



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: CONCEPTION DES SYSTEMES D'ASSAINISSEMENT

THEME :

**Etude du réseau d'assainissement du village Timlouka
Commune d'Azeffoun, (W. Tizi-Ouzou)**

Présenté par :

KHERROUBI Anis

Devant les membres du jury

| Nom et Prénoms | Grade | Qualité |
|-----------------------|--------------|----------------|
| KHETTAL Tahar | M.C.A | Président |
| KADI Latifa | M.A.A | Examineur |
| SALHI Chahrazed | M.A.A | Examineur |
| TOUMI Samir | M.C.B | Promoteur |

Session : Novembre 2020

Remerciements :

Tout d'abord je remercie Dieu le tout puissant de m'avoir donné cette force, volonté et courage pour réaliser ce modeste travail qui a été fait avec amour, passion et honnêteté.

Ensuite, je tiens à remercier mes chers parents, qui se sont donnés corps et âmes pour me voir réussir, qui m'ont aidé et soutenu moralement et financièrement, et qui m'ont toujours encouragé à donner le meilleur de moi-même. Ainsi que mes chers frères et sœur qui ont toujours été là pour moi.

Toute ma gratitude à mon promoteur Mr TOUMI S. pour sa disponibilité, son aide et ses conseils.

Je remercie également les membres du jury qui me feront l'honneur d'évaluer et d'apprécier mon travail.

Je désire aussi remercier les enseignants de l'Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique, qui m'ont fourni les outils nécessaires à la réussite de mes études universitaires.

Ainsi que toute reconnaissance et ma gratitude envers les amis et collègues qui m'ont apporté leur soutien moral et intellectuel tout au long de ma démarche.

Anis

Dédicace :

Je dédie ce travail :

À ma famille qui a fait de moi ce que je suis aujourd'hui

En particulier, à mes très chers parents que je ne pourrais jamais assez remercier pour leur affection, leur bienveillance et leur présence à mes côtés et qui sont la source de ma force et de ma motivation.

À ma très chère sœur : Imène

et à mes chers frères : Mohammed Amine, Sofiene, Mahdi et Zohir

À mes neveux : Nazim, Adem, Ilyes et Inès

À mes amis

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

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

Que dieu vous garde pour moi.

Anis

Table des matières

| | |
|-----------------------------------|----------|
| Introduction générale..... | 1 |
|-----------------------------------|----------|

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

| | | |
|-------|--|---|
| I.1 | Introduction : | 2 |
| I.2 | Situation géographique de la commune : | 2 |
| I.3 | Localisation de la zone d'étude : | 2 |
| I.4 | Situation topographique :..... | 4 |
| I.5 | Situation géologique :..... | 4 |
| I.6 | Sismicité : | 5 |
| I.7 | Situation Climatique :..... | 5 |
| I.7.1 | Climat :..... | 5 |
| I.7.2 | Température : | 5 |
| I.7.3 | Pluviométrie : | 6 |
| I.7.4 | Vent :..... | 7 |
| I.8 | Hydrographie :..... | 7 |
| I.9 | Situation hydraulique :..... | 7 |
| I.9.1 | Alimentation en eau potable :..... | 7 |
| I.9.2 | Assainissement :..... | 7 |
| I.10 | Conclusion : | 8 |

Chapitre II : Etude hydrologique

| | | |
|--------|--|----|
| II.1 | Introduction :..... | 10 |
| II.2 | La série des données pluviométriques : | 10 |
| II.3 | Homogénéisation des données :..... | 12 |
| II.4 | Etude des précipitations maximales journalières :..... | 13 |
| II.4.1 | Caractéristiques empiriques de la série : | 14 |
| II.4.2 | Ajustement de la série : | 14 |
| II.4.3 | Calcul des pluies et des intensités de courte durée :..... | 20 |
| II.5 | Intensité moyenne maximale : | 22 |
| II.6 | Conclusion : | 22 |

Chapitre III : Calculs de Base

| | | |
|---------|--|----|
| III.1 | Introduction : | 24 |
| III.2 | Situation démographique : | 24 |
| III.3 | Découpage de l'air d'étude en surfaces élémentaires : | 25 |
| III.4 | Système d'évacuation des eaux : | 25 |
| III.4.1 | Les différents systèmes d'assainissement : | 25 |
| III.4.2 | Le choix du système d'assainissement : | 30 |
| III.5 | Schéma d'évacuation des eaux : | 30 |
| III.5.1 | Les différents schémas d'assainissement : | 30 |
| III.5.2 | Le choix du schéma d'évacuation : | 32 |
| III.6 | Le coefficient de ruissellement : | 32 |
| III.6.1 | Méthodes de détermination du coefficient de ruissellement : | 32 |
| III.6.2 | Estimation du coefficient de ruissellement pour chaque sous bassin : | 34 |
| III.7 | Calcul de la population pour chaque sous bassin : | 36 |
| III.8 | Conclusion : | 38 |

Chapitre IV : Estimation des débits à évacuer

| | | |
|--------|--|----|
| IV.1 | Introduction : | 40 |
| IV.2 | Origine et nature des eaux à évacuer : | 40 |
| IV.2.1 | Les eaux usées : | 40 |
| IV.2.2 | Les eaux pluviales : | 42 |
| IV.3 | Estimation des débits des eaux usées : | 42 |
| IV.3.1 | Débits des eaux usées domestiques : | 42 |
| IV.3.2 | Débits des eaux usées des établissements publics : | 45 |
| IV.3.3 | Débits totaux des eaux usées à évacuer : | 46 |
| IV.4 | Estimation des débits des eaux pluviales : | 47 |
| IV.4.1 | La méthode rationnelle : | 47 |
| IV.4.2 | La méthode superficielle : | 50 |
| IV.4.3 | Choix de la méthode : | 54 |
| IV.4.4 | Calcul des débits pluviaux : | 54 |
| IV.5 | Conclusion : | 55 |

Chapitre V : Dimensionnement du réseau d'assainissement

| | | |
|----------|---|----|
| V.1 | Introduction :..... | 57 |
| V.2 | Principe de conception d'un système d'assainissement :..... | 57 |
| V.3 | Mode de dimensionnement des canalisations :..... | 58 |
| V.3.1. | Base de calcul :..... | 58 |
| V.3.1.1. | Formule de CHEZY :..... | 58 |
| V.3.1.2. | Formule de MANNING-STRICKLER :..... | 58 |
| V.4 | Conditions d'autocurage :..... | 60 |
| V.5 | Dimensionnement du réseau :..... | 60 |
| V.6 | Conclusion :..... | 74 |

Chapitre VI : Les éléments constitutifs du réseau d'égout

| | | |
|--------|---|----|
| VI.1 | Introduction :..... | 76 |
| VI.2 | Les ouvrages principaux :..... | 76 |
| VI.2.1 | Les canalisations :..... | 76 |
| VI.2.2 | Formes et sections de conduites :..... | 76 |
| VI.2.3 | Critères du choix de conduite :..... | 76 |
| VI.2.4 | Types de matériaux :..... | 77 |
| VI.2.5 | Les essais de conduites préfabriqués :..... | 80 |
| VI.2.6 | Les remèdes :..... | 81 |
| VI.2.7 | Pose de canalisation :..... | 81 |
| VI.3 | Les ouvrages annexes :..... | 83 |
| VI.3.1 | Les ouvrages normaux :..... | 83 |
| VI.3.2 | Les ouvrages spéciaux :..... | 87 |
| VI.4 | Conclusion :..... | 89 |

Chapitre VII : Organisation de chantier

| | | |
|---------|--|----|
| VII.1 | Introduction :..... | 91 |
| VII.2 | Les étapes de réalisation du projet :..... | 91 |
| VII.2.1 | Manutention et stockage des conduites :..... | 91 |
| VII.2.2 | Décapage de la terre végétale :..... | 91 |
| VII.2.3 | Exécution des tranchées et des fouilles des regards :..... | 91 |

| | | |
|----------------------------------|--|------------|
| VII.2.4 | Aménagement du lit de sable : | 92 |
| VII.2.5 | Emplacement des piquets : | 92 |
| VII.2.6 | Pose des canalisations :..... | 92 |
| VII.2.7 | Assemblage des canalisations :..... | 92 |
| VII.2.8 | Essai d'étanchéité : | 92 |
| VII.2.9 | Réalisation des regards : | 92 |
| VII.2.10 | Réalisation des branchements : | 93 |
| VII.2.11 | Remblayage et compactage :..... | 93 |
| VII.3 | Choix des engins : | 93 |
| VII.4 | Détermination des différents volumes des travaux : | 96 |
| VII.4.1 | Volume du décapage de la couche végétale : | 96 |
| VII.4.2 | Volume du déblai des tranchées : | 96 |
| VII.4.3 | Volume occupé par le lit de sable :..... | 96 |
| VII.4.4 | Volume occupé par les conduites : | 97 |
| VII.4.5 | Volume de l'enrobage : | 97 |
| VII.4.6 | Volume du remblai de protection : | 97 |
| VII.4.7 | Volume excédentaire : | 97 |
| VII.5 | Devis quantitatif et estimatif : | 98 |
| VII.6 | Conclusion :..... | 99 |
| Conclusion générale | | 103 |

Liste des tableaux :

| | |
|---|----|
| Tableau I-1 Précipitations moyennes mensuelles (1973-2000) | 6 |
| Tableau II-1 : Identification de la station pluviométrique d'El Azaieb Mizrana | 10 |
| Tableau II-2 : La série pluviométrique (station d'El Azaieb Mizrana) 1969-2012..... | 11 |
| Tableau II-3 : Résultats du test de la médiane..... | 12 |
| Tableau II-4 : Calcul des paramètres du test de la médiane..... | 13 |
| Tableau II-5 : Les caractéristiques de la série pluviométriques | 14 |
| Tableau II-6 : Résultat de l'ajustement à la loi de Gumbel (Hyfran)..... | 15 |
| Tableau II-7 : Résultat de l'ajustement à la loi Log-normale (Hyfran)..... | 16 |
| Tableau II-8 : Résultat de l'ajustement à la loi GEV (Hyfran) | 18 |
| Tableau II-9 : Résultat du test de Pearson χ^2 | 19 |
| Tableau II-10 : Pluies de courte durée de différentes périodes de retour et leurs intensités .. | 21 |
| Tableau III-1 Estimation de la population à l'horizon d'étude | 24 |
| Tableau III-2 Avantages et inconvénients du système unitaire..... | 26 |
| Tableau III-3 Avantages et inconvénients du système séparatif | 28 |
| Tableau III-4 Valeurs du coefficient de ruissellement en fonction du type d'occupation du sol..... | 33 |
| Tableau III-5 Valeurs du coefficient de ruissellement en fonction de la catégorie d'urbanisation..... | 34 |
| Tableau III-6 Valeurs du coefficient de ruissellement en fonction de la densité de population | 34 |
| Tableau III-7 Valeurs du coefficient de ruissellement en fonction de la nature des surfaces | 34 |
| Tableau III-8 Valeurs de coefficients de ruissellement pour chaque sous bassin | 35 |
| Tableau III-9 Nombre d'habitants pour chaque sous bassin | 36 |
| Tableau IV-1: Débits des eaux usées domestiques pour chaque sous bassin..... | 44 |
| Tableau IV-2 : Débits des eaux usées des équipements publics pour chaque sous bassin..... | 46 |
| Tableau IV-3 : Débits totaux des eaux usées pour chaque sous bassin..... | 46 |
| Tableau IV-4 : Formules d'assemblage des bassins versants dans la méthode de Caquot | 53 |
| Tableau IV-5 : Débits totaux des eaux pluviales à évacuer | 54 |
| Tableau V-1 : Calculs du réseau d'assainissement projeté | 61 |
| Tableau VII-1 : Devis quantitatif et estimatif du réseau | 98 |

Liste des figures :

| | |
|--|----|
| Figure I-1 Plan de situation de la zone d'étude | 3 |
| Figure I-3 Schéma géologique de la Kabylie (DAGORNE et MAHROUR, 1984)..... | 4 |
| Figure I-4 Zonage sismique du territoire national..... | 5 |
| Figure I-5 Répartition mensuelle des températures moyennes mensuelles période 1990-2008..... | 6 |
| Figure I-6 Variation des précipitations moyennes mensuelles (1973-2000)..... | 7 |
| Figure II-1 : Ajustement graphique à la loi de Gumbel | 15 |
| Figure II-2 : Ajustement graphique à la loi Log-normale | 17 |

| | |
|---|----|
| Figure II-3 : Ajustement graphique à la loi GEV | 18 |
| Figure II-4 : Courbes Intensité-Durée-Fréquence | 18 |
| Figure III-1 : Schéma représentatif des branchements dans le système unitaire..... | 26 |
| Figure III-2 : Schéma représentatif des branchements dans le système séparatif | 27 |
| Figure III-3 : Schéma représentatif des branchements dans le système pseudo-séparatif | 29 |
| Figure III-4 : Schéma perpendiculaire..... | 30 |
| Figure III-5 : Schéma par déplacement latéral | 31 |
| Figure III-6 : Schéma à collecteur transversal ou oblique..... | 31 |
| Figure III-7 : Schéma par zones étagées | 31 |
| Figure III-8 : Schéma radial | 32 |
| Figure VI-1 : Joints sur tuyaux en amiante ciment | 77 |
| Figure VI-2 : Joints sur tuyau en grès | 78 |
| Figure VI-3 : Joints sur conduites en béton..... | 80 |
| Figure VI-4 : Pose de canalisation sur un terrain ordinaire..... | 82 |
| Figure VI-5 : Pose de canalisation sur un mauvais terrain..... | 82 |
| Figure VI-6 : Pose de canalisation sur un terrain très mauvais | 83 |
| Figure VI-7 : Exemple d'un branchement simple..... | 84 |
| Figure VI-8 : Exemple d'une bouche d'égout sans décantation | 85 |
| Figure VI-9 : Exemple d'un regard simple | 85 |
| Figure VII-1 : Pose du lit de sable..... | 92 |
| Figure VII-2 : Niveleuse..... | 94 |
| Figure VII-3 : Bulldozer..... | 94 |
| Figure VII-4 : Pelle à chenille | 95 |
| Figure VII-5 : Chargeuse..... | 95 |
| Figure VII-6 : Compacteur à rouleaux lisses..... | 96 |

Nomenclature

CGS : Centre National de Recherche Appliquée en Génie Parasismique

RPA : Règlement parasismique Algérien

ONM : Office National de météorologie

P_{jmax} : Pluie journalière maximale

M : Médiane

N_s : Nombre total des séries (+) ou (-)

T_s : Taille de la plus grande série (+) ou (-).

$\overline{P_{max,j}}$: La moyenne interannuelle des précipitations maximales journalière

$\sigma_{P_{max,j}}$: Ecart-type

C_V : Coefficient de variation

C_r : Coefficient de ruissellement

C_{rp} : Coefficient de ruissellement pondéré

C_{ri} : Coefficient de ruissellement partiel

A : Surface drainée (ha)

D_i : Densité partielle pour chaque sous bassin (hab/ ha).

P_t : Population à l'horizon **2050**.

A_i : Surface correspondant à chaque sous bassin (ha)

$Q_{moy,j}^{dom}$: Débit moyen journalier des eaux usées domestiques en (L/s)

N_{hab} : Nombre d'habitants à l'horizon d'étude (habitant).

K_r : Coefficient de rejet pris égal à 80% de la quantité d'eau potable consommée.

Dot : Dotation journalière estimée à 200 L/j/hab.

Q_{pte}^{dom} : Débit de pointe des eaux usées domestiques (L/s).

$Q_{moy,j}^{dom}$: Débit moyen journalier rejeté (L/s).

K_p : Coefficient de pointe

$Q_{moy,j}^{éq}$: Débit moyen journalier des eaux usées publiques en (L/s)

N_u : Nombre des usagers (des unités) concernés par chaque service.

K_r : Coefficient de rejet pris égal à 80% de la quantité d'eau potable consommée.

$D_{\acute{e}q}$: Dotation de la consommation journalière d'eau potable (L/j/unité) ; une donnée qui diffère d'un type d'utilisateur à un autre.

$Q_{\text{pte}}^{\acute{e}q}$: Débit de pointe des eaux usées publiques (L/s).

Q : Débit d'eau de ruissellement (L/s).

A : Surface d'apport (ha).

C_r : Coefficient de ruissellement.

i : Intensité moyenne de précipitation (L/s/ha).

α : Coefficient réducteur (correcteur) de l'intensité tenant compte de la distribution de la pluie dans l'espace.

d : Longueur du milieu de l'aire élémentaire (m)

Q_p : Le débit de pointe

t_c : Temps de concentration (min).

t_1 : Temps mis par l'eau pour s'écouler dans les canalisations (min).

L : Longueur de canalisation (m).

v : Vitesse d'écoulement (m/s).

t_2 : Temps mis par l'eau pour atteindre le premier ouvrage d'engouffrement (min).

t_3 : Temps de ruissellement superficiel dans un bassin ne comportant pas de canalisations (min).

L_s : parcours superficiel de l'eau dans le bassin (km).

I : Pente moyenne du parcours (%).

L : Cheminement hydraulique le plus long (km).

I : Pente moyenne du chemin parcouru (%).

Q_p : Le débit pluvial de pointe de fréquence de dépassement « F » ; en (m³/s).

C_r : Le coefficient de ruissellement du sous bassin considéré.

I : La pente moyenne calculée selon le plus long cheminement hydraulique (m/m).

A : La superficie drainée du sous bassin (ha).

K, u, v, w : Coefficients d'expression, donnés en fonction des paramètres de Caquot

a, b : Sont les coefficients de la formule de Montana (courbes IDF)

μ : Coefficient d'ajustement de la forme du bassin

M : Coefficient d'allongement qui caractérise la forme du bassin-versant.

L : Le plus long chemin hydraulique (m).

S_c : Etant la surface du carré équivalent qui est égale à celle du bassin (m²).

$A_{\text{éq}}, C_{\text{éq}}, I_{\text{éq}}, M_{\text{éq}}$: Sont les paramètres du bassin équivalent.

A_i, C_i, I_i, L_i, Q_i : Sont les paramètres individuels du sous bassin (i) considéré seul.

$L(t_{c,\text{max}})$: Cheminement hydraulique le plus long du sous bassin ayant le temps de concentration le plus long.

Q : Le débit véhiculé par le collecteur (m^3/s).

S_m : Section mouillée (m^2).

v : Vitesse d'écoulement (m/s).

C : Coefficient de Chézy, qui dépend des paramètres hydrauliques et géométriques de l'écoulement.

I : Pente motrice de l'écoulement (m/m).

R_h : Rayon hydraulique (m)

S_m : La surface de la section transversale mouillée de la conduite (m^2)

P_m : Le périmètre mouillé (m).

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

Q_{ps} : Débit à pleine section (m^3/s)

V_{ps} : Vitesse à pleine section (m/s)

D_N : Diamètre normalisé (mm)

r_H : Rapport des hauteurs

r_Q : Rapport des débits

r_V : Rapport des vitesses

H : Hauteur de remplissage (mm)

D : Diamètre du collecteur (mm)

H_2S : Hydrogène Sulfuré

Q_t : Débit total (m^3/s).

Q_{plu} : Débit pluvial (m^3/s).

$Q_{\text{eu,dom}}$: Débit des eaux usées domestiques (m^3/s).

$Q_{\text{eu,pub}}$: Débit d'eaux usées publiques (m^3/s).

L : Longueur du collecteur le plus long (m).

V : Vitesse moyenne tout le long du collecteur (m/s).

Q_{Cr} : Débit critique (m^3/s).

Q_{STEP} : Débit allant vers la STEP (m^3/s).

Q_{pte} : Débit de pointe des eaux usées (m^3/s).

$Q_{dév}$: Débit déversé (m^3/s).

H_{STEP} : Hauteur d'eau demandée par la STEP (Hauteur du seuil) (mm).

$H_{dév}$: Hauteur d'eau déversée ou lame déversée (mm).

m : Coefficient de débit

L : Largeur du seuil du seuil du déversoir (m)

$V_{déc}$: volume de la couche végétale décapée (m^3).

H_{cv} : profondeur de la couche végétale (m)

L : longueur totale de la tranchée (m).

B_{cv} : Largeur de la couche végétale (m).

V_d : Volume du déblai des tranchées (m^3).

B : Largeur de la tranchée (m).

H : Profondeur de la tranchée (m).

V_{ls} : volume du lit de sable (m^3).

e : épaisseur de la couche de sable (m).

B : largeur de la tranchée (m).

L : longueur totale de la tranchée (m).

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

D_{ext} : diamètre extérieur de la conduite (m).

H_e : hauteur d'enrobage

B : Largeur de la tranchée (m).

V_{rem} : volume du remblai (m^3).

V_{exc} : Volume du sol excédentaire (m^3).

V_f : Volume du sol foisonné (m^3).

K_f : Coefficient de foisonnement dépend de la nature de sol.

Liste des planches :

Planche N°01 : Plan de masse avec réseau projeté

Planche N°02 : Profil en long des collecteurs N1 – N82 & N126 – N80-1

Planche N°03 : Les éléments constitutifs du réseau d'égout

ملخص:

قرية تيملوكا الواقعة في بلدية أزفون هي منطقة ريفية لا تحتوي على شبكة صرف صحي مما دفع السكان إلى تصريف مياه الصرف الصحي إما إلى الحفر أو إلى الأودية القريبة، مما قد يضر بالبيئة و يتحول لمصدر إزعاج من خلال الروائح الكريهة المنبعثة، إلى جانب العديد من المشاكل الصحية التي تنجر عن ذلك. لهذا فقد دعت الحاجة إلى تصميم شبكة صرف صحي لجمع مياه الصرف الصحي الخاصة بالمنطقة وتوجيهها إلى محطة المعالجة بهدف تحسين الوضع الصحي العام للبيئة وبهدف الحفاظ على البيئة و تحسين الأوضاع الصحية لمختلف سكان المنطقة.

لإجراء هذه الدراسة ، قمنا بجمع جميع البيانات اللازمة عن المنطقة قيد الدراسة، ثم القيام بدراسة هيدرولوجية، وصولاً إلى تقدير التدفقات التي سيتم تفريغها وهذا قصد تحقيق حجم شبكة الصرف الصحي المراد تشييدها، وأخيراً قمنا بدراسة كمية وتقديرية لتكلفة المشروع.

الكلمات المفتاحية: قرية تيملوكا – أزفون – شبكة الصرف الصحي – محطة المعالجة

Résumé :

Le village Timlouka situé dans la commune d’Azeffoun est une zone rurale dépourvue de réseau d’assainissement ce qui a poussé les habitants à rejeter leurs eaux usées soit vers des fosses ou bien vers les cours d’eau à proximité, ce qui peut nuire à l’environnement et leur causer des désagréments tel que les odeurs nauséabondes et des problèmes de santé publique ce qui a provoqué la nécessité de projeter un réseau d’assainissement afin de collecter leurs eaux usées et les acheminer vers la station d’épuration dans le but d’améliorer la situation sanitaire globale de l’environnement et pour le bien des habitants.

Pour mener à bien cette étude, nous avons collecté toutes les données nécessaires sur la zone d’étude. Ensuite, nous avons fait une étude hydrologique. Puis, l’estimation des débits à évacuer afin d’aboutir au dimensionnement du réseau d’assainissement. Enfin, nous avons réalisé une étude quantitative et estimative du coût du projet.

Mots clés : Village Timlouka – Azeffoun – Réseau d’assainissement – Station d’épuration.

Abstract:

The Timlouka village located in the Azeffoun town is a rural area without a sanitation network, this has led the residents to discharge their wastewater into pits or nearby rivers. As a result of those harmful behaviours to the environment, public health problems and inconveniences such as foul odors can appear. Naturally, planning a sewerage network to collect their wastewater and send it to the wastewater treatment plant was mandatory thus improving the overall health situation of the environment and for the good of the inhabitants.

To carry out this study, we collected all the necessary data on the study area. Then we did a hydrological study. Then, the estimation of the flows to be evacuated in order to achieve the sizing of the sewerage network. Finally, we carried out a quantitative and estimative study of the cost of the project.

Keywords: Timlouka Village – Azeffoun – Sanitation network - Wastewater treatment plant

Introduction générale

Introduction générale

L'eau sous toutes ses formes, joue des rôles multiples et importants dans le fonctionnement de plusieurs écosystèmes. Pourtant, elle peut également être source de graves difficultés dans les domaines de la santé et de l'environnement.

L'assainissement est une science qui consiste à collecter, transporter et évacuer par voie hydraulique les eaux usées et pluviales à travers un réseau bien dimensionné, assurant le rejet dans un exutoire, dans le but de protéger la santé humaine, conserver la faune et la flore et enfin préserver l'environnement.

La zone d'étude est dépourvue de réseau d'assainissement, par conséquent les habitations sont raccordées vers des fosses septiques ou bien ils rejettent leurs eaux usées dans les cours d'eau à proximité avec tous les désagréments qui pourraient en découler. De ce fait, il est nécessaire de projeter un réseau d'assainissement afin de canaliser tout les rejets domestiques et publics vers la Station d'épuration.

Pour mener à bien notre étude, nous avons subdivisé le travail en sept volets, tous d'une importance majeure :

- Premièrement, nous avons présenté la zone d'étude sous tous ses aspects.
- Deuxièmement, nous avons fait une étude hydrologique afin de déterminer l'intensité moyenne maximale correspondant à une courte durée $t = 15$ min et d'une période de retour $T = 10$ ans afin d'estimer nos débits pluviaux.
- Troisièmement, les calculs de base sont nécessaires afin d'estimer la population à l'horizon d'études, découper le site en surfaces élémentaires et détermination du coefficient de ruissellement de chaque sous-bassin et pour le choix du système et du schéma du réseau d'évacuation des eaux.
- Quatrièmement, nous avons estimé les différents débits à évacuer
- Cinquièmement, nous avons dimensionné le réseau d'assainissement et fait le calcul hydraulique
- Sixièmement, nous avons énuméré les différents éléments constitutifs du réseau d'égout
- Septièmement, nous avons calculé les volumes des différentes prestations, en faisant une étude quantitative et estimative des différents travaux à réaliser ainsi que les différents engins à utiliser pour le bon déroulement des différentes étapes de réalisation.

CHAPITRE I :

**Présentation de la zone
d'étude**

I. Présentation de la zone d'étude

I.1 Introduction :

Pour tout projet en hydraulique, la présentation de la zone d'étude constitue une étape indispensable qui consiste à décrire le site du point de vue : géographique, topographique, géologique, climatique, démographique et hydraulique ; afin de bien déterminer les facteurs influents sur la conception du projet.

I.2 Situation géographique de la commune :

La commune d'Azeffoun, ville côtière de la Wilaya de Tizi-Ouzou, située à environ 70 km au nord-est du chef-lieu de Wilaya et de 95 km à l'ouest de Béjaïa.

Elle est limitée :

- Au nord par La mer méditerranée.
- Au sud par Akerrou et Aghribs
- A l'est par Aït Chafâa
- A l'ouest par la commune d'Iflissen.

I.3 Localisation de la zone d'étude :

Timlouka est un village situé à environ 4 km au sud-ouest du chef-lieu de la commune d'Azeffoun, il s'étend sur une longueur de 2 Km le long de la route menant vers Tamgout. Le village présente un aspect d'un lotissement à deux versants, Il est ceinturé de deux talwegs débouchant sur la RN 24, le village a une superficie d'environ 100.47 ha.

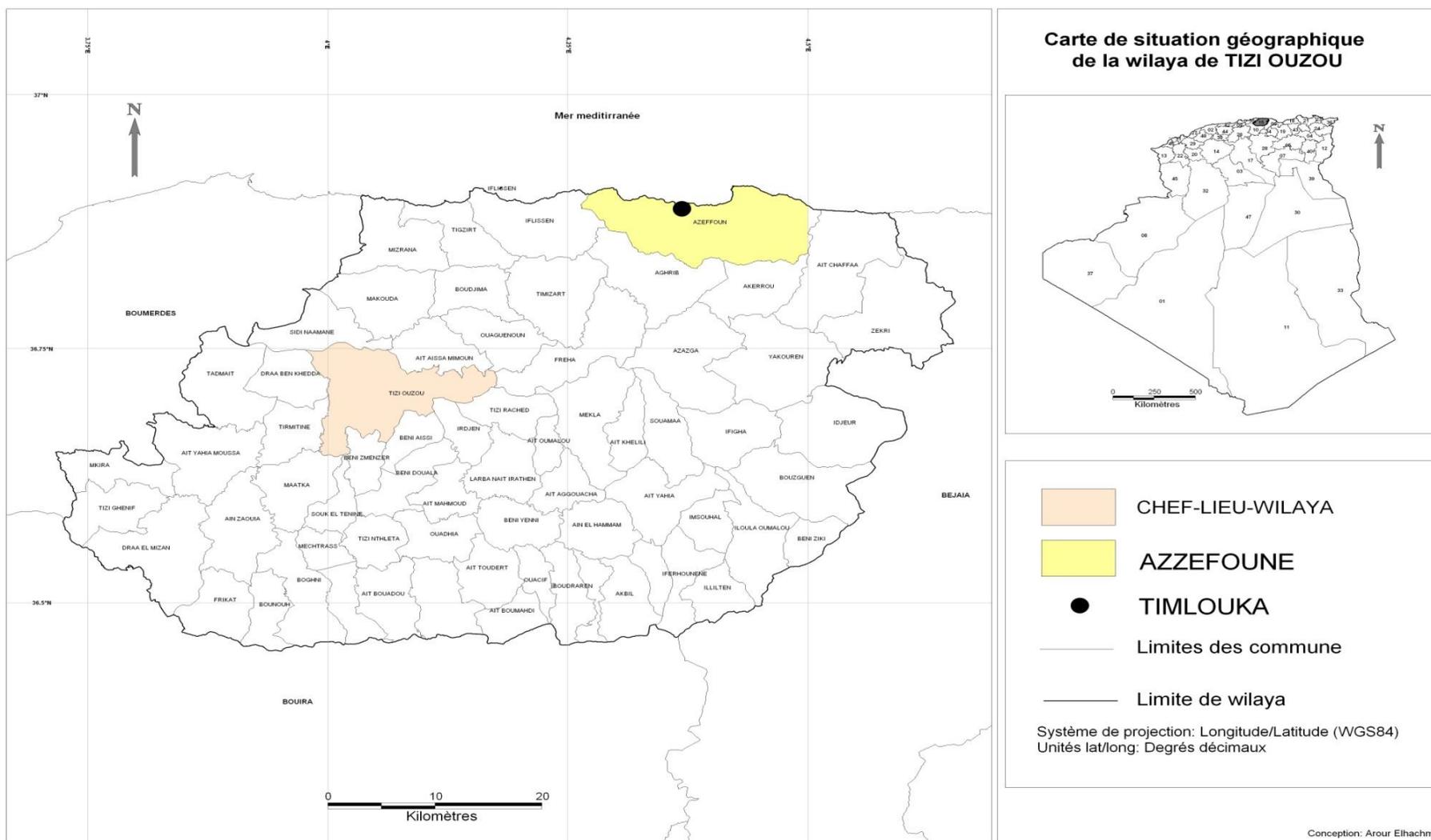


Figure I-1 Plan de situation de la zone d'étude

Source : La carte du découpage administratif de l'Algérie

I.4 Situation topographique :

L'étude topographique joue un rôle important dans la conception du réseau d'assainissement ; vu que l'évacuation des eaux s'effectue avec un écoulement gravitaire, sauf dans le cas de contre pente où le relief exige un relevage.

La commune d'Azeffoun se divise en deux zones : zone de plaine côtière qui est très étroite s'étalant sur quelques centaines de mètres et une zone collinaire côtière de grande dénivelée où on observe des pics d'altitude supérieure à 400 m (Sidi Abderrahmane, 408 m ; Tagmount Boudrar, 548 m). La région présente un relief montagneux avec des pentes abruptes dépassant les 16% à certains endroits.

La zone d'étude est caractérisée par des côtes topographiques variant entre 265.55 m et 16.42 m, sachant que l'altitude augmente en allant vers le sud.

I.5 Situation géologique :

La géologie étudie la nature du sol pour déterminer le mode de réalisation des tranchées et les engins à utiliser.

Sur le plan géologique, la Kabylie a fait l'objet de plusieurs études : stratigraphie, orogénèse, tectonique (PERON, 1880 ; FLANDRIN, 1952 ; THIBAUT, 1952 ; RAYMOND, 1976 ; GELARD, 1979 ; DAGORNE et MAHROUR, 1984 ; YAKOUB, 1996).

La chaîne côtière est partagée entre grès de Numidie qui domine sur les collines de la grande Kabylie et moins présent sur la côte et le massif côtier d'Azeffoun, ce sont plutôt les flysch crétaqués qui dominent.

La Kabylie maritime présente un faciès principal caractérisée par des alluvions et sables au niveau de sa bande littorale, des Grès au centre et à l'Est et des Flysch à l'Ouest.

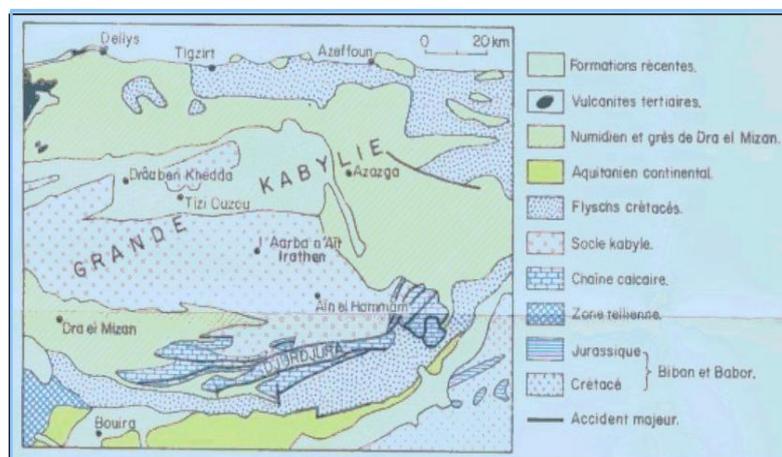


Figure I-2 Schéma géologique de la Kabylie (DAGORNE et MAHROUR, 1984).

I.6 Sismicité :

La zone d'étude située appartient à la zone II-a selon le Centre National de Recherche Appliquée en Génie Parasismique (CGS).

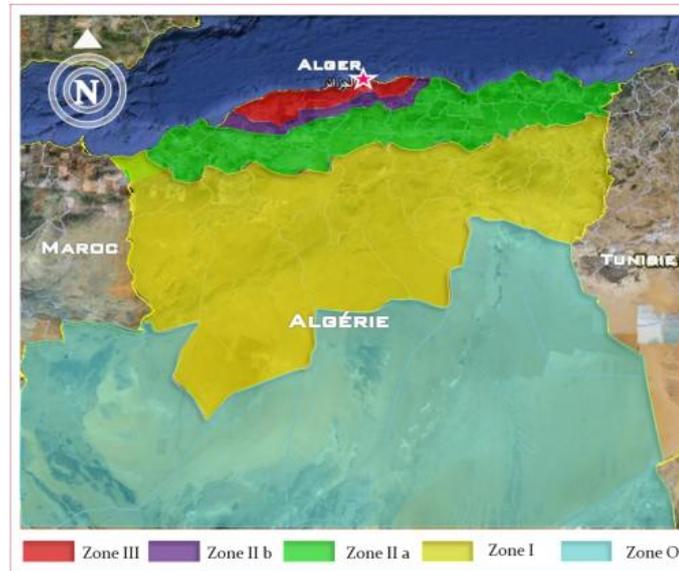


Figure I-3 Zonage sismique du territoire national

Source : RPA 99 version 2003 après ADDENDA

I.7 Situation Climatique :

I.7.1 Climat :

La position géographique de la Kabylie, qui se situe tout près de la mer Méditerranée, ce joue un rôle important dans la détermination de son climat. La Kabylie s'ouvre aux influences maritimes par une série de trouées et de vallées ce qui permet un adoucissement des températures en hiver et l'atténuation de l'effet de l'altitude.

La région littorale en l'occurrence Azeffoun est doté d'un climat méditerranéen qui est caractérisé par un hiver doux et humide et un été chaud et sec.

I.7.2 Température :

La température est parmi les facteurs à prendre en considération, car elle a une influence importante sur la viscosité de l'eau.

La zone d'étude est caractérisée par un hiver doux et pluvieux et un été sec et chaud. Le mois d'août est le mois le plus chaud de l'année

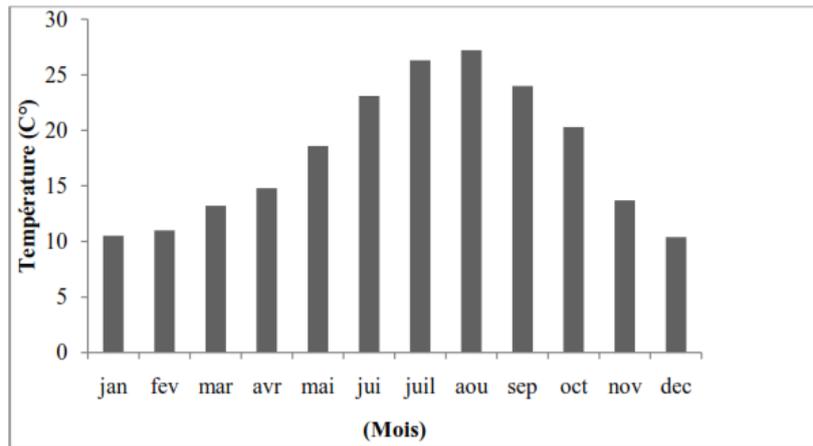


Figure I-4 Répartition mensuelle des températures moyennes mensuelles période 1990-2008

Source : ONM, Station de Boukhalfa

On peut distinguer deux périodes :

- Une période froide qui s'étale de Novembre à Avril, avec une température minimale atteinte au mois de décembre.
- Une période chaude qui s'étale de Mai à Octobre, le pic de température est observé au mois d'Août.

I.7.3 Pluviométrie :

Selon les données de la station d'El Azaieb, on note que les pluies sont généralement irrégulières et peuvent être torrentielles.

Le tableau suivant (Tableau I-1) présente les précipitations moyennes mensuelles sur une période d'observation de 27 ans (1973-2000) :

Tableau I-1 : Précipitations moyennes mensuelles (1973-2000)

| Mois | Jan | Fev | Mar | Avril | Mai | Juin | Jui | Août | Sep | Oct | Nov | Dec | P _{ann} |
|--------|-----|-------|------|-------|------|------|-----|------|------|------|-------|-------|------------------|
| P (mm) | 98 | 105.6 | 88.1 | 78.6 | 45.7 | 10.1 | 3.5 | 8.2 | 37.3 | 78.7 | 120.4 | 122.8 | 797 |

Source : ANRH Blida

L'analyse de la variation des précipitations (Tableau I-1) montre que :

- La période pluvieuse s'étale du mois d'Octobre au mois d'Avril ; avec une hauteur maximale de précipitation de 122.8 mm enregistrée au mois de Décembre.

- Les mois de Juin, Juillet et Août sont les plus secs ; avec un minimum de précipitation de 3.5 mm au mois de Juillet.

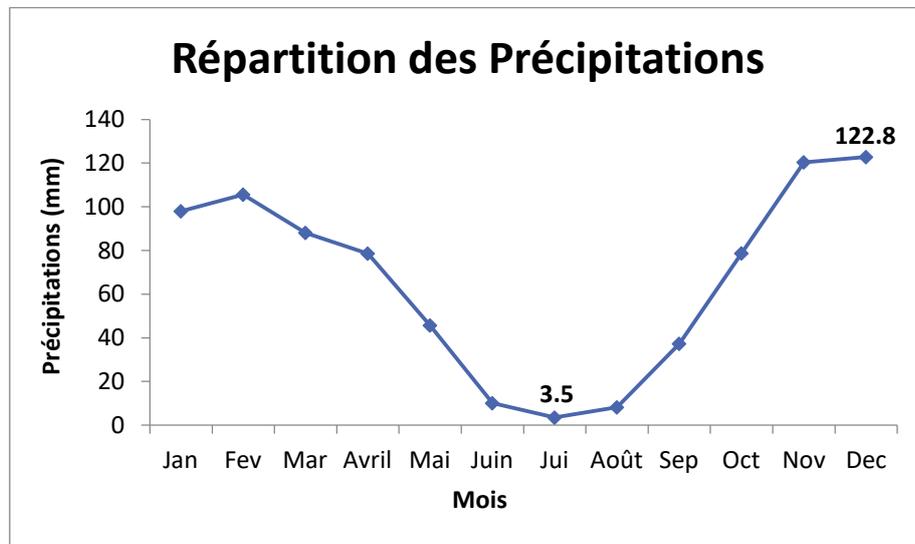


Figure I-5 Variation des précipitations moyennes mensuelles (1973-2000)

I.7.4 Vent :

Les vents dominants sont ceux de l'Ouest et du Nord-Ouest pour les quatre saisons caractérisant l'extrême Nord de l'Algérie.

I.8 Hydrographie :

Le réseau hydrographique de la commune d'Azzeffoun est constitué de deux (02) oueds : Oued TIFREST et Oued GOURAR.

I.9 Situation hydraulique :

I.9.1 Alimentation en eau potable :

Le village objet de la présente étude n'est pas doté d'un réseau d'alimentation en eau potable.

I.9.2 Assainissement :

En matière d'assainissement, on note l'absence de réseaux d'assainissement, les habitations sont raccordées soit vers des fosses septiques, sinon vers des talwegs situés à proximité avec tous les désagréments (odeurs nauséabondes, moustiques, pollution...etc) qui pourront en découler.

De ce fait, la projection d'un réseau d'assainissement adéquat se justifie par la nécessité de :

- Contrôler les différents rejets domestiques,
- Eviter toute pollution qui pourrait en découler,

- Gérer correctement les différents branchements,
- Canaliser les rejets vers des points bien définis et bien contrôlés,
- Eviter les chevauchements éventuels entre les différents réseaux (réseau AEP, gaz et Assainissement).

L'étude d'un réseau d'assainissement facilite également, l'intervention en cas de problèmes liés à l'entretien du réseau.

Au demeurant, c'est toute la population qui en bénéficie sur tous les plans et en particulier celui de la salubrité, la propreté et la lutte contre les maladies à transmission hydrique.

I.10 Conclusion :

Dans ce chapitre ; on a donné un aperçu général sur la zone d'étude, on a défini les caractéristiques nécessaires du site et on a déterminé les données de base pour entamer le projet qui est la conception et le dimensionnement du réseau d'assainissement du Village Timlouka (Commune d'Azeffoun, Wilaya de Tizi-Ouzou), tout en respectant les exigences de la santé publique et l'environnement.

CHAPITRE II :

Etude Hydrologique

II. Etude hydrologique

II.1 Introduction :

D'une façon générale, L'hydrologie peut se définir comme la science qui étudie le cycle de l'eau dans la nature, plus précisément les échanges entre l'atmosphère, la surface terrestre et son sous-sol. Elle s'intéresse aussi à l'estimation de ses différents flux.

Pour la conception des systèmes d'assainissement, l'étude hydrologique est un volet important dont le but est de déterminer l'intensité moyenne maximale d'après l'étude des pluies extrêmes et des averses et le choix de la période de retour, afin de protéger le réseau contre les risques des fortes crues.

II.2 La série des données pluviométriques :

L'analyse des pluies est basée sur les relevés pluviométriques effectués dans un certain nombre de stations sur une surface topographique considérée. Elle est basée sur l'hypothèse que la pluie tombée à une station est représentative de celle tombée tout autour de cette station sur une étendue plus ou moins large selon la densité du réseau que l'on appelle zone d'influence du pluviomètre

La station pluviométrique d'EL AZAIEB MIZRANA est prise comme station de référence, ses caractéristiques sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau II-1 : Identification de la station pluviométrique d'El Azaieb Mizrana

| Nom | Code | Coordonnées | | Période d'observation |
|--------------------------|--------|-------------|--------|------------------------------|
| El Azaieb Mizrana | 020810 | X (km) | 625.05 | 1969-2012 (43 ans) |
| | | Y (km) | 398.55 | |
| | | Z (m) | 150 | |

Source : ANRH Blida (2020)

La station fournit une série pluviométrique comportant les pluies maximales journalières, mensuelles et annuelles. Cette série s'étend sur une période d'observation de 43 ans allant de 1969/1970 jusqu'à 2011/2012. Les données de la série sont présentées dans le tableau suivant (Tableau II-2) :

Tableau II-2 : La série pluviométrique (station d'El Azaieb Mizrana) 1969-2012

| Année | Précipitations maximales journalières (mm) | | | | | | | | | | | | Max. |
|-----------|--|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|
| | Sep. | Oct. | Nov. | Déc. | Jan. | Fév. | Mars | Avr. | Mai | Juin | Juil. | Août | |
| 1969-1970 | 2 | 38 | 8.8 | 30.2 | 28.1 | 16.9 | 23.9 | 6.8 | 6.7 | 0.8 | 3.8 | 0.2 | 38 |
| 1970-1971 | 28.6 | 6.1 | 57.9 | 28.9 | 60.1 | 26.3 | 13.9 | 22.2 | 65 | 16.8 | 0 | 18.5 | 65 |
| 1971-1972 | 33.5 | 26.1 | 6.7 | 37 | 45.3 | 40 | 25.3 | 21.7 | 0.1 | 15 | 0 | 0 | 45.3 |
| 1972-1973 | 75.3 | 77.3 | 9.7 | 58.3 | 5.1 | 50.9 | 80.5 | 28 | 2 | 8.7 | 18.3 | 1.9 | 80.5 |
| 1973-1974 | 20.6 | 35.2 | 34.5 | 19.7 | 28.4 | 23.2 | 30.3 | 12.4 | 24.3 | 13.3 | 0 | 8.3 | 35.2 |
| 1974-1975 | 14 | 17.3 | 50.7 | 15.4 | 28.1 | 48 | 18 | 20.5 | 23.2 | 2.9 | 8.7 | 23.4 | 50.7 |
| 1975-1976 | 29.6 | 19 | 23.5 | 28.4 | 27.9 | 8.2 | 20.2 | 24 | 10.4 | 2.7 | 0.4 | 7 | 29.6 |
| 1976-1977 | 2.4 | 15.4 | 43.8 | 8.3 | 41.5 | 25.5 | 25.6 | 45 | 44.9 | 2.2 | 0 | 0 | 45 |
| 1977-1978 | 6.5 | 30.6 | 27.5 | 10.4 | 17.6 | 30.1 | 25.6 | 20.4 | 5.9 | 8 | 6.9 | 2.1 | 30.6 |
| 1978-1979 | 20.9 | 27 | 26.3 | 20 | 23.1 | 25.7 | 27.9 | 34.6 | 5.2 | 0 | 2.4 | 0 | 34.6 |
| 1979-1980 | 0.6 | 28.6 | 25.7 | 55.4 | 16.1 | 13.6 | 15.2 | 20.7 | 20.7 | 5.2 | 0 | 31.5 | 55.4 |
| 1980-1981 | 0.8 | 25.1 | 21.8 | 25.6 | 27 | 26.5 | 9.8 | 7.4 | 25.8 | 3.1 | 0 | 4.3 | 27 |
| 1981-1982 | 29.1 | 29.7 | 30 | 27.3 | 0.5 | 29.2 | 25.6 | 9.9 | 11.4 | 0 | 0 | 6.2 | 30 |
| 1982-1983 | 5.7 | 25 | 29.5 | 30.5 | 27.9 | 27.7 | 14 | 8 | 30.7 | 11.3 | 0 | 0 | 30.7 |
| 1983-1984 | 10.3 | 26.5 | 7.9 | 28.7 | 21.2 | 11.5 | 28.5 | 9.3 | 24.5 | 0.5 | 0 | 0 | 28.7 |
| 1984-1985 | 24 | 31.3 | 62.7 | 16.8 | 21.8 | 37.1 | 60.2 | 14.1 | 1.9 | 9.1 | 2.1 | 3.2 | 62.7 |
| 1985-1986 | 8.2 | 20.4 | 24.5 | 33.9 | 38 | 40.6 | 13.4 | 2.7 | 6.8 | 20.2 | 0 | 0.5 | 40.6 |
| 1986-1987 | 8.5 | 13.8 | 37.3 | 15.1 | 15 | 12.7 | 32.8 | 22.2 | 12.4 | 18.7 | 3.1 | 0.2 | 37.3 |
| 1987-1988 | 27.2 | 5.3 | 38.5 | 40 | 22.2 | 7.4 | 9.3 | 19.7 | 1.9 | 8.7 | 1.1 | 4.6 | 40 |
| 1988-1989 | 12 | 11.3 | 8.3 | 19.5 | 20.9 | 0 | 17 | 20.9 | 23.8 | 0.9 | 22.4 | 2.1 | 23.8 |
| 1989-1990 | 1.5 | 28.2 | 27.4 | 57.2 | 20.8 | 49.3 | 40.1 | 21.2 | 25 | 3.1 | 0 | 5.4 | 57.2 |
| 1990-1991 | 9.2 | 75 | 22.5 | 7.9 | 41.5 | 23.2 | 35.1 | 44.9 | 28.4 | 19.1 | 4.7 | 0 | 75 |
| 1991-1992 | 3.8 | 55 | 32.2 | 48.8 | 24.2 | 21.2 | 18 | 32 | 18.5 | 0 | 0 | 5.1 | 55 |
| 1992-1993 | 10.5 | 23.7 | 17 | 19.5 | 30.1 | 26.5 | 0.2 | 28.1 | 2.3 | 0 | 0 | 0 | 30.1 |
| 1993-1994 | 29.1 | 22.4 | 10.9 | 30.3 | 32.8 | 35 | 31.9 | 24 | 1.2 | 5.6 | 0 | 36 | 36 |
| 1994-1995 | 10.9 | 10.9 | 14.1 | 17.5 | 44.4 | 29.9 | 15.9 | 50.6 | 19.5 | 7.2 | 1.5 | 6 | 50.6 |
| 1995-1996 | 30.9 | 29.8 | 25.8 | 14 | 20.2 | 9.8 | 11.6 | 33.7 | 8.3 | 1 | 0.7 | 2.8 | 33.7 |
| 1996-1997 | 17.7 | 41.4 | 52.8 | 67 | 19.5 | 67 | 36.1 | 23.7 | 54.7 | 0.7 | 0 | 13.6 | 67 |
| 1997-1998 | 8.7 | 21.4 | 23.3 | 24.4 | 26.7 | 21.8 | 18.7 | 4.7 | 1 | 0 | 0 | 0 | 26.7 |
| 1998-1999 | 13.6 | 22.5 | 50.2 | 45 | 10.9 | 6.4 | 4 | 14.2 | 11.7 | 10.2 | 9.3 | 0.6 | 50.2 |
| 1999-2000 | 16.1 | 8.2 | 17.7 | 31.5 | 65.6 | 20 | 10.9 | 16.8 | 14.4 | 0 | 0 | 12.8 | 65.6 |
| 2000-2001 | 9.6 | 1 | 80 | 32.3 | 29.1 | 21.5 | 21.2 | 9.4 | 7.3 | 1.9 | 29.5 | 15.9 | 80 |
| 2001-2002 | 32.8 | 28 | 32 | 37.7 | 39 | 23.2 | 20.9 | 40.2 | 16.8 | 0 | 0 | 0 | 40.2 |
| 2002-2003 | 22.7 | 12.6 | 22.3 | 34.6 | 50.5 | 18.6 | 34 | 29.5 | 52 | 6.1 | 0 | 9.7 | 52 |
| 2003-2004 | 4.2 | 25.5 | 22.5 | 34.2 | 34.5 | 22.3 | 25.6 | 22.5 | 4.5 | 0 | 0.6 | 0.9 | 34.5 |
| 2004-2005 | 9.7 | 19 | 32.5 | 22.7 | 18.2 | 45 | 25.6 | 5.4 | 42.8 | 0.9 | 7.5 | 2.3 | 45 |
| 2005-2006 | 7.7 | 10.9 | 2.3 | 53.2 | 11.8 | 13.2 | 42.2 | 37.2 | 12.5 | 9.8 | 1.8 | 43.3 | 53.2 |
| 2006-2007 | 32.5 | 97.2 | 100.6 | 26.5 | 4.6 | 8.3 | 25 | 20.3 | 17.8 | 5.1 | 7.8 | 0 | 100.6 |
| 2007-2008 | 30.1 | 12.5 | 60.7 | 37.7 | 46.2 | 8.3 | 38 | 33.5 | 27.5 | 0 | 0 | 2.7 | 60.7 |
| 2008-2009 | 43.2 | 20.7 | 32.4 | 34.8 | 25.5 | 12.7 | 35.8 | 29.5 | 15.8 | 8.8 | 0 | 9.5 | 43.2 |
| 2009-2010 | 15 | 30.1 | 30.6 | 22.7 | 23.5 | 23.3 | 19.1 | 22.9 | 26.4 | 23 | 1.4 | 0 | 30.6 |

Tableau II-2 : La série pluviométrique (station d'El Azaieb Mizrana) 1969-2012 (suite)

| Année | Sep | Oct | Nov | Dec | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Jui | Juil | Août | Max |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|
| 2010-2011 | 3.7 | 25.2 | 57.5 | 39.5 | 30.3 | 53.7 | 19.3 | 35.6 | 17.1 | 1.9 | 0 | 31.5 | 57.5 |
| 2011-2012 | 19.8 | 35.3 | 23.8 | 14.7 | 24.7 | 37.3 | 33.7 | 27.7 | 85 | 1.9 | 0 | 38.7 | 85 |

Source : ANRH Blida (2020)

II.3 Homogénéisation des données :

On doit s'assurer que notre série est dépourvue de ruptures artificielles et vérifier si la série des données est homogène ou pas. Pour cela, on fait appel au test de la médiane, dont les démarches sont les suivantes :

- 1- Trier la série par ordre croissant.
- 2- Déterminer la valeur M de la médiane d'ordre m (de telle sorte que 50% des x_i soient inférieurs à x et 50% des x_i soient supérieure à x). Deux cas sont alors possibles :
 - Si N est impair, on prend la $\left(\frac{N+1}{2}\right)^{ième}$ valeur.
 - Si N est pair, on prend la moyenne entre la $\left(\frac{N}{2}\right)^{ième}$ valeur et la $\left(\frac{N}{2} + 1\right)^{ième}$ valeur.

On a : $N = 43$, donc : $m = \frac{43+1}{2} = 22$, alors la médiane est : **M = 843.5 mm.**

- 3- Pour la série non triée, attribuer à chaque valeur un signe (+) si $x_i > M$ ou bien un signe (-) si $x_i < M$.

Les calculs des étapes précédentes sont résumés dans le tableau II-4 (la page suivante).

- 4- Calculons les quantités N_s et T_s tel que : N_s est le nombre total des séries (+) ou (-), et T_s est la taille de la plus grande série (+) ou (-).

Pour un seuil de signification compris entre 91% et 95%, les conditions du test sont :

$$N_s > \frac{1}{2}(N + 1 - 1.96 \times \sqrt{N + 1}) \tag{II.1}$$

$$T_s < 3.3 [\log_{10}(N) + 1] \tag{II.2}$$

Tableau II-3 : Résultats du test de la médiane

| Paramètre | Valeur | Comparaison |
|---|--------------|--|
| N_s | 20 | $20 > 15.50 \rightarrow$ condition n°1 vérifiée |
| $\frac{1}{2}(N + 1 - 1.96 \times \sqrt{N + 1})$ | 15.50 | |
| T_s | 6 | $6 < 8.96 \rightarrow$ condition n°2 vérifiée |
| $3.3 [\log_{10}(N) + 1]$ | 8.96 | |

Interprétation : d'après les résultats du test de la médiane (Tableau II-3), on conclut que la série des pluies annuelle est homogène.

Tableau II-4 : Calcul des paramètres du test de la médiane

| Série triée par ordre croissant | | Série non triée | | Série triée par ordre croissant | | Série non triée | |
|---------------------------------|------------------|------------------|-------|---------------------------------|------------------|------------------|----------------|
| Ordre m | P _{ann} | P _{ann} | Signe | Ordre m | P _{ann} | P _{ann} | Signe Attribué |
| 43 | 1184.9 | 804.2 | - | 22 | 843.5 | 902.2 | + |
| 42 | 1146.4 | 1184.9 | + | 21 | 837.5 | 773.9 | - |
| 41 | 1105.3 | 1105.3 | + | 20 | 824.7 | 510.6 | - |
| 40 | 1097.6 | 1069.8 | + | 19 | 804.2 | 843.5 | + |
| 39 | 1096.9 | 765.6 | - | 18 | 792.4 | 868.5 | + |
| 38 | 1069.8 | 1097.6 | + | 17 | 773.9 | 573.7 | - |
| 37 | 1061.6 | 691.7 | - | 16 | 772 | 1052.8 | + |
| 36 | 1052.8 | 837.5 | - | 15 | 765.6 | 695.9 | - |
| 35 | 978 | 758.6 | - | 14 | 763.8 | 772 | - |
| 34 | 958.7 | 792.4 | - | 13 | 758.6 | 650.4 | - |
| 33 | 946.3 | 844.2 | + | 12 | 746.8 | 704.6 | - |
| 32 | 945.7 | 639 | - | 11 | 744.8 | 1096.9 | + |
| 31 | 931 | 746.8 | - | 10 | 704.6 | 946.3 | + |
| 30 | 929.6 | 744.8 | - | 9 | 695.9 | 763.8 | - |
| 29 | 927.5 | 978 | + | 8 | 691.7 | 845.1 | + |
| 28 | 902.2 | 896.9 | + | 7 | 653.1 | 824.7 | - |
| 27 | 896.9 | 869.8 | + | 6 | 650.4 | 958.7 | + |
| 26 | 869.8 | 519.6 | - | 5 | 639 | 945.7 | + |
| 25 | 868.5 | 653.1 | - | 4 | 573.7 | 931 | + |
| 24 | 845.1 | 424.7 | - | 3 | 519.6 | 929.6 | + |
| 23 | 844.2 | 927.5 | + | 2 | 510.6 | 1061.6 | + |
| 22 | 843.5 | 902.2 | + | 1 | 424.7 | 1146.4 | + |

II.4 Etude des précipitations maximales journalières :

Le calcul des valeurs extrêmes ou quantiles nécessite un ajustement statistique à une loi de probabilité. Donc, il faut effectuer un ajustement adéquat à une loi théorique de la série des pluies maximales journalières afin de déterminer les intensités de pluie les plus extrêmes et d'estimer le débit de crue. Les principales étapes de l'étude sont les suivantes :

- Classer la série des $P_{\max,j}$ par ordre croissant.
- Calculer la fréquence expérimentale $F(x)$ (au non dépassement).
- Calculer les caractéristiques empiriques de la série.
- Ajuster la série graphiquement.
- Déterminer les quantiles et leurs intervalles de confiance.

- Calculer les averses et les intensités de courte durée.

II.4.1 Caractéristiques empiriques de la série :

❖ La moyenne « $\overline{P_{\max,j}}$ » :

Avec $N = 43$, la moyenne interannuelle des précipitations maximales journalière :

$$\overline{P_{\max,j}} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{\max,j}}{N} = 47.91 \text{ mm} \quad (\text{II.3})$$

❖ L'écart-type « $\sigma_{P_{\max,j}}$ » :

Pour $N = 43$ supérieur à 30 ans, on a :

$$\sigma_{P_{\max,j}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (P_{\max,j} - \overline{P_{\max,j}})^2}{N}} = 18.05 \quad (\text{II.4})$$

❖ Le coefficient de variation « C_V » :

$$C_V = \frac{\sigma_{P_{\max,j}}}{\overline{P_{\max,j}}} = 0.377 \quad (\text{II.5})$$

Tableau II-5 : Les caractéristiques de la série pluviométriques

| | |
|--------------------------------|--------------|
| Nombres d'années d'observation | 43 |
| Valeur maximale (mm) | 100.6 |
| Valeur Minimale (mm) | 23.8 |
| Médiane (mm) | 45 |
| Moyenne (mm) | 47.91 |
| Ecart-type (mm) | 18.05 |
| Coefficient de variation | 0.377 |

II.4.2 Ajustement de la série :

L'efficacité d'une méthode d'estimation dépend de la loi de probabilité, de la taille de l'échantillon et de ses caractéristiques. Toutefois, de nombreuses études comparatives, autant empiriques que théoriques, ont été menées afin de déterminer dans quelles circonstances une loi donnée est efficace.

Pour faciliter le travail, l'ajustement sera traité par le logiciel « Hyfran » avec les trois lois suivantes : la loi de Gumbel, la loi de Galton (Log-normal) et la loi GEV.

II.4.2.1 Ajustement à la loi de Gumbel :

❖ La fonction de répartition de la loi de Gumbel :

$$F(x) = e^{-e^{-y}} \quad (\text{II.6})$$

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

$$y = \frac{x - x_0}{\alpha} = -\ln[-\ln (F(x))] \tag{II.7}$$

Avec :

- x : variable étudiée ($P_{\max,j}$) ; x_0 : paramètre de position (ordonnée à l'origine).
- α : paramètre de l'échelle ($\alpha > 0$) appelé aussi « gradex ».
- ❖ L'expression de quantile est alors :

$$x = \alpha y + x_0 \tag{II.8}$$

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

$$\alpha = 13.532 \quad ; \quad x_0 = 39.718 \text{ mm}$$

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

Tableau II-6 : Résultat de l'ajustement à la loi de Gumbel (Hyfran)

| Période de retour T (ans) | Fréquence au non dépassement q | Valeur théorique X_T (mm) | Ecart-type | Intervalle de confiance |
|-------------------------------------|--|---|------------|----------------------------|
| 100.0 | 0.99 | 101.97 | 8.453 | 85.398 - 118.54 |
| 50.0 | 0.98 | 92.52 | 7.348 | 78.115 – 106.92 |
| 20.0 | 0.95 | 79.911 | 5.89 | 68.350 – 91.472 |
| 10.0 | 0.90 | 70.17 | 4.81 | 60.742 – 79.599 |
| 5.0 | 0.80 | 60 | 3.736 | 52.692 – 67.399 |

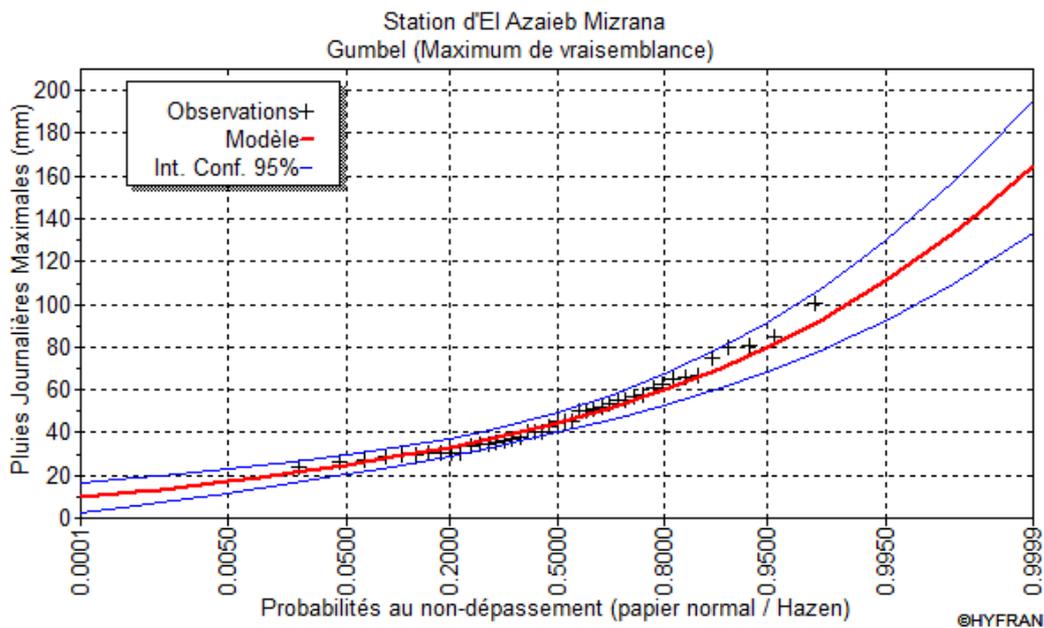


Figure II-1 : Ajustement graphique à la loi de Gumbel

II.4.2.2 Ajustement à la loi de Galton (Log-normale) :

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

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{u^2}{2}} du \tag{II.9}$$

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

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

Avec :

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

❖ L'expression de quantile est alors :

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

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

$$\sigma_{\ln(x)} = \mathbf{0.36} \quad ; \quad \overline{\ln(x)} = \mathbf{3.8}$$

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

Tableau II-7 : Résultat de l'ajustement à la loi Log-normale (Hyfran)

| Période de retour T (ans) | Fréquence au non dépassement q | Valeur théorique X_T (mm) | Ecart-type | Intervalle de confiance |
|-------------------------------------|--|---|------------|----------------------------|
| 100.0 | 0.99 | 103.70 | 11.042 | 82.05 – 125.35 |
| 50.0 | 0.98 | 94.017 | 9.1642 | 76.051 – 111.98 |
| 20.0 | 0.95 | 81.160 | 6.87 | 67.69 – 94.64 |
| 10.0 | 0.90 | 71.217 | 5.3 | 60.83 – 81.604 |
| 5.0 | 0.80 | 60.79 | 3.9 | 53.16 – 68.41 |

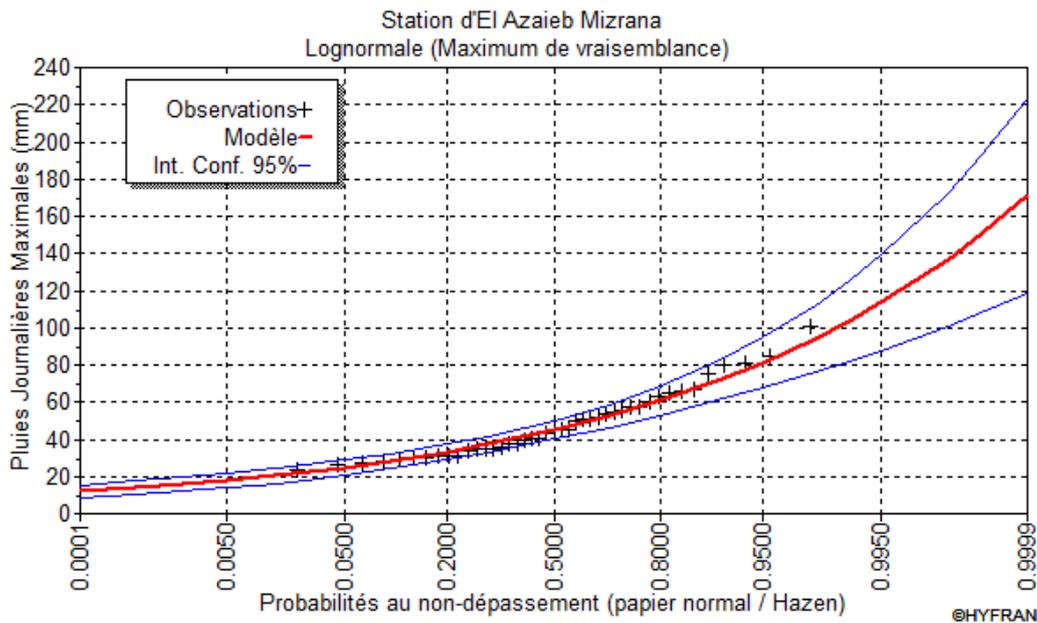


Figure II-2 : Ajustement graphique à la loi Log-normale

III.2.3. Ajustement à la loi GEV :

❖ La fonction de répartition de la loi des extrêmes généralisée :

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

Sachant que « y » est la variable réduite :

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

Avec :

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

❖ L'expression de quantile est alors :

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

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

$$u = 38.63 \text{ mm} \quad ; \quad \alpha = 12.19 \quad ; \quad k = -0.175292$$

❖ Résultats de l'ajustement à la loi d'extrémum généralisé :

Tableau II-8 : Résultat de l'ajustement à la loi GEV (Hyfran)

| Période de retour T (ans) | Fréquence au non dépassement q | Valeur théorique X _T (mm) | Ecart-type | Intervalle de confiance |
|------------------------------|-----------------------------------|---|------------|----------------------------|
| 100.0 | 0.99 | 124.86 | 28.442 | 69.107 – 180.62 |
| 50.0 | 0.98 | 106.92 | 19.435 | 68.819 – 145.02 |
| 20.0 | 0.95 | 86.148 | 11.103 | 64.383 – 107.91 |
| 10.0 | 0.90 | 72.271 | 6.9936 | 58.56 – 85.981 |
| 5.0 | 0.80 | 59.552 | 4.3831 | 50.96 – 68.144 |

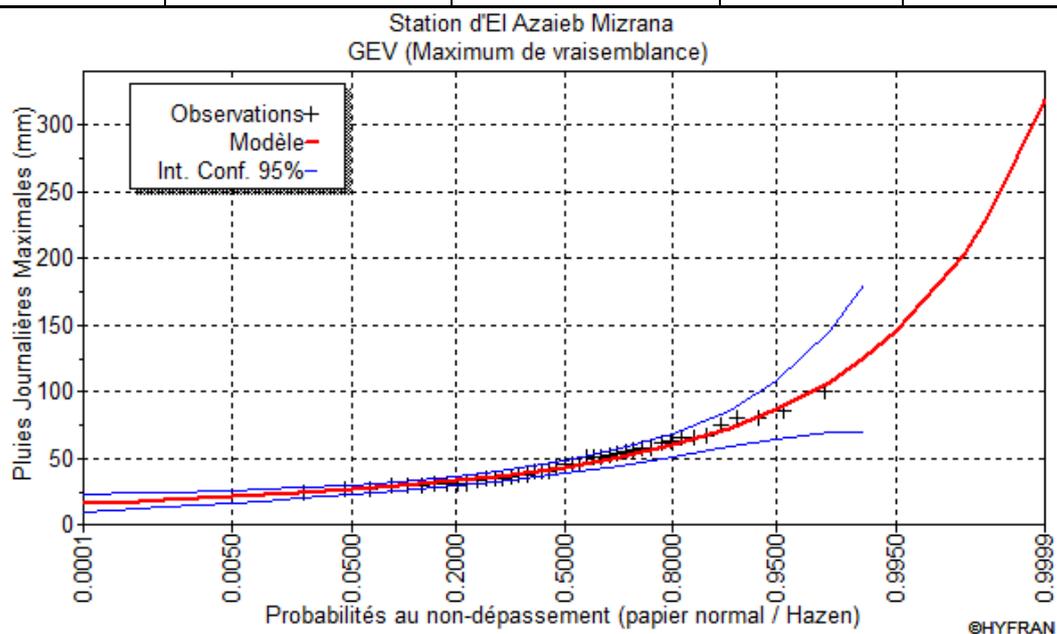


Figure II-3 : Ajustement graphique à la loi GEV

II.4.2.3 Choix de la loi d'ajustement :

Lorsqu'on a procédé à un ajustement d'une loi de probabilité théorique, le problème qui se pose est de savoir si cette loi s'adapte ou non. Les critères de choix d'une loi sont liés à un ajustement graphique et un test de dispersion.

❖ **Test graphique :**

Ce test est basé sur une observation visuelle des graphes d'ajustement ; il consiste à examiner l'allure des points sur le papier de probabilité, et vérifier s'il s'agit d'un bon alignement sans existence de mauvaises courbures.

- **Interprétation des graphiques :**

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

- L'ajustement graphique à la loi de Galton (Log-normale) est mieux adapté à notre série de pluies journalières maximales par rapport à l'ajustement aux lois de Gumbel et GEV; les points sont très proches de la droite théorique avec une bonne convergence.

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

Appelé aussi test de Khi-carré ou de Pearson. Ce test consiste à prendre une règle de décision concernant l'ajustement, en comparant entre les valeur calculées et théoriques de χ^2 . Il est donné pour un seuil de signification (risque) $\alpha = 5\%$ et dépend du nombre de degré de liberté de la loi.

D'après le logiciel « Hyfran », les résultats du test sont donnés par le (Tableau II-9) comme suit :

Tableau II-9 : Résultat du test de Pearson χ^2

| Loi d'ajustement | Nombre de paramètres m | Degré de liberté γ | χ^2 calculé | χ^2 théorique | Observation |
|------------------|-------------------------------|---|------------------|--------------------|---|
| Gumbel | 2 | 6 | 3.26 | 12.592 | χ^2 calculé < χ^2 théorique → Condition vérifiée |
| Log-normale | 2 | 6 | 2.42 | 12.592 | χ^2 calculé < χ^2 théorique → Condition vérifiée |
| GEV | 3 | 5 | 5.77 | 11.07 | χ^2 calculé < χ^2 théorique → Condition vérifiée |

Interprétation des résultats du test :

D'après le tableau ci-dessus, la condition du test est vérifiée pour les trois lois. Donc, le test de Khi-deux montre que la loi de Galton (Log-normale) est plus adéquate dans le cas de notre série.

❖ **Sélection de la loi :**

Sachant que l'adéquation de l'ajustement par les trois lois est confirmée, et que les valeurs théoriques X_t sont très proches pour les trois. Mais vu que plusieurs études en

Hydrologie montrent que la loi Log-normale est celle qui s'adapte mieux au Nord d'Algérie, donc on opte pour celle-ci : la loi de **Galton (Log-normal)**.

II.4.3 Calcul des pluies et des intensités de courte durée :

Dans ce volet, on va déterminer les valeurs des pluies de courte durée et leurs intensités. En se basant sur les résultats de l'ajustement à la loi Log-normale.

❖ Pluies de courte durée :

La détermination des pluies de courte durée (les averses) se fait à la base des pluies maximales journalières, par la relation suivante :

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

Avec :

- $P_{t,p\%}$: pluie (mm) de courte durée correspondante à une fréquence de dépassement donnée (p%).
- $P_{\max,j}$: pluie maximale journalière (mm) correspondante à une fréquence de dépassement donnée (p%).
- t : durée de l'averse (h)
- b : exposant climatique ; selon l'ANRH Blida, $b = 0.38$ pour la région d'étude.

❖ Intensités de courte durée :

Pour le calcul de l'intensité moyenne « $i_{t,p\%}$ » de précipitation « $P_{t,p\%}$ (mm) » de courte durée « t (h) » à une fréquence de dépassement donnée « $p\%$ », nous utilisons la formule de Montanari :

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

➔ Les calculs sont résumés dans le tableau et les graphes suivants :

Tableau II-2 : Pluies de courte durée de différentes périodes de retour et leurs intensités

| T | 5 ans | | 10 ans | | 20 ans | | 50 ans | | 100 ans | |
|----------------|------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|
| X _t | 60.79 mm | | 71.21 mm | | 81.16 mm | | 94.017 mm | | 103.7 mm | |
| t (h) | P _t (mm) | i _t (mm/h) |
| 0.1 | 7.57 | 75.74 | 8.87 | 88.73 | 10.11 | 101.13 | 11.71 | 117.15 | 12.92 | 129.21 |
| 0.2 | 9.86 | 49.28 | 11.55 | 57.73 | 13.16 | 65.80 | 15.24 | 76.22 | 16.81 | 84.07 |
| 0.25 | 10.73 | 42.92 | 12.57 | 50.27 | 14.32 | 57.30 | 16.59 | 66.37 | 18.30 | 73.21 |
| 0.5 | 13.96 | 27.92 | 16.36 | 32.71 | 18.64 | 37.28 | 21.59 | 43.19 | 23.82 | 47.64 |
| 0.75 | 16.29 | 21.72 | 19.08 | 25.44 | 21.75 | 29.00 | 25.19 | 33.59 | 27.79 | 37.05 |
| 1 | 18.17 | 18.17 | 21.28 | 21.28 | 24.26 | 24.26 | 28.10 | 28.10 | 31.00 | 31.00 |
| 2 | 23.65 | 11.82 | 27.70 | 13.85 | 31.57 | 15.78 | 36.57 | 18.28 | 40.34 | 20.17 |
| 3 | 27.58 | 9.19 | 32.31 | 10.77 | 36.83 | 12.28 | 42.66 | 14.22 | 47.05 | 15.68 |
| 4 | 30.77 | 7.69 | 36.04 | 9.01 | 41.08 | 10.27 | 47.59 | 11.90 | 52.49 | 13.12 |
| 5 | 33.49 | 6.70 | 39.23 | 7.85 | 44.72 | 8.94 | 51.80 | 10.36 | 57.14 | 11.43 |
| 6 | 35.90 | 5.98 | 42.05 | 7.01 | 47.92 | 7.99 | 55.52 | 9.25 | 61.23 | 10.21 |
| 7 | 38.06 | 5.44 | 44.59 | 6.37 | 50.82 | 7.26 | 58.87 | 8.41 | 64.93 | 9.28 |
| 8 | 40.04 | 5.01 | 46.91 | 5.86 | 53.46 | 6.68 | 61.93 | 7.74 | 68.31 | 8.54 |
| 9 | 41.88 | 4.65 | 49.05 | 5.45 | 55.91 | 6.21 | 64.76 | 7.20 | 71.43 | 7.94 |
| 10 | 43.59 | 4.36 | 51.06 | 5.11 | 58.19 | 5.82 | 67.41 | 6.74 | 74.35 | 7.44 |
| 11 | 45.19 | 4.11 | 52.94 | 4.81 | 60.34 | 5.49 | 69.90 | 6.35 | 77.10 | 7.01 |
| 12 | 46.71 | 3.89 | 54.72 | 4.56 | 62.37 | 5.20 | 72.25 | 6.02 | 79.69 | 6.64 |
| 13 | 48.16 | 3.70 | 56.41 | 4.34 | 64.29 | 4.95 | 74.48 | 5.73 | 82.15 | 6.32 |
| 14 | 49.53 | 3.54 | 58.02 | 4.14 | 66.13 | 4.72 | 76.60 | 5.47 | 84.49 | 6.04 |
| 15 | 50.85 | 3.39 | 59.56 | 3.97 | 67.89 | 4.53 | 78.64 | 5.24 | 86.74 | 5.78 |
| 16 | 52.11 | 3.26 | 61.04 | 3.82 | 69.57 | 4.35 | 80.59 | 5.04 | 88.89 | 5.56 |
| 17 | 53.32 | 3.14 | 62.46 | 3.67 | 71.19 | 4.19 | 82.47 | 4.85 | 90.96 | 5.35 |
| 18 | 54.49 | 3.03 | 63.84 | 3.55 | 72.76 | 4.04 | 84.28 | 4.68 | 92.96 | 5.16 |
| 19 | 55.63 | 2.93 | 65.16 | 3.43 | 74.27 | 3.91 | 86.03 | 4.53 | 94.89 | 4.99 |
| 20 | 56.72 | 2.84 | 66.44 | 3.32 | 75.73 | 3.79 | 87.72 | 4.39 | 96.76 | 4.84 |
| 21 | 57.78 | 2.75 | 67.69 | 3.22 | 77.14 | 3.67 | 89.37 | 4.26 | 98.57 | 4.69 |
| 22 | 58.81 | 2.67 | 68.89 | 3.13 | 78.52 | 3.57 | 90.96 | 4.13 | 100.33 | 4.56 |
| 23 | 59.81 | 2.60 | 70.07 | 3.05 | 79.86 | 3.47 | 92.51 | 4.02 | 102.04 | 4.44 |
| 24 | 60.79 | 2.53 | 71.21 | 2.97 | 81.16 | 3.38 | 94.02 | 3.92 | 103.70 | 4.32 |

- Courbes Intensité-Durée-Fréquence de la région :

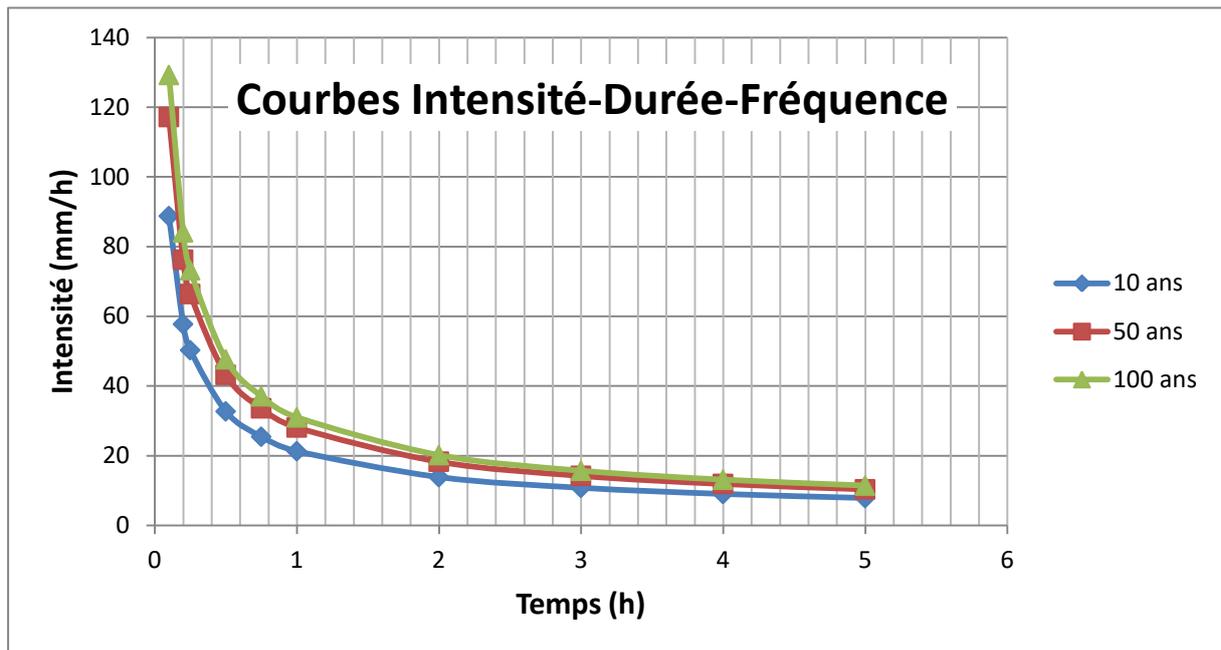


Figure II-4 : Courbes Intensité-Durée-Fréquence de la région

II.5 Intensité moyenne maximale :

Pour les projets d'assainissement, et concernant l'estimation des débits pluviaux, on s'intéresse généralement à l'intensité moyenne maximale correspondante à une courte durée $t = 15 \text{ min} = 0.25 \text{ h}$ et une période de retour $T = 10 \text{ ans}$, pour des raisons technico-économiques et de sécurité.

D'après les résultats précédents illustrés dans le tableau II-10, On a :

$$i_{15\text{min},10\%} = 50.27 \text{ mm/h}$$

$$i_{15\text{min},10\%} = \frac{50.27 \times 10000}{3600} = 139.64 \text{ L/s/ha}$$

Avec : $\frac{10000}{3600}$ est le terme de conversion du (mm/h) en (L/s/ha)

II.6 Conclusion :

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

$$i = 139.64 \frac{\text{L}}{\text{s} \cdot \text{ha}}$$

CHAPITRE III :

Calculs de base

III. Calculs de Base

III.1 Introduction :

L'objectif de l'assainissement est d'évacuer, hors des agglomérations, les eaux usées de différentes origines. Dans ce contexte, on est contraint de passer par certaines phases préliminaires dont le calcul de base en fait partie ; pour une meilleure estimation des débits à évacuer, par la suite.

Cette phase inévitable consiste en :

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

III.2 Situation démographique :

La zone d'étude compte une population totale d'environ 11013 habitants pour l'année 2008, selon le RGPH 2008.

L'ingénieur concepteur doit donc prévoir dès le stade de la conception quelle sera la population à desservir durant la vie de la structure projetée. Selon les besoins des prévisions, il existe deux types d'estimations des populations :

- A court terme, de 5 ans à 10 ans.
- A long terme, de 10 ans à 50 ans.

Pour notre cas on a une estimation à long terme, pour cela on se référera à la formule de la croissance géométrique à l'aide de l'équation de l'intérêt composé.

$$P_t = P_0 \times (1 + T)^N \quad (\text{III.1})$$

Avec:

P_t : nombre d'habitants à l'horizon futur ;

P_0 : nombre d'habitants à l'horizon actuel;

T : taux d'accroissement constaté dans cette agglomération, (Qui est égal à **1.42%**)

N : l'écart d'années entre l'année de recensement et l'horizon de calcul

Tableau III-1 Estimation de la population à l'horizon d'étude

| | Population 2008 | Population 2020 | Population 2050 |
|----------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Timlouka | 11013 | 13043 | 19911 |

III.3 Découpage de l'air d'étude en surfaces élémentaires :

Pour procéder au choix du découpage d'un site en sous-bassins élémentaires, on prend en considération ce qui suit :

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

➔ Concernant ce projet, on va découper le site en **40 sous-bassins**.

III.4 Système d'évacuation des eaux :

III.4.1 Les différents systèmes d'assainissement :

Le réseau d'assainissement, quelle que soit sa nature, projeté au niveau d'une zone rurale, urbaine ou industrielle permet d'évacuer :

- Les eaux pluviales, en quantité importante, qui englobent toutes les eaux de ruissellement.
- Les eaux usées d'origine domestique (eaux-vannes, ménagères...), les eaux usées provenant des industries et celles des services publics.
- Et, dans certains cas, les eaux parasites claires ou de drainage.

Plusieurs systèmes d'évacuation des eaux résiduaires et des eaux de pluie sont susceptibles d'être mis en service, on peut citer les suivants :

III.4.1.1 Le système unitaire :

L'évacuation de l'ensemble des eaux usées et pluviales est assurée par un seul réseau. Ce dernier est généralement pourvu de déversoir permettant, en cas d'orage, le rejet direct d'une partie des eaux dans le milieu naturel.

Ce système est intéressant pour sa simplicité puisqu'il suffit d'une canalisation unique dans chaque voie publique et d'un seul branchement pour chaque immeuble.

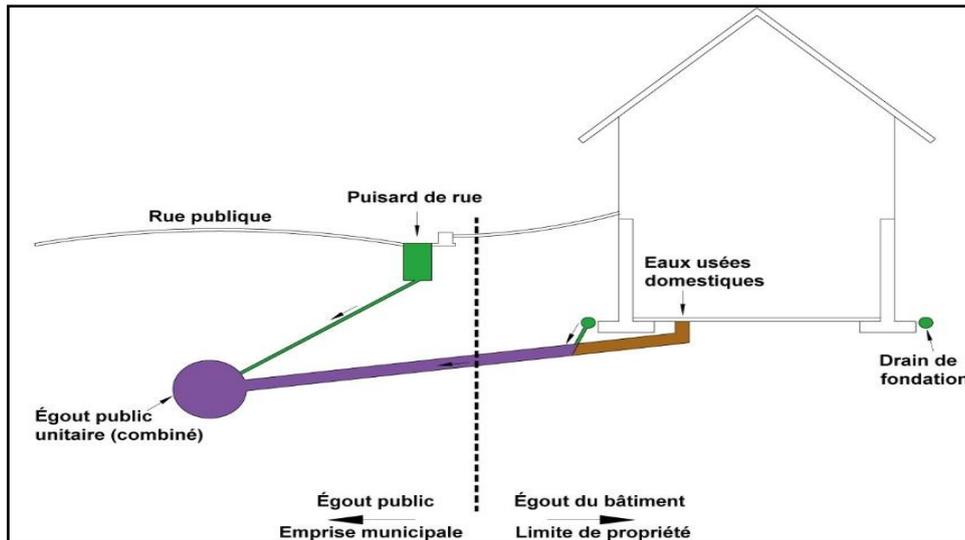


Figure III-1 : schéma représentatif des branchements dans le système unitaire

Source : www.gatineau.ca (2019)

Tableau III-2 Avantages et inconvénients du système unitaire

| | |
|----------------------------------|---|
| Domaine d'utilisation privilégié | <ul style="list-style-type: none"> - Milieu récepteur éloigné des points de collecte. - Topographie à faible relief. - Imperméabilisation importante et topographie accentuée de la commune. - Débit d'étiage du cours d'eau récepteur important |
| Avantages | <ul style="list-style-type: none"> - Conception simple : un seul collecteur, un seul branchement par immeuble. - Encombrement réduit du sous-sol. - A priori économique (dimensionnement moyen imposé par les seules eaux pluviales). - Aspect traditionnel, dans l'évolution historique des cités. - Pas de risque d'inversion de branchement. |
| Inconvénients | <ul style="list-style-type: none"> - Débit à la station d'épuration très variable. - Lors d'un orage, les eaux usées sont diluées par les eaux pluviales. - Apport de sable important à la station d'épuration. - Acheminement d'un flot de pollution assez important lors des premières pluies après une période sèche. - Rejet direct vers le milieu récepteur du mélange " eaux usées - Eaux pluviales " au droit des déversoirs d'orage. |
| Contraintes d'exploitation | <ul style="list-style-type: none"> - Entretien régulier des déversoirs d'orage et des bassins de stockage. - Difficulté d'évaluation des rejets directs vers le milieu récepteur. |

Source : Office International de l'eau (2000)

III.4.1.2 Le système séparatif :

Dans lequel deux réseaux séparés sont mis en place :

- Réseau des eaux pluviales : il est conçu pour évacuer les eaux d'origine pluviale, c'est-à-dire les pointes pluviales. Il suit la ligne de plus grande pente pour déverser les eaux dans le cours d'eau le plus proche et afin d'augmenter la vitesse d'écoulement. Son tracé dépend de l'implantation des espaces producteurs de ruissellement
- Réseau d'eaux usées : il est prévu pour l'évacuation des eaux usées d'origine domestique, publique et industrielle jusqu'à la station d'épuration avec une pente adéquate pour l'écoulement. Le tracé du réseau des eaux usées est en fonction de l'implantation des différentes entités à drainer.

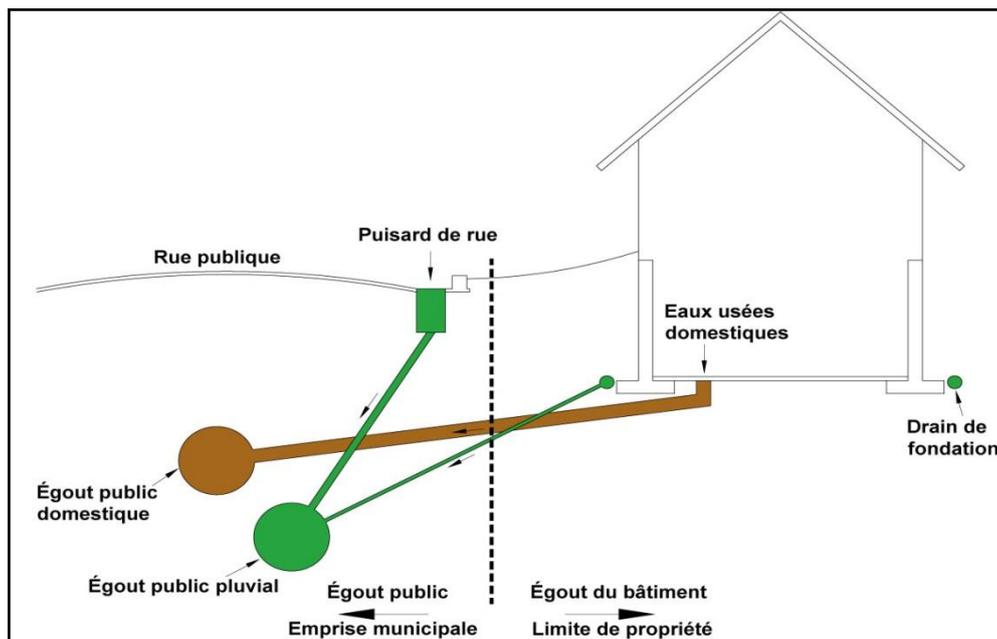


Figure III-2 : Schéma représentatif des branchements dans le système séparatif

Source : www.gatineau.ca (2019)

Tableau III-3 Avantages et inconvénients du système séparatif

| | |
|----------------------------------|--|
| Domaine d'utilisation privilégié | <ul style="list-style-type: none"> - Petites et moyennes agglomérations. - Extension des villes. - Faible débit d'étiage du cours d'eau récepteur. |
| Avantages | <ul style="list-style-type: none"> - Diminution du diamètre moyen du réseau de collecte des eaux usées. - Exploitation plus facile de la station d'épuration. - Meilleure préservation de l'environnement des flux polluants. - Certains coûts d'exploitation sont limités (relevage des effluents, ...) |
| Inconvénients | <ul style="list-style-type: none"> - Encombrement important du sous-sol. - Coût d'investissement élevé. - Risque important d'erreur de branchement. |
| Contraintes d'exploitation | <ul style="list-style-type: none"> - Surveillance accrue des branchements. - Entretien d'un linéaire important de collecteurs (eaux usées et pluviales). - Entretien des ouvrages particuliers (siphons, chasses d'eau, avaloirs). - Entretien des postes de relèvement et des chambres à sables. - Détection et localisation des anomalies (inversion de branchement, arrivée d'eaux parasites ...). |

Source : Office International de l'eau (2000)

III.4.1.3 Le système pseudo-séparatif :

Ce système repose sur une collecte des eaux usées avec une fraction des eaux pluviales provenant généralement des toitures et des espaces privés, dans un réseau commun. L'autre fraction des eaux pluviales est transitée à travers les caniveaux et les ouvrages pluviaux, dans un autre réseau.

Il est assez comparable au système séparatif, avec un inconvénient au moins ; c'est le risque du mauvais fonctionnement de la station d'épuration, grâce à l'apport des eaux pluviales.

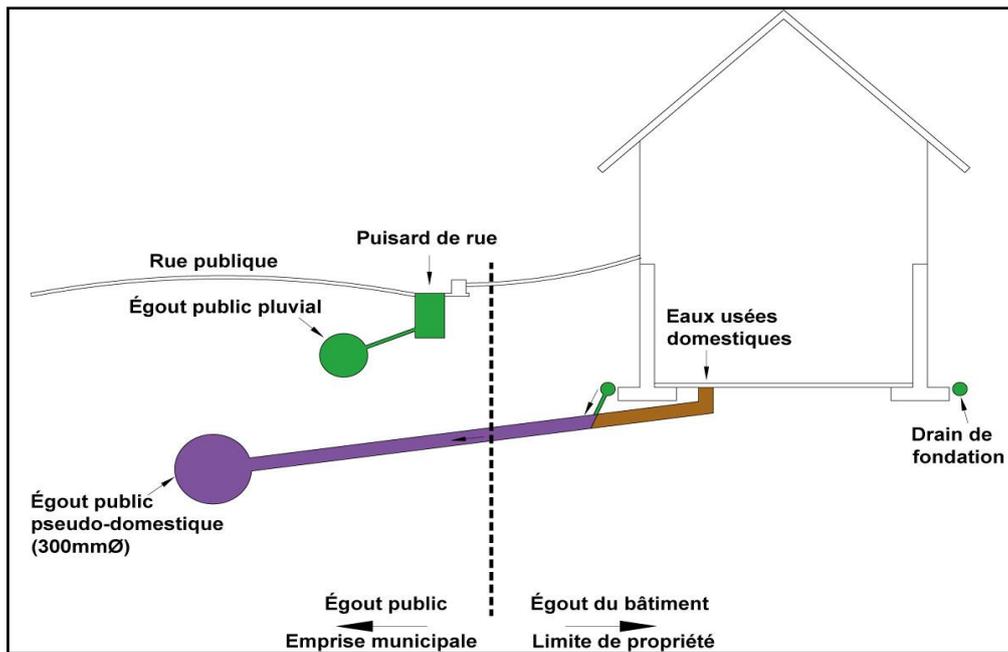


Figure III-3 : schéma représentatif des branchements dans le système pseudo-séparatif

Source : www.gatineau.ca (2019)

III.4.1.4 Système mixte :

Dans ce type, une partie de la zone est assainie par un réseau unitaire et l'autre partie par le système séparatif. Il est appliqué dans les villes disposant d'un ancien réseau de type unitaire et dont les débits de l'extension ne pourraient être supportés par le réseau ancien.

III.4.1.5 Système autonome :

C'est un système individuel non raccordé à un réseau public (assainissement non-collectif). Ce système est utilisé dans les sites ruraux où on rencontre une faible densité d'habitations (espaces isolés et entités individuelles), ce qui rend la mise en place des réseaux publics très coûteuse.

III.4.1.6 Système composite :

C'est une variante du système séparatif. Il prévoit, grâce à divers aménagements, une dérivation partielle des eaux les plus polluées du réseau pluvial vers le réseau d'eaux usées en vue de leur épuration.

III.4.2 Le choix du système d'assainissement :

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

- L'aspect technique et Les conditions locales (la topographie du terrain, le régime des précipitations atmosphériques, les points de rejet, la répartition des masses d'habitations, etc...).
- S'il s'agit d'une extension du réseau (il faut tenir compte du système existant).
- L'aspect économique prenant en compte les dépenses d'investissement et les frais d'entretien, d'exploitation et de gestion de l'ensemble des installations et de pompage des eaux usées.
- Les considérations urbanistiques d'avenir (répartition des quartiers résidentiels, commerciaux et industriels, etc...).

→ Pour notre projet, on va adopter le **système unitaire**, pour les raisons suivantes :

- La densité en habitations est faible
- Le système est simple de conception
- Moins encombrant du sous-sol
- Eviter les faux-branchements

III.5 Schéma d'évacuation des eaux :

III.5.1 Les différents schémas d'assainissement :

Les réseaux d'Assainissement fonctionnent généralement, sauf dans des cas particuliers, en écoulement gravitaire ; on distingue cinq (05) schémas différents :

III.5.1.1 Schéma perpendiculaire :

L'écoulement se fait directement dans le cours d'eau. Ce type de schéma ne permet pas la concentration des eaux vers un point unique d'épuration ; il convient lorsque l'épuration n'est pas jugée nécessaire et aussi pour l'évacuation des eaux pluviales en système séparatif.

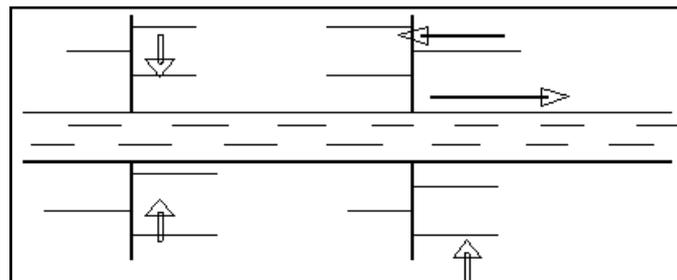


Figure III-4 : Schéma perpendiculaire

III.5.1.2 Schéma par déplacement latéral :

C'est le schéma le plus simple, permettant de transporter l'effluent à l'aval de l'agglomération vers un seul point. Les eaux sont recueillies dans un collecteur parallèle au cours d'eau, dans ce cas l'épuration est nécessaire.

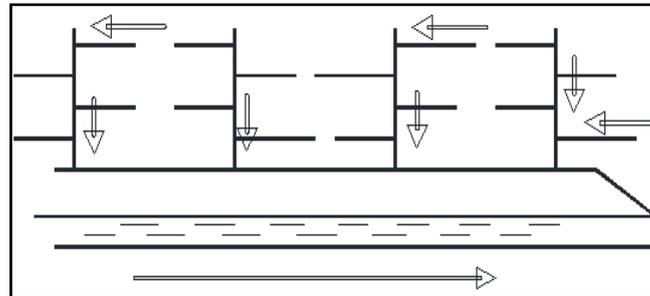


Figure III-5 : Schéma par déplacement latéral

III.5.1.3 Schéma transversal ou oblique :

Ce schéma comporte des ramifications de collecteurs qui permettent de rapporter l'effluent à l'aval de l'agglomération. Ce type de schéma est adopté lorsque la pente du terrain est faible.

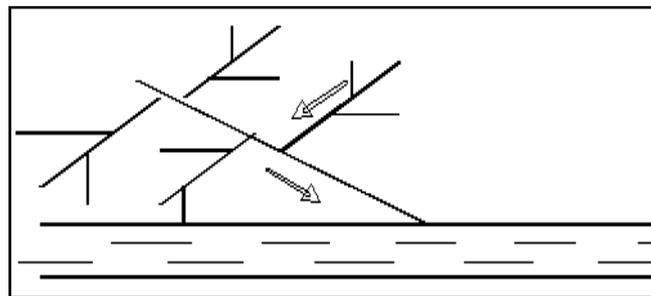


Figure III-6 : Schéma à collecteur transversal ou oblique

III.5.1.4 Schéma par zones étagées :

Ce schéma est une transposition du schéma par déplacement latéral, mais avec multiplication des collecteurs longitudinaux ; ils permettent l'évacuation à plusieurs niveaux pour ne pas trop charger le collecteur.

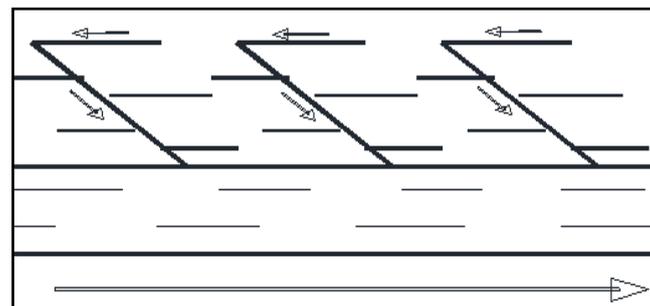


Figure III-7 : Schéma par zones étagées

III.5.1.5 Schéma radial :

Le schéma radial convient pour les terrains plats. Il permet la collecte des effluents en un ou plusieurs points où ils seront évacués, par relevage, vers un point éloigné de l'agglomération (un cours d'eau récepteur ou une station d'épuration).

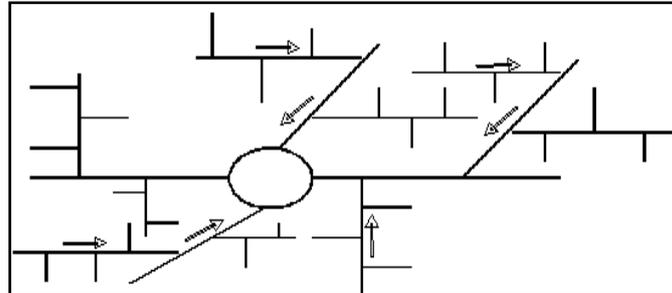


Figure III-8 : Schéma radial

III.5.2 Le choix du schéma d'évacuation :

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

- Les conditions techniques et locales du lieu : système existant, la topographie du terrain et la répartition géographique des habitats à desservir.
- Les conditions d'environnement : nature de rejet, le milieu récepteur et l'emplacement de la station d'épuration si elle existe.
- Les conditions économiques : le coût et les frais d'investissement et d'entretien.

➔ Pour notre projet, on va adopter un schéma par déplacement latéral.

III.6 Le coefficient de ruissellement :

III.6.1 Méthodes de détermination du coefficient de ruissellement :

Le coefficient de ruissellement « C_r » d'une surface donnée est défini comme étant le rapport entre le volume d'eau ruisselé et le volume tombé sur le bassin considéré. Il a un rôle prépondérant dans l'évaluation des débits de pointe pluviaux qui servent au dimensionnement du réseau.

La valeur du coefficient de ruissellement dépend de plusieurs paramètres :

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

L'estimation du coefficient de ruissellement est faite à titre empirique, d'une façon approchée vu l'hétérogénéité des surfaces.

➤ **Coefficient de ruissellement pondéré :**

Dans le cas où la surface du bassin est formée de plusieurs aires élémentaires « A_i », auxquelles on affecte le coefficient de ruissellement « C_{ri} », on calcule le coefficient de ruissellement pondéré par :

$$C_{rp} = \frac{\sum C_{ri} \times A_i}{A} \quad (\text{III.2})$$

Avec :

A_i : surface partielle (ha).

A : surface totale en (ha).

C_{ri} : coefficient de ruissellement partiel.

C_{rp} : coefficient de ruissellement total pondéré.

➤ **Coefficient de ruissellement en fonction du type d'occupation du sol :**

Tableau III-4 Valeurs du coefficient de ruissellement en fonction du type d'occupation du sol

| Type d'occupation du sol | | C_r |
|--------------------------|------------------|-------------|
| Commercial | | 0.70 – 0.95 |
| Résidentiel | Lotissement | 0.3 – 0.5 |
| | Collectifs | 0.5 – 0.75 |
| | Habitat dispersé | 0.25 – 0.4 |
| Industriel | | 0.5 – 0.8 |
| Parcs et jardins public | | 0.05 – 0.25 |
| Terrains de sport | | 0.1 – 0.3 |
| Terrains vagues | | 0.05 – 0.15 |
| Terres agricoles | Drainées | 0.05 – 0.13 |
| | Non drainées | 0.03 – 0.07 |

Source : Satin *et al.* (2006)

➤ **Coefficient de ruissellement en fonction de la catégorie d'urbanisation :**

Tableau III-5 Valeurs du coefficient de ruissellement en fonction de la catégorie d'urbanisation

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

Source : Water Environment Federation (1970)

➤ **Coefficient de ruissellement en fonction de la densité de population :**

Tableau III-6 Valeurs du coefficient de ruissellement en fonction de la densité de population

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

Source : Water Environment Federation (1970)

➤ **Coefficient de ruissellement en fonction de la nature de la surface :**

Tableau III-7 Valeurs du coefficient de ruissellement en fonction de la nature des surfaces

| Nature de la surface | C_r |
|--|-------------|
| Toits en métal, tuile, ardoise | 0.9 |
| Chaussée avec peu de joints | 0.85 – 0.9 |
| Pavés en pierres naturelles, brique avec joints cimentés | 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 |
| Forêts | 0.01 – 0.20 |

Source : Gomella et Guerree (1967)

III.6.2 Estimation du coefficient de ruissellement pour chaque sous bassin :

On va estimer la valeur de coefficient de ruissellement pondéré pour chaque sous bassin, en se basant sur le plan de masse de la zone d'étude.

→ Les résultats sont dans le tableau suivant :

Tableau III-8 Valeurs de coefficients de ruissellement pour chaque sous bassin

| N° du SB | Surface (Ha) | Cr |
|----------|--------------|------|
| 1 | 1.77 | 0.46 |
| 2 | 1.28 | 0.4 |
| 3 | 0.61 | 0.48 |
| 4 | 2.05 | 0.41 |
| 5 | 1.95 | 0.46 |
| 6 | 0.5 | 0.47 |
| 7 | 1.14 | 0.39 |
| 8 | 0.53 | 0.43 |
| 9 | 2.23 | 0.58 |
| 10 | 0.39 | 0.42 |
| 11 | 0.64 | 0.39 |
| 12 | 1.7 | 0.63 |
| 13 | 0.8 | 0.48 |
| 14 | 0.99 | 0.55 |
| 15 | 1.88 | 0.55 |
| 16 | 0.25 | 0.52 |
| 17 | 0.33 | 0.58 |
| 18 | 0.98 | 0.47 |
| 19 | 0.38 | 0.54 |
| 20 | 1.4 | 0.44 |
| 21 | 0.56 | 0.41 |
| 22 | 0.7 | 0.4 |
| 23 | 1.37 | 0.44 |
| 24 | 0.31 | 0.39 |
| 25 | 0.96 | 0.45 |
| 26 | 0.5 | 0.54 |
| 27 | 1.22 | 0.52 |
| 28 | 0.66 | 0.49 |
| 29 | 0.46 | 0.44 |
| 30 | 0.38 | 0.42 |
| 31 | 3.7 | 0.5 |
| 32 | 3.17 | 0.41 |
| 33 | 5 | 0.57 |
| 34 | 3.47 | 0.57 |
| 35 | 1.21 | 0.51 |
| 36 | 0.85 | 0.6 |
| 37 | 0.62 | 0.54 |

Tableau III-8 Valeurs de coefficients de ruissellement pour chaque sous bassin (suite)

| N° du SB | A (Ha) | Cr |
|--------------|--------------|------|
| 38 | 5.16 | 0.5 |
| 39 | 1.85 | 0.56 |
| 40 | 5.16 | 0.72 |
| Total | 59.11 | |

III.7 Calcul de la population pour chaque sous bassin :

Après avoir estimé les coefficients de ruissellement de chaque sous bassin, on estime le coefficient de ruissellement pondéré totale, ensuite nous déterminerons le nombre d'habitants correspondant à chaque sous-bassins. Pour cela il faut calculer la densité partielle et par la suite le nombre d'habitants.

- Formule de la densité partielle :

$$D_i = \frac{C_{ri} \times P_t}{C_{rpt} \times A} \quad (III.3)$$

Avec :

D_i : densité partielle pour chaque sous bassin (hab / ha).

C_{rpt} : coefficient de ruissellement total pondéré.

C_{ri} : coefficient de ruissellement partiel.

A : surface totale (ha).

P_t : Population à l'horizon **2050**.

- Coefficient de ruissellement pondéré totale (Voir Formule (III.2))

$$C_{rpt} = \frac{\sum C_{ri} \times A_i}{A} = 0.52$$

On procède par la suite au calcul du nombre d'habitants correspondant à chaque sous bassin par la relation ci-dessous :

$$P_i = D_i \times A_i \quad (III.4)$$

Avec :

D_i : Densité partielle pour chaque sous bassin (hab/ ha).

A_i : Surface correspondant à chaque sous bassin (ha).

Tableau III-9 Nombre d'habitants pour chaque sous bassin

| N° du SB | Surface (Ha) | Cr | Di (Hab/ha) | Habitants |
|----------|--------------|------|-------------|-----------|
| 1 | 1.77 | 0.46 | 298 | 528 |
| 2 | 1.28 | 0.4 | 259 | 332 |
| 3 | 0.61 | 0.48 | 311 | 190 |

Tableau III-9 Nombre d'habitants pour chaque sous bassin (suite)

| N° du SB | Surface(Ha) | Cr | Di (Hab/Ha) | Habitants |
|----------|-------------|------|-------------|-----------|
| 4 | 2.05 | 0.41 | 266 | 545 |
| 5 | 1.95 | 0.46 | 298 | 582 |
| 6 | 0.5 | 0.47 | 305 | 152 |
| 7 | 1.14 | 0.39 | 253 | 288 |
| 8 | 0.53 | 0.43 | 279 | 148 |
| 9 | 2.23 | 0.58 | 376 | 839 |
| 10 | 0.39 | 0.42 | 272 | 106 |
| 11 | 0.64 | 0.39 | 253 | 162 |
| 12 | 1.7 | 0.63 | 409 | 695 |
| 13 | 0.8 | 0.48 | 311 | 249 |
| 14 | 0.99 | 0.55 | 357 | 353 |
| 15 | 1.88 | 0.55 | 357 | 671 |
| 16 | 0.25 | 0.52 | 337 | 84 |
| 17 | 0.33 | 0.58 | 376 | 124 |
| 18 | 0.98 | 0.47 | 305 | 299 |
| 19 | 0.38 | 0.54 | 350 | 133 |
| 20 | 1.4 | 0.44 | 285 | 400 |
| 21 | 0.56 | 0.41 | 266 | 149 |
| 22 | 0.7 | 0.4 | 259 | 182 |
| 23 | 1.37 | 0.44 | 285 | 391 |
| 24 | 0.31 | 0.39 | 253 | 78 |
| 25 | 0.96 | 0.45 | 292 | 280 |
| 26 | 0.5 | 0.54 | 350 | 175 |
| 27 | 1.22 | 0.52 | 337 | 411 |
| 28 | 0.66 | 0.49 | 318 | 210 |
| 29 | 0.46 | 0.44 | 285 | 131 |
| 30 | 0.38 | 0.42 | 272 | 104 |
| 31 | 3.7 | 0.5 | 324 | 1200 |
| 32 | 3.17 | 0.41 | 266 | 843 |
| 33 | 5 | 0.57 | 370 | 1849 |
| 34 | 3.47 | 0.57 | 370 | 1283 |
| 35 | 1.21 | 0.51 | 331 | 400 |
| 36 | 0.85 | 0.6 | 389 | 331 |
| 37 | 0.62 | 0.54 | 350 | 217 |
| 38 | 5.16 | 0.5 | 324 | 1673 |
| 39 | 1.85 | 0.56 | 363 | 672 |
| 40 | 5.16 | 0.72 | 467 | 2410 |

III.8 Conclusion :

Ce chapitre nous a permis la détermination des paramètres de base pour une bonne estimation des débits d'évacuation afin de permettre un calcul hydraulique adéquat pour notre agglomération :

- Le système adopté est le système unitaire avec un schéma par déplacement latéral.
- La détermination du coefficient de ruissellement et du nombre d'habitants correspondant à chaque sous bassin.

CHAPITRE IV :

**Estimation des débits
à évacuer**

IV. Estimation des débits à évacuer

IV.1 Introduction :

Le réseau d'assainissement est appelé à assurer la collecte et l'évacuation des eaux de ruissellement et des eaux usées des différentes origines. Donc, il est impératif de passer par la phase d'évaluation des débits d'eaux usées et pluviales, avant d'entamer le dimensionnement du réseau.

Le but principal de l'évaluation des débits des eaux usées est de connaître la quantité et la qualité des rejets liquides provenant des habitations et lieux d'activités. Ces rejets, qui varient d'une agglomération à une autre selon la vocation adoptée, doivent être évacués le plus rapidement possible et par le moyen le plus sûr afin d'éviter toute contamination de l'être humain ou pollution de l'environnement ; d'où ressort l'utilité de l'évaluation des quantités à traiter.

IV.2 Origine et nature des eaux à évacuer :

IV.2.1 Les eaux usées :

On distingue, selon la nature des matières polluantes contenues dans l'effluent, quatre (04) origines :

- Les eaux usées d'origine domestique.
- Les eaux usées des services publics.
- Les eaux usées d'origine industrielle.
- Les eaux parasites.

IV.2.1.1 Les eaux usées domestiques :

Ce sont les eaux de ménage qui proviennent des habitations aux centres des agglomérations. Elles sont constituées essentiellement des :

- **Eaux ménagères** : les eaux de cuisine, de vaisselle, de lavage, de bains et de douches ; elles sont évacuées par les éviers des lavabos et des baignoires.
- **Eaux vannes** : les eaux provenant des sanitaires.

La quantité des eaux à évacuer dépend de la consommation en eau potable qui elle-même dépend essentiellement des facteurs suivants :

- Type d'habitations et leurs degrés de confort.
- Conditions climatiques.

IV.2.1.2 Les eaux usées des services publics :

Ce sont les eaux usées provenant des établissements ou des équipements publics : administratifs, éducatifs, touristiques, sanitaires et autres services d'utilité publique.

L'estimation de ces eaux tient compte de la dotation en eau potable requise pour chaque activité ; cette dotation est basée sur la notion d'équivalent habitant qui représente une unité de compte homogène pour tous usagers.

IV.2.1.3 Les eaux usées industrielles :

Ces eaux proviennent des différentes activités industrielles de diverses usines. La quantité d'eau évacuée par les industries dépend des facteurs suivants :

- Nature de l'industrie (de fabrication ou de transformation)
- Procédé de fabrication utilisé.
- Taux de recyclage effectivement réalisé.

Cette quantité peut être évaluée selon deux principes :

- **Industrie de production** : on s'intéresse aux produits ; c'est-à-dire l'estimation du nombre de produits et la quantité d'eau nécessaire jusqu'au produit fini.
- **Industrie de transformation** : on s'intéresse au nombre de travailleurs employés par l'industrie, et une estimation de la quantité d'eau utilisée par chacun.

Mis à part la quantité à évacuer, il y a toujours certains paramètres à prendre en considération :

- La température élevée peut nuire aux caractéristiques mécaniques des canalisations ; les eaux chaudes doivent avoir une température inférieure à 35°C.
- L'agressivité de l'effluent exige un prétraitement à l'intérieur de l'unité industrielle, pour éviter les méfaits des matières chimiques corrosives (acides ou bases), des substances toxiques (traitement difficile au niveau de la station d'épuration) et parfois même des métaux lourds (frottement contre les parois des conduites).

IV.2.1.4 Les eaux parasites :

Les eaux claires parasites désignent, le plus souvent, l'ensemble des eaux provenant de drainage, des infiltrations après une chute de pluie ou de la remontée de la nappe.

Ces eaux pénètrent dans les collecteurs, généralement à travers :

- Les joints mal confectionnés (mauvais raccordement) ou déboîtés à cause d'une mauvaise pose de canalisation.

- Les fissurations dans les collecteurs à cause des tassements de la terre autour de la conduite ou bien des racines des arbres cherchant l'humidité (phénomène d'hydrotropisme).

La présence de ces eaux perturbe le bon fonctionnement de la station d'épuration. Néanmoins leur évaluation est assez difficile, elle ne peut être faite que sur terrain ; seule la modélisation peut donner une approche d'estimation du débit de ces eaux.

En pratique et en absence des valeurs mesurées, on préconise un débit d'eau parasite compris entre 0,05 et 0,15 L/s/ha.

IV.2.2 Les eaux pluviales :

Ce sont les eaux de ruissellement de surface ; composées principalement de celles qui proviennent des précipitations atmosphériques. Ces eaux doivent être collectées et conduites vers la canalisation d'évacuation afin d'éviter, essentiellement, les risques d'inondations.

Les eaux provenant d'arrosage, de lavage (des marchés, des rues, ...), des espaces publics, des jardins et des cours d'immeubles sont assimilées à des eaux pluviales. Elles sont recueillies par les ouvrages de collecte des eaux pluviales, sauf dans le cas d'un système unitaire.

Dans les premières minutes d'une chute de pluie, la teneur en matières organiques est plus importante surtout pour des agglomérations à dominance industrielle ; du fait du balayage des surfaces par les eaux de ruissellement et de lavage.

Ces eaux aussi transportent du sable qui peut se déposer dans la canalisation à la moindre chute de vitesse d'écoulement.

IV.3 Estimation des débits des eaux usées :

L'évaluation de la quantité journalière des eaux usées à évacuer s'effectue à partir de la consommation d'eau potable.

L'évacuation quantitative des rejets est en fonction du type et de la nature de l'agglomération et les diverses catégories d'urbanisation (établissements publics et privés, industries, usines ...). Plus l'agglomération est urbanisée, plus la quantité d'eau rejetée est élevée.

IV.3.1 Débits des eaux usées domestiques :

L'eau utilisée par le consommateur n'est pas rejetée en totalité dans le réseau, il est admis que l'eau évacuée n'est que 70% à 80% de l'eau consommée.

IV.3.1.1 Débit moyen journalier :

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

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

$$Q_{\text{moy,j}}^{\text{dom}} = \frac{K_r \times \text{Dot} \times N_{\text{hab}}}{86400} \quad (\text{IV.17})$$

Avec :

- $Q_{\text{moy,j}}^{\text{dom}}$: débit moyen journalier des eaux usées domestiques en (L/s)
- N_{hab} : nombre d'habitants à l'horizon d'étude (habitant).
- K_r : coefficient de rejet pris égal à 80% de la quantité d'eau potable consommée.
- Dot : dotation journalière estimée à 200 L/j/hab.
- Le terme $\frac{1}{86400}$ est pour la conversion de (L/j) en (L/s).

IV.3.1.2 Débit de pointe :

Comme la consommation, le rejet des eaux usées est aussi variable dans la journée, d'où on est appelé à déterminer le débit de pointe. Ce dernier est donné par la formule suivante :

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

Avec :

- $Q_{\text{pte}}^{\text{dom}}$: débit de pointe des eaux usées domestiques (L/s).
- $Q_{\text{moy,j}}^{\text{dom}}$: débit moyen journalier rejeté (L/s).
- K_p : coefficient de pointe ; calculé à partir du débit moyen de rejet :

$$K_p = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{\text{moy,j}}^{\text{dom}}}} \quad \text{si : } Q_{\text{moy,j}}^{\text{dom}} \geq 2.8 \text{ L/s} \quad (\text{IV.3})$$

$$K_p = 3 \quad \text{si : } Q_{\text{moy,j}}^{\text{dom}} < 2.8 \text{ L/s} \quad (\text{IV.4})$$

→ Les débits des eaux usées domestiques à évacuer sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau IV-1: Débits des eaux usées domestiques pour chaque sous bassin

| N° du SB | Habitants | K_r | Dotation | $Q_{moy,j}^{dom}$ (l/s) | K_p | Q_{pte}^{dom} (l/s) | Q_{pte}^{dom} (m ³ /s) |
|----------|-----------|-------|----------|-------------------------|-------|-----------------------|-------------------------------------|
| 1 | 528 | 0.8 | 200 | 0.98 | 3 | 2.93 | 0.00293 |
| 2 | 332 | 0.8 | 200 | 0.61 | 3 | 1.84 | 0.00184 |
| 3 | 190 | 0.8 | 200 | 0.35 | 3 | 1.06 | 0.00106 |
| 4 | 545 | 0.8 | 200 | 1.01 | 3 | 3.03 | 0.00303 |
| 5 | 582 | 0.8 | 200 | 1.08 | 3 | 3.23 | 0.00323 |
| 6 | 152 | 0.8 | 200 | 0.28 | 3 | 0.84 | 0.00084 |
| 7 | 288 | 0.8 | 200 | 0.53 | 3 | 1.60 | 0.00160 |
| 8 | 148 | 0.8 | 200 | 0.27 | 3 | 0.82 | 0.00082 |
| 9 | 839 | 0.8 | 200 | 1.55 | 3 | 4.66 | 0.00466 |
| 10 | 106 | 0.8 | 200 | 0.20 | 3 | 0.59 | 0.00059 |
| 11 | 162 | 0.8 | 200 | 0.30 | 3 | 0.90 | 0.00090 |
| 12 | 695 | 0.8 | 200 | 1.29 | 3 | 3.86 | 0.00386 |
| 13 | 249 | 0.8 | 200 | 0.46 | 3 | 1.38 | 0.00138 |
| 14 | 353 | 0.8 | 200 | 0.65 | 3 | 1.96 | 0.00196 |
| 15 | 671 | 0.8 | 200 | 1.24 | 3 | 3.73 | 0.00373 |
| 16 | 84 | 0.8 | 200 | 0.16 | 3 | 0.47 | 0.00047 |
| 17 | 124 | 0.8 | 200 | 0.23 | 3 | 0.69 | 0.00069 |
| 18 | 299 | 0.8 | 200 | 0.55 | 3 | 1.66 | 0.00166 |
| 19 | 133 | 0.8 | 200 | 0.25 | 3 | 0.74 | 0.00074 |
| 20 | 400 | 0.8 | 200 | 0.74 | 3 | 2.22 | 0.00222 |
| 21 | 149 | 0.8 | 200 | 0.28 | 3 | 0.83 | 0.00083 |
| 22 | 182 | 0.8 | 200 | 0.34 | 3 | 1.01 | 0.00101 |
| 23 | 391 | 0.8 | 200 | 0.72 | 3 | 2.17 | 0.00217 |
| 24 | 78 | 0.8 | 200 | 0.14 | 3 | 0.43 | 0.00043 |
| 25 | 280 | 0.8 | 200 | 0.52 | 3 | 1.56 | 0.00156 |
| 26 | 175 | 0.8 | 200 | 0.32 | 3 | 0.97 | 0.00097 |
| 27 | 411 | 0.8 | 200 | 0.76 | 3 | 2.28 | 0.00228 |
| 28 | 210 | 0.8 | 200 | 0.39 | 3 | 1.17 | 0.00117 |
| 29 | 131 | 0.8 | 200 | 0.24 | 3 | 0.73 | 0.00073 |
| 30 | 104 | 0.8 | 200 | 0.19 | 3 | 0.58 | 0.00058 |
| 31 | 1200 | 0.8 | 200 | 2.22 | 3 | 6.67 | 0.00667 |
| 32 | 843 | 0.8 | 200 | 1.56 | 3 | 4.68 | 0.00468 |
| 33 | 1849 | 0.8 | 200 | 3.42 | 2.85 | 9.76 | 0.00976 |
| 34 | 1283 | 0.8 | 200 | 2.38 | 3 | 7.13 | 0.00713 |
| 35 | 400 | 0.8 | 200 | 0.74 | 3 | 2.22 | 0.00222 |
| 36 | 331 | 0.8 | 200 | 0.61 | 3 | 1.84 | 0.00184 |
| 37 | 217 | 0.8 | 200 | 0.40 | 3 | 1.21 | 0.00121 |
| 38 | 1673 | 0.8 | 200 | 3.10 | 2.92 | 9.05 | 0.00905 |
| 39 | 672 | 0.8 | 200 | 1.24 | 3 | 3.73 | 0.00373 |
| 40 | 2410 | 0.8 | 200 | 4.46 | 2.68 | 11.98 | 0.01198 |

IV.3.2 Débits des eaux usées des établissements publics :

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

IV.3.2.1 Débit moyen journalier :

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

$$Q_{\text{moy,j}}^{\text{éq}} = \frac{K_r \times D_{\text{éq}} \times N_u}{86400} \quad (\text{IV.5})$$

Avec :

- $Q_{\text{moy,j}}^{\text{éq}}$: débit moyen journalier des eaux usées publiques en (L/s)
- N_u : nombre des usagers (des unités) concernés par chaque service.
- K_r : coefficient de rejet pris égal à 80% de la quantité d'eau potable consommée.
- $D_{\text{éq}}$: dotation de la consommation journalière d'eau potable (L/j/unité) ; une donnée qui diffère d'un type d'utilisateur à un autre.
- Le terme $\frac{1}{86400}$ est pour la conversion de (L/j) en (L/s).

IV.3.2.2 Débit de pointe :

On est appelé à déterminer le débit de pointe des eaux usées des équipements publics. Il est donné par la formule suivante :

$$Q_{\text{pte}}^{\text{éq}} = K_p \times Q_{\text{moy,j}}^{\text{éq}} \quad (\text{IV.6})$$

Avec :

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

$$K_p = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{\text{moy,j}}^{\text{éq}}}} \quad \text{si : } Q_{\text{moy,j}}^{\text{éq}} \geq 2.8 \text{ L/s} \quad (\text{IV.7})$$

$$K_p = 3 \quad \text{si : } Q_{\text{moy,j}}^{\text{éq}} < 2.8 \text{ L/s} \quad (\text{IV.8})$$

→ Les débits des eaux usées des équipements publics à évacuer sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau IV-2 : Débits des eaux usées des équipements publics pour chaque sous bassin

| N° SB | Equipement | S (m ²) | Unité de mesure | N _u | Dotation (L/jour/Unité) | Q ^{équ} _{moy,j} (l/s) | K _p | Q ^{équ} _{pte} (l/s) | Q ^{équ} _{pte,tot} (l/s) |
|-------|------------------------|---------------------|-----------------|----------------|-------------------------|---|----------------|---------------------------------------|---|
| 14 | Mosquée | 1270 | Fidèle | 500 | 10 | 0.0463 | 3 | 0.139 | 0.139 |
| 33 | Brigade de gendarmerie | 8530 | Agent | 60 | 50 | 0.0278 | 3 | 0.083 | 0.083 |
| 34 | Ecole primaire | 2420 | Elève | 500 | 20 | 0.0926 | 3 | 0.278 | 0.278 |
| 39 | Commissariat | 5700 | Agent | 40 | 50 | 0.0185 | 3 | 0.056 | 0.056 |
| 40 | Hôtel | 10580 | Chambre | 50 | 300 | 0.1389 | 3 | 0.417 | 1.250 |
| | Camp militaire | 20740 | Soldat | 200 | 150 | 0.2778 | 3 | 0.833 | |

IV.3.3 Débits totaux des eaux usées à évacuer :

Pour le calcul du débit total des eaux usées à évacuer, et en l'absence des renseignements précis sur la répartition dans le temps, on doit prendre en considération l'hypothèse de la superposition des débits de pointes de tout type d'eaux usées.

→ Les débits totaux des eaux à évacuer sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau IV-3 : Débits totaux des eaux usées pour chaque sous bassin

| N° du SB | Surface (Ha) | Habitants | Q ^{dom} _{pte} (l/s) | Q ^{équ} _{pte} (l/s) | Q ^{tot} _{pte} (l/s) |
|----------|--------------|-----------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | 1.77 | 528 | 2.93 | - | 2.93 |
| 2 | 1.28 | 332 | 1.84 | - | 1.84 |
| 3 | 0.61 | 190 | 1.06 | - | 1.06 |
| 4 | 2.05 | 545 | 3.03 | - | 3.03 |
| 5 | 1.95 | 582 | 3.23 | - | 3.23 |
| 6 | 0.5 | 152 | 0.84 | - | 0.84 |
| 7 | 1.14 | 288 | 1.6 | - | 1.6 |
| 8 | 0.53 | 148 | 0.82 | - | 0.82 |
| 9 | 2.23 | 839 | 4.66 | - | 4.66 |
| 10 | 0.39 | 106 | 0.59 | - | 0.59 |
| 11 | 0.64 | 162 | 0.9 | - | 0.9 |
| 12 | 1.7 | 695 | 3.86 | - | 3.86 |
| 13 | 0.8 | 249 | 1.38 | - | 1.38 |
| 14 | 0.99 | 353 | 1.96 | 0.139 | 2.10 |
| 15 | 1.88 | 671 | 3.73 | - | 3.73 |
| 16 | 0.25 | 84 | 0.47 | - | 0.47 |
| 17 | 0.33 | 124 | 0.69 | - | 0.69 |
| 18 | 0.98 | 299 | 1.66 | - | 1.66 |
| 19 | 0.38 | 133 | 0.74 | - | 0.74 |
| 20 | 1.4 | 400 | 2.22 | - | 2.22 |

Tableau IV-4 : Débits totaux des eaux usées pour chaque sous bassin (suite)

| N° du SB | Surface (Ha) | Habitants | Q _{pte} ^{dom} (l/s) | Q _{pte} ^{équ} (l/s) | Q _{pte} ^{tot} (l/s) |
|----------|--------------|-----------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 21 | 0.56 | 149 | 0.83 | - | 0.83 |
| 22 | 0.7 | 182 | 1.01 | - | 1.01 |
| 23 | 1.37 | 391 | 2.17 | - | 2.17 |
| 24 | 0.31 | 78 | 0.43 | - | 0.43 |
| 25 | 0.96 | 280 | 1.56 | - | 1.56 |
| 26 | 0.5 | 175 | 0.97 | - | 0.97 |
| 27 | 1.22 | 411 | 2.28 | - | 2.28 |
| 28 | 0.66 | 210 | 1.17 | - | 1.17 |
| 29 | 0.46 | 131 | 0.73 | - | 0.73 |
| 30 | 0.38 | 104 | 0.58 | - | 0.58 |
| 31 | 3.7 | 1200 | 6.67 | - | 6.67 |
| 32 | 3.17 | 843 | 4.68 | - | 4.68 |
| 33 | 5 | 1849 | 9.76 | 0.083 | 9.843 |
| 34 | 3.47 | 1283 | 7.13 | 0.278 | 7.408 |
| 35 | 1.21 | 400 | 2.22 | - | 2.22 |
| 36 | 0.85 | 331 | 1.84 | - | 1.84 |
| 37 | 0.62 | 217 | 1.21 | - | 1.21 |
| 38 | 5.16 | 1673 | 9.05 | - | 9.05 |
| 39 | 1.85 | 672 | 3.73 | 0.056 | 3.786 |
| 40 | 5.16 | 2410 | 11.98 | 1.25 | 13.23 |

IV.4 Estimation des débits des eaux pluviales :

Le calcul de base pour le dimensionnement d'un réseau pluvial est la pluie la plus forte susceptible de survenir dans une période de 10 ans (débit décennal).

Lors d'une chute de pluie, seule la fraction d'eau ruisselée intéresse le dimensionnement d'un ouvrage appelé à évacuer dans les conditions suffisantes le débit d'eau de cette fraction du bassin considéré.

En fonction de l'étendue du bassin et de son urbanisation, on considère différentes méthodes pour l'évaluation du débit pluvial, dont nous citons :

- La méthode rationnelle.
- La méthode superficielle.

IV.4.1 La méthode rationnelle :

Cette méthode a fait ses preuves surtout pour les bassins urbains à faible surface. Elle exige un découpage de bassin-versant en secteurs limités par les lignes isochrones quand la surface est importante.

Elle consiste à estimer les débits pluviaux suite à une averse d'intensité moyenne « i » supposée constante durant la chute de pluie sur des surfaces d'influence de superficie « A » caractérisée par un coefficient de ruissellement « C_r ».

Cependant, on tient compte que l'intensité n'est pas uniforme (ça veut dire que l'averse a un épicentre et se diffuse dans l'espace). Pour cela, il convient d'appliquer un coefficient « α » de répartition de la pluie.

La méthode rationnelle s'exprime par la formule suivante :

$$Q = \alpha \times C_r \times i \times A \quad (\text{IV.9})$$

Avec :

- Q : débit d'eau de ruissellement (L/s).
- A : surface d'apport (ha).
- C_r : coefficient de ruissellement.
- i : intensité moyenne de précipitation (L/s/ha).
- α : coefficient réducteur (correcteur) de l'intensité tenant compte de la distribution de la pluie dans l'espace.

IV.4.1.1 Coefficient réducteur de l'intensité :

En réalité, la répartition d'une pluie au niveau d'un bassin est irrégulière surtout pour les pluies de courte durée et de forte intensité. Pour en tenir compte, on doit ajouter un paramètre de correction pour chaque surface élémentaire ; c'est un coefficient réducteur de l'intensité : $\alpha \leq 1$.

❖ Ce coefficient peut être déterminé d'après une loi de répartition de pluie :

- Pour des bassins longs (rectangles étroits, ...) ; ce coefficient sera égal à :

$$\alpha = 1 - 0.006 \times \sqrt{d/2} \quad (\text{IV.10})$$

- Pour des bassins ramassés (carrés, cercles, ...) :

$$\alpha = 1 - 0.005 \times \sqrt{d/2} \quad (\text{IV.11})$$

Avec :

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

IV.4.1.2 Validité de la méthode rationnelle :

Cette méthode est efficace pour des surfaces relativement limitées (généralement inférieures à 10 ha). Le résultat est meilleur pour des aires encore plus faibles, du fait de la bonne estimation du coefficient de ruissellement.

Ainsi, elle est applicable pour des surfaces où le temps de concentration ne dépasse pas 30 min.

Par contre, elle n'est pas susceptible d'être utilisée pour les zones étendues, car les calculs deviendraient fastidieux.

IV.4.1.3 Hypothèses de la méthode rationnelle :

La méthode rationnelle est fondée sur trois (03) hypothèses de base :

- Le débit de pointe « Q_p » est observé à l'exutoire seulement si la durée de l'averse est supérieure au temps de concentration « t_c » du bassin-versant.
- Le débit de pointe « Q_p » est proportionnel à l'intensité moyenne maximale « i » sur une durée égale au temps de concentration « t_c » du bassin-versant.
- Le débit de pointe « Q_p » a la même période de retour que l'intensité « i » qui le provoque, ceci suppose que le coefficient de ruissellement « C_r » du bassin-versant est constant.

IV.4.1.4 Temps de concentration :

C'est une caractéristique du bassin ; définie comme étant le temps mis par la pluie tombée au point le plus éloigné, en durée d'écoulement, pour atteindre l'entrée du collecteur qui doit évacuer l'apport de la surface considérée.

❖ Le temps de concentration « t_c » se compose de :

- t_1 (min) : temps mis par l'eau pour s'écouler dans les canalisations.

$$t_1 = \frac{L}{60 \times v} \quad (\text{IV.118})$$

Avec :

- L : longueur de canalisation (m).
- v : vitesse d'écoulement (m/s).
- Le terme $\frac{1}{60}$ pour la conversion de secondes (s) en minutes (min).
- t_2 : temps mis par l'eau pour atteindre le premier ouvrage d'engouffrement. En général, il varie de 2 à 20 min.
- t_3 (min) : temps de ruissellement superficiel dans un bassin ne comportant pas de canalisations.

$$t_3 = \frac{L_s}{11 \times \sqrt{I}} \quad (\text{IV.119})$$

Avec :

- L_s : parcours superficiel de l'eau dans le bassin (km).

- I : pente moyenne du parcours (%).
- ❖ Donc, trois (03) cas peuvent être envisagés :
 - Le bassin ne comporte pas de canalisation : $t_c = t_3$.
 - Le bassin comporte un parcours superficiel puis une canalisation : $t_c = t_1 + t_3$.
 - Le bassin est urbanisé et comporte une canalisation : $t_c = t_1 + t_2$.
- ❖ Dans le cas général, pour les zones peu allongées, le temps de concentration « t_c (min) » est donné par la relation suivante :

$$t_c = 3.98 \times \left[\frac{L}{\sqrt{I}} \right]^{0.77} \quad (\text{IV.14})$$

Avec :

- L : cheminement hydraulique le plus long (km).
- I : pente moyenne du chemin parcouru (%).

IV.4.1.5 Critique de la méthode rationnelle :

- La décomposition du bassin en aires élémentaires est grossièrement approchée.
- Le coefficient de ruissellement « C_r » est constant sur tout le sous bassin et pendant toute la durée de l'averse. La méthode ne tient pas compte du stockage de l'eau de ruissellement sur le bassin ; en négligeant le rôle des surfaces non revêtues (trous, crevasse, ...).

IV.4.2 La méthode superficielle :

La méthode de Caquot ou la méthode superficielle est une variante de la méthode rationnelle. Ce modèle établit le bilan hydraulique du débit précipité sur le bassin versant jusqu'à l'instant à peu près égal au temps de concentration « t_c » où on observe le débit de pointe « Q_p » à l'exutoire. L'expression générale de la formule de Caquot est la suivante :

$$Q_p = K \frac{1}{u} \times C_r \frac{1}{u} \times I \frac{v}{u} \times A \frac{w}{u} \quad (\text{IV.15})$$

Avec :

- $Q_p(f)$: le débit pluvial de pointe de fréquence de dépassement « F » ; en (m^3/s).
- C_r : est le coefficient de ruissellement du sous bassin considéré.
- I : la pente moyenne calculée selon le plus long cheminement hydraulique (m/m).
- A : la superficie drainée du sous bassin (ha).
- K, u, v, w : coefficients d'expression, donnés en fonction des paramètres de Caquot par les formules suivantes :

$$K = \frac{a \times \mu}{6 \times (\beta + \delta)} \quad (\text{IV.16})$$

$$u = 1 - b \times f \quad (\text{IV.17})$$

$$v = c \times b \quad (\text{IV.18})$$

$$w = 1 - \varepsilon + d \times b \quad (\text{IV.19})$$

IV.4.2.1 Evaluation des paramètres de Caquot :

- **Paramètres liés à la pluviométrie :**

- a, b : sont les coefficients de la formule de Montana (courbes IDF). Les valeurs qu'ils prennent sont issues d'un calcul purement hydrologique selon les régions, les périodes de retour et les fréquences.

- ε : abattement spatial de la pluie ;

$$\varepsilon = 0.5 \quad \text{pour } S < 100 \text{ ha.}$$

$$\varepsilon = 0.03 \quad \text{la valeur la plus adoptée.}$$

- **Paramètres caractérisant la transformation de la pluie en débit :**

- $\beta + \delta = 1.1$: représente l'effet de stockage et d'écrêtement, cette valeur devrait augmenter avec la taille des bassins.

- **Paramètres concernant le bassin versant :**

- $c = -0.41$; $d = 0.51$; $f = -0.29$.

- μ : coefficient d'ajustement de la forme du bassin, donnée par :

$$\mu = 0.28 \times M^{0.84} \quad (\text{IV.20})$$

Où :

$$M = \frac{L}{\sqrt{S_c}} \quad (\text{IV.21})$$

Avec :

- M : coefficient d'allongement qui caractérise la forme du bassin-versant.
- L : le plus long chemin hydraulique (m).
- S_c : étant la surface du carré équivalent qui est égale à celle du bassin (m^2).

Remarque : La valeur de « M » doit être supérieure à 0.8 (une valeur qui correspond à un bassin-versant en forme de demi-cercle). La formule de Caquot est donnée pour $M = 2$. Et pour des valeurs de « M » différentes de 2, le débit de pointe « Q_p » donnée par la formule doit être corrigé par le coefficient d'influence :

$$m = \left(\frac{M}{2}\right)^{0.7 \times b} \quad (\text{IV.22})$$

- **Temps de concentration :**

D'après DESBORDES, Le temps de concentration (valable pour les deux méthode) est donné par l'expression suivante :

$$t_c = 0.28 \times M^{0.84} \times I^{-0.41} \times A^{0.51} \times Q_p^{-0.29} \quad (\text{IV.23})$$

Avec :

$$- t_c \text{ (min)} \quad ; \quad I \text{ (m/m)} \quad ; \quad A \text{ (ha)} \quad ; \quad Q_p \text{ (m}^3\text{/s)}$$

IV.4.2.2 Validité de la méthode superficielle :

Il est nécessaire de vérifier les conditions d'application de la formule de Caquot pour pouvoir l'appliquer, ces limites sont celles préconisées par l'instruction technique 1977 :

- Superficie totale : $A < 200 \text{ ha}$.
- Coefficient de ruissellement : $0.2 < C_r < 1$
- Pente : $0.2 \% < I < 5 \%$
- Coefficient d'allongement : $M > 0.8$

IV.4.2.3 Formules d'assemblage et d'équivalence :

Les méthodes de calcul du débit pluvial sont en général valables pour des bassins de caractéristiques physiques homogènes. L'application du modèle superficielle à un groupement de sous bassins hétérogènes nécessite l'emploi de formules d'équivalence.

Ces formules diffèrent selon la hiérarchie des sous bassins constituant le groupement ; des bassins seront dits en série lorsque l'exutoire d'un des bassins constitue l'entrée de l'autre, les bassins seront dits en parallèle lorsque leurs exutoires convergent vers le même bassin versant.

Le tableau suivant fournit les règles d'assemblage à utiliser :

Tableau IV-4 : Formules d'assemblage des bassins versants dans la méthode de Caquot

| Paramètres équivalents | $A_{\text{éq}}$ | $C_{\text{éq}}$ | $I_{\text{éq}}$ | $M_{\text{éq}}$ |
|-----------------------------|-----------------|---|--|---|
| Bassins en série | $\sum A_i$ | $\frac{\sum(C_i \times A_i)}{\sum A_i}$ | $\left[\frac{\sum L_i}{\sum \left(\frac{L_i}{\sqrt{I_i}} \right)} \right]^2$ | $\frac{\sum L_i}{\sqrt{\sum A_i}}$ |
| Bassins en parallèle | | | $\frac{\sum (I_i \times Q_i)}{\sum Q_i}$ | $\frac{L(t_{c,\text{max}})}{\sqrt{\sum A_i}}$ |

Avec :

- $A_{\text{éq}}, C_{\text{éq}}, I_{\text{éq}}, M_{\text{éq}}$: sont les paramètres du bassin équivalent.
- A_i, C_i, I_i, L_i, Q_i : sont les paramètres individuels du sous bassin (i) considéré seul.
- $L(t_{c,\text{max}})$: cheminement hydraulique le plus long du sous bassin ayant le temps de concentration le plus long.
- Pour calculer le coefficient d'allongement « $M_{\text{éq}}$ » qui est sans unité, les longueurs « $L_i ; L(t_{c,\text{max}})$ » et les surfaces « A_i » doivent être exprimés en des unités similaires (par exemple : m et m²).

IV.4.2.4 Critique de la méthode superficielle :

- Les débits livrés par la méthode de Caquot sont sensiblement supérieurs (surestimation) en comparaison avec ceux de la méthode rationnelle. Ce surplus des débits donné par la méthode superficielle est dû essentiellement aux conditions de calcul, notamment les tronçons disposés en parallèle, ainsi que l'effet implicite du temps de concentration et qui ne relève pas le comportement plus au moins réel du réseau.
- Le modèle de groupement des bassins, peut conduire à des anomalies :
 - Pour les bassins en série, il peut arriver que le débit de pointe du bassin équivalent soit inférieur au maximum des débits de pointe des sous bassins. Donc on prend : $Q_p = \text{Max}(Q_i)$.
 - Pour les bassins en parallèle, il peut arriver que le débit de pointe du bassin équivalent soit supérieur à la somme des débits de pointe des sous bassins, ce qui est impossible. Donc on prend : $Q_p = \sum Q_i$.

IV.4.3 Choix de la méthode :

Selon les limitations et les critiques de chacune de ces méthodes ; on opte pour la méthode rationnelle pour l'évaluation des débits pluviaux, car les conditions de validité de celle-ci sont respectées sur tous les sous bassins.

IV.4.4 Calcul des débits pluviaux :

Vu que les surfaces des sous bassins sont petites, les valeurs du coefficient « α » s'approchent de l'unité, par conséquent il sera pris égal à 1. Les résultats de calcul des débits pluviaux pour chaque surface élémentaire sont reportés respectivement dans le tableau suivant :

Tableau IV-5 : Débits totaux des eaux pluviales à évacuer

| N° du SB | Surface (Ha) | Cr | α | I (L/s/ha) | Q _{plu} (l/s) | Q _{plu} (m ³ /s) |
|----------|--------------|------|----------|------------|------------------------|--------------------------------------|
| 1 | 1.77 | 0.46 | 1 | 139.64 | 113.69 | 0.1137 |
| 2 | 1.28 | 0.4 | 1 | 139.64 | 71.50 | 0.0715 |
| 3 | 0.61 | 0.48 | 1 | 139.64 | 40.89 | 0.0409 |
| 4 | 2.05 | 0.41 | 1 | 139.64 | 117.37 | 0.1174 |
| 5 | 1.95 | 0.46 | 1 | 139.64 | 125.26 | 0.1253 |
| 6 | 0.5 | 0.47 | 1 | 139.64 | 32.82 | 0.0328 |
| 7 | 1.14 | 0.39 | 1 | 139.64 | 62.08 | 0.0621 |
| 8 | 0.53 | 0.43 | 1 | 139.64 | 31.82 | 0.0318 |
| 9 | 2.23 | 0.58 | 1 | 139.64 | 180.61 | 0.1806 |
| 10 | 0.39 | 0.42 | 1 | 139.64 | 22.87 | 0.0229 |
| 11 | 0.64 | 0.39 | 1 | 139.64 | 34.85 | 0.0349 |
| 12 | 1.7 | 0.63 | 1 | 139.64 | 149.55 | 0.1496 |
| 13 | 0.8 | 0.48 | 1 | 139.64 | 53.62 | 0.0536 |
| 14 | 0.99 | 0.55 | 1 | 139.64 | 76.03 | 0.0760 |
| 15 | 1.88 | 0.55 | 1 | 139.64 | 144.39 | 0.1444 |
| 16 | 0.25 | 0.52 | 1 | 139.64 | 18.15 | 0.0182 |
| 17 | 0.33 | 0.58 | 1 | 139.64 | 26.73 | 0.0267 |
| 18 | 0.98 | 0.47 | 1 | 139.64 | 64.32 | 0.0643 |
| 19 | 0.38 | 0.54 | 1 | 139.64 | 28.65 | 0.0287 |
| 20 | 1.4 | 0.44 | 1 | 139.64 | 86.02 | 0.0860 |
| 21 | 0.56 | 0.41 | 1 | 139.64 | 32.06 | 0.0321 |
| 22 | 0.7 | 0.4 | 1 | 139.64 | 39.10 | 0.0391 |
| 23 | 1.37 | 0.44 | 1 | 139.64 | 84.17 | 0.0842 |
| 24 | 0.31 | 0.39 | 1 | 139.64 | 16.88 | 0.0169 |
| 25 | 0.96 | 0.45 | 1 | 139.64 | 60.32 | 0.0603 |
| 26 | 0.5 | 0.54 | 1 | 139.64 | 37.70 | 0.0377 |
| 27 | 1.22 | 0.52 | 1 | 139.64 | 88.59 | 0.0886 |
| 28 | 0.66 | 0.49 | 1 | 139.64 | 45.16 | 0.0452 |

Tableau IV-6 : Débits totaux des eaux pluviales à évacuer (suite)

| N° du SB | Surface (Ha) | Cr | α | I (L/s/ha) | Q _{plu} (l/s) | Q _{plu} (m ³ /s) |
|----------|--------------|------|----------|------------|------------------------|--------------------------------------|
| 29 | 0.46 | 0.44 | 1 | 139.64 | 28.26 | 0.0283 |
| 30 | 0.38 | 0.42 | 1 | 139.64 | 22.29 | 0.0223 |
| 31 | 3.7 | 0.5 | 1 | 139.64 | 258.33 | 0.2583 |
| 32 | 3.17 | 0.41 | 1 | 139.64 | 181.49 | 0.1815 |
| 33 | 5 | 0.57 | 1 | 139.64 | 397.97 | 0.3980 |
| 34 | 3.47 | 0.57 | 1 | 139.64 | 276.19 | 0.2762 |
| 35 | 1.21 | 0.51 | 1 | 139.64 | 86.17 | 0.0862 |
| 36 | 0.85 | 0.6 | 1 | 139.64 | 71.22 | 0.0712 |
| 37 | 0.62 | 0.54 | 1 | 139.64 | 46.75 | 0.0468 |
| 38 | 5.16 | 0.5 | 1 | 139.64 | 360.27 | 0.3603 |
| 39 | 1.85 | 0.56 | 1 | 139.64 | 144.67 | 0.1447 |
| 40 | 5.16 | 0.72 | 1 | 139.64 | 518.79 | 0.5188 |

IV.5 Conclusion :

Dans ce chapitre, on a estimé et évalué les quantités des eaux à évacuer. Ces débits incluent les eaux usées et les eaux pluviales ; on signale que la zone d'étude ne comporte aucune unité industrielle.

D'après les valeurs des débits obtenues, on constate que les débits des eaux usées (domestiques et publiques) ne représentent qu'une faible fraction des débits pluviaux.

La présente phase constitue une étape importante pour entamer le prochain chapitre ; le calcul hydraulique et le dimensionnement des conduites.

CHAPITRE V :

Dimensionnement du réseau d'assainissement

V. Dimensionnement du réseau d'assainissement

V.1 Introduction :

Une fois que les débits des eaux à évacuer sont déterminés, on passe au calcul hydraulique du système d'assainissement qui consiste à dimensionner les collecteurs et regards.

Ce calcul hydraulique doit respecter certaines normes d'écoulement et conditions d'implantation des réseaux d'assainissement. L'implantation en profondeur se fait d'une manière à satisfaire les conditions de résistance mécanique aux charges extérieures, tout en définissant le meilleur tracé possible.

V.2 Principe de conception d'un système d'assainissement :

La conception d'un réseau d'assainissement est la concrétisation de tous les éléments constituant les branches du réseau sur un schéma :

- **Les collecteurs** : doivent pouvoir transporter en tout temps la totalité des débits apportés par les conduites qu'ils desservent. Ils sont définis par leurs :
 - Emplacements.
 - Profondeurs.
 - Dimensions (diamètres intérieur et extérieur, ...).
 - Pentés.
- **Les regards** : de différents types (de visite, de jonction, ...). Ils sont également définis par leurs :
 - Emplacements.
 - Profondeurs.
 - Côtes.

Un système d'assainissement fonctionne généralement en écoulement gravitaire, sauf dans des cas particuliers comme les contre-pentes, où il nécessite un relevage.

Avant de procéder au calcul hydraulique d'un réseau d'assainissement, on considère les hypothèses suivantes :

- L'écoulement est uniforme à surface libre.
- La perte de charge engendrée est une énergie potentielle égale à la différence des côtes du plan d'eau en amont et en aval.
- Les canalisations d'égouts sont dimensionnées pour un débit en pleine section « Q_{ps} » ; malgré qu'en réalité, et dans la plupart du temps, elles ne débitent pas cette quantité.

V.3 Mode de dimensionnement des canalisations :

Base de calcul :

L'écoulement dans les collecteurs est un écoulement à surface libre ; dont le débit est donné par la formule de la continuité :

$$Q = v \times S_m \quad (\text{V.20})$$

Avec :

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

V.3.1.1. Formule de CHEZY :

Les ouvrages sont calculés suivant une formule d'écoulement résultant de celle de CHEZY ; où la vitesse d'écoulement se calcule par l'expression suivante :

$$v = C \times \sqrt{R_h \times I} \quad (\text{V.21})$$

Avec :

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

$$R_h = \frac{S_m}{P_m} \quad (\text{V.22})$$

Où :

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

V.3.1.2. Formule de MANNING-STRICKLER :

Le coefficient de Chézy est exprimé comme suit :

$$C = K \times R_h^{1/6} \quad (\text{V.23})$$

Avec :

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

La vitesse d'écoulement se calcule par l'expression suivante :

$$v = K \times R_h^{2/3} \times I^{1/2} \quad (\text{V.24})$$

Et le débit capable de l'ouvrage :

$$Q = K \times R_h^{2/3} \times I^{1/2} \times S_m \quad (\text{V.25})$$

❖ **Procédé de calcul :**

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

2- Le diamètre calculé est exprimé par :

$$D_{\text{cal}} = \left[\frac{3.2 \times Q}{K \times \sqrt{I}} \right]^{3/8} \quad (\text{V.26})$$

Avec :

- D_{cal} (m) ; Q (m³/s) ; I (m/m)

3- Fixer le diamètre normalisé de la conduite « D_N ».

4- La vitesse à pleine section est calculée à partir de la relation (V.5) :

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

$$v_{\text{ps}} = K \times \left(\frac{D_N}{4} \right)^{2/3} \times I^{1/2} \quad (\text{V.27})$$

Avec :

- v_{ps} (m/s) ; D_N (m) ; I (m/m)

5- Le débit à pleine section :

$$Q_{\text{ps}} = v_{\text{ps}} \times \frac{\pi \times D_N^2}{4} \quad (\text{V.28})$$

Avec :

- Q_{ps} (m³/s) ; v_{ps} (m/s) ; D_N (m)

6- Le rapport des débits :

$$r_Q = \frac{Q}{Q_{\text{ps}}} \quad (\text{V.29})$$

7- Déterminer les vitesses réelles par :

$$v = r_v \times v_{\text{ps}} \quad (\text{V.30})$$

Avec :

- r_v : rapport des vitesses, donné comme suit :

$$r_v = -25.63 \times r_Q^6 + 93.647 \times r_Q^5 - 134.25 \times r_Q^4 + 95.24 \times r_Q^3 - 35.151 \times r_Q^2 + 7.0395 \times r_Q + 0.2263 \quad (\text{V.31})$$

8- La hauteur de remplissage :

$$H = r_H \times D_N \quad (\text{V.32})$$

Avec :

- r_H : rapport des hauteurs, donnée comme suit :

$$r_H = -11.423 \times r_Q^6 + 40.641 \times r_Q^5 - 55.497 \times r_Q^4 + 37.115 \times r_Q^3 - 12.857 \times r_Q^2 + 2.8373 \times r_Q + 0.0359 \quad (\text{V.33})$$

V.4 Conditions d'autocurage :

Lorsqu'il s'agit d'un système unitaire, les conditions d'auto curage doivent être satisfaites pour les débits minimums en période sèche, et pour il faut que :

- Une vitesse minimale de 0.6 m /s pour le (1/10) du débit de pleine section.
- Une vitesse de 0.3 m /s pour le (1/100) de ce même débit.

En revanche, le souci de prévenir la dégradation des joints sur les canalisations et leur revêtement intérieur nous conduit à poser des limites supérieures :

- Une vitesse maximale de l'ordre de 5 m/s.

V.5 Dimensionnement du réseau :

- Choix des matériaux :

Pour $D < 630$ mm => Conduite en PVC

Pour $D > 630$ mm => Conduite en Béton Armé Type 135A

$D_{\min} = 315$ mm.

Le dimensionnement de tous les collecteurs et la détermination de leur paramètres hydrauliques sont résumés dans les tableaux ci-dessous :

- Tableau V-1 : Calculs du réseau d'assainissement projeté

Tableau V-1 : Calculs du réseau d'assainissement projeté

| Tronçon | Longueur (m) | Côtes TN (m) | | Côtes Projet (m) | | I (%) | Q (m ³ /s) | D _{calc} (mm) | D _N (mm) | r _Q | r _V | r _H | H (mm) | V (m/s) | V _{ps} (m/s) | Q _{ps} (m ³ /s) | V _{min} (m/s) | Autocurage |
|-----------------|--------------|--------------|--------|------------------|--------|-------|-----------------------|------------------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|--------|---------|-----------------------|-------------------------------------|------------------------|------------|
| | | Amont | Aval | Amont | Aval | | | | | | | | | | | | | |
| Collecteur N°01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N1 - N2 | 34.23 | 261.11 | 243.48 | 245.70 | 241.93 | 7 | 0.124 | 274 | 315 | 0.4 | 0.9 | 0.4 | 166 | 2.57 | 2.75 | 0.324 | 1.51 | Vérifié |
| N2 - N3 | 64.43 | 243.48 | 220.95 | 225.87 | 219.55 | 7 | 0.124 | 274 | 315 | 0.4 | 0.9 | 0.4 | 166 | 2.57 | 2.75 | 0.324 | 1.51 | Vérifié |
| N3 - N4 | 28.86 | 220.95 | 217.97 | 218.66 | 216.58 | 7 | 0.124 | 274 | 315 | 0.4 | 0.9 | 0.4 | 166 | 2.57 | 2.75 | 0.324 | 1.51 | Vérifié |
| N4 - N5 | 23.99 | 217.97 | 216.63 | 216.58 | 215.24 | 5.6 | 0.234 | 358 | 400 | 0.8 | 1.1 | 0.7 | 264 | 2.74 | 2.46 | 0.29 | 1.35 | Vérifié |
| N5 - N6 | 39.95 | 216.63 | 210.40 | 211.81 | 208.85 | 7 | 0.234 | 345 | 400 | 0.4 | 0.9 | 0.4 | 209 | 3.06 | 2.8 | 0.33 | 1.54 | Vérifié |
| N6 - N7 | 27.94 | 210.40 | 210.22 | 208.85 | 208.34 | 0.66 | 0.234 | 482 | 500 | 0.7 | 1.1 | 0.6 | 287 | 2.05 | 1.93 | 0.362 | 1.06 | Vérifié |
| N7 - N8 | 34.02 | 210.22 | 213.43 | 208.34 | 208.27 | 0.2 | 0.354 | 763 | 800 | 0.9 | 1.1 | 0.7 | 583 | 0.9 | 0.8 | 0.403 | 0.44 | Vérifié |
| N8 - N9 | 16.38 | 213.43 | 213.61 | 208.27 | 208.24 | 0.2 | 0.354 | 763 | 800 | 0.9 | 1.1 | 0.7 | 583 | 0.9 | 1.79 | 0.902 | 0.99 | Vérifié |
| N9 - N10 | 28.11 | 213.61 | 215.65 | 208.24 | 208.18 | 0.2 | 0.354 | 763 | 800 | 0.9 | 1.1 | 0.7 | 583 | 0.9 | 0.8 | 0.403 | 0.44 | Vérifié |
| N10 - N11 | 36.31 | 215.65 | 209.70 | 208.18 | 207.82 | 1 | 0.354 | 570 | 630 | 0.4 | 0.9 | 0.4 | 348 | 1.69 | 2.28 | 1.148 | 1.26 | Vérifié |
| N11 - N12 | 22.38 | 209.70 | 202.28 | 201.97 | 200.40 | 7 | 0.354 | 401 | 500 | 0.2 | 0.7 | 0.3 | 208 | 3.4 | 4.75 | 2.386 | 2.61 | Vérifié |
| N12 - N13 | 39.23 | 202.28 | 189.08 | 189.95 | 187.20 | 7 | 0.354 | 401 | 500 | 0.2 | 0.7 | 0.3 | 208 | 3.4 | 4.75 | 2.386 | 2.61 | Vérifié |
| N13 - N14 | 38.7 | 189.08 | 180.87 | 181.70 | 178.99 | 7 | 0.354 | 401 | 500 | 0.2 | 0.7 | 0.3 | 208 | 3.4 | 4.75 | 2.386 | 2.61 | Vérifié |
| N14 - N15 | 32.89 | 180.87 | 173.78 | 174.20 | 171.90 | 7 | 0.354 | 401 | 500 | 0.2 | 0.7 | 0.3 | 208 | 3.4 | 4.75 | 2.386 | 2.61 | Vérifié |
| N15 - N16 | 31.18 | 173.78 | 173.57 | 171.68 | 171.68 | 0.7 | 0.354 | 608 | 630 | 0.5 | 1 | 0.5 | 386 | 1.48 | 1.5 | 0.755 | 0.83 | Vérifié |
| N16 - N17 | 32.75 | 173.57 | 168.41 | 168.83 | 166.53 | 7 | 0.482 | 448 | 500 | 0.2 | 0.8 | 0.3 | 244 | 3.72 | 4.75 | 2.386 | 2.61 | Vérifié |
| N17 - N18 | 28.71 | 168.41 | 168.17 | 166.53 | 166.28 | 0.9 | 0.482 | 650 | 800 | 0.6 | 1 | 0.5 | 430 | 1.75 | 1.7 | 0.856 | 0.94 | Vérifié |
| N18 - N19 | 32.12 | 168.17 | 163.74 | 164.11 | 161.86 | 7 | 0.482 | 448 | 500 | 0.2 | 0.8 | 0.3 | 244 | 3.72 | 4.75 | 2.386 | 2.61 | Vérifié |
| N19 - N20 | 54.72 | 163.74 | 158.21 | 160.17 | 156.33 | 7 | 0.645 | 498 | 630 | 0.3 | 0.9 | 0.4 | 284 | 4.03 | 4.75 | 2.386 | 2.61 | Vérifié |
| N20 - N21 | 32.38 | 158.21 | 155.04 | 155.22 | 153.15 | 6 | 0.709 | 529 | 630 | 0.3 | 0.9 | 0.4 | 312 | 3.91 | 4.4 | 2.209 | 2.42 | Vérifié |
| N21 - N22 | 50.1 | 155.04 | 151.60 | 153.15 | 149.69 | 6.9 | 0.742 | 524 | 630 | 0.3 | 0.9 | 0.4 | 307 | 4.16 | 4.71 | 2.369 | 2.59 | Vérifié |
| N22 - N22-1 | 33.23 | 151.60 | 147.94 | 148.39 | 146.06 | 7 | 0.742 | 524 | 630 | 0.3 | 0.9 | 0.4 | 306 | 4.18 | 4.75 | 2.386 | 2.61 | Vérifié |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|--------|--------|--------|--------|------|-------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|-------|------|---------|
| N22-1 - N23 | 14.42 | 147.94 | 145.95 | 144.88 | 144.07 | 7 | 0.927 | 569 | 630 | 0.4 | 0.9 | 0.4 | 346 | 4.44 | 4.75 | 2.386 | 2.61 | Vérifié |
| N23 - N23-1 | 9.76 | 145.95 | 145.21 | 144.01 | 143.33 | 7 | 0.927 | 569 | 630 | 0.4 | 0.9 | 0.4 | 346 | 4.44 | 4.75 | 2.386 | 2.61 | Vérifié |
| N23-1 - N24 | 13.13 | 145.21 | 144.12 | 143.16 | 142.24 | 7 | 0.95 | 574 | 630 | 0.4 | 0.9 | 0.4 | 351 | 4.47 | 4.75 | 2.386 | 2.61 | Vérifié |
| N24 - N25 | 38.92 | 144.12 | 143.67 | 142.24 | 141.66 | 1.5 | 1.103 | 799 | 800 | 1 | 1.1 | 0.8 | 656 | 2.5 | 2.2 | 1.105 | 1.21 | Vérifié |
| N25 - N26 | 45.98 | 143.67 | 139.42 | 140.76 | 137.10 | 7.96 | 1.103 | 606 | 630 | 0.4 | 1 | 0.5 | 368 | 4.88 | 5.06 | 2.544 | 2.78 | Vérifié |
| N26 - N27 | 20.74 | 139.42 | 140.60 | 137.10 | 137.06 | 0.2 | 1.103 | 1153 | 1200 | 0.9 | 1.1 | 0.7 | 889 | 1.23 | 1.09 | 1.23 | 0.6 | Vérifié |
| N27 - N28 | 26.73 | 140.60 | 142.05 | 137.06 | 137.00 | 0.2 | 1.103 | 1153 | 1200 | 0.9 | 1.1 | 0.7 | 889 | 1.23 | 1.09 | 1.23 | 0.6 | Vérifié |
| N28 - N29 | 22.68 | 142.05 | 140.95 | 137.00 | 136.96 | 0.2 | 1.103 | 1153 | 1200 | 0.9 | 1.1 | 0.7 | 889 | 1.23 | 1.09 | 1.23 | 0.6 | Vérifié |
| N29 - N30 | 19.03 | 140.95 | 138.61 | 136.96 | 136.27 | 3.6 | 1.103 | 682 | 800 | 0.2 | 0.8 | 0.3 | 374 | 3.65 | 4.61 | 5.219 | 2.54 | Vérifié |
| N30 - N31 | 12.79 | 138.61 | 136.09 | 136.27 | 133.77 | 7 | 1.139 | 613 | 800 | 0.2 | 0.7 | 0.3 | 320 | 4.67 | 6.43 | 7.278 | 3.54 | Vérifié |
| N31 - N32 | 20.22 | 136.09 | 130.23 | 129.33 | 127.91 | 7 | 1.139 | 613 | 800 | 0.2 | 0.7 | 0.3 | 320 | 4.67 | 6.43 | 7.278 | 3.54 | Vérifié |
| N32 - N33 | 24.34 | 130.23 | 125.25 | 124.63 | 122.93 | 7 | 1.139 | 613 | 800 | 0.2 | 0.7 | 0.3 | 320 | 4.67 | 6.43 | 7.278 | 3.54 | Vérifié |
| N33 - N34 | 27.6 | 125.25 | 122.49 | 122.10 | 120.17 | 7 | 1.194 | 623 | 800 | 0.2 | 0.7 | 0.3 | 328 | 4.73 | 6.43 | 7.278 | 3.54 | Vérifié |
| N34 - N35 | 23.05 | 122.49 | 120.73 | 120.03 | 118.41 | 7 | 1.194 | 623 | 800 | 0.2 | 0.7 | 0.3 | 328 | 4.73 | 6.43 | 7.278 | 3.54 | Vérifié |
| N35 - N36 | 33.04 | 120.73 | 116.01 | 116.01 | 113.69 | 7 | 1.194 | 623 | 800 | 0.2 | 0.7 | 0.3 | 328 | 4.73 | 6.43 | 7.278 | 3.54 | Vérifié |
| N36 - N37 | 18.79 | 116.01 | 114.51 | 113.50 | 112.19 | 7 | 1.194 | 623 | 800 | 0.2 | 0.7 | 0.3 | 328 | 4.73 | 6.43 | 7.278 | 3.54 | Vérifié |
| N37 - N38 | 12.05 | 114.51 | 113.58 | 112.10 | 111.26 | 7 | 1.194 | 623 | 800 | 0.2 | 0.7 | 0.3 | 328 | 4.73 | 6.43 | 7.278 | 3.54 | Vérifié |
| N38 - N39 | 20.42 | 113.58 | 112.49 | 111.26 | 110.15 | 5.4 | 1.194 | 652 | 800 | 0.2 | 0.8 | 0.3 | 351 | 4.32 | 5.65 | 6.392 | 3.11 | Vérifié |
| N39 - N40 | 12.8 | 112.49 | 111.14 | 109.72 | 108.82 | 7 | 1.194 | 623 | 800 | 0.2 | 0.7 | 0.3 | 328 | 4.73 | 6.43 | 7.278 | 3.54 | Vérifié |
| N40 - N41 | 12.16 | 111.14 | 109.61 | 108.15 | 107.29 | 7 | 1.194 | 623 | 800 | 0.2 | 0.7 | 0.3 | 328 | 4.73 | 6.43 | 7.278 | 3.54 | Vérifié |
| N41 - N42 | 22.68 | 109.61 | 108.88 | 107.29 | 106.55 | 3.3 | 1.272 | 730 | 800 | 0.3 | 0.8 | 0.3 | 413 | 3.69 | 4.42 | 4.997 | 2.43 | Vérifié |
| N42 - N43 | 46.35 | 108.88 | 106.89 | 106.55 | 104.55 | 4.3 | 1.42 | 724 | 800 | 0.3 | 0.8 | 0.3 | 408 | 4.18 | 5.04 | 5.704 | 2.77 | Vérifié |
| N43 - N44 | 34.85 | 106.89 | 104.30 | 104.42 | 101.98 | 7 | 1.42 | 664 | 800 | 0.2 | 0.8 | 0.3 | 359 | 4.99 | 6.43 | 7.278 | 3.54 | Vérifié |
| N44 - N45 | 46.73 | 104.30 | 103.03 | 101.98 | 100.67 | 2.8 | 1.42 | 782 | 800 | 0.3 | 0.9 | 0.4 | 457 | 3.58 | 4.07 | 4.603 | 2.24 | Vérifié |
| N45 - N46 | 15.61 | 103.03 | 99.25 | 98.02 | 96.93 | 7 | 1.42 | 664 | 800 | 0.2 | 0.8 | 0.3 | 359 | 4.99 | 6.43 | 7.278 | 3.54 | Vérifié |
| N46 - N47 | 16.12 | 99.25 | 97.88 | 96.68 | 95.56 | 7 | 1.42 | 664 | 800 | 0.2 | 0.8 | 0.3 | 359 | 4.99 | 6.43 | 7.278 | 3.54 | Vérifié |
| N47 - N48 | 21.59 | 97.88 | 96.57 | 95.56 | 94.24 | 6.1 | 1.42 | 679 | 800 | 0.2 | 0.8 | 0.3 | 372 | 4.74 | 6.01 | 6.794 | 3.3 | Vérifié |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|------|------|-----|-----|-----|------|------|------|-------|------|---------|
| N48 - N49 | 30.26 | 96.57 | 92.17 | 91.97 | 89.85 | 7 | 1.42 | 664 | 800 | 0.2 | 0.8 | 0.3 | 359 | 4.99 | 6.43 | 7.278 | 3.54 | Vérifié |
| N49 - N50 | 64 | 92.17 | 87.44 | 89.60 | 85.12 | 7 | 1.42 | 664 | 800 | 0.2 | 0.8 | 0.3 | 359 | 4.99 | 6.43 | 7.278 | 3.54 | Vérifié |
| N50 - N51 | 18.96 | 87.44 | 85.06 | 84.07 | 82.74 | 7 | 1.42 | 664 | 800 | 0.2 | 0.8 | 0.3 | 359 | 4.99 | 6.43 | 7.278 | 3.54 | Vérifié |
| N51 - N52 | 37.39 | 85.06 | 85.00 | 76.07 | 75.99 | 0.2 | 2.38 | 1525 | 1800 | 0.6 | 1.1 | 0.6 | 1041 | 1.56 | 1.47 | 3.752 | 0.81 | Vérifié |
| N52 - N53 | 38.96 | 85.00 | 83.14 | 75.99 | 75.92 | 0.2 | 2.38 | 1525 | 1800 | 0.6 | 1.1 | 0.6 | 1041 | 1.56 | 1.47 | 3.752 | 0.81 | Vérifié |
| N53 - N54 | 19.78 | 83.14 | 82.37 | 75.92 | 75.88 | 0.2 | 2.38 | 1525 | 1800 | 0.6 | 1.1 | 0.6 | 1041 | 1.56 | 1.47 | 3.752 | 0.81 | Vérifié |
| N54 - N55 | 36.31 | 82.37 | 79.61 | 75.88 | 75.80 | 0.2 | 2.38 | 1525 | 1800 | 0.6 | 1.1 | 0.6 | 1041 | 1.56 | 1.47 | 3.752 | 0.81 | Vérifié |
| N55 - N56 | 57.57 | 79.61 | 71.26 | 72.32 | 68.29 | 7 | 2.38 | 801 | 1000 | 0.1 | 0.7 | 0.2 | 397 | 5.69 | 8.72 | 22.19 | 4.8 | Vérifié |
| N56 - N57 | 36.55 | 71.26 | 66.91 | 66.50 | 63.94 | 7 | 2.38 | 801 | 1000 | 0.1 | 0.7 | 0.2 | 397 | 5.69 | 8.72 | 22.19 | 4.8 | Vérifié |
| N57 - N58 | 54.32 | 66.91 | 64.18 | 63.94 | 61.17 | 5.1 | 2.38 | 847 | 1000 | 0.1 | 0.7 | 0.2 | 430 | 5.08 | 7.44 | 18.94 | 4.09 | Vérifié |
| N58 - N59 | 13.41 | 64.18 | 63.60 | 61.17 | 60.62 | 4.1 | 2.38 | 881 | 1000 | 0.1 | 0.7 | 0.3 | 455 | 4.7 | 6.68 | 16.99 | 3.67 | Vérifié |
| N59 - N60 | 21.49 | 63.60 | 62.04 | 60.57 | 59.07 | 7 | 2.38 | 801 | 1000 | 0.1 | 0.7 | 0.2 | 397 | 5.69 | 8.72 | 22.19 | 4.8 | Vérifié |
| N60 - N61 | 24.64 | 62.04 | 61.01 | 59.07 | 58.03 | 4.2 | 2.38 | 877 | 1000 | 0.1 | 0.7 | 0.3 | 453 | 4.75 | 6.76 | 17.19 | 3.72 | Vérifié |
| N61 - N62 | 70.22 | 61.01 | 57.12 | 58.03 | 54.10 | 5.6 | 2.38 | 832 | 1000 | 0.1 | 0.7 | 0.2 | 420 | 5.25 | 7.8 | 19.85 | 4.29 | Vérifié |
| N62 - N63 | 65.06 | 57.12 | 51.37 | 52.95 | 48.40 | 7 | 2.38 | 801 | 1000 | 0.1 | 0.7 | 0.2 | 397 | 5.69 | 9.8 | 24.94 | 5.39 | Vérifié |
| N63 - N64 | 41.22 | 51.37 | 53.98 | 48.40 | 48.32 | 0.2 | 2.38 | 1525 | 1800 | 0.6 | 1.1 | 0.6 | 1041 | 1.56 | 1.47 | 3.752 | 0.81 | Vérifié |
| N64 - N65 | 37.21 | 53.98 | 56.09 | 42.28 | 42.20 | 0.2 | 2.974 | 1654 | 1800 | 0.8 | 1.1 | 0.7 | 1211 | 1.63 | 1.47 | 3.752 | 0.81 | Vérifié |
| N65 - N66 | 27.66 | 56.09 | 55.25 | 42.20 | 42.15 | 0.2 | 2.974 | 1654 | 1800 | 0.8 | 1.1 | 0.7 | 1211 | 1.63 | 1.47 | 3.752 | 0.81 | Vérifié |
| N66 - N67 | 36.27 | 55.25 | 51.86 | 42.15 | 42.07 | 0.2 | 2.974 | 1654 | 1800 | 0.8 | 1.1 | 0.7 | 1211 | 1.63 | 1.47 | 3.752 | 0.81 | Vérifié |
| N67 - N68 | 41.08 | 51.86 | 46.22 | 42.07 | 41.99 | 0.2 | 2.974 | 1654 | 1800 | 0.8 | 1.1 | 0.7 | 1211 | 1.63 | 1.47 | 3.752 | 0.81 | Vérifié |
| N68 - N69 | 32.21 | 46.22 | 39.80 | 39.09 | 36.83 | 7 | 2.974 | 869 | 1000 | 0.1 | 0.7 | 0.3 | 445 | 6.07 | 10.5 | 26.67 | 5.76 | Vérifié |
| N69 - N70 | 82.8 | 39.80 | 41.00 | 36.83 | 36.67 | 0.2 | 2.974 | 1654 | 1800 | 0.8 | 1.1 | 0.7 | 1211 | 1.63 | 1.47 | 3.752 | 0.81 | Vérifié |
| N70 - N71 | 19.71 | 41.00 | 40.37 | 36.67 | 36.63 | 0.2 | 2.974 | 1654 | 1800 | 0.8 | 1.1 | 0.7 | 1211 | 1.63 | 1.47 | 3.752 | 0.81 | Vérifié |
| N71 - N72 | 19.1 | 40.37 | 39.97 | 36.63 | 36.59 | 0.2 | 2.974 | 1654 | 1800 | 0.8 | 1.1 | 0.7 | 1211 | 1.63 | 1.47 | 3.752 | 0.81 | Vérifié |
| N72 - N73 | 25.49 | 39.97 | 38.80 | 36.59 | 35.82 | 3 | 2.974 | 1011 | 1200 | 0.2 | 0.8 | 0.3 | 552 | 4.48 | 1.47 | 3.752 | 0.81 | Vérifié |
| N73 - N74 | 13.52 | 38.80 | 37.37 | 35.35 | 34.40 | 7 | 2.974 | 869 | 1000 | 0.1 | 0.7 | 0.3 | 445 | 6.07 | 8.72 | 22.19 | 4.8 | Vérifié |
| N74 - N75 | 35.89 | 37.37 | 36.02 | 34.40 | 33.04 | 3.8 | 2.974 | 968 | 1000 | 0.2 | 0.8 | 0.3 | 519 | 4.87 | 6.43 | 16.35 | 3.53 | Vérifié |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|---------|
| N75 - N76 | 123.21 | 36.02 | 36.76 | 33.04 | 32.79 | 0.2 | 3.062 | 1672 | 1800 | 0.8 | 1.1 | 0.7 | 1236 | 1.64 | 1.47 | 3.752 | 0.81 | Vérifié |
| N76 - N77 | 106.53 | 36.76 | 27.09 | 31.58 | 24.12 | 7 | 3.062 | 878 | 1000 | 0.1 | 0.7 | 0.3 | 452 | 6.12 | 8.72 | 22.19 | 4.8 | Vérifié |
| N77 - N77-1 | 54.3 | 27.09 | 23.12 | 23.95 | 20.15 | 7 | 3.062 | 878 | 1000 | 0.1 | 0.7 | 0.3 | 452 | 6.12 | 8.72 | 22.19 | 4.8 | Vérifié |
| N77-1 - N78 | 54.3 | 23.12 | 16.57 | 15.41 | 13.51 | 3.5 | 3.914 | 1086 | 1200 | 0.3 | 0.8 | 0.3 | 613 | 5.11 | 7.58 | 19.29 | 4.17 | Vérifié |
| N78 - N79 | 81.5 | 16.57 | 14.99 | 13.51 | 11.81 | 2.09 | 3.914 | 1214 | 1500 | 0.3 | 0.9 | 0.4 | 704 | 4.24 | 4.8 | 12.22 | 2.64 | Vérifié |
| N79 - N80-1 | 114.64 | 14.99 | 15.17 | 11.81 | 11.58 | 0.2 | 3.914 | 1828 | 2000 | 0.8 | 1.1 | 0.7 | 1331 | 1.76 | 1.6 | 5.012 | 0.88 | Vérifié |
| N80-1 - N80 | 30.65 | 15.17 | 14.95 | 11.58 | 11.56 | 0.2 | 4.552 | 1931 | 2000 | 0.9 | 1.1 | 0.8 | 1498 | 1.8 | 1.6 | 5.012 | 0.88 | Vérifié |
| N80 - N81 | 35.07 | 14.95 | 17.98 | 11.56 | 9.88 | 0.2 | 4.552 | 1931 | 2000 | 0.9 | 1.1 | 0.8 | 1498 | 1.8 | 1.6 | 5.012 | 0.88 | Vérifié |
| N81 - N82 | 35.73 | 17.98 | 15.85 | 9.88 | 9.79 | 0.2 | 4.552 | 1931 | 2000 | 0.9 | 1.1 | 0.8 | 1498 | 1.8 | 1.6 | 5.012 | 0.88 | Vérifié |
| Collecteur N°02 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N83 - N85 | 46.1 | 167.01 | 161.63 | 163.3 | 160.08 | 7 | 0.036 | 175 | 315 | 0.11 | 0.66 | 0.22 | 87 | 1.82 | 2.75 | 0.324 | 1.51 | Vérifié |
| N85 - N86 | 70.6 | 161.63 | 146.42 | 149.97 | 145.03 | 7 | 0.036 | 175 | 315 | 0.11 | 0.66 | 0.22 | 87 | 1.82 | 2.75 | 0.324 | 1.51 | Vérifié |
| N86 - N30 | 25.25 | 146.42 | 138.61 | 138.98 | 137.22 | 7 | 0.036 | 175 | 315 | 0.11 | 0.66 | 0.22 | 87 | 1.82 | 2.75 | 0.324 | 1.51 | Vérifié |
| Collecteur N°03 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N185 - N186 | 44.47 | 131.87 | 131.05 | 130.48 | 129.61 | 2.0 | 0.088 | 304 | 315 | 0.27 | 0.85 | 0.36 | 174 | 1.47 | 1.74 | 0.326 | 1.0 | Vérifié |
| N186 - N187 | 23.65 | 131.05 | 129.70 | 129.61 | 128.31 | 5.5 | 0.088 | 252 | 315 | 0.16 | 0.73 | 0.27 | 132 | 2.13 | 2.91 | 0.546 | 1.6 | Vérifié |
| N187 - N188 | 21.31 | 129.70 | 128.55 | 128.31 | 127.13 | 5.5 | 0.088 | 252 | 315 | 0.16 | 0.73 | 0.27 | 132 | 2.13 | 2.91 | 0.546 | 1.6 | Vérifié |
| N188 - N189 | 33.92 | 128.55 | 126.00 | 126.98 | 124.60 | 7.0 | 0.088 | 242 | 315 | 0.14 | 0.71 | 0.26 | 125 | 2.32 | 3.28 | 0.616 | 1.8 | Vérifié |
| N189 - N190 | 24.03 | 126.00 | 120.42 | 120.71 | 119.03 | 7.0 | 0.088 | 242 | 315 | 0.14 | 0.71 | 0.26 | 125 | 2.32 | 3.28 | 0.616 | 1.8 | Vérifié |
| N190 - N191 | 42.51 | 120.42 | 112.88 | 113.04 | 111.38 | 3.9 | 0.262 | 399 | 500 | 0.57 | 1.03 | 0.54 | 264 | 2.53 | 2.45 | 0.460 | 1.4 | Vérifié |
| N191 - N192 | 24.00 | 112.88 | 111.82 | 111.38 | 110.30 | 4.4 | 0.262 | 390 | 500 | 0.54 | 1.02 | 0.52 | 255 | 2.64 | 2.60 | 0.489 | 1.4 | Vérifié |
| N192 - N193 | 45.96 | 111.82 | 101.23 | 102.95 | 99.73 | 7.0 | 0.262 | 359 | 400 | 0.43 | 0.96 | 0.46 | 223 | 3.15 | 3.28 | 0.616 | 1.8 | Vérifié |
| N193 - N194 | 21.45 | 101.23 | 98.52 | 90.76 | 90.72 | 0.2 | 0.319 | 735 | 800 | 0.79 | 1.11 | 0.67 | 537 | 0.89 | 0.80 | 0.403 | 0.4 | Vérifié |
| N194 - N195 | 34.64 | 98.52 | 97.39 | 90.72 | 90.65 | 0.2 | 0.319 | 735 | 800 | 0.79 | 1.11 | 0.67 | 537 | 0.89 | 0.80 | 0.403 | 0.4 | Vérifié |
| N195 - N196 | 24.64 | 97.39 | 97.77 | 90.65 | 90.60 | 0.2 | 0.319 | 735 | 800 | 0.79 | 1.11 | 0.67 | 537 | 0.89 | 0.80 | 0.403 | 0.4 | Vérifié |
| N196 - N196-1 | 12.57 | 97.77 | 99.63 | 90.60 | 90.57 | 0.2 | 0.319 | 735 | 800 | 0.79 | 1.11 | 0.67 | 537 | 0.89 | 0.80 | 0.403 | 0.4 | Vérifié |
| N196-1 - N197 | 14.14 | 99.63 | 101.71 | 90.57 | 90.55 | 0.2 | 0.444 | 829 | 1000 | 0.60 | 1.04 | 0.56 | 556 | 0.99 | 0.95 | 0.745 | 0.5 | Vérifié |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------|--------|-------|-------|-------|------|-------|-----|------|------|------|------|-----|------|------|-------|------|---------|
| N197 - N198 | 23.34 | 101.71 | 98.39 | 90.55 | 90.50 | 0.2 | 0.444 | 829 | 1000 | 0.60 | 1.04 | 0.56 | 556 | 0.99 | 0.95 | 0.745 | 0.5 | Vérifié |
| N198 - N199 | 26.64 | 98.39 | 89.19 | 88.96 | 87.09 | 7.0 | 0.444 | 435 | 500 | 0.10 | 0.64 | 0.21 | 214 | 3.59 | 5.61 | 4.408 | 3.1 | Vérifié |
| N199 - N200 | 17.14 | 89.19 | 88.18 | 87.09 | 86.08 | 5.9 | 0.444 | 448 | 500 | 0.11 | 0.66 | 0.22 | 223 | 3.39 | 5.15 | 4.047 | 2.8 | Vérifié |
| N200 - N201 | 32.10 | 88.18 | 81.44 | 81.59 | 79.34 | 7.0 | 0.444 | 435 | 500 | 0.10 | 0.64 | 0.21 | 214 | 3.59 | 5.61 | 4.408 | 3.1 | Vérifié |
| N201 - N202 | 21.98 | 81.44 | 83.65 | 77.92 | 77.87 | 0.2 | 0.597 | 923 | 1000 | 0.80 | 1.11 | 0.68 | 678 | 1.05 | 0.95 | 0.745 | 0.5 | Vérifié |
| N202 - N203 | 18.10 | 83.65 | 86.23 | 77.87 | 77.84 | 0.2 | 0.597 | 923 | 1000 | 0.80 | 1.11 | 0.68 | 678 | 1.05 | 0.95 | 0.745 | 0.5 | Vérifié |
| N203 - N204 | 10.58 | 86.23 | 86.09 | 77.84 | 77.82 | 0.2 | 0.597 | 923 | 1000 | 0.80 | 1.11 | 0.68 | 678 | 1.05 | 0.95 | 0.745 | 0.5 | Vérifié |
| N204 - N205 | 37.25 | 86.09 | 78.52 | 77.82 | 76.40 | 3.6 | 0.597 | 546 | 630 | 0.19 | 0.77 | 0.29 | 294 | 3.09 | 4.02 | 3.161 | 2.2 | Vérifié |
| N205 - N206 | 31.99 | 78.52 | 79.21 | 76.40 | 76.34 | 0.2 | 0.597 | 923 | 1000 | 0.80 | 1.11 | 0.68 | 678 | 1.05 | 0.95 | 0.745 | 0.5 | Vérifié |
| N206 - N207 | 21.85 | 79.21 | 80.21 | 76.34 | 76.29 | 0.2 | 0.597 | 923 | 1000 | 0.80 | 1.11 | 0.68 | 678 | 1.05 | 0.95 | 0.745 | 0.5 | Vérifié |
| N207 - N208 | 20.69 | 80.21 | 84.30 | 76.29 | 76.25 | 0.2 | 0.597 | 923 | 1000 | 0.80 | 1.11 | 0.68 | 678 | 1.05 | 0.95 | 0.745 | 0.5 | Vérifié |
| N208 - N209 | 14.35 | 84.30 | 83.40 | 76.25 | 76.22 | 0.2 | 0.597 | 923 | 1000 | 0.80 | 1.11 | 0.68 | 678 | 1.05 | 0.95 | 0.745 | 0.5 | Vérifié |
| N209 - N210 | 51.17 | 83.40 | 80.69 | 76.22 | 76.12 | 0.2 | 0.597 | 923 | 1000 | 0.80 | 1.11 | 0.68 | 678 | 1.05 | 0.95 | 0.745 | 0.5 | Vérifié |
| N210 - N51 | 25.71 | 80.69 | 85.06 | 76.12 | 76.07 | 0.2 | 0.597 | 923 | 1000 | 0.80 | 1.11 | 0.68 | 678 | 1.05 | 0.95 | 0.745 | 0.5 | Vérifié |
| Collecteur N°04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N145 - N145-1 | 13.14 | 24.81 | 22.92 | 22.29 | 21.37 | 7 | 0.284 | 386 | 400 | 0.9 | 1.13 | 0.73 | 281 | 3.10 | 2.75 | 0.32 | 1.51 | Vérifié |
| N145-1 - N146 | 11.76 | 22.92 | 21.25 | 20.68 | 19.86 | 7 | 0.32 | 386 | 400 | 0.99 | 1.14 | 0.81 | 314 | 3.14 | 2.75 | 0.32 | 1.51 | Vérifié |
| N146 - N147 | 22.36 | 21.25 | 18.82 | 18.99 | 17.33 | 7 | 0.32 | 386 | 400 | 0.99 | 1.14 | 0.81 | 314 | 3.14 | 2.75 | 0.32 | 1.51 | Vérifié |
| N147 - N148 | 19.82 | 18.82 | 17.59 | 17.33 | 15.92 | 6.74 | 0.32 | 393 | 500 | 0.53 | 1.01 | 0.52 | 253 | 3.26 | 3.22 | 0.61 | 1.77 | Vérifié |
| N148 - N148-1 | 10.57 | 17.59 | 17.61 | 15.92 | 15.73 | 2.48 | 0.32 | 586 | 630 | 0.52 | 1.01 | 0.51 | 302 | 2.27 | 2.25 | 0.62 | 1.24 | Vérifié |
| N148-1 - N149 | 9.11 | 17.61 | 17.85 | 15.73 | 15.71 | 0.2 | 0.32 | 736 | 800 | 0.79 | 1.11 | 0.67 | 539 | 0.89 | 0.80 | 0.40 | 0.44 | Vérifié |
| N149 - N150 | 20.9 | 17.85 | 18.15 | 15.71 | 15.67 | 0.2 | 0.32 | 736 | 800 | 0.79 | 1.11 | 0.67 | 539 | 0.89 | 0.80 | 0.40 | 0.44 | Vérifié |
| N150 - N151 | 54.32 | 18.15 | 19.93 | 15.67 | 15.56 | 0.2 | 0.32 | 736 | 800 | 0.79 | 1.11 | 0.67 | 539 | 0.89 | 0.80 | 0.40 | 0.44 | Vérifié |
| N151 - N152 | 23.46 | 19.93 | 21.43 | 15.56 | 15.51 | 0.2 | 0.32 | 736 | 800 | 0.79 | 1.11 | 0.67 | 539 | 0.89 | 0.80 | 0.40 | 0.44 | Vérifié |
| N152 - N153 | 21.81 | 21.43 | 21.84 | 15.51 | 15.47 | 0.2 | 0.32 | 736 | 800 | 0.79 | 1.11 | 0.67 | 539 | 0.89 | 0.80 | 0.40 | 0.44 | Vérifié |
| N153 - N77-1 | 29.2 | 21.84 | 23.12 | 15.47 | 15.41 | 0.2 | 0.32 | 736 | 800 | 0.79 | 1.11 | 0.67 | 539 | 0.89 | 0.80 | 0.40 | 0.44 | Vérifié |

| Collecteur N°05 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------|--------|--------|--------|--------|------|-------|-----|-----|------|------|------|-----|-------|------|-------|-------|---------|
| N154 - N155 | 13.07 | 36.88 | 35.56 | 34.92 | 34.01 | 7 | 0.036 | 175 | 315 | 0.11 | 0.66 | 0.23 | 87 | 1.82 | 2.75 | 0.324 | 1.510 | Vérifié |
| N155 - N156 | 25.94 | 35.56 | 31.89 | 32.31 | 30.49 | 7 | 0.036 | 175 | 315 | 0.11 | 0.66 | 0.23 | 87 | 1.82 | 2.75 | 0.324 | 1.510 | Vérifié |
| N156 - N157 | 28.7 | 31.89 | 27.82 | 28.44 | 26.43 | 7 | 0.036 | 175 | 315 | 0.11 | 0.66 | 0.23 | 87 | 1.82 | 2.75 | 0.324 | 1.510 | Vérifié |
| N157 - N158 | 6.71 | 27.82 | 26.86 | 25.94 | 25.47 | 7 | 0.036 | 175 | 315 | 0.11 | 0.66 | 0.23 | 87 | 1.82 | 2.75 | 0.324 | 1.510 | Vérifié |
| N158 - N145-1 | 20.76 | 26.86 | 22.92 | 22.98 | 21.53 | 7 | 0.036 | 175 | 315 | 0.11 | 0.66 | 0.23 | 87 | 1.82 | 2.75 | 0.324 | 1.510 | Vérifié |
| Collecteur N°06 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N284 - N285 | 48.95 | 96.28 | 93.52 | 94.89 | 92.08 | 5.74 | 0.029 | 167 | 315 | 0.05 | 0.54 | 0.16 | 78 | 1.60 | 2.97 | 0.558 | 1.63 | Vérifié |
| N285 - N276 | 30.11 | 93.52 | 95.20 | 92.08 | 92.02 | 0.2 | 0.029 | 307 | 400 | 0.28 | 0.86 | 0.36 | 176 | 0.47 | 0.55 | 0.104 | 0.31 | Vérifié |
| Collecteur N°07 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N280 - N281 | 26.01 | 108.16 | 106.52 | 106.77 | 105.10 | 6.39 | 0.046 | 193 | 315 | 0.1 | 0.6 | 0.2 | 94 | 1.88 | 3.14 | 0.59 | 1.73 | Vérifié |
| N281 - N282 | 10.54 | 106.52 | 104.21 | 103.56 | 102.82 | 7 | 0.046 | 191 | 315 | 0.1 | 0.6 | 0.2 | 93 | 1.950 | 3.28 | 0.62 | 1.81 | Vérifié |
| N282 - N283 | 30.96 | 104.21 | 97.22 | 98.00 | 95.83 | 7 | 0.046 | 191 | 315 | 0.1 | 0.6 | 0.2 | 93 | 1.950 | 3.28 | 0.62 | 1.81 | Vérifié |
| N283 - N276 | 16.67 | 97.22 | 95.20 | 94.98 | 93.81 | 7 | 0.046 | 191 | 315 | 0.1 | 0.6 | 0.2 | 93 | 1.950 | 3.28 | 0.62 | 1.81 | Vérifié |
| Collecteur N°08 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N276 - N277 | 43.69 | 95.20 | 90.86 | 92.02 | 89.44 | 5.9 | 0.098 | 258 | 315 | 0.17 | 0.75 | 0.28 | 137 | 2.25 | 3.01 | 0.566 | 1.66 | Vérifié |
| N277 - N278 | 26.94 | 90.86 | 87.21 | 87.70 | 85.82 | 7.0 | 0.098 | 251 | 315 | 0.16 | 0.73 | 0.27 | 132 | 2.39 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| N278 - N279 | 32.93 | 87.21 | 83.46 | 84.37 | 81.91 | 7.0 | 0.098 | 251 | 315 | 0.16 | 0.73 | 0.27 | 132 | 2.39 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| N279 - N51 | 29.42 | 83.46 | 85.06 | 81.91 | 81.85 | 0.2 | 0.098 | 478 | 315 | 0.94 | 1.14 | 0.77 | 377 | 0.63 | 0.55 | 0.104 | 0.31 | Vérifié |
| Collecteur N°09 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N134 - N135 | 7.63 | 50.74 | 50.88 | 49.35 | 49.33 | 0.20 | 0.048 | 369 | 400 | 0.46 | 0.98 | 0.48 | 233 | 0.54 | 0.55 | 0.104 | 0.31 | Vérifié |
| N135 - N136 | 5.56 | 50.88 | 51.17 | 49.33 | 49.32 | 0.20 | 0.048 | 369 | 400 | 0.46 | 0.98 | 0.48 | 233 | 0.54 | 0.55 | 0.104 | 0.31 | Vérifié |
| N136 - N137 | 10.88 | 51.17 | 52.83 | 49.32 | 49.30 | 0.20 | 0.048 | 369 | 400 | 0.46 | 0.98 | 0.48 | 233 | 0.54 | 0.55 | 0.104 | 0.31 | Vérifié |
| N137 - N138 | 14.18 | 52.83 | 54.23 | 49.30 | 49.27 | 0.20 | 0.048 | 369 | 400 | 0.46 | 0.98 | 0.48 | 233 | 0.54 | 0.55 | 0.104 | 0.31 | Vérifié |
| N138 - N139 | 20.18 | 54.23 | 54.49 | 49.27 | 49.23 | 0.20 | 0.048 | 369 | 400 | 0.46 | 0.98 | 0.48 | 233 | 0.54 | 0.55 | 0.104 | 0.31 | Vérifié |
| N139 - N140 | 44.25 | 54.49 | 48.32 | 49.23 | 46.89 | 5.30 | 0.048 | 203 | 315 | 0.09 | 0.62 | 0.20 | 99 | 1.77 | 2.86 | 0.536 | 1.57 | Vérifié |
| N140 - N141 | 41.91 | 48.32 | 47.09 | 46.89 | 45.67 | 2.90 | 0.048 | 227 | 315 | 0.12 | 0.68 | 0.23 | 115 | 1.43 | 2.11 | 0.397 | 1.16 | Vérifié |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------|--------|--------|--------|--------|------|-------|--------|-----|------|------|------|-----|------|------|-------|------|---------|
| N141 - N142 | 26.13 | 47.09 | 47.73 | 45.67 | 45.62 | 0.20 | 0.048 | 369 | 400 | 0.46 | 0.98 | 0.48 | 233 | 0.54 | 0.55 | 0.104 | 0.31 | Vérifié |
| N142 - N143 | 13.65 | 47.73 | 45.91 | 45.62 | 44.52 | 7.00 | 0.048 | 194 | 315 | 0.08 | 0.60 | 0.19 | 94 | 1.97 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| N143 - N144 | 11.41 | 45.91 | 42.72 | 42.13 | 41.33 | 7.00 | 0.048 | 194 | 315 | 0.08 | 0.60 | 0.19 | 94 | 1.97 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| N144 - N96 | 26.49 | 42.72 | 37.15 | 37.61 | 35.05 | 9.29 | 0.048 | 194 | 315 | 0.07 | 0.58 | 0.18 | 90 | 2.21 | 3.78 | 0.710 | 2.08 | Vérifié |
| Collecteur N°10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N226 - N227 | 30 | 141.92 | 136.25 | 136.80 | 134.70 | 7 | 0.027 | 157 | 315 | 0.04 | 0.50 | 0.14 | 69 | 1.64 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| N227 - N228 | 34 | 136.25 | 131.81 | 132.79 | 130.41 | 7 | 0.027 | 157 | 315 | 0.04 | 0.50 | 0.14 | 69 | 1.64 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| N228 - N229 | 26.67 | 131.81 | 128.80 | 129.28 | 127.41 | 7 | 0.075 | 228 | 315 | 0.12 | 0.68 | 0.24 | 115 | 2.22 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| N229 - N230 | 35.77 | 128.80 | 125.49 | 126.60 | 124.10 | 7 | 0.075 | 228 | 315 | 0.12 | 0.68 | 0.24 | 115 | 2.22 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| N230 - N231 | 11.08 | 125.49 | 123.28 | 122.66 | 121.89 | 7 | 0.075 | 228 | 315 | 0.12 | 0.68 | 0.24 | 115 | 2.22 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| N231 - N190 | 16.84 | 123.28 | 120.42 | 120.21 | 119.03 | 7 | 0.075 | 228 | 315 | 0.12 | 0.68 | 0.24 | 115 | 2.22 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| Collecteur N°11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N179 - N180 | 29.37 | 169.11 | 162.33 | 164.00 | 160.78 | 7.0 | 0.064 | 215.00 | 315 | 0.2 | 0.78 | 0.30 | 117 | 2.14 | 2.75 | 0.324 | 1.51 | Vérifié |
| N180 - N181 | 30.62 | 162.33 | 159.39 | 159.73 | 157.99 | 7.0 | 0.064 | 215.00 | 315 | 0.2 | 0.78 | 0.30 | 117 | 2.14 | 2.75 | 0.324 | 1.51 | Vérifié |
| N181 - N182 | 35.88 | 159.39 | 157.09 | 157.80 | 155.70 | 3.4 | 0.064 | 245.00 | 315 | 0.3 | 0.86 | 0.36 | 141 | 1.65 | 1.92 | 0.226 | 1.06 | Vérifié |
| N182 - N183 | 19.26 | 157.09 | 156.81 | 155.70 | 155.41 | 0.2 | 0.064 | 410.00 | 500 | 0.6 | 1.05 | 0.57 | 277 | 0.58 | 0.55 | 0.104 | 0.31 | Vérifié |
| N183 - N184 | 39.83 | 156.81 | 156.82 | 155.41 | 155.29 | 0.2 | 0.064 | 410.00 | 500 | 0.6 | 1.05 | 0.57 | 277 | 0.58 | 0.55 | 0.104 | 0.31 | Vérifié |
| N184 - N20 | 31.72 | 156.82 | 158.21 | 155.29 | 155.22 | 0.2 | 0.064 | 410.00 | 500 | 0.6 | 1.05 | 0.57 | 277 | 0.58 | 0.55 | 0.104 | 0.31 | Vérifié |
| Collecteur N°12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N163 - N164 | 19.01 | 147.39 | 149.26 | 145.60 | 145.55 | 0.20 | 0.185 | 603 | 630 | 0.81 | 1.11 | 0.68 | 445 | 0.77 | 0.69 | 0.228 | 0.38 | Vérifié |
| N164 - N165 | 16.54 | 149.26 | 152.82 | 145.55 | 145.49 | 0.20 | 0.185 | 603 | 630 | 0.81 | 1.11 | 0.68 | 445 | 0.77 | 0.69 | 0.228 | 0.38 | Vérifié |
| N165 - N166 | 35.32 | 152.82 | 152.57 | 145.49 | 145.45 | 0.20 | 0.185 | 603 | 630 | 0.81 | 1.11 | 0.68 | 445 | 0.77 | 0.69 | 0.228 | 0.38 | Vérifié |
| N166 - N167 | 28.02 | 152.57 | 153.32 | 145.45 | 145.39 | 0.20 | 0.185 | 603 | 630 | 0.81 | 1.11 | 0.68 | 445 | 0.77 | 0.69 | 0.228 | 0.38 | Vérifié |
| N167 - N168 | 31.51 | 153.32 | 151.30 | 145.39 | 145.34 | 1.50 | 0.185 | 418 | 500 | 0.30 | 0.87 | 0.37 | 243 | 1.64 | 1.88 | 0.624 | 1.03 | Vérifié |
| N168 - N169 | 34.70 | 151.30 | 148.19 | 145.34 | 145.27 | 1.25 | 0.185 | 442 | 500 | 0.32 | 0.89 | 0.39 | 255 | 1.53 | 1.72 | 0.570 | 0.94 | Vérifié |
| N169 - N170 | 26.45 | 148.19 | 147.97 | 145.27 | 145.21 | 0.20 | 0.185 | 603 | 630 | 0.81 | 1.11 | 0.68 | 445 | 0.77 | 0.69 | 0.228 | 0.38 | Vérifié |
| N170 - N171 | 29.26 | 147.97 | 150.15 | 145.21 | 145.14 | 0.20 | 0.185 | 603 | 630 | 0.81 | 1.11 | 0.68 | 445 | 0.77 | 0.69 | 0.228 | 0.38 | Vérifié |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------|--------|--------|--------|--------|------|-------|-----|-----|------|------|------|-----|-------|------|-------|------|---------|
| N171 - N172 | 50.51 | 150.15 | 150.08 | 145.14 | 145.06 | 0.20 | 0.185 | 603 | 630 | 0.81 | 1.11 | 0.68 | 445 | 0.77 | 0.69 | 0.228 | 0.38 | Vérifié |
| N172 - N173 | 25.68 | 150.08 | 147.69 | 145.06 | 144.97 | 0.49 | 0.185 | 603 | 630 | 0.52 | 1.01 | 0.51 | 333 | 1.08 | 1.07 | 0.356 | 0.59 | Vérifié |
| N173 - N174 | 27.44 | 147.69 | 147.71 | 144.97 | 144.92 | 0.20 | 0.185 | 603 | 630 | 0.81 | 1.11 | 0.68 | 445 | 0.77 | 0.69 | 0.228 | 0.38 | Vérifié |
| N174 - N175 | 11.25 | 147.71 | 147.30 | 144.92 | 144.89 | 3.01 | 0.185 | 384 | 400 | 0.21 | 0.79 | 0.31 | 202 | 2.10 | 2.66 | 0.884 | 1.46 | Vérifié |
| N175 - N22-1 | 7.27 | 147.30 | 147.94 | 144.89 | 144.88 | 0.20 | 0.185 | 603 | 630 | 0.81 | 1.11 | 0.68 | 445 | 0.77 | 0.69 | 0.228 | 0.38 | Vérifié |
| Collecteur N°13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N236 - N237 | 15.06 | 128.67 | 127.42 | 126.92 | 125.87 | 5.1 | 0.086 | 253 | 315 | 0.16 | 0.73 | 0.27 | 133 | 2.06 | 2.80 | 0.53 | 1.54 | Vérifié |
| N237 - N238 | 69.85 | 127.42 | 124.01 | 125.87 | 122.59 | 5.1 | 0.086 | 253 | 315 | 0.16 | 0.73 | 0.27 | 133 | 2.06 | 2.80 | 0.526 | 1.54 | Vérifié |
| N238 - N239 | 11.28 | 124.01 | 122.45 | 122.59 | 121.06 | 7.0 | 0.086 | 240 | 315 | 0.14 | 0.70 | 0.25 | 123 | 2.31 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| N239 - N240 | 37.67 | 122.45 | 114.75 | 116.00 | 109.86 | 7.0 | 0.086 | 240 | 315 | 0.14 | 0.70 | 0.25 | 123 | 2.31 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| N240 - N241 | 23.66 | 114.75 | 109.59 | 109.86 | 105.89 | 7.0 | 0.086 | 240 | 315 | 0.14 | 0.70 | 0.25 | 123 | 2.31 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| N241 - N242 | 30.88 | 109.59 | 105.12 | 105.89 | 102.39 | 7.0 | 0.086 | 240 | 315 | 0.14 | 0.70 | 0.25 | 123 | 2.31 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| N242 - N243 | 18.96 | 105.12 | 102.45 | 102.39 | 99.67 | 7.0 | 0.086 | 240 | 315 | 0.14 | 0.70 | 0.25 | 123 | 2.31 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| N243 - N196-1 | 20.47 | 102.45 | 99.63 | 99.67 | 90.57 | 7.0 | 0.086 | 240 | 315 | 0.14 | 0.70 | 0.25 | 123 | 2.31 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| Collecteur N°14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N249 - N250 | 34.37 | 126.82 | 118.04 | 120.02 | 116.49 | 7.0 | 0.078 | 231 | 315 | 0.24 | 0.82 | 0.33 | 129 | 2.26 | 2.75 | 0.324 | 1.51 | Vérifié |
| N250 - N251 | 13.18 | 118.04 | 115.06 | 113.66 | 113.66 | 7.0 | 0.078 | 231 | 315 | 0.24 | 0.82 | 0.33 | 129 | 2.26 | 2.75 | 0.324 | 1.51 | Vérifié |
| N251 - N252 | 11.45 | 115.06 | 114.30 | 113.55 | 112.91 | 7.0 | 0.078 | 231 | 315 | 0.24 | 0.82 | 0.33 | 129 | 2.26 | 2.75 | 0.324 | 1.51 | Vérifié |
| N252 - N253 | 14.96 | 114.30 | 112.95 | 112.91 | 111.55 | 6.8 | 0.078 | 232 | 315 | 0.24 | 0.82 | 0.34 | 130 | 2.24 | 2.71 | 0.319 | 1.49 | Vérifié |
| N253 - N254 | 15.08 | 112.95 | 111.98 | 111.55 | 110.58 | 3.7 | 0.078 | 259 | 315 | 0.33 | 0.90 | 0.40 | 153 | 1.80 | 2.00 | 0.236 | 1.10 | Vérifié |
| N254 - N255 | 18.31 | 111.98 | 110.28 | 110.16 | 108.88 | 7.0 | 0.078 | 231 | 315 | 0.24 | 0.82 | 0.33 | 129 | 2.26 | 2.75 | 0.324 | 1.51 | Vérifié |
| N255 - N41 | 12.35 | 110.28 | 109.61 | 108.88 | 107.29 | 12.1 | 0.078 | 242 | 315 | 0.18 | 0.76 | 0.29 | 112 | 2.75 | 3.61 | 0.425 | 1.99 | Vérifié |
| Collecteur N°15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N211 - N212 | 19.31 | 103.63 | 100.12 | 99.92 | 98.57 | 7.0 | 0.04 | 181 | 315 | 0.06 | 0.58 | 0.18 | 89 | 1.900 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| N212 - N213 | 19.70 | 100.12 | 97.78 | 97.77 | 96.39 | 7.0 | 0.04 | 181 | 315 | 0.06 | 0.58 | 0.18 | 89 | 1.90 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| N213 - N214 | 22.76 | 97.78 | 94.37 | 94.57 | 92.98 | 7.0 | 0.04 | 181 | 315 | 0.06 | 0.58 | 0.18 | 89 | 1.90 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| N214 - N215 | 19.27 | 94.37 | 92.37 | 92.33 | 90.98 | 7.0 | 0.04 | 181 | 315 | 0.06 | 0.58 | 0.18 | 89 | 1.90 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------|--------|--------|--------|--------|------|-------|-----|-----|------|------|------|-----|-------|------|-------|------|---------|
| N215 - N216 | 28.11 | 92.37 | 92.91 | 90.98 | 90.92 | 0.2 | 0.04 | 345 | 400 | 0.38 | 0.93 | 0.43 | 210 | 0.52 | 0.55 | 0.104 | 0.31 | Vérifié |
| N216 - N217 | 18.79 | 92.91 | 94.21 | 90.92 | 90.89 | 0.2 | 0.04 | 345 | 400 | 0.38 | 0.93 | 0.43 | 210 | 0.52 | 0.55 | 0.104 | 0.31 | Vérifié |
| N217 - N218 | 23.07 | 94.21 | 96.84 | 90.89 | 90.84 | 0.2 | 0.04 | 345 | 400 | 0.38 | 0.93 | 0.43 | 210 | 0.52 | 0.55 | 0.104 | 0.31 | Vérifié |
| N218 - N219 | 23.66 | 96.84 | 100.92 | 90.84 | 90.79 | 0.2 | 0.04 | 345 | 400 | 0.38 | 0.93 | 0.43 | 210 | 0.52 | 0.55 | 0.104 | 0.31 | Vérifié |
| N219 - N193 | 15.85 | 100.92 | 101.23 | 90.79 | 90.76 | 0.2 | 0.04 | 345 | 400 | 0.38 | 0.93 | 0.43 | 210 | 0.52 | 0.55 | 0.104 | 0.31 | Vérifié |
| Collecteur N°16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N258 - N259 | 20.04 | 85.04 | 82.03 | 81.88 | 80.48 | 7.0 | 0.186 | 317 | 400 | 0.30 | 0.87 | 0.38 | 184 | 2.87 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| N259 - N260 | 26.91 | 82.03 | 77.78 | 78.27 | 76.38 | 7.0 | 0.186 | 317 | 400 | 0.30 | 0.87 | 0.38 | 184 | 2.87 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| N260 - N261 | 16.96 | 77.78 | 74.86 | 74.65 | 73.47 | 7.0 | 0.186 | 317 | 400 | 0.30 | 0.87 | 0.38 | 184 | 2.87 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| N261 - N262 | 23.13 | 74.86 | 70.98 | 71.21 | 69.59 | 7.0 | 0.186 | 317 | 400 | 0.30 | 0.87 | 0.38 | 184 | 2.87 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| N262 - N263 | 52.33 | 70.98 | 67.37 | 69.59 | 65.98 | 6.9 | 0.186 | 317 | 400 | 0.30 | 0.88 | 0.38 | 185 | 2.85 | 3.26 | 0.612 | 1.79 | Vérifié |
| N263 - N264 | 41.78 | 67.37 | 66.05 | 65.98 | 64.64 | 3.2 | 0.186 | 365 | 400 | 0.45 | 0.97 | 0.47 | 229 | 2.15 | 2.22 | 0.417 | 1.22 | Vérifié |
| N264 - N265 | 44.03 | 66.05 | 62.16 | 60.76 | 60.76 | 7.0 | 0.186 | 317 | 400 | 0.30 | 0.87 | 0.38 | 184 | 2.87 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| N265 - N266 | 41.83 | 62.16 | 59.50 | 60.76 | 57.78 | 7.1 | 0.186 | 322 | 400 | 0.30 | 0.87 | 0.38 | 184 | 2.88 | 3.30 | 0.619 | 1.81 | Vérifié |
| N266 - N267 | 27.83 | 59.50 | 59.76 | 57.78 | 57.73 | 0.2 | 0.186 | 604 | 630 | 0.82 | 1.12 | 0.69 | 447 | 0.77 | 0.69 | 0.228 | 0.38 | Vérifié |
| N267 - N268 | 27.47 | 59.76 | 60.16 | 57.73 | 57.67 | 0.2 | 0.186 | 604 | 630 | 0.82 | 1.12 | 0.69 | 447 | 0.77 | 0.69 | 0.228 | 0.38 | Vérifié |
| N268 - N269 | 23.00 | 60.16 | 56.94 | 56.84 | 55.23 | 7.0 | 0.186 | 317 | 630 | 0.14 | 0.70 | 0.25 | 163 | 2.85 | 4.06 | 1.348 | 2.23 | Vérifié |
| N269 - N270 | 20.97 | 56.94 | 53.74 | 53.50 | 52.03 | 7.0 | 0.186 | 317 | 630 | 0.14 | 0.70 | 0.25 | 163 | 2.85 | 4.06 | 1.348 | 2.23 | Vérifié |
| N270 - N271 | 22.93 | 53.74 | 47.97 | 47.86 | 46.26 | 7.0 | 0.186 | 317 | 630 | 0.14 | 0.70 | 0.25 | 163 | 2.85 | 4.06 | 1.348 | 2.23 | Vérifié |
| N271 - N272 | 17.26 | 47.97 | 44.36 | 43.86 | 42.58 | 7.4 | 0.186 | 317 | 630 | 0.13 | 0.70 | 0.25 | 161 | 2.91 | 4.19 | 1.390 | 2.30 | Vérifié |
| N272 - N273 | 43.40 | 44.36 | 50.01 | 42.58 | 42.49 | 0.2 | 0.186 | 604 | 630 | 0.82 | 1.12 | 0.69 | 447 | 0.77 | 0.69 | 0.228 | 0.38 | Vérifié |
| N273 - N274 | 15.10 | 50.01 | 51.66 | 42.49 | 42.46 | 0.2 | 0.186 | 604 | 630 | 0.82 | 1.12 | 0.69 | 447 | 0.77 | 0.69 | 0.228 | 0.38 | Vérifié |
| N274 - N275 | 44.47 | 51.66 | 56.50 | 42.46 | 42.37 | 0.2 | 0.186 | 604 | 630 | 0.82 | 1.12 | 0.69 | 447 | 0.77 | 0.69 | 0.228 | 0.38 | Vérifié |
| N275 - N64 | 47.28 | 56.50 | 53.98 | 42.37 | 42.28 | 0.2 | 0.186 | 604 | 630 | 0.82 | 1.12 | 0.69 | 447 | 0.77 | 0.69 | 0.228 | 0.38 | Vérifié |
| Collecteur N°17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N176 - N177 | 22.31 | 160.35 | 158.17 | 158.18 | 156.62 | 7.45 | 0.033 | 160 | 315 | 0.05 | 0.55 | 0.17 | 81 | 1.800 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| N177 - N178 | 31.98 | 158.17 | 156.27 | 156.62 | 154.86 | 6.30 | 0.033 | 172 | 315 | 0.06 | 0.57 | 0.17 | 85 | 1.760 | 3.11 | 0.585 | 1.71 | Vérifié |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------|--------|--------|--------|--------|------|-------|-----|------|------|------|------|-----|-------|------|-------|------|---------|
| N178 - N21 | 10.90 | 156.27 | 155.04 | 154.41 | 153.65 | 7.00 | 0.033 | 169 | 315 | 0.05 | 0.55 | 0.17 | 81 | 1.800 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| Collecteur N°18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N126 - N127 | 5.29 | 45.54 | 45.59 | 44.05 | 44.03 | 0.2 | 0.07 | 430 | 500 | 0.70 | 1.08 | 0.62 | 302 | 0.60 | 0.55 | 0.104 | 0.31 | Vérifié |
| N127 - N128 | 4.04 | 45.59 | 45.50 | 44.03 | 44.01 | 0.7 | 0.07 | 342 | 400 | 0.37 | 0.93 | 0.42 | 207 | 0.96 | 1.04 | 0.195 | 0.57 | Vérifié |
| N128 - N129 | 6.58 | 45.50 | 44.45 | 43.41 | 42.95 | 7.0 | 0.07 | 226 | 315 | 0.12 | 0.67 | 0.23 | 113 | 2.20 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| N129 - N130 | 3.10 | 44.45 | 44.15 | 42.88 | 42.66 | 7.0 | 0.07 | 226 | 315 | 0.12 | 0.67 | 0.23 | 113 | 2.20 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| N130 - N131 | 4.02 | 44.15 | 44.25 | 42.66 | 42.65 | 0.2 | 0.07 | 430 | 500 | 0.70 | 1.08 | 0.62 | 302 | 0.60 | 0.55 | 0.104 | 0.31 | Vérifié |
| N131 - N132 | 13.53 | 44.25 | 45.37 | 42.65 | 42.62 | 0.2 | 0.07 | 430 | 500 | 0.70 | 1.08 | 0.62 | 302 | 0.60 | 0.55 | 0.104 | 0.31 | Vérifié |
| N132 - N133 | 8.47 | 45.37 | 45.91 | 42.62 | 42.61 | 0.2 | 0.07 | 430 | 500 | 0.70 | 1.08 | 0.62 | 302 | 0.60 | 0.55 | 0.104 | 0.31 | Vérifié |
| N133 - N89 | 7.87 | 45.91 | 46.10 | 42.61 | 42.59 | 0.2 | 0.07 | 430 | 500 | 0.70 | 1.08 | 0.62 | 302 | 0.60 | 0.55 | 0.104 | 0.31 | Vérifié |
| N89 - N90 | 5.58 | 46.10 | 45.83 | 42.59 | 42.58 | 0.2 | 0.07 | 430 | 500 | 0.70 | 1.08 | 0.62 | 302 | 0.60 | 0.55 | 0.104 | 0.31 | Vérifié |
| N90 - N91 | 3.67 | 45.83 | 45.18 | 42.58 | 42.57 | 0.2 | 0.07 | 430 | 500 | 0.70 | 1.08 | 0.62 | 302 | 0.60 | 0.55 | 0.104 | 0.31 | Vérifié |
| N91 - N92 | 3.29 | 45.18 | 44.50 | 42.57 | 42.57 | 0.2 | 0.07 | 430 | 500 | 0.70 | 1.08 | 0.62 | 302 | 0.60 | 0.55 | 0.104 | 0.31 | Vérifié |
| N92 - N93 | 29.18 | 44.50 | 42.87 | 42.57 | 41.37 | 4.1 | 0.07 | 248 | 315 | 0.15 | 0.72 | 0.27 | 130 | 1.82 | 2.51 | 0.472 | 1.38 | Vérifié |
| N93 - N94 | 16.37 | 42.87 | 41.41 | 41.06 | 39.92 | 7.0 | 0.07 | 226 | 315 | 0.12 | 0.67 | 0.23 | 113 | 2.20 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| N94 - N95 | 26.51 | 41.41 | 38.95 | 39.31 | 37.45 | 7.0 | 0.07 | 226 | 315 | 0.12 | 0.67 | 0.23 | 113 | 2.20 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| N95 - N96 | 27.22 | 38.95 | 37.15 | 37.45 | 35.05 | 8.8 | 0.07 | 227 | 315 | 0.11 | 0.65 | 0.22 | 107 | 2.39 | 3.69 | 0.692 | 2.03 | Vérifié |
| N96 - N97 | 13.33 | 37.15 | 38.03 | 35.05 | 35.02 | 0.2 | 0.49 | 859 | 1000 | 0.66 | 1.07 | 0.59 | 592 | 1.01 | 0.95 | 0.745 | 0.52 | Vérifié |
| N97 - N98 | 15.49 | 38.03 | 40.88 | 35.02 | 34.99 | 0.2 | 0.49 | 859 | 1000 | 0.66 | 1.07 | 0.59 | 592 | 1.01 | 0.95 | 0.745 | 0.52 | Vérifié |
| N98 - N99 | 29.99 | 40.88 | 39.86 | 34.99 | 34.93 | 0.2 | 0.49 | 859 | 1000 | 0.66 | 1.07 | 0.59 | 592 | 1.01 | 0.95 | 0.745 | 0.52 | Vérifié |
| N99 - N100 | 21.67 | 39.86 | 39.32 | 34.93 | 34.89 | 0.2 | 0.49 | 859 | 1000 | 0.66 | 1.07 | 0.59 | 592 | 1.01 | 0.95 | 0.745 | 0.52 | Vérifié |
| N100 - N101 | 29.58 | 39.32 | 41.08 | 34.89 | 34.83 | 0.2 | 0.49 | 859 | 1000 | 0.66 | 1.07 | 0.59 | 592 | 1.01 | 0.95 | 0.745 | 0.52 | Vérifié |
| N101 - N102 | 24.47 | 41.08 | 41.08 | 34.83 | 34.78 | 0.2 | 0.49 | 859 | 1000 | 0.66 | 1.07 | 0.59 | 592 | 1.01 | 0.95 | 0.745 | 0.52 | Vérifié |
| N102 - N103 | 23.74 | 41.08 | 38.25 | 34.78 | 34.73 | 0.2 | 0.49 | 859 | 1000 | 0.66 | 1.07 | 0.59 | 592 | 1.01 | 0.95 | 0.745 | 0.52 | Vérifié |
| N103 - N104 | 43.41 | 38.25 | 32.54 | 33.48 | 30.44 | 7.0 | 0.49 | 451 | 500 | 0.11 | 0.66 | 0.22 | 225 | 3.70 | 5.61 | 4.408 | 3.09 | Vérifié |
| N104 - N105 | 17.34 | 32.54 | 30.18 | 29.29 | 28.08 | 7.0 | 0.49 | 451 | 500 | 0.11 | 0.66 | 0.22 | 225 | 3.70 | 5.61 | 4.408 | 3.09 | Vérifié |
| N105 - N106 | 10.12 | 30.18 | 29.90 | 28.08 | 27.80 | 2.8 | 0.49 | 531 | 630 | 0.18 | 0.75 | 0.28 | 283 | 2.66 | 3.55 | 2.788 | 1.95 | Vérifié |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------|--------|--------|--------|--------|-----|-------|-----|------|------|------|------|-----|------|------|-------|------|---------|
| N106 - N107 | 20.98 | 29.90 | 29.26 | 27.80 | 27.15 | 3.1 | 0.49 | 522 | 630 | 0.17 | 0.74 | 0.28 | 276 | 2.76 | 3.73 | 2.933 | 2.05 | Vérifié |
| N107 - N108 | 26.64 | 29.26 | 28.48 | 27.15 | 26.37 | 2.9 | 0.49 | 528 | 630 | 0.17 | 0.75 | 0.28 | 281 | 2.70 | 3.61 | 2.837 | 1.99 | Vérifié |
| N108 - N109 | 29.36 | 28.48 | 27.81 | 26.37 | 25.70 | 2.3 | 0.49 | 551 | 630 | 0.19 | 0.77 | 0.30 | 299 | 2.49 | 3.22 | 2.527 | 1.77 | Vérifié |
| N109 - N110 | 39.01 | 27.81 | 27.12 | 25.70 | 25.00 | 1.8 | 0.49 | 576 | 630 | 0.22 | 0.80 | 0.32 | 318 | 2.28 | 2.85 | 2.235 | 1.57 | Vérifié |
| N110 - N111 | 28.21 | 27.12 | 28.01 | 25.00 | 24.94 | 0.2 | 0.49 | 859 | 1000 | 0.66 | 1.07 | 0.59 | 592 | 1.01 | 0.95 | 0.745 | 0.52 | Vérifié |
| N111 - N112 | 17.87 | 28.01 | 29.15 | 24.94 | 24.90 | 0.2 | 0.49 | 859 | 1000 | 0.66 | 1.07 | 0.59 | 592 | 1.01 | 0.95 | 0.745 | 0.52 | Vérifié |
| N112 - N113 | 19.22 | 29.15 | 30.56 | 24.90 | 24.86 | 0.2 | 0.49 | 859 | 1000 | 0.66 | 1.07 | 0.59 | 592 | 1.01 | 0.95 | 0.745 | 0.52 | Vérifié |
| N113 - N114 | 93.78 | 30.56 | 31.35 | 24.86 | 24.68 | 0.2 | 0.49 | 859 | 1000 | 0.66 | 1.07 | 0.59 | 592 | 1.01 | 0.95 | 0.745 | 0.52 | Vérifié |
| N114 - N115 | 40.95 | 31.35 | 29.34 | 24.68 | 24.59 | 0.2 | 0.49 | 859 | 1000 | 0.66 | 1.07 | 0.59 | 592 | 1.01 | 0.95 | 0.745 | 0.52 | Vérifié |
| N115 - N116 | 34.22 | 29.34 | 27.90 | 24.59 | 24.53 | 0.2 | 0.49 | 859 | 1000 | 0.66 | 1.07 | 0.59 | 592 | 1.01 | 0.95 | 0.745 | 0.52 | Vérifié |
| N116 - N117 | 32.09 | 27.90 | 26.52 | 24.53 | 24.40 | 0.4 | 0.49 | 757 | 800 | 0.47 | 0.98 | 0.48 | 479 | 1.32 | 1.34 | 1.054 | 0.74 | Vérifié |
| N117 - N118 | 27.03 | 26.52 | 26.22 | 24.40 | 24.10 | 1.1 | 0.49 | 630 | 800 | 0.28 | 0.86 | 0.36 | 362 | 1.91 | 2.22 | 1.747 | 1.22 | Vérifié |
| N118 - N119 | 65.24 | 26.22 | 23.39 | 24.10 | 21.23 | 4.4 | 0.49 | 490 | 630 | 0.14 | 0.70 | 0.25 | 253 | 3.14 | 4.45 | 3.495 | 2.45 | Vérifié |
| N119 - N120 | 34.50 | 23.39 | 21.41 | 21.23 | 19.30 | 5.6 | 0.49 | 469 | 630 | 0.12 | 0.68 | 0.24 | 238 | 3.42 | 5.02 | 3.943 | 2.76 | Vérifié |
| N120 - N121 | 30.08 | 21.41 | 19.95 | 19.30 | 17.85 | 4.8 | 0.49 | 482 | 630 | 0.13 | 0.70 | 0.25 | 248 | 3.24 | 4.65 | 3.650 | 2.56 | Vérifié |
| N121 - N122 | 31.97 | 19.95 | 18.88 | 17.85 | 16.77 | 3.4 | 0.49 | 513 | 630 | 0.16 | 0.73 | 0.27 | 269 | 2.85 | 3.91 | 3.072 | 2.15 | Vérifié |
| N122 - N123 | 39.36 | 18.88 | 17.94 | 16.77 | 15.82 | 2.4 | 0.49 | 547 | 630 | 0.19 | 0.77 | 0.30 | 295 | 2.53 | 3.29 | 2.581 | 1.81 | Vérifié |
| N123 - N124 | 27.77 | 17.94 | 16.33 | 15.82 | 14.21 | 5.8 | 0.49 | 466 | 500 | 0.12 | 0.68 | 0.24 | 236 | 3.46 | 5.11 | 4.012 | 2.81 | Vérifié |
| N124 - N125 | 50.34 | 16.33 | 15.00 | 14.21 | 12.85 | 2.7 | 0.49 | 535 | 630 | 0.18 | 0.75 | 0.29 | 286 | 2.63 | 3.49 | 2.738 | 1.92 | Vérifié |
| N125 - N80-1 | 43.53 | 15.00 | 15.17 | 12.85 | 12.77 | 0.2 | 0.49 | 859 | 1000 | 0.66 | 1.07 | 0.59 | 592 | 1.01 | 0.95 | 0.745 | 0.52 | Vérifié |
| Collecteur N°19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N220 - N221 | 31.91 | 124.44 | 119.83 | 120.51 | 118.28 | 7.0 | 0.066 | 218 | 315 | 0.11 | 0.65 | 0.22 | 108 | 2.14 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| N221 - N222 | 17.61 | 119.83 | 116.99 | 116.83 | 115.60 | 7.0 | 0.066 | 218 | 315 | 0.11 | 0.65 | 0.22 | 108 | 2.14 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| N222 - N223 | 36.62 | 116.99 | 114.65 | 115.60 | 113.16 | 6.4 | 0.066 | 221 | 315 | 0.11 | 0.66 | 0.23 | 110 | 2.07 | 3.14 | 0.589 | 1.73 | Vérifié |
| N223 - N224 | 26.02 | 114.65 | 114.83 | 113.16 | 113.11 | 0.2 | 0.066 | 414 | 500 | 0.63 | 1.06 | 0.58 | 283 | 0.59 | 0.55 | 0.104 | 0.31 | Vérifié |
| N224 - N225 | 15.79 | 114.83 | 116.00 | 113.11 | 113.07 | 0.2 | 0.066 | 414 | 500 | 0.63 | 1.06 | 0.58 | 283 | 0.59 | 0.55 | 0.104 | 0.31 | Vérifié |
| N225 - N190 | 17.53 | 116.00 | 120.42 | 113.07 | 113.04 | 0.2 | 0.066 | 414 | 500 | 0.63 | 1.06 | 0.58 | 283 | 0.59 | 0.55 | 0.104 | 0.31 | Vérifié |

| Collecteur N°20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|------|-------|-----|-----|------|------|------|-----|-------|-------|-------|-------|---------|
| N232 - N233 | 32.270 | 140.16 | 135.04 | 135.75 | 133.49 | 7.0 | 0.019 | 138 | 315 | 0.03 | 0.45 | 0.12 | 59 | 1.480 | 1.810 | 3.28 | 0.616 | Vérifié |
| N233 - N234 | 13.370 | 135.04 | 133.16 | 132.70 | 131.77 | 7.0 | 0.019 | 138 | 315 | 0.03 | 0.45 | 0.12 | 59 | 1.480 | 1.810 | 3.28 | 0.616 | Vérifié |
| N234 - N235 | 10.060 | 133.16 | 132.23 | 131.54 | 130.84 | 7.0 | 0.019 | 138 | 315 | 0.03 | 0.45 | 0.12 | 59 | 1.480 | 1.810 | 3.28 | 0.616 | Vérifié |
| N235 - N228 | 13.020 | 132.23 | 131.81 | 130.84 | 130.41 | 3.3 | 0.019 | 158 | 315 | 0.04 | 0.50 | 0.14 | 70 | 1.130 | 1.240 | 2.25 | 0.423 | Vérifié |
| Collecteur N°21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N286 - N287 | 43.08 | 251.70 | 245.58 | 247.04 | 244.03 | 7 | 0.07 | 222 | 315 | 0.11 | 0.66 | 0.23 | 111 | 2.18 | 1.81 | 3.28 | 0.616 | Vérifié |
| N287 - N288 | 15.87 | 245.58 | 241.27 | 240.98 | 239.87 | 7 | 0.07 | 222 | 315 | 0.11 | 0.66 | 0.23 | 111 | 2.18 | 1.81 | 3.28 | 0.616 | Vérifié |
| N288 - N289 | 24.42 | 241.27 | 237.31 | 237.63 | 235.92 | 7 | 0.07 | 222 | 315 | 0.11 | 0.66 | 0.23 | 111 | 2.18 | 1.81 | 3.28 | 0.616 | Vérifié |
| N289 - N290 | 48.05 | 237.31 | 230.49 | 232.46 | 229.10 | 7 | 0.07 | 222 | 315 | 0.11 | 0.66 | 0.23 | 111 | 2.18 | 1.81 | 3.28 | 0.616 | Vérifié |
| N290 - N291 | 34.03 | 230.49 | 226.05 | 227.04 | 224.66 | 7 | 0.07 | 222 | 315 | 0.11 | 0.66 | 0.23 | 111 | 2.18 | 1.81 | 3.28 | 0.616 | Vérifié |
| N291 - N292 | 28.89 | 226.05 | 223.42 | 224.05 | 222.03 | 7 | 0.07 | 222 | 315 | 0.11 | 0.66 | 0.23 | 111 | 2.18 | 1.81 | 3.28 | 0.616 | Vérifié |
| N292 - N4 | 18.75 | 223.42 | 217.97 | 217.89 | 216.58 | 7 | 0.07 | 222 | 315 | 0.22 | 0.80 | 0.32 | 122 | 2.19 | 1.51 | 2.75 | 0.324 | Vérifié |
| Collecteur N°22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N293 - N294 | 16.95 | 205.00 | 203.83 | 203.61 | 202.28 | 7.47 | 0.128 | 276 | 315 | 0.20 | 0.78 | 0.30 | 149 | 2.65 | 3.39 | 0.637 | 1.86 | Vérifié |
| N294 - N295 | 15.29 | 203.83 | 203.89 | 202.28 | 202.23 | 0.2 | 0.128 | 527 | 630 | 0.73 | 1.09 | 0.64 | 376 | 0.70 | 0.64 | 0.175 | 0.35 | Vérifié |
| N295 - N296 | 36.84 | 203.89 | 201.50 | 202.23 | 199.91 | 6.3 | 0.128 | 281 | 315 | 0.13 | 0.69 | 0.24 | 144 | 2.48 | 3.58 | 0.980 | 1.97 | Vérifié |
| N296 - N297 | 47.39 | 201.50 | 190.07 | 191.83 | 188.52 | 7.0 | 0.128 | 277 | 315 | 0.12 | 0.68 | 0.24 | 140 | 2.57 | 3.78 | 1.033 | 2.08 | Vérifié |
| N297 - N298 | 22.14 | 190.07 | 184.45 | 184.45 | 182.90 | 7.0 | 0.128 | 277 | 315 | 0.12 | 0.68 | 0.24 | 140 | 2.57 | 3.78 | 1.033 | 2.08 | Vérifié |
| N298 - N299 | 43.56 | 184.45 | 176.88 | 178.38 | 175.33 | 7.0 | 0.128 | 277 | 315 | 0.12 | 0.68 | 0.24 | 140 | 2.57 | 3.78 | 1.033 | 2.08 | Vérifié |
| N299 - N19 | 40.14 | 176.88 | 163.74 | 165.00 | 160.17 | 7.0 | 0.162 | 302 | 400 | 0.16 | 0.73 | 0.27 | 158 | 2.74 | 3.78 | 1.033 | 2.08 | Vérifié |
| Collecteur N°23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N300 - N301 | 27.69 | 188.31 | 180.86 | 181.25 | 179.31 | 7 | 0.034 | 171 | 315 | 0.06 | 0.56 | 0.17 | 83 | 1.83 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| N301 - N302 | 13.23 | 180.86 | 178.12 | 177.66 | 176.73 | 7 | 0.034 | 171 | 315 | 0.06 | 0.56 | 0.17 | 83 | 1.83 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| N302 - N299 | 16.71 | 178.12 | 176.88 | 176.66 | 175.49 | 7 | 0.034 | 171 | 315 | 0.06 | 0.56 | 0.17 | 83 | 1.83 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| Collecteur N°24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N303 - N304 | 22.90 | 158.23 | 152.02 | 152.07 | 150.47 | 7 | 0.023 | 148 | 315 | 0.04 | 0.48 | 0.13 | 64 | 1.57 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------|--------|--------|--------|--------|-----|-------|-----|-----|------|------|------|-----|------|------|-------|------|---------|
| N304 - N305 | 12.54 | 152.02 | 148.40 | 147.89 | 147.01 | 7 | 0.023 | 148 | 315 | 0.04 | 0.48 | 0.13 | 64 | 1.57 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| N305 - N23-1 | 16.05 | 148.40 | 145.21 | 144.94 | 143.82 | 7 | 0.023 | 148 | 315 | 0.04 | 0.48 | 0.13 | 64 | 1.57 | 3.28 | 0.616 | 1.81 | Vérifié |
| Collecteur N°25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N87 - N306 | 20.37 | 84.32 | 82.60 | 82.47 | 81.05 | 7.5 | 0.062 | 390 | 400 | 0.19 | 0.76 | 0.29 | 113 | 2.17 | 2.85 | 0.335 | 1.57 | Vérifié |
| N306 - N307 | 27.55 | 82.60 | 81.96 | 81.05 | 80.55 | 2.7 | 0.062 | 252 | 315 | 0.16 | 0.73 | 0.27 | 133 | 1.49 | 2.04 | 0.383 | 1.12 | Vérifié |
| N307 - N308 | 25.42 | 81.96 | 80.76 | 80.55 | 79.36 | 4.4 | 0.062 | 231 | 315 | 0.13 | 0.68 | 0.24 | 118 | 1.78 | 2.60 | 0.489 | 1.43 | Vérifié |
| N308 - N309 | 89.77 | 80.76 | 79.47 | 79.36 | 77.98 | 1.5 | 0.062 | 281 | 315 | 0.22 | 0.80 | 0.32 | 155 | 1.21 | 1.52 | 0.285 | 0.84 | Vérifié |
| N309 - N201 | 30.94 | 79.47 | 81.44 | 77.98 | 77.92 | 0.2 | 0.062 | 405 | 500 | 0.60 | 1.04 | 0.56 | 272 | 0.58 | 0.55 | 0.104 | 0.31 | Vérifié |
| Collecteur N°26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N246 - N247 | 34.80 | 26.52 | 21.16 | 22.05 | 19.61 | 7 | 0.148 | 292 | 315 | 0.46 | 0.98 | 0.47 | 184 | 2.69 | 2.75 | 0.324 | 1.51 | Vérifié |
| N247 - N80-1 | 49.66 | 21.16 | 15.17 | 17.25 | 13.77 | 7 | 0.148 | 292 | 315 | 0.46 | 0.98 | 0.47 | 184 | 2.69 | 2.75 | 0.324 | 1.51 | Vérifié |

V.6 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons abordé le côté hydraulique à savoir le dimensionnement du réseau d'assainissement.

Après le dimensionnement des collecteurs principaux et secondaires et la détermination de leurs paramètres hydrauliques, on constate que les vitesses d'autocurage sont admissibles.

Afin de réguler le débit allant vers la STEP d'Azeffoun, on a projeté un déversoir d'orage au niveau du nœud 82 afin de déverser le surplus vers la mer dans le but réguler le débit vers la STEP et de minimiser le diamètre du collecteur acheminant les eaux vers la STEP.

CHAPITRE VI :

**Les éléments constitutifs
du réseau d'égout**

VI. Les éléments constitutifs du réseau d'égout

VI.1 Introduction :

Le réseau d'assainissement a pour but la collecte des eaux usées et pluviales, et par conséquent la protection du milieu naturel.

Afin d'accomplir au mieux ses objectifs, le réseau d'assainissement se compose de plusieurs ouvrages dont on distingue :

- Les ouvrages principaux : constituant l'ensemble du réseau depuis l'entrée de l'effluent jusqu'à sa sortie vers la station d'épuration.
- Les ouvrages annexes : qui comprennent toutes les installations menant à une exploitation rationnelle du réseau tels : les regards, les bouches d'égout, les déversoirs d'orages,...etc.

VI.2 Les ouvrages principaux :

Les ouvrages principaux représentent tous les éléments nécessaires à l'évacuation de l'effluent hors du réseau d'assainissement, entre autres les canalisations et les joints.

VI.2.1 Les canalisations :

Ce sont les éléments principaux du système d'évacuation, présentés sous diverses formes :

- Les conduites circulaires : définies par leurs diamètres nominaux en mm.
- Les conduites ovoïdes : désignées par leurs hauteurs intérieures en cm.

VI.2.2 Formes et sections de conduites :

- Conduites circulaires : Les conduites circulaires sont utilisées pour les faibles sections par rapport aux autres formes.
- Conduites ovoïdes : Ces conduites sont utilisées pour remplacer les conduites circulaires de diamètre supérieur à 800 mm généralement, et cela afin d'éviter le problème d'auto curage.

VI.2.3 Critères du choix de conduite :

Pour faire le choix des différents types de conduite, on doit tenir compte :

- Des pentes du terrain.
- Des diamètres utilisés.
- De la nature du sol traversé.
- De la nature chimique des eaux usées.
- Des efforts extérieurs dus au remblai.

VI.2.4 Types de matériaux :

VI.2.4.1 Conduite en fonte :

La particularité de ce type de conduite, réside dans leur composition à base de fonte, ce qui les rends inoxydables et solides, et par conséquent s'imposent à titre de sécurité. Elles sont utilisées généralement au niveau des raffineries de pétrole pour évacuer les eaux usées industrielles.

VI.2.4.2 Conduite en amiante ciment :

Ce sont des conduites munies d'un revêtement intérieur de la paroi à base d'enduit antiacide. Les diamètres couramment utilisés varient de 80 à 500 mm et Les longueurs utiles varient de 0.5 à 5 m.

❖ Joints :

Pour assembler ces types de conduites, on utilise les joints sans emboîtement. On distingue :

- Le joint « Everitube »
- Le joint « Eternit », fabriqué pour l'assemblage des conduites à bout lisses.

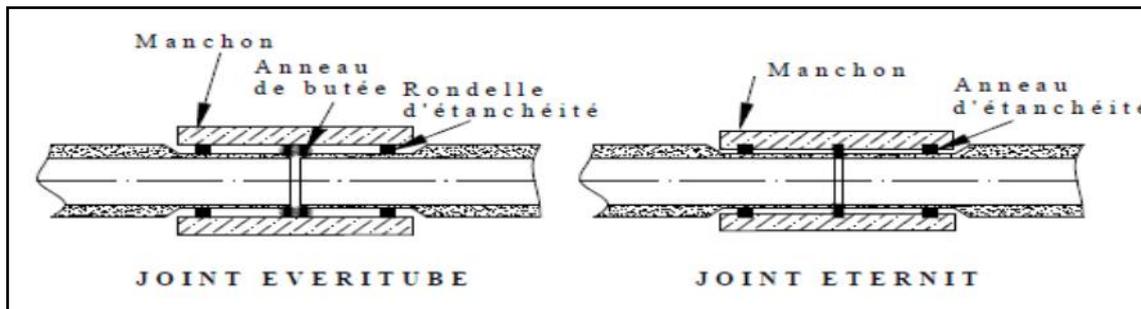


Figure VI-1 : Joints sur tuyaux en amiante ciment

VI.2.4.3 Conduite en grés :

Les conduites en grés sont caractérisées par une très grande dureté, et une excellente résistance aux agressions chimiques ou climatiques. Cette résistance est obtenue grâce à une cuisson à une température supérieure à 1 200 °C. Ces conduites sont livrables en longueur utiles de 1.0m, 1.5m et 2.0m.

❖ Joints :

L'assemblage de ces conduites s'effectue par trois sortes de joints :

- Joints au mortier de ciment.
- Joints avec corde goudronnée et mortier de ciment
- Joints à double anneaux.

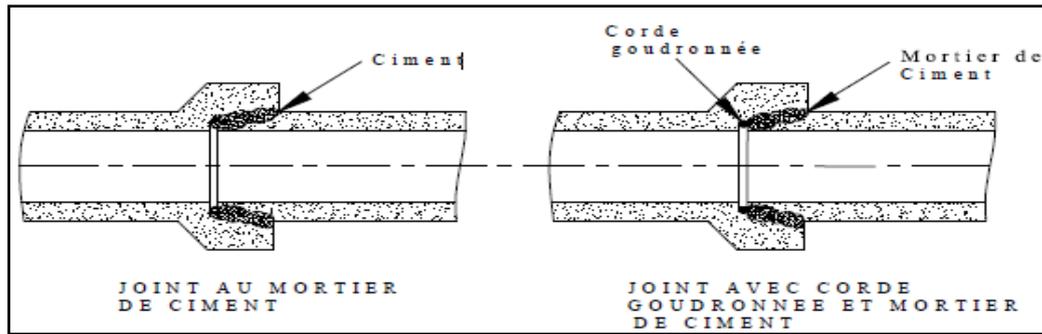


Figure VI-2 : Joints sur tuyau en grès

VI.2.4.4 Conduite en matière plastique :

Les conduites en plastique sont résistantes aux corrosions, inertes et stables vis-à-vis de nombreux réactifs chimiques. On peut distinguer :

- Les conduites en matières thermodurcissables.
- Les conduites en matières thermoplastiques.

❖ **Joints** : Ces conduites peuvent être assemblées soit par collage, soit par bagues d'étanchéité.

➔ Pour notre projet, nous avons choisi des conduites en PVC pour des Diamètres inférieures ou égal à 630mm.

VI.2.4.5 Conduite en béton :

VI.2.4.5.1 Conduite en béton non armé :

Les tuyaux en béton non armé sont fabriqués mécaniquement par un procédé assurant une compacité élevée du béton. La longueur utile ne doit pas dépasser 2,50m. Ces types de tuyaux ont une rupture brutale, mais à moins que la hauteur de recouvrement ne soit insuffisante. Elle survient aux premiers âges de la canalisation. Il est déconseillé d'utiliser les tuyaux non armés pour des canalisations visitables.

VI.2.4.5.2 Conduite en béton armé :

Les tuyaux en béton armé sont fabriqués mécaniquement par un procédé assurant une compacité élevée du béton (compression radiale, vibration, centrifugation). Les tuyaux comportent deux séries d'armatures, la première est formée des barres droites appelées génératrices, la deuxième est formée des spires en hélice continues d'un pas régulier maximal de 1,5 m. La longueur utile ne doit pas être supérieure à 2m.

❖ Nature du matériau :

L'armature formant la conduite en béton armé se compose de :

- Génératrices disposées en parallèle le long de la canalisation.
- Cercles disposés de telle façon à former les grilles avec les génératrices.

❖ Fabrication :

On dispose de trois procédés de fabrication :

- La vibration : les conduites vibrées sont fabriquées à l'aide de trois dispositifs :
 - Vibrateurs fixe ou mobiles.
 - Table vibrante.
 - Noyau vibrant.
- La centrifugation : permet le coulage du béton en présence d'armatures, dans un moule animé d'une vitesse de rotation variable.
- Le compactage : les conduites compactées ne sont généralement pas armées, pour un diamètre de 100 à 1200 mm.

❖ Joints :

Afin d'assembler les conduites en béton armé ou non armé, on a cinq types de joints :

- Joint type Rocla :
Ce type de joint assure une très bonne étanchéité pour les eaux transitées et les eaux extérieures. Ce joint est valable pour tous les diamètres.

- Joint torique.
- Joint à 1/2 emboitement :

Avec cordon de bourrage en mortier de ciment, ce joint est utilisé dans les terrains stables. Il y a risque de suintement si la pression est trop élevée. Il est à éviter pour les terrains à forte pente

- Joint à collet :

Le bourrage se fait au mortier de ciment, il n'est utilisé que dans les bons sols à pente faible.

- Joint plastique.

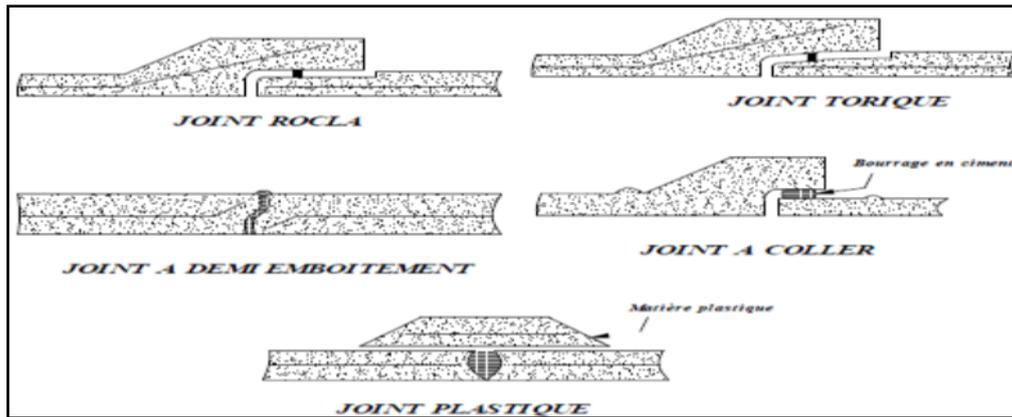


Figure VI-3 : Joints sur conduites en béton

➔ Pour notre projet, nous avons choisi ce type de conduites pour des diamètres supérieures à 630 mm, vu les avantages qu'elles présentent :

- Bonne étanchéité.
- Bonne résistance mécanique.
- Bonne stabilité dans les tranchées.
- Pose et assemblage facile.
- Disponibilité sur le marché national.

VI.2.5 Les essais de conduites préfabriqués :

Pour assurer le bon fonctionnement des conduites préfabriquées, de nombreux essais s'imposent notamment les essais à l'écrasement, à l'étanchéité, et à la corrosion.

VI.2.5.1 Essai à l'écrasement :

L'essai à l'écrasement se fait par presse automatique avec enregistrement des efforts, ils doivent être répartis uniformément sur la génératrice supérieure de la conduite.

VI.2.5.2 Essai d'étanchéité :

L'essai d'étanchéité est obligatoire à l'usine et sur chantier.

- A l'usine : La conduite est maintenue debout (béton) remplie d'eau, la diminution du niveau de ce dernier, ne doit pas dépasser 2 cm en 24 heures.
- Sur chantier : Un des trois essais peut être envisagé :
 - L'essai à l'eau.
 - L'essai à la fumée.
 - L'essai à l'air sous pression.

VI.2.5.3 Essai de corrosion (chimique) :

Les conduites en béton ou en amiante ciment, sont les plus gravement corrodées par l'hydrogène sulfuré (H_2S) produit par les fermentations anaérobies. Le développement de bactéries, qui amorcent la formation d'acide sulfurique, entraîne une baisse du pH superficiel du béton suite au lessivage de la chaux en excès et à la carbonatation de la surface par le gaz carbonique. Celle-ci permet le développement rapide de bactéries acidophiles et s'accompagnent de la progression du processus de corrosion vers l'intérieur du béton.

L'épreuve de corrosion se fait par l'addition de différents acides (acide chlorhydrique, acide nitrique, acide sulfurique ...). Après un lavage à l'eau douce et un séchage à l'étuve, on pèse l'échantillon. Les surfaces de la paroi interne ne doivent pas être altérées.

VI.2.6 Les remèdes :

Le béton utilisé pour la fabrication des tuyaux et ouvrages d'assainissement subit des formes d'agression ; sous l'aspect de corrosion chimique qui entraîne la destruction des canalisations ; sous l'aspect d'abrasion qui est une action physique non négligée du fait de faible résistance du matériau et compte tenu de la vitesse limite maximale des écoulements dans le réseau.

Pour cela les moyens de lutte peuvent se résumer comme suit :

- Les temps de rétention des eaux usées dans les canalisations doivent être réduits au maximum.
- L'élimination des dépôts doit s'opérer régulièrement, car ceux-ci favorisent le développement des fermentations anaérobies génératrices d'hydrogène sulfuré (H_2S).
- Une bonne aération permet d'éviter les condensations d'humidité sur les parois et de réduire ainsi la teneur en H_2S .
- Revêtement intérieur des conduites par du ciment limoneux ou du ciment sulfaté avec un dosage suffisant dans le béton (300 à 350 kg/m³ de béton).
- Empêcher l'entrée des sables par l'implantation des bouches d'égout.

VI.2.7 Pose de canalisation :**VI.2.7.1 Les conditions de pose :**

Les principales conditions exigées lors de la pose des canalisations, sont les suivantes :

- La canalisation doit être enterrée sous une couverture d'au moins 80 cm au départ.
- Il ne faut pas en effet que la conduite soit déformée par la surcharge de terre ou le passage de charges.

VI.2.7.2 Les modes de pose :

Le mode de pose des canalisations diffère selon la nature du terrain.

❖ Terrain ordinaire :

Dans ce type de terrain, la canalisation doit être posée sur un lit de sable réalisé sur un fond exempt de massifs durs, avec des joints confectionnés avec soins conformément aux prescriptions des Fabricants de conduites.

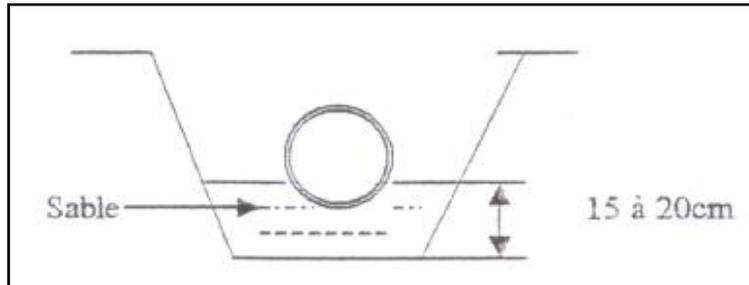


Figure VI-4 : Pose de canalisation sur un terrain ordinaire

❖ Mauvais terrain :

Dans les terrains peu consistants, la canalisation doit reposer sur deux briques posées au fond et le vide sera rempli de sable.

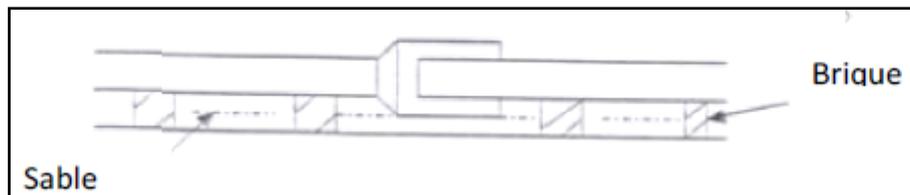


Figure VI-5 : Pose de canalisation sur un mauvais terrain

❖ Terrain très mauvais :

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

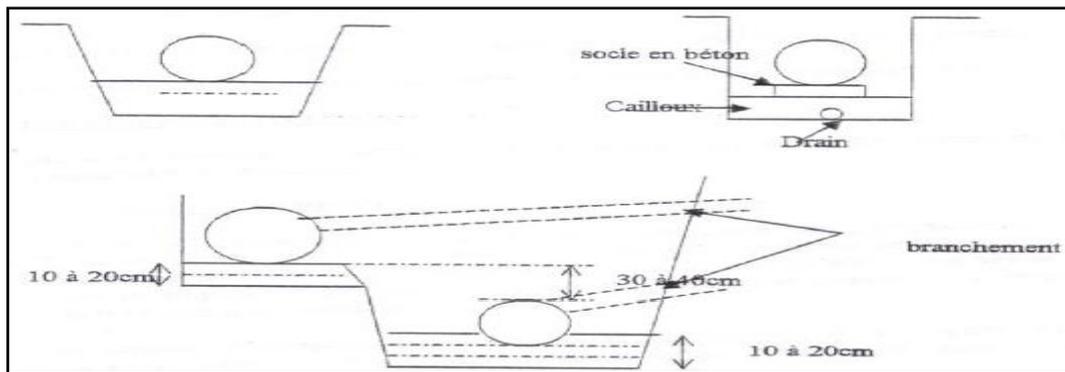


Figure VI-6 : Pose de canalisation sur un terrain très mauvais

VI.3 Les ouvrages annexes :

Les ouvrages annexes participent au réseau au même titre que les canalisations et notamment dans l'exploitation. Les ouvrages Annexes sont à considérés selon deux types distincts :

- Les ouvrages normaux.
- Les ouvrages spéciaux.

VI.3.1 Les ouvrages normaux :

Les ouvrages normaux, sont les ouvrages courants, qui sont indispensable en amont ou au cours des réseaux, ils assurent généralement la fonction recette des effluents.

On les divise en trois catégories :

VI.3.1.1 Les branchements :

Leur rôle est de collecter les eaux usées et les eaux pluviales d'immeubles. Un branchement comprend trois parties essentielles :

- Un regard de façade qui doit être disposé en bordure de la voie publique et au plus près de la façade de la propriété raccordée pour permettre un accès facile aux personnels chargés de l'exploitation et du contrôle du bon fonctionnement.
- Des canalisations de branchement qui sont de préférence raccordées suivant une oblique inclinée 60° par rapport à l'axe général du réseau public pour ne pas perturber l'écoulement.
- Le tracé de la conduite de branchement doit avoir une pente d'environ 3% pour favoriser un écoulement avec rinçage interne de la conduite.
- Les dispositifs de raccordement de la canalisation de branchement sont liés à la nature et aux dimensions du réseau public.

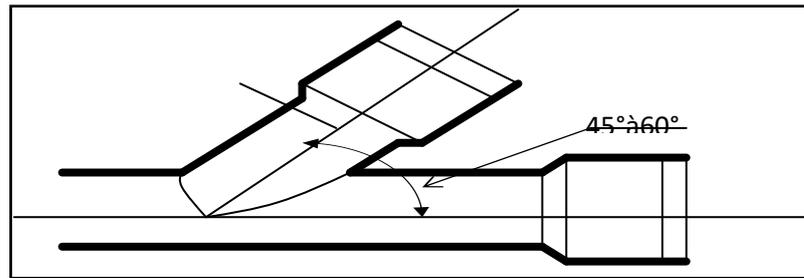


Figure VI-7 : Exemple d'un branchement simple

VI.3.1.2 Les bouches d'égout :

Les bouches d'égout sont des ouvrages à vocation prioritairement utilitaire et sécuritaire ; Elles servent à l'absorption des eaux de surface (Les eaux pluviales et les eaux de lavages).

Elles sont utilisées aux points bas des caniveaux, soit dans le trottoir (absorption par le bas), soit dans la chaussée (absorption par le haut), la distance entre les bouches d'égout est de 50 m en moyenne.

On peut classer les bouches d'égout selon le recueil des eaux, en cinq types :

- **Les bouches d'égout avec grille et couronnement métallique** : Ce type de bouche d'égout, permet l'entrée des eaux dans le réseau, soit au moyen d'un siphon, soit directement par sur verse au-dessus du seuil du puisard de décantation.
- **Les bouches d'égout avec bavette en pierre ou en béton et couronnement métallique** : Afin d'évacuer l'eau, un entonnoir est prolongé par une jupe dont la base doit plonger au moins à 0,05 m au-dessous du niveau permanent du puisard de décantation.
- **Les bouches d'égout avec bavette et couronnement en pierres ou en béton** : Ce type est une variante applicable aux deux types précédents.
- **Les bouches d'égout à avaloir métallique grille et couronnement combiné** : Elles sont comme les précédentes, la seule particularité repose dans le fait que le dispositif métallique supérieur s'emboîte directement sur l'arase supérieure de la cheminée.
- **La bouche d'égout à grille seule** : Les bouches d'égout à grille seule, s'emboîtent directement sur l'arase supérieure de la cheminée.

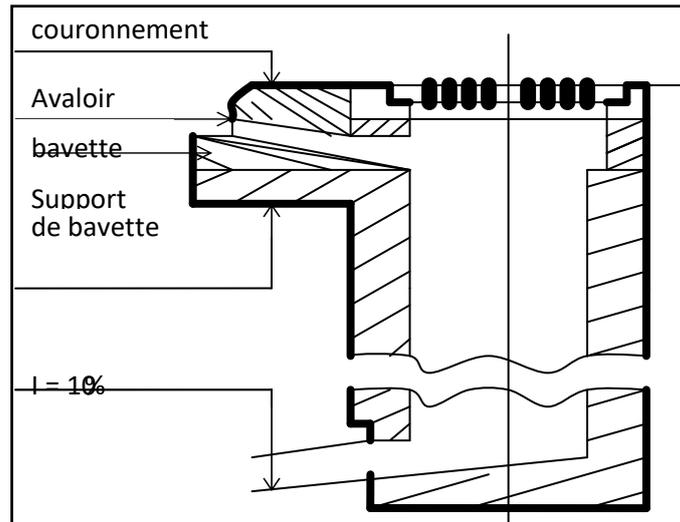


Figure VI-8 : Exemple d'une bouche d'égout sans décantation

VI.3.1.3 Les regards :

Les regards ont pour rôle de permettre l'accès aux ouvrages visitables, pour le déboufrage, le nettoyage des canaux, et l'aération des canaux.

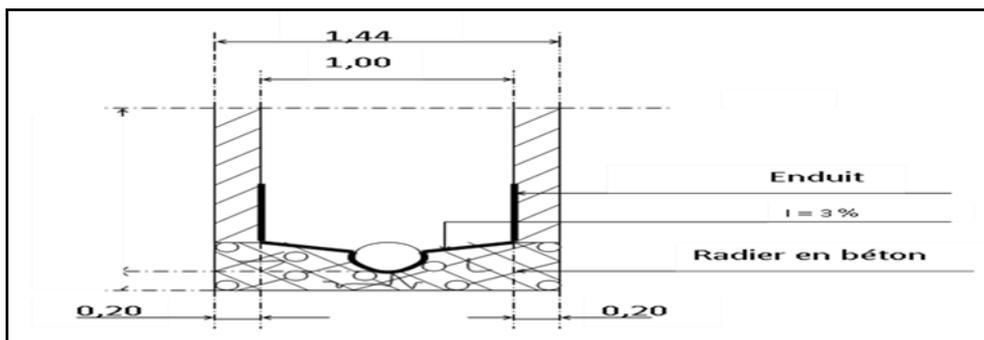


Figure VI-9 : Exemple d'un regard simple

❖ Fonctions :

Dans le système d'assainissement le regard a quatre fonctions principales, il permet de :

- Réaliser des coudes de 90 degrés (au niveau de la canalisation).
- Insérer des accessoires de nettoyage à tout moment.
- Contrôler toutes les parties composantes du dispositif d'assainissement.
- Surveiller et entretenir l'ensemble du système d'assainissement.

❖ Emplacement :

Un regard doit être installé sur les canalisations :

- A tous les points de jonctions.

- Au changement de direction.
- Au changement de pente de canaux.
- Aux points de chute.
- Pour les canalisations plus petites et non praticables.

❖ **Types de regards :**

Les types de regards varient en fonction de l'encombrement et de la pente du terrain, ainsi que du système d'évacuation, donc on distingue :

- **Regard de visite :** Ces regards sont destinés à l'entretien courant, et le curage régulier des canalisations, tout en assurant une bonne ventilation de ces dernières. L'intervalle d'espacement est de 30 à 80m.
- **Regard de ventilation :** La présence d'air dans les égouts, est la meilleure garantie contre la fermentation et la production du sulfure d'hydrogène.
- **Regard de jonction :** Ils forment un point d'unification (nœud) de deux collecteurs de même diamètre ou non, ils sont construits de telle manière à avoir :
 - Une bonne aération des collecteurs en jonction (regard).
 - Les dénivelées entre les radiers des collecteurs.
 - Une absence de reflux d'eau par temps sec.
 - Les niveaux d'eau des conduites doivent être à la même hauteur.
- **Regard de chute :** C'est l'ouvrage le plus répandu en assainissement, il permet d'obtenir une dissipation d'énergie en partie localisée, il est très utilisé dans le cas où le terrain d'une agglomération est trop accidenté. Ils sont généralement utilisés pour la chute verticale.
- **Regard toboggan :** Utilisés en cas d'exhaussement de remous.
- **Les regards doubles :** Utilisés dans un système séparatif où le tracé est commun aux deux canalisations véhiculant les eaux de différentes natures, il serait plus avantageux de prévoir un regard commun aux deux canalisations, tout en veillant à ce que la conduite d'eau pluviale doit être à un niveau supérieur de la conduite des eaux usées.

VI.3.2 Les ouvrages spéciaux :**VI.3.2.1 Les déversoirs d'orage :**

Le déversoir d'orage est un ensemble de dispositifs permettant d'évacuer vers le milieu naturel les pointes de ruissellement de manière à le réseau d'aval, un déversoir doit assurer trois fonctions essentielles :

- Evacuer sans surverse et sans remous le débit d'eaux usées de temps sec
- Evacuer sans surverse le débit critique
- Surverser le débit excédentaire de pluie et d'orage sans mise en remous nuisible du réseau amont et sans surcharge excessive en débit du réseau aval.

○ **Dimensionnement du Déversoir d'orage projeté :**

1- Détermination du débit total :

$$Q_t = Q_{plu} + Q_{eu,dom} + Q_{eu,pub} \quad (\text{VI.34})$$

$$Q_t = 4.55 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Q_{plu} : Débit pluvial (m^3/s).
- $Q_{eu,dom}$: Débit des eaux usées domestiques (m^3/s).
- $Q_{eu,pub}$: Débit d'eaux usées publiques (m^3/s).

2- Détermination du débit critique :

- Temps de concentration :

$$T_c = \frac{L}{60 \times V} \quad (\text{VI.2})$$

- L : Longueur du collecteur le plus long
- V : Vitesse moyenne tout le long du collecteur

$$T_c = \frac{3032.2}{60 \times 3.52} = 14.35 \text{ min} = 15 \text{ min}$$

- Débit critique :

$$Q_{cr} = Q_t \times \left(1 - \frac{t_c}{100}\right) \quad (\text{VI.3})$$

$$Q_{cr} = 4.55 \times 0.85 = 3.87 \text{ m}^3/\text{s}$$

3- Détermination du débit allant vers la STEP :

$$Q_{STEP} = Q_{Pte} \times (1 + 2)$$

$$Q_{STEP} = 110.02 \times 3 = 330.06 \text{ l/s}$$

- Q_{pte} : Débit de pointe des eaux usées

4- Détermination du débit déversé :

$$Q_{Cr} = Q_{STEP} + Q_{Dév}$$

$$Q_{Dév} = Q_{Cr} - Q_{STEP} = 3.87 - 0.33$$

$$Q_{Dév} = 3.54 \text{ m}^3/\text{s}$$

5- Détermination des hauteurs d'eau correspondant aux débits à l'amont du déversoir :

- Hauteur d'eau demandée par la STEP :

$$R_{Q,STEP} = \frac{Q_{STEP}}{Q_{ps}} = 0.066 \rightarrow \text{Annexe II} \rightarrow R_h = 0.1 \rightarrow H_{STEP} = R_h \times D = 0.1 \times 2000$$

$$H_{STEP} = 200 \text{ mm}$$

Avec :

$R_{Q,STEP}$: Rapport des débits

H_{STEP} : Hauteur du seuil du déversoir appelé à envoyer le débit Q_{STEP} vers la STEP

- Hauteur d'eau déversée ou lame déversée :

$$R_{Q,Cr} = \frac{Q_{Cr}}{Q_{ps}} = 0.77 \rightarrow \text{Annexe II} \rightarrow R_h = 0.66 \rightarrow H_{Cr} = R_h \times D = 0.66 \times 2000$$

$$H_{Cr} = 1320 \text{ mm}$$

$$H_{Dév} = H_{Cr} - H_{STEP} = 1320 - 200$$

$$H_{Dév} = 1120 \text{ mm}$$

6- A partir de la formule de Bazin, on détermine la largeur du seuil :

$$Q_{Dév} = m \times L \times H_{dév} \times \sqrt{2 \times g \times H_{dév}} \rightarrow L = \frac{Q_{dév}}{m \times \sqrt{2 \times g} \times H_{dév}^{1.5}}$$

$$L = \frac{3.54}{0.6 \times \sqrt{2 \times 9.81} \times 1.12^{1.5}}$$

$$L = 1.12 \text{ m}$$

Avec :

- m : Coefficient de débit

- L : Largeur du seuil

- $H_{dév}$: Hauteur d'eau deversée

Donc, les caractéristiques du déversoir frontal sont :

$$m = 0.6 ; H_{\text{Step}} = 0.2 \text{ m} ; L = 1.12 \text{ m}$$

$$\text{Et } D_{\text{rej}} = 1800 \text{ mm} ; D_{\text{STEP}} = 800 \text{ mm}$$

VI.4 Conclusion :

Afin d'assurer un bon fonctionnement du système d'évacuation, il est nécessaire de faire un bon choix des matériaux des canalisations et des joints.

Concernant notre projet, nous avons opté pour des conduites en béton armé pour les diamètres supérieurs à 630 mm et en PVC pour les diamètres inférieurs à 630 mm et un diamètre minimum de 315 mm en plus de la projection d'un déversoir d'orage type frontal.

De plus, pour une exploitation rationnelle de ce réseau d'assainissement, pour faciliter les opérations de curage et enfin pour éviter quelques problèmes techniques tels l'obturation, on doit projeter des ouvrages annexes qui seront convenablement dimensionnés.

CHAPITRE VII :

Organisation de chantier

VII. Organisation de chantier

VII.1 Introduction :

Dans le but de rechercher la rapidité, la qualité, et l'économie dans la réalisation de notre projet, on s'est principalement basé sur l'organisation de chantier qui coordonne le déroulement de nos travaux et nous dirige dans l'exécution ; en imposant un bon rythme de travail, et en précisant le temps nécessaire de réalisation, la main d'œuvre nécessaire et les moyens matériels (matériaux de constructions, engins, ...).

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 Manutention et stockage des conduites :

VII.2.1.1 Manutention :

Afin de préserver les conduites pendant le transport, il faut éviter les chocs en particulier sur les extrémités, et éviter le déchargement brutal sur le sol.

VII.2.1.2 Stockage :

Pour le stockage du matériel, il faut absolument respecter ces consignes :

- L'aire de stockage doit être plane et nivelée.
- Les accessoires et les conduites doivent être à l'abri du soleil.
- Préserver les conduites des produits chimiques, des solvants et des huiles.

VII.2.2 Décapage de la terre végétale :

C'est une opération préliminaire, qui consiste à éliminer la couche superficielle du sol (les dix (10) premiers centimètres de la surface) constituée principalement de matière végétale.

VII.2.3 Exécution des tranchées et des fouilles des regards :

Le fond de fouille doit être arasé à la pente du projet, en évitant le remaniement, et en respectant les largeurs minimales des tranchées par mesure de sécurité.

VII.2.4 Aménagement du lit de sable :

Les conduites doivent être posées sur un lit de sable, qui sera bien nivelée suivant les côtes du profil en long comme le montre la figure ci-dessous :

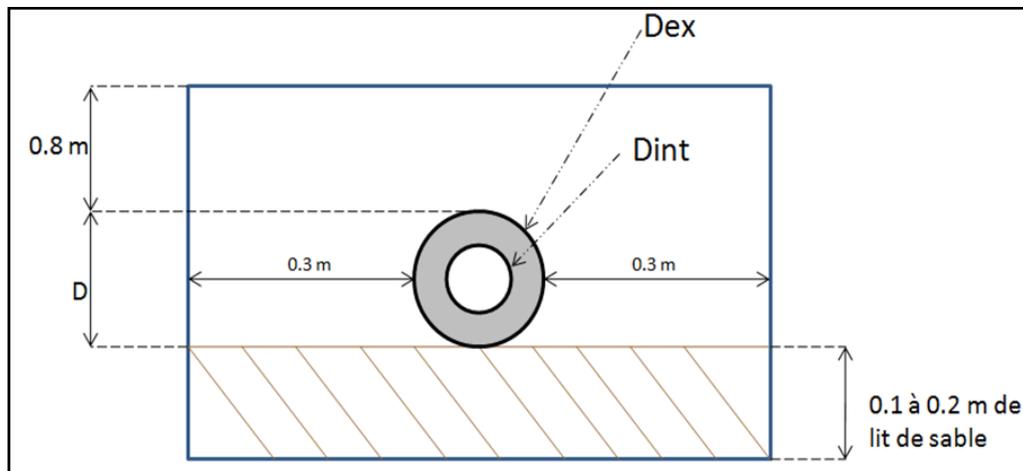


Figure VII-1 : Pose du lit de sable

VII.2.5 Emplacement des piquets :

Dans chaque point d'emplacement d'un regard, on doit placer un jalon de piquet.

VII.2.6 Pose des canalisations :

Durant la pose de canalisation, il faut vérifier que :

- La décente du tuyau se fait dans une fouille blindée.
- Les surfaces des abouts doivent être débarrassées.
- Les joints doivent être vérifiés et nettoyés.

VII.2.7 Assemblage des canalisations :

Suivant la section, la forme et la nature du matériau de la conduite, on effectue la jointure de ces dernières.

VII.2.8 Essai d'étanchéité :

Une fois les conduites posées au fond des tranchées, un essai d'étanchéité est effectué en utilisant de l'eau, de l'air ou de la fumée.

VII.2.9 Réalisation des regards :

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

- Réglage du fond du regard.
- Exécution de la couche du béton de propreté.
- Ferrailage du radier de regard.
- Bétonnage du radier.

- Ferrailage des parois.
- Coffrage des parois.
- Bétonnage des parois.
- Décoffrage des parois.
- Ferrailage de la dalle.
- Coffrage de la dalle.
- Bétonnage de la dalle.
- Décoffrage de la dalle.

Les regards ont généralement une forme cubique, leurs dimensions varient en fonction des profondeurs des tranchées. La réalisation de ces regards s'effectue sur place avec le béton armé comme on peut avoir aussi des regards préfabriqués.

VII.2.10 Réalisation des branchements :

Les branchements comprennent de l'aval vers l'amont :

- Le raccordement de la canalisation de branchement vers la canalisation principal (généralement un regard)
- La canalisation de branchement proprement dite avec une pente au moins égale à 3% ;
- Eventuellement un regard collecteur de branchement.
- Sur chaque branchement individuel, la boîte de branchement à la limite du domaine public.

VII.2.11 Remblayage et compactage :

Pour assurer la protection de la canalisation, et la transmission des charges, on doit effectuer un remblayage avec un matériau similaire à celui mis en œuvre pour le remblayage latéral.

VII.3 Choix des engins :

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 familles :

- **Les engins de chargement :**
 - Les chargeuses.
 - Les pelles hydrauliques.
 - Les pelles mécaniques.
- **Les engins de transport :**

- Les brouettes.
- Les camions bennes.
- Les dumpers.
- Les motos basculeurs.
- Les véhicules utilitaires.
- **Les engins de mise en place des matériaux :**
 - Les niveleuses.
 - Les compacteurs.
 - Les finisseurs.

Concernant notre projet, on a utilisé les engins suivants :

❖ **Pour le décapage :**

Pour le décapage de la terre végétale on utilise la « niveuse » sur les terrains facile à décapé, elle est constituée d'un tracteur à quatre roues dans deux prolongé vers l'avant, une lame montée sur une couronne et par rapport à laquelle elle peut tourner ou se déplacer dans son prolongement dans toutes directions.



Figure VII-2 : Niveuse

Dans les terrains difficiles on utilise le « Bulldozer » :



Figure VII-3 : Bulldozer

❖ Pour l'excavation des tranchées :

On utilise une pelle équipée en rétro. Les Pelles sont des engins de terrassement qui conviennent à tous les types de terrains. Ce sont des engins dont le rôle est l'exécution des déblais et leur chargement. Dans les terrains difficiles on doit utiliser une pelle à chenille.



Figure VII-4 : Pelle à chenille

❖ Pour le remblaiement des tranchées :

Le remblayage a été fait en utilisant une chargeuse, qui comporte un corps automoteur articulé, et une benne de grande taille à l'avant.



Figure VII-5 : Chargeuse

❖ Pour le compactage :

Le compactage de la terre après remblayage a été fait avec un compacteur à rouleaux lisses, qui est un engin lourd, qui tasse la terre sous lui grâce à un ou plusieurs rouleaux en fonte.



Figure VII-6 : Compacteur à rouleaux lisses

VII.4 Détermination des différents volumes des travaux :

VII.4.1 Volume du décapage de la couche végétale :

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

Tel que :

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

VII.4.2 Volume du déblai des tranchées :

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

Tel que :

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

VII.4.3 Volume occupé par le lit de sable :

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

Avec :

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

VII.4.4 Volume occupé par les conduites :

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

Avec :

- V_{cond} : volume occupé par les conduites (m³).
- D_{ext} : diamètre extérieur de la conduite (m).
- L : longueur totale de la tranchée (m).

VII.4.5 Volume de l'enrobage :

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

Avec :

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

VII.4.6 Volume du remblai de protection :

$$V_{\text{rem}} = V_d - (V_{\text{cond}} + V_{\text{déc}} + V_{\text{ls}}) \quad (\text{VII.35})$$

Avec :

- V_{rem} : volume du remblai (m³).
- V_d : volume du déblai (m³).
- V_{ls} : volume du lit de sable (m³).
- $V_{\text{déc}}$: volume de la couche végétale décapée (m³).

VII.4.7 Volume excédentaire :

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

Tel que :

- V_{exc} : Volume du sol excédentaire (m³).
- V_f : Volume du sol foisonné (m³).
- V_{rem} : Volume du remblai (m³).

Sachant que :

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

Avec :

- K_f : Coefficient de foisonnement dépend de la nature de sol.

VII.5 Devis quantitatif et estimatif :

Tableau VII-1 : Devis quantitatif et estimatif du réseau

| N° | Désignation des travaux | Unités | Quantités | Prix Unitaire (DA) | Montant (DA) |
|--------------------------------|---|----------------|-----------|--------------------|--------------|
| Travaux de terrassement | | | | | |
| 1 | Déblais | m ³ | 89682.79 | 300 | 26904836.1 |
| 2 | Lit de pose | m ³ | 3879.35 | 1000 | 3879346 |
| 3 | Enrobage | m ³ | 20324.94 | 200 | 4064988.2 |
| 4 | Remblais | m ³ | 55553.45 | 250 | 13888362.25 |
| 5 | Grillage avertisseur | ml | 8789.57 | 25.64 | 225364.57 |
| Canalisations | | | | | |
| 1 | Fourniture et pose des canalisations PVC Ø315 | ml | 2686.18 | 1723.88 | 4630651.978 |
| 2 | Fourniture et pose des canalisations PVC Ø400 | ml | 630.9 | 2776.8 | 1751883.12 |
| 3 | Fourniture et pose des canalisations PVC Ø500 | ml | 758.23 | 4354 | 3301333.42 |
| 4 | Fourniture et pose des canalisations PVC Ø630 | ml | 1281.81 | 6853.4 | 8784756.654 |
| 5 | Fourniture et pose des canalisations 135A Ø800 | ml | 982.69 | 5040.4 | 4953150.676 |
| 6 | Fourniture et pose des canalisations 135A Ø1000 | ml | 1275.66 | 8429.08 | 10752640.19 |
| 7 | Fourniture et pose des canalisations 135A Ø1200 | ml | 149.94 | 11015.82 | 1651712.051 |
| 8 | Fourniture et pose des canalisations 135A Ø1500 | ml | 81.5 | 15899.52 | 1295810.88 |
| 9 | Fourniture et pose des canalisations 135A Ø1800 | ml | 560.7 | 23857.36 | 13376821.75 |
| 10 | Fourniture et pose des canalisations 135A Ø2000 | ml | 216.09 | 35697.6 | 7713894.384 |
| Génie Civil | | | | | |
| 1 | Regards | u | 316 | 45000 | 14220000 |
| 2 | Déversoir d'orage | u | 1 | 400000 | 400000 |
| 3 | Point de rejet | u | 1 | 400000 | 400000 |
| Total Ht | | | | | 122195552.2 |
| TVA 19% | | | | | 23217154.92 |
| Total TTC | | | | | 145412707.2 |

Le coût total du projet est estimé à : Cent quarante-cinq millions quatre cent douze milles sept-cent sept et vingt centimes.

VII.6 Conclusion :

Dans ce chapitre, En premier lieu, nous avons fait le choix des engins le plus approprié pour le bon déroulement des différentes étapes du projet

Comme deuxième étape, nous avons fait une étude estimative quantitative des volumes de travaux, ce qui a permis d'établir le devis quantitatif et estimatif de notre projet.

Donc, on peut dire que l'organisation de chantier est nécessaire pour la réalisation d'un réseau d'assainissement, et cela afin d'économiser le coût, l'énergie et le temps sans oublier l'amélioration du rendement de travail.

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce mémoire avait pour objectif la conception et le dimensionnement du réseau d'assainissement pour le village Timlouka dans le but de canaliser tous les rejets domestiques et publics afin de protéger la santé publique et l'environnement.

En premier temps, il a fallu collecter toutes les données relatives à la zone d'étude du point de vue topographie, géologie, démographie ainsi que la situation hydraulique.

Ensuite, il a fallu entamer l'étude hydrologique pour déterminer l'intensité moyenne maximale qui est de 139.64 L/s/ha, en utilisant les résultats obtenus par l'ajustement de la série pluviométrique à la loi Log-normale.

Le réseau projeté, est un réseau unitaire, avec un schéma d'évacuation par déplacement latéral, acheminant les eaux vers la station d'épuration et le surplus est déversé à la mer par l'intermédiaire d'un déversoir d'orage.

Pour l'évaluation des débits des eaux usées, nous avons pris en considération les débits domestiques et publics vu qu'il n'y a pas des industries au niveau de la zone. Pour l'estimation des débits pluviaux, nous avons découpé la zone en 40 sous-bassins, ensuite, nous avons estimé le coefficient de ruissellement selon la nature de la surface drainée et nous avons opté pour la méthode rationnelle afin d'estimer les débits pluviaux.

Nous avons choisi des conduites en PVC et en Béton armé pour le réseau d'assainissement projeté.

Concernant les ouvrages annexes, nous étions dans l'obligation de projeter un déversoir d'orage afin de réguler le débit vers la STEP et de minimiser le diamètre de la conduite allant vers la STEP.

Enfin, nous avons calculé les volumes des différentes prestations, en faisant une étude quantitative et estimative des différents travaux à réaliser ainsi que les différents engins à utiliser pour le bon déroulement des différentes étapes de réalisation.

Au terme de ce modeste travail, il est à retenir que la bonne gestion du réseau d'assainissement et son entretien sont tout aussi importants que le dimensionnement proprement dit, et ce, dans l'optique d'assurer la longévité et la pérennité du système d'évacuation et ses composantes.

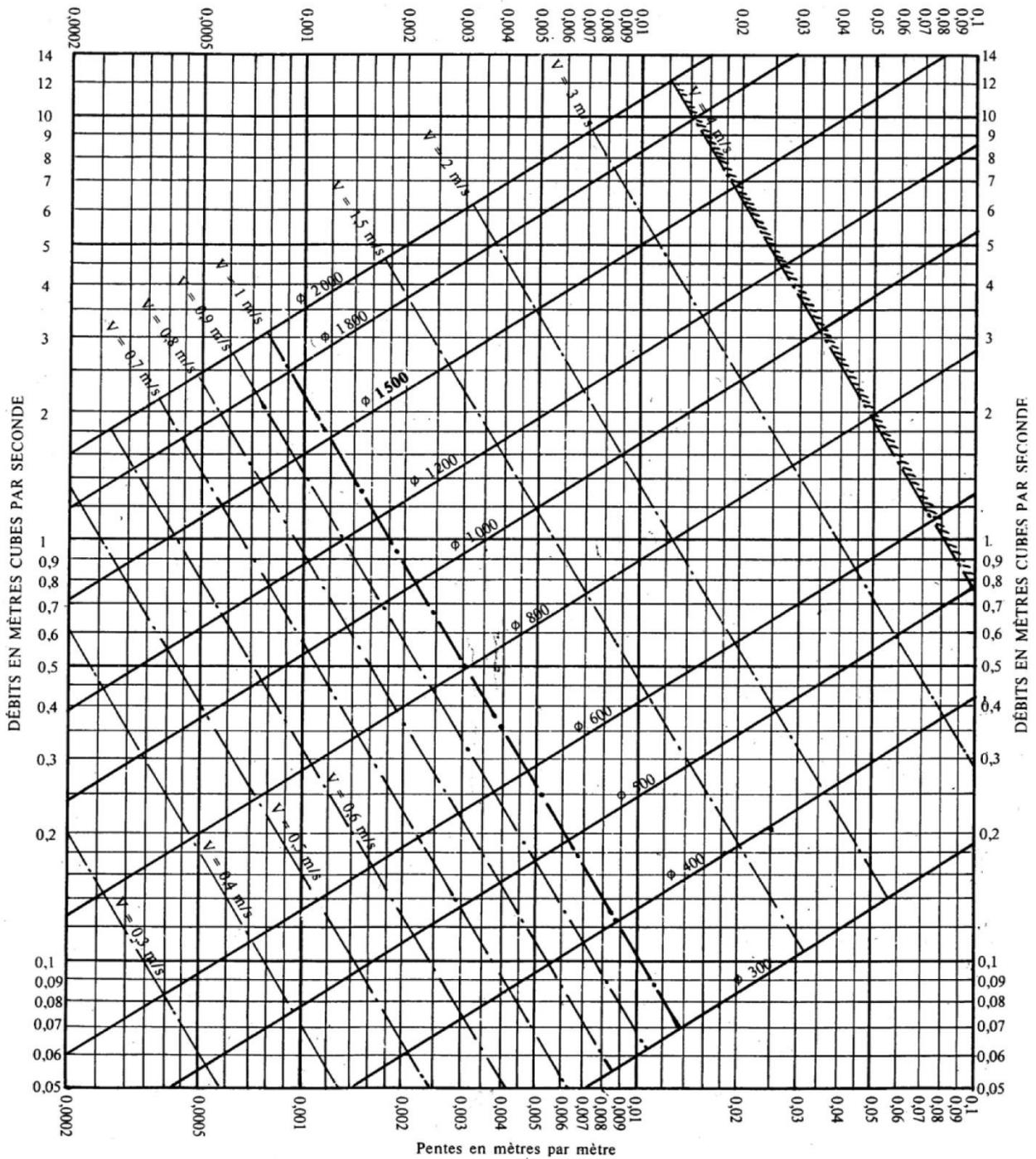
Références bibliographiques

- 1- C.E.R.T.U, 2003. « La ville et son assainissement ». CERTU, France.
- 2- Gomella C. et Guerree H., 1967. « Les eaux usées dans les agglomérations urbaines ». Eyrolles, Paris.
- 3- Gomella C. et Guerree H., 1986. « Guide d'assainissement dans les agglomérations urbaines et rurales (tome 1) ». Eyrolles, Paris.
- 4- Instruction Technique, 1977. « Instruction technique relative aux réseaux d'assainissement des agglomérations ». Imprimerie nationale, Paris.
- 5- Kerloc'h B. et Maelstaf D., 1983. « Le dimensionnement des réseaux d'assainissement des agglomérations ». C.E.T.E, nord Picardie.
- 6- Satin M. *et al.*, 2006. « Guide technique de l'assainissement (3^e édition) ». Le Moniteur, Paris.
- 7- Salah B., 2014. « Assainissement des eaux usées et pluviales des agglomérations : A l'usage des étudiants de l'option Assainissement ». ENSH, Blida.
- 8- Salah,B.,2019. « Guide d'élaboration d'un projet d'assainissement à l'usage des ingénieurs ». ENSH, Blida
- 9- Touaibia B., 2004. « Manuel pratique d'hydrologie ». Madani Frères, Blida.
- 10- Water Pollution Control Federation, 1970. « Design and construction of sanitary and storm sewers ». WPCF Manual of practice N° 9. Washington, D.C.

Annexes

ABAQUE 2-a

RÉSEAUX PLUVIAUX EN SYSTÈME UNITAIRE OU SÉPARATIF
(Canalisations circulaires)



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

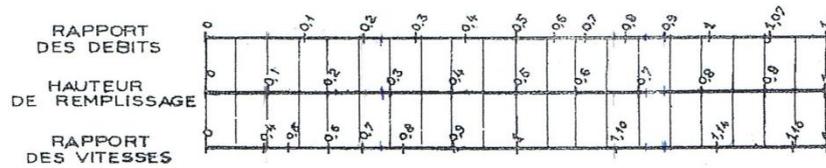
Annexe I – Abaque de dimensionnement en système unitaire

Source : Instruction technique 1977

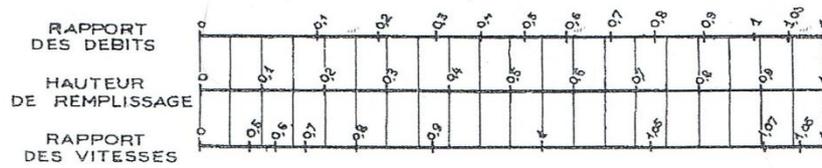
ANNEXE X

VARIATIONS DES DÉBITS ET DES VITESSES
EN FONCTION DE LA HAUTEUR DE REMPLISSAGE
(d'après la formule de Bazin)

a) Ouvrages circulaires



b) Ouvrages ovoïdes normalisés



Exemple - Pour un ouvrage circulaire rempli aux $3/10$, le débit est les $2/10$ du débit à pleine section et la vitesse de l'eau est les $78/100$ de la vitesse correspondant au débit à pleine section

| Liste Des nouveaux tarifs des Tuyaux en Béton Armé et Dalots | | | | | | |
|--|------------------|----------------|-------------|-------------------|--------------|----------------|
| Produit | Unitée AIN DEFLA | | | | | |
| | Classe 60 A | | Classe 90 A | | Classe 135 A | |
| | Prix au ML | Prix à l'unité | Prix au ML | Prix à l'unité | Prix au ML | Prix à l'unité |
| TA 300 | 2192,96 | 5 350,82 | 2322,32 | 5 666,46 | 2379,96 | 5 807,10 |
| TA 400 | 2 920,93 | 7 127,07 | 3 210,52 | 7 833,67 | 3 235,32 | 7 894,18 |
| TA 500 | 3 300,00 | 8 052,00 | 3 360,00 | 8 198,40 | 3 520,00 | 8 588,80 |
| TA 600 | 3 360,00 | 8 198,40 | 3 849,92 | 9 393,80 | 3 963,64 | 9 671,28 |
| TA 800 | 4 277,60 | 10 437,34 | 4 772,00 | 11 643,68 | 5 040,40 | 12 298,58 |
| TA 1000 | 6 565,92 | 16 020,84 | 6 868,48 | 16 759,09 | 8 429,08 | 20 566,96 |
| TA 1200 | 9 385,74 | 23 464,35 | 10 040,08 | 25 100,20 | 11 015,82 | 27 539,55 |
| TA 1500 | 13 028,35 | 32 570,88 | 14 489,47 | 36 223,68 | 15 899,52 | 39 748,80 |
| TA 2000 | 27 062,00 | 67 655,00 | 30 109,20 | 75 273,00 | 35 697,60 | 89 244,00 |
| Dalots | | | | Cochet de levage | MT en HT | MT en TTC |
| Dalot 3000 x 2150 x 1500 | | | | Crochet 1,3 tonne | 14 252,82 | 16 675,80 |
| Dalot 2000 x 2000 x 1500 | | | | Crochet 2,5 tonne | 17 607,52 | 20 600,80 |
| Dalot 1500 x 1500 x 1500 | | | | Crochet 5 tonne | 22 804,54 | 26 681,31 |
| | | | | Crochet 10 tonne | 44 878,90 | 52 508,31 |

Longueur des diamètres entre 400 et 1000 est de 2,44 m / Longueur des diamètres entre 1200 et 2000 est de 2,50 m.
Les joints des buses sont intégrés et compris dans les tarifs indiqués, sauf diamètre 1500 et 2000.

Annexe III – Catalogue des tuyaux en béton armé



Usine & Siège : Voie A Zone Industrielle BP 100 - 22000 Sidi Bel Abbès
Téléphone : 048 70 31 90
Télécopie : 048 70 35 58
Site Web : www.groupe-chiali.com e-mail : info@groupe-chiali.com

TUBE PVC A JOINT PN06

| Référence | Désignation | Diamètre Ext en MM | Epaisseur en MM | Jonction | Pression | Prix HT | Prix TTC | Prix HT | Prix TTC |
|-------------|-------------|-----------------------|--------------------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| | | | | | Service | le M/L | le M/L | Tube | Tube |
| 10 004 0631 | Tube PVC | 63 | 2.0 | A Joint | 6 Bars | 104,40 | 122,15 | 626,40 | 732,89 |
| 10 004 0751 | Tube PVC | 75 | 2.3 | A Joint | 6 Bars | 144,42 | 168,97 | 866,52 | 1 013,83 |
| 10 004 0901 | Tube PVC | 90 | 2.8 | A Joint | 6 Bars | 207,06 | 242,26 | 1 242,36 | 1 453,56 |
| 10 004 1101 | Tube PVC | 110 | 3.2 | A Joint | 6 Bars | 306,24 | 358,30 | 1 837,44 | 2 149,80 |
| 10 004 1251 | Tube PVC | 125 | 3.7 | A Joint | 6 Bars | 398,46 | 466,20 | 2 390,76 | 2 797,19 |
| 10 004 1601 | Tube PVC | 160 | 4 | A Joint | 6 Bars | 501,24 | 586,45 | 3 007,44 | 3 518,70 |
| 10 004 2001 | Tube PVC | 200 | 4,9 | A Joint | 6 Bars | 766,13 | 896,38 | 4 596,81 | 5 378,26 |
| 10 004 2501 | Tube PVC | 250 | 6,2 | A Joint | 6 Bars | 1 211,86 | 1 417,87 | 7 271,14 | 8 507,23 |
| 10 004 3151 | Tube PVC | 315 | 7,7 | A Joint | 6 Bars | 1 723,88 | 2 016,94 | 10 343,28 | 12 101,64 |
| 10 004 4001 | Tube PVC | 400 | 9,8 | A Joint | 6 Bars | 2 776,80 | 3 248,85 | 16 660,79 | 19 493,12 |
| 10 004 5001 | Tube PVC | 500 | 12,3 | A Joint | 6 Bars | 4 354,00 | 5 094,17 | 26 123,97 | 30 565,05 |
| 10 004 6301 | Tube PVC | 630 | 15,4 | A Joint | 6 Bars | 6 853,40 | 8 018,48 | 41 120,42 | 48 110,89 |

Annexe IV – Liste des prix des tubes en PVC