraulique ( $t_2$ ) :

C'est le temps nécessaire à l'eau pour atteindre le premier dispositif de captage (regard, avaloir, etc.). Il varie généralement entre 2 et 20 minutes, en fonction de la topographie et de l'aménagement urbain.

- Temps de ruissellement superficiel ( $t_3$ )

Dans les zones sans canalisation, le ruissellement suit un parcours à la surface du terrain. Ce temps se calcule par

$$t_3 = \frac{L_s}{11\sqrt{I}} \text{ [Min]} \quad \text{IV.6}$$

Tel que :

- $V$  : vitesse d'écoulement (m/s).
- $L_s$  : parcours superficiel de l'eau dans le bassin (km).
- $I$  : pente moyenne (%).

#### IV.6.5 Critiques de la méthode rationnelle :

Cette méthode est particulièrement appropriée pour les zones de petite superficie, généralement inférieure à 10 hectares. Elle fournit des résultats plus fiables pour des surfaces encore plus réduites, car le coefficient de ruissellement  $y$  est plus facilement estimable. Elle est bien adaptée lorsque le temps de concentration n'excède pas 30 minutes, soit le temps nécessaire à l'eau pour rejoindre l'exutoire depuis les points les plus éloignés du bassin. En revanche, cette méthode n'est pas recommandée pour les grandes surfaces.

#### IV.6.6 Méthode superficielle :

La méthode de Caquot, dite méthode superficielle, sert à analyser le bilan hydraulique des précipitations jusqu'à l'obtention du débit de pointe  $Q_p$  au niveau de l'exutoire, correspondant généralement au temps de concentration  $t_c$ . Cette méthode est plus globale que la méthode rationnelle, car elle prend en compte tous les facteurs influençant le ruissellement, tels que l'inclinaison, la nature du sol et la végétation.

$$Q = 10. \alpha. Cr. H. A$$

À savoir:

- $\alpha$  : Coefficient d'abattement spatial  $0 < \alpha < 1$ ,  $\alpha = 1^{-s}$
- $\varepsilon$  : Coefficient d'ajustement statique.
- $H$  : Hauteur d'eau précipité

La formule générale de CAQUOT est donnée par l'expression

$$Q = K_u \cdot C_{ru} \cdot I_u \cdot A_u \quad \text{IV.7}$$

Avec:

- $Q(f)$  : débit pluvial de fréquence  $f$  en  $m^3/s$ .
- $C_r$  : coefficient du ruissellement
- $K, u, v, w$  : Coefficients d'expression
- $I$  : pente moyenne du collecteur m/m de la surface
- $A$  : surface drainée (ha)

Avec  $K, u, v, w$  sont donnés par les formules :

$$k = \frac{(0.5)^{b(f)} a(f)}{6.6}$$

$$v = 0.41 \times b(f)$$

$$u = 1 + 0.287 \times b(f)$$

$$w = 0.95 + 0.507 \times b(f)$$

$$I(t, f) = a(f) \cdot t^{b(f)}$$

$I(t, f)$  : intensité de pluie de durée  $t$  et de fréquence  $f$  ; avec  $t=15$  min ;  $f=90\%$

#### IV.6.7 Limites de la méthode superficielle :

Les limites d'application de la méthode superficielle :

- Coefficient du ruissellement :  $0.2 < C_r < 1$ .
- Coefficient d'allongement :  $0.8 < M < 2$ .
- La superficie :  $A < 200$  ha.
- La pente :  $0.2 < I < 5\%$ .

#### IV.6.8 Choix de la méthode du calcul :

En fonction des caractéristiques de l'agglomération, la méthode rationnelle a été choisie et les résultats sont présentés dans le tableau IV-5.

**Tableau IV-5 : Evaluation des débits pluviaux**

| N°SB  | Surface (ha) | C <sub>ri</sub> | $\alpha$ | I(l/s/ha) | Q <sub>pluv</sub> (l/s) |
|-------|--------------|-----------------|----------|-----------|-------------------------|
| I     | 7            | 0,80            | 1        | 150,86    | 844,82                  |
| II    | 8            | 0,85            | 1        | 150,86    | 1025,85                 |
| III   | 8,1          | 0,80            | 1        | 150,86    | 977,57                  |
| IV    | 6,2          | 0,85            | 1        | 150,86    | 795,03                  |
| V     | 6,6          | 0,90            | 1        | 150,86    | 896,11                  |
| VI    | 6,9          | 0,80            | 1        | 150,86    | 832,75                  |
| VII   | 8,4          | 0,80            | 1        | 150,86    | 1013,78                 |
| VIII  | 6            | 0,85            | 1        | 150,86    | 769,39                  |
| IX    | 8,9          | 0,75            | 1        | 150,86    | 1006,99                 |
| X     | 5,9          | 0,80            | 1        | 150,86    | 712,06                  |
| Total | 72           | -               | -        | -         | 8874,3395               |

**IV.7 Débits totaux :**

Pour chaque surface élémentaire, le débit total correspond à la somme des débits d'eaux pluviales et d'eaux usées (voir tableau IV-6).

**Tableau IV-6 : Débits totaux à évacuer**

| N°SB  | Q <sub>pluv</sub> (l/s) | Q <sub>TS</sub> (l/s) | Q <sub>tot</sub> (l/s) | Q <sub>tot</sub> (m <sup>3</sup> /s) |
|-------|-------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------------------|
| I     | 844,82                  | 5,260                 | 850,080                | 0,850                                |
| II    | 1025,85                 | 6,332                 | 1032,182               | 1,032                                |
| III   | 977,57                  | 6,183                 | 983,753                | 0,984                                |
| IV    | 795,03                  | 4,900                 | 799,930                | 0,800                                |
| V     | 896,11                  | 5,564                 | 901,674                | 0,902                                |
| VI    | 832,75                  | 7,162                 | 839,912                | 0,840                                |
| VII   | 1013,78                 | 6,320                 | 1020,100               | 1,020                                |
| VIII  | 769,39                  | 5,028                 | 774,418                | 0,774                                |
| IX    | 1006,99                 | 6,646                 | 1013,636               | 1,014                                |
| X     | 712,06                  | 4,724                 | 716,784                | 0,717                                |
| Total | 8874,3395               | 58,101                | 8932,441               | 8,932                                |

**IV.8. Conclusion :**

Ce chapitre a permis d'estimer et de quantifier les volumes d'eaux à évacuer, incluant aussi bien les eaux usées que les eaux pluviales., tout en prenant en considération l'accroissement urbain et la croissance démographique jusqu'à l'année 2055. On a constaté que les volumes d'eaux usées ne représentent qu'une fraction minime par rapport aux volumes d'eaux de pluie. En outre, la zone ne compte aucune installation industrielle. Cette phase représente une préparation cruciale pour la prochaine étape de l'étude,

# **Chapitre V :**

## **Dimensionnement du réseau D'égout**

## Introduction :

La conception des réseaux d'assainissement constitue une phase essentielle pour garantir leur bon fonctionnement à long terme.. Il implique de respecter les exigences l est impératif de respecter les normes en vigueur concernant les débits et les pentes, tout en intégrant les contraintes liées aux raccordements et aux dispositifs annexes. En assurant l'évacuation rapide des effluents domestiques dans des conditions sanitaires optimales, Ils assurent une fonction essentielle dans le maintien des conditions sanitaires de la population .

### V.1 Conception des réseaux d'évacuation des eaux usées et pluviales :

Les réseaux unitaires se composent de collecteurs principaux reliés à des

Canalisations secondaires et tertiaires pour collecter les eaux domestiques et les eaux de surface via des bouches d'égout

- Les collecteurs sont définis par leur :
  - Emplacement (en plan).
  - Profondeur.
  - Diamètres (intérieur et extérieur).
  - Pente.
  - Leur joints et confection.
- Les regards sont également définis par leur :
  - Emplacement (en plan).
  - Profondeur.
  - Côtes

### V.2 Conditions d'écoulement :

Lorsque l'on regarde l'écoulement dans un réseau d'assainissement, cela s'appuie sur la gravité qui suit la topographie du terrain lui-même. Pour avoir un d'excellent fonctionnement, pour évitant que l'écoulement ne soit trop fort pour éroder les canalisations.

Pour les réseaux d'assainissement combinés, il est impératif d'assurer une vitesse d'écoulement adaptée aux conditions normales afin de prévenir l'encrassement, conformément aux exigences d'autocurage., à savoir que la vitesse doit être supérieure à 0,6 m/s pour 1/10 du Qps. Sinon, il faut s'arrêter et déplacer des « dispositif de chasse automatique » ou prévoir un nettoyage régulier avec des équipements de nettoyageEn ce qui concerne l'étanchéité des joints et la qualité des revêtements internes des canalisations, des exigences spécifiques doivent être respectées., il ne faudrait pas dépasser les 4-5 m/s de vitesse d'écoulement.

### V.3 Mode de calcul :

Le calcul hydraulique du réseau repose sur des hypothèses techniques définies en amont :

- Le dimensionnement des conduites se base sur le débit total ; le débit en section pleine sert à calculer les paramètres hydrauliques.
- Les L'écoulement est supposé uniforme et se fait à surface libre.

### V.4 Détermination des sections des ouvrages :

Les dimensions des ouvrages sont établies à partir des équations hydrauliques, en particulier à l'aide de la formule de continuité pour le calcul du débit.

$$\text{la formule de continuité : } Q=V.S_m \quad \text{V.1}$$

avec :

- Q : Débit d'écoulement, exprimé en mètres cubes par seconde (m<sup>3</sup>/s).
- V : Vitesse du fluide, mesurée en mètres par seconde (m/s).
- S<sub>m</sub> : Section mouillée de l'écoulement, exprimée en mètres carrés (m<sup>2</sup>).

La vitesse d'écoulement peut être évaluée à l'aide de plusieurs formules hydrauliques, notamment la formule de Chezy.

❖ **Formule de CHEZY :**

$$V = C\sqrt{R.I} \quad \text{V.2}$$

A savoir :

C : Coefficient de Chézy, donné par la relation suivante

$$C = K \times R_h^{1/6} \quad \text{V.3}$$

I : Pente de l'écoulement en m/m.

K : Coefficient de rugosité de Manning-Strickler.

R<sub>h</sub> : Rayon hydraulique (p/s) en mètre.

❖ **Formule de Manning-Strickler :**

$$V=K_s.R_h^{2/3}.I^{1/3} \quad \text{V.4}$$

Selon le type de paroi des conduites, le coefficient de rugosité de Manning-Strickler adopte différentes valeurs (voir tableau V-1).

**Tableau V-1 :** coefficients de en fonction de la nature de la paroi.

| Nature de la paroi           | Ks       |
|------------------------------|----------|
| Fossé à paroi en herbe       | 30       |
| Fossé à paroi en terre       | 40       |
| Canal en maçonnerie          | 60       |
| Conduite en béton            | 75       |
| Conduite en fibre-ciment     | 80       |
| Conduite en fonte ou en grés | 90       |
| Conduite en PVC              | 90 à 100 |

❖ Diamètre calculé :

$$D_{cal} = \left( \frac{3,2036 \cdot Q_t}{K_s \sqrt{I}} \right)^{\frac{3}{8}} \quad \text{V.5}$$

- $Q_t$ : débit total en m<sup>3</sup>/s égal à la somme des débits pluvial et usé.

❖ Débit à pleine section :

$$Q_{ps} = V_{ps} * \frac{\pi * (D_{nor})^2}{4} \quad \text{V.6}$$

- $V_{ps}$  : Vitesse à pleine section en m/s

$$V_{ps} = K_s \cdot \left( \frac{D_{nor}}{4} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \quad \text{V.7}$$

❖ Rapport des débits :

$$R_q = \frac{Q}{Q_{ps}} \quad \text{V.8}$$

❖ Hauteur de remplissage :

$$H = D_n * R_h \quad \text{V.9}$$

## V.5 Conclusion

Ce chapitre a permis de développer le calcul hydraulique nécessaire au dimensionnement des collecteurs projetés. Les diamètres obtenus s'échelonnent de 315 mm à 1200 mm, garantissant des vitesses d'écoulement suffisantes pour un bon autocurage .

**Chapitre VI :**  
**les Éléments constitutifs et**  
**ouvrages annexes**

## VI.1 Introduction

Le système d'assainissement représente une composante essentielle des infrastructures urbaines, A pour fonction d'assurer la récupération et l'évacuation des effluents domestiques et des eaux pluviales, dans le but de préserver l'environnement et la santé publique. Il se compose d'ouvrages principaux assurant le transport des effluents vers les stations d'épuration ou les milieux récepteurs, et d'ouvrages annexes facilitant l'exploitation, la maintenance et la surveillance du système. Pour garantir son efficacité et sa pérennité, ce réseau doit être conçu avec une étanchéité parfaite et une capacité d'écoulement adaptée aux contraintes topographiques et aux débits à gérer.

## VI.2 Ouvrages principaux

Les ouvrages principaux d'un réseau d'assainissement assurent le transport des eaux usées et pluviales depuis leur collecte jusqu'à leur rejet final, Qu'il s'agisse d'un rejet en milieu naturel ou d'un acheminement vers une station d'épuration de, ces réseaux intègrent conduites, raccords et joints, assurant une parfaite étanchéité et une continuité hydraulique.

### VI.2.1 Canalisations

Les canalisations constituent un élément fondamental du réseau d'assainissement. Elles assurent le transport des effluents, qu'il s'agisse d'eaux usées ou d'eaux pluviales, entre différents points du réseau, contribuant ainsi à une gestion efficace des eaux et à la protection de l'environnement. On distingue deux formes principales de conduites :

- Les canalisations circulaires, définies par leur diamètre intérieur exprimé en mm
- Les canalisations ovoïdes préfabriquées, identifiées par leur hauteur intérieure en cm

On distingue des conduites en :

- PVC : Léger, résistant à la corrosion, idéal pour les réseaux domestiques.
- Béton armé/non armé : Résistant à la pression, utilisé dans les grands projets.
- Grès : Excellente résistance chimique, utilisé dans les zones industrielles.
- Métalliques : Moins courants, mais offrent une bonne résistance mécanique.
- Amiante-ciment : Utilisé dans le passé, Interdit à présent en raison de son impact nocif sur la santé humaine.

### VI.1.2 sélection du type de canalisation

La sélection du matériau dépend d'un ensemble de critères techniques, tels que le type de sol rencontré, la topographie du site, la nature des eaux à évacuer, les contraintes de charge au-dessus du remblai, le diamètre des canalisations, et les considérations économiques du projet.

### VI.1.3 Joints des canalisations en béton armé

Les joints des canalisations en béton armé sont les éléments assurant la liaison étanche et résistante entre deux tuyaux dans un réseau d'assainissement. Ils sont conçus pour supporter les contraintes mécaniques, les mouvements du sol et les pressions internes. Selon les cas, ces joints peuvent être réalisés par bourrage au mortier de ciment, par emboîtement ou demi-emboîtement

## VI.2 Ouvrages annexes

Ils font partie du réseau d'assainissement et sont utilisés lors de l'exploitation. On distingue deux types :

- Ouvrages normaux : utilisés dans les cas classiques.
- Ouvrages spéciaux : conçus pour des situations ou sites particuliers.

### VI.2.1 Ouvrages normaux

#### VI.2.1.1 Les Branchements

Ils servent à collecter les eaux usées et pluviales des immeubles. Ils comprennent :

- Un regard de façade : placé en limite de propriété, accessible pour l'entretien.
- Des canalisations : raccordées de préférence à 45° ou 60° au réseau principal.
- Des dispositifs de raccordement : adaptés à la nature du terrain.

Ces ouvrages garantissent une bonne hygiène et doivent être étanches et résistants à la pression due à la pente depuis la voie publique.

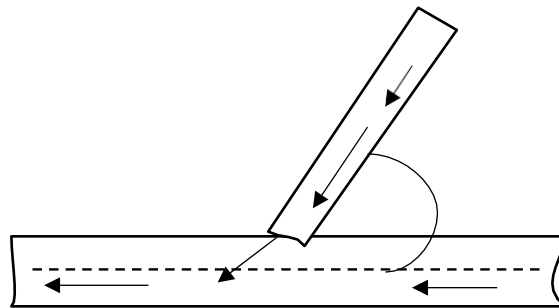


Figure VI-1 : Branchement de service avec inclinaison

#### VI.2.1.2 Bouches d'égout

Les bouches d'égout jouent un rôle central dans les réseaux d'assainissement en assurant la collecte des eaux pluviales et de nettoyage, ce qui limite efficacement la stagnation de l'eau et les risques d'inondations en milieu urbain.

Installées aux points bas des caniveaux, elles assurent une absorption efficace, que ce soit depuis la chaussée ou depuis le trottoir.

En général, leur espacement est de 50 mètres, mais cette distance peut être réduite en cas de fortes pentes ou de volumes d'eau importants. Dans les zones à terrain accidenté, il est recommandé d'utiliser des bouches d'égout transversales, qui traversent la chaussée, afin d'optimiser la collecte des eaux et d'éviter leur accumulation dans les creux ou zones basses. On distingue également les bouches d'égout selon leur mode d'accès :

- **La bouche d'égout à accès par le haut** : permet l'entrée directe des eaux par la partie supérieure, souvent utilisée pour les chaussées où l'écoulement se fait en surface.
- **La bouche d'égout à accès latéral** : équipée d'une ouverture sur le côté, elle est généralement intégrée dans les trottoirs et permet une collecte discrète et efficace des eaux.

### VI.2.1.3 Ouvrages d'accès au réseau (Regards)

Les regards jouent un rôle fondamental dans les réseaux d'égouts, en tant que points d'accès indispensables pour l'entretien, la surveillance et l'aération des canalisations. Ils facilitent la gestion du réseau et garantissent son bon fonctionnement. La sélection du type de regard à mettre en œuvre est influencée par divers paramètres, tels que la configuration topographique du site, l'inclinaison du terrain et le mode d'évacuation adopté.

- **Emplacement des regards**

Les regards sont installés à des points clés du réseau d'assainissement pour en assurer l'efficacité. Ils doivent être placés :

- Là où la canalisation change de direction ou de pente,
- Aux points de raccord entre différentes conduites,
- Aux endroits présentant une chute ou un changement de diamètre.

Selon le relief, les regards sont espacés de 30 à 40 m en terrain difficile et jusqu'à 80 m en terrain plat. Leur type doit être adapté à la configuration du réseau.

- **Type des regards**

- Selon leur rôle et leur emplacement dans le réseau d'assainissement, on distingue plusieurs types de regards :
- Regard double : employé uniquement dans les systèmes séparatifs (eaux usées et pluviales distinctes).
- Regard de chute : permet de réduire la pente dans les terrains à fort dénivelé.
- Regard jonction : utilisé aux points de raccordement de plusieurs conduites pour faciliter l'écoulement et l'entretien
- Regard de latéral : est généralement employé pour les canalisations de grand diamètre.

### VI.2.1.4 Dimensionnement des différents ouvrages constitutifs:

Dans la conception de notre réseau, les ouvrages sont dimensionnés autour de regards de visite assurant à la fois l'entretien et la ventilation. Parmi eux, on distingue :

- Les regards de jonction, placés aux points de raccordement entre collecteurs.
- Les regards de chute, indispensables dans les zones à forte pente induite par la topographie.

Remarque :

La vitesse d'écoulement dans les regards de chute est élevée et peut provoquer une érosion importante. Il est donc recommandé d'installer des déflecteurs pour réduire la vitesse du flux et protéger les parois contre l'érosion et la corrosion chimique.

Le collecteur principal E comprend 21 regards de visite, dont 7 regards de chute, avec leurs dimensions présentées dans le tableau VI-1.

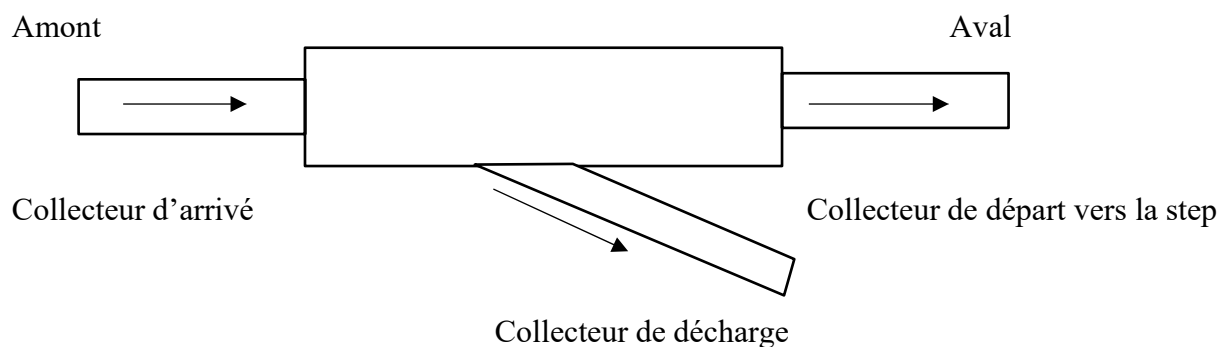
**Tableau VI-1:** les dimensions des regards

| Regards | Cr (m)  | $\Phi$ | Les Dimensions (m) |
|---------|---------|--------|--------------------|
| RG61    | 1019,70 | 800    | 1,1×1,1            |
| RG62    | 1016,65 | 800    | 1,1×1,1            |
| RG63    | 1013,86 | 800    | 1,1×1,1            |
| RG64    | 1011,10 | 800    | 1,1×1,1            |
| RG65    | 1009,24 | 800    | 1,1×1,1            |
| RG66    | 1007,38 | 800    | 1,1×1,1            |
| RG67    | 1004,04 | 800    | 1,1×1,1            |
| RG48    | 1001,56 | 1000   | 2×2                |
| RG68    | 998,70  | 1000   | 2×2                |
| RG69    | 996,84  | 1000   | 2×2                |
| RG70    | 995,08  | 1000   | 2×2                |
| RG71    | 992,96  | 1000   | 2×2                |
| RG72    | 990,71  | 1000   | 2×2                |
| RG73    | 989,18  | 1000   | 2×2                |
| RG74    | 987,10  | 1000   | 2×2                |
| RG75    | 985,59  | 1000   | 2×2                |
| RG76    | 983,92  | 1000   | 2×2                |
| RG77    | 980,86  | 1000   | 2×2                |
| RG79    | 977,50  | 500    | 1,2×1,2            |
| RG80    | 975,01  | 630    | 1,2×1,2            |
| RG81    | 1019,70 | 630    | 1,2×1,2            |

## VI.2.2 Ouvrages spéciaux :

### VI.2.2.1 Déversoirs d'orage :

Le déversoir d'orage est un dispositif hydraulique utilisé dans les réseaux unitaires pour évacuer l'excès d'eaux pluviales lors de fortes précipitations. Lorsque la capacité de la station d'épuration – limitée à 3 à 4 fois le débit par temps sec – est dépassée, le déversoir dirige une partie de l'eau directement vers le milieu naturel. Ce système permet ainsi de soulager le réseau, d'éviter la surcharge de la station et d'assurer une régulation efficace des flux dans le réseau d'assainissement.

**Figure VI-2 :** Schéma type d'un DVO

### VI.2.2.2 Les différents types de déversoirs :

Les déversoirs se différencient selon leur fonction spécifique et leur localisation dans le système

**1. Déversoir à seuil frontal** : Permet à l'eau de s'écouler par-dessus une crête placée en amont. Il est utilisé pour dissiper l'énergie des écoulements rapides.

**2. Déversoir à seuil latéral avec conduite aval libre** : L'eau déborde latéralement dans une conduite non contrainte, permettant un écoulement libre vers l'aval.

**3. Déversoir à seuil latéral avec conduite aval étranglée** : Similaire au précédent, mais la conduite en aval est rétrécie afin de limiter le débit évacué vers le réseau aval.

**4. Déversoir by-pass** : Permet de dériver une partie du débit vers un canal secondaire lorsque le débit dépasse un certain seuil dans le réseau principal.

**5. Déversoir à ouverture de fond** : Évacue l'eau par une ouverture située au fond de l'ouvrage, souvent utilisé pour évacuer les sédiments ou contrôler le niveau bas.

**6. Déversoir siphon** : Fonctionne selon le principe du siphon. Il permet l'évacuation automatique de l'eau sans pièces mobiles, une fois un certain niveau atteint.

**7. Déversoir double** : Combine deux types de déversoirs (par exemple, frontal et latéral) pour mieux s'adapter aux variations de Q.

### VI.2.2.3 Choix et emplacement des déversoirs d'orage

Le choix du type et de l'implantation des DVO dépend de plusieurs facteurs clés:

- Les paramètres hydrauliques du système d'assainissement,
- Le relief du site.
- La position géographique de la station de traitement et de l'exutoire.

### VI.2.2.4 Dimensionnement de déversoir d'orage :

Dans le but d'améliorer le système d'assainissement de la commune d'Ouled Brahim, située dans le sous-bassin de l'oued khrachria, il a été décidé de mettre en place un déversoir latéral pour les eaux pluviales. Ce choix vise à éviter la surcharge de la conduite principale qui transportant les eaux vers la station d'épuration (STEP), en particulier lors de pluies intenses.

➤ Mode de calcul :

Dans le cadre de notre projet, deux déversoirs d'orage latéraux ont été intégrés. Nous présenterons le dimensionnement à travers l'exemple du premier déversoir, DVO 1, en fournissant les résultats dans le tableau (VI-1). Ensuite, nous ferons un résumé du dimensionnement du second déversoir, DVO 2, avec ses résultats dans le tableau (VI-2)

Données de base pour le déversoir n°1 :

- Diamètre d'entrée : 1200mm.
- Débit total à l'entrée ( $Q_t$ ) : 3,59 m<sup>3</sup>/s.
- Débit temps sec ( $Q_{pts}$ ) : 0,0581m<sup>3</sup>/s.
- Débit pleine section ( $Q_{ps}$ ) : 5,529 m<sup>3</sup>/s.

- Calcul du débit critique ( $Q_{cr}$ ) :

$$Q_{cr} = Q_t \times \left(1 - \frac{t_c}{100}\right)$$

- $Q_{cr}$  : le débit de dimensionnement des ouvrages.
- $Q_t$  : le débit total de l'agglomération.
- $\left(1 - \frac{t_c}{100}\right)$  : le coefficient de retardement

$$Z = \left(1 - \frac{t_c}{100}\right)$$

Tel que :

- $t_c$  : temps de concentration (chapitre V).

$$t_c = t_1 + t_2$$

$t_2$  : varie entre (2 à 20 min)

Pour nos calculs, nous prendrons  $t_2$  égal à 10 minutes.

$$t_c = \frac{L}{60 \times V} + 10$$

$$t_c = \frac{1385,96}{60 \times 3,089} + 10 = 17,48 \text{ min}$$

On a :  $Q_t = 3,59 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Alors :

$$Q_{cr} = 3,59 \times \left(1 - \frac{17,48}{100}\right)$$

$$Q_{cr} = 2,96 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Calcul du débit de la step :

En appliquant un facteur de dilution égal à 3 :  $Q_{step} = Q_{pte} \times 3$

$$Q_{step} = 0,0581 \times 3 = 0,1743 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$2- \text{ Le débit déversé : } Q_{dév} = 2,96 - 0,1743 = 2,788 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$3- R_q = \frac{Q_{step}}{Q_{ps}} = \frac{0,1743}{5,529} = 0,0315 \Rightarrow \text{d'après l'abaque (voir Annexe V) } R_h = 0,125$$

$$\text{On sait que } R_h = \frac{H_{step}}{D} \quad \text{donc} \quad H_{step} = R_h \times D = 1200 \times 0,125 = 150 \text{ mm}$$

La valeur théorique étant trop faible pour une application concrète, nous avons fixé le seuil à 200 mm

Le calcul inverse :

$$R_h = \frac{H_{\text{step}}}{D} = \frac{200}{1200} = 0,166$$

D'après l'abaque  $R_q = 0,0667$  donc  $Q_{\text{step}} = 0,0667 \times 5,529 = 0,369 \text{ m}^3/\text{s}$

Alors :  $Q_{\text{dév}} = 2,96 - 0,369 = 2,591 \text{ m}^3/\text{s}$

4- La hauteur déversée :

$$R_{Q_{\text{cr}}} = \frac{Q_{\text{cr}}}{Q_{\text{ps}}} = \frac{2,96}{5,529} = 0,535$$

Selon l'abaque :  $R_{\text{hcr}} = 0,528 \Rightarrow H_{\text{cr}} = 0,528 \times 1200 = 634 \text{ mm}$

$$H_{\text{dév}} = H_{\text{cr}} - H_{\text{step}} = 634 - 200 = 434 \text{ mm}$$

- Calcul de la largeur « L » de seuil déversant :

$$Q_{\text{dév}} = mLh_{\text{dév}}\sqrt{2gh_{\text{dév}}}$$

$$L = \frac{2}{3} \times \frac{Q_{\text{dév}}}{m\sqrt{2g} h_{\text{dév}}^{\frac{3}{2}}} = \frac{2}{3} \times \frac{5,22}{m\sqrt{2*9,81*0,434^2}} = \mathbf{3,41 \text{ m}}$$

$$m = 0,4$$

Tableau VI-2 : dimensionnement du premier déversoir d'orage projeté.

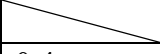
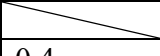
|         | Type du déversoir | Coefficient du débit                                                                | Débit critique        | Débit déversé         | Débit de la station d'épuration | Hauteur critique | Hauteur du step   | Hauteur du déversement | Longueur du seuil du déversoir |
|---------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|------------------|-------------------|------------------------|--------------------------------|
| DVO N°1 | Latéral           | m                                                                                   | $Q_{\text{cr}}$       | $Q_{\text{dév}}$      | $Q_{\text{step}}$               | $H_{\text{cr}}$  | $H_{\text{step}}$ | $H_{\text{dév}}$       | L                              |
|         |                   |  | $\text{m}^3/\text{s}$ | $\text{m}^3/\text{s}$ | $\text{m}^3/\text{s}$           | m                | m                 | m                      | m                              |
|         |                   | 0.4                                                                                 | 2,96                  | 2,591                 | 0,369                           | 0.634            | 0.2               | 0.434                  | 3.41                           |

Tableau VI-3 : dimensionnement du deuxième déversoir d'orage projeté.

|         | Type du déversoir | Coefficient du débit                                                                | Débit critique        | Débit déversé         | Débit de la station d'épuration | Hauteur critique | Hauteur du step   | Hauteur du déversement | Longueur du seuil du déversoir |
|---------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|------------------|-------------------|------------------------|--------------------------------|
| DVO N°2 | Latéral           | m                                                                                   | $Q_{\text{cr}}$       | $Q_{\text{dév}}$      | $Q_{\text{step}}$               | $H_{\text{cr}}$  | $H_{\text{step}}$ | $H_{\text{dév}}$       | L                              |
|         |                   |  | $\text{m}^3/\text{s}$ | $\text{m}^3/\text{s}$ | $\text{m}^3/\text{s}$           | m                | m                 | m                      | m                              |
|         |                   | 0.4                                                                                 | 4,44                  | 4,064                 | 0,369                           | 0.756            | 0.2               | 0.556                  | 3.69                           |

### **VI.3 Conclusion :**

Pour optimiser le fonctionnement du réseau d'assainissement, deux types de conduites ont été choisis selon les contraintes : le béton armé pour les tronçons nécessitant une forte résistance mécanique, et le PVC pour les sections plus faciles à poser et exposées à des risques de corrosion. Afin de maintenir l'accessibilité et la fiabilité du réseau, des regards de visite ont été placés aux endroits stratégiques, notamment aux changements de pente et aux jonctions. Par mesure de sécurité hydraulique, deux déversoirs d'orage latéraux ont été installés pour évacuer le surplus d'eaux pluviales vers le milieu naturel et limiter ainsi la surcharge de la station d'épuration.

# **Chapitre VII :**

## **Organisation du chantier**

## VII.1 Introduction

La réalisation de projets d'assainissement nécessite une planification rigoureuse et une organisation précise des ressources humaines, matérielles et techniques, tout en respectant les normes de sécurité et les réglementations en vigueur. La méthode du Chemin Critique (CPM) permet d'identifier les tâches clés influençant la durée du projet, ce qui facilite l'optimisation des délais, des coûts et de l'efficacité. Dans notre projet, nous avons choisi d'utiliser des conduites en béton armé et en PVC afin d'assurer à la fois la robustesse et la facilité d'installation du réseau d'évacuation. Le réseau a été conçu pour faciliter les opérations de maintenance et réduire les risques d'obstruction, garantissant ainsi un fonctionnement fiable et durable.

## VII.2 Les étapes de réalisation du projet

Pour la pose de canalisation, on doit exécuter dans un ordre précis certaines opérations

### VII.2.1 Exécution des travaux

L'exécution des travaux nécessite une planification rigoureuse et une coordination précise afin de garantir la sécurité et l'efficacité des interventions.

Quant à la pose des canalisations, elle se déroule selon les étapes principales suivantes

#### VII.2.1.1 Manutention et stockage des conduites :

- **Manutention :**

Pour protéger les conduites pendant le transport, il est crucial d'éviter les chocs, surtout aux extrémités, et de prévenir tout déchargement brusque au sol. Il faut également utiliser des supports adaptés et des équipements de fixation fiables pour stabiliser les conduites, répartir uniformément leur poids et ainsi réduire les risques de dommages, garantissant ainsi leur intégrité jusqu'à leur arrivée sur le chantier.

- **Stockage :**

Pour le stockage du matériel, il est essentiel de suivre les consignes suivantes :

- L'aire de stockage doit être plane et bien nivelée.
- Les conduites et accessoires doivent être protégés de l'exposition directe au soleil.
- Il faut éviter tout contact des conduites avec des produits chimiques, des solvants ou des huiles afin de préserver leur intégrité.

#### VII.2.1.2 Décapage de la couche végétale

Le décapage consiste à enlever la couche superficielle du sol, généralement les 10 premiers centimètres, à l'aide de machines adaptées comme des bulldozers ou niveleuses. Cette opération doit être réalisée avec soin, notamment en milieu urbain, pour éviter d'endommager les infrastructures environnantes. Le volume de la terre à décapée est donné par la formule :

$$V(m^3)=b \times H \times L$$

Tel que :

- $b$  (m) : largeur de la couche végétale.
- $H$  (m) : Epaisseur de la terre végétale.
- $L$  (m) : longueur totale de la tranchée.

### VII.2.1.3 Piquetage

Le positionnement des jalons se fait aux points de changement de direction et de pente, aux niveaux de raccordement, aux intersections des canalisations, ainsi qu'aux emplacements des regards.

### VII.2.1.4 Excavation des tranchées et des fouilles pour les regards :

L'excavation des tranchées doit respecter les pentes du projet. La conduite d'assainissement doit être placée à une profondeur inférieure à celle de la conduite d'eau potable, avec un écart minimal de 0,30 m pour éviter tout risque de contamination.

Le fond de fouille doit être nivelé sans remaniement du sol, tout en respectant les dimensions minimales pour garantir la sécurité et faciliter l'exécution.

- Profondeur de la tranchée est donnée par la relation :

$$H(m)=e+D+h$$

Tel que :

- e : Epaisseur du lit de sable en (m).
  - h : Hauteur de remblais en (m).
  - D : Diamètre de la conduite en (m).
- Largeur de la tranchée est donnée par la relation :

$$B=D+2C$$

- C : Espacement de la paroi de la tranchée et de la conduite (C= 0,3m).
- B : Largeur de la fouille en (m).

### VII.2.1.5 Aménagement du lit de pose

Le lit de pose de sable pour les conduites doit avoir une épaisseur d'au moins 10 cm. Le lit de sable doit avoir une épaisseur minimale de 10 cm et être parfaitement nivelé selon le profil en long.

Il est constitué de sable ou de gravier pour les terrains ordinaires, et de pierre cassée pour les terrains rocheux. Voir (Figure VII-1)

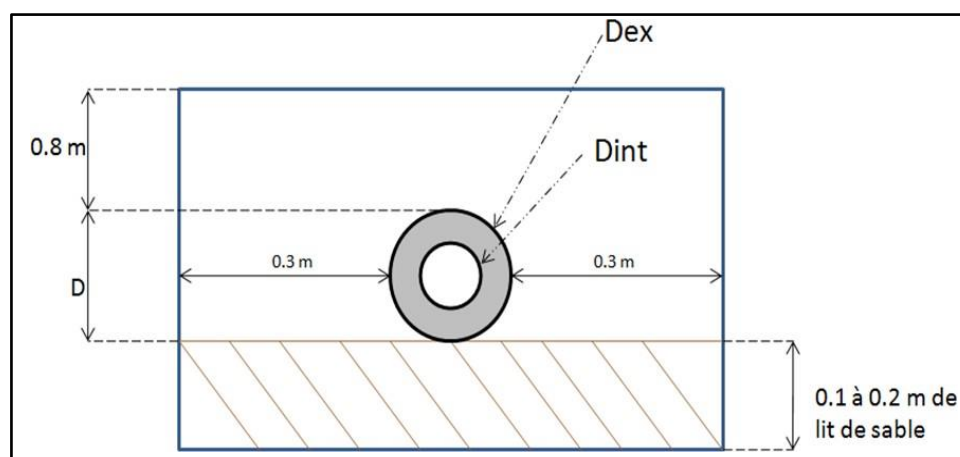


**Figure VII-1 : Aménagement du lit de pose**

### VII.2.1.6 Mise en place des conduites

Les conduites doivent être installées sur un fond de fouille propre, plat et sans obstacles, dans des tranchées sèches.

Des engins spécialisés appelés pipelayers sont utilisés pour garantir une pose précise et sécurisée, conforme aux normes techniques.

### VII.2.1.7 Assemblage des conduites

L'assemblage des conduites dépend de leur forme et de la nature du matériau afin d'assurer une bonne performance et une résistance aux conditions difficiles telles que les hautes températures, les fortes pressions et les liquides agressifs.

Dans notre projet, des conduites circulaires sont utilisées, assemblées à l'aide de bagues renforcées coulées sur place dans des moules, garantissant une connexion étanche et solide.

### VII.2.1.8 Essais d'étanchéité sur les canalisations et joints

Les essais d'étanchéité permettent de vérifier l'absence de fuites avant la réception des travaux. Pour les conduites de moins de 500 mm, on utilise l'eau avec une pression de 1 bar maintenue pendant 30 minutes. Au-delà de 500 mm, l'essai se fait à l'air, avec une variation de pression tolérée entre 0,1 et 0,2 bar. Ces contrôles garantissent la qualité et la fiabilité du réseau.

### VII.2.1.9 Construction des ouvrages hydrauliques :

#### • Regards :

Leurs constructions se font en étapes :

- Réglage du fond de regard.
- Exécution de la couche du béton de propreté.
- Ferrailage du radier de regard.
- Bétonnage du radier.
- Ferrailage des parois.
- Coffrage des parois.
- Bétonnages des parois.
- Décoffrage des parois.
- Ferrailage de la dalle.
- Coffrage de la dalle de couverture.
- Bétonnage de la dalle de couverture.
- Décoffrage de la dalle de couverture

#### • Boîtes de branchement :

Les boîtes de branchement doivent être équipées de grilles et reliées au réseau public par des conduites bien rectilignes, de diamètre inférieur à celui de la canalisation principale, inclinées à 60° et avec une pente de 3 %, afin d'éviter les mises en charge et les reflux d'eau.

### VII.2.1.10 Remblaiement des tranchées :

#### • Remblaiement de l'enrobage :

Le remblai en contact direct avec la canalisation doit être constitué de sable ou de gravier contenant moins de 12 % de fines, et déposé jusqu'à 15 cm au-dessus de la canalisation.

- **Couverture :**

Les éléments de diamètre supérieur à 100 mm ainsi que les débris végétaux ou animaux doivent être retirés au préalable. Il est préférable d'utiliser des matériaux contenant moins de 30 % d'éléments de plus de 20 mm, en évitant les argiles et limons dont la teneur en eau est éloignée de la valeur optimale selon l'essai Proctor modifié. Le remblaiement doit être réalisé par couches successives de 30 cm maximum, chaque couche devant être compactée avant la pose de la suivante.

## VII.2.2 Choix des engins de terrassement

Pour réaliser ces travaux, on doit utiliser différents types d'engins, car chaque opération nécessite un engin précis. Ces engins sont répartis en trois grandes catégories

- **Les engins de chargement :**
  - Les chargeuses.
  - Les pelles hydrauliques et mécaniques.
- **Les engins de transport :**
  - Les brouettes.
  - Les camions bennes.
  - Les motos basculeurs.
- **Les engins de mise en place des matériaux :**
  - Les niveleuses.
  - Les compacteurs et les finisseurs.

## VII.3 Détermination des différents volumes de terrassement :

### 1- Volume du décapage de la terre végétale :

$$V_{dec} = H_{cv} \times L \times B_{cv}$$

Tel que

- $V_{dec}$  : Volume de décapage en (m<sup>3</sup>).
- $H_{cv}$  : hauteur de la couche végétale (0,1m)
- $L$  : longueur totale de la tranchée en (m).
- $B_{cv}$  : largeur de la couche végétale en (m).

### 2- Volume du déblai des tranchées :

$$V_d = B \times L \times H$$

Tel que :

- $V_d$  : volume du déblai en (m<sup>3</sup>).
- $B$  : Largeur de la tranchée en (m).
- $L$  : Longueur de la tranchée en (m).
- $H$  : Profondeur de la tranchée

### 3- volume occupé par le lit de sable :

$$V_s = L \times B \times e$$

Tel que :

- $V_s$  : Volume de sable en (m<sup>3</sup>).
- $e$  : Epaisseur de la couche sableuse en (m).

**4- volume occupé par les conduites :**

$$V_{\text{con}} = \frac{\pi \times D_{\text{ext}}^2}{4} \times L$$

- $V_{\text{con}}$  : Volume occupé par la conduite en (m<sup>3</sup>).
- $D_{\text{ext}}$  : Diamètre extérieur de la conduite en (mm).

**5- Volume d'enrobage :**

Tel que :

- $V_e$  : Volume d'enrobage en (m<sup>3</sup>).
- $H_e$  : Hauteur d'enrobage en (m).

**6- Volume du remblai de protection**

$$V_{\text{rem}} = V_d - V_{\text{cond}} - V_{\text{déc}} - V_s$$

Tel que :

- $V_{\text{rem}}$  : Volume du remblai en (m<sup>3</sup>).

**7- Volume excédentaire**

$$V_{\text{exc}} = V_f - V_{\text{rem}}$$

Tel que :

- $V_{\text{exc}}$  : Volume excédentaire en (m<sup>3</sup>).
- $V_f$  : volume du sol foisonné donné par la relation

$$V_f = V_{\text{exc}} \times K_f$$

Tel que :

- $K_f$  : coefficient du foisonnement qui dépend de la nature du sol (voir tableau VII-1).

**Tableau VII-1** : Coefficients du foisonnement

| Type de sol            | $K_f$     |
|------------------------|-----------|
| Sables, matériaux fins | 1.08-1.17 |
| Limons argileux        | 1.14-1.28 |
| Argiles                | 1.25-1.30 |

Source : Métré de terrassement, cours génie civil

Pour notre calcul, nous prenons  $K_f = 1,25$

Les calculs sont résumés dans le tableau VII-2

**Tableau VII-2** : Résultats des volumes calculés

| $V_{\text{déc}}$ | $V_d$    | $V_s$   | $V_{\text{cond}}$ | $V_{\text{rem}}$ | $V_{\text{exc}}$ |
|------------------|----------|---------|-------------------|------------------|------------------|
| 691,91           | 17209,66 | 1376,77 | 1977,59           | 13163,38         | 8348,69          |

## VII.4 Cout de projet

Le calcul de devis estimatif et quantitatif est très important pour la réalisation d'un projet d'assainissement, il nous permet de tirer les quantités et les prix de toutes les opérations à effectuer sur le terrain et déduire le montant total de projet (Tableau VII-3).

**Tableau VII-3 : Devis estimatif et quantitatif des travaux**

| Désignation des travaux                                                                                                | U              | Quantité | prix unitaire (DA) | montant(DA)   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------|--------------------|---------------|
| <b>Travaux de terrassement</b>                                                                                         |                |          |                    |               |
| Décapage de la terre végétale                                                                                          | m <sup>3</sup> | 691,91   | 500,00             | 345 956,80    |
| Déblai de tranchée pour une profondeur h = 1 à 4m                                                                      | m <sup>3</sup> | 17209,66 | 240,00             | 4 130 319,35  |
| pose lit de sable, e=0,2 m                                                                                             | m <sup>3</sup> | 1376,77  | 1 200,00           | 1 652 127,74  |
| Remblai compacté de la tranchée                                                                                        | m <sup>3</sup> | 13163,38 | 200,00             | 2 632 676,79  |
| Evacuation des déblais Excédentaires                                                                                   | ml             | 8348,69  | 300,00             | 2 504 608,80  |
| Grillage avertisseur                                                                                                   | ml             | 5665,3   | 65,00              | 368 244,50    |
| <b>Canalisation en PVC (PN 06)</b>                                                                                     |                |          |                    |               |
| φ315                                                                                                                   | ml             | 1137,19  | 3 800,00           | 4 321 303,39  |
| φ 400                                                                                                                  | ml             | 610,76   | 4 500,00           | 2 748 421,03  |
| φ 500                                                                                                                  | ml             | 773,01   | 6 000,00           | 4 638 044,04  |
| φ 630                                                                                                                  | ml             | 991,03   | 8 000,00           | 7 928 208,06  |
| <b>canalisation en CAO (BA 135 A)</b>                                                                                  |                |          |                    |               |
| φ 800                                                                                                                  | ml             | 1362,29  | 12 000,00          | 16 347 465,20 |
| φ1000                                                                                                                  | ml             | 659,41   | 18 000,00          | 11 869 436,75 |
| φ1200                                                                                                                  | ml             | 131,61   | 22 000,00          | 2 895 492,31  |
| <b>Génie civil</b>                                                                                                     |                |          |                    |               |
| Exécution des regards en BA, y compris toute sujétion de bonne exécution, avec tampon en fonte série lourde, h= 1 à 4m | U              | 188      | 60 000,00          | 11 280 000,00 |
| Exécution de DVO en béton armé                                                                                         | U              | 2        | 70 000,00          | 140 000,00    |
| <b>Totaux</b>                                                                                                          |                |          | Total (HT)         | 73 802 304,76 |
|                                                                                                                        |                |          | T.V.A (19%)        | 14022437,9    |
|                                                                                                                        |                |          | Total T.T.C        | 87 824 742,66 |

Quatre-vingt-sept millions huit cent vingt-quatre mille sept cent quarante-deux dinars et soixante-six centime

## VII.5 Planification des travaux :

A planification de projet consiste à organiser les activités sur une période donnée afin d'optimiser les ressources, le coût et le temps. Elle vise une exécution efficace grâce à une utilisation rationnelle de la main-d'œuvre et des moyens. Les Éléments clés de la planification comprennent :

- Postes de travail : Bien configurés pour efficacité et sécurité.
- Observations en temps réel : Suivi constant pour améliorer.
- Analyse des tâches : Étude détaillée pour bien comprendre les besoins.
- Chronométrage : Mesure précise des durées.
- Objectifs et responsabilités : Clarification des rôles.
- Simplification : Méthodes plus simples et efficaces.
- Stabilisation : Environnement de travail cohérent.

### VII.5.1 Techniques de la planification :

Deux méthodes de planification prédominantes sont couramment utilisées :

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

#### VII.5.1.1 Méthodes basées sur le réseau

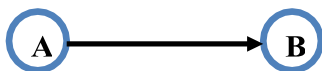
Le réseau est un outil graphique permettant de représenter les différentes tâches d'un projet, ainsi que les relations entre elles (successives, parallèles ou convergentes), tout en indiquant leur durée. On distingue deux types principaux :

- **Réseau à flèches** : chaque tâche est représentée par une flèche, et les nœuds (points de jonction) indiquent l'ordre des opérations. Ce type de schéma facilite la compréhension du déroulement des tâches.



L'opération A précède l'opération B.

- **Réseau à nœuds** : chaque nœud représente une tâche, tandis que les flèches montrent la séquence des opérations. Cette représentation met en évidence les enchaînements et aide à mieux comprendre la logique de réalisation du projet.



L'opération (B) ne peut commencer que lorsque l'opération (A) est intégralement terminée

- **Construction du réseau**

La création d'un réseau suit un processus structuré en six étapes :

1. Établir une liste complète des tâches du projet.
2. Identifier les dépendances entre les tâches (quelles tâches doivent précéder d'autres).
3. Créer des sous-graphes pour les groupes de tâches liées.
4. Regrouper ces sous-graphes en un schéma global.
5. Déterminer les tâches de début et de fin du projet.
6. Assembler l'ensemble pour obtenir le réseau final.

### VII.5.1.2 Méthode basées sur le graphique :

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

Cette méthode vise à réduire la durée globale du projet en trois étapes :

- Déterminer les ressources humaines nécessaires.
- Analyser en détail le réseau, jour après jour, selon une échelle de temps définie.
- Adapter le planning en fonction des contraintes propres à l'entreprise pour rester cohérent avec les objectifs du projet.

### VII.5.2 Étapes de la planification

La planification d'un projet suit plusieurs étapes clés :

- Collecte des informations : rassemblement et analyse des données pour guider la mise en œuvre.
- Décomposition du projet : division en tâches, avec attribution des responsables et des ressources.
- Relations entre les tâches : elles peuvent être logiques (dépendances techniques) ou préférentielles (organisationnelles).

#### VII.5.2.1 Les Paramètres de la méthode C.P.M :

Elle s'appuie sur plusieurs notions :

- TR : Temps de réalisation
- DCP/DFP : Dates de début/fin au plus tôt
- DCP/DFPP : Dates de début/fin au plus tard
- MT : Marge totale
- Formules importantes :
- $DFP = DCP + TR$
- $DCPP = DFPP - TR$

- **Chemin critique (C.P.M) :**

C'est l'enchaînement des tâches sans marge de retard ( $MT = 0$ ), qui fixe la durée minimale du projet. Toute modification sur ce chemin retarde l'ensemble du projet.

### VII.5.3 Attribution des durées de chaque opération :

Pour estimer avec précision la durée d'une tâche dans un projet, deux éléments principaux doivent être pris en compte :

La disponibilité des ressources (matérielles et humaines)

La taille et la complexité du projet

Formule d'estimation (selon les normes C.N.A.T) :

$$T = \frac{Q \cdot N}{n}$$

Avec :

T : Durée estimée

Q : Quantité de travail à réaliser

N : Rendement des ressources

n : Nombre d'équipes engagées

### VII.5.3 Les différentes opérations avec leurs durée

Le tableau VII-4 représente les opérations et leurs délais de réalisation

**Tableau VII -4** : les différentes opérations avec leurs délais

| Désignation d'Opérations                    | Code | Durée (jours) |
|---------------------------------------------|------|---------------|
| Piquetage                                   | A    | 25            |
| Décapage de la couche végétale ou du godron | B    | 15            |
| Exécution des tranchées et des fouilles     | C    | 40            |
| Aménagement du lit de pose                  | D    | 25            |
| Construction des regards                    | E    | 70            |
| Mise en place des conduites                 | F    | 30            |
| Assemblage des tuyaux                       | G    | 15            |
| Essais d'étanchéité                         | H    | 20            |
| Construction des ouvrages                   | I    | 10            |
| Remblaiement                                | J    | 20            |
| Travaux de finition                         | K    | 25            |

**Détermination des délais (voir tableau VII-5) :**

**Tableau VII-5** : détermination des délais

| Opération | Tr | DP  |     | DPP  |      | MT |
|-----------|----|-----|-----|------|------|----|
|           |    | DCP | DFP | DCPP | DFPP |    |
| A         | 15 | 0   | 15  | 0    | 15   | 0  |
| B         | 00 | 15  | 15  | 15   | 15   | 0  |
| C         | 55 | 15  | 70  | 15   | 70   | 0  |
| D         | 25 | 70  | 95  | 125  | 150  | 20 |
| E         | 80 | 70  | 150 | 70   | 150  | 0  |
| F         | 30 | 70  | 100 | 120  | 150  | 20 |
| G         | 35 | 70  | 105 | 115  | 150  | 40 |
| H         | 25 | 150 | 175 | 150  | 175  | 0  |
| I         | 15 | 175 | 190 | 175  | 190  | 0  |
| J         | 20 | 190 | 210 | 190  | 210  | 0  |
| K         | 20 | 210 | 230 | 210  | 230  | 0  |

Avec :

Le chemin critique est : A-B-C-E-H-I-J-K

Le temps de réalisation égal à :  $\sum Tr = 230$  jours

## **VII.6 Conclusion :**

Au terme de cette étude, il apparaît clairement que la phase de préparation et d'estimation préalable constitue une étape fondamentale pour la réussite de tout projet. L'organisation du chantier, l'évaluation des quantités de travaux ainsi que l'estimation du coût global permettent une meilleure gestion des ressources, la prévention des imprévus durant l'exécution et le respect des délais. L'estimation approximative obtenue sert de référence initiale précieuse pour assurer une bonne conduite du projet, tout en garantissant la qualité des travaux et l'atteinte des objectifs fixés.

# **Conclusion générale**

## **Conclusion générale**

Ce mémoire a porté sur la conception d'un système d'assainissement pour la région d'Ouled Brahim, située dans la wilaya de Médéa. L'objectif principal était d'acheminer efficacement les eaux usées et pluviales vers un exutoire dédié, afin de protéger la santé publique et préserver l'environnement.

Nous avons commencé par présenter les caractéristiques géographiques et naturelles de la zone d'étude. Une étude hydrologique a ensuite permis de déterminer l'intensité maximale moyenne des précipitations, évaluée à 150,86 L/s/ha, en appliquant la loi de log normale.

Le réseau de collecte a été conçu selon un système unitaire avec un schéma d'évacuation latérale, permettant d'acheminer les eaux usées vers le point de rejet. L'estimation des débits d'eaux usées a pris en compte les débits domestiques et publics, compte tenu de l'absence d'activités industrielles dans la zone. Pour les eaux pluviales, la zone a été subdivisée en dix sous-bassins, et la méthode rationnelle a été utilisée pour le calcul des débits.

Nous avons choisi des canalisations en PVC de diamètres variés (315, 400, 500 et 630 mm) pour leurs excellentes caractéristiques d'étanchéité et leur facilité de pose, ainsi que des conduites en béton reconnues pour leur robustesse et leur stabilité dans le sol.

Par ailleurs, deux déversoirs d'orage à seuil latéral ont été dimensionnés afin de faciliter les opérations de nettoyage et d'assurer la sécurité du réseau.

Le coût total estimé du projet s'élève à environ 87 824 742,66 DA, avec une durée de réalisation prévue de 230 jours.

Ce projet constitue une étape essentielle dans l'amélioration des infrastructures d'assainissement de la région, contribuant ainsi à la protection de la santé publique, à la préservation de l'environnement, et à la mise en place de solutions durables pour la gestion des eaux.

### Références bibliographiques :

- **MELIKAOUI Mohamed;** Dimensionnement du réseau d'assainissement du nouveau pôle urbain de la ville El Omara (W.MEDEA)
- **RAHIM Malak ;** Diagnostic et Réhabilitation du système d'assainissement du P.O.S N°02Halloula Sahilia de la commune ATTATBA (W.Tipaza)
- **AIT ZIANE Yousra Nesrine;** Dimensionnement et conception du réseau d'assainissement de la commune d'Ouled Maaref (Wilaya de Médéa)
- **Marc Satin, Béchir Selmi ; 2006 ;** Guide technique de l'assainissement.
- **Salah B ; 2014,** Assainissement des eaux usées et pluviales des agglomérations : A l'usage des étudiants de l'option Assainissement, ENSH, Blida.
- **GOMELLA, C, GUERREE, H., 1986** « Guide technique d'assainissement dans les Agglomérations urbaines et rurales, Eyrolles, Paris.
- **DERNOUNI, F.(2009) ;** Cours d'assainissement, 4ème édition. ENSH, Blida.

# Annexes

## Annexe 1 : Table de chi au carré

LOI DU KHI-DEUX AVEC  $k$  DEGRÉS DE LIBERTÉ  
QUANTILES D'ORDRE  $1 - \gamma$

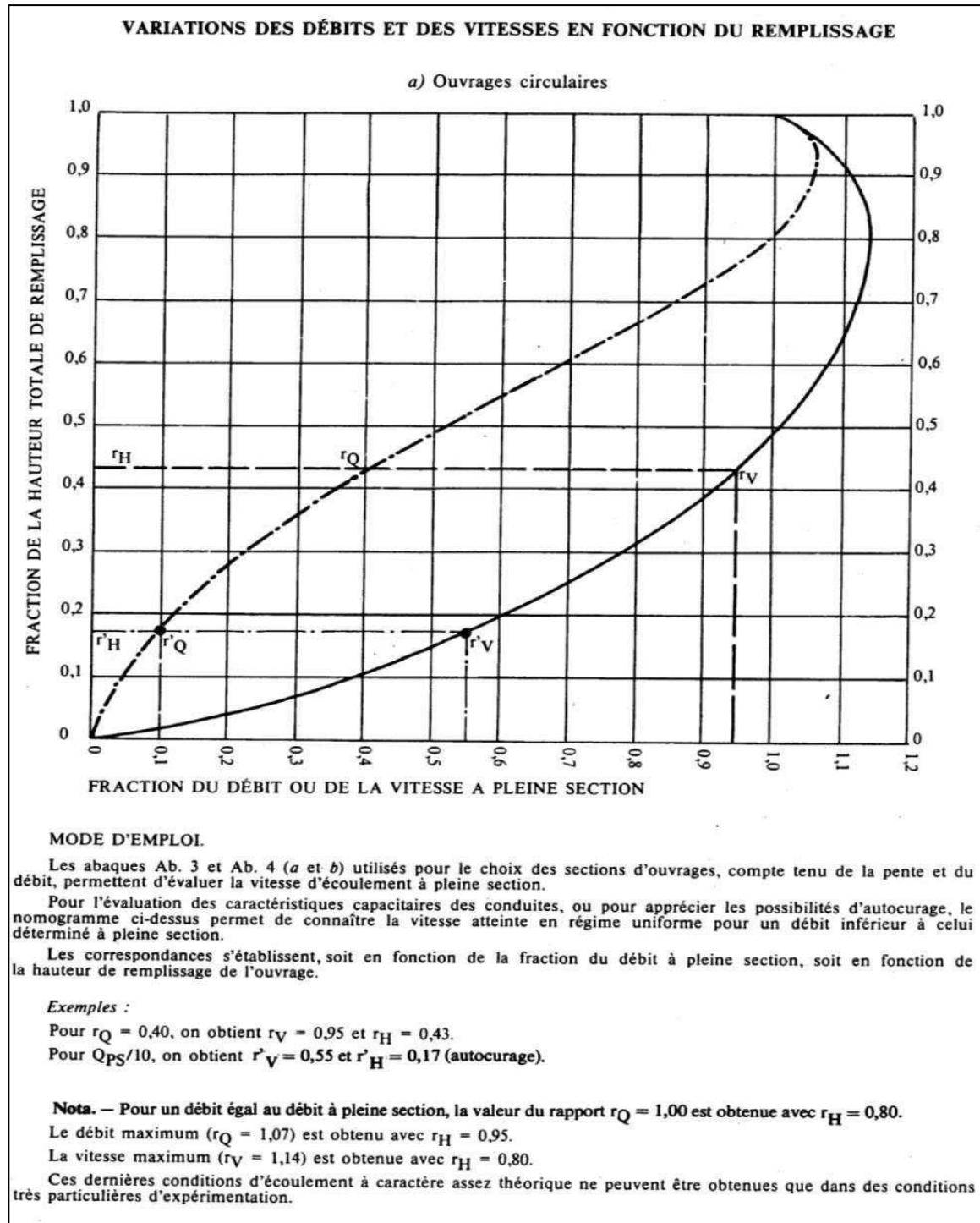
| $k$ | $\gamma$ |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |
|-----|----------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
|     | 0.995    | 0.990 | 0.975 | 0.950 | 0.900 | 0.500 | 0.100  | 0.050  | 0.025  | 0.010  | 0.005  |
| 1   | 0.00     | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.02  | 0.45  | 2.71   | 3.84   | 5.02   | 6.63   | 7.88   |
| 2   | 0.01     | 0.02  | 0.05  | 0.10  | 0.21  | 1.39  | 4.61   | 5.99   | 7.38   | 9.21   | 10.60  |
| 3   | 0.07     | 0.11  | 0.22  | 0.35  | 0.58  | 2.37  | 6.25   | 7.81   | 9.35   | 11.34  | 12.84  |
| 4   | 0.21     | 0.30  | 0.48  | 0.71  | 1.06  | 3.36  | 7.78   | 9.94   | 11.14  | 13.28  | 14.86  |
| 5   | 0.41     | 0.55  | 0.83  | 1.15  | 1.61  | 4.35  | 9.24   | 11.07  | 12.83  | 15.09  | 16.75  |
| 6   | 0.68     | 0.87  | 1.24  | 1.64  | 2.20  | 5.35  | 10.65  | 12.59  | 14.45  | 16.81  | 18.55  |
| 7   | 0.99     | 1.24  | 1.69  | 2.17  | 2.83  | 6.35  | 12.02  | 14.07  | 16.01  | 18.48  | 20.28  |
| 8   | 1.34     | 1.65  | 2.18  | 2.73  | 3.49  | 7.34  | 13.36  | 15.51  | 17.53  | 20.09  | 21.96  |
| 9   | 1.73     | 2.09  | 2.70  | 3.33  | 4.17  | 8.34  | 14.68  | 16.92  | 19.02  | 21.67  | 23.59  |
| 10  | 2.16     | 2.56  | 3.25  | 3.94  | 4.87  | 9.34  | 15.99  | 18.31  | 20.48  | 23.21  | 25.19  |
| 11  | 2.60     | 3.05  | 3.82  | 4.57  | 5.58  | 10.34 | 17.28  | 19.68  | 21.92  | 24.72  | 26.76  |
| 12  | 3.07     | 3.57  | 4.40  | 5.23  | 6.30  | 11.34 | 18.55  | 21.03  | 23.34  | 26.22  | 28.30  |
| 13  | 3.57     | 4.11  | 5.01  | 5.89  | 7.04  | 12.34 | 19.81  | 22.36  | 24.74  | 27.69  | 29.82  |
| 14  | 4.07     | 4.66  | 5.63  | 6.57  | 7.79  | 13.34 | 21.06  | 23.68  | 26.12  | 29.14  | 31.32  |
| 15  | 4.60     | 5.23  | 6.27  | 7.26  | 8.55  | 14.34 | 22.31  | 25.00  | 27.49  | 30.58  | 32.80  |
| 16  | 5.14     | 5.81  | 6.91  | 7.96  | 9.31  | 15.34 | 23.54  | 26.30  | 28.85  | 32.00  | 34.27  |
| 17  | 5.70     | 6.41  | 7.56  | 8.67  | 10.09 | 16.34 | 24.77  | 27.59  | 30.19  | 33.41  | 35.72  |
| 18  | 6.26     | 7.01  | 8.23  | 9.39  | 10.87 | 17.34 | 25.99  | 28.87  | 31.53  | 34.81  | 37.16  |
| 19  | 6.84     | 7.63  | 8.81  | 10.12 | 11.65 | 18.34 | 27.20  | 30.14  | 32.85  | 36.19  | 38.58  |
| 20  | 7.43     | 8.26  | 9.59  | 10.85 | 12.44 | 19.34 | 28.41  | 31.41  | 34.17  | 37.57  | 40.00  |
| 21  | 8.03     | 8.90  | 10.28 | 11.59 | 13.24 | 20.34 | 29.62  | 32.67  | 35.48  | 38.93  | 41.40  |
| 22  | 8.64     | 9.54  | 10.98 | 12.34 | 14.04 | 21.34 | 30.81  | 33.92  | 36.78  | 40.29  | 42.80  |
| 23  | 9.26     | 10.20 | 11.69 | 13.09 | 14.85 | 22.34 | 32.01  | 35.17  | 38.08  | 41.64  | 44.18  |
| 24  | 9.89     | 10.86 | 12.40 | 13.85 | 15.66 | 23.34 | 33.20  | 36.42  | 39.36  | 42.98  | 45.56  |
| 25  | 10.52    | 11.52 | 13.12 | 14.61 | 16.47 | 24.34 | 34.28  | 37.65  | 40.65  | 44.31  | 46.93  |
| 26  | 11.16    | 12.20 | 13.84 | 15.38 | 17.29 | 25.34 | 35.56  | 38.89  | 41.92  | 45.64  | 48.29  |
| 27  | 11.81    | 12.88 | 14.57 | 16.15 | 18.11 | 26.34 | 36.74  | 40.11  | 43.19  | 46.96  | 49.65  |
| 28  | 12.46    | 13.57 | 15.31 | 16.93 | 18.94 | 27.34 | 37.92  | 41.34  | 44.46  | 48.28  | 50.99  |
| 29  | 13.12    | 14.26 | 16.05 | 17.71 | 19.77 | 28.34 | 39.09  | 42.56  | 45.72  | 49.59  | 52.34  |
| 30  | 13.79    | 14.95 | 16.79 | 18.49 | 20.60 | 29.34 | 40.26  | 43.77  | 46.98  | 50.89  | 53.67  |
| 40  | 20.71    | 22.16 | 24.43 | 26.51 | 29.05 | 39.34 | 51.81  | 55.76  | 59.34  | 63.69  | 66.77  |
| 50  | 27.99    | 29.71 | 32.36 | 34.76 | 37.69 | 49.33 | 63.17  | 67.50  | 71.42  | 76.15  | 79.49  |
| 60  | 35.53    | 37.48 | 40.48 | 43.19 | 46.46 | 59.33 | 74.40  | 79.08  | 83.30  | 88.38  | 91.95  |
| 70  | 43.28    | 45.44 | 48.76 | 51.74 | 55.33 | 69.33 | 85.53  | 90.53  | 95.02  | 100.42 | 104.22 |
| 80  | 51.17    | 53.54 | 57.15 | 60.39 | 64.28 | 79.33 | 96.58  | 101.88 | 106.63 | 112.33 | 116.32 |
| 90  | 59.20    | 61.75 | 65.65 | 69.13 | 73.29 | 89.33 | 107.57 | 113.14 | 118.14 | 124.12 | 128.30 |
| 100 | 67.33    | 70.06 | 74.22 | 77.93 | 82.36 | 99.33 | 118.50 | 124.34 | 129.56 | 135.81 | 140.17 |

Si  $k$  est entre 30 et 100 mais n'est pas un multiple de 10, on utilise la table ci-haut et on fait une interpolation linéaire. Si  $k > 100$  on peut, grâce au théorème limite central, approximer la loi  $\chi^2(k)$  par la loi  $N(k, 2k)$ .

Source : Instruction technique 19

## Annexe 2

Abaque n° 1: Les variations des débits et des vitesses en fonction de la hauteur de remplissage



Source : Instruction technique 1977

## Annexe 5 : Calcul hydraulique des collecteurs d'assainissement

| Tronçons                         | Dis<br>(m) | I     | Q<br>(m³/s) | Dcal<br>(mm) | Dnor<br>(mm) | Vps<br>(m/s) | Qps<br>(m³/s) | Qusé<br>(m³/s) | Rq   | Rq<br>min | Rv   | Rv<br>min | Rh   | Rh<br>min | V<br>(m/s) | Vmin<br>(m/s) | H<br>(m) | Hmin  | Qps/10- Qeu<br>(m³/s) | Auto-<br>curage |
|----------------------------------|------------|-------|-------------|--------------|--------------|--------------|---------------|----------------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------------|---------------|----------|-------|-----------------------|-----------------|
| <b>Collecteur principal A</b>    |            |       |             |              |              |              |               |                |      |           |      |           |      |           |            |               |          |       |                       |                 |
| R1 -R2                           | 40,21      | 0,021 | 0,190       | 316,96       | 400          | 2,80         | 0,352         | 0,0012         | 0,54 | 0,00      | 1,02 | 0,22      | 0,52 | 0,04      | 2,87       | 0,62          | 0,208    | 0,017 | 0,034                 | Vérifie         |
| R2-R3                            | 37,15      | 0,026 | 0,365       | 389,29       | 400          | 3,12         | 0,391         | 0,0023         | 0,93 | 0,01      | 1,14 | 0,25      | 0,76 | 0,06      | 3,55       | 0,78          | 0,303    | 0,022 | 0,037                 | Vérifie         |
| R3-R4                            | 47,90      | 0,046 | 0,591       | 418,70       | 500          | 4,82         | 0,946         | 0,0037         | 0,62 | 0,00      | 1,06 | 0,23      | 0,57 | 0,04      | 5,09       | 1,10          | 0,284    | 0,022 | 0,091                 | Vérifie         |
| R4-R5                            | 41,08      | 0,039 | 0,784       | 480,49       | 500          | 4,44         | 0,871         | 0,0049         | 0,90 | 0,01      | 1,14 | 0,25      | 0,74 | 0,05      | 5,05       | 1,10          | 0,369    | 0,027 | 0,082                 | Vérifie         |
| R5-R6                            | 42,26      | 0,014 | 0,984       | 676,49       | 800          | 3,06         | 1,535         | 0,0062         | 0,64 | 0,00      | 1,06 | 0,23      | 0,58 | 0,05      | 3,24       | 0,70          | 0,462    | 0,036 | 0,147                 | Vérifie         |
| R6-R7                            | 47,25      | 0,014 | 1,125       | 714,01       | 800          | 3,03         | 1,521         | 0,0071         | 0,74 | 0,00      | 1,09 | 0,24      | 0,64 | 0,05      | 3,30       | 0,72          | 0,511    | 0,039 | 0,145                 | Vérifie         |
| R7-R8                            | 46,28      | 0,033 | 1,264       | 591,46       | 630          | 4,79         | 1,493         | 0,0079         | 0,85 | 0,01      | 1,13 | 0,24      | 0,71 | 0,05      | 5,41       | 1,17          | 0,445    | 0,033 | 0,141                 | Vérifie         |
| R8-R9                            | 48,36      | 0,024 | 1,409       | 703,51       | 800          | 3,94         | 1,981         | 0,0088         | 0,71 | 0,00      | 1,08 | 0,23      | 0,62 | 0,05      | 4,26       | 0,93          | 0,496    | 0,038 | 0,189                 | Vérifie         |
| R9-R10                           | 44,17      | 0,026 | 1,541       | 713,70       | 800          | 4,15         | 2,086         | 0,0096         | 0,74 | 0,00      | 1,09 | 0,24      | 0,64 | 0,05      | 4,52       | 0,98          | 0,510    | 0,039 | 0,199                 | Vérifie         |
| R10-R11                          | 37,92      | 0,034 | 1,655       | 696,92       | 800          | 4,75         | 2,386         | 0,0103         | 0,69 | 0,00      | 1,07 | 0,23      | 0,61 | 0,05      | 5,10       | 1,11          | 0,487    | 0,038 | 0,228                 | Vérifie         |
| R11-R12                          | 48,35      | 0,021 | 1,800       | 790,68       | 800          | 3,69         | 1,853         | 0,0112         | 0,97 | 0,01      | 1,14 | 0,25      | 0,78 | 0,06      | 4,21       | 0,93          | 0,627    | 0,045 | 0,174                 | Vérifie         |
| R12-R13                          | 68,06      | 0,029 | 2,004       | 770,70       | 800          | 4,40         | 2,209         | 0,0125         | 0,91 | 0,01      | 1,14 | 0,25      | 0,74 | 0,05      | 5,01       | 1,09          | 0,593    | 0,043 | 0,208                 | Vérifie         |
| <b>Collecteur secondaire 1-D</b> |            |       |             |              |              |              |               |                |      |           |      |           |      |           |            |               |          |       |                       |                 |
| R14-R15                          | 38,15      | 0,025 | 0,143       | 274,65       | 315          | 2,64         | 0,206         | 0,0008         | 0,70 | 0,00      | 1,07 | 0,23      | 0,61 | 0,04      | 2,84       | 0,60          | 0,192    | 0,014 | 0,020                 | Vérifie         |
| R15-R16                          | 34,34      | 0,023 | 0,272       | 356,12       | 400          | 2,94         | 0,369         | 0,0015         | 0,74 | 0,00      | 1,09 | 0,23      | 0,64 | 0,05      | 3,20       | 0,68          | 0,254    | 0,018 | 0,035                 | Vérifie         |
| R16-R17                          | 37,02      | 0,024 | 0,316       | 416,70       | 500          | 2,61         | 0,513         | 0,0019         | 0,62 | 0,00      | 1,05 | 0,22      | 0,56 | 0,04      | 2,75       | 0,71          | 0,281    | 0,021 | 0,049                 | Vérifie         |
| R17-R18                          | 39,47      | 0,023 | 0,364       | 398,18       | 400          | 2,93         | 0,368         | 0,0022         | 0,99 | 0,01      | 1,14 | 0,25      | 0,80 | 0,06      | 3,34       | 0,74          | 0,320    | 0,022 | 0,035                 | Vérifie         |
| R18-R19                          | 15,34      | 0,043 | 0,383       | 360,87       | 400          | 4,00         | 0,502         | 0,0024         | 0,76 | 0,00      | 1,10 | 0,24      | 0,65 | 0,05      | 4,39       | 0,95          | 0,261    | 0,020 | 0,048                 | Vérifie         |
| R19-R103                         | 21,80      | 0,028 | 0,409       | 399,67       | 400          | 3,26         | 0,409         | 0,0026         | 1,00 | 0,01      | 1,14 | 0,25      | 0,81 | 0,06      | 3,72       | 0,83          | 0,324    | 0,023 | 0,038                 | Vérifie         |
| R103-R104                        | 19,41      | 0,014 | 0,432       | 466,28       | 500          | 2,65         | 0,520         | 0,0027         | 0,83 | 0,01      | 1,12 | 0,24      | 0,70 | 0,05      | 2,98       | 0,64          | 0,348    | 0,026 | 0,049                 | Vérifie         |
| R104-R105                        | 22,12      | 0,036 | 0,027       | 137,29       | 315          | 3,13         | 0,244         | 0,0002         | 0,11 | 0,00      | 0,65 | 0,19      | 0,22 | 0,02      | 2,03       | 0,59          | 0,071    | 0,007 | 0,024                 | Vérifie         |

## Calcul hydraulique (suite)

| Tronçons                      | Dis   | I     | Q     | Deal   | Dnor | Vps  | Qps   | Qusé   | Rq   | Rq min | Rv   | Rv min | Rh   | Rh min | V    | Vmin | H     | Hmin  | Qps/10- Qeu | Auto-curage |
|-------------------------------|-------|-------|-------|--------|------|------|-------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|------|-------|-------|-------------|-------------|
| R105-R91                      | 26,53 | 0,034 | 0,059 | 198,99 | 315  | 2,56 | 0,200 | 0,0004 | 0,29 | 0,00   | 0,87 | 0,20   | 0,37 | 0,03   | 2,24 | 0,60 | 0,116 | 0,010 | 0,020       | Vérifie     |
| R91-R92                       | 15,81 | 0,028 | 0,078 | 271,72 | 315  | 2,78 | 0,215 | 0,0005 | 0,38 | 0,00   | 0,92 | 0,23   | 0,60 | 0,05   | 2,53 | 0,62 | 0,188 | 0,015 | 0,021       | Vérifie     |
| R92-R93                       | 12,96 | 0,040 | 0,093 | 215,50 | 315  | 3,30 | 0,257 | 0,0006 | 0,36 | 0,00   | 0,92 | 0,21   | 0,42 | 0,03   | 3,02 | 0,69 | 0,132 | 0,011 | 0,025       | Vérifie     |
| R93-R94                       | 16,14 | 0,055 | 0,113 | 217,97 | 315  | 3,86 | 0,301 | 0,0007 | 0,38 | 0,00   | 0,92 | 0,21   | 0,42 | 0,04   | 3,57 | 0,81 | 0,134 | 0,011 | 0,029       | Vérifie     |
| <b>Collecteur principal C</b> |       |       |       |        |      |      |       |        |      |        |      |        |      |        |      |      |       |       |             |             |
| R20-R21                       | 30,56 | 0,054 | 0,114 | 219,55 | 315  | 3,84 | 0,299 | 0,0006 | 0,38 | 0,00   | 0,93 | 0,21   | 0,43 | 0,03   | 3,56 | 0,79 | 0,135 | 0,010 | 0,029       | Vérifie     |
| R21-R22                       | 32,36 | 0,051 | 0,148 | 243,90 | 315  | 3,74 | 0,292 | 0,0008 | 0,51 | 0,00   | 1,00 | 0,22   | 0,50 | 0,04   | 3,76 | 0,81 | 0,158 | 0,012 | 0,028       | Vérifie     |
| R22-R23                       | 25,37 | 0,049 | 0,174 | 261,68 | 315  | 3,65 | 0,284 | 0,0010 | 0,61 | 0,00   | 1,05 | 0,22   | 0,56 | 0,04   | 3,84 | 0,81 | 0,176 | 0,013 | 0,027       | Vérifie     |
| R23-R24                       | 14,51 | 0,037 | 0,189 | 284,39 | 315  | 3,18 | 0,247 | 0,0011 | 0,76 | 0,00   | 1,10 | 0,23   | 0,65 | 0,05   | 3,49 | 0,74 | 0,206 | 0,015 | 0,024       | Vérifie     |
| R24-R25                       | 19,45 | 0,042 | 0,209 | 288,25 | 315  | 3,39 | 0,264 | 0,0012 | 0,79 | 0,00   | 1,11 | 0,23   | 0,67 | 0,05   | 3,76 | 0,80 | 0,211 | 0,015 | 0,025       | Vérifie     |
| R25-R26                       | 14,81 | 0,050 | 0,378 | 349,05 | 400  | 4,32 | 0,542 | 0,0033 | 0,70 | 0,01   | 1,08 | 0,25   | 0,61 | 0,06   | 4,64 | 1,10 | 0,244 | 0,023 | 0,051       | Vérifie     |
| R26-R27                       | 19,94 | 0,050 | 0,398 | 356,04 | 400  | 4,32 | 0,542 | 0,0035 | 0,73 | 0,01   | 1,09 | 0,26   | 0,64 | 0,06   | 4,69 | 1,11 | 0,254 | 0,023 | 0,051       | Vérifie     |
| R27-R28                       | 36,59 | 0,058 | 0,436 | 358,10 | 400  | 4,65 | 0,584 | 0,0037 | 0,75 | 0,01   | 1,09 | 0,26   | 0,64 | 0,06   | 5,08 | 1,19 | 0,257 | 0,023 | 0,055       | Vérifie     |
| R28-R29                       | 42,21 | 0,032 | 0,479 | 413,77 | 500  | 4,04 | 0,792 | 0,0039 | 0,60 | 0,00   | 1,05 | 0,24   | 0,56 | 0,05   | 4,24 | 0,97 | 0,278 | 0,025 | 0,075       | Vérifie     |
| R29-R30                       | 30,18 | 0,048 | 0,521 | 396,72 | 400  | 4,23 | 0,532 | 0,0042 | 0,98 | 0,01   | 1,14 | 0,27   | 0,79 | 0,06   | 4,83 | 1,15 | 0,316 | 0,026 | 0,049       | Vérifie     |
| R30-R31                       | 25,75 | 0,042 | 0,557 | 417,20 | 500  | 4,59 | 0,900 | 0,0044 | 0,62 | 0,00   | 1,05 | 0,24   | 0,56 | 0,05   | 4,84 | 1,10 | 0,282 | 0,025 | 0,086       | Vérifie     |
| R31-R32                       | 28,12 | 0,058 | 0,596 | 402,08 | 500  | 5,42 | 1,063 | 0,0047 | 0,56 | 0,00   | 1,03 | 0,23   | 0,53 | 0,05   | 5,59 | 1,27 | 0,266 | 0,024 | 0,102       | Vérifie     |
| R32-R33                       | 36,55 | 0,051 | 0,768 | 452,47 | 500  | 5,10 | 1,001 | 0,0057 | 0,77 | 0,01   | 1,10 | 0,25   | 0,66 | 0,05   | 5,61 | 1,27 | 0,328 | 0,027 | 0,094       | Vérifie     |
| R33-R34                       | 36,55 | 0,051 | 0,809 | 461,25 | 500  | 5,10 | 1,001 | 0,0060 | 0,81 | 0,01   | 1,12 | 0,25   | 0,68 | 0,06   | 5,29 | 1,29 | 0,341 | 0,028 | 0,094       | Vérifie     |
| R34-R35                       | 30,80 | 0,057 | 0,843 | 459,28 | 500  | 5,38 | 1,055 | 0,0063 | 0,80 | 0,01   | 1,11 | 0,25   | 0,68 | 0,06   | 5,08 | 1,35 | 0,338 | 0,028 | 0,099       | Vérifie     |
| R35-R36                       | 26,93 | 0,047 | 0,873 | 483,48 | 500  | 4,85 | 0,953 | 0,0066 | 0,92 | 0,01   | 1,14 | 0,26   | 0,75 | 0,06   | 5,53 | 1,27 | 0,374 | 0,030 | 0,089       | Vérifie     |
| R36-R37                       | 18,40 | 0,040 | 0,893 | 501,51 | 630  | 5,26 | 1,637 | 0,0067 | 0,55 | 0,00   | 1,03 | 0,23   | 0,52 | 0,05   | 5,39 | 1,21 | 0,330 | 0,029 | 0,157       | Vérifie     |

## Calcul hydraulique (suite)

| Tronçons                         | Dis   | I     | Q     | Deal   | Dnor | Vps  | Qps   | Qusé   | Rq   | Rq min | Rv   | Rv min | Rh   | Rh min | V    | Vmin | H     | Hmin  | Qps/10- Qeu | Auto-curage |
|----------------------------------|-------|-------|-------|--------|------|------|-------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|------|-------|-------|-------------|-------------|
| R37-R38                          | 18,56 | 0,042 | 0,981 | 514,03 | 630  | 5,40 | 1,684 | 0,0075 | 0,58 | 0,00   | 1,04 | 0,23   | 0,54 | 0,05   | 5,63 | 1,27 | 0,343 | 0,030 | 0,161       | Vérifie     |
| R38-R39                          | 13,67 | 0,029 | 0,996 | 556,22 | 630  | 4,45 | 1,385 | 0,0076 | 0,72 | 0,01   | 1,08 | 0,25   | 0,63 | 0,05   | 4,81 | 1,10 | 0,394 | 0,034 | 0,131       | Vérifie     |
| R39-R40                          | 16,76 | 0,041 | 1,014 | 524,82 | 630  | 5,29 | 1,648 | 0,0078 | 0,62 | 0,00   | 1,05 | 0,24   | 0,56 | 0,05   | 5,57 | 1,26 | 0,354 | 0,031 | 0,157       | Vérifie     |
| R40-R41                          | 11,02 | 0,007 | 1,026 | 779,21 | 800  | 2,19 | 1,099 | 0,0079 | 0,93 | 0,01   | 1,14 | 0,26   | 0,76 | 0,06   | 2,49 | 0,58 | 0,607 | 0,049 | 0,102       | Vérifie     |
| R41-R42                          | 9,25  | 0,035 | 1,037 | 543,48 | 630  | 4,92 | 1,534 | 0,0080 | 0,68 | 0,01   | 1,07 | 0,24   | 0,60 | 0,05   | 5,27 | 1,20 | 0,377 | 0,033 | 0,145       | Vérifie     |
| R42-R43                          | 17,06 | 0,048 | 1,056 | 517,10 | 630  | 5,73 | 1,784 | 0,0081 | 0,59 | 0,00   | 1,05 | 0,24   | 0,55 | 0,05   | 5,19 | 1,35 | 0,346 | 0,030 | 0,170       | Vérifie     |
| R43-R44                          | 23,91 | 0,041 | 1,082 | 535,96 | 630  | 5,33 | 1,662 | 0,0084 | 0,65 | 0,01   | 1,06 | 0,24   | 0,58 | 0,05   | 5,67 | 1,29 | 0,367 | 0,032 | 0,158       | Vérifie     |
| R44-R45                          | 12,83 | 0,036 | 1,096 | 553,30 | 630  | 4,96 | 1,546 | 0,0085 | 0,71 | 0,01   | 1,08 | 0,25   | 0,62 | 0,05   | 5,35 | 1,22 | 0,390 | 0,034 | 0,146       | Vérifie     |
| R45-R46                          | 12,16 | 0,042 | 1,110 | 539,13 | 630  | 5,38 | 1,678 | 0,0086 | 0,66 | 0,01   | 1,07 | 0,24   | 0,59 | 0,05   | 5,74 | 1,30 | 0,371 | 0,032 | 0,159       | Vérifie     |
| R46-R47                          | 31,88 | 0,032 | 1,145 | 573,54 | 630  | 4,71 | 1,468 | 0,0089 | 0,78 | 0,01   | 1,10 | 0,25   | 0,66 | 0,06   | 5,20 | 1,19 | 0,419 | 0,035 | 0,138       | Vérifie     |
| R47-R48                          | 46,42 | 0,038 | 1,196 | 564,83 | 630  | 5,13 | 1,597 | 0,0093 | 0,75 | 0,01   | 1,09 | 0,25   | 0,64 | 0,06   | 5,60 | 1,28 | 0,406 | 0,035 | 0,150       | Vérifie     |
| <b>Collecteur secondaire 1-B</b> |       |       |       |        |      |      |       |        |      |        |      |        |      |        |      |      |       |       |             |             |
| R49-R50                          | 32,70 | 0,048 | 0,045 | 158,77 | 315  | 3,61 | 0,281 | 0,0003 | 0,16 | 0,00   | 0,72 | 0,19   | 0,27 | 0,03   | 2,61 | 0,69 | 0,085 | 0,008 | 0,028       | Vérifie     |
| R50-R51                          | 18,12 | 0,058 | 0,070 | 180,34 | 315  | 3,99 | 0,311 | 0,0004 | 0,23 | 0,00   | 0,81 | 0,20   | 0,32 | 0,03   | 3,24 | 0,79 | 0,101 | 0,009 | 0,031       | Vérifie     |
| R51-R52                          | 42,65 | 0,050 | 0,129 | 232,80 | 315  | 3,72 | 0,289 | 0,0008 | 0,45 | 0,00   | 0,97 | 0,21   | 0,47 | 0,04   | 3,59 | 0,80 | 0,148 | 0,012 | 0,028       | Vérifie     |
| R52-R53                          | 18,55 | 0,043 | 0,026 | 130,57 | 315  | 3,45 | 0,268 | 0,0002 | 0,10 | 0,00   | 0,63 | 0,19   | 0,21 | 0,02   | 2,16 | 0,65 | 0,066 | 0,007 | 0,027       | Vérifie     |
| <b>Collecteur secondaire 2-D</b> |       |       |       |        |      |      |       |        |      |        |      |        |      |        |      |      |       |       |             |             |
| R54-R55                          | 38,83 | 0,050 | 0,145 | 243,62 | 315  | 3,70 | 0,288 | 0,0008 | 0,51 | 0,00   | 1,00 | 0,21   | 0,50 | 0,04   | 3,71 | 0,79 | 0,158 | 0,012 | 0,028       | Vérifie     |
| R55-R56                          | 29,41 | 0,046 | 0,256 | 305,35 | 400  | 4,17 | 0,524 | 0,0014 | 0,49 | 0,00   | 0,99 | 0,21   | 0,49 | 0,04   | 4,14 | 0,89 | 0,197 | 0,015 | 0,051       | Vérifie     |
| R56-R57                          | 42,15 | 0,048 | 0,413 | 363,13 | 400  | 4,25 | 0,534 | 0,0023 | 0,77 | 0,00   | 1,10 | 0,23   | 0,66 | 0,05   | 4,69 | 0,99 | 0,264 | 0,019 | 0,051       | Vérifie     |
| R57-R58                          | 24,20 | 0,025 | 0,439 | 418,36 | 500  | 3,59 | 0,704 | 0,0028 | 0,62 | 0,00   | 1,06 | 0,23   | 0,57 | 0,04   | 3,79 | 0,82 | 0,283 | 0,022 | 0,068       | Vérifie     |
| <b>Collecteur secondaire 1-C</b> |       |       |       |        |      |      |       |        |      |        |      |        |      |        |      |      |       |       |             |             |
| R59-R60                          | 60,79 | 0,058 | 0,067 | 177,62 | 315  | 3,97 | 0,309 | 0,0006 | 0,22 | 0,00   | 0,80 | 0,20   | 0,31 | 0,03   | 3,17 | 0,81 | 0,099 | 0,010 | 0,030       | Vérifie     |
| R60-R37                          | 39,19 | 0,048 | 0,110 | 221,06 | 315  | 3,64 | 0,284 | 0,0009 | 0,44 | 0,00   | 0,96 | 0,23   | 0,47 | 0,04   | 3,40 | 0,80 | 0,140 | 0,013 | 0,027       | Vérifie     |

| Tronçons                         | Dis   | I     | Q     | Dcal   | Dnor | Vps  | Qps   | Qusé   | Rq   | Rq min | Rv   | Rv min | Rh   | Rh min | V    | Vmin | H     | Hmin  | Qps/10- Qeu | Auto-curage |
|----------------------------------|-------|-------|-------|--------|------|------|-------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|------|-------|-------|-------------|-------------|
| <b>Collecteur principal E</b>    |       |       |       |        |      |      |       |        |      |        |      |        |      |        |      |      |       |       |             |             |
| R61-R62                          | 54,64 | 0,044 | 1,523 | 645,54 | 800  | 5,36 | 2,694 | 0,0116 | 0,57 | 0,00   | 1,04 | 0,23   | 0,53 | 0,05   | 5,55 | 1,25 | 0,428 | 0,038 | 0,258       | Vérifie     |
| R62-R63                          | 49,94 | 0,044 | 1,578 | 654,44 | 800  | 5,36 | 2,691 | 0,0121 | 0,59 | 0,00   | 1,04 | 0,24   | 0,55 | 0,05   | 5,59 | 1,26 | 0,437 | 0,038 | 0,257       | Vérifie     |
| R63-R64                          | 49,59 | 0,041 | 1,633 | 670,50 | 800  | 5,20 | 2,610 | 0,0126 | 0,63 | 0,00   | 1,06 | 0,24   | 0,57 | 0,05   | 5,49 | 1,24 | 0,455 | 0,040 | 0,248       | Vérifie     |
| R64-R65                          | 33,28 | 0,044 | 1,670 | 667,97 | 800  | 5,37 | 2,696 | 0,0129 | 0,62 | 0,00   | 1,05 | 0,24   | 0,56 | 0,05   | 5,66 | 1,28 | 0,452 | 0,040 | 0,257       | Vérifie     |
| R65-R66                          | 33,28 | 0,044 | 1,707 | 673,54 | 800  | 5,36 | 2,695 | 0,0132 | 0,63 | 0,00   | 1,06 | 0,24   | 0,57 | 0,05   | 5,68 | 1,29 | 0,458 | 0,040 | 0,256       | Vérifie     |
| R66-R67                          | 41,81 | 0,043 | 1,753 | 681,22 | 800  | 5,35 | 2,686 | 0,0136 | 0,65 | 0,01   | 1,06 | 0,24   | 0,58 | 0,05   | 5,69 | 1,29 | 0,467 | 0,041 | 0,255       | Vérifie     |
| R67-R48                          | 43,48 | 0,031 | 1,801 | 733,09 | 800  | 4,52 | 2,269 | 0,0140 | 0,79 | 0,01   | 1,11 | 0,25   | 0,67 | 0,06   | 5,01 | 1,15 | 0,538 | 0,045 | 0,213       | Vérifie     |
| R48-R68                          | 30,19 | 0,033 | 2,997 | 878,27 | 1000 | 5,39 | 4,228 | 0,0233 | 0,71 | 0,01   | 1,08 | 0,25   | 0,62 | 0,05   | 5,81 | 1,33 | 0,619 | 0,053 | 0,399       | Vérifie     |
| R68-R69                          | 25,47 | 0,031 | 3,025 | 890,38 | 1000 | 5,24 | 4,115 | 0,0236 | 0,74 | 0,01   | 1,09 | 0,25   | 0,64 | 0,05   | 5,70 | 1,31 | 0,636 | 0,054 | 0,388       | Vérifie     |
| R69-R70                          | 23,68 | 0,033 | 3,095 | 887,21 | 1000 | 5,41 | 4,250 | 0,0240 | 0,73 | 0,01   | 1,08 | 0,25   | 0,63 | 0,05   | 5,87 | 1,34 | 0,631 | 0,054 | 0,401       | Vérifie     |
| R70-R71                          | 28,15 | 0,033 | 3,178 | 897,78 | 1000 | 5,39 | 4,229 | 0,0246 | 0,75 | 0,01   | 1,09 | 0,25   | 0,65 | 0,05   | 5,09 | 1,35 | 0,646 | 0,055 | 0,398       | Vérifie     |
| R71-R72                          | 29,65 | 0,032 | 3,266 | 908,93 | 1000 | 5,36 | 4,204 | 0,0252 | 0,78 | 0,01   | 1,10 | 0,25   | 0,66 | 0,06   | 5,21 | 1,35 | 0,662 | 0,056 | 0,395       | Vérifie     |
| R72-R73                          | 21,54 | 0,033 | 3,329 | 913,08 | 1000 | 5,39 | 4,234 | 0,0256 | 0,79 | 0,01   | 1,11 | 0,25   | 0,67 | 0,06   | 5,07 | 1,36 | 0,668 | 0,056 | 0,398       | Vérifie     |
| R73-R74                          | 27,38 | 0,028 | 3,410 | 946,72 | 1000 | 5,02 | 3,938 | 0,0261 | 0,87 | 0,01   | 1,13 | 0,26   | 0,72 | 0,06   | 5,69 | 1,30 | 0,717 | 0,059 | 0,368       | Vérifie     |
| R74-R75                          | 18,73 | 0,032 | 3,465 | 931,97 | 1000 | 5,32 | 4,173 | 0,0265 | 0,83 | 0,01   | 1,12 | 0,26   | 0,70 | 0,06   | 5,98 | 1,36 | 0,696 | 0,057 | 0,391       | Vérifie     |
| R75-R76                          | 22,23 | 0,030 | 3,480 | 943,44 | 1000 | 5,17 | 4,056 | 0,0265 | 0,86 | 0,01   | 1,13 | 0,26   | 0,71 | 0,06   | 5,85 | 1,33 | 0,712 | 0,058 | 0,379       | Vérifie     |
| R76-R77                          | 62,53 | 0,031 | 3,522 | 942,07 | 1000 | 5,25 | 4,121 | 0,0268 | 0,85 | 0,01   | 1,13 | 0,26   | 0,71 | 0,06   | 5,14 | 1,35 | 0,710 | 0,058 | 0,385       | Vérifie     |
| R77-DVO1                         | 19,36 | 0,021 | 3,590 | 1019,8 | 1200 | 4,89 | 5,529 | 0,0273 | 0,65 | 0,00   | 1,06 | 0,24   | 0,58 | 0,05   | 5,20 | 1,17 | 0,699 | 0,060 | 0,526       | Vérifie     |
| DVO1-R79                         | 40,49 | 0,036 | 0,824 | 497,05 | 500  | 4,26 | 0,836 | 0,0274 | 0,99 | 0,03   | 1,14 | 0,46   | 0,80 | 0,12   | 4,86 | 1,96 | 0,398 | 0,062 | 0,056       | Vérifie     |
| R79-R80                          | 30,80 | 0,035 | 0,845 | 503,44 | 630  | 4,92 | 1,533 | 0,0276 | 0,55 | 0,02   | 1,03 | 0,36   | 0,53 | 0,09   | 5,06 | 1,79 | 0,332 | 0,060 | 0,126       | Vérifie     |
| R80-R81                          | 26,31 | 0,037 | 0,862 | 501,50 | 630  | 5,08 | 1,581 | 0,0277 | 0,55 | 0,02   | 1,03 | 0,36   | 0,52 | 0,09   | 5,21 | 1,83 | 0,330 | 0,059 | 0,130       | Vérifie     |
| <b>Collecteur tertiaires 1-B</b> |       |       |       |        |      |      |       |        |      |        |      |        |      |        |      |      |       |       |             |             |
| R82-R83                          | 48,75 | 0,019 | 0,097 | 249,99 | 315  | 2,31 | 0,180 | 0,0014 | 0,54 | 0,01   | 1,02 | 0,27   | 0,52 | 0,06   | 2,36 | 0,63 | 0,164 | 0,020 | 0,017       | Vérifie     |

| Tronçons                         | Dis   | I     | Q     | Dcal   | Dnor | Vps  | Qps   | Qusé   | Rq   | Rq<br>min | Rv   | Rv min | Rh   | Rh<br>min | V    | Vmin | H     | Hmin  | Qps/10- Qeu | Auto-<br>curage |
|----------------------------------|-------|-------|-------|--------|------|------|-------|--------|------|-----------|------|--------|------|-----------|------|------|-------|-------|-------------|-----------------|
| <b>Collecteur secondaire 2-C</b> |       |       |       |        |      |      |       |        |      |           |      |        |      |           |      |      |       |       |             |                 |
| R84-R85                          | 30,97 | 0,051 | 0,062 | 176,25 | 315  | 3,72 | 0,290 | 0,0009 | 0,21 | 0,00      | 0,79 | 0,22   | 0,31 | 0,04      | 2,96 | 0,81 | 0,098 | 0,012 | 0,029       | Vérifie         |
| R85-R86                          | 15,94 | 0,056 | 0,094 | 201,89 | 315  | 3,93 | 0,306 | 0,0013 | 0,31 | 0,00      | 0,88 | 0,23   | 0,38 | 0,05      | 3,46 | 0,92 | 0,119 | 0,015 | 0,017       | Vérifie         |
| R86-R87                          | 10,57 | 0,021 | 0,115 | 262,09 | 315  | 2,40 | 0,187 | 0,0016 | 0,61 | 0,01      | 1,05 | 0,28   | 0,56 | 0,07      | 2,52 | 0,68 | 0,177 | 0,021 | 0,021       | Vérifie         |
| R87-R88                          | 11,48 | 0,031 | 0,138 | 260,27 | 315  | 2,93 | 0,228 | 0,0020 | 0,60 | 0,01      | 1,05 | 0,28   | 0,55 | 0,07      | 3,08 | 0,82 | 0,175 | 0,021 | 0,029       | Vérifie         |
| R88-R89                          | 15,76 | 0,058 | 0,154 | 241,58 | 315  | 4,00 | 0,311 | 0,0021 | 0,49 | 0,01      | 1,00 | 0,26   | 0,50 | 0,06      | 3,98 | 1,04 | 0,156 | 0,019 | 0,027       | Vérifie         |
| R89-R90                          | 14,01 | 0,052 | 0,168 | 255,08 | 315  | 3,78 | 0,295 | 0,0022 | 0,57 | 0,01      | 1,04 | 0,27   | 0,54 | 0,06      | 3,92 | 1,01 | 0,169 | 0,019 | 0,027       | Vérifie         |
| R90-R25                          | 27,84 | 0,054 | 0,197 | 269,38 | 315  | 3,83 | 0,298 | 0,0023 | 0,66 | 0,01      | 1,07 | 0,27   | 0,59 | 0,06      | 4,08 | 1,04 | 0,185 | 0,020 | 0,029       | Vérifie         |
| <b>Collecteur secondaire 2-B</b> |       |       |       |        |      |      |       |        |      |           |      |        |      |           |      |      |       |       |             |                 |
| R95-R96                          | 26,49 | 0,051 | 0,053 | 165,78 | 315  | 3,75 | 0,292 | 0,0008 | 0,18 | 0,00      | 0,75 | 0,21   | 0,29 | 0,04      | 2,82 | 0,80 | 0,090 | 0,011 | 0,028       | Vérifie         |
| R96-R83                          | 26,61 | 0,041 | 0,106 | 224,52 | 315  | 3,35 | 0,261 | 0,0015 | 0,41 | 0,01      | 0,94 | 0,25   | 0,44 | 0,05      | 3,15 | 0,84 | 0,140 | 0,017 | 0,025       | Vérifie         |
| R83-R97                          | 27,65 | 0,032 | 0,258 | 328,26 | 400  | 3,48 | 0,437 | 0,0037 | 0,59 | 0,01      | 1,05 | 0,28   | 0,55 | 0,07      | 3,63 | 0,97 | 0,220 | 0,027 | 0,040       | Vérifie         |
| R97-R98                          | 37,37 | 0,037 | 0,333 | 350,92 | 400  | 3,75 | 0,471 | 0,0048 | 0,71 | 0,01      | 1,08 | 0,30   | 0,62 | 0,07      | 4,04 | 1,11 | 0,247 | 0,029 | 0,042       | Vérifie         |
| R98-R99                          | 27,90 | 0,050 | 0,388 | 352,15 | 400  | 4,34 | 0,545 | 0,0056 | 0,71 | 0,01      | 1,08 | 0,30   | 0,62 | 0,07      | 4,68 | 1,28 | 0,249 | 0,029 | 0,049       | Vérifie         |
| R99-R100                         | 27,84 | 0,050 | 0,444 | 370,24 | 400  | 4,34 | 0,545 | 0,0064 | 0,82 | 0,01      | 1,12 | 0,31   | 0,69 | 0,08      | 4,85 | 1,35 | 0,275 | 0,031 | 0,048       | Vérifie         |
| R100-R101                        | 26,12 | 0,047 | 0,435 | 371,20 | 400  | 4,22 | 0,529 | 0,0031 | 0,82 | 0,01      | 1,12 | 0,25   | 0,69 | 0,06      | 4,72 | 1,06 | 0,276 | 0,022 | 0,050       | Vérifie         |
| R101-R102                        | 15,58 | 0,053 | 0,466 | 372,70 | 400  | 4,47 | 0,561 | 0,0036 | 0,83 | 0,01      | 1,12 | 0,26   | 0,70 | 0,06      | 5,02 | 1,14 | 0,278 | 0,023 | 0,053       | Vérifie         |
| <b>Collecteur principal D</b>    |       |       |       |        |      |      |       |        |      |           |      |        |      |           |      |      |       |       |             |                 |
| R106-R107                        | 25,04 | 0,041 | 0,026 | 132,28 | 315  | 3,34 | 0,260 | 0,0002 | 0,10 | 0,00      | 0,63 | 0,19   | 0,21 | 0,02      | 2,11 | 0,63 | 0,067 | 0,007 | 0,026       | Vérifie         |
| R107-R58                         | 60,50 | 0,027 | 0,088 | 227,08 | 315  | 2,70 | 0,210 | 0,0005 | 0,42 | 0,00      | 0,95 | 0,21   | 0,45 | 0,04      | 2,56 | 0,59 | 0,142 | 0,011 | 0,020       | Vérifie         |
| R58-R108                         | 38,10 | 0,030 | 0,566 | 447,43 | 500  | 3,87 | 0,759 | 0,0035 | 0,75 | 0,00      | 1,09 | 0,24   | 0,64 | 0,05      | 4,22 | 0,92 | 0,321 | 0,024 | 0,072       | Vérifie         |
| R108-R109                        | 17,22 | 0,045 | 0,584 | 418,84 | 500  | 4,76 | 0,934 | 0,0036 | 0,62 | 0,00      | 1,06 | 0,23   | 0,57 | 0,04      | 5,03 | 1,09 | 0,284 | 0,022 | 0,090       | Vérifie         |
| R109-R110                        | 17,33 | 0,051 | 0,601 | 413,72 | 500  | 5,07 | 0,995 | 0,0037 | 0,60 | 0,00      | 1,05 | 0,23   | 0,56 | 0,04      | 5,32 | 1,15 | 0,278 | 0,022 | 0,096       | Vérifie         |
| R110-R111                        | 14,81 | 0,031 | 0,617 | 458,48 | 500  | 3,95 | 0,775 | 0,0038 | 0,80 | 0,00      | 1,11 | 0,24   | 0,67 | 0,05      | 4,39 | 0,95 | 0,337 | 0,025 | 0,074       | Vérifie         |
| R111-R112                        | 13,67 | 0,031 | 0,631 | 461,72 | 500  | 3,97 | 0,778 | 0,0039 | 0,81 | 0,01      | 1,12 | 0,24   | 0,68 | 0,05      | 4,43 | 0,96 | 0,342 | 0,025 | 0,074       | Vérifie         |

### Calcul hydraulique (suite)

| Tronçons  | Dis   | I     | Q     | Deal   | Dnor | Vps  | Qps   | Qusé   | Rq   | Rq min | Rv   | Rv min | Rh   | Rh min | V    | Vmin | H     | Hmin  | Qps/10- Qeu | Auto-curage |
|-----------|-------|-------|-------|--------|------|------|-------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|------|-------|-------|-------------|-------------|
| R112-R113 | 27,77 | 0,010 | 0,659 | 580,65 | 630  | 2,62 | 0,818 | 0,0041 | 0,81 | 0,00   | 1,12 | 0,24   | 0,68 | 0,05   | 2,93 | 0,63 | 0,429 | 0,032 | 0,078       | Vérifie     |
| R113-R114 | 21,23 | 0,010 | 0,681 | 629,38 | 630  | 2,19 | 0,681 | 0,0042 | 1,00 | 0,01   | 1,14 | 0,25   | 0,81 | 0,06   | 2,50 | 0,60 | 0,509 | 0,036 | 0,064       | Vérifie     |
| R114-R115 | 19,28 | 0,010 | 0,701 | 636,19 | 800  | 2,56 | 1,289 | 0,0043 | 0,54 | 0,00   | 1,03 | 0,22   | 0,52 | 0,04   | 2,63 | 0,59 | 0,418 | 0,033 | 0,125       | Vérifie     |
| R115-R116 | 18,72 | 0,014 | 0,720 | 600,40 | 630  | 2,62 | 0,817 | 0,0044 | 0,88 | 0,01   | 1,14 | 0,25   | 0,73 | 0,05   | 2,98 | 0,64 | 0,458 | 0,033 | 0,077       | Vérifie     |
| R116-R117 | 23,12 | 0,045 | 0,744 | 458,04 | 500  | 4,78 | 0,938 | 0,0046 | 0,79 | 0,00   | 1,11 | 0,24   | 0,67 | 0,05   | 5,30 | 1,14 | 0,336 | 0,025 | 0,089       | Vérifie     |
| R117-R118 | 14,74 | 0,034 | 0,759 | 487,58 | 500  | 4,13 | 0,810 | 0,0047 | 0,94 | 0,01   | 1,14 | 0,25   | 0,76 | 0,05   | 4,70 | 1,03 | 0,380 | 0,027 | 0,076       | Vérifie     |
| R118-R119 | 37,40 | 0,041 | 0,798 | 477,59 | 500  | 4,58 | 0,899 | 0,0049 | 0,89 | 0,01   | 1,14 | 0,25   | 0,73 | 0,05   | 5,21 | 1,13 | 0,365 | 0,026 | 0,085       | Vérifie     |
| R119-R120 | 30,79 | 0,041 | 0,829 | 486,54 | 500  | 4,54 | 0,890 | 0,0051 | 0,93 | 0,01   | 1,14 | 0,25   | 0,76 | 0,05   | 5,17 | 1,13 | 0,378 | 0,027 | 0,084       | Vérifie     |
| R120-R121 | 17,48 | 0,027 | 0,847 | 529,05 | 630  | 4,32 | 1,347 | 0,0052 | 0,63 | 0,00   | 1,06 | 0,23   | 0,57 | 0,04   | 4,57 | 0,98 | 0,359 | 0,028 | 0,130       | Vérifie     |
| R121-R122 | 19,68 | 0,043 | 0,867 | 489,76 | 500  | 4,66 | 0,915 | 0,0053 | 0,95 | 0,01   | 1,14 | 0,25   | 0,77 | 0,05   | 5,31 | 1,16 | 0,384 | 0,027 | 0,086       | Vérifie     |
| R122-R123 | 9,15  | 0,023 | 0,877 | 554,89 | 630  | 3,94 | 1,228 | 0,0054 | 0,71 | 0,00   | 1,08 | 0,23   | 0,62 | 0,05   | 4,26 | 0,92 | 0,392 | 0,030 | 0,117       | Vérifie     |
| R123-R124 | 16,81 | 0,044 | 0,894 | 493,77 | 500  | 4,70 | 0,923 | 0,0055 | 0,97 | 0,01   | 1,14 | 0,25   | 0,78 | 0,06   | 5,36 | 1,18 | 0,391 | 0,028 | 0,087       | Vérifie     |
| R124-R125 | 18,57 | 0,051 | 0,913 | 482,85 | 500  | 5,10 | 1,000 | 0,0056 | 0,91 | 0,01   | 1,14 | 0,25   | 0,75 | 0,05   | 5,81 | 1,26 | 0,373 | 0,027 | 0,094       | Vérifie     |
| R125-R126 | 22,01 | 0,034 | 0,936 | 527,59 | 630  | 4,81 | 1,499 | 0,0057 | 0,62 | 0,00   | 1,06 | 0,23   | 0,57 | 0,04   | 5,08 | 1,09 | 0,358 | 0,028 | 0,144       | Vérifie     |
| R126-R127 | 15,07 | 0,010 | 0,951 | 713,42 | 800  | 2,56 | 1,289 | 0,0058 | 0,74 | 0,00   | 1,09 | 0,24   | 0,64 | 0,05   | 2,79 | 0,60 | 0,510 | 0,038 | 0,123       | Vérifie     |
| R127-R128 | 45,43 | 0,010 | 1,084 | 749,22 | 800  | 2,56 | 1,289 | 0,0066 | 0,84 | 0,01   | 1,13 | 0,24   | 0,70 | 0,05   | 2,89 | 0,62 | 0,562 | 0,041 | 0,122       | Vérifie     |
| R128-R94  | 17,10 | 0,039 | 1,105 | 546,76 | 630  | 5,16 | 1,609 | 0,0068 | 0,69 | 0,00   | 1,07 | 0,23   | 0,60 | 0,05   | 5,54 | 1,20 | 0,381 | 0,029 | 0,154       | Vérifie     |
| R94-R129  | 18,18 | 0,035 | 1,240 | 581,32 | 630  | 4,92 | 1,533 | 0,0077 | 0,81 | 0,00   | 1,12 | 0,24   | 0,68 | 0,05   | 5,49 | 1,18 | 0,430 | 0,032 | 0,146       | Vérifie     |
| R129-R130 | 23,14 | 0,040 | 1,268 | 570,88 | 630  | 5,28 | 1,645 | 0,0078 | 0,77 | 0,00   | 1,10 | 0,24   | 0,66 | 0,05   | 5,81 | 1,26 | 0,415 | 0,031 | 0,157       | Vérifie     |
| R130-R131 | 12,28 | 0,025 | 1,282 | 674,30 | 800  | 4,02 | 2,019 | 0,0079 | 0,64 | 0,00   | 1,06 | 0,23   | 0,57 | 0,04   | 4,26 | 0,92 | 0,459 | 0,036 | 0,194       | Vérifie     |
| R131-R132 | 22,44 | 0,055 | 1,309 | 593,64 | 630  | 4,91 | 1,531 | 0,0081 | 0,86 | 0,01   | 1,13 | 0,24   | 0,71 | 0,05   | 5,56 | 1,20 | 0,448 | 0,033 | 0,145       | Vérifie     |
| R132-R133 | 24,15 | 0,042 | 1,339 | 618,55 | 630  | 4,50 | 1,403 | 0,0083 | 0,95 | 0,01   | 1,14 | 0,25   | 0,77 | 0,06   | 5,13 | 1,13 | 0,486 | 0,035 | 0,132       | Vérifie     |
| R133-R134 | 34,05 | 0,053 | 1,380 | 600,04 | 630  | 5,03 | 1,568 | 0,0086 | 0,88 | 0,01   | 1,14 | 0,25   | 0,73 | 0,05   | 5,72 | 1,24 | 0,457 | 0,033 | 0,148       | Vérifie     |
| R134-R135 | 12,26 | 0,049 | 1,395 | 611,88 | 630  | 4,83 | 1,504 | 0,0087 | 0,93 | 0,01   | 1,14 | 0,25   | 0,75 | 0,05   | 5,50 | 1,20 | 0,475 | 0,034 | 0,142       | Vérifie     |
| R135-R136 | 21,05 | 0,052 | 1,420 | 609,45 | 630  | 4,97 | 1,548 | 0,0088 | 0,92 | 0,01   | 1,14 | 0,25   | 0,75 | 0,05   | 5,66 | 1,24 | 0,471 | 0,034 | 0,146       | Vérifie     |

## Calcul hydraulique (suite)

| Tronçons                         | Dis   | I     | Q     | Deal   | Dnor | Vps  | Qps   | Qusé   | Rq   | Rq min | Rv   | Rv min | Rh   | Rh min | V    | Vmin | H     | Hmin  | Qps/10- Qeu | Auto-curage |
|----------------------------------|-------|-------|-------|--------|------|------|-------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|------|-------|-------|-------------|-------------|
| R136-R137                        | 12,23 | 0,052 | 1,435 | 611,10 | 630  | 4,98 | 1,553 | 0,0089 | 0,92 | 0,01   | 1,14 | 0,25   | 0,75 | 0,05   | 5,68 | 1,24 | 0,474 | 0,034 | 0,146       | Vérifie     |
| R137-R138                        | 18,06 | 0,044 | 1,457 | 635,09 | 800  | 5,35 | 2,690 | 0,0091 | 0,54 | 0,00   | 1,02 | 0,22   | 0,52 | 0,04   | 5,48 | 1,19 | 0,417 | 0,033 | 0,260       | Vérifie     |
| R138-R139                        | 26,04 | 0,050 | 1,488 | 623,74 | 630  | 4,89 | 1,525 | 0,0093 | 0,98 | 0,01   | 1,14 | 0,25   | 0,79 | 0,06   | 5,58 | 1,24 | 0,496 | 0,035 | 0,143       | Vérifie     |
| R139-R140                        | 19,67 | 0,039 | 1,512 | 657,08 | 800  | 5,08 | 2,550 | 0,0094 | 0,59 | 0,00   | 1,05 | 0,23   | 0,55 | 0,04   | 5,31 | 1,15 | 0,440 | 0,035 | 0,246       | Vérifie     |
| R140-R141                        | 29,51 | 0,053 | 1,547 | 626,75 | 630  | 5,03 | 1,566 | 0,0096 | 0,99 | 0,01   | 1,14 | 0,25   | 0,80 | 0,06   | 5,74 | 1,28 | 0,503 | 0,036 | 0,147       | Vérifie     |
| R141-R142                        | 51,30 | 0,042 | 1,609 | 665,05 | 800  | 5,23 | 2,629 | 0,0100 | 0,61 | 0,00   | 1,05 | 0,23   | 0,56 | 0,04   | 5,51 | 1,19 | 0,448 | 0,035 | 0,253       | Vérifie     |
| R142-R143                        | 49,71 | 0,046 | 1,642 | 657,03 | 800  | 5,52 | 2,771 | 0,0103 | 0,59 | 0,00   | 1,05 | 0,23   | 0,55 | 0,04   | 5,77 | 1,25 | 0,440 | 0,035 | 0,267       | Vérifie     |
| R143-R144                        | 44,15 | 0,047 | 1,672 | 658,30 | 800  | 5,59 | 2,806 | 0,0104 | 0,60 | 0,00   | 1,05 | 0,23   | 0,55 | 0,04   | 5,85 | 1,26 | 0,441 | 0,035 | 0,270       | Vérifie     |
| R144-R145                        | 44,15 | 0,030 | 1,701 | 721,35 | 800  | 4,45 | 2,237 | 0,0106 | 0,76 | 0,00   | 1,10 | 0,24   | 0,65 | 0,05   | 4,88 | 1,06 | 0,521 | 0,040 | 0,213       | Vérifie     |
| R145-R146                        | 44,15 | 0,027 | 1,730 | 739,03 | 800  | 4,25 | 2,134 | 0,0108 | 0,81 | 0,01   | 1,12 | 0,24   | 0,68 | 0,05   | 4,74 | 1,03 | 0,547 | 0,041 | 0,203       | Vérifie     |
| R146-R81                         | 44,15 | 0,037 | 1,760 | 701,93 | 800  | 4,95 | 2,489 | 0,0110 | 0,71 | 0,00   | 1,08 | 0,23   | 0,62 | 0,05   | 5,34 | 1,16 | 0,494 | 0,038 | 0,238       | Vérifie     |
| R81-R182                         | 57,63 | 0,010 | 2,584 | 1039,6 | 1200 | 3,34 | 3,780 | 0,0002 | 0,68 | 0,00   | 1,07 | 0,18   | 0,60 | 0,02   | 3,58 | 0,60 | 0,723 | 0,029 | 0,378       | Vérifie     |
| <b>Collecteur secondaire 3-C</b> |       |       |       |        |      |      |       |        |      |        |      |        |      |        |      |      |       |       |             |             |
| R147-R148                        | 13,30 | 0,037 | 0,014 | 106,28 | 315  | 3,18 | 0,247 | 0,0001 | 0,10 | 0,00   | 0,55 | 0,18   | 0,16 | 0,02   | 1,74 | 0,59 | 0,050 | 0,007 | 0,025       | Vérifie     |
| R148-R149                        | 13,13 | 0,035 | 0,027 | 139,08 | 315  | 3,08 | 0,240 | 0,0002 | 0,11 | 0,00   | 0,65 | 0,19   | 0,23 | 0,02   | 2,01 | 0,58 | 0,072 | 0,007 | 0,024       | Vérifie     |
| R149-R150                        | 27,20 | 0,030 | 0,055 | 186,53 | 315  | 2,86 | 0,223 | 0,0003 | 0,25 | 0,00   | 0,83 | 0,20   | 0,34 | 0,03   | 2,39 | 0,57 | 0,106 | 0,009 | 0,022       | Vérifie     |
| R150-R151                        | 28,61 | 0,025 | 0,085 | 225,94 | 315  | 3,11 | 0,205 | 0,0005 | 0,41 | 0,00   | 0,95 | 0,21   | 0,45 | 0,04   | 2,82 | 0,65 | 0,141 | 0,011 | 0,020       | Vérifie     |
| R151-R152                        | 19,32 | 0,035 | 0,104 | 229,64 | 315  | 3,11 | 0,242 | 0,0006 | 0,43 | 0,00   | 0,96 | 0,21   | 0,46 | 0,04   | 2,97 | 0,66 | 0,145 | 0,011 | 0,024       | Vérifie     |
| R152-R32                         | 17,27 | 0,032 | 0,122 | 248,42 | 315  | 2,95 | 0,230 | 0,0007 | 0,53 | 0,00   | 1,02 | 0,22   | 0,52 | 0,04   | 3,00 | 0,65 | 0,163 | 0,013 | 0,022       | Vérifie     |
| <b>Collecteur secondaire 1-E</b> |       |       |       |        |      |      |       |        |      |        |      |        |      |        |      |      |       |       |             |             |
| R153-R154                        | 35,44 | 0,030 | 0,024 | 135,13 | 315  | 2,89 | 0,225 | 0,0002 | 0,10 | 0,00   | 0,64 | 0,19   | 0,22 | 0,02   | 1,85 | 0,60 | 0,069 | 0,007 | 0,022       | Vérifie     |
| R154-R155                        | 17,49 | 0,014 | 0,035 | 156,16 | 315  | 2,93 | 0,228 | 0,0002 | 0,15 | 0,00   | 0,71 | 0,19   | 0,27 | 0,03   | 2,09 | 0,57 | 0,084 | 0,008 | 0,023       | Vérifie     |
| R155-R156                        | 15,63 | 0,013 | 0,046 | 170,35 | 315  | 3,01 | 0,234 | 0,0003 | 0,19 | 0,00   | 0,77 | 0,20   | 0,30 | 0,03   | 2,32 | 0,59 | 0,094 | 0,009 | 0,023       | Vérifie     |
| R156-R157                        | 12,23 | 0,040 | 0,054 | 174,84 | 315  | 3,31 | 0,258 | 0,0004 | 0,21 | 0,00   | 0,79 | 0,20   | 0,31 | 0,03   | 2,61 | 0,65 | 0,097 | 0,009 | 0,025       | Vérifie     |
| R157-R158                        | 21,18 | 0,053 | 0,068 | 181,04 | 315  | 3,81 | 0,297 | 0,0004 | 0,23 | 0,00   | 0,81 | 0,20   | 0,32 | 0,03   | 3,10 | 0,76 | 0,102 | 0,009 | 0,029       | Vérifie     |

## Calcul hydraulique (suite)

| Tronçons                      | Dis   | I     | Q     | Deal   | Dnor | Vps  | Qps   | Qusé   | Rq   | Rq min | Rv   | Rv min | Rh   | Rh min | V    | Vmin | H     | Hmin  | Qps/10- Qeu | Auto-curage |
|-------------------------------|-------|-------|-------|--------|------|------|-------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|------|-------|-------|-------------|-------------|
| R158-R159                     | 20,08 | 0,052 | 0,081 | 194,43 | 315  | 3,77 | 0,293 | 0,0005 | 0,28 | 0,00   | 0,86 | 0,20   | 0,36 | 0,03   | 3,24 | 0,76 | 0,112 | 0,010 | 0,029       | Vérifie     |
| R159-R160                     | 23,05 | 0,048 | 0,097 | 210,21 | 315  | 3,64 | 0,283 | 0,0006 | 0,34 | 0,00   | 0,90 | 0,21   | 0,40 | 0,03   | 3,29 | 0,76 | 0,127 | 0,011 | 0,028       | Vérifie     |
| R160-R161                     | 25,35 | 0,033 | 0,113 | 239,57 | 315  | 3,01 | 0,235 | 0,0007 | 0,48 | 0,00   | 0,99 | 0,22   | 0,49 | 0,04   | 2,98 | 0,66 | 0,154 | 0,013 | 0,023       | Vérifie     |
| R161-R162                     | 38,25 | 0,050 | 0,025 | 126,82 | 315  | 3,69 | 0,287 | 0,0002 | 0,09 | 0,00   | 0,62 | 0,19   | 0,20 | 0,02   | 2,27 | 0,69 | 0,063 | 0,007 | 0,029       | Vérifie     |
| R162-R77                      | 45,03 | 0,050 | 0,055 | 169,78 | 315  | 3,69 | 0,287 | 0,0004 | 0,19 | 0,00   | 0,77 | 0,20   | 0,30 | 0,03   | 2,83 | 0,72 | 0,093 | 0,009 | 0,028       | Vérifie     |
| <b>Collecteur principal B</b> |       |       |       |        |      |      |       |        |      |        |      |        |      |        |      |      |       |       |             |             |
| R164-R165                     | 14,17 | 0,016 | 0,028 | 162,35 | 315  | 2,12 | 0,165 | 0,0004 | 0,17 | 0,00   | 0,74 | 0,21   | 0,28 | 0,04   | 1,56 | 0,65 | 0,088 | 0,011 | 0,016       | Vérifie     |
| R165-R102                     | 18,60 | 0,032 | 0,065 | 196,13 | 315  | 2,96 | 0,231 | 0,0009 | 0,28 | 0,00   | 0,87 | 0,23   | 0,36 | 0,05   | 2,57 | 0,68 | 0,114 | 0,014 | 0,022       | Vérifie     |
| R102-R166                     | 16,50 | 0,048 | 0,564 | 407,49 | 500  | 4,95 | 0,971 | 0,0050 | 0,58 | 0,01   | 1,04 | 0,24   | 0,54 | 0,05   | 5,15 | 1,20 | 0,271 | 0,026 | 0,092       | Vérifie     |
| R166-R167                     | 47,21 | 0,028 | 0,658 | 478,97 | 500  | 3,75 | 0,737 | 0,0063 | 0,89 | 0,01   | 1,14 | 0,28   | 0,73 | 0,07   | 4,27 | 1,05 | 0,367 | 0,034 | 0,067       | Vérifie     |
| R167-R168                     | 29,46 | 0,035 | 0,699 | 468,09 | 500  | 4,24 | 0,832 | 0,0066 | 0,84 | 0,01   | 1,13 | 0,27   | 0,70 | 0,06   | 4,78 | 1,16 | 0,351 | 0,032 | 0,077       | Vérifie     |
| R168-R169                     | 33,87 | 0,038 | 0,875 | 502,08 | 630  | 5,14 | 1,600 | 0,0077 | 0,55 | 0,00   | 1,03 | 0,24   | 0,52 | 0,05   | 5,27 | 1,22 | 0,330 | 0,031 | 0,152       | Vérifie     |
| R169-R53                      | 23,70 | 0,034 | 0,908 | 521,94 | 630  | 4,80 | 1,497 | 0,0079 | 0,61 | 0,01   | 1,05 | 0,24   | 0,56 | 0,05   | 5,05 | 1,17 | 0,351 | 0,033 | 0,142       | Vérifie     |
| R53-R170                      | 42,75 | 0,012 | 0,993 | 697,39 | 800  | 2,84 | 1,429 | 0,0084 | 0,69 | 0,01   | 1,07 | 0,25   | 0,61 | 0,06   | 3,06 | 0,71 | 0,488 | 0,044 | 0,135       | Vérifie     |
| R170-R171                     | 16,14 | 0,020 | 1,015 | 641,97 | 800  | 3,63 | 1,822 | 0,0085 | 0,56 | 0,00   | 1,03 | 0,24   | 0,53 | 0,05   | 3,74 | 0,86 | 0,424 | 0,039 | 0,174       | Vérifie     |
| R171-R172                     | 39,53 | 0,020 | 1,070 | 654,73 | 800  | 3,63 | 1,822 | 0,0089 | 0,59 | 0,00   | 1,04 | 0,24   | 0,55 | 0,05   | 3,79 | 0,87 | 0,437 | 0,040 | 0,173       | Vérifie     |
| R172-R173                     | 33,88 | 0,020 | 1,117 | 665,35 | 800  | 3,63 | 1,822 | 0,0091 | 0,61 | 0,01   | 1,05 | 0,24   | 0,56 | 0,05   | 3,82 | 0,87 | 0,449 | 0,041 | 0,173       | Vérifie     |
| R173-R174                     | 31,66 | 0,032 | 1,161 | 618,06 | 630  | 3,91 | 1,219 | 0,0094 | 0,95 | 0,01   | 1,14 | 0,27   | 0,77 | 0,06   | 4,46 | 1,06 | 0,485 | 0,040 | 0,113       | Vérifie     |
| R174-R175                     | 19,26 | 0,014 | 1,188 | 724,37 | 800  | 3,07 | 1,545 | 0,0096 | 0,77 | 0,01   | 1,10 | 0,25   | 0,66 | 0,06   | 3,38 | 0,78 | 0,526 | 0,045 | 0,145       | Vérifie     |
| R175-R176                     | 30,73 | 0,031 | 1,230 | 634,22 | 800  | 4,54 | 2,280 | 0,0098 | 0,54 | 0,00   | 1,02 | 0,23   | 0,52 | 0,05   | 4,64 | 1,06 | 0,416 | 0,038 | 0,218       | Vérifie     |
| R176-R177                     | 26,56 | 0,037 | 1,267 | 581,92 | 630  | 5,02 | 1,563 | 0,0101 | 0,81 | 0,01   | 1,12 | 0,26   | 0,68 | 0,06   | 5,60 | 1,29 | 0,431 | 0,036 | 0,146       | Vérifie     |
| R177-R178                     | 15,35 | 0,035 | 1,288 | 589,97 | 630  | 4,92 | 1,532 | 0,0102 | 0,84 | 0,01   | 1,13 | 0,26   | 0,70 | 0,06   | 5,54 | 1,27 | 0,442 | 0,037 | 0,143       | Vérifie     |
| R178-R179                     | 47,62 | 0,050 | 1,354 | 603,01 | 630  | 4,87 | 1,519 | 0,0106 | 0,89 | 0,01   | 1,14 | 0,26   | 0,73 | 0,06   | 5,55 | 1,28 | 0,461 | 0,038 | 0,141       | Vérifie     |
| R179-R180                     | 36,65 | 0,047 | 1,405 | 618,23 | 630  | 4,73 | 1,474 | 0,0109 | 0,95 | 0,01   | 1,14 | 0,27   | 0,77 | 0,06   | 5,39 | 1,26 | 0,485 | 0,039 | 0,137       | Vérifie     |
| R180-R61                      | 30,85 | 0,023 | 1,448 | 715,12 | 800  | 3,88 | 1,948 | 0,0112 | 0,74 | 0,01   | 1,09 | 0,25   | 0,64 | 0,05   | 4,23 | 0,97 | 0,512 | 0,044 | 0,184       | Vérifie     |

| Tronçons                      | Dis   | I     | Q     | Dcal   | Dnor | Vps  | Qps   | Qusé   | Rq   | Rq<br>min | Rv   | Rv min | Rh   | Rh<br>min | V    | Vmin | H     | Hmin  | Qps/10- Qeu | Auto-<br>curage |
|-------------------------------|-------|-------|-------|--------|------|------|-------|--------|------|-----------|------|--------|------|-----------|------|------|-------|-------|-------------|-----------------|
| <b>Collecteur principal F</b> |       |       |       |        |      |      |       |        |      |           |      |        |      |           |      |      |       |       |             |                 |
| R13-R183                      | 88,38 | 0,032 | 2,265 | 791,97 | 800  | 4,62 | 2,322 | 0,0142 | 0,98 | 0,01      | 1,14 | 0,25   | 0,79 | 0,06      | 5,27 | 1,17 | 0,630 | 0,045 | 0,218       | Vérifie         |
| R183-R184                     | 60,87 | 0,018 | 2,444 | 908,21 | 1000 | 4,02 | 3,153 | 0,0154 | 0,78 | 0,00      | 1,10 | 0,24   | 0,66 | 0,05      | 4,43 | 0,96 | 0,661 | 0,050 | 0,300       | Vérifie         |
| R184-R185                     | 45,22 | 0,020 | 2,578 | 907,66 | 1000 | 4,24 | 3,331 | 0,0162 | 0,77 | 0,00      | 1,10 | 0,24   | 0,66 | 0,05      | 4,68 | 1,02 | 0,660 | 0,050 | 0,317       | Vérifie         |
| R185-R186                     | 53,14 | 0,031 | 2,613 | 842,65 | 1000 | 5,24 | 4,117 | 0,0165 | 0,63 | 0,00      | 1,06 | 0,23   | 0,57 | 0,05      | 5,55 | 1,20 | 0,574 | 0,045 | 0,395       | Vérifie         |
| R186-R187                     | 86,49 | 0,031 | 2,670 | 850,50 | 1000 | 5,23 | 4,104 | 0,0168 | 0,65 | 0,00      | 1,06 | 0,23   | 0,58 | 0,05      | 5,56 | 1,21 | 0,583 | 0,046 | 0,394       | Vérifie         |
| R187-R188                     | 76,28 | 0,026 | 2,721 | 883,10 | 1000 | 4,82 | 3,783 | 0,0172 | 0,72 | 0,00      | 1,08 | 0,24   | 0,63 | 0,05      | 5,21 | 1,14 | 0,625 | 0,048 | 0,361       | Vérifie         |
| R188-R182                     | 47,85 | 0,032 | 2,758 | 854,65 | 1000 | 5,33 | 4,184 | 0,0174 | 0,66 | 0,00      | 1,07 | 0,23   | 0,59 | 0,05      | 5,68 | 1,23 | 0,588 | 0,046 | 0,401       | Vérifie         |
| R182-DVO2                     | 54,62 | 0,022 | 5,380 | 1178,2 | 1200 | 4,99 | 5,637 | 0,0564 | 0,95 | 0,01      | 1,14 | 0,29   | 0,77 | 0,07      | 5,68 | 1,47 | 0,926 | 0,087 | 0,507       | Vérifie         |

