



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : Conception Des Systèmes d'Assainissement

THEME :

**Diagnostic et Réhabilitation du Réseau d'Assainissement
De la zone 2 de la ville EL-ACHIR
(W. BORDJ BOU ARRERIDJ)**

Présenté par :

DJAHNIT Amina Ilhem.

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
MEDDI Hind	Professeur	Présidente
KADI Latifa	M.A.A	Examinatrice
NACER Tarek	M.C.B	Examineur
MEDDI MOHAMED	Professeur	Promoteur

Session 2023

Remerciements

Je remercie DIEU le tout puissant, pour m'avoir donné la sante, le courage et la volonté d'étudier et pour m'avoir permis de réaliser ce modeste travail dans les meilleures conditions.

Ensuite je tiens à remercier mes chers parents, qui se sont donné cœurs et âmes pour que je réussisse, qui m'ont aidé moralement et financièrement, et qui m'ont toujours encouragé à donner le meilleur de moi-même. Ainsi que mes chères sœurs et mon frère et ma famille qui ont toujours étaient là pour moi.

J'aimerais exprimer ma gratitude pour la patience, le soutien et l'aide qu'a pu m'apporter mon promoteur Pr : MEDDI MOHAMED.

Votre expertise a été une source d'inspiration inestimable qui a grandement contribué à façonner ce travail. Votre soutien a été essentiel tout au long de ce processus, et je tiens à vous remercier sincèrement pour votre engagement et votre contribution significative à la réussite de ce mémoire.

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

Ainsi que toutes mes gratitudes à l'ensemble des enseignants de l'ENSH qui m'ont éclairé, orienté et aidé durant toute ma formation.

Sans oublier mon cher professeur Mr ADOUI TAYEB que dieu ait pitié de son âme, et surtout mes amis qui m'ont beaucoup encouragé, et toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à tous ceux que j'aime mais surtout :

A mes parents qui ont toujours été les étoiles de mon ciel et ont illuminé mon chemin depuis ma naissance, je ne les remercierai jamais assez (maman et papa qui ont la plus grande place dans mon cœur que Dieu me les garde) ;

A mon cher frère mon bébé d'amour Yazid.

A mes chères princesses Lilia et Belkis.

A ma chère famille surtout Mima Hassina, Papa Rachid et bien sûr ami Tayeb

A ma chérie et mon cœur Channel.

A mes très chers amis : Rania, Assala, Dounia-zed, Aziza, Yousra, Houda, Asma, Chahra, Sarah, Moumen, Abed, Nasro, Ahmed, Hachemiiiiiii, moh, Seddik, Younes, Said, Ali, Mokhtar, Hadil, Hana, yousra, khawla, yasmima, Selma, chourouk, Rayen, roucilya, Riheb, Imen, chaima.

A ma chère royaume El mamlaka el hachemia

A mes chers amis et collègues Younes et Hamid.

A ma chère collègue Khettib Fadila qui nous a quitté en cours de route.

A mes cousins et mes cousines (Nina ; Marwa ; Riheb ; Rania ; Hakou ; Mounir ; Raouf ; Samia ; Ines ; Firouz ; Hanine ; Marwa ; Layane ; Ghina ; Mohamed ; Yakoub ; Racime ; Wassim ; Jadou ; sidra).

A ma chère tante Fatiha.

Enfin, à mes très chers parents, sans eux moi et ce travail n'aurait

Jamais vu le jour.

Et A...



ملخص

ولها تعرف شبكة الصرف الصحي لمدينة (الأشير) برج بوعريويج (العديد من المشاكل التي نحل استغلالها في غابة الصعوبة

تأثير مباشر على البيئة والصحة العامة. يركز عملنا على تشخيص وتقييم الشبكة القائمة في منطقة 2 من المدينة. من أجل تحقيق هدفنا، وضعنا خطة عمل تتألف من ثلاث خطوات. الخطوة الأولى تتعلق بجمع المعلومات اللازمة لتحديد منطقة دراستنا. الخطوة الثانية تتألف من تشخيص الشبكات القائمة واستخراج البيانات الرئيسية المتعلقة بها. وأخيراً، الخطوة الأخيرة تتضمن وضع خطة وظيفية للصرف في المنطقة المدروسة.

Résumé

Le réseau d'assainissement de la ville EL-ACHIR connaît d'énormes anomalies. Ces dernières rendent son exploitation difficile et elles ont un impact direct sur l'environnement et la santé publique. Notre travail se focalise sur le diagnostic et la réhabilitation du réseau existant de la zone 2 de la ville. Pour atteindre notre objectif, nous avons élaboré un plan de travail comprenant trois étapes. La première étape concerne la collecte des informations nécessaires pour déterminer la zone de notre étude. La deuxième étape consiste à diagnostiquer les réseaux existants et à extraire les données principales qui y sont liées. Enfin, la dernière étape consiste à élaborer un plan fonctionnel d'assainissement pour la zone étudiée.

Abstract

The sanitation network of the city EL-ACHIR is experiencing significant anomalies. These anomalies make its operation difficult and have a direct impact on the environment and public health. Our work focuses on diagnosing and rehabilitating the existing network in zone 2 of the city. To achieve our objective, we have developed a work plan consisting of three stages. The first stage involves collecting the necessary information to determine the study area. The second stage consists of diagnosing the existing networks and extracting the main related data. Finally, the last stage involves developing a functional san

Table des matières

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Introduction	1
I.1 Situation géographique.....	1
I.1.1 Situation géographique de la zone 2 de la ville d'El-Achir	2
I.2 Situation climatique.....	3
I.2.1 Pluviométrie.....	3
I.2.2 Température.....	4
I.2.3 Humidité	5
I.2.4 Les vents	6
I.2.5 Insolation	6
I.3 Géologie du site.....	6
I.4 Sismicité.....	8
I.5 Situation hydrographique	8
I.6 Situation topographique	8
I.7 Situation démographique.....	9
I.8 Situation hydraulique	9
I.8.1 Alimentation en eau potable	9
I.8.2 Les ressources en eau.....	10
I.8.3 Réseau d'assainissement.....	10
Conclusion.....	11

Chapitre II : Diagnostic du système d'évacuation.

Introduction	12
II.1 Généralité	12
II.2 Phases principales d'une étude de diagnostic	13
II.2.1 Recueil et exploitation des données	13
II.2.1.1 Données de base	13
II.2.1.2 Données d'orientation	14
II.2.2 Le pré-diagnostic.....	14
II.2.3 Reconnaissance approfondie.....	14
II.3 Aperçu général du réseau d'assainissement existant de la zone 2 de la ville El-Achir.	15

II.3.1	Etat des oueds.....	16
II.3.2	Les rejets	18
II.4	Etat du système d’assainissement existant de la zone d’étude	18
II.4.1	Etat des regards	18
II.4.2	Etat des bouches d’égout.....	19
II.4.3	Etat des collecteurs.....	20
II.5	Problématique.....	21
	Conclusion.....	21

Chapitre III : Etude climatologique et hydrologique

	Introduction	22
III.1	Le bassin versant	22
III.2	Les averses.....	22
III.3	Choix de la période de retour	23
III.4	Détermination de l’intensité moyenne de précipitation	23
III.5	Analyse des données pluviométriques et le choix du type de loi d’ajustement	24
III.5.1	Analyse des données statistiques	25
III.5.2	Choix de la loi d’ajustement	26
III.5.2.1	Ajustement à la loi de Galton (log-normal)	27
III.5.2.2	Ajustement à la loi de GEV	28
III.5.2.3	Ajustement à la loi de Gumbel	30
III.6	Test d’adéquation	32
III.7	Calcul de la valeur de l’intensité à une période de retour donnée	33
	Conclusion.....	34

Chapitre IV : Estimation des débits à évacuer.

	Introduction	35
IV.1	Les systèmes d’évacuation des eaux usées et des eaux pluviales.....	35
IV.1.1	Les différents systèmes d’évacuation.....	35
IV.1.2	Avantages et inconvénient des trois systèmes d’évacuation	38
IV.1.3	Choix du système d’évacuation d’assainissement	39
IV.2	Schémas d’évacuation	39
IV.2.1	Les différents schémas d’évacuation.....	39

IV22	Choix du schéma d'évacuation	42
IV3	Découpage de la zone d'étude en sous bassins.....	42
IV4	Evaluation de la population	43
IV5	Evaluation du coefficient de ruissellement	43
IV51	Coefficient de ruissellement pour chaque surface élémentaire	45
IV52	Calcul du coefficient de ruissellement pondéré total	46
IV6	Calcul du nombre d'habitants pour chaque surface élémentaire	46
IV61	Calcul de densité partielle de chaque surface élémentaire	46
IV62	Calcul de nombre d'habitant de chaque surface élémentaire	47
IV7	Evaluation des débits des eaux usées	47
IV7.1	Nature des eaux usées	48
IV7.1.1	Eaux d'origine domestique.....	48
IV7.1.2	Eaux des services publiques	48
IV7.1.3	Eaux parasite	48
IV7.1.4	Eaux pluviales	49
IV72	Estimation des débits des eaux usées	49
IV72.1	Estimation des débits des eaux usées domestiques.....	49
IV72.2	Estimation des débits des eaux usées des équipements	51
IV72.3	Estimation des débits des eaux parasites	53
IV72.4	Evaluation des débits usés totaux	54
IV73	Estimation des débits pluviales	54
IV73.1	La méthode rationnelle	55
IV73.2	Choix de la méthode.....	58
IV73.3	Calcul des débits pluvieux.....	58
Conclusion.....		59

Chapitre V : Dimensionnement du réseau d'assainissement et les ouvrages annexes.

Introduction	60
V.1 Conditions d'implantation des réseaux	60
V.2 Conditions d'écoulement et de dimensionnement.....	60
V.3 Dimensionnement du réseau d'assainissement	61
V.3.1 Débits.....	61
V.3.1.1 Calcul de débits pour chaque surface élémentaire.....	61

V3.12	Calcul de débits pour chaque tronçon.....	62
V4	Mode de calcul	62
V4.1	Procédé de calcul	63
V4.1.1	Débit	63
V4.1.2	Diamètre	64
V4.1.3	Les paramètres de forme	65
V4.2	Dimensionnement du réseau d'assainissement.....	66
V5	Résultats obtenus.....	69
V6	Les ouvrages annexes.....	74
V6.1	Les ouvrages normaux	74
V6.1.1	Les branchements	74
V6.1.2	Les ouvrages de surface et recueilles	75
V6.1.3	Les ouvrages d'accès au réseau (regards)	77
V6.2	Les ouvrages spéciaux (D.O).....	80
V6.2.1	Compositions.....	80
V6.2.2	Emplacement du déversoir d'orage.....	81
V6.2.3	Fonction des déversoirs d'orage.....	81
V6.2.4	Types des déversoirs d'orage.....	82
V6.2.5	Dimensionnement des déversoirs d'orage.....	82
Conclusion.....		84

Chapitre VI : Eléments constitutif du réseau d'égout.

Introduction	85
VI.1 Les ouvrages principaux.....	85
VI.1.1 Canalisation.....	85
VI.1.1.1 Type de canalisations	86
VI.1.1.2 Choix du type des conduites	88
VI.1.1.3 Différentes actions supportées par la conduite	89
VI.1.1.4 Protection des conduites	89
VI.1.1.5 Pose de canalisation.....	90
VI.2 Les ouvrages annexes.....	90
Conclusion.....	91

Chapitre VII :Devis quantitatif et estimatif .

Introduction	92
VII.1 L'emplacement des canalisations.....	92
VII.2 Exécution des travaux.....	92
VII.2.1 Décapage.....	93
VII.2.2 Emplacement des jalons des piquets	93
VII.2.3 Exécution des tranchées et des fouilles pour les regards	93
VII.2.4 Aménagement du lit de pose	94
VII.2.5 Pose de canalisation en tranchée	95
VII.2.6 Assemblage des conduites	95
VII.2.7 Essais d'étanchéité sur les joints et les canalisations	96
VII.2.8 Extraction des regards	96
VII.2.9 Remblaiements et compactage des tranchées	97
VII.2.10 Choix des engins	97
VII.3 Manutention et stockage.....	100
VII.3.1 VII.4.1 Chargement et transport.....	100
VII.3.2 Stockage.....	100
VII.4 Devis quantitatif et estimatif du projet.....	100
VII.4.1.1 Volume de la couche de terre végétale.....	101
VII.4.1.2 Volume du déblai de tranchée	101
VII.4.1.3 Volume du lit de sable.....	101
VII.4.1.4 Volume des conduites	102
VII.4.1.5 Volume du remblai de tranchée.....	102
VII.4.1.6 Volume excédentaire	102
VII.4.1.7 Résultats obtenus	103
VII.4.2 Devis final	103
Conclusion.....	104

Listes de figures

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Figure I. 1 : Localisation de ville El-Achir sur la carte de la wilaya de Bordj Bou Arreridj	2
Figure I. 2 : Schéma de découpage naturel de la ville selon les oueds.	2
Figure I. 3: Image satellitaire de la zone 2.....	3
Figure I. 4 : Graphe des précipitations moyennes mensuelles.....	4
Figure I. 5 : Variations des températures moyennes mensuelles, minimales et maximales.	5
Figure I. 6 : Carte géologique de la wilaya de Bordj Bou Arreridj.....	7
Figure I. 7 : Carte de zonage sismique du territoire national.....	8

Chapitre II : Diagnostic du système d'évacuation.

Figure II. 1 : oued Oum Rabahnon aménagée	16
Figure II. 2 : Partie non aménagée d'oued Nessissa	17
Figure II. 3 : Partie aménagée d'oued Nessissa	17
Figure II. 4 : Schéma du réseau hydrographique de la ville El-Achir	17
Figure II. 5 : Réseau colmaté.....	18
Figure II. 6 : Rejet vers oued Oum-Rabah	18
Figure II. 7 : Tampon de regard élevé et dégradé par rapport à la route.....	18
Figure II. 8 : photos de regards envasés.....	19
Figure II. 9 : Bouche d'égout colmatée	19

Chapitre III : Etude climatologique et hydrologique

Figure III. 1 : Ajustement graphique à la loi log-normal	28
Figure III. 2 : Ajustement graphique à la loi GEV.....	30
Figure III. 3 : Résultats de l'ajustement de la loi de Gumbel	31
Figure III. 4 : Comparaison entre les différentes lois d'ajustement.	32

Chapitre IV : Estimation des débits à évacuer.

Figure IV. 1: Différents systèmes d'assainissement	35
Figure IV. 2 : Système unitaire.....	36
Figure IV. 3 : Système séparatif. (boumaaza messaouda).....	37
Figure IV. 4 : Système pseudo séparatif.....	38
Figure IV. 5 : Schéma perpendiculaire	40
Figure IV. 6 : Schéma par déplacement latérale	40
Figure IV. 7 : Schéma radial.....	41
Figure IV. 8 : Schéma à collecteur transversal ou oblique	41
Figure IV. 9 : Schéma étagé	42

Chapitre V : Dimensionnement du réseau d'assainissement et les ouvrages annexes.

Figure V. 1 : point de raccordement avec inclination	75
Figure V. 2 : Bouche d'égout avec absorption par le haut	76
Figure V. 3 : Bouche d'égout avec absorption par le coté latéral.....	76

Figure V. 4 : Regard de chute.....	79
Figure V. 5 : Regard de visite.....	79
Figure V. 6 : Regard de jonction.....	79
Figure V. 7 : Regard latéral	79
Figure V. 8 : Schéma général de principe de fonctionnement du déversoir d'orage	80

Chapitre VI : Eléments constitutif du réseau d'égout.

Figure VI. 1 : Différents joints des conduites en béton	88
Figures VI.2 : Des conduites en polyéthylène haute densité annelé (PEHD annelé)	90

Chapitre VII : Organisation du chantier.

Figure VII. 1 : Bulldozer	98
Figure VII. 2 : Pelle hydraulique	99
Figure VII. 3 : Pipe layer	99
Figure VII. 4 : Compacteur à rouleau.	99

Listes des tableaux

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Tableau I. 1 : Coordonnées de la station d'observation météorologique.....	3
Tableau I. 2 : Pluies moyennes mensuelles de la période (1980-1984)	3
Tableau I. 3 : Evolution du température moyennes, maximales et minimales	4
Tableau I. 4 : Répartition mensuelle de l'humidité relative	5
Tableau I. 5 : Répartition mensuelle de la vitesse moyenne du vent (m/s)	6
Tableau I. 6 : Répartition mensuelle du nombre d'heures d'insolation.....	6
Tableau I. 7 : Les ressources en eau de la commune.....	10
Tableau I. 8 : Caractéristique du réseau existant	11

Chapitre II : Diagnostic du système d'évacuation.

Tableau II. 1 : Caractéristiques d'un collecteur.....	20
---	----

Chapitre III : Etude climatologique et hydrologique

Tableau III. 1 : Caractéristique de la station pluviométrique de BBA	24
Tableau III. 2 : Précipitations mensuelles et maximales journalières à la station de B.B.A.....	24
Tableau III. 3 : Caractéristiques empirique de la série	26
Tableau III. 4 : Résultat de l'ajustement à la loi de Galton	28
Tableau III. 5: Résultats d'ajustement à la loi GEV	29
Tableau III. 6 : Résultats d'ajustement à la loi de Gumbel.....	31
Tableau III. 7 : Les résultats du test d'adéquation	32
Tableau III. 8 : paramètre de la loi de Galton.....	34

Chapitre IV : Estimation des débits à évacuer.

Tableau IV. 1 : Avantages et inconvénient des trois systèmes d'évacuation	38
Tableau IV. 2 : évolution de la population à l'horizon d'étude.....	43

Tableau IV. 3 : Coefficient de ruissellement en fonction de la catégorie d'urbanisation	44
Tableau IV. 4 : Coefficient de ruissellement en fonction de type de surface	45
Tableau IV. 5 : Coefficient de ruissellement en fonction de la densité de la population.....	45
Tableau IV. 6 : Coefficient de ruissellement de chaque surface élémentaire	45
Tableau IV. 7 : Population de chaque surface élémentaire.....	47
Tableau IV. 8 : Evaluation des débits de pointe d'eau usée domestique	51
Tableau IV. 9 : Evaluation des débits de pointe des eaux usées publique.....	52
Tableau IV. 10 : Evaluation des débits des eaux parasites	53
Tableau IV. 11 : Evaluation des débits totaux des eaux usées.....	54
Tableau IV. 12 : Evaluation de débit pluvial de chaque surface élémentaire par la méthode rationnelle.....	58
Tableau IV. 13: Evaluation de débit total de chaque surface élémentaire	59

Chapitre V : Dimensionnement du réseau d'assainissement et les ouvrages annexes.

Tableau V. 1 : coefficient de rugosité de Strickler pour divers types de matériaux	63
Tableau V. 2 : Dimensionnement et détermination des paramètres hydraulique des collecteur	67
Tableau V. 3 : Résultats de calcul et de comparaison.....	69
Tableau V. 4 : Dimensionnement des nouveaux tronçons de la surface élémentaire 5.....	73
Tableau V.5 : Les données de base des déversoirs d'orages... ..	85
Tableau V.6 : Résultats de dimensionnement des déversoirs d'orages	85

Chapitre VI : Eléments constitutif du réseau d'égout.

Tableau VI. 1 : Différents type de joints des conduites en béton	87
Tableau VI. 2 : Les avantages et les inconvénients de PEHD.....	
Tableau VI. 3 : Pose de canalisation en fonction de la nature du terrain.....	90

Chapitre VII : Organisation du chantier.

Tableau VII. 1 : Répartition des engins nécessaires selon les opérations.....	97
Tableau VII. 2 : Résultats des volumes calculés	103
Tableau VII. 3 : Devis quantitatif et estimatif du projet.....	103

Liste des planches

Planche 1 : Plan du réseau d'assainissement existant de la zone 2 de la ville EL-ACHIR.

Planche 2 : Plan du réseau d'assainissement projeté.

Planche 3 : Profil en long du collecteur principal.

Planche 4 : Les ouvrages annexes.

**INTRODUCTION
GENERALE**

INTRODUCTION GENERALE

L'assainissement, en tant qu'étape essentielle du cycle de l'eau, joue un rôle crucial dans la protection de la santé publique et de l'environnement. Il englobe la gestion des eaux usées et pluviales, leur évacuation, leur transport, et leur traitement. En Algérie, les problèmes d'assainissement sont particulièrement aigus dans les zones rurales, tant au nord qu'au sud du pays. Parmi les problèmes environnementaux visibles, on note les rejets directs des eaux usées dans la nature. Cette situation est exacerbée par la dégradation ou l'absence de réseaux d'assainissement, le manque d'entretien, et la présence d'équipements inadaptés pour évacuer ces eaux.

La commune d'El-Achir, en pleine croissance, fait face à des défis croissants en matière d'assainissement en raison de l'urbanisation, de l'augmentation de la population, et des changements climatiques. L'étude de diagnostic et de réhabilitation du réseau d'assainissement vise à relever ces défis de manière durable et innovante. Le réseau actuel, très ancien, présente des lacunes et n'est plus adapté à l'évolution de la population ni à l'expansion urbaine avec la construction de logements et d'équipements publics. Ainsi, il est nécessaire de revoir ce réseau par une étude globale qui vérifie sa capacité à gérer les rejets actuels et projette de nouveaux réseaux pour remplacer les parties vétustes et couvrir les zones non encore assainies.

Cette étude implique une évaluation approfondie de divers paramètres, tels que les débits prévus des eaux usées et pluviales. L'objectif principal est de définir avec précision les infrastructures nécessaires pour collecter, transporter, et éliminer les eaux usées de manière sécurisée et respectueuse de l'environnement. En utilisant des approches novatrices, des modélisations hydrauliques, et des solutions personnalisées, cette étude vise à garantir la durabilité du système d'assainissement tout en minimisant les impacts sur les écosystèmes locaux.

Chapitre I :

Présentation de la zone d'étude

Introduction

Avant de débiter tout projet d'assainissement, il est impératif de réaliser une étude approfondie du site afin de comprendre les caractéristiques physiques du lieu et les facteurs qui influencent la conception du projet. En effet, chaque site présente des particularités qui sont essentielles pour l'assainissement, notamment :

- Les données naturelles du site.
- Les informations concernant l'agglomération existante.
- Les données relatives au développement futur de l'agglomération.
- Les données spécifiques à l'assainissement.

Ainsi, la présentation détaillée de l'agglomération constitue une étape cruciale dans le processus d'élaboration de l'étude diagnostique et de l'extension du réseau d'assainissement de la ville.

I.1 Situation géographique

La commune d'EL-ACHR est située à 11 kilomètres du chef-lieu de la wilaya de Bordj Bou Arreridj. Elle a été élevée au statut de chef-lieu de commune lors du dernier découpage administratif en 1984 et elle relève de la daïra de MEDJANA.

Elle s'étend sur une superficie totale estimée à 101,60 kilomètres carrés et partage ses limites administratives comme suit :

- Au nord-est : Bordj Bou Arreridj et Medjana
- Au nord-ouest : Mansoura
- Au sud-ouest : K'sour.
- Au sud-est : El Hammadia.

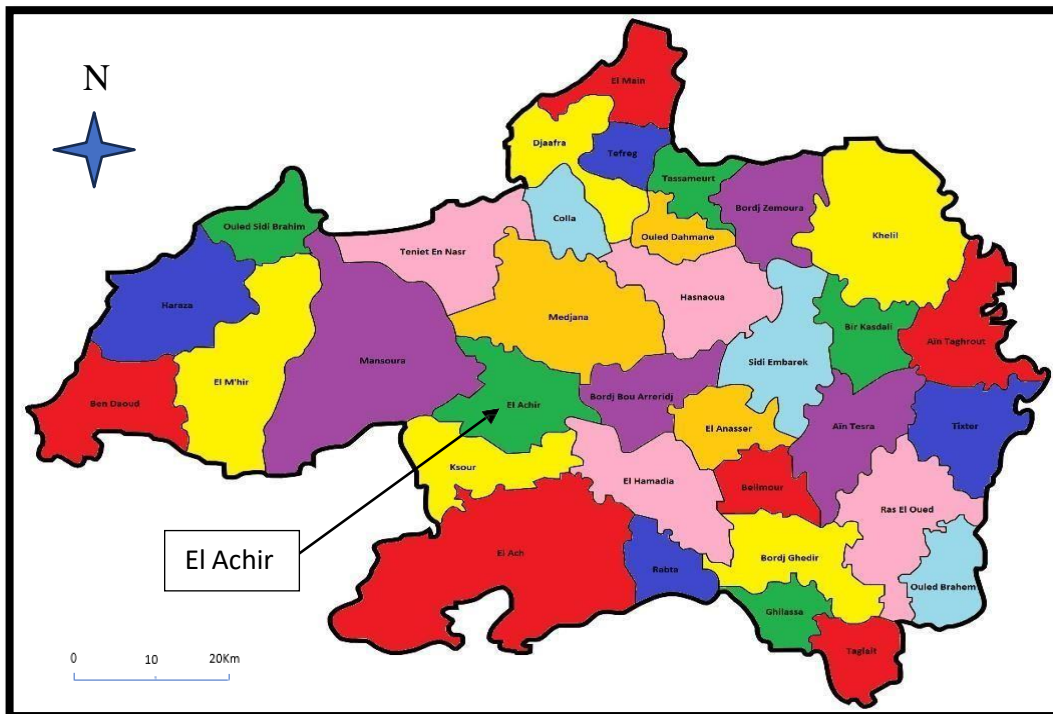


Figure I. 1 : Localisation de ville El-Achir sur la carte de la wilaya de Bordj Bou Arreridj.

Source : www.interieur.gov.dz

I.1.1 Situation géographique de la zone 2 de la ville d'El-Achir

Le bassin versant globale de la région d'étude est divisé naturellement en 3 zones par les deux cours d'eau qui traversent la ville, Oued OUM-RABAH et Oued Nessissa, La zone 2 est située entre les deux oueds. Elle se caractérise avec une surface de 72 hectares.

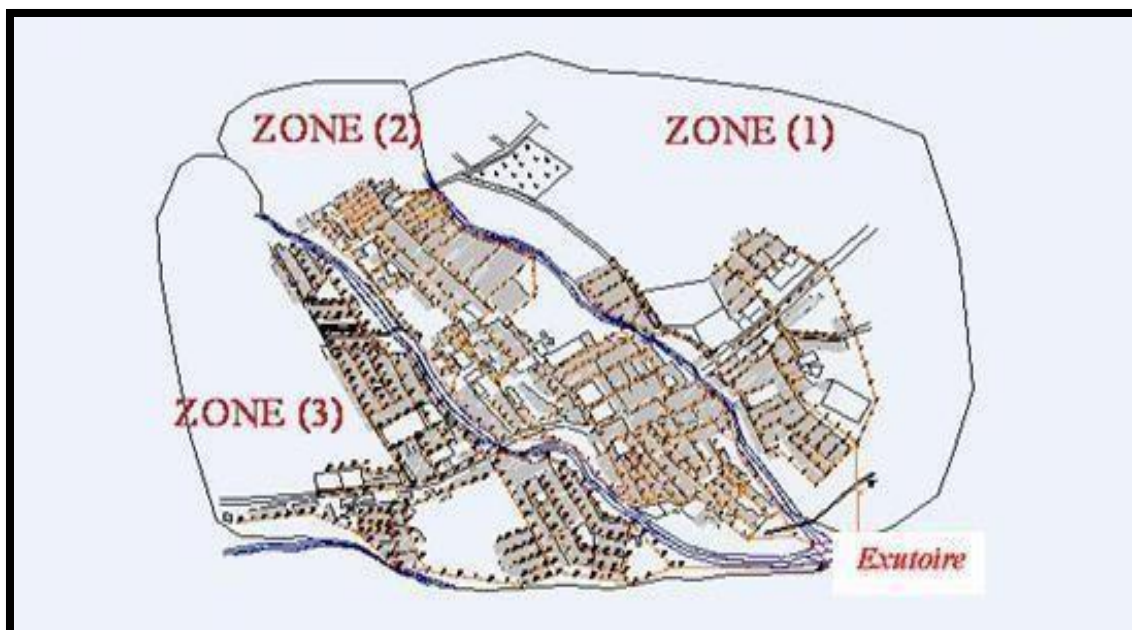


Figure I. 2 : Schéma de découpage naturel de la ville selon les oueds.

Source BET EL BAHDJA.

I.2 Situation climatique

I.2.1 Pluviométrie

La quantité et l'intensité des précipitations varient de manière irrégulière, et les moyennes mensuelles des précipitations sont observées par la station météorologique la plus proche, dans le tableau suivant :

Tableau I. 1 : Coordonnées de la station d'observation météorologique.

Code de la Station	X	Y	Altitude(m)	Période d'observation
050906	685.80	309.95 km	922	1981-2012

Source : ANRH-Alger 2020

Tableau I. 2 : Pluies moyennes mensuelles de la période (1980-1984).

Mois	Sep	oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Total
P(mm)	13.4	34.6	30.4	42.5	29.5	34.9	31.7	40.3	33.8	10.3	3	13.5	317.8

Source : ANRH -ALGER 2020

Ce tableau fait ressortir une pluviométrie annuelle de **317,80 mm** qui se répartie sur deux (**02**) périodes distinctes.

Une période caractéristique de la saison estivale (Juin, Juillet et Août) marquée par des faibles pluies d'une moyenne de **9 mm**.

Une deuxième période concernant les autres saisons de l'année, marquée par une abondance des pluies. En effet, les pluies débutent en Automne (Septembre, Octobre, Novembre) avec une moyenne de **26,13 mm** et s'accroissent en hiver (Décembre, Janvier, Février) avec une moyenne de **35,63 mm**.

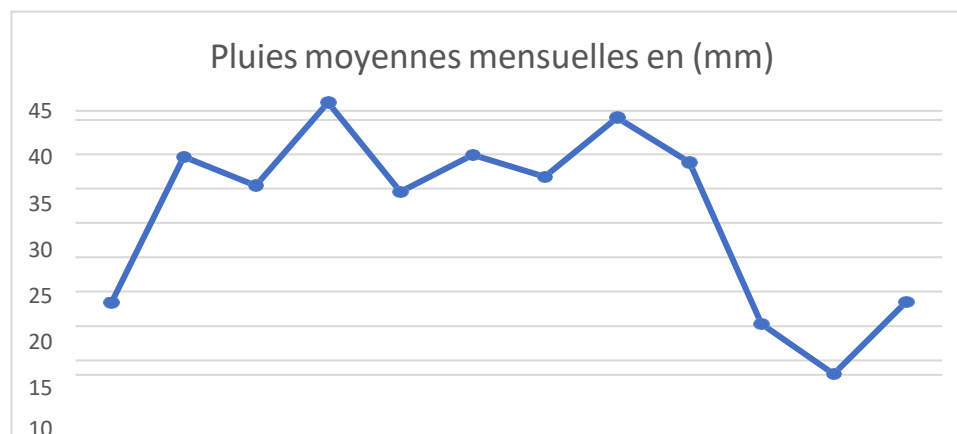


Figure I. 4 : Graphe des précipitations moyennes mensuelles.

I.2.2 Température

Le tableau suivant illustre les données sur les valeurs moyennes mensuelles et annuelles :

Tableau I. 3 : Evolution du température moyennes, maximales et minimales.

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
T _{min} (°C)	0.8	1.5	3.2	6.6	9.7	15.3	17.9	17.2	13.9	9.9	4.9	2.1
T _{max} (°C)	10.3	10.4	14.6	18.4	22.2	29.3	34.2	32.4	27.4	21.1	14.6	10.8
T _{moy} (°C)	5.5	5.9	8.9	12.5	15.9	22.8	26.1	24.8	20.6	15.5	9.7	6.4

Source : ANRH ALGER 2020.

L'analyse du tableau ci-dessus révèle plusieurs informations importantes sur les variations de température tout au long de l'année :

1. Une période chaude s'étend de juin à septembre, marquée par une température moyenne de 23,60 °C. Le mois le plus chaud est juillet.
2. Une période de froid s'étend d'octobre à avril, avec une température moyenne de 9,2°C. le mois le plus froid est janvier, avec une température de 5,5 °C.

Cette analyse nous permet de comprendre les saisons et les variations de température tout au long de l'année, avec des mois d'été chauds et des mois d'hiver froids.

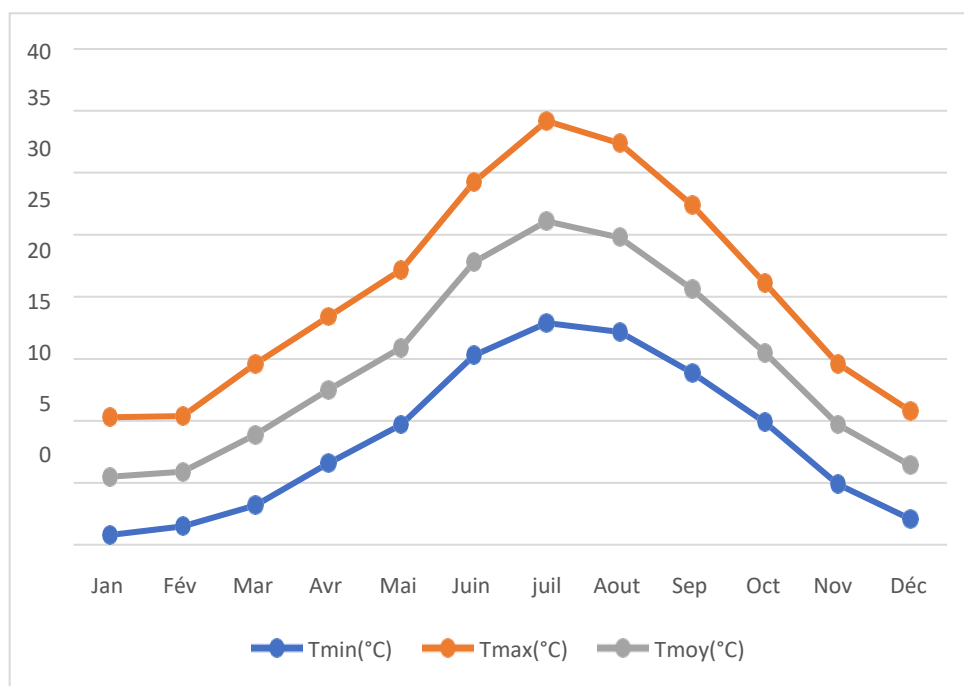


Figure I. 5 : Variations des températures moyennes mensuelles, minimales et maximales.

I.2.3 Humidité

Elle exprime la relation entre la pression partielle de la vapeur d'eau dans l'air et la pression de saturation à la même température.

Tableau I. 4 : Répartition mensuelle de l'humidité relative.

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
H	79,05	79,98	76,53	68,77	63,25	46,50	37,22	45,37	57,2	69,9	76,75	82,48	66,5
Moy													

Source ANRH ALGER 2020.

L'humidité se fait sentir dès le mois de septembre et persiste jusqu'au mois d'avril, pendant cette période les niveaux restent constamment au-dessus de la moyenne annuelle. Pendant le reste de l'année, notamment pendant la période de fortes températures, l'humidité ne descend pas en dessous de cette moyenne.

I.2.4 Les vents

Tableau I. 5 : Répartition mensuelle de la vitesse moyenne du vent (m/s).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
V(m/s)	2.4	2.4	3.1	3.3	3.2	3.4	3.2	3.0	2.9	2.7	2.6	2.7	2.9

Source ANRH ALGER 2020

Les vents à la station de Bordj Bou Arreridj soufflent constamment tout au long de l'année, avec une moyenne annuelle de 2,9 m/s. Les vents les plus fréquents ont une direction prédominante Nord-Ouest. Les vents du sud (sirocco) apportent de la chaleur de mai à août.

I.2.5 Insolation

L'insolation, en termes simples, correspond à la durée pendant laquelle le soleil a éclairé la région en question.

Tableau I. 6 : Répartition mensuelle du nombre d'heures d'insolation.

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
													annuelle
N^{bre} d'heures d'insolation	5.6	7.2	7.3	8.4	10	10.7	11.3	10.5	8.6	7.4	6.6	6.5	8.34

Source ANRH ALGER 2020

Les périodes les plus propices à des fréquences d'insolation élevées se situent pendant les mois chauds, de mai à août, atteignant un pic de 11,3 heures en juillet. En revanche, les valeurs inférieures à la moyenne annuelle se manifestent durant les saisons hivernale et printanière, avec un minimum de 5,6 heures en janvier. En moyenne sur l'année, le nombre d'heures d'insolation s'élève à 8,34 heures.

I.3 Géologie du site :

L'analyse géotechnique de la terre dépend principalement de la nature géologique et de la composition de la roche pour déterminer la résistance du sol et l'extension des structures urbaines. En connaissant les époques géologiques de la région, ses caractéristiques et ses mouvements tectoniques.

Les formations qui émergent dans la région sont : Cartésien, Troisième et Quatrième époque.

- Le diadème qui apparaît à la surface en raison d'événements tectoniques
- Jurassique : Apparaît à certains endroits dans les centres d'altitude
- Le président : Il occupe la plus grande partie de la région et se trouve au nord et au sud
- La troisième époque : Il apparaît principalement dans les parties centrales (hauts plateaux) et à l'extrémité sud de l'atlas tellien.
- La quatrième époque : on l'observe dans les parties centrales (hauts plateaux) et à l'extrémité sud de l'atlas tellien.

La ville d'El-Achir se situe dans les hauts plateaux et les régions intérieures, en particulier dans une région caractérisée par des glissements et une activité sismique modérée.

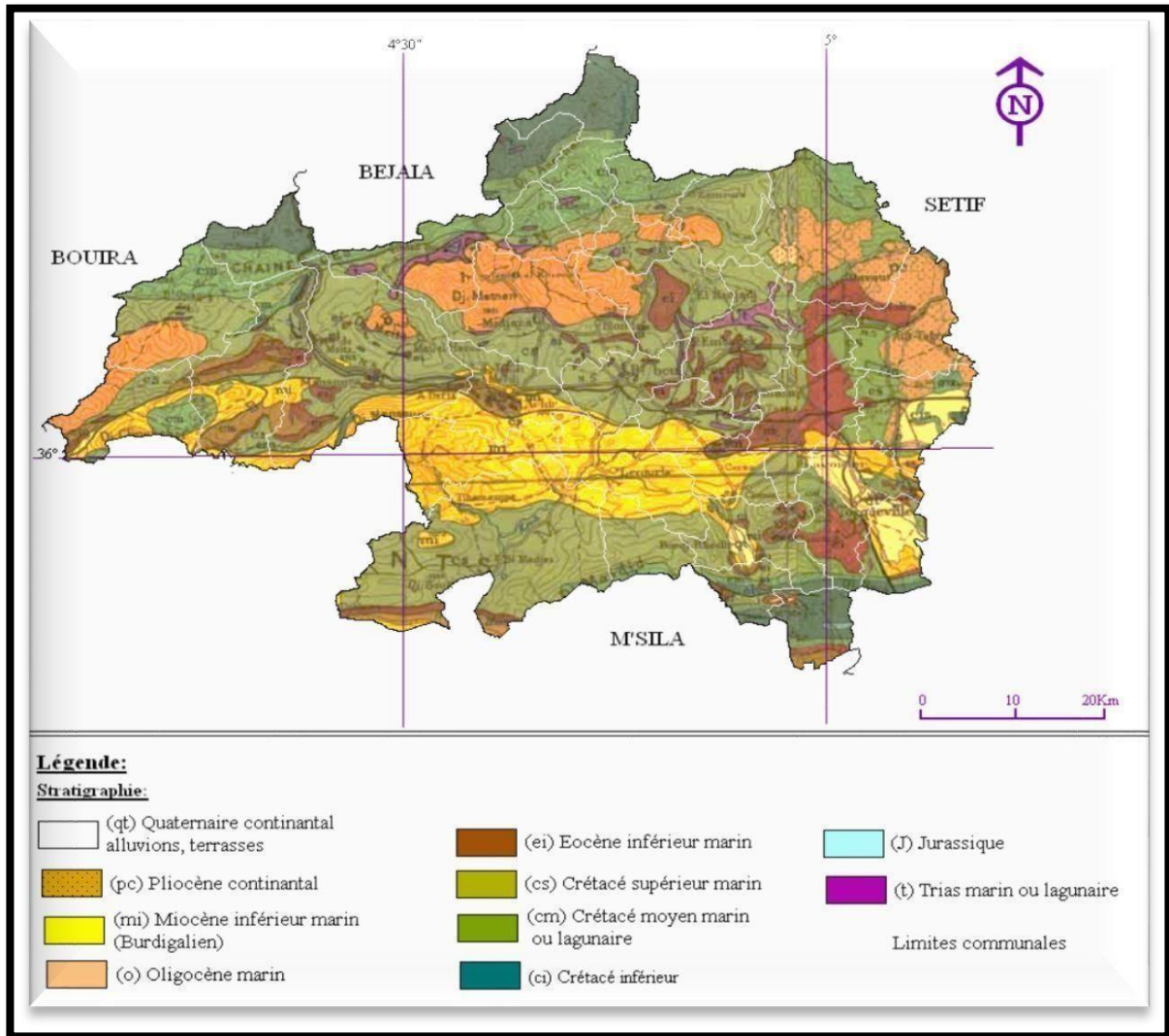


Figure I. 6 : Carte géologique de la wilaya de Bordj Bou Arreridj

Source : www.aniref.dz

I.4 Sismicité

La ville EL- ACHIR se trouve dans la partie nord de l'Algérie, une zone qui est sujette à une activité sismique significative. Cette ville est localisée dans une région classée en zone IIa. Il est impératif de prendre connaissance de l'activité sismique de cette zone avant d'entreprendre tout projet d'aménagement, dans le but de minimiser la vulnérabilité de la région.

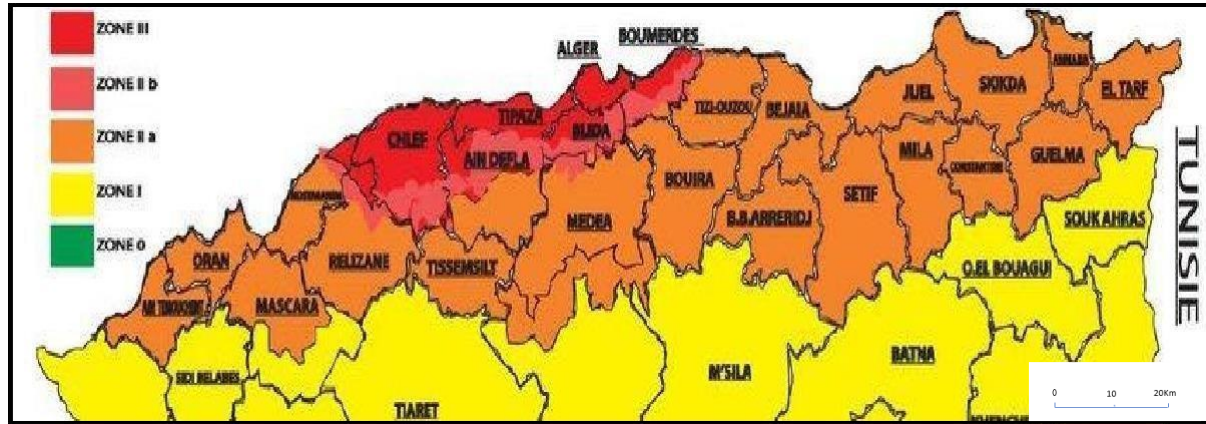


Figure I. 7 : Carte de zonage sismique du territoire national.

Source : www.cgs-dz.org

I.5 Situation hydrographique

L'estimation et la connaissance des ressources hydrographiques de la région sont dues à notre connaissance des perspectives géologiques de la région, ce qui nous permet de connaître la structure géologique et des couches de la terre afin de déterminer les différentes chaînes structurelles de la région.

La région possède un réseau hydrographique dense basé sur la présence de deux bassins versants :

- Le drainage du premier bassin est dirigé vers le Nord-Ouest
- La deuxième décharge du bassin est orientée sud-est vers l'Ksob.

La commune d'El Achir est traversée par plusieurs oued de l'est à l'ouest répartis comme suite :

- A l'Est de la ville d'El-Achir : Lachbour, Guettar
- Au centre : Oum Rabah, Nessissa
- À l'ouest : Geram.

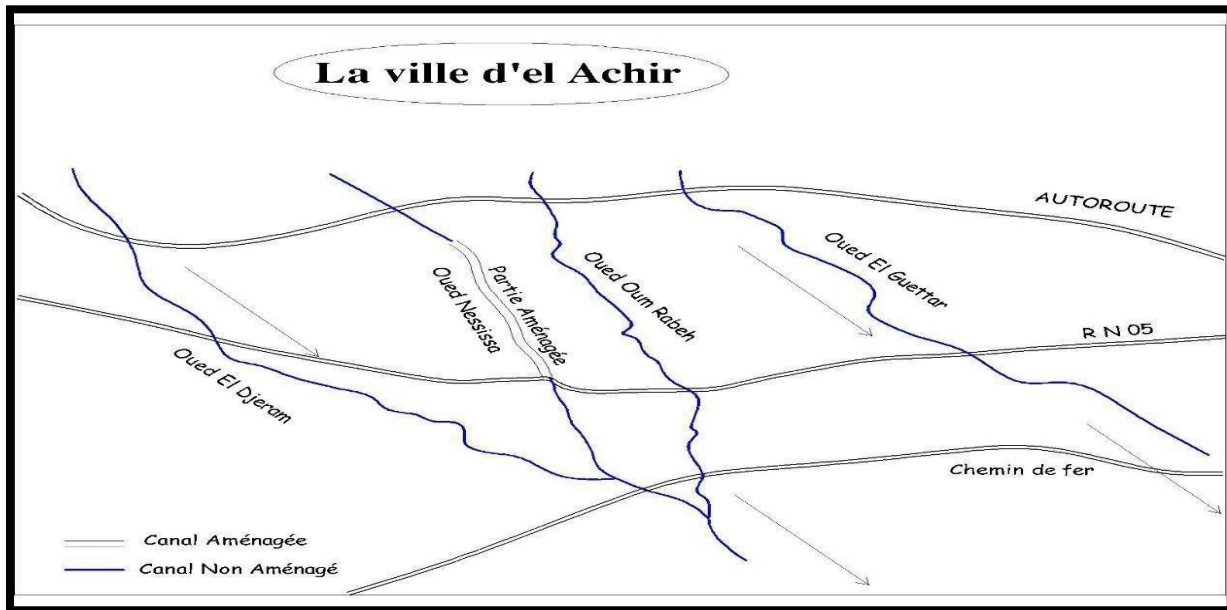


Figure II. 8 : Schéma du réseau hydrographique de la ville El-Achir.

Source : BET EL BAHDJA

I.6 Situation topographique

Le relief joue un rôle important dans l'orientation et l'homogénéité du tissu urbain et dans l'extension de l'infrastructure car c'est le principal responsable de sa détermination.

La commune d'El-Achir se caractérise par son appartenance à la région naturelle connue sous le nom de Medjana, caractérisée par l'ensemble des collines et des plaines, en particulier au nord et au sud.

Les caractéristiques les plus importantes de la région sont :

- Hauteur moyenne **1000 m**.
- La pente varie de **5 à 10%** dans le sud et de **10%** à plus de **25%** dans le nord.

I.7 Situation démographique

La population de la commune connaît une croissance constante, principalement en raison d'une augmentation rapide des naissances qui sont devenues courantes. Cette croissance est largement attribuable à la transition des traditions rurales vers les modes de vie urbains, ainsi qu'à l'amélioration du secteur de la santé et du niveau de vie.

D'après les données requises auprès des services de l'APC de la commune d'Achir, et selon le dernier recensement établis en 2022 nous avons (la population de la zone 2 de la commune):

- Une population de **25210** habitants.

I.8 Situation hydraulique

I.8.1 Alimentation en eau potable

Une enquête a été menée par le bureau d'étude auprès de la subdivision de ressource en eau de Medjana, service technique de L'APC pour s'acquérir des points d'approvisionnement en eau potable

Les ressources en eau potable de la ville de d'El-Achir, proviennent essentiellement du :

- Barrage de AIN ZADA, dont 1000 m³/jours arrivent dans deux réservoirs de 5000 m³, situés à Aouin- Zeraigua, à partir de ces deux réservoirs, les eaux sont refoulées vers deux réservoirs de capacité 1000 m³ et 2000 m³ situés à El-Achir.
- Deux forages l'un de BOUABDELLAH de 10 l/s par un volume produit de 864 m³/jours et l'autre de DRAA LABIED réalisé dernièrement de 15 l/s par un volume produit de 1210 m³/j

I.8.2 Les ressources en eau

Comme présente le tableau suivant donné par le service technique des ressources en eau de la daïra de Medjana.

Tableau I. 7 : Les ressources en eau de la commune.

Commune	Nom Agglomération	Population 2019 (ha)	Besoins en eau (m ³ /j)	Source d'approvisionnement	Production (m ³ /j)	Stockage m ³
El-Achir	ACL	19270	2 891	Barrage Ain Zada 1000 m ³ /j F/ Bou Abdallah II 864m ³ /j F /Draa labied 600 m ³ /j	2464	2000+1000

I.8.3 Réseau d'assainissement

Le réseau d'assainissement comporte trois parties, à savoir :

- ✓ La partie physique : Cette dernière elle-même comporte quatre types d'ouvrage :
 - Ouvrages de collecte.

- Ouvrages de transport.
 - Ouvrages annexe.
 - Ouvrage de prétraitement.
- ✓ La partie hydraulique : En analyse l'écoulement dans les tronçons (la vitesse d'écoulement, hauteurs de dépôt, capacité d'évacuation).
- ✓ La partie traitement : La nature de la pollution du rejet, et son impact sur le milieu. **Tableau I. 8 :** Caractéristique du réseau existant.

Commune	Population 2019	Longueur du réseau d'assainissement en (Km)	Taux de raccordement	Débit estimé de rejet m ³ /j	Lieu de rejet	Réseau séparatif/unitaire/Mixte
El Achir	19270	48.78	90	2312.4	Oued	Unitaire

Source : service technique des ressources en eau de la daïra de Medjana.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons recueilli les informations essentielles relatives à notre région en termes de géographie, géologie, démographie, ainsi que la situation hydraulique. Ces données seront utilisées comme point de départ pour notre étude sur le projet de diagnostic et de rénovation du réseau d'assainissement de cette zone.

Chapitre II :
Diagnostic du système
d'évacuation

Introduction

Le diagnostic des réseaux d'assainissement consiste à une inspection in situ des différents tronçons et ouvrages d'évacuation. Son but est de quantifier les détériorations, d'observer les anomalies et les pertes de performance, et de recueillir des données pour éventuellement établir un lien entre l'environnement et les problèmes du réseau.

En somme, l'objectif du diagnostic est de créer un bilan basé sur des données techniques et financières, qui servira à recommander des actions telles que des réparations, des rénovations ou des remplacements nécessaires pour améliorer le réseau d'assainissement.

II.1 Généralité

Un système d'assainissement urbain a trois principales fonctions :

1. Gestion des eaux urbaines : Cela comprend le drainage des eaux de pluie et des eaux usées pendant les périodes humides et sèches pour prévenir les inondations et maintenir la propreté de l'environnement urbain.
2. Stabilité des infrastructures : Il s'agit de maintenir la stabilité et l'intégrité des éléments essentiels du système d'assainissement, tels que les canalisations et les ouvrages connexes, pour éviter tout effondrement ou déformation dommageable.
3. Protection de l'environnement naturel : Cette fonction consiste à prévenir la pollution des ressources naturelles, en particulier la contamination des nappes phréatiques, en évitant les infiltrations d'eau propre dans le système et les fuites d'effluents.

Les dysfonctionnements d'un réseau d'assainissement se manifestent par des perturbations du service sans son arrêt complet, ce qui peut entraîner la désorganisation de l'un ou plusieurs aspects de l'environnement. Ces dysfonctionnements sont généralement causés par des détériorations soit structurelles soit fonctionnelles au sein du système d'assainissement, en particulier au niveau des tronçons du réseau :

- **Obsolescence** : L'obsolescence peut entraîner des surcharges fréquentes, augmentant ainsi les risques d'inondations ou de débordements lors des intempéries.

- Dommages structurels : Les dommages tels que les trous, les fissures, la corrosion interne ou externe des infrastructures peuvent compromettre leur stabilité, entraînant des déformations géométriques ou même leur effondrement.
- Infiltration et exfiltration : Les dégradations structurelles peuvent provoquer l'infiltration d'eau propre dans le réseau et l'exfiltration des effluents, ce qui peut avoir des conséquences négatives. Dans le premier cas, la dilution des effluents rend difficile leur traitement optimal dans les stations d'épuration. Dans le second cas, la pollution des nappes phréatiques devient un problème majeur.

En fin de compte, une panne d'un réseau d'assainissement se produit lorsque le service est interrompu de manière significative, ce qui entraîne des perturbations et peut même provoquer des arrêts dans certains environnements. On peut définir une panne comme la manifestation ultime d'un dysfonctionnement.

II.2 Phases principales d'une étude de diagnostic

La procédure à suivre implique l'application plus ou moins détaillée de toutes les techniques d'étude disponibles, en suivant une méthodologie qui comprend principalement les éléments suivants :

II.2.1 Recueil et exploitation des données

La collecte de données commence par la planification d'une intervention sur le terrain pour acquérir des informations et inspecter les ouvrages. On peut catégoriser les données en deux types distincts :

II.2.1.1 Données de base

Ces données sont essentielles pour mener à bien le processus de diagnostic, qui a pour objectif initial de comprendre la nature et les causes d'un dysfonctionnement, puis dans un second temps, d'évaluer les conséquences qui en découlent. Les données de base englobent :

1. Données liées à la collecte :
 - La population résidant dans chaque sous-bassin et sa consommation en eau potable.
 - La surface totale évacuée de chaque sous-bassin, ainsi que ses caractéristiques telles que le degré d'imperméabilisation, l'intensité des précipitations et la pente.

2. Données relatives au réseau d'assainissement et à ses ouvrages annexes, tels que les stations de relevage, les déversoirs d'orage, les unités de dessalement, les séparateurs d'huile, les bassins de rétention, et les bassins d'orage.
3. Données concernant le traitement des eaux.

Ces informations forment la base essentielle pour comprendre et évaluer les problèmes potentiels du système d'assainissement ou du bassin versant, en vue de prendre des mesures correctives appropriées.

II.2.1.2 Données d'orientation

Ces données sont liées aux possibles répercussions des dysfonctionnements, telles que leur influence sur les structures bâties et les réseaux avoisinants, ainsi que la pollution éventuelle de la nappe phréatique ...etc. On les qualifie de "données d'orientation" car elles sont utilisées pour identifier les emplacements et les types de pré-diagnostics à initier.

II.2.2 Le pré-diagnostic

Suite à la collecte de données, une étape essentielle consiste à inspecter le réseau d'assainissement ainsi que les ouvrages associés, tout en mettant à jour les plans et la cartographie des éléments du patrimoine. Cette étape préliminaire a pour objectif de repérer les vulnérabilités du système d'assainissement et de comprendre comment les milieux environnants pourraient réagir.

II.2.3 Reconnaissance approfondie

Cette étape implique une enquête approfondie et détaillée des réseaux et des ouvrages élémentaires, ce qui permet de réaliser plusieurs objectifs, notamment :

- Évaluer les quantités de polluants qui fuient vers l'environnement récepteur et les infiltrations vers la nappe phréatique, résultant des déversements.
- Détecter les entrées d'eaux parasites pour éviter la surcharge des stations d'épuration, les débordements accidentels aux déversoirs, et la pollution de l'écosystème naturel.
- Contrôler les rejets non conformes dans les canalisations, qui pourraient provoquer des dépôts nuisibles et compromettre leur bon fonctionnement et leur état de conservation.
- Identifier l'origine potentielle de pollutions toxiques d'origine industrielle, de graisses et de métaux lourds.

- Vérifier la présence d'hydrogène sulfuré (H_2S) aux sorties des conduites de refoulement, car sa libération peut entraîner une oxydation et une fermentation de l'acide sulfurique (H_2SO_4), endommageant ainsi les matériaux constituant les infrastructures d'assainissement.
- Effectuer une vérification régulière de l'état des collecteurs et des structures bâties pour anticiper les travaux de renforcement nécessaires et ainsi éviter tout risque d'effondrement susceptible de provoquer des accidents et des perturbations de fonctionnement.

L'analyse de diverses nuisances est également une composante de cette phase, notamment en ce qui concerne la possibilité de prolifération de rongeurs dans les zones proches des marchés et abattoirs, les mauvaises odeurs résultant des processus de fermentation anaérobie, ainsi que les surcharges ponctuelles ou permanentes en certains points du réseau, susceptibles de provoquer des inondations partielles dans des espaces publics ou privés.

Cette phase d'étude revêt une importance majeure car elle fournit des informations cruciales sur le fonctionnement des réseaux et des ouvrages annexes.

II.3 Aperçu général du réseau d'assainissement existant de la zone 2 de la ville El-Achir

- Le réseau d'assainissement du chef-lieu de commune d'el achire est vétuste par rapport à l'extension de la ville (Les POS, les lotissements...).
- Le taux de raccordement au réseau pour le chef-lieu de la commune est de 90 %.
- Le linéaire total est de 14.55 Km.
- Plusieurs regards se trouvent soit sous bitume soit on se trouve les côtes tampons est très élevé par rapport à la côte de la route.
- Absence presque totale du réseau d'évacuation des eaux pluviales et le seul tronçon réalisé en diamètre 600 mm il n'est pas raccordé à la galerie existante.
- Une grande partie de la zone urbaine n'est pas raccordée au réseau d'assainissement. Cela concerne spécifiquement les habitations situées le long de l'Oued NESSISSA.
- Ces habitations déversent directement leurs eaux usées dans l'Oued, créant un risque de contamination d'Oued NESSISSA.
- Il existe un risque accru de propagation de maladies transmises par voie hydrique (MTH), en particulier parmi les élèves qui traversent régulièrement ce point.

- De plus, le réseau actuel est composé de matériaux en béton comprimé et nécessite une rénovation afin d'améliorer son efficacité et de réduire les risques de contamination.
- Le rejet direct de ces maisons à l'oued.
- Un milieu favorable pour trouver différents insectes et leurs dangers surtout sur les enfants.
- Manque des réseaux des eaux pluviales et manque des avaloires.

II.3.1 Etat des oueds

Notre zone d'étude est délimitée par deux oueds : oued Oum-Rabah et oued Nessissa.

- **Oued Oum Rabah :**

- Ce trouve près du cimetière de la ville.
- La superficie du bassin versant est : 637 hectares
- Le débit estimée à l'exutoire du bassin est de :21.69 m³/s
- La longueur de l'oued :6.23 km
- Les dimensions de l'ouvrage : une galerie 3m X 2 m
- Se oued n'est pas aménagé.
- Les services techniques de la direction des ressources en eau à prendre en charge l'aménagement de cet oued dans un projet future de protection des villes contre les inondations.



Figure II. 1 : oued Oum Rabah non aménagée.

Source : BET EL BAHDJA

- **Oued Nessissa :**

- Ce trouve au centre de la ville.
- La superficie du bassin versant est : 226 hectares

- Le débit estimée à l'exutoire du bassin est de :8.45m³/s
- La longueur de l'oued : 4.7 km
- Les dimensions de l'ouvrage : galerie 1.5 m X 1.8 m
- Cet oued est aménagé partiellement entre l'autoroute et la route national avec une galerie de 1.8m * 1.5 m
- Les services techniques de la direction des ressources en eau à prendre en charge la continuité du reste de l'aménagement de cet oued dans un projet FCCL (Le Fonds Commun des Collectivités Locales) de protection des villes contre les inondations.

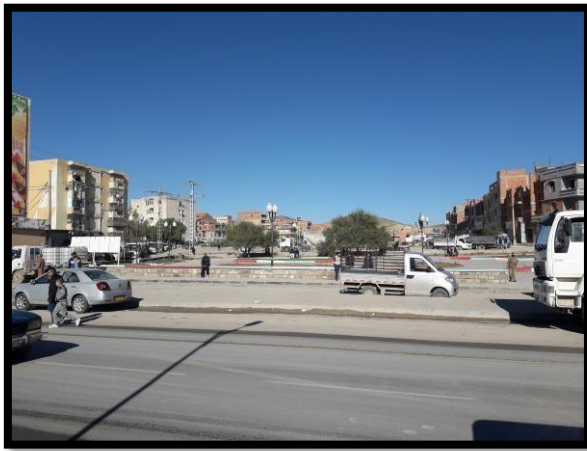


Figure II. 3 : Partie aménagée d'oued Nessissa.



Figure II. 2 : Partie non aménagée d'oued Nessissa.

II.3.2 Les rejets

Source : BET EL BAHDJA

Les deux rejets finaux d'El-achire centre l'un qui arrive d'oued DJERAM et l'autre qui arrive par le chemin d'oued OUM RABEH sont colmaté d'une manière catastrophique et avec un grand débit des eaux usées.



Figure II. 5 : Réseau colmaté.

Source : BET EL BAHDJA



Figure II. 4 : Rejet vers oued Oum-Rabah

Source : BET EL BAHDJA

II.4 Etat du système d'assainissement existant de la zone d'étude

II.4.1 Etat des regards

Le réseau d'assainissement du centre-ville d'El-Achir est dans un état déplorable. Les regards, de types circulaires et carrés, sont en majorité envasés, c'est-à-dire qu'ils sont remplis de débris et de terre. Ce constat a été fait au niveau des regards et des avaloirs du centre-ville.

Ce problème est dû au manque d'entretien. En effet, les regards ne sont pas munis d'échelles et ils sont parfois sans dalles. De plus, la négligence dans le domaine d'entretien et de maintenance a rendu une partie des regards non distinguable car ils sont recouverts par les chaussées. L'accumulation des débris sableux et des ordures publiques dans les regards non abrités contribue également à leur envasement.



Figure II. 7: Tampon de regard élevé et dégradé par rapport à la route.

Source : BET EL BAHDJA



Figure II. 8 : photos de regards envasés.

Source : BET EL BAHDJA

II.4.2 Etat des bouches d'égout

Les bouches d'égout situées en périphérie d'El-Achir sont envasées par la terre. Ce problème est dû à deux facteurs :

- L'absence d'aménagement des trottoirs : les bouches d'égout ne sont pas protégées des projections de terre et de débris.
- L'absence d'entretien et de travaux de nettoyage : les bouches d'égout ne sont pas régulièrement nettoyées, ce qui permet à la terre de s'accumuler.



Figure II. 9 : Bouche d'égout colmatée.

Source : BET EL BAHDJA

II.4.3 Etat des collecteurs

Il est fondamental d'analyser l'état des collecteurs dans le cadre de l'étude de diagnostic.

Tableau II. 1 : Caractéristiques d'un collecteur.

Tronçon	Forme	Diamètre(mm)	Matériau	Longueur(m)	Observation
357--358	Circulaire	500	BC	60	ME
357--359	Circulaire	500	BC	60	ME
359--360	Circulaire	500	BC	58,8	ME
360--361	Circulaire	500	BC	44,5	ME
361--367	Circulaire	500	BC	50,6	ME
362--363	Circulaire	300	BC	54,8	BE
363--364	Circulaire	300	BC	49,5	BE
364--365	Circulaire	300	BC	52,3	BE
365--366	Circulaire	300	BC	42,6	BE
366--367	Circulaire	300	BC	57,7	BE
367--385	Circulaire	400	BC	42,5	BE
385--379	Circulaire	600	BC	36,5	BE
379--374	Circulaire	600	BC	46,4	ME
374--386	Circulaire	600	BC	43,2	BE
386--210	Circulaire	600	BC	36,4	BE
210--211	Circulaire	800	BC	24,4	ME
211--212	Circulaire	800	BC	56,9	ME
212--213	Circulaire	800	BC	50	BE
213--214	Circulaire	800	BC	50	ME
214--215	Circulaire	800	BC	50	ME
215--216	Circulaire	800	BC	22,1	ME
216--R10	Circulaire	800	BC	148,2	ME
R10--R11	Circulaire	800	BC	64,4	ME

Abréviation :

- BC : Béton comprimé.
- ME : Mauvais état.
- BE : Bon état.

II.5 Problématique

Après avoir terminé l'analyse des données disponible sur le réseau on note que :

- Manque de réseau d'assainissement pour quelque habitation.
- Aucun traitement préalable pour les eaux rejetées.
- Des fuites sur les conduites.
- L'insuffisance et parfois l'absence des avaloires provoquant des problèmes en périodes pluviales.
- Plusieurs regards sont bouchés ou débordé.

Conclusion

L'analyse de ce chapitre a révélé que notre réseau est dans un état dégradé. Selon nos constatations et les informations disponibles, il est nécessaire de rénover les parties dégradées du réseau afin de lui permettre d'évacuer les eaux de crue, ce qui est un problème récurrent.

Chapitre III :
Etude climatologique et
hydrologique

Introduction

L'hydrologie peut être succinctement définie comme la science qui examine le cycle de l'eau dans la nature et sa transformation à la surface de la Terre et dans le sol, sous ses trois formes : gazeuse, liquide et solide. Une de ses branches principales se consacre à l'analyse du débit des cours d'eau.

La planification d'un système d'évacuation des eaux de pluie doit intégrer cette étude de dimensionner de manière optimale les structures par rapport à leurs objectifs. Les réseaux d'assainissement ont pour objectif principal de prévenir les inondations en ville, et leur conception implique nécessairement la prise en compte du risque de surcharge des infrastructures. En effet, comme la taille de ces infrastructures est directement liée à la variabilité des précipitations, qui présente un caractère aléatoire, les dispositifs d'assainissement ne peuvent fournir qu'une protection partielle. Ils doivent donc être conçus en fonction d'un risque spécifique, généralement exprimé en termes de période de retour d'anomalie.

L'estimation des débits des eaux pluviales vise à permettre le dimensionnement du réseau d'assainissement et des équipements connexes tels que les stations d'épuration, les déversoirs d'orage, les bassins de rétention, les bassins de décantation, tout en prenant en compte les conditions qui favorisent leur bon fonctionnement au fil du temps.

III.1 Le bassin versant [6]

En termes généraux, le bassin versant représente l'unité géographique fondamentale pour l'étude du cycle hydrologique et de ses conséquences. Plus précisément, un bassin versant, que l'on peut considérer comme un "système", correspond à une zone géographique hydrologiquement close, ce qui signifie qu'aucun écoulement externe n'y entre, et que tous les excédents de précipitations s'évaporent ou s'écoulent par une seule section à la sortie.

III.2 Les averses [7]

Ce sont des pluies subites et abondantes, généralement de courte durée ; dont cette dernière peut varier d'une minute à plusieurs heures.

Les averses sont caractérisées par un volume important et une forte intensité par unité de temps, exigeant ainsi, un système d'évacuation efficace.

III.3 Choix de la période de retour [7]

La période de retour fait référence à la durée nécessaire pour qu'une pluie d'une certaine intensité se produise. Par exemple, une pluie avec une période de retour de 10 ans se produit en moyenne une fois tous les 10 ans. Lorsqu'il s'agit de projets d'assainissement, il est courant de choisir une pluie décennale comme référence. Le choix de la période de retour résulte d'un compromis entre divers facteurs, tels que le coût du réseau d'égouts, les besoins en entretien, ainsi que la protection contre les risques auxquels le réseau est exposé et ceux qu'il pourrait engendrer en cas de capacité insuffisante.

III.4 Détermination de l'intensité moyenne de précipitation [7]

Dans le domaine de l'hydrologie urbaine, l'ingénieur hydrologue est souvent confronté à la nécessité d'obtenir des données spécifiques pour le projet en cours. Cependant, dans certaines situations, il peut être difficile de disposer de données spécifiques. C'est pourquoi il est parfois impératif de rassembler autant d'informations de base que possible pour faciliter l'analyse statistique des événements pluvieux, tout en identifiant leurs paramètres. Lors de l'analyse d'une averse, il est essentiel de déterminer les intensités moyennes maximales en fonction de la quantité de précipitations tombée au cours d'une période donnée, t , soit :

$$i(t; T) = \frac{\Delta h}{\Delta t} \dots \dots \dots (III.1)$$

Avec :

- **i** : intensité moyenne en mm/h.
- **h** : hauteur de pluie tombée pendant la durée t .

Pour calculer l'intensité, plusieurs étapes sont nécessaires :

1. Examiner les données pluviométriques et sélectionner la loi auquel nos résultats doivent être ajustés.
2. Calculer les paramètres de la loi choisie et évaluer l'adéquation de ce choix.
3. Déterminer la valeur de l'intensité moyenne des précipitations.

III.5 Analyse des données pluviométriques et le choix du type de loi d'ajustement

Pour mener une étude sur les précipitations en assainissement, il est essentiel de disposer d'une série chronologique de données pluviométriques comprenant les valeurs maximales de précipitation enregistrées quotidiennement (Pjmax) sur la plus longue période possible.

La station pluviométrique choisie, la plus proche de la zone d'étude, est située à Medjana, avec les caractéristiques suivantes :

Tableau III. 1 : Caractéristique de la station pluviométrique de BBA.

Code de la Station	X	Y	Altitude(m)	Période d'observation
050906	685.80	309.95 km	922	1981-2012

Source : ANRH-ALGER

L'analyse statistique des données pluviométriques implique l'examen des caractéristiques empiriques d'un échantillon composé de 31 ans d'observations de précipitations mensuelles et des valeurs maximales de précipitation journalière. La série de données des précipitations maximales journalières est présentée dans le tableau III.2 :

Tableau III. 2 : Précipitations mensuelles et maximales journalières à la station de B.B.A

Précipitation													
	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Ma r	Av r	Mai	Jui n	Jul	Aou t	Pjmax
1981-1982	11,9	24,1	22	6,5	9,9	5,5	11	26	24,2	6,2	3,2	4,2	25,9
1982-1983	5	12	0	11,4	5,4	3,6	12	12	17,4	6,3	0	0	17,4
1983-1984	3,8	10,3	31	19,5	43,5	6,5	7	12	16	25	0	0	43,5
1984-1985	17,2	8,8	8	15,2	15,4	14	12	13	1,2	25	0	3	24,8
1985-1986	53,5	1,6	6,5	6,7	0	12	27	19	13,7	18	0	6,5	53,5
1986-1987	12,7	21,5	5,2	0	6	14	18	8,6	11,4	6,1	6,2	10	21,5
1987-1988	23,5	2,6	11	12,9	4,1	20	10	29	36,6	34	4	7,8	36,6
1988-1989	9,4	12	10	9,8	18	1,4	2,5	17	21,2	3,7	0	5,1	21,2
1989-1990	1,3	12,7	37	1,6	18,7	7,6	3,2	26	13,7	13	0	0	36,9
1990-1991	1,5	12,2	11	10,2	7	7,9	12	19	14,4	19	0	7,3	19,2
1991-1992	18	6,1	6,7	5,7	8,1	8,4	17	25	17	3,3	0	0,5	25,3
1992-1993	7,9	2,5	14	17,8	5	33	11	9,2	4,4	14	1,5	11	33,4

Précipitation													
	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Pjmax
1993-1994	10,2	14,8	2,8	19,3	16,9	5,8	25	20	17,8	4,3	0	6,1	25,1
1994-1995	7,2	25,8	18	17	0	4,9	4,5	22	2,8	0,6	0,3	11	25,8
1995-1996	0	6	5,9	6,6	17,4	29	8,9	9,3	18,3	4,8	18	6	29,4
1996-1997	9,8	2,9	5	7,2	15,5	5,5	1,4	13	13	14	1	10	15,5
1997-1998	19,7	9	24	4,2	2,5	8	3	32	21,9	2,5	2	8	32
1998-1999	33,5	2,5	4,5	3,8	20	9	7	0,8	6	7	2,8	9	33,5
1999-2000	22,5	10,5	8,5	21	0,5	0,5	10	4	35	5,5	0	28	35
2000-2001	32	8	7	25	23	8	3,2	40	10	0,5	0	2,1	40
2001-2002	29,5	8	7	2	5,5	13	5	6	2,5	3,5	1,5	24	29,5
2002-2003	12	5,5	26	19	23	7,5	7	25	8	40	14	12	40
2003-2004	1,5	22,5	11	19	4,5	5,2	9	21	37,7	35	3,3	15	37,7
2004-2005	20,1	11	35	29	24,5	8,5	7,4	19	3	12	1,6	2,2	34,5
2005-2006	12,5	10	20	5,2	10,5	15	3,3	29	53,5	2,2	8	2,6	53,5
2006-2007	33,9	0,4	20	8,1	5,7	41	35	42	12	14	0,6	0,8	42
2007-2008	31	17,6	4,4	3,2	3,3	19	15	8,7	15,5	43	23	11	43
2008-2009	12	24	6	18,7	23,5	6,5	17	31	5,6	1,8	4,8	11	31,2
2009-2010	13	6,6	12	11	8,8	12	24	19	11,2	34	1,3	7,8	34
2010-2011	12,4	58	36,8	19,1	25,2	29	28	48	36,8	50	2,4	16	58
2011-2012	25,3	60,2	37,2	19,5	18,9	36	32	80	51,8	51	15	11	79,6

Source : ANRH-ALGER

III.5.1 Analyse des données statistiques [7]

L'analyse statistique des données pluviométriques consiste à déterminer les caractéristiques empiriques d'un échantillon d'une série d'observations de précipitations mensuelles et maximales journalières.

- **La moyenne interannuelle des précipitations maximales journalières Pjmax**

$$\bar{P}_{jmax} = \frac{\sum_{i=1}^{n=30} P_{jmax}}{n} = 34,8 \text{ mm} \dots \dots (III.2)$$

n : nombre d'années d'observations.

- **L'écart type**

Pour $n \geq 30$ ans.

$$\delta x = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_{jmax} - \bar{P})^2} = 13.3 \dots \dots \dots (III.3)$$

- **Coefficient de variation**

$$Cv = \frac{\delta}{\bar{P}} = 0.383 \dots \dots \dots (III.4)$$

- **La Médiane**

La Médiane=33.5.

- **L'exposant climatique**

Selon l'A.N.R.H de B.B.A l'exposant climatique est égale à $b=0.28$.

Les caractéristiques de la série sont représentées dans le tableau **III.3** :

Tableau III. 3 : Caractéristiques empirique de la série.

Moyenne interannuelle	34.8
L'écart type	13.3
Coefficient de variation	0.383
Médiane	33.5
Exposant climatique	0.28

III.5.2 Choix de la loi d'ajustement [7]

Étant donné les diverses méthodes d'ajustement des séries pluviométriques, l'efficacité d'une méthode d'estimation repose sur plusieurs facteurs, à savoir :

- Certaines caractéristiques spécifiques de l'échantillon,
- La taille de l'échantillon,
- La loi de probabilité appropriée.

Le choix de la loi de probabilité la plus adaptée est généralement basé sur l'expérience et les Pratiques courantes.

En Algérie, les précipitations maximales journalières sont couramment analysées à l'aide de la loi de Galton pour les valeurs moyennes, tandis que la loi de GEV et la loi Gumble sont privilégiées pour les valeurs extrêmes, car elles s'avèrent être les plus adaptées.

Dans le cadre de notre étude, nous allons nous concentrer sur les lois largement utilisées :

1. La loi de Galton (log-normale).
2. La loi de GEV.
3. La loi de Gumbel.

III.5.2.1 Ajustement à la loi de Galton (log-normal)

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

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\frac{\ln(x) - \bar{\ln(x)}}{\sigma}} e^{-\frac{u^2}{2}} du \dots \dots \dots (III.5)$$

Tel que u est la variable centrée réduite de Gausse :

$$u = \frac{\ln(x) - \bar{\ln(x)}}{\sigma_{\ln(x)}} \dots \dots \dots (III.6)$$

Avec :

- ✓ x : variable étudiée (Pjmax).
- ✓ $\bar{\ln(x)}$: 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

$$\ln(x) = u\sigma_{\ln(x)} + \bar{\ln(x)} \dots \dots \dots (III.7)$$

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

$$\ln(x) = 3.588819 \qquad \sigma_{\ln(x)} = 0.434169$$

Résultats de l'ajustement à la loi de Galton :

Tableau III. 4 : Résultat de l'ajustement à la loi de Galton.

T(ans)	q	Xt (mm)	Standard déviation	Intervalle de confiance
100.0	0.9900	75.6	9.55	56.9-94.3
50.0	0.9800	68.5	7.92	53.0-84.0
20.0	0.9500	59.1	5.94	47.5-70.7
10.0	0.9000	51.8	4.57	42.9-60.8
5.0	0.8000	44.2	3.35	37.6-50.8

Source : Hyfran plus

Avec :

- ✓ T : période de retour
- ✓ q : probabilité au non dépassement.
- ✓ Xt : valeur théorique.

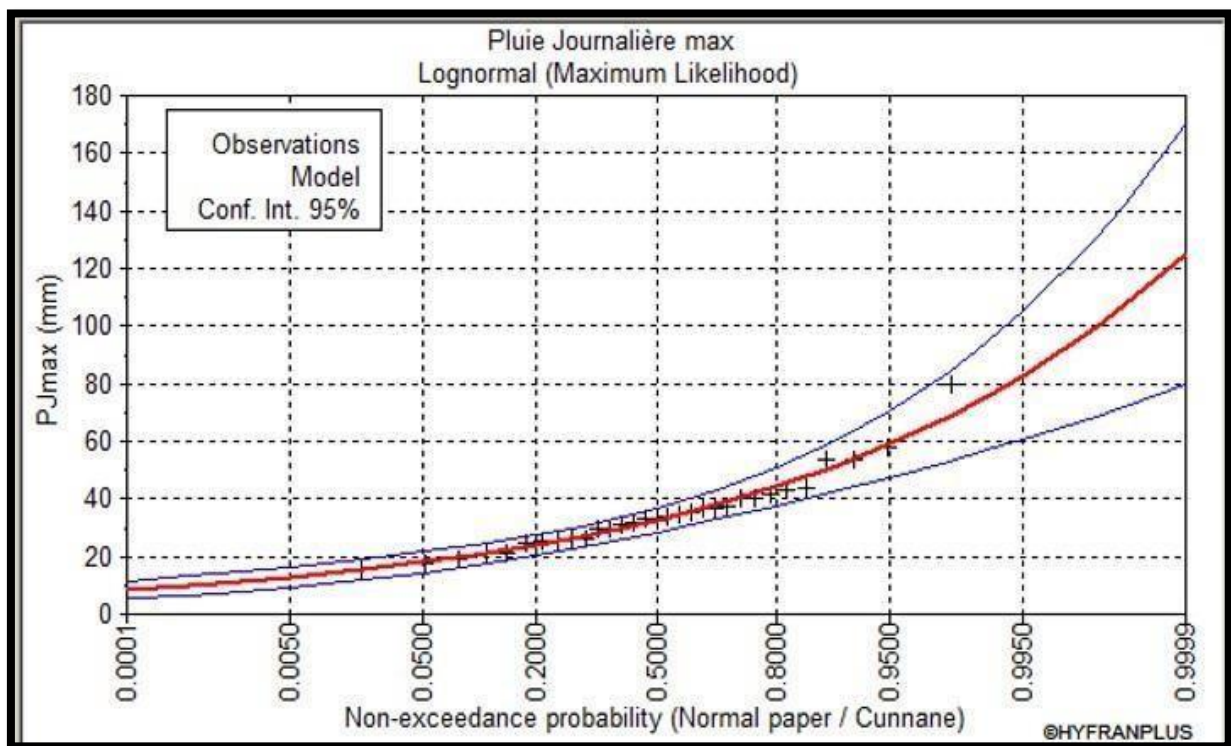


Figure III. 1 : Ajustement graphique à la loi log-normal.

Source : Hyfran plus

III.5.2.2 Ajustement à la loi de GEV

- La fonction de répartition de la loi d'extrémum généralisée :

$$f(x) = e^{-e^{-y}} \dots \dots \dots (III.8)$$

Sachant que « y » est la variable réduite :

$$y = -\frac{1}{K} \ln \left[1 - \frac{k}{a}(x - u) \right] \dots\dots\dots (III.9)$$

Avec :

- ✓ x : variable étudiée Pmaxj.
- ✓ 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 :

$$x = u + \frac{a}{k} (1 - e^{-ky}) \dots\dots\dots (III.10)$$

- Les paramètres de la loi de GEV par la méthode du maximum de vraisemblance

$$u = 30.678942 ; \quad K = -0.178287 ; \quad \alpha = 11.683123$$

- Résultats d'ajustement à la loi GEV :

Tableau III. 5: Résultats d'ajustement à la loi GEV.

T(ans)	q	Xt (mm)	Standard déviation	Intervalle de confiance
100.0	0.9900	78.2	6.92	64.7-91.8
50.0	0.9800	70.1	3.31	63.7-76.6
20.0	0.9500	59.7	0.0208	59.7-59.7
10.0	0.9000	51.9	1.43	49.0-54.7
5.0	0.8000	43.9	1.96	40.1-47.8

Source : Hyfran plus

Avec:

- ✓ T : période de retour
- ✓ q : probabilité au non dépassement.
- ✓ Xt : valeur théorique.

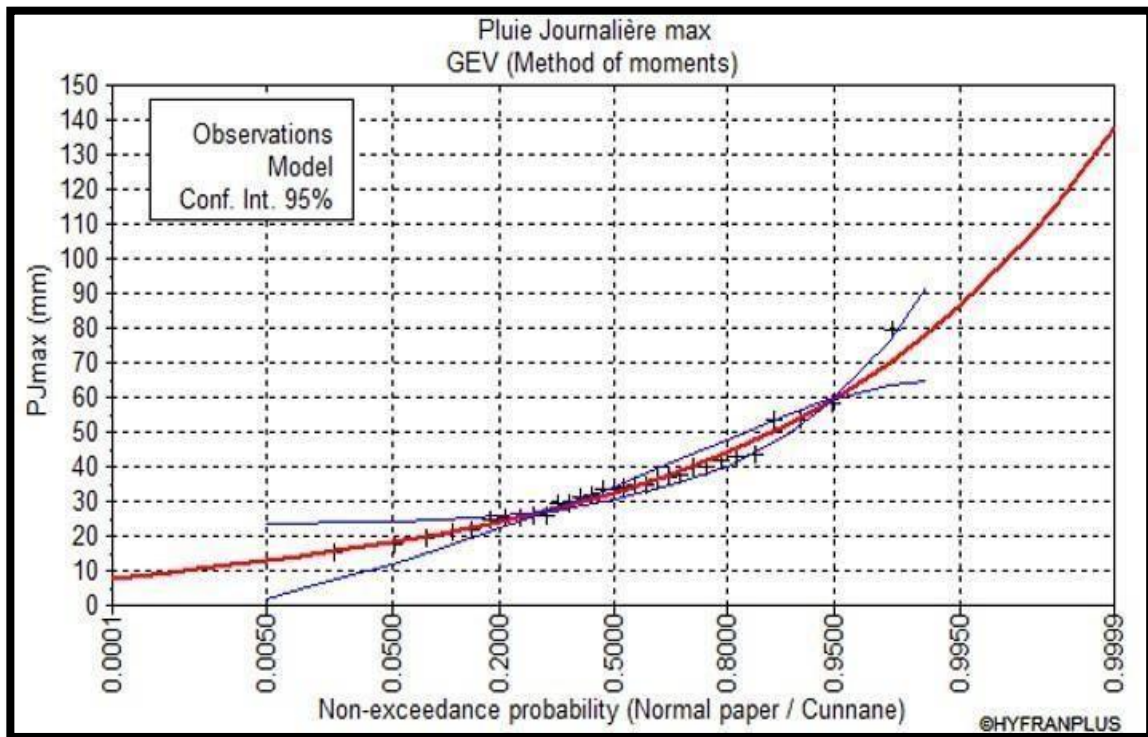


Figure III. 2 : Ajustement graphique à la loi GEV.

Source : Hyfran plus

III.5.2.3 Ajustement à la loi de Gumbel

- La fonction de répartition de la loi de Gumbel est :

$$f(x) = e^{-e^{-y}} \dots\dots\dots (III.11)$$

Tel que "y" est la variante réduite de la loi de Gumbel.

$$y = \frac{x-x_0}{\alpha} = -\ln(-\ln(f(x))) \dots\dots\dots (III.12)$$

Avec :

- ✓ x : variable étudiée (Pmaxj)
- ✓ x₀ : paramètre de position (ordonnée à l'origine)
- ✓ α : paramètre à l'échelle (α > 0) appelée aussi Gradex.

- L'expression de quantile est alors :

$$x = \alpha y + x_0 \dots\dots\dots (III.13)$$

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

$$\alpha = 13.052974 \quad ; \quad x_0 = 31.690091$$

Résultats d’ajustement à la loi de Gumbel :

Tableau III. 6 : Résultats d’ajustement à la loi de Gumbel.

T	q	Xt	Standard déviation	Intervalle de confiance
100.0	0.9900	76.5	9.38	58.2-94.9
50.0	0.9800	69.3	8.05	53.5-85.1
20.0	0.9500	59.6	6.31	47.3-72.0
10.0	0.9000	52.2	4.99	42.4-61.9
5.0	0.8000	44.4	3.70	37.1-51.6

Source : Hyfran plus

Avec:

- ✓ T : période de retour.
- ✓ q : probabilité au non dépassement .
- ✓ Xt : valeur théorique.

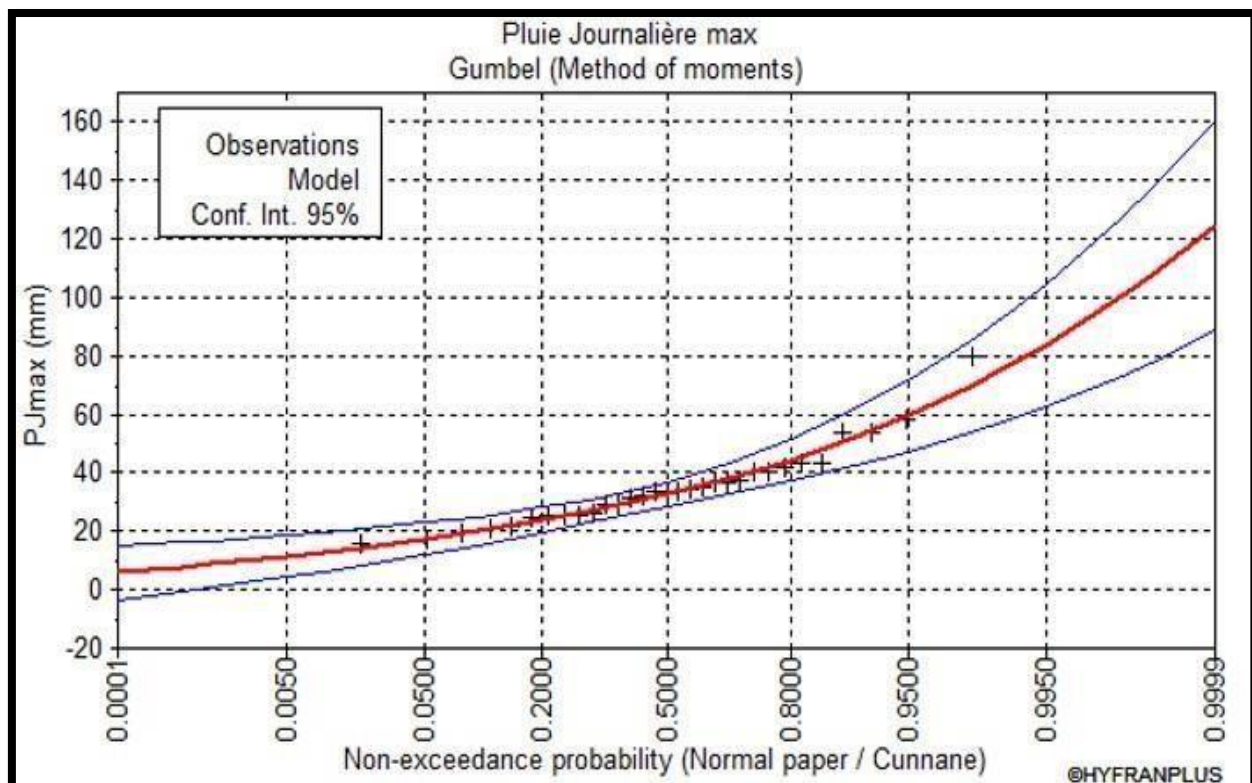


Figure III. 3 : Résultats de l’ajustement de la loi de Gumbel.

Source : Hyfran plus

III.6 Test d'adéquation

Une fois que les données ont été ajustées conformément aux trois lois, il est essentiel d'évaluer l'adéquation de ces lois afin de déterminer le meilleur ajustement. Nous avons opté pour le test du Khi carré (χ^2), on compare les résultats obtenus par le logiciel HYFRAN avec les résultats obtenus par la table de Pearson (Annexe1).

La loi est adéquate si et seulement si $\chi^2_{\text{calculé}} < \chi^2_{\text{théorique}}$.

Pour une probabilité $1 - \alpha$ Soit 95%.

Tableau III. 7 : Les résultats du test d'adéquation.

Loi statistique	Degré de liberté	$\chi^2_{\text{calculé}}$	$\chi^2_{\text{théorique}}$	Condition
Loi de Galton	4	3.13	9.49	Vérifiée
Loi de GEV	3	5	7.81	Vérifiée
Loi de Gumbel	4	3.13	9.49	Vérifiée

Le test du Khi carré confirme que les lois log-normale (Galton), GEV et de Gumbel sont adéquates, comme le montre le tableau ci-dessus.

Alors on peut dire que la série s'ajuste pour les trois lois.

En conséquence, on peut conclure que la série s'adapte aux trois lois, cependant, il est nécessaire de sélectionner la loi la plus appropriée. Pour ce faire, un test graphique est effectué, qui repose sur une analyse visuelle des graphiques d'ajustement. L'objectif est d'évaluer la cohérence des points sur le papier de probabilité, afin de choisir la loi qui présente meilleur alignement, sans distorsions indésirables.

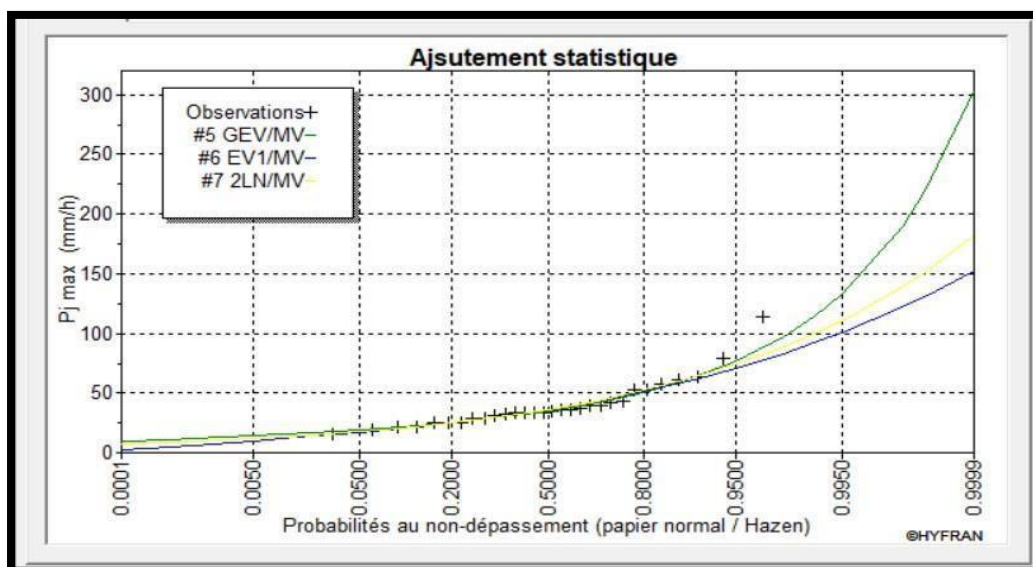


Figure III. 4 : Comparaison entre les différentes lois d'ajustement.

Source : Hyfran plus

Après une évaluation visuelle des graphiques d'ajustement présentés dans les figures et une comparaison des différentes lois d'ajustement à l'aide d'un test graphique (Hyfran), il est clair que la loi de la Log-normale (Galton) affiche la meilleure convergence avec l'ensemble de points, en particulier pour les probabilités de non-dépassement supérieures à 95%.

Étant donné que de nombreuses études en Hydrologie ont démontré que la loi Log-normale est la plus adaptée pour le Nord de l'Algérie, il est donc logique d'opter pour cette loi : La loi de Galton (log-normal).

III.7 Calcul de la valeur de l'intensité à une période de retour donnée

Dans le contexte des projets d'assainissement, l'estimation des débits pluviaux se concentre généralement sur l'intensité moyenne maximale associée à une courte durée de $t = 15$ minutes et une période de retour $T = 10$ ans, principalement pour des considérations technico-économiques et de sécurité.

- Les pluies de courte durée, également appelées averses, sont évaluées en se basant sur les précipitations journalières maximales par la relation suivante :

$$P_{t,p\%} = P_{Max,j} \left(\frac{t}{24} \right)^b \dots\dots\dots(III.14)$$

24

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 ; $b=0.28$ pour la zone d'étude.
- Intensités moyenne des précipitations de courte durée :

Pour déterminer l'intensité moyenne " $i_{t,p\%}$ " des précipitations " $P_{t,p\%}$ " de courte durée " t (h)" à une fréquence de dépassement donnée "p%", nous appliquons la formule de Montanari :

$$i_{t,p\%} = \frac{P_{t,p\%}}{t} \text{ (mm/h)} \dots\dots\dots(III.15)$$

Selon la loi choisie (Galton) nous avons :

Tableau III. 8 : paramètre de la loi de Galton.

Période de retour T(ans)	Fréquence au non dépassement q	Valeur théorique Xt (mm)	Ecart type	Intervalle de confiance
10.0	0.9000	51.8	4.57	42.9-60.8

Source : Hyfran plus.

$$P_{15,10\%} = P_{\text{Max},j} \left(\frac{t}{24} \right) = 51.8 \left(\frac{0.25}{24} \right)^{0.28} = 14.43$$

$$i_{15\text{min},10\%} = \frac{P_{15\text{min},10\%}}{t} = \frac{14.43}{0.25} = 57.72(\text{mm/h})$$

$$i_{15\text{min},10\%} = \frac{57.72 \times 10000}{3600} = \mathbf{160.34 (l/s/ha)}$$

Conclusion

L'analyse des précipitations maximales journalières nous a conduit à établir l'intensité moyenne maximale. Cette détermination a été réalisée en se basant sur les résultats de l'ajustement de la série pluviométrique à la loi de Galton.

Chapitre IV :
Estimation des débits à
évacuer.

Introduction

L'objectif de l'assainissement des agglomérations est de garantir l'évacuation des eaux usées et des eaux pluviales, tout en veillant à ce que leur déversement dans un exutoire ne présente aucun risque pour la santé publique et l'environnement. Le choix du tracé et du schéma d'évacuation dépend du relief et de la structure de l'agglomération. Les enquêtes menées dans les chapitres précédents fournissent un outil de base pour évaluer les effluents, déterminer les capacités de transfert du réseau et établir les conditions nécessaires à son bon fonctionnement.

IV.1 Les systèmes d'évacuation des eaux usées et des eaux pluviales

L'établissement du réseau d'assainissement d'une agglomération doit :

Assurer l'évacuation des eaux usées domestiques, des eaux vannes et des eaux résiduelles industrielles. On peut envisager la mise en place d'un ou de plusieurs réseaux de canalisations permettant l'écoulement gravitaire des effluents.

Garantir une évacuation efficace des eaux pluviales pour prévenir l'inondation des zones urbaines et éviter les accumulations d'eau après les précipitations.

IV.1.1 Les différents systèmes d'évacuation [3]

L'évacuation de ces eaux peut se faire au moyen de trois systèmes principaux :

- Système unitaire.
- Système séparatif.
- Système pseudo-séparatif.

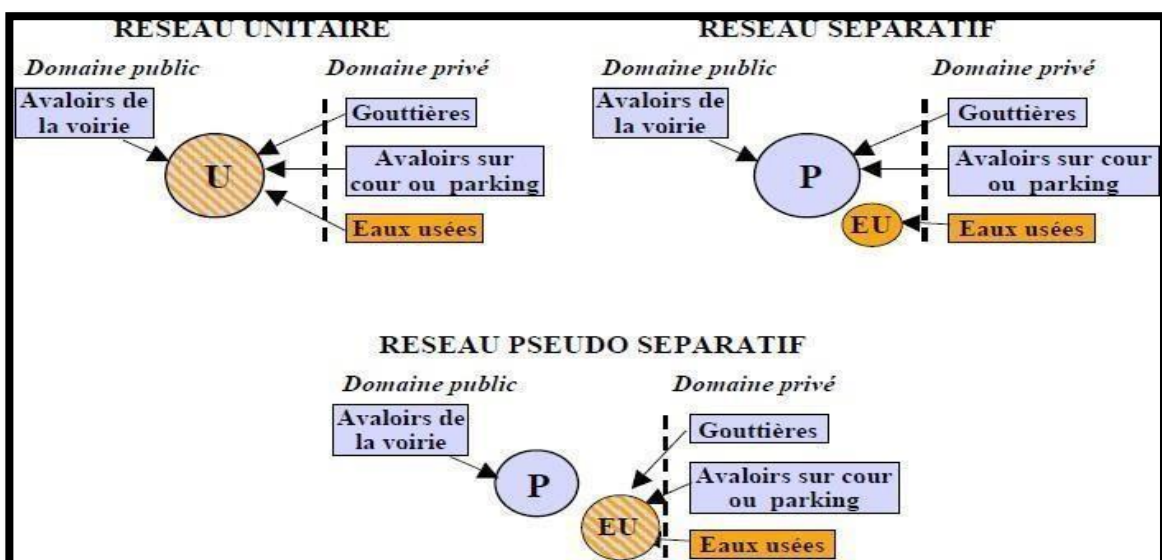


Figure IV. 1: Différents systèmes d'assainissement.

Source : BOUMAAZA Messaouda polycopié de cours destiné aux étudiants en Licence Hydraulique assainissement(2022/2023)

a. Système unitaire

Dans le système unitaire, les eaux usées domestiques, les eaux pluviales, avec ou sans stockage préalable, et certains effluents industriels ou eaux de refroidissement spécifiques, sont collectées au sein d'un unique réseau. Ce réseau est habituellement équipé de déversoirs qui, en cas de fortes pluies (Orages), permettent le déversement d'une partie des eaux excédentaires. Le choix du système unitaire se justifie lorsque la création d'un réseau séparatif devient économiquement peu viable et qu'il est nécessaire de gérer les raccordements particuliers de manière efficace.

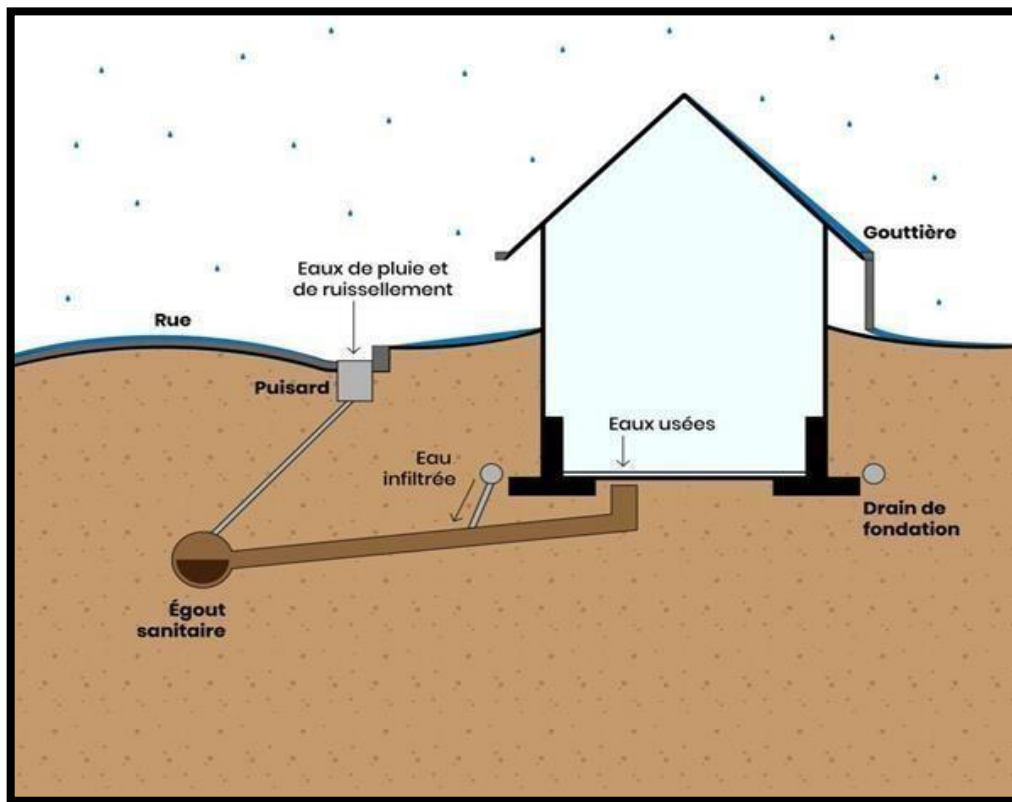


Figure IV. 2 : Système unitaire.

Source : BOUMAAZA Messaouda polycopié de cours destiné aux étudiants en Licence Hydraulique assainissement (2022/2023)

b. Système séparatif

Ce type de réseau se caractérise par l'évacuation des eaux domestiques provenant des ménages, des eaux des équipements publics, ainsi que de certaines eaux industrielles, via un collecteur dédié, tandis que l'évacuation de toutes les eaux pluviales s'effectue à travers un autre collecteur distinct. Il est courant que les tracés de ces deux collecteurs diffèrent. Le réseau d'eaux usées suit généralement l'implantation des entités desservies en empruntant les routes existantes, et il n'exige pas de fortes pentes car les débits sont généralement plus modestes.

En revanche, le tracé du réseau d'eaux pluviales dépend de la répartition des zones génératrices de ruissellement, et ces eaux pluviales sont directement déversées dans le cours d'eau le plus proche, qu'il soit naturel ou artificiel.

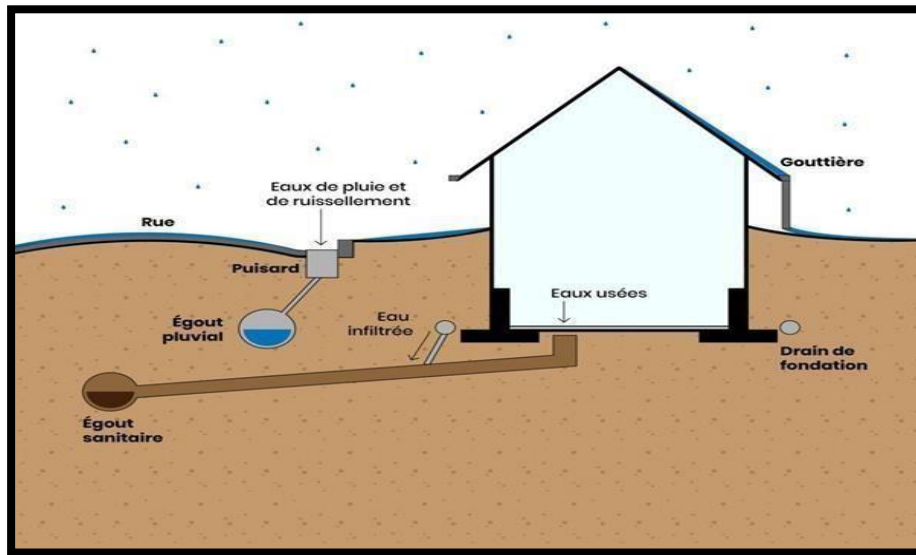


Figure IV. 3 : Système séparatif.

Source : BOUMAAZA Messaouda polycopié de cours destiné aux étudiants en Licence Hydraulique assainissement(2022/2023)

c. Système pseudo-séparatif

Ce système collecte à la fois les eaux usées domestiques et une partie des eaux de ruissellement directement issues des habitations. Le concept du système pseudo séparatif n'est plus couramment recommandé dans la conception de nouveaux réseaux d'assainissement (il peut cependant être envisagé dans des régions tropicales arides). Il repose sur la séparation des apports d'eaux pluviales en deux catégories distinctes :

- Les eaux pluviales provenant des toits et des cours intérieures sont raccordées au réseau d'assainissement par le biais des mêmes branchements que ceux des eaux usées domestiques.
- Les eaux pluviales provenant des surfaces routières s'écoulent par des infrastructures spécifiques prévues à cet effet par les autorités municipales en charge des voiries (tels que des caniveaux, aqueducs, fossés avec évacuation directe dans la nature, etc.)

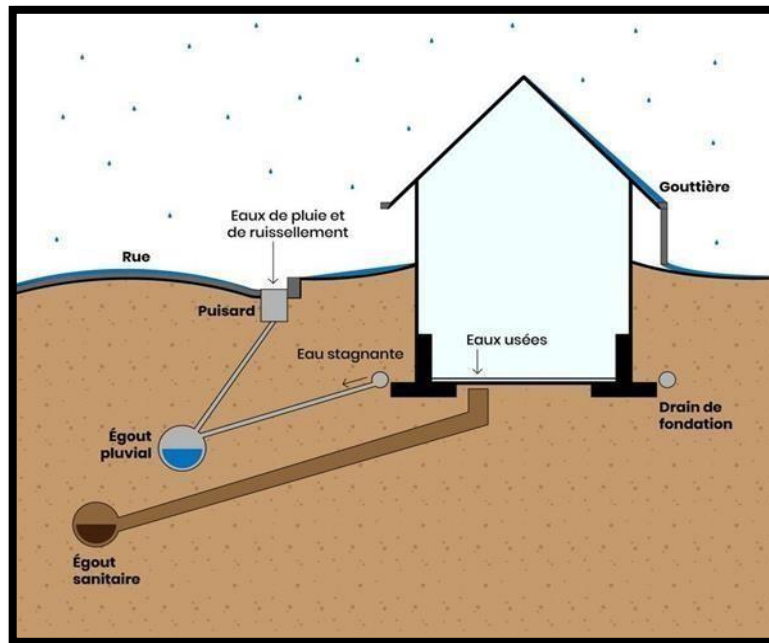


Figure IV. 4 : Système pseudo séparatif.

Source :BOUMAAZA Messaouda polycopié de cours destiné aux étudiants en Licence Hydraulique assainissement(2022/2023)

IV.1.2 Avantages et inconvénient des trois systèmes d'évacuation

Tableau IV. 1 : Avantages et inconvénient des trois systèmes d'évacuation.

Système	Unitaire	Séparatif	Pseudo-séparatif
Domaine d'utilisation	Milieu récepteur éloigné des points de collectes. Topographie à faible relief. Débit d'étiage du Cours d'eau récepteur important.	Petites et moyennes agglomérations. Extension des villes. Faible débit d'étiage du cours d'eau récepteur.	Petites Agglomérations Présence d'un milieu récepteur proche.
Avantages	Conception simple. Encombrement réduit du sous-sol. A priori économique. Absence de risque d'inversion des branchements.	Diminution des sections des collecteurs Exploitation plus facile de la STEP. Milieu naturel préservé.	Le problème des faux branchements est éliminé. Le plus gros des eaux pluviales étant acheminées en dehors de la ville de moindre dimension.
Inconvénients	Débit de la STEP très variable. La dilution des eaux usées est variable. Apport de sable important à la STEP.	Encombrement important du sous-sol. Coût d'investissement élevé. Risque important d'erreur de branchement.	Le fonctionnement de la station d'épuration est perturbé La charge polluante est variable en quantité et en qualité.

IV.1.3 Choix du système d'évacuation d'assainissement [3]

Le choix du système d'assainissement repose sur plusieurs paramètres essentiels, à savoir :

1. L'aspect économique : Une étude comparative de diverses options est indispensable pour évaluer les coûts.
2. Les exigences de rejet doivent être prises en considération.
3. En cas d'extension du réseau, la compatibilité avec le système existant est un facteur déterminant.
4. La topographie du terrain naturel est un élément-clé à prendre en compte.
5. Le nombre d'habitants joue un rôle primordial dans la décision, car une forte densité de population peut justifier un système séparatif.
6. L'encombrement du sous-sol est également un facteur à considérer dans le processus de sélection du système d'assainissement.

IV.2 Schémas d'évacuation

Un schéma d'évacuation représente la configuration, la disposition, ou le plan du système d'évacuation. Il dépend de la topographie, du relief, et de la structure de l'agglomération. De plus, il est essentiel de tenir compte de la pente, de la disposition des quartiers et des routes, ainsi que du cheminement vers la station d'épuration ou le milieu naturel. [6]

IV.2.1 Les différents schémas d'évacuation

Typiquement, les réseaux d'assainissement sont conçus pour un écoulement gravitaire, à moins de circonstances particulières. Leur configuration dépend du relief et de la topographie, et l'on peut identifier quatre schémas d'évacuation :

a. Schéma Perpendiculaire

Ce schéma consiste à diriger les eaux usées vers la rivière, en les collectant dans des collecteurs perpendiculaires au cours d'eau. Ce schéma ne permet pas de concentrer les eaux vers une station d'épuration. Il est donc adapté lorsque l'épuration n'est pas jugée nécessaire, ou pour l'évacuation des eaux pluviales.

Le schéma perpendiculaire est utilisé dans les cas suivants :

- Lorsque la pollution est minimale, par exemple dans les zones rurales ou en montagne.
- Lorsque le coût du projet est élevé, par exemple dans les zones urbaines denses. Dans ce cas, plusieurs points de rejet sont utilisés pour économiser des tronçons de canalisations (intercepteurs).

- Dans le système séparatif, qui consiste à séparer les eaux usées des eaux pluviales. Dans ce cas, le schéma perpendiculaire est considéré comme la meilleure solution pour rejeter directement les eaux pluviales dans le milieu récepteur.

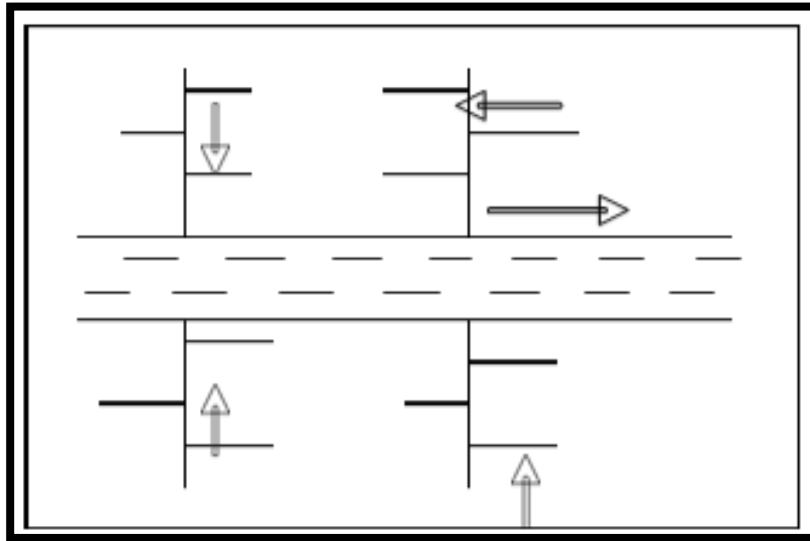


Figure IV. 5 : Schéma perpendiculaire.

Source : Polycopier Salah Boualem 2014

b. Schéma par Déplacement Latéral

Ce schéma est sélectionné dans des situations spécifiques où il est essentiel de prendre des mesures pour le traitement des eaux usées, ou bien lorsque la totalité des eaux disponibles doit être acheminée vers une STEP, dans la mesure du possible. Cette décision peut être motivée par des considérations environnementales visant à minimiser la pollution ou à garantir que les eaux usées subissent un traitement approprié avant d'être rejetées dans le milieu récepteur.

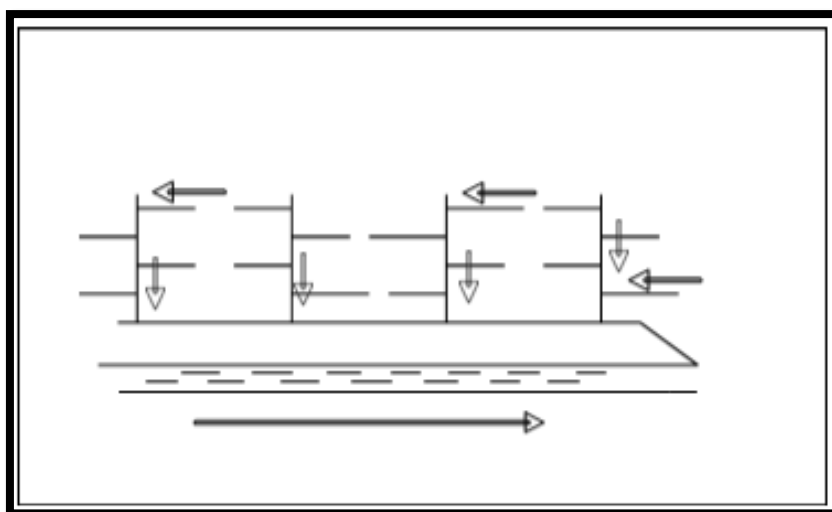


Figure IV. 6 : Schéma par déplacement latérale.

Source : Polycopier Salah Boualem 2014

c. Schéma radial

Généralement, ce schéma est utilisé pour les terrains plats, car il permet de collecter les effluents vers un seul point, il faut donner une pente aux collecteurs en faisant varier la profondeur de la tranchée, vers un bassin de collecte. Cependant, un relevage est nécessaire pour acheminer les effluents vers la station d'épuration, car les terrains plats ne permettent pas un écoulement gravitaire.

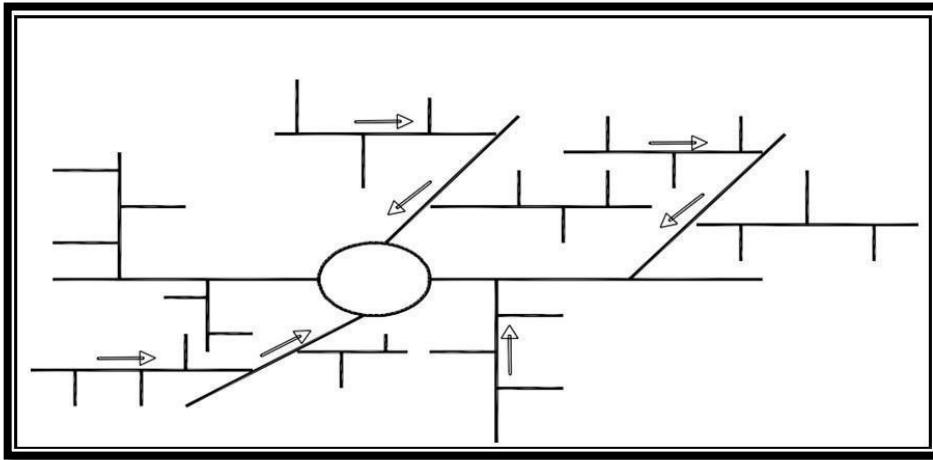


Figure IV. 7 : Schéma radial.

d. Schéma à collecteur transversal ou oblique

Source : Polycopier Salah Boualem 2014

Ce schéma est conçu pour augmenter la pente du collecteur lorsque la pente de la rivière n'est pas suffisante, afin de profiter de la pente naturelle du terrain en direction de la rivière.

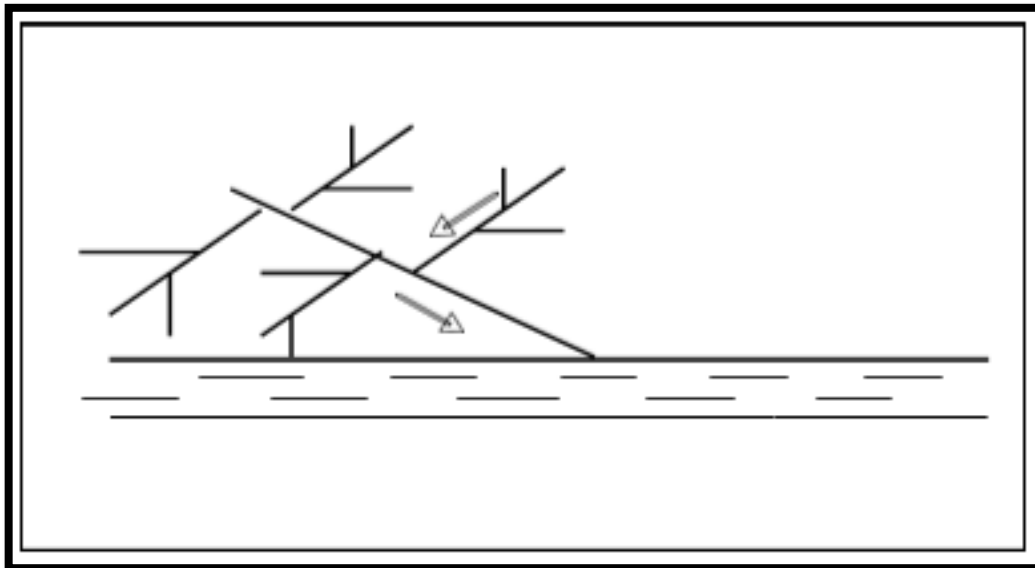


Figure IV. 8 : Schéma à collecteur transversal ou oblique.

Source : Polycopier Salah Boualem 2014

e. Schéma étagé

Ce schéma est conçu pour les agglomérations étendues et des pentes assez faibles ou il est nécessaire d'effectuer l'assainissement à plusieurs niveaux.

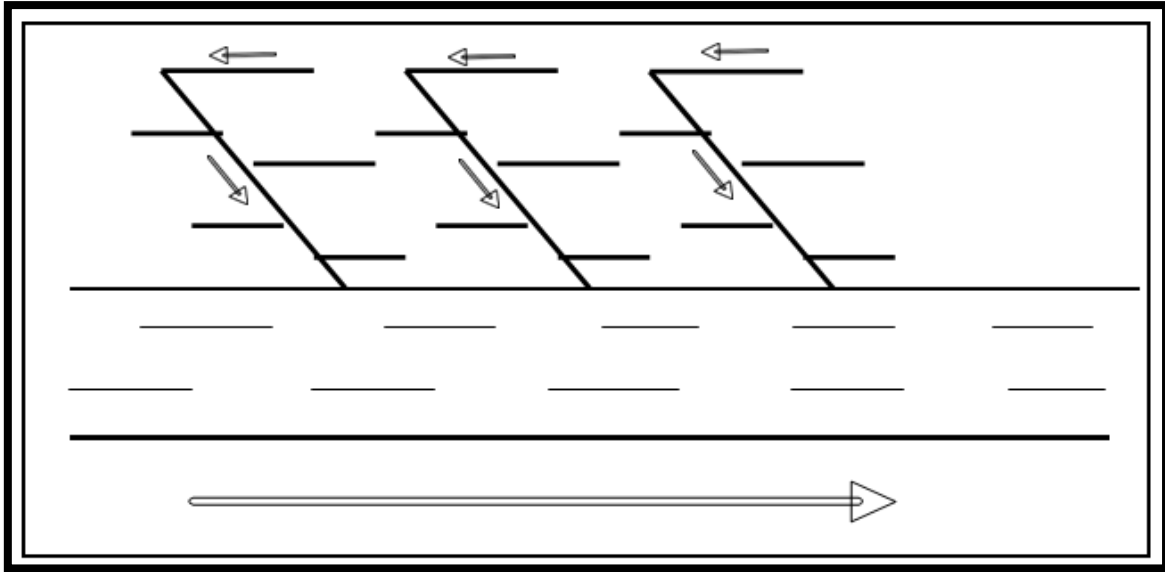


Figure IV. 9 : Schéma étagé.

Source : Polycopier Salah Boualem 2014

IV.2.2 Choix du schéma d'évacuation

Le tracé du réseau dépend de plusieurs paramètres, dont les principaux sont les suivantes :

- La topographie du terrain.
- La répartition des habitants à travers la zone urbaine.
- L'emplacement de la station d'épuration si elle existe.
- L'implantation des canalisations dans le domaine public.
- Les conditions de rejet.
- Les conditions économiques : le coût et les frais d'investissement et d'entretien.

Dans notre cas le système d'évacuation adopté qui est de type unitaire avec un schéma à collecteur transversal.

IV.3 Découpage de la zone d'étude en sous bassins

Un bassin est une zone géographique limitée par des lignes de crête ou des lignes de partage des eaux. Toutes les eaux qui ruissellent en surface dans un bassin sont recueillies par une seule ligne d'écoulement. [6]

Le bassin peut être découpé en sous-bassins élémentaires, en fonction de différents critères, tels que :

- La nature des sols.
- La densité des habitants.
- Les courbes de niveaux.
- Les routes et les voiries existantes.
- Les pentes et les contre-pentes.
- Les limites naturelles (oueds, talwegs).

IV.4 Evaluation de la population

La population totale du chef-lieu (ACL) de la ville El-Achir selon le dernier recensement établis en 2022 est de 25210 habitants. [6]

Pour l'estimation de la population à l'horizon futur nous utiliserons l'expression des intérêts composées :

$$P_n = P_o(1 + T)^n \dots \dots \dots (IV.1)$$

D'où :

- P_n : Population futur à l'horizon voulu.
- P_o : population actuelle pour l'année 2022.
- T : Taux d'accroissement (1.034%) (Source DPAT BBA).
- N : Nombre d'années séparant l'année de futur et l'année de référence.

Tableau IV. 2 : évolution de la population à l'horizon d'étude.

Horizon	2022	2023	2050
Population (hab)	25210	25471	33626

IV.5 Evaluation du coefficient de ruissellement

Le coefficient de ruissellement est défini comme la proportion du volume d'eau qui s'écoule à la sortie d'un bassin par rapport au volume total d'eau qui a été reçu par ce bassin.

$$Cr = \frac{\text{Volume d'eau ruisselé}}{\text{Volume d'eau tombé}} \dots \dots \dots (IV.2)$$

Ce coefficient a la capacité de modifier le débit des eaux pluviales, c'est pourquoi, lors de la division des sous-bassins, il est crucial que ces divisions soient aussi uniformes que possible. Cela permet de minimiser les erreurs dans le calcul de ce coefficient. [6]

La valeur de ce coefficient, qui varie de 0.05 à 1, dépend de plusieurs facteurs, tels que :

- La nature du sol.
- L'inclinaison du terrain.
- Le type d'occupation du sol.
- La densité de population.
- La durée de la pluie.
- L'humidité de la surface et l'humidité de l'air.

Il est impératif de prendre en considération tous ces éléments pour obtenir une évaluation précise du coefficient de ruissellement. Cette approche permet de déterminer le coefficient de manière pratique, car une estimation inexacte de ce coefficient peut conduire à un faux dimensionnement.

Le coefficient de ruissellement est intrinsèquement lié à une série de facteurs qui jouent un rôle clé dans sa variation. Parmi ces facteurs, on peut citer la densité de la population, le type de surface présente dans une zone donnée, ainsi que la catégorie d'urbanisation.

L'augmentation de la population entraîne une augmentation du coefficient de ruissellement, car elle se traduit par une augmentation de la surface imperméabilisée, ce qui réduit la surface perméable. Le type de surface, qu'il s'agisse de zones pavées, d'espaces verts ou de zones industrielles, détermine également la capacité d'infiltration du sol... etc.

Tableau IV. 3 : Coefficient de ruissellement en fonction de la catégorie d'urbanisation.

Catégorie d'urbanisation	Cr
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

Tableau IV. 4 : Coefficient de ruissellement en fonction de type de surface.

Surface	Coefficient de ruissellement
Chaussée en béton asphaltée	0.70-0.95
Chaussée en brique	0.70-0.85
Toiture	0.70-0.95
Sol gazonné, Sol sablonneux	
Plat (pente <à 2%)	0.05-0.10
Pente moyenne (de 2% à 7%)	0.10-0.15
Pente abrupte	0.15-0.20
Entré de garage en gravier	0.15-0.30

Tableau IV. 5 : Coefficient de ruissellement en fonction de la densité de la population.

Densité de la population (hab / ha)	Cr
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 et plus	0.80 – 0.90

IV.5.1 Coefficient de ruissellement pour chaque surface élémentaire

Pour le cas de notre projet, le coefficient de ruissellement est estimé en fonction des surfaces drainées en tenant compte la densité des habitats. [6]

Tableau IV. 6 : Coefficient de ruissellement de chaque surface élémentaire.

Surface élémentaire	Surface	Cr
SB1	7.7	0.7
SB2	8.84	0.6
SB3	3.91	0.8
SB4	6.49	0.6
SB5	5.52	0.4

Surface élémentaire	Surface	Cr
SB6	10	0.6
SB7	10	0.7
SB8	9.84	0.75
SB9	10	0.7

IV.5.2 Calcul du coefficient de ruissellement pondéré total

Le coefficient de ruissellement pondéré est donné par l'expression suivante :

$$C_{rp} = \frac{\sum C_{ri} \times A_i}{A} \quad \text{(IV.3)}$$

Avec :

- C_{rp} : Coefficient de ruissellement pondéré total.
- C_{ri} : Coefficient de ruissellement de chaque surface élémentaire.
- A_i : Surface élémentaire.
- A : Surface totale de la zone.

Pour notre cas : $C_{rp} = 0.654$

IV.6 Calcul du nombre d'habitants pour chaque surface élémentaire

Pour estimer le nombre d'habitants dans chaque surface élémentaire, nous suivons les étapes suivantes : [6]

- Estimer le coefficient de ruissellement pour chaque surface élémentaire.
- Calculer le coefficient de ruissellement pondéré total.
- Calculer la densité partielle de chaque surface élémentaire
- Déduire le nombre d'habitants dans chaque surface élémentaire.

IV.6.1 Calcul de densité partielle de chaque surface élémentaire

La relation suivante exprime la densité partielle de chaque surface élémentaire :

$$D_i = \frac{C_{ri} \times P}{C_{rp} \times A} \quad \text{(IV.4)}$$

Avec :

- C_{ri} : Coefficient de ruissellement de chaque surface élémentaire.

- C_{rp} : Coefficient de ruissellement pondéré total.
- P : Population globale à l'horizon futur.
- A : Surface totale de la zone.
- D_i : Densité partielle de chaque surface élémentaire (hab/ha).

IV.6.2 Calcul de nombre d'habitant de chaque surface élémentaire

La population de chaque surface élémentaire est donnée par la relation suivante :

$$P_i = D_i \times A_i \dots\dots\dots(IV.5)$$

Avec :

- P_i : Population partielle de chaque surface élémentaire.
- D_i : Densité partielle de chaque surface élémentaire.
- A_i : Surface partielle de chaque surface élémentaire.

Tableau IV. 7 : Population de chaque surface élémentaire.

Surface élémentaire	Surface (ha)	Cri	D_i (hab/ha)	P_i (hab)
SB1	7.7	0.7	498	3831
SB2	8.84	0.6	427	3770
SB3	3.91	0.8	569	2224
SB4	6.49	0.6	427	2768
SB5	5.52	0.4	284	1570
SB6	10	0.6	427	4265
SB7	10	0.7	498	4976
SB8	9.84	0.75	533	5246
SB9	10	0.7	498	4976

IV.7 Evaluation des débits des eaux usées

Les débits d'eaux usées à prendre en compte lors d'une analyse de réseau d'assainissement se résument principalement à deux aspects :

1. Prévoir les débits de pointe anticipés afin de dimensionner les sections des collecteurs constituant le réseau d'évacuation.
2. Estimer les débits minimums pour évaluer la capacité d'auto-curage des collecteurs.

IV.7.1 Nature des eaux usées

Dans notre région, les sources principales de flux polluants résident principalement dans les déversements domestiques, et les précipitations. Il est également important de prendre en compte les apports indésirables pouvant résulter d'une remontée accidentelle de la nappe phréatique. [6]

IV.7.1.1 Eaux d'origine domestique

Les eaux usées domestiques proviennent des zones urbaines et requièrent une collecte efficace depuis leur source naturelle afin d'être acheminées à travers un réseau approprié. Ces eaux usées comprennent :

- Eaux vannes.
- Eaux provenant des activités de vaisselle, de lavage, de bain et de douche.
- Eaux issues des espaces extérieurs.

Elles sont évacuées via un système de canalisations conforme aux normes en vigueur.

IV.7.1.2 Eaux des services publiques

Les eaux usées provenant des services publics résultent principalement du nettoyage des espaces publics. Elles sont rassemblées par les dispositifs de collecte des eaux pluviales, à l'exception des systèmes unitaires. Les autres besoins en eau des services publics seront considérés en parallèle avec les besoins domestiques.

IV.7.1.3 Eaux parasite

Une eau parasite est une eau qui circule dans un réseau d'assainissement non prévu pour la recevoir. Il s'agit généralement d'une eau claire et peu polluée, provenant principalement des infiltrations d'eaux de pluie et de la remontée de la nappe phréatique. En outre, il existe des eaux parasites toxiques d'origine industrielle, résultant de rejets non conformes à la réglementation.

Ces eaux parasites peuvent avoir des conséquences significatives sur notre réseau, notamment

- La présence d'eaux claires parasites peut entraîner des problèmes de dimensionnement des réseaux, pouvant provoquer des surcharges, des débordements, ou accroître les risques d'usure prématurée des canalisations.
- Les eaux parasites peuvent mettre la station d'épuration en situation de surcharge.

IV.7.1.4 Eaux pluviales

En effectuant une analyse comparative des quantités d'eaux usées et d'eaux pluviales générées par une agglomération, il devient évident qu'une disparité considérable existe, mettant en évidence une prédominance notable des eaux pluviales.

IV.7.2 Estimation des débits des eaux usées

Afin d'évaluer la quantité quotidienne des eaux usées à évacuer, il est essentiel de se référer à la consommation d'eau par habitant. La mesure des rejets à évacuer dépend du type d'agglomération et du schéma d'occupation des sols. En règle générale, une urbanisation accrue est associée à une proportion plus élevée d'eau rejetée.

En termes généraux, les débits seront calculés en prenant comme référence 80 % de la consommation d'eau potable. Cette estimation vise à déterminer les débits suivants :

1. Le débit de pointe, utilisé pour dimensionner les collecteurs d'eaux usées du réseau.
2. Le débit minimum, permettant d'évaluer la capacité d'auto-curage.

IV.7.2.1 Estimation des débits des eaux usées domestiques

Pour calculer les débits d'eaux usées domestiques, il est essentiel de définir la consommation moyenne journalière en multipliant la dotation moyenne journalière par le nombre de consommateurs.

La consommation d'eau potable dans une agglomération dépend de divers paramètres, notamment :

- La disponibilité de la ressource en eau.
- Le nombre d'habitants.
- Le degré d'urbanisation de la ville.
- Le niveau de vie de la population.

Ces éléments sont cruciaux pour établir la quantité d'eau nécessaire afin de satisfaire les besoins de l'agglomération en matière d'approvisionnement en eau potable. D'après l'APC la dotation moyenne journalière de notre agglomération est de 150 litres par jour par habitant et l'eaux rejetées et de 80% de la consommation totale.

IV.7.2.1.1 Evaluation des débits moyens journaliers

Le débit moyen rejeté est évalué à partir de la relation suivante :

$$Q_{moyj} = \frac{N_{hab} * Dot * C_{rej}}{86400} \dots \dots \dots (IV.6)$$

Avec :

- Q_{moyj} : Débit moyen rejeté quotidiennement en (l/s).
- N_{hab} : Nombre d'habitants à l'horizon d'étude.
- Dot : Dotation journalière prise 150 l/hab/j.
- C_{rej} : Coefficient de rejet pris égale à 80% de la quantité d'eau potable consommée.

IV.7.2.1.2 Evaluation des débits de pointe

Comme la consommation d'eau, le rejet des eaux usées varie également au cours de la journée, ce qui nécessite de calculer le débit de pointe :

$$Q_{pt} = K_p * Q_{moyj} \dots \dots \dots (IV.7)$$

Avec :

- Q_{pt} : Débit de pointe.
- Q_{moyj} : Débit moyen journalier.
- K_p : Coefficient de pointe.

Ce coefficient est calculé à partir de la relation suivante :

$$K_p = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{moy,j}}} \quad \text{si } Q_{moyj} \geq 2.8 \text{ l/s} \dots \dots \dots (IV.8)$$

$$K_p = 3 \quad \text{si } Q_{moyj} < 2.8 \text{ l/s} \dots \dots \dots (IV.9)$$

Tableau IV. 8 : Evaluation des débits de pointe d'eau usée domestique.

surface élémentaire	Surface (ha)	Nombre d'habitant (hab)	Coef de rejet	Dotation (l/hab/j)	Débit moyen rejeté (l/j)	Débit moyen rejeté (l/s)	Kp	Débit doms de pointe (l/s)
SB1	7,7	3831	0,8	150	459720	5,32	2,58	13,7
SB2	8,84	3770	0,8	150	452400	5,24	2,59	13,6
SB3	3,91	2224	0,8	150	266880	3,09	2,92	9,0
SB4	6,49	2768	0,8	150	332160	3,84	2,78	10,7
SB5	5,52	1570	0,8	150	188400	2,18	3	6,5
SB6	10	4265	0,8	150	511800	5,92	2,53	15,0
SB7	10	4976	0,8	150	597120	6,91	2,45	16,9
SB8	9,84	5246	0,8	150	629520	7,29	2,43	17,7
SB9	10	4976	0,8	150	597120	6,91	2,45	16,9

IV.7.2.2 Estimation des débits des eaux usées des équipements

Les infrastructures publiques, incluant :

- Les établissements éducatifs.
- Les établissements sanitaires.
- Les établissements administratifs.
- Les établissements commerciaux, et d'autres services d'utilité publique.

Englobent une diversité de prestations. Leur évaluation dépend du nombre de personnes les fréquentant et des ressources requises pour chaque activité. L'évaluation de ces débits se réalise de façon analogue à celle des eaux domestiques, en prenant comme référence la consommation d'eau potable spécifique à chaque catégorie d'utilisateur. [6]

IV.7.2.2.1 Evaluation des débits moyens journaliers

Les débits moyens des eaux usées des services publics est exprimée par la relation suivante :

$$Q_{moy j} \text{ ég} = \frac{N_u * Dot_{ég} * C_{rej}}{86400} \dots \dots \dots (IV.10)$$

Avec :

- $Q_{moy j} \text{ ég}$: Débit moyen journalier des eaux usées publique en (l /s).

- N_u : Nombre des usagers qui forment la catégorie de consommation
- Dot éq : Dotation moyen de la consommation journalière d'eau potable (L/j/unité) .
- C_{rej} : Coefficient de rejet pris égale à 80% de la quantité d'eau potable consommée.

IV.7.2.2.2 Evaluation des débits de pointe

Il est nécessaire de calculer le débit de pointe des eaux usées provenant des équipements publics, lequel est défini par la formule suivante :

$$Q_{pt\acute{e}q} = K_p * Q_{moy\acute{e}q} \dots\dots\dots(IV.11)$$

Avec :

- $Q_{pt\acute{e}q}$: Débit de pointe.
- $Q_{moy\acute{e}q}$: Débit moyen journalier des eaux usées publique en (l/s).
- K_p : Coefficient de pointe.

Tableau IV. 9 : Evaluation des débits de pointe des eaux usées publique.

surface élémentaire	Equipement	Unité de mesure	Effectif	Dotation (l/j/unité)	Débit moyen usé (l/j)	Débit éq moyen usé (l/s)	Kp	Débit éq de pointe (l/s)	Q _{pt} total (l/s)
SB1	/	/	/	/	/	/	/	/	0
SB2	Ecole	Elève	420	10	4200	0,049	3	0,146	0,28
	Mosquée	Fidèle	200	20	4000	0,046	3	0,139	
SB3	/	/	/	/	/	/	/	/	0
SB4	Parc communal	m ²	3360	10	33600	0,389	3	1,167	1,167
SB5	/	/	/	/	/	/	/	/	0
SB6	Centre de santé	Lit	50	30	1500	0,017	3	0,052	0,41
	Stade	m ²	1016	10	10160	0,118	3	0,353	
	Maison des jeunes	Fonctionnaire	10	15	150	0,002	3	0,005	
SB7	Poste	Fonctionnaire	18	15	270	0,003	3	0,009	0,31

	2 Ecoles	Elève	870	10	8700	0,101	3	0,302	
SB8	/	/	/	/	/	/	/	/	0
SB9	CEM	Elève	340	10	3400	0,039	3	0,118	0,34
	Ecole	Elève	280	10	2800	0,032	3	0,097	
	APC	Fonctionnaire	24	15	360	0,004	3	0,013	
	Mosquée	Fidèle	160	20	3200	0,037	3	0,111	

IV.7.2.3 Estimation des débits des eaux parasites

L'infiltration de ces eaux dans les collecteurs d'assainissement est inévitable, indépendamment de leur état.

La quantification précise de ces eaux est pratiquement complexe. Cependant, pour en tenir compte, une estimation approximative de l'ordre de 0,15 l/s/ha :

$$Q_{ep} = A_i * D_p \dots \dots \dots (IV.12)$$

Avec :

- Q_{ep} : Débits des eaux parasites (l/s).
- A_i : Aire de la surface élémentaires (ha).
- D_p : Quantité d'infiltration après une chute de pluie (l/S/ha).

Tableau IV. 10 : Evaluation des débits des eaux parasites.

Surface élémentaire	A_i (ha)	D_p (l/s/ha)	Q parasite (l/s)
SB1	7,7	0,15	1,16
SB2	8,84	0,15	1,33
SB3	3,91	0,15	0,59
SB4	6,49	0,15	0,97
SB5	5,52	0,15	0,83
SB6	10	0,15	1,50
SB7	10	0,15	1,50
SB8	9,84	0,15	1,48
SB9	10	0,15	1,50

IV.7.2.4 Evaluation des débits usés totaux

Les débits usés totaux sont la somme de toutes les débits usés :

$$Q_{\text{usé total}} = Q_{\text{moy j éq}} + Q_{\text{ptéq}} + Q_{\text{ep}} \dots \dots \dots (IV.13)$$

Tableau IV. 11 : Evaluation des débits totaux des eaux usées.

Surface élémentaire	Débit dom de pointe (l/s)	Débit éq (l/s)	Débit des eaux parasites (l/s)	Débit usé total (l/s)	Débit usé total (m3/s)
SB1	13,7	0	1,16	14,86	0,0149
SB2	13,6	0,28	1,33	15,21	0,0152
SB3	9,0	0	0,59	9,59	0,0096
SB4	10,7	1,167	0,97	12,837	0,0128
SB5	6,5	0	0,83	7,33	0,0073
SB6	15,0	0,41	1,50	16,91	0,0169
SB7	16,9	0,31	1,50	18,71	0,0187
SB8	17,7	0	1,48	19,18	0,0192
SB9	16,9	0,34	1,50	18,74	0,0187

IV.7.3 Estimation des débits pluviales

La réalisation d'une étude sur un système d'assainissement implique le calcul des débits d'eau pluviale, une évaluation basée sur une précipitation moyenne décennale d'une durée de 15 minutes. Cette précision revêt une importance cruciale, car elle guide la canalisation appropriée des eaux pluviales, évitant ainsi tout risque de débordement ou d'inondation.

En période de pluie, seule la quantité d'eau ruisselant en surface est prise en considération dans la conception d'une structure dédiée à évacuer ce flux d'eau spécifique. Après avoir divisé notre zone d'étude en plusieurs surface élémentaire, un coefficient de ruissellement pondéré est attribué à chaque surface élémentaire en fonction d la nature du sol à drainer. [6]

Pour estimer les débits des eaux pluviales, deux méthodes sont utilisées en fonction de l'étendue de la surface élémentaire et de son niveau d'urbanisation :

- La méthode rationnelle.
- La méthode superficiel.

Cependant, pour notre cas nous allons exposer uniquement la méthode qu'on va utiliser.

IV.7.3.1 La méthode rationnelle

La méthode rationnelle consiste à estimer les débits résultants du ruissellement d'une averse constante le débit résultant du ruissellement sur un secteur de superficie (A) ayant un coefficient de ruissellement (C_r) s'exprime par la formule ci-dessous : [6]

$$Q = a * C_r * i * A \dots\dots\dots (IV.14)$$

Avec :

- Q : débit de pointe à l'exutoire.
- C_r : coefficient de ruissellement sur le bassin versant
- i : intensité moyenne de la pluie.
- A : superficie du surface élémentaire.
- a : Coefficient correctif de l'intensité tenant compte de la distribution de la pluie dans l'espace, dont sa détermination est en fonction de la forme du bassin. (Boualem, 2014)

IV.7.3.1.1 Les hypothèses de la méthode

Les suppositions fondamentales prises en considération sont les suivantes [6]:

- L'intensité de l'averse en mm/h est uniforme à la fois dans le temps et dans l'espace sur l'ensemble du bassin drainé.
- Le débit de pointe (Q_{pe}) en m³/s de l'hydrogramme de ruissellement est une fonction du débit précipité i et de la superficie (A).
- L'intervalle de récurrence du débit de pointe (Q_{pe}) est identique à celui de l'intensité uniforme de l'averse i .
- Enfin, le coefficient de ruissellement reste constant d'une averse à l'autre.

IV.7.3.1.2 Validité de la méthode rationnelle

La méthode rationnelle est bien adaptée aux surfaces de petite taille, généralement inférieures à 10 hectares. Dans ces situations, les résultats sont plus précis, car le coefficient de ruissellement peut être estimé avec exactitude. De plus, cette approche convient aux zones où le temps de concentration ne dépasse pas 30 minutes.

Cependant, elle n'est pas appropriée pour les zones de grande étendue, car les calculs deviendraient complexes et laborieux. Ainsi, elle est principalement utilisée pour les petites surfaces, offrant ainsi une solution pratique et fiable.

IV.7.3.1.3 Critiques de la méthode rationnelle

- La subdivision du bassin est effectuée en surfaces élémentaires.
- Le coefficient de ruissellement demeure constant sur l'ensemble du bassin pendant toute la durée de l'averse.
- La méthode rationnelle ne tient pas compte de l'influence de l'eau de ruissellement sur les surfaces élémentaires.
- La variation spatiale de la pluie (changements d'intensité) n'est pas considérée, et l'estimation du temps de concentration s'avère souvent complexe.

IV.7.3.1.4 Temps de concentration

Le temps de concentration d'un bassin est défini comme étant le temps mis par la pluie tombée au point le plus éloigné jusqu'à son arrivée à l'exutoire de la surface urbanisée (Boualem, 2014)

$$T_c = t_1 + t_2 + t_3 \dots \dots \dots (IV.15)$$

Où :

- t_1 : Temps mis par l'eau pour s'écouler dans les canalisations :

$$t_1 = \frac{L}{60 V} = \frac{\text{Longueur}}{\text{Vitesse}} [\text{min}] \dots \dots \dots (IV.16)$$

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

$$t_3 = \frac{L}{11\sqrt{I}} [\text{min}] \dots \dots \dots (IV.17)$$

Avec :

- I : La pente du terrain (%)
- L : Longueur du plus long parcours de l'eau (Km).

Trois cas peuvent être envisagés :

- ✓ La surface ne comporte pas de canalisation : $t_c = t_3$;
- ✓ Le bassin comporte un parcours superficiel, puis une canalisation : $t_c = t_1 + t_3$;
- ✓ La surface est urbanisée et comporte une canalisation : $t_c = t_1 + t_2$.

Dans le cas général, pour les zones peu allongées, le temps de concentration est donné par la relation suivante :

$$t_c = 3,98 \left[\frac{L}{\sqrt{I}} \right]^{0,77} [\text{min}] \dots\dots\dots (\text{IV}.18)$$

Avec :

- L : Longueur du plus grand parcours de l'eau (Km).
- I : la pente du terrain (%).

IV.7.3.1.5 Coefficient de réduction d'intensité

En pratique, la distribution d'une pluie à travers une surface est souvent irrégulière, particulièrement lors de précipitations courtes et intensives. Pour prendre cela en considération, un paramètre de correction, appelé coefficient réducteur de l'intensité α est introduit pour chaque surface élémentaire, avec $\alpha \leq 1$.

Ce coefficient est déterminé en fonction de :

- La forme de la surface élémentaire selon des relations empiriques :
 - Pour les surface longs (comme les rectangles étroits), le coefficient α est calculé par la formule :

$$\alpha = 1 - 0.006 \times \sqrt{\overline{d}/2} \dots\dots\dots (\text{IV}.19)$$

- Pour les surfaces plus compacts (carrés, cercles, etc.), la formule est :

$$\alpha = 1 - 0.005 \times \sqrt{\overline{d}/2} \dots\dots\dots (\text{IV}.20)$$

Avec :

d : longueur du milieu de surface élémentaire(m).

- La nature des précipitations :

La distribution d'une pluie à travers un bassin est également influencée par des facteurs tels que la nature des nuages, les vents, etc.

Pour prendre en compte ces variations, l'intensité est pondérée par un coefficient réducteur α inférieur à 1.

Le point P de la surface se trouve en amont du collecteur 1-2, intéressé du calcul.

P-2 représente la distance du point "2" situé en amont du tronçon d'égout étudié au point "n" du bassin considéré. [6]

IV.7.3.2 Choix de la méthode

En tenant compte des caractéristiques particulières de notre agglomération, notamment une connaissance approfondie du terrain en termes d'homogénéité et une estimation précise du coefficient de ruissellement équivalent, nous avons opté d'appliquer la méthode rationnelle pour évaluer les débits pluviaux. Cette décision repose sur le respect des conditions de validité de cette méthode sur l'ensemble des surfaces élémentaires. [6]

IV.7.3.3 Calcul des débits pluvieux

Etant donné que la plupart des surfaces élémentaires ne dépassent pas 10 hectares, les valeurs du coefficient " α " seront prise égale à 1 et l'intensité moyenne maximale est déterminée dans le chapitre III (Étude climatologique et hydrologique) :

$$i=57.72\text{mm/h.}$$

Ce qui correspond à un débit spécifique de :

$$I=160.34\text{ (l/s/ha).}$$

Tableau IV. 12 : Evaluation de débit pluvial de chaque surface élémentaire par la méthode rationnelle.

Surface élémentaire	Ai (ha)	Cri	I(l/s/ha)	α	Q pluvial (l/s)	Q pluvial (m3/s)
SB1	7,7	0,7	160.34	1	864,233	0,864
SB2	8,84	0,6	160.34	1	850,443	0,850
SB3	3,91	0,8	160.34	1	501,544	0,502
SB4	6,49	0,6	160.34	1	624,364	0,624
SB5	5,52	0,4	160.34	1	354,031	0,354

Surface élémentaire	Ai (ha)	Cri	I(l/s/ha)	α	Q pluvial (l/s)	Q pluvial (m3/s)
SB6	10	0,6	160.34	1	962,04	0,962
SB7	10	0,7	160.34	1	1122,38	1,122
SB8	9,84	0,75	160.34	1	1183,31	1,183
SB9	10	0,7	160.34	1	1122,38	1,122

Tableau IV. 13: Evaluation de débit total de chaque surface élémentaire.

Surface élémentaire	Ai (ha)	Q usé total (m3/s)	Q pluvial (m3/s)	Q total (m3/s)	Q total (l/s)
SB1	7,7	0,0149	0,8642	0,8791	879,1
SB2	8,84	0,0152	0,8504	0,8656	865,6
SB3	3,91	0,0096	0,5015	0,5111	511,1
SB4	6,49	0,0128	0,6244	0,6372	637,2
SB5	5,52	0,0073	0,3540	0,3613	361,3
SB6	10	0,0169	0,9620	0,9789	978,9
SB7	10	0,0187	1,1224	1,1411	1141,1
SB8	9,84	0,0192	1,1833	1,2025	1202,5
SB9	10	0,0187	1,1224	1,1411	1141,1

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons estimé les débits de rejet de notre agglomération à savoir les débits des eaux usées de différentes natures domestiques et d'équipements, les débits d'infiltration et débits des eaux pluviales à la suite d'un partage en 9 surfaces élémentaires réduites de telle façon à minimiser les erreurs sur l'estimation de coefficient de ruissellement. Il en résulte que les valeurs de ce coefficient de ruissellement varient entre 0,4 et 0,8. Par ailleurs, le système adopté pour notre agglomération est de type oblique en unitaire.

D'après les valeurs des débits obtenues, nous constatons que les débits d'eaux usées ne représentent qu'une faible fraction des débits pluviaux. Aussi nous avons constaté que cette agglomération ne comporte pas des unités industrielles.

Chapitre V :
Dimensionnement du
réseau d'assainissement
et les ouvrages annexes.

Introduction

Une fois que tous les débits ont été établis, nous procédons à la conception dimensionnelle des structures conformément aux normes d'écoulement et aux critères sanitaires des réseaux d'assainissement. Les objectifs principaux des réseaux d'assainissement comprennent :

- Assurer une évacuation rapide des matières fécales hors des habitations.
- Assurer le transport des eaux usées dans des conditions d'hygiène satisfaisantes.

Les ouvrages d'évacuation, tels que les collecteurs et les regards, doivent respecter des normes spécifiques en matière d'écoulement. De plus, ils doivent être positionnés à une profondeur appropriée pour répondre aux exigences de résistance mécanique contre les charges extérieures, tout en garantissant une sélection optimale du tracé des collecteurs.

V.1 Conditions d'implantation des réseaux

L'implantation des réseaux est soigneusement étudiée en attribuant des pentes aux canalisations amont pour favoriser l'auto-curage. Il est nécessaire que la profondeur des ouvrages permette le raccordement des immeubles environnants au moyen de branchements. Généralement, le drainage des caves et des sous-sols est exclu, car cette disposition entraînerait une augmentation excessive de la profondeur du réseau. Dans le cas d'effluents potentiels provenant de ces zones, ils devraient être relevés vers le réseau. [1]

De plus, la profondeur des ouvrages doit être planifiée de manière à assurer un recouvrement compatible avec le type d'ouvrage envisagé et la nature des charges qu'ils auront à supporter.

V.2 Conditions d'écoulement et de dimensionnement

Le réseau d'assainissement de type unitaire doit posséder des propriétés d'auto-curage, ce qui signifie :

- L'évacuation du sable avec des débits couramment atteints.
- L'évacuation des vases fermentescibles avec le débit moyen des eaux usées.

Ces deux conditions ne sont pas totalement satisfaites pour l'évacuation du ruissellement de fréquence décennale, avec des vitesses de :

- 0.6 m/s pour (1/10) du Qps.
- 0.3 m/s pour (1/100) du débit Qps.

Ces vitesses sont obtenues avec :

- Une vitesse de 1 m/s en pleine section circulaire.
- Une vitesse de 0.9 m/s en pleine section ovoïde.

Contrairement aux préoccupations liées à l'auto-curage, la prévention de la détérioration des joints des canalisations circulaires et de leur revêtement intérieur nous amène à imposer des limites supérieures aux pentes autorisées. Afin d'éviter tout endommagement des parois de la canalisation causé par l'érosion, il est vivement recommandé de ne pas dépasser une vitesse d'écoulement de 5 m/s. En adhérant à ces critères, nous garantirons un fonctionnement hydraulique optimal de notre réseau.

V.3 Dimensionnement du réseau d'assainissement

En prenant en compte les débits à évacuer à chaque point et la pente du tracé, le choix des dimensions des sections sera déterminé par l'équation d'écoulement sélectionnée.

Toutefois, il est essentiel de souligner que, à l'exception des ouvrages de très grande envergure, les dimensions des conduites varient de manière discrète en raison des diamètres courants de fabrication. Cette variabilité entraînera fréquemment une capacité d'écoulement supplémentaire résultant de ces variations.

V.3.1 Débits

Après avoir calculé le débit total associé à chaque surface élémentaire (comme détaillé dans le chapitre IV), nous effectuerons une distribution proportionnelle en fonction de l'étendue du réseau pour chaque canalisation.

V.3.1.1 Calcul de débits pour chaque surface élémentaire

Le débit unitaire est donné par la formule suivante :

$$Q_{moy\ uni} = Q_{total} / \sum L \dots\dots\dots (V.1)$$

Avec :

- $Q_{moy\ uni}$: Débit moyen unitaire en (l/s/ml)
- Q_{total} : Débit total rejeté par chaque surface élémentaire en (l/s).
- L : Longueurs de tronçon de chaque surface élémentaire en (ml).

V.3.1.2 Calcul de débits pour chaque tronçon

Le débit de route est donné par la formule suivante :

$$Q_{tronçon} = Q_{moy uni} * L \dots\dots\dots (V.2)$$

Avec :

- $Q_{tronçon}$: Débit moyen de chaque tronçon en (l/s).
- $Q_{moy uni}$: Débit moyen unitaire (l/s/m).
- L : Longueur du tronçon en (m).

V.4 Mode de calcul

Avant d'entreprendre le calcul hydraulique du réseau d'assainissement gravitaire, nous prenons en considération les hypothèses suivantes :

- L'écoulement se fait de manière uniforme en surface libre, avec un gradient hydraulique de perte de charge équivalent à la pente du radier.
- La perte de charge résultante est une énergie potentielle correspondant à la différence d'élévation entre le plan d'eau en amont et en aval.
- Les canalisations d'égouts, dimensionnées pour un débit en pleine section Q_{ps} , déchargent en réalité, et dans la plupart des cas, des quantités d'eau inférieures à celles pour lesquelles elles ont été initialement calculées.

Préalablement à la réalisation du calcul hydraulique du réseau, nous définissons les paramètres suivants :

- Périmètre mouillé P : il s'agit de la longueur du périmètre de la conduite qui entre en contact avec l'eau.
- Section mouillée S : correspond à la section transversale de la conduite occupée par l'eau (m²).
- Rayon hydraulique Rh : c'est le rapport entre la section mouillée et le périmètre mouillé (m).
- Vitesse moyenne v : représentant le rapport entre le débit volumique (m³/s) et la section mouillée (m²).

Toutefois, en pratique, le débit réel est fréquemment inférieur à Qps, et les canalisations d'égouts opèrent généralement avec des volumes d'eau moins importants que ceux pour lesquels elles ont été initialement conçues.

V.4.1 Procédé de calcul

V.4.1.1 Débit

L'écoulement dans les collecteurs est un écoulement à surface libre :

$$Q = V * S \dots\dots\dots (V.3)$$

Avec :

- Q : débit en (m³/s)
- S : section mouillée
- V : vitesse d'écoulement (m/s)

Pour le dimensionnement de notre réseau, nous appliquons la formule permettant le calcul de la vitesse moyenne. Si nous choisissons la formule de Manning, la vitesse (en m/s) est déterminée par l'expression :

$$V = K_s \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \dots\dots\dots (V.4)$$

Avec :

- I : la pente hydraulique entre deux regards en m/m
- R : le rayon hydraulique
- Ks : le coefficient de rugosité, qui dépend de la nature des parois.

Tableau V. 1 : coefficient de rugosité de Strickler pour divers types de matériaux.

Nature des parois	Coefficient de rugosité Strickler Ks
Fossé à parois en herbe	30
Fossé à parois en terre	40
Canal en maçonnerie	60
Conduite en béton	75
Conduite en fibre-ciment	80

Nature des parois	Coefficient de rugosité Strickler Ks
Conduite en fonte ou en grès	90
Conduite en PVC	90
Conduite en PEHD Annelé	100

V.4.1.2 Diamètre

Le diamètre est calculé en utilisant la relation suivante :

$$D_{cal} = \left(\frac{3.2036 \times Q_t}{K_s \times \sqrt{I}} \right)^{\frac{3}{8}} \dots \dots \dots (V.5)$$

Avec :

- D_{cal}: Diamètre calculé de la conduite en (m).
- Q_t : Débit total de chaque tronçon en (m³/s).
- I : Pente hydraulique de chaque tronçon en (m/m).
- K_s: Coefficient de rugosité (ou de Strickler).

Le diamètre calculé sera normalisé, Se fait en respectant les règles de normalisation suivantes Basé sur le diamètre calculé (Dcal).

- Si Dcal ≤ 300, alors Dnor = 300.
- Si 300 < Dcal ≤ 400, alors Dnor = 400.
- Si 400 < Dcal ≤ 500, alors Dnor = 500.
- Si 500 < Dcal ≤ 600, alors Dnor = 600.
- Si 600 < Dcal ≤ 800, alors Dnor = 800.
- Si 800 < Dcal ≤ 1000, alors Dnor = 1000.
- Si 1000 < Dcal ≤ 1200, alors Dnor = 1200.
- Si 1200 < Dcal ≤ 1500, alors Dnor = 1500.
- Si 1500 < Dcal ≤ 1800, alors Dnor = 1800.
- Si 1800 < Dcal ≤ 2000, alors Dnor = 2000.
- Si Dcal > 2000, alors il est nécessaire de doubler les conduites.

V.4.1.3 Les paramètres de forme

On définit les paramètres de formes suivantes :

- Les rapports des débits : $R_Q = \frac{Q_t}{Q_{ps}}$; $R_{Q_{ps}} = \frac{Q_{usé}}{Q}$ (V.6)

- Les rapports des vitesses : $R_V = \frac{V}{V_{ps}}$; $R_{V_{min}} = \frac{V_{min}}{V_{ps}}$ (V.7)

- Les rapports des hauteurs : $R_H = \frac{H}{D_{nor}}$; $R_{H_{min}} = \frac{H_{min}}{D_{nor}}$ (V.8)

Avec :

- Q_t : Débit circulant dans la conduite circulaire (m³/s).
- V : Vitesse d'écoulement de l'eau (m/s).
- H : Hauteur de remplissage dans la conduite (m).
- Q_{ps} : Débit à pleine section (m³/s).
- V_{ps} : Vitesse à pleine section (m/s).
- D_{nor} : Diamètre normalisé de la conduite (mm).

La vitesse pleine section (V_{ps}) et le débit pleine section (Q_{ps}) sont déterminés par les relations suivantes :

$$V_{ps} = K_s \cdot \left(\frac{D_{nor}}{4} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot I_a^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (V.9)$$

$$Q_{ps} = V_{ps} \times \frac{\pi \cdot (D_{nor})^2}{4} \dots \dots \dots (V.10)$$

La vitesse moyenne et la hauteur de remplissage seront calculées à partir des relations :

$$V = R_V \cdot V_{ps} \dots \dots \dots (V.11)$$

$$H = R_H \cdot D \dots \dots \dots (V.12)$$

Les dimensions de tous les collecteurs ont été établies en se référant aux abaques fournis en annexe, tout en effectuant une vérification à l'aide de la formule de Manning-Strickler. Pour simplifier ces calculs, nous utilisons un programme Excel qui intègre les formules mentionnées

~~Chapitre V: Dimensionnement du réseau d'assainissement et les ouvrages annexes~~
ci-dessus et prend en considération les données géométriques, telles que les pentes et les longueurs.

V.4.2 Dimensionnement du réseau d'assainissement

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

Tableau V. 2 : Dimensionnement et détermination des paramètres hydraulique des collecteurs.

Tronçon	L(m)	Débit (L/s)	Pente du radier (%)	Dcal (mm)	D(mm)	Plaine section		Rq	Rh	Rv	H (mm)	V (m/s)	V (1/10 Qps) m/s	Condition
						Qps (l/s)	Vps (m/s)							
01 --0 3	14,1	9,61	4,54	86,08	300	267,93	3,79	0,04	0,1	0,40	30	1,52	2,01	Vérifiée
03--05	20,6	23,64	4,76	119,60	300	274,30	3,88	0,09	0,16	0,54	48	2,09	2,06	Vérifiée
05--07	30,3	44,29	4,36	153,86	300	262,49	3,71	0,17	0,245	0,69	73,5	2,57	1,97	Vérifiée
07--0 8	27	62,68	4,96	171,04	300	280,17	3,96	0,22	0,29	0,76	87	3,02	2,10	Vérifiée
08 --12	28	81,76	4,96	188,95	300	280,21	3,96	0,29	0,345	0,84	103,5	3,32	2,10	Vérifiée
09-- 10	29,6	20,17	4,46	114,06	300	265,58	3,76	0,08	0,15	0,52	45	1,94	1,99	Vérifiée
10-- 11	29,6	40,34	4,49	147,70	300	266,58	3,77	0,15	0,23	0,67	69	2,52	2,00	Vérifiée
11-- 12	29,5	60,43	3,12	184,07	300	222,09	3,14	0,27	0,33	0,82	99	2,57	1,66	Vérifiée
12 -- 13	26,5	160,25	4,75	245,16	300	274,23	3,88	0,58	0,555	1,04	166,5	4,04	2,06	Vérifiée
13-- 18	26,9	178,58	4,83	254,55	300	276,47	3,91	0,65	0,605	1,08	181,5	4,20	2,07	Vérifiée
14-- 15	30	20,44	4,07	116,63	300	253,61	3,59	0,08	0,15	0,52	45	1,85	1,90	Vérifiée
15-- 16	35	44,29	4,09	155,72	300	254,20	3,59	0,17	0,245	0,69	73,5	2,49	1,91	Vérifiée
16-- 17	35	68,13	4,63	178,79	300	270,56	3,83	0,25	0,315	0,80	94,5	3,05	2,03	Vérifiée
17-- 18	34,1	91,37	4,63	199,55	300	270,71	3,83	0,34	0,385	0,89	115,5	3,39	2,03	Vérifiée
18-- 23	32,6	292,16	0,80	429,18	500	438,55	2,23	0,67	0,62	1,08	310	2,42	1,18	Vérifiée
19-- 20	30	20,44	3,80	118,12	300	245,15	3,47	0,08	0,15	0,52	45	1,79	1,84	Vérifiée
20-- 21	30	40,88	4,30	146,06	300	278,39	3,94	0,15	0,23	0,67	69	2,63	2,09	Vérifiée
21-- 22	34	64,05	4,44	176,05	300	265,03	3,75	0,24	0,31	0,79	93	2,96	1,99	Vérifiée

Tronçon	L(m)	Débit (L/s)	Pente du radier (%)	Dcal (mm)	D(mm)	Pleine section		Rq	Rh	Rv	H (mm)	V (m/s)	V (1/10 Qps) m/s	Condition
						Qps (l/s)	Vps (m/s)							
22-- 23	31,5	85,51	4,41	196,44	300	264,18	3,74	0,32	0,37	0,87	111	3,24	1,98	Vérifiée
23-- 28	27,2	396,20	0,51	522,29	600	572,89	2,03	0,69	0,63	1,09	378	2,21	1,07	Vérifiée
24-- 25	30	20,44	4,83	112,91	300	276,48	3,91	0,07	0,14	0,50	42	1,94	2,07	Vérifiée
25--26	29,1	40,27	4,81	145,73	300	275,85	3,90	0,15	0,23	0,67	69	2,60	2,07	Vérifiée

La suite des tableaux : voire Annexes.

V.5 Résultats obtenus

Tableau V. 3 :Résultats de calcul et de comparaison.

Surface élémentaire 1 :

Tronçon	Diamètre existant (mm)	Nouveau Diamètre (mm)	Observation
18--23	400	500	Rénover
23--28	500	600	Rénover
28--34	500	600	Rénover
40--45	500	600	Rénover
41--42	300	400	Rénover
42--43	300	400	Rénover
43--44	300	400	Rénover
44--45	300	400	Rénover
45--46	600	800	Rénover

Surface élémentaire 2 :

Tronçon	Diamètre existant (mm)	Nouveau Diamètre (mm)	Observation
233--238	300	400	Rénover
238--243	400	500	Rénover
243--248	300	400	Rénover
248--260	300	400	Rénover
270--271	400	500	Rénover
271--272	400	500	Rénover
261--264	400	500	Rénover
264--269	400	500	Rénover
269--270	400	500	Rénover
272--291	500	600	Rénover

Surface élémentaire 4 :

Tronçon	Diamètre existant (mm)	Nouveau Diamètre (mm)	Observation
321--322	300	400	Rénover
322--323	300	400	Rénover
323--324	400	500	Rénover
324--325	400	500	Rénover
56-- 57	300	400	Rénover
57-- 58	300	400	Rénover
58--115	300	400	Rénover
115--116	300	400	Rénover
116--117	400	500	Rénover
117--118	400	500	Rénover
118--119	300	400	Rénover
119--325	400	500	Rénover
325--326	300	400	Rénover
326--327	300	400	Rénover
327--328	400	500	Rénover
328--342	400	500	Rénover

Surface élémentaire 6 :

Tronçon	Diamètre existant (mm)	Nouveau Diamètre (mm)	Observation
299--300	300	400	Rénover
300--301	300	400	Rénover
301--302	300	400	Rénover
302--303	300	400	Rénover

Tronçon	Diamètre existant (mm)	Nouveau Diamètre (mm)	Observation
303--310	300	400	Rénover
310--311	400	500	Rénover
311--356	400	500	Rénover
335--336	300	400	Rénover
336--337	300	400	Rénover
337--338	300	400	Rénover
DO2-357	300	400	Rénover

Surface élémentaire 7 :

Tronçon	Diamètre existant (mm)	Nouveau Diamètre (mm)	Observation
129--130	300	400	Rénover
130--131	300	400	Rénover
131--132	300	400	Rénover
67-- 76	300	500	Rénover
75--76	300	400	Rénover
76-- 86	400	600	Rénover
86--87	500	600	Rénover
87--101	500	600	Rénover
101--102	500	600	Rénover
102--132	500	600	Rénover
132--133	600	800	Rénover
133--134	600	800	Rénover

Surface élémentaire 8 :

Tronçon	Diamètre existant (mm)	Nouveau Diamètre (mm)	Observation
160--161	300	400	Rénover
161--162	300	400	Rénover
162--167	300	400	Rénover
175--176	400	500	Rénover
176--187	400	500	Rénover
187--188	400	500	Rénover
188--189	400	500	Rénover
190--180	400	500	Rénover
146--147	300	400	Rénover
147--148	300	400	Rénover

Surface élémentaire 9 :

Tronçon	Diamètre existant (mm)	Nouveau Diamètre (mm)	Observation
357--358	300	400	Rénover
360--361	300	400	Rénover
361--367	300	400	Rénover
379--374	400	500	Rénover
210--211	500	600	Rénover
211--212	500	600	Rénover
213--214	500	600	Rénover

Tronçon	Diamètre existant (mm)	Nouveau Diamètre (mm)	Observation
214--215	500	600	Rénover
215--216	500	600	Rénover
196--197	300	400	Rénover
200--201	300	400	Rénover
201--202	300	400	Rénover
202--203	300	400	Rénover
203--216	300	400	Rénover
216--R10	400	600	Rénover
R10-R11	600	1000	Rénover

❖ **Notation**

Pour la surface élémentaire 3 selon la comparaison entre les anciens et les nouveaux diamètres, Il y'a pas de changement.

Tableau V. 4 : Dimensionnement des nouveaux tronçons de la surface élémentaire 5.

Surface élémentaire 5 :

Tronçon	Diamètre (mm)
R'1--R'2	300
R'2--R'3	400
R'3--R'6	500
R'4--R'5	300
R'5--R'6	300
R'6--R67	500

V.6 Les ouvrages annexes

Un réseau d'assainissement se compose d'une série d'organes interconnectés, chacun remplissant un rôle complémentaire en fonction de sa fonction spécifique. Dans le domaine de l'assainissement, les composants d'un réseau d'égouts ont pour mission les objectifs suivants :

- Faciliter une évacuation rapide et efficace des eaux de pluie pour éviter toute stagnation ;
- Acheminer les eaux usées susceptibles de provoquer des problèmes d'odeurs et de santé dans des conditions sanitaires optimales.

Afin de garantir le fonctionnement optimal de notre réseau, il est crucial de dimensionner certains ouvrages essentiels. Les ouvrages annexes jouent un rôle crucial dans l'exploitation rationnelle des réseaux d'égouts. Ils sont variés et suivent une hiérarchie de fonctions, comprenant la réception des effluents, la création de points d'accès pour faciliter l'entretien du réseau, ainsi que des éléments contribuant à l'optimisation des coûts et à la réduction des surdimensionnements.

Ces éléments sont répartis en deux catégories :

- Les ouvrages normaux.
- Les ouvrages spéciaux.

V.6.1 Les ouvrages normaux

Ces ouvrages englobent les composants essentiels fréquemment situés en amont ou le long des réseaux, assurant généralement la réception des effluents ou facilitant l'accès au réseau.

Ces éléments sont répartis en trois catégories distinctes :

- Les branchements : destinés à connecter les propriétés ou les infrastructures au réseau principal.
- Les ouvrages de surface et collecteurs : conçus pour recevoir et collecter les eaux usées ou les eaux de pluie, les orientant ensuite vers le réseau d'assainissement.
- Les points d'accès au réseau (regards) : facilitant l'entrée aux canalisations du réseau, ils permettent ainsi leur inspection, leur entretien et, si nécessaire, leur dégagement.

V.6.1.1 Les branchements

Ils jouent un rôle crucial dans la collecte des eaux usées et des eaux pluviales provenant des bâtiments. Un branchement se compose de trois éléments clés :

1. Un regard de façade, placé le long de la voie publique et idéalement situé le plus près possible de la façade de la propriété connectée. Cela permet un accès facile au personnel en charge de l'exploitation et du contrôle du bon fonctionnement.

2. Des canalisations de branchement, de préférence connectées à un angle incliné de 45° ou 60° par rapport à l'axe général du réseau public.
3. Les dispositifs de raccordement de la canalisation de branchement sont adaptés à la nature et aux dimensions du réseau public.

Le tracé de la conduite de branchement de service doit présenter une pente d'environ 3%, favorisant ainsi un écoulement avec rinçage interne de la conduite, avec un diamètre minimum de 200 mm.

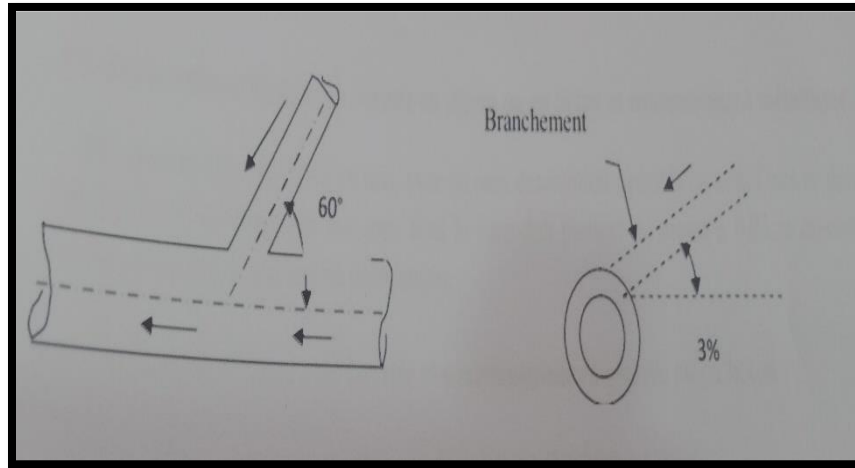


Figure V. 1 : point de raccordement avec inclination

Source : Polycopier Salah Boualem 2014

V.6.1.2 Les ouvrages de surface et recueilles

Ce type d'ouvrages est conçu pour la collecte des eaux pluviales, et on peut les diviser en deux catégories distinctes : [6]

- Les ouvrages de recueillie et de transport.
- Les ouvrages de recueillie proprement dite en tête et sur le cours du réseau principal.

a. Les fossés

Les fossés ont pour fonction de collecter les eaux provenant des chaussées en milieu rural. Ils nécessitent un entretien régulier. [6]

b. Les caniveaux

Les caniveaux sont conçus pour recueillir les eaux de la voirie jusqu'aux bouches d'égout. Lorsqu'il y a un trottoir, ils sont constitués d'une bordure accompagnée d'une surface pavée ou d'une dalle préfabriquée. [6]

c. Les bouches d'égout

Les bouches d'égout ont pour fonction de collecter les eaux de surface, qu'il s'agisse des eaux pluviales ou des eaux de lavage des chaussées. Elles sont généralement placées au point bas des caniveaux, soit sur le trottoir.

La distance moyenne entre deux bouches d'égout est d'environ 50 mètres, et la section d'entrée est adaptée en fonction de l'écartement entre les bouches d'égout pour permettre l'absorption du débit d'eau de ruissellement venant de l'amont lors d'orages. On peut classer les bouches d'égout en fonction de deux critères : la méthode de collecte des eaux et la façon dont les déchets sont retenus. [6]

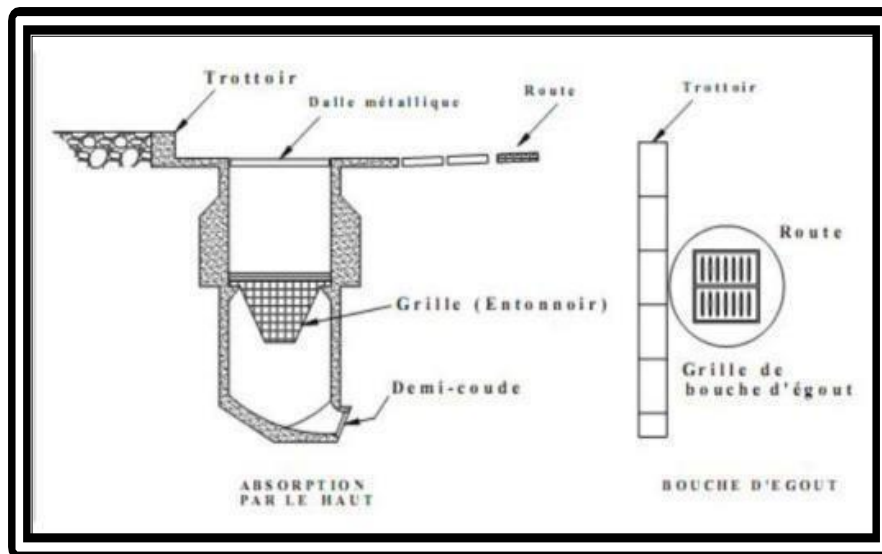


Figure V. 2 : Bouche d'égout avec absorption par le haut.

Source : Polycopier Salah Boualem 2014

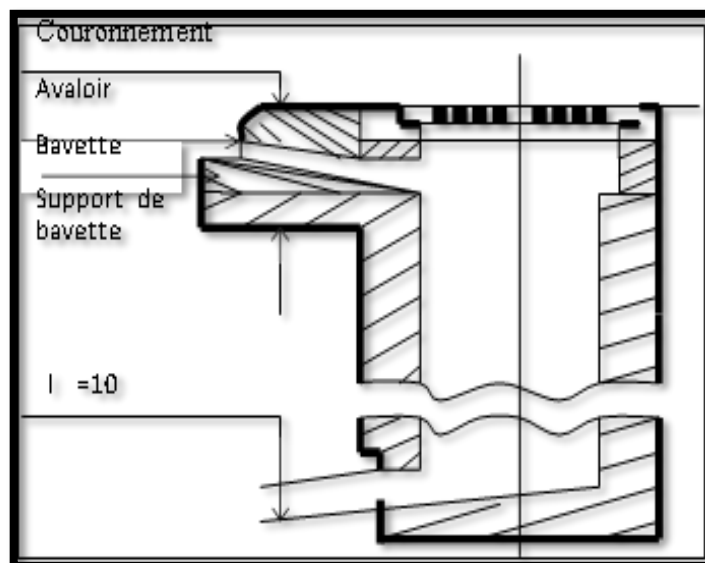


Figure V. 3 : Bouche d'égout avec absorption par le côté latéral.

Source : Polycopier Salah Boualem 2014

V.6.1.3 Les ouvrages d'accès au réseau (regards)

Les regards sont les ouvrages d'accès au réseau, permettant ainsi au personnel d'assurer l'entretien et la surveillance. Ils jouent également un rôle important dans l'aération du réseau d'égout. [6]

a. Emplacement

L'implantation des regards doit être en accord avec la forme du collecteur. La localisation et l'espacement entre deux regards sont déterminés par la topographie du site et la nature des ouvrages. Il est nécessaire d'installer un regard sur les canalisations dans les situations suivantes :

1. À chaque point de jonction.
2. Lors d'un changement de direction de la canalisation.
3. Lors d'une variation de pente des canaux.
4. Aux points de chute de l'eau.
5. Pour les canalisations de taille réduite ou non praticables.

La distance entre deux regards peut varier :

- De 35 à 50 m en terrain accidenté.
- De 50 à 80 m en terrain plat.

b. Fonction

Dans le cadre du système d'assainissement, les regards accomplissent plusieurs fonctions principales, à savoir :

- Remplacer les coudes de 90 degrés au niveau des canalisations.
- Faciliter l'insertion d'accessoires de nettoyage à tout moment.
- Permettre le contrôle de toutes les parties constitutives du dispositif d'assainissement.
- Assurer la surveillance et l'entretien de l'ensemble du système d'assainissement.
- Assurer la ventilation de l'intérieur des collecteurs.
- Assurer le raccordement entre deux collecteurs de même diamètre ou de diamètres différents.

c. Types des regards

- **Regard de visite**

Ces dispositifs sont spécialement conçus pour effectuer la maintenance périodique et le nettoyage des canalisations, tout en garantissant une ventilation efficace. Leur placement est prévu à des intervalles compris entre 35 et 80 mètres.

- **Regard de ventilation**

Il est crucial d'avoir de l'air dans les égouts afin de prévenir la fermentation et la formation de sulfure d'hydrogène gazeux. La ventilation est garantie par plusieurs moyens :

- Des tampons équipés d'orifices appropriés situés sur les regards.
- Des tuyaux de chute s'étendant jusqu'à l'extérieur, assurant ainsi une sortie vers l'air libre.
- Des cheminées positionnées le long de l'axe de la canalisation.

- **Regard simple**

Pour raccordement des collecteurs de mêmes diamètres ou de diamètres différents.

- **Regard latéral**

En cas d'encombrement du V.R.D ou collecteurs de diamètre important.

- **Regard de jonction**

Ces regards sont employés pour connecter deux collecteurs, qu'ils aient des sections identiques ou différentes. Ils sont conçus de manière à assurer :

- Une ventilation efficace au niveau de la jonction.
- Des variations de hauteur entre les fonds des collecteurs.
- L'élimination du reflux d'eau pendant les périodes sans pluie.
- Le maintien des niveaux d'eau des conduites à une hauteur équivalente.

- **Regard de chute**

Les regards de chute sont fréquemment employés dans le domaine de l'assainissement pour disperser l'énergie, particulièrement dans les zones urbanisées présentant un relief accidenté.

Dans notre cas, nous opterons pour l'utilisation de regards de visite, aussi bien pour connecter des collecteurs de diamètres similaires ou différents que pour les regards de chute. L'espacement entre ces regards de chute sera planifié de manière à faciliter les opérations de nettoyage lors des interventions d'entretien périodique.

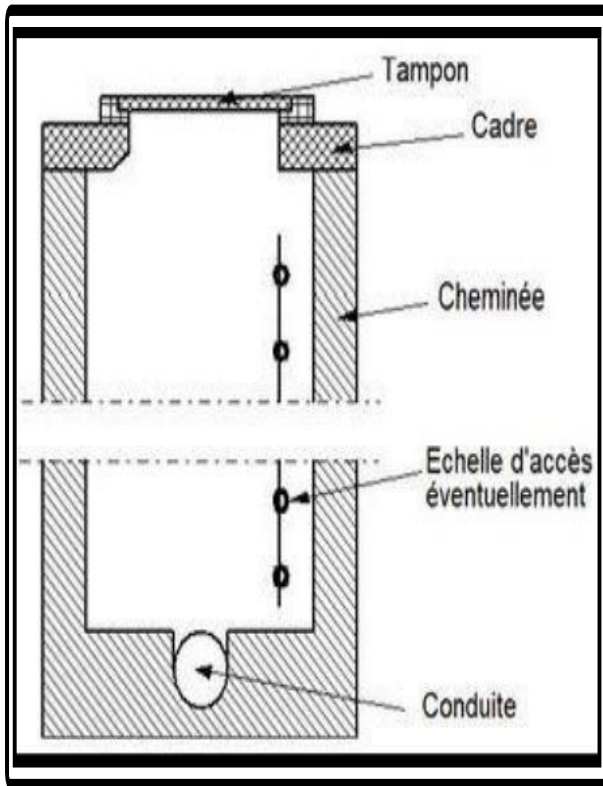


Figure V. 5 : Regard de visite.

Source : Polycopier Salah Boualem 2014

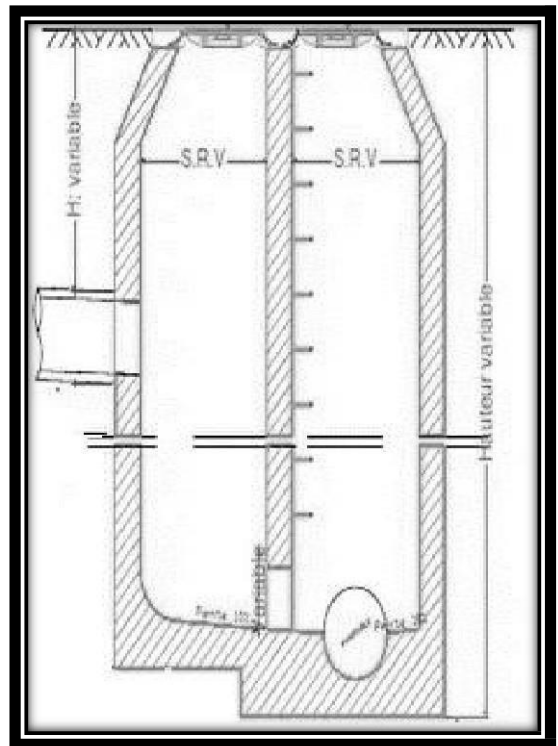


Figure V. 4 : Regard de chute.

Source : Polycopier Salah Boualem 2014

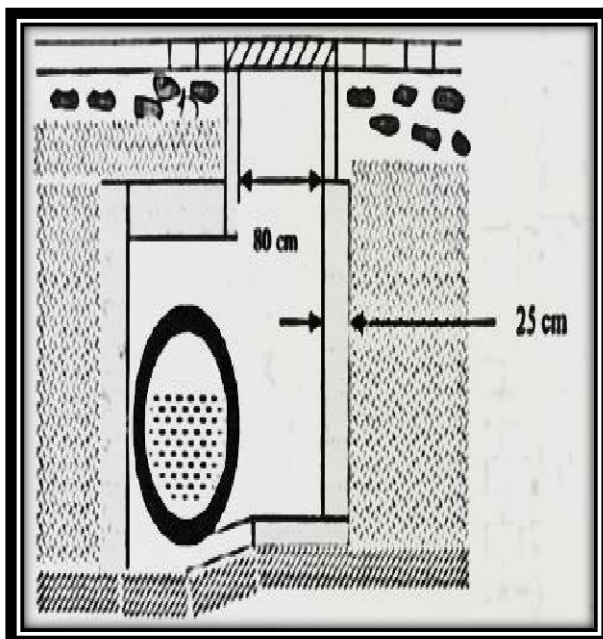


Figure V. 7 : Regard latéral.

Source : Polycopier Salah Boualem 2014

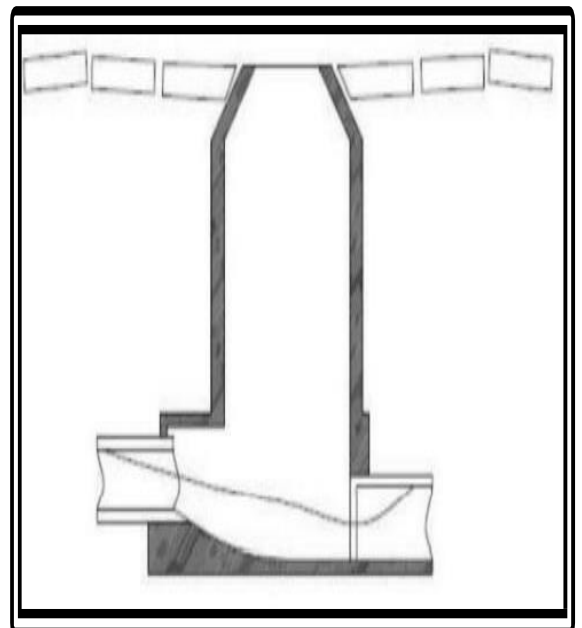


Figure V. 6 : Regard de jonction.

Source : Polycopier Salah Boualem 2014

V.6.2 Les ouvrages spéciaux (D.O)

En hydraulique urbaine, un déversoir est un dispositif dont la fonction réelle est d'évacuer par les voies les plus directes, les pointes exceptionnelles des débits d'orage vers le milieu récepteur. Par conséquent, un déversoir est un ouvrage destiné à décharger le réseau d'une certaine quantité d'eaux pluviales de manière à réagir sur l'économie d'un projet en réduction du réseau aval.

Les déversoirs sont appelés à jouer un rôle essentiel notamment dans la conception des réseaux en système unitaire.

V.6.2.1 Compositions

Dans toutes les configurations, un déversoir d'orage est composé des éléments suivants :

- Un ouvrage de dérivation.
- Un canal ou collecteur de décharge acheminant l'eau déversée vers un émissaire naturel, tel qu'un oued, y compris l'ouvrage de rejet lui-même au niveau de l'émissaire. Le déversoir d'orage est connecté de la manière suivante :
- À l'amont, il est relié au collecteur d'arrivée qui transporte les eaux unitaires.
- À l'aval, il est raccordé au collecteur de départ qui transporte les eaux destinées à être traitées par la station d'épuration.

L'ouvrage de dérivation peut être constitué d'un organe autre qu'un déversoir au sens hydraulique du terme. Le collecteur de décharge peut être de courte longueur, notamment dans le cas où les égouts longent l'exutoire. De plus, un ouvrage de stockage ou un bassin d'orage peut être ajouté à l'ouvrage de dérivation pour permettre une temporisation du débit, notamment lors du premier flot d'orage.

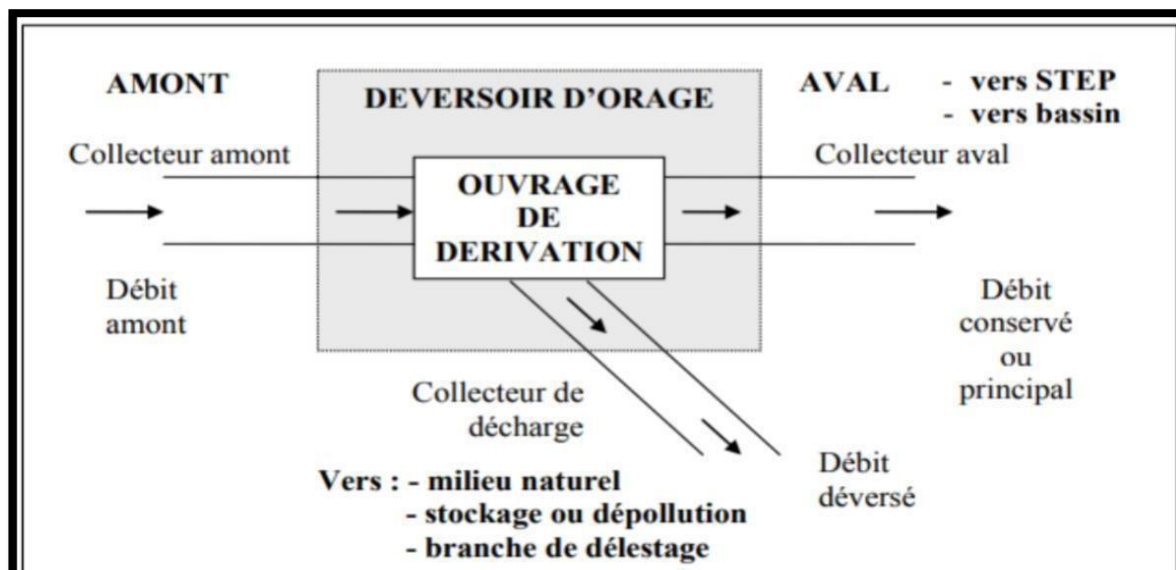


Figure V. 8 : Schéma général de principe de fonctionnement du déversoir d'orage.

source :qdoc.tips-déversoir

V.6.2.2 Emplacement du déversoir d'orage

Avant de décider de l'emplacement des déversoirs d'orage, plusieurs facteurs doivent être pris en considération :

- Le milieu récepteur et son équilibre après le rejet des effluents. Il est essentiel d'évaluer le degré de dilution nécessaire en fonction du pouvoir auto-épurateur du milieu récepteur.
- La capacité et les surfaces des ouvrages récepteurs, tels que les bassins de décantation, afin de prévenir les surcharges et assurer un bon fonctionnement.
- Le régime d'écoulement du niveau d'eau dans la canalisation amont et aval.
- La topographie du site, y compris les variations des pentes, qui influencent le choix de l'emplacement optimal des déversoirs d'orage.

La prise en compte de ces éléments garantit une planification efficace de l'emplacement des déversoirs d'orage pour assurer une régulation hydraulique appropriée du système d'assainissement.

V.6.2.3 Fonction des déversoirs d'orage

Quel que soit le type d'ouvrage, un déversoir d'orage doit remplir les fonctions de base suivantes :

- Évacuer sans débordement ni turbulence le débit des eaux usées par temps sec.
- Déverser le débit excédentaire dû aux pluies et aux orages sans perturber le réseau amont par des remous nuisibles et sans provoquer une surcharge excessive en débit dans le réseau aval.
- Évacuer le débit critique sans débordement.
- Assurer la répartition du flux polluant entre le milieu naturel et le collecteur aval.
- Remplir la fonction de by-pass ou d'ouvrage d'échange : diriger les eaux excédentaires lors des orages vers un autre collecteur, tout en assurant un maillage du réseau pour augmenter sa capacité de transport.

Un déversoir d'orage se compose de deux éléments principaux :

- Un ouvrage de dérivation.
- Un canal ou collecteur de décharge.

L'ensemble de ces composants garantit le bon fonctionnement du déversoir d'orage et son rôle crucial dans la gestion hydraulique du réseau d'assainissement.

V.6.2.4 Types des déversoirs d'orage

On a plusieurs types de déversoirs :

- Déversoir à seuil frontal
- Déversoir à seuil latéral et conduite aval libre
- Déversoir à double seuil latéral
- Déversoir by passe
- Déversoir avec ouverture de radier
- Déversoir siphonoïde

On utilise ces divers types de déversoirs en tenant compte des particularités propres au système d'assainissement et des exigences de régulation hydraulique.

V.6.2.5 Dimensionnement des déversoirs d'orage

Le dimensionnement hydraulique du déversoir exige la connaissance des conditions hydrauliques à l'amont et à l'aval. Comme données de base, nous avons:

- Les diamètres à l'amont et à l'aval.
- Les pentes à l'amont et à l'aval pour connaître les types d'écoulement.
- Le débit critique d'arrivée.

Le débit d'arrivée ou de dimensionnement (critique) se compose du débit d'eaux pluviales, du débit d'eaux usées et des équipements et en fin le débit d'eaux parasites.

- Déterminer le débit total « Q_t » :

$$Q_t = Q_{pl} + Q_{eu.dom} + Q_{eu.pub} + Q_{epar} \dots \dots \dots (V.13)$$

- Déterminer le débit critique « Q_{cr} » :

$$Q_{cr} = Q_t * Z \dots \dots \dots (V.14)$$

- Coefficient de retardement

$$Z = 1 - \frac{t_c}{100} \dots \dots \dots (V.15)$$

Avec :

- t_c : temps de concentration évalué en fonction de la nature et la structure de la surface à drainer.

Pour le dimensionnement nous devons d'abord évaluer le temps de concentration T_c en zone urbanisée avec le réseau projeté, ce temps T_c se compose de :

$$T_c = t_1 + t_2 \dots \dots \dots (V.16)$$

Avec :

$$t_1 = \frac{L}{60V} [min] \dots \dots \dots (V.17)$$

Le temps **t1** correspond au temps d'écoulement dans le collecteur amont à partir du point le plus éloigné du déversoir à savoir :

$$t_1 = \sum t_{1i}$$

Et: $L = \sum L_i$

Avec :

$$t_{1i} = \frac{L_i}{v_i} \dots \dots \dots (V.18)$$

Etant donné que le temps t2 varie entre 2 et 20 min, nous avons choisi un temps de 15 min.

- Le débit critique se compose :
 - Du débit déversé : Q_{dev}
 - Du débit allant vers le réseau : $Q_{rés}$

$$Q_{cr} = Q_{dev} + Q_{rés} \dots \dots \dots (V.19)$$

On calcule le débit déversé :

$$Q_{dev} = Q_{cr} - Q_{bd} \dots \dots \dots (V.20)$$

- Détermination de débit allant vers le réseau :
 - Calcul de débit de point d'eau usée :

$$Q_{pte} = Q_{moy} * K_p \dots \dots \dots (V.21)$$

Avec :

$$K_p = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{moy}}} \dots \dots \dots (V.22)$$

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

Pour effectuer les calculs, on se réfère à l'abaque de BAZIN (Annexe N°4) afin de trouver les hauteurs d'eau correspondant aux débits à l'amont du déversoir. On utilise également

- Hauteur du seuil du déversoir : h_{seuil}

$$R_{Q_{av}} = \frac{Q_{rés.}}{Q_{ps}} \dots\dots\dots (V.23)$$

→ $R_h = \frac{h_{seuil}}{D}$ et $R_v = \frac{v}{v_{ps}} \dots\dots\dots (V.24)$

→ $h_{seuil} = R_h * D \dots\dots\dots (V.25)$

- Hauteur d'eau à l'entrée de déversoir : h_{tcr}

$$R_{Q_{cr}} = \frac{Q_{cr}}{Q_{ps}} \dots\dots\dots (V.26)$$

→ $R_{h_{cr}} = \frac{h_{tcr}}{D}$ D'où $h_{tcr} = R_{h_{cr}} * D \dots\dots\dots (V.27)$

- Hauteur d'eau déversée : h_{dev}

$$h_{dev} = h_{tcr} - h_{seuil} \dots\dots\dots (V.28)$$

En fonction de la topographie, de l'endroit de la décharge (un autre collecteur), les conditions hydrauliques ; on choisit le type du déversoir (forme, matériau) d'où l'on fixe le coefficient du débit 'm'. Si le déversoir est de type latéral, le coefficient 'm' sera corrigé par un autre coefficient 'μ' qui tient compte de la variation des hauteurs au niveau du seuil

À la base de la formule suivante, on déduit la largeur du seuil L

$$Q_{dev} = m L h_{dev} \sqrt{2gh_{dev}} \quad \text{D'où} \quad L = \frac{Q_{dev}}{m h_{dev} \sqrt{2gh_{dev}}} \dots\dots\dots (V.29)$$

Avec :

m: Coefficient de débit en fonction du type de déversoir.

Les caractéristiques du seuil sont :

- Le coefficient m
- La hauteur h_{seuil}
- La largeur L

Pour notre projet nous avons trois déversoirs d'orages, du type latéral.

Chapitre V : Dimensionnement du réseau d'assainissement et les ouvrages annexes.

Tel que : $m = * \mu \rightarrow$ Dans notre cas $\mu = 0.6$.

Les données de base des déversoirs

Tableau V.5 : Les données de base des déversoirs d'orages.

D.O	D.O1	D.O2	D.O3
Diamètre d'entrée	500	800	800
Débit total à l'entrée (l/s)	760,72	1670,20	1502,41
Débit à pleine section (l/s)	947,28	2533,85	1165,68
Débit du temps sec (l/s)	14,86	16,91	18,71
Débit rejeté vers l'oued (l/s)	631.752	1402.76	1258.338
Débit restant allé vers le réseau (l/s)	128.968	267.44	244.072

Les résultats de calcul sont insérés dans le tableau suivant :

Tableau V.6 : Résultats de dimensionnement des déversoirs d'orages.

D.O	type	$Q_{dev}(m^3/s)$	h_{cr}	h_{seuil}	L(m)
D.O1	Latéral	0.6317	0.5	0.3	3.98
D.O2	Latéral	1.4027	1.04	0,56	3.12
D.O3	Latéral	1.2583	0.87	0.48	2.91

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons exploré l'aspect hydraulique, se concentrant spécifiquement sur le dimensionnement du système d'évacuation des eaux usées et pluviales. Nous avons suivi une méthodologie de calcul préalablement exposée, dont l'objectif principal est de déterminer les diamètres des collecteurs tout en garantissant des vitesses d'auto-curage appropriées. Il est à noter que la condition d'auto-curage ($V > 0,3$ m/s) est respectée, et les vitesses demeurent acceptables sur l'ensemble des tronçons ($V < 5$ m/s).

Pour assurer le bon fonctionnement de notre système d'évacuation, il est essentiel de choisir les ouvrages annexes appropriés.

En prenant en compte ces ouvrages annexes et en choisissant les éléments les plus adéquats, nous assurerons le bon fonctionnement et l'efficacité de notre système d'évacuation des eaux usées.

Chapitre VI :
Eléments constitutif
du réseau d'égout.

Introduction

L'objectif fondamental du réseau d'assainissement est de réunir les eaux usées et pluviales afin de préserver l'équilibre de l'environnement naturel. Les composants essentiels de ce réseau sont spécialement conçus pour assurer son fonctionnement optimal. On distingue deux catégories principales de structures : les ouvrages principaux, constituant le cœur central du réseau, et les ouvrages annexes, contribuant à une gestion efficace du système. En matière d'assainissement, les éléments constitutifs d'un réseau d'égouts doivent s'acquitter de deux missions essentielles :

- Assurer une évacuation rapide et correcte des eaux de pluie sans stagnation.
- Faciliter le transport des eaux usées de manière à prévenir toute nuisance, telle que la formation de dépôts ou les odeurs, tout en maintenant des conditions d'hygiène favorables.

Les ouvrages d'assainissement se divisent en deux types principaux :

- Les ouvrages principaux, englobant l'ensemble du réseau jusqu'à l'entrée des effluents dans la station d'épuration.
- Les ouvrages annexes, regroupant toutes les constructions et installations destinées à faciliter l'exploitation rationnelle et adéquate du réseau, comme les bouches d'égout, les regards, les déversoirs d'orage, etc.

VI.1 Les ouvrages principaux

Les ouvrages principaux sont constitués des conduites et des joints qui assurent l'évacuation des effluents vers le point de rejet ou vers la station d'épuration. [6]

VI.1.1 Canalisation

Les conduites d'assainissement constituent des éléments essentiels du réseau d'assainissement, étant spécialement conçues pour le transport de fluides tels que les eaux usées et les eaux pluviales d'un point à un autre du système.

Ces conduits se déclinent en plusieurs configurations, notamment :

- Conduits de forme cylindrique : préfabriqués en usine, ils sont identifiés par leurs diamètres intérieurs, également appelés diamètres nominaux, exprimés en millimètres. Ces conduits sont privilégiés pour les tronçons de petite taille par rapport aux autres formes disponibles.

- Conduits de forme ovoïde : préfabriqués, caractérisés par leur hauteur exprimée en centimètres, accompagnés d'ouvrages visitables. Ils constituent une alternative aux conduits circulaires ayant généralement un diamètre supérieur à 800 mm, contribuant à éviter les problèmes d'auto-curage [6]

VI.1.1.1 Type de canalisations

Il existe divers types de conduites, qui se différencient par leurs matériaux de construction et leurs utilisations spécifiques. [6]

VI.1.1.1.1 Conduites en matières plastique

Les conduites fabriquées à partir de matières plastiques se distinguent par leur résistance à la corrosion, car elles demeurent inertes et stables lorsqu'elles sont exposées à divers produits chimiques réactifs. On peut les classer en deux principales catégories :

- Les conduites fabriquées à partir de matières thermodurcissables.
- Les conduites fabriquées à partir de matières thermoplastiques.

Pour l'assemblage de ces conduites, deux options sont envisageables : l'utilisation d'un collage ou le recours à des bagues d'étanchéité.

VI.1.1.1.2 Conduites en polyéthylène haute densité (PEHD)

Les tubes en polyéthylène haute densité se caractérisent par des surfaces intérieures et extérieures impeccables, dépourvues de défauts significatifs ou fréquents susceptibles de compromettre leur qualité, tels que rayures, bulles, grains, et fissures.

VI.1.1.1.3 Conduites en fonte

Ces canalisations se caractérisent par leur matériau en fonte, offrant une excellente résistance à la corrosion et une solidité remarquable, elles sont fréquemment employées dans les raffineries de pétrole pour le drainage des eaux usées industrielles.

VI.1.1.1.4 Conduites en béton armé

La conduite en béton armé est constituée d'une armature composée de générateurs disposés en parallèle le long de la canalisation, accompagnés de cercles disposés de manière à créer des grilles en association avec les générateurs. Les conduits en béton armé sont fabriqués mécaniquement à l'aide d'un procédé assurant une densité élevée du béton. Tel que la vibration, la centrifugation et le compactage (Les conduites compactées ne sont généralement pas armées et sont utilisées pour des diamètres de 100 à 1200 mm).

Pour l'assemblage de conduites en béton, qu'elles soient armées ou non, divers types de joints peuvent être employés, La sélection judicieuse des assemblages dépend de la qualité du joint, laquelle est influencée par la nature des eaux, leur compatibilité avec la stabilité du sol, ainsi que les caractéristiques des tuyaux telles que le diamètre et l'épaisseur.

Tableau VI. 1 : Différents type de joints des conduites en béton.

Type de joint	Propriétés
Rocla	<ul style="list-style-type: none"> • Assure une excellente étanchéité pour les eaux transitées et les eaux extérieures. • Convient à tous les diamètres.
Demi emboitement	<p>(Avec un cordon de bourrage en mortier de ciment)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilisé dans les terrains stables. • Éviter pour les terrains à forte pente (Un risque de suintement existe si la pression est trop élevée).
Torique	<ul style="list-style-type: none"> • Offrant une bonne étanchéité sous une faible pression (adapté aux sols faibles) • Utilisé pour des diamètres de 700-900 mm.
À coller	<ul style="list-style-type: none"> • Convient uniquement aux bons sols à pente faible. (Joint nécessite un bourrage au mortier de ciment)
Plastique	<ul style="list-style-type: none"> • Étanche et résistant, même sous pression • Assurant une bonne étanchéité (comprend une butée en bitume et une bague ou un manchon en matière plastique) • Si sa fabrication est correctement réalisée il s'adapte à presque tous les sols

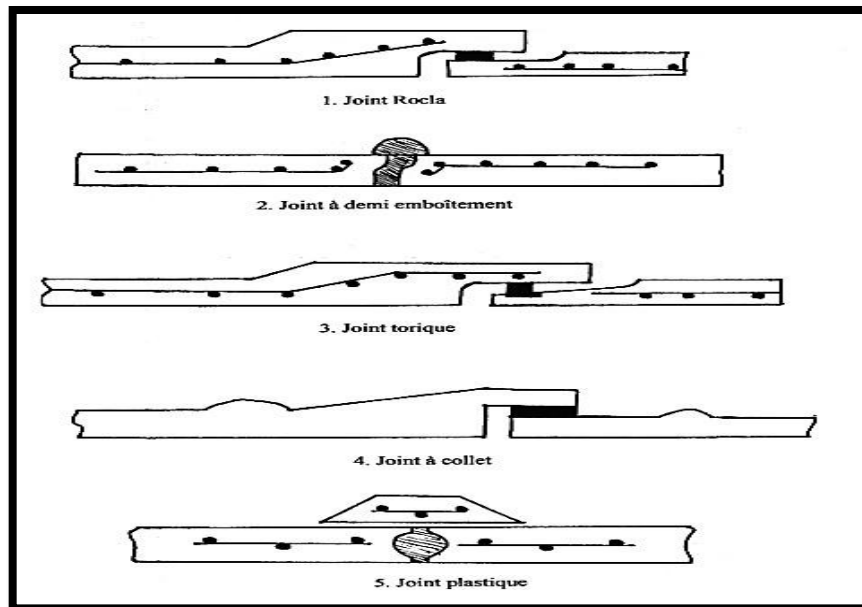


Figure VI. 1 : Différents joints des conduites en béton.

VI.1.1.1.5 Conduite en grès

Source : Polycopier Salah Boualem 2014

Les tuyaux sont confectionnés à partir de grès, un matériau obtenu en cuisant un mélange équivalent d'argile et de sable argileux à des températures élevées, généralement comprises entre 1200°C et 1300°C. Ce matériau final présente une imperméabilité élevée et une résistance aux produits chimiques, à l'exception de l'acide fluorhydrique. Il est recommandé d'employer ce type de tuyaux dans des environnements industriels, et ils sont disponibles en longueur de 1.0m, 1.5m et 2.0m. L'assemblage de ces conduites se fait à l'aide de trois types de joints :

- Joints réalisés avec du mortier de ciment.
- Joints formés à partir d'une corde goudronnée combinée avec du mortier de ciment.
- Joints à double anneaux.

VI.1.1.2 Choix du type des conduites

Pour choisir les conduites les plus adaptées, il est nécessaire de prendre en compte plusieurs critères, notamment :

- Les pentes du terrain.
- Les diamètres nécessaires.
- La nature du sol traversé.
- La composition chimique des eaux usées.
- Les contraintes externes générées par le remblai.

VI.1.1.3 Différentes actions supportées par la conduite

Les conduites doivent faire face à diverses contraintes, tant externes qu'internes, et nécessitent une sélection appropriée afin de résister à ces sollicitations. Ces contraintes comprennent notamment : [2]

- **Contraintes mécaniques** : Ces contraintes résultent de l'agressivité et des frottements causés par les particules telles que le sable et le gravier présentes dans l'eau évacuée. Ces particules peuvent créer du remblai et entraîner l'érosion des parois des conduites, en particulier à des vitesses élevées.
- **Contraintes statiques** : Elles sont générées par des charges fixes ou mobiles telles que le remblai, la circulation routière et les mouvements d'eau à l'intérieur des canalisations. Ces forces statiques peuvent exercer une pression significative sur la structure des conduites.
- **Contraintes chimiques** : Ces contraintes sont liées à la présence d'agents chimiques dans les eaux industrielles d'origine, et elles se manifestent généralement à l'intérieur des canalisations. Il est essentiel de choisir des matériaux résistants aux réactions chimiques pour assurer la durabilité des conduites face à ces influences.

VI.1.1.4 Protection des conduites

Les bétons utilisés dans la fabrication des tuyaux et des ouvrages d'assainissement sont sujets à diverses formes d'agression. Ils subissent une corrosion chimique entraînant la détérioration des canalisations, ainsi qu'une abrasion due à des forces physiques, particulièrement en raison de la faible résistance du matériau et de la vitesse limite des écoulements dans le réseau.

Les mesures de prévention peuvent être résumées comme suit :

1. Minimiser les temps de rétention des eaux usées dans les canalisations.
2. Effectuer régulièrement l'élimination des dépôts, car ceux-ci favorisent le développement des fermentations anaérobies génératrices d'hydrogène sulfuré (H₂S).
3. Assurer une bonne aération pour prévenir les condensations d'humidité sur les parois, réduisant ainsi la teneur en H₂S.
4. Appliquer un revêtement intérieur des conduites avec du ciment limoneux ou du ciment sulfaté, avec un dosage adéquat dans le béton (300 à 350 kg/m³ de béton).
5. Prévenir l'entrée des sables en implantant des bouches d'égout.

Notation :

Dans le cadre de notre projet, nous prévoyons d'incorporer des conduites en polyéthylène haute densité annelé (PEHD) sa matière est résistante à l'usure et aux attaques chimiques, ses performances et ses caractéristiques font de ce tube le meilleur matériau pour les réseaux d'assainissement à petit diamètre qui variés ($\phi 315, 400, 500, 600$), ainsi que des conduites en béton armé circulaire (CAO) de diamètres ($\phi 800, 1000$). Ces choix sont motivés par les nombreux avantages qu'elles offrent, notamment en termes de résistance, d'étanchéité, ainsi que de facilité d'installation sur terrain qui ne nécessite pas d'engins et d'assemblage...



Figures VI.2 : Des conduites en polyéthylène haute densité annelé (PEHD annelé).

Source : www.formatub-budget.com

Tableau VI.2 : Les avantages et les inconvénients de PEHD.

Les avantages	Les inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - Insensible à une corrosion - Présentent une bonne résistance à la perméabilité - Résiste au choc - Plus légères - La résistance à la fissuration - Les tuyaux en PE sont très résistants à l'abrasion - Résistance aux coups de béliers - La structure lisse des tuyaux permet un écoulement plus rapide des fluides, ce qui permet d'utiliser des diamètres plus petits et de réduire les coûts. 	<ul style="list-style-type: none"> - Difficulté de réparation - Sensibilité aux produits chimiques - Pas de collage possible

VI.1.1.5 Pose de canalisation

Elle varie en fonction de la nature du terrain : [8]

Tableau VI. 3: Pose de canalisation en fonction de la nature du terrain.

Nature de terrain	Pose de canalisation
Terrain naturel	Pose sur un lit de sable
Terrain mauvais	Pose sur un lit en béton
Terrain marécageux	Pose sur un lit en béton armé
Terrain avec stagnation agressive	Canalisation enveloppée de gravier et gaine en matière plastique.

Lors de la mise en place des canalisations, il est impératif de respecter les conditions suivantes :

- La profondeur d'enfouissement doit être d'au moins 80 cm dès le début de l'installation.
- Il est essentiel d'éviter toute déformation de la conduite causée par une surcharge de terre ou le passage de charges.
- Les canalisations d'eau usée et pluviale sont généralement disposées en parallèle dans la même tranchée, avec un décalage de 30 à 40 cm entre elles.
- En cas de proximité entre les réseaux d'évacuation des eaux de pluie et des eaux usées, il est recommandé de positionner le réseau d'évacuation des eaux de pluie au-dessus du réseau d'évacuation des eaux usées.

VI.2 Les ouvrages annexes

Les éléments accessoires sont cruciaux pour assurer le bon fonctionnement du système d'évacuation, de la même manière que les canalisations. Ils sont habituellement classés en deux catégories principales :

- Les ouvrages normaux.
- Les ouvrages spéciaux.

Les détails particuliers concernant ces éléments sont exposés dans le chapitre V.

Conclusion

L'objectif de ce chapitre consiste à recenser de manière exhaustive tous les composants du réseau d'assainissement, englobant tant les ouvrages principaux que les ouvrages annexes.

Cela vise à garantir une sélection méticuleuse des éléments les plus appropriés, assurant ainsi le fonctionnement optimal de notre système d'évacuation.

Il devient donc impératif de prendre des décisions éclairées concernant les conduites qui constituent le réseau, en tenant compte de leur forme, de leur matériau de construction et de leur méthode d'installation. Ces choix revêtent une importance cruciale dans l'assurance de l'efficacité et de la performance optimale du système d'évacuation.

Chapitre VII :
Devis quantitatif et
estimatif.

Introduction

Le respect des principes d'organisation du chantier est essentiel pour une exécution optimale de ces projets. Dans le domaine de la construction et des travaux publics, l'organisation des chantiers revêt une importance cruciale. En établissant des objectifs clairs, une planification détaillée, une allocation efficace des ressources, des mesures de sécurité adéquates, une communication fluide, et un suivi rigoureux, on peut optimiser les performances, réduire les coûts et les retards, et garantir la qualité de l'ouvrage final. Une gestion bien orchestrée favorise la coordination harmonieuse de toutes les activités impliquées, conduisant à une réalisation efficiente et satisfaisante du projet de construction.

VII.1 L'emplacement des canalisations

L'emplacement de la canalisation varie en fonction de la configuration de la chaussée et du système de réseau. Lorsque la largeur des rues est limitée à 15 mètres, la canalisation est installée dans l'axe de la chaussée. En revanche, si la chaussée est plus large, il est envisageable de poser la canalisation sous chaque trottoir. Dans un système séparatif, il est généralement courant de poser une seule canalisation d'eaux pluviales en fouille commune avec l'une des canalisations d'eaux usées. [2]

Les options d'emplacement incluent :

- Dans le terrain naturel (qui représente la solution la plus fréquemment adoptée).
- Dans des galeries accessibles.
- Dans le terrain de fouille.

VII.2 Exécution des travaux

Les opérations fondamentales à réaliser lors de la mise en place des canalisations comprennent :

- Vérification, manutention des conduites.
- Décapage de la couche de goudron (si elle existe) ou celle de végétation.
- Emplacement des jalons des piquets.
- Exécution des tranchées et des fouilles pour les regards.
- Aménagement du lit de pose.
- La mise en place des canalisations en tranchée.
- Assemblage des tuyaux.
- Essais d'étanchéité pour les conduites et les joints.

- Construction des regards.
- Remblai des tranchées.

VII.2.1 Décapage

C'est l'opération qui permet de retirer du sol, les souches des arbres abattues. Cette opération peut se faire à l'aide de pousseur si le nombre de souches est important et leur taille modeste ou encore avec une pelle hydraulique lorsque le nombre de souches est modeste. Lors de l'opération de décapage, on retire la couche de sol organique qui se trouve sur le site des travaux de terrassement. Ce sol organique est soit entassé pour servir ultérieurement lors de l'aménagement final, soit transporté à l'extérieur du site des travaux. [2]

Avant de débiter l'excavation des tranchées, la première étape consiste à effectuer l'opération de décapage des terres végétales sur de faibles profondeurs. Le volume de la couche à décapage est alors déterminé :

$$V = B \cdot h \cdot L \text{ (m}^3\text{)} \dots\dots\dots \text{(VII.1)}$$

Avec :

- B : largeur de la couche végétale (m).
- h : hauteur de la couche (h=0.1m).
- L : longueur totale des tranchées (m).

VII.2.2 Emplacement des jalons des piquets.

En accord avec les indications du plan de masse, les piquets doivent être positionnés à chaque point correspondant à un changement de direction ou de pente, ainsi qu'à chaque embranchement ou jonction de canalisation. [2]

VII.2.3 Exécution des tranchées et des fouilles pour les regards

La largeur de la tranchée est principalement déterminée par

- Les dimensions extérieures et le type d'emboîtement des tuyaux.
- La fondation.
- L'espace nécessaire entre la canalisation et la paroi de la tranchée pour garantir une pose correcte et un remblayage latéral compact.
- La profondeur de pose en fonction de la place disponible pour les fouilles.

- La nature des terrains rencontrés, surtout en l'absence de blindage pour les terrassements.

Pour des raisons économiques liées au coût des terrassements, il est peu avantageux de créer des tranchées excessivement larges, ce qui incite à privilégier des fouilles de largeurs minimales.

La réalisation des fouilles pour les regards et les tranchées est effectuée à l'aide d'une pelle mécanique équipée d'une rétro-excavatrice, opérant de l'aval vers l'amont du réseau. [2]

a. Largeur de la tranchée

La largeur d'ouverture de tranchée est donnée par la formule :

$$B = D_{ext} + (2 \times 0,3) \dots\dots\dots (VII.2)$$

Avec :

- B : largeur de la tranchée en (m).
- D_{ext} : diamètre extérieur de la conduite en (m).

b. Profondeur de la tranchée

La profondeur est donnée par la formule suivante :

$$H = e + D_{ext} + h \dots\dots\dots (VII.3)$$

Avec :

- H : profondeur de la tranchée en (m) ;
- e : épaisseur de lit de sable en (m), e = 15 cm ;
- d : diamètre extérieur de la conduite en (m) ;
- h : la hauteur du remblai au-dessus de la conduite en (m) ;

VII.2.4 Aménagement du lit de pose

Les conduites doivent être installées sur un lit de pose d'une hauteur minimale de 10 cm, composé de sable propre contenant moins de 12% de fines (particules inférieures à 80 μ). Il est impératif de compacter soigneusement ce lit de pose. Dans le cas où le sol présente une instabilité, des mesures spéciales sont nécessaires, telles que la réalisation d'un béton de propreté, la mise en place de berceaux, voire la pose de dalles de répétition. [2]

Le calcul du volume de sable s'effectue selon la formule suivante :

$$V_s = L \cdot B \cdot e \dots\dots\dots (VII.4)$$

Avec :

- V_s = volume du sable en (m³).
- L : Longueur de la tranchée en (m).
- B : Largeur de la tranchée en (m).
- e : épaisseur du sable (e = 15 cm).

VII.2.5 Pose de canalisation en tranchée

La mise en place des conduites suit les étapes suivantes :

- Les éléments sont disposés en commençant par l'aval, et l'emboîture des tuyaux est orientée vers l'amont.
- Chaque élément doit être installé avec précaution dans la tranchée, aligné sur l'axe de l'élément précédemment posé.
- Les tuyaux sont positionnés avec une pente régulière entre deux regards.
- Avant la mise en place, il est essentiel de nettoyer le fond des tranchées.
- Le calage peut être permanent par un remblai partiel ou temporaire à l'aide de cales.

VII.2.6 Assemblage des conduites

Il existe diverses méthodes d'assemblage de tuyaux, chacune autorisée selon les besoins. Deux approches couramment utilisées [2] :

- Assemblage avec Chaînes et Élingues : Le tuyau est suspendu à l'aide de chaînes ou d'élingues, puis abaissé dans le fond de la tranchée. Lorsque l'embout mâle atteint la hauteur du manchon, le tuyau est inséré en étant tiré par une grue. La chaîne ou l'élingue est serrée au plus près du tuyau à insérer, et une force de traction est appliquée par le bras de la grue.
- Assemblage avec des Outils de Traction (Tire-Fort) : Cette méthode est particulièrement adaptée aux tuyaux de grandes dimensions. On utilise un ou plusieurs tire-forts ou un système de serrage pour tirer un tuyau dans l'autre. L'avantage principal de ce système réside dans l'application de la force dans l'axe de la canalisation, éliminant ainsi tout mouvement incontrôlé.

VII.2.7 Essais d'étanchéité sur les joints et les canalisations

En général, la pression d'épreuve du segment de conduite correspond à la pression maximale de fonctionnement augmentée de 50 % lorsque celle-ci est inférieure à 10 bars, et elle est majorée de 5 bars lorsqu'elle atteint ou dépasse 10 bars. La vérification doit être réalisée sur des tronçons d'une longueur maximale de 500 m, dans les plus brefs délais après l'installation, tout en respectant un délai minimum de 48 heures après le dernier assemblage en cas de collage. [2]

VII.2.8 Extraction des regards

Les regards adoptent généralement une configuration carrée, leurs dimensions variant en fonction : Des collecteurs, la profondeur et l'épaisseur.

La construction de ces regards se réalise sur place à l'aide de béton armé, bien que des regards préfabriqués puissent également être utilisés.

Le processus d'exécution d'un regard comprend les étapes suivantes :

- Ajustement du fond du regard.
- Application de la couche de béton de propreté.
- Installation de l'armature pour le radier du regard.
- Coulage du radier.
- Mise en place de l'armature pour les parois.
- Coffrage des parois.
- Coulage des parois.
- Retrait du coffrage des parois.
- Armature de la dalle.
- Coffrage de la dalle.
- Coulage de la dalle.
- Retrait du coffrage de la dalle.

VII.2.9 Remblaiements et compactage des tranchées

Après avoir implanté la canalisation dans la tranchée, le processus de remblaiement suit la démarche suivante [2] :

1. Une couche d'enrobage d'une épaisseur comprise entre 10 et 15 cm est appliquée au-dessus de la génératrice supérieure de la conduite.
2. À l'aide d'équipements spécialisés, le remblaiement se poursuit par l'ajout successif de couches de 0,3 m, compactées de manière séquentielle.

Cette mesure vise à assurer une répartition uniforme des charges exercées sur la canalisation et à prévenir tout dommage potentiel lors du remblaiement final.

VII.2.10 Choix des engins

Le choix des engins de terrassement revêt une importance capitale, étant une phase essentielle de tout projet de construction. Les travaux de terrassement impliquent la modification du relief d'un terrain en déplaçant d'importantes quantités de matériaux, généralement de la terre, pour créer des ouvrages en remblai ou en déblai. Ces travaux se décomposent généralement en trois actions principales : l'extraction, le transport et la mise en œuvre.

Pour réaliser ces travaux, on doit utiliser différents types d'engins, car chaque opération nécessite un engin précis. Ces engins sont répartis dans le tableau suivant :

Tableau VII. 1 : Répartition des engins nécessaires selon les opérations.

Opération	Engin
Les engins de chargement	<ul style="list-style-type: none"> • Les chargeuses • Les pelles hydrauliques • Les pelles mécaniques à câbles (dragline)
Les engins de transport	<ul style="list-style-type: none"> • La brouette • Les camions • Bennes, citerne, à bitume. • Les dumper moto

Opération	Engin
	<ul style="list-style-type: none"> • Basculeurs les tombereaux • Les véhicules utilitaires
Les engins de chargement et transport	<ul style="list-style-type: none"> • Les scrapers • Les bulldozers ou boteurs
Les engins de mise en place des matériaux	<ul style="list-style-type: none"> • Les niveleuses ou graders • Les compacteurs • Les finisseurs

Pour maximiser l'efficacité et la rentabilité des opérations, les équipements suivants seront utilisés dans notre cas :

Pour l'enlèvement de la couche végétale et le remblayage des tranchées, on fera appel à un "bulldozer" ou un "grader".



Figure VII. 1 : Bulldozer.

Source : www.formatub.com

Pour l'excavation de la tranchée, une "pelle hydraulique" équipée en « retro », on peut également utiliser un excavateur.



Figure VII. 2 : Pelle hydraulique.

La pose des conduites sera effectuée à l'aide d'un "pipe layer".

Source : www.tp.demain



Figure VII. 3 : Pipe layer.

Source : www.tp.demain

Pour le compactage, l'usage d'un "compacteur" sera privilégié, c'est l'un des engins de compactage utilisés après le remblayage.



Figure VII. 4 : Compacteur à rouleau.

VII.3 Manutention et stockage

VII.3.1 VII.4.1 Chargement et transport

Le chargement des véhicules doit être réalisé de manière à prévenir toute détérioration ou déformation des tubes et des accessoires pendant le transport. Il est impératif d'éviter :

- Les manipulations brusques, les angles importants et les mouvements pendulaires.
- Tout contact entre les tubes, les raccords et des parties métalliques proéminentes.
- Assurer que les emboîtures dépassent de la pile

VII.3.2 Stockage

- Aire de stockage est située de préférence proche des accès, est doit être protégée (pour éviter les vols de matériaux), elle sert à stocker les matériaux, les éléments préfabriqués et matériels. (D, KAHLERRAS,2018).
- L'aire destinée à recevoir les tubes et les raccords doit être nivelée et plane.
- L'empilement doit se faire en alternant les emboîtures et en laissant celles-ci dépasser la pile.
- La hauteur de gerbage doit être limitée à 1.50m.
- Les tubes et les accessoires doivent être stockés à l'abri du soleil.
- Les accessoires ne doivent être déballés qu'au moment de leur utilisation.
- Eviter le contact avec l'huile, les solvants et autres substances chimiques.
- Le stockage des tubes doit assurer leur protection mécanique et contre la chaleur

VII.4 Devis quantitatif et estimatif du projet

Pour obtenir une estimation du coût de réalisation de notre projet, il est nécessaire de passer par le calcul du devis quantitatif et estimatif. Ce processus implique la détermination des quantités pour toutes les opérations sur le terrain nécessaires à la concrétisation du projet, suivies de leur multiplication par les prix unitaires correspondants.

VII.5.1 Estimation des différents volumes

On procède à une évaluation des volumes pour chacune des phases des travaux, suivant une séquence chronologique :

- Décapage de la couche de terre végétale.

- Réalisation des tranchées.
- Fourniture et pose du lit de sable.
- Fourniture et pose des buses en béton ou en béton armé.
- Construction des regards et des déversoirs d'orage en béton armé.
- Travaux de remblaiement de la tranchée.
- Transport des sols excédentaires.

VII.4.1.1 Volume de la couche de terre végétale

$$V_{dev} = H_v \cdot L \cdot B \dots\dots\dots (VII.5)$$

Avec :

- V_{dev} : Volume de la couche de terre végétale décapée en (m³).
- H_v : Profondeur de la couche de terre végétale en(m). ($H_v=0.1m$)
- L : Longueur total de la tranchée en (m).
- B : Largeur de la couche de terre végétale en (m).

VII.4.1.2 Volume du déblai de tranchée

$$V_d = L \cdot B \cdot H \dots\dots\dots (VII.6)$$

Avec :

- V_d : Volume de déblais de la tranchée en (m³).
- L : Longueur de la tranchée en (m).
- B : Largeur de la tranchée en (m).
- H : Profondeur de la tranchée en (m).

VII.4.1.3 Volume du lit de sable

$$V_{ls} = e \cdot L \cdot B \dots\dots\dots (VII.7)$$

Avec :

- V_{ls} : Volume du lit du sable en (m³).
- e : Épaisseur de la couche de sable en (m).
- L : Longueur totale de la tranchée en (m).

VII.4.1.4 Volume des conduites

$$V_c = \frac{\pi D^2}{4} * L \dots\dots\dots (VII.8)$$

Avec :

- V_c : Volume occupé par les conduites en (m³).
- L : longueur totale de la tranchée en (m).
- D : Diamètre de la conduite en (m).

VII.4.1.5 Volume du remblai de tranchée

$$V_r = V_d - (V_c + V_{dcv} + V_{ls}) \dots\dots\dots (VII.9)$$

Avec :

- V_r : volume de remblai de la tranchée
- V_c : volume de la conduite
- V_{dcv} : Volume de la couche de terre végétale décapée en (m³).
- V_{ls} : Volume du lit du sable en (m³).

VII.4.1.6 Volume excédentaire

$$V_{exc} = V_f - V_r \dots\dots\dots (VII.10)$$

Avec :

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

Tel que :

$$V_f = V_d \cdot K_f \dots\dots\dots (VII.11)$$

Avec :

- K_f : Coefficient de foisonnement dépend de la nature de sol.
- Pour notre cas : **$K_f=1,25$** .

VII.4.1.7 Résultats obtenus

Tableau VII. 2 : Résultats des volumes calculés.

Volume Calculé	Couche de décapage	Déblai de tranchée	Lit de sable	Conduites	Remblai de tranchée	Excédentaire
Résultat (m ³)	2425	6244.5	1248,9	14796.7	4708,24	4683,4

VII.4.2 Devis final

Tableau VII. 3 : Devis quantitatif et estimatif du projet.

N°	Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
A	Travaux de terrassement				
1	Décapage de la tranchée	M ³	2425	150	363750
2	Déblai	M ³	6244.5	300	1873350
3	Pose du tranché	M ³	16045,6	1900	30486640
4	Remblai d'a tranché	M ³	4708,24	200	941648
5	Evacuation des déblaies excédentaire	M ³	4683,4	300	1405020
B	Canalisation				
	01/Conduite en PEHD				
	DN 300 mm	ML	612	3470	2123640
	DN 400 mm	ML	1030	4300	4429000
	DN 500 mm	ML	1187	5200	6172400
	DN 600 mm	ML	540	6500	3510000
	02/ conduite en béton armée				
	DN 800	ML	250	8500	2125000
	DN 1000	ML	313	12000	3756000
	DN 1200	ML	171	15000	2565000

N°	Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
C	Construction				
	Construction des regards en béton	U	90	60000	5400000
	Exécution des déversoirs d'orage	U	3	800000	2400000
	THT				67551448
	TVA 17%				12834775,1
	TTC				80386223,1

Conclusion

Ce chapitre met en évidence l'importance de la préparation du chantier avant le commencement des travaux. Cette étape englobe l'évaluation des quantités de travaux à réaliser. L'estimation des volumes de travaux permet de créer un devis quantitatif et estimatif, un document crucial pour évaluer le coût total du projet. Dans le cas actuel, le coût global du projet est estimé à quatre-vingts millions trois cent quatre-vingt-six mille deux cent vingt-trois dinars et un centimes .

**CONCLUSION
GENERALE**

CONCLUSION GENERALE

L'objectif de notre étude est de diagnostiquer et rénover le réseau d'assainissement de la zone 2 de la ville EL-ACHIR dans le but d'évacuer tous les débits des eaux usées et des eaux pluviales dans des conditions favorables, afin d'éviter les problèmes qui menacent la santé publique et le milieu naturel.

Nous avons commencé par la présentation de la zone d'étude et ses caractéristiques d'après les plans d'occupation du sol. Après, nous avons fait l'étude hydrologique pour déterminer l'intensité moyenne maximale qui est de 160.34 l/s/ha en utilisant les résultats obtenus par l'ajustement de la série pluviométrique à la loi Galton.

Le réseau que nous avons établi, est un réseau unitaire en raison de la topographie du site, avec un schéma d'évacuation par collecteurs transversal (oblique), acheminant les eaux évacuées vers le milieu naturel (oued).

Pour l'évaluation des débits des eaux usées, nous avons pris en considération les débits domestiques et publics. Pour l'estimation des débits pluviaux, nous avons découpés la zone en 09 surfaces élémentaires, choisis le coefficient de ruissellement selon la nature de la surface drainée et optés pour la méthode rationnelle pour une période de retour de dix ans et un horizon de calcul de 2050.

Concernant les éléments constitutifs du réseau d'égout, notre choix est tombé sur les canalisations en PEHD et en CAO pour les diamètres supérieures à 600mm, pour les autres ouvrages : nous avons projetés des bouches d'égout, des regards de chutes et des regards de visite et pour les ouvrages spéciaux nous avons choisis les déversoirs d'orage.

Du côté économique, nous avons élaboré un devis quantitatif et estimatif afin d'évaluer le coût de projet qui est de quatre-vingts millions trois cent quatre-vingt-six mille deux cent vingt-trois dinars et un centime.

Références bibliographiques

1. Bourrier, R., Satin, M., & Selmi, B. (2017). Guide technique de l'assainissement : Collecte, épuration, conception, exploitation (5e éd). Éditions « Le Moniteur ».
2. Dr. BENLAOUKLI, « Cours O.D.C 5ème », E.N.S.H, 2007, Blida.
3. Dr. BOUMAAZA Messaouda, « Polycopié de cours destiné aux étudiants en Licence Hydraulique assainissement » Université 08 Mai 1945,2022, Guelma
4. Guide d'aide au choix des matériaux des réseaux d'eau potable et/ou d'assainissement, Charte Qualité des réseaux d'eau potable et d'assainissement Languedoc-Roussillon – Swelia, Septembre 2015.
5. Lencastre.A, 2008, Hydraulique générale (5ème édition), Edition Eyrolles, Paris. France, 633p.
6. Salah.B, 2014, « Assainissement des eaux usées et pluviales des agglomérations : A l'usage des étudiants de l'option Assainissement », ENSH, Blida.
7. Touaibia.B, 2004, « Manuel pratique d'hydrologie », Madani Frères, Blida.
8. Catalogue technique « tubes PVC et accessoires », Chiali.
9. Valiron, F. Gestion des eaux d'alimentation en eau et assainissement, Ed. Presses Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, (1990), 350p.

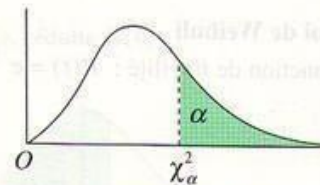
Annexes

Annexe N°1 : Table de khi carré.

Table de distribution de χ^2 (loi de K. Pearson)

La table donne la probabilité α , en fonction du nombre de degrés de liberté ν , pour que χ^2 égale ou dépasse une valeur donnée χ^2_α

$$\alpha = P(\chi^2 \geq \chi^2_\alpha)$$



ν	$\alpha = 0,990$	$\alpha = 0,975$	$\alpha = 0,950$	$\alpha = 0,900$	$\alpha = 0,100$	$\alpha = 0,050$	$\alpha = 0,025$	$\alpha = 0,010$	$\alpha = 0,001$
1	0,0002	0,0010	0,0039	0,0158	2,71	3,84	5,02	6,63	10,83
2	0,02	0,05	0,10	0,21	4,61	5,99	7,38	9,21	13,82
3	0,12	0,22	0,35	0,58	6,25	7,81	9,35	11,34	16,27
4	0,30	0,48	0,71	1,06	7,78	9,49	11,14	13,28	18,47
5	0,55	0,83	1,15	1,61	9,24	11,07	12,83	15,09	20,52
6	0,87	1,24	1,64	2,20	10,64	12,59	14,45	16,81	22,46
7	1,24	1,69	2,17	2,83	12,02	14,07	16,01	18,47	24,32
8	1,65	2,18	2,73	3,49	13,36	15,51	17,53	20,09	26,13
9	2,09	2,70	3,33	4,17	14,68	16,92	19,02	21,67	27,88
10	2,56	3,25	3,94	4,87	15,99	18,31	20,48	23,21	29,59
11	3,05	3,82	4,57	5,58	17,27	19,67	21,92	24,72	31,26
12	3,57	4,40	5,23	6,30	18,55	21,03	23,34	26,22	32,91
13	4,11	5,01	5,89	7,04	19,81	22,36	24,74	27,69	34,53
14	4,66	5,63	6,57	7,79	21,06	23,68	26,12	29,14	36,12
15	5,23	6,26	7,26	8,55	22,31	25,00	27,49	30,58	37,70
16	5,81	6,91	7,96	9,31	23,54	26,30	28,84	32,00	39,25
17	6,41	7,56	8,67	10,08	24,77	27,59	30,19	33,41	40,79
18	7,01	8,23	9,39	10,86	25,99	28,87	31,53	34,80	42,31
19	7,63	8,91	10,12	11,65	27,20	30,14	32,85	36,19	43,82
20	8,26	9,59	10,85	12,44	28,41	31,41	34,17	37,57	45,32
21	8,90	10,28	11,59	13,24	29,61	32,67	35,48	38,93	46,80
22	9,54	10,98	12,34	14,04	30,81	33,92	36,78	40,29	48,27
23	10,20	11,69	13,09	14,85	32,01	35,17	38,08	41,64	49,73
24	10,86	12,40	13,85	15,66	33,20	36,41	39,37	42,98	51,18
25	11,52	13,12	14,61	16,47	34,38	37,65	40,65	44,31	52,62
26	12,20	13,84	15,38	17,29	35,56	38,88	41,92	45,64	54,05
27	12,88	14,57	16,15	18,11	36,74	40,11	43,19	46,96	55,48
28	13,57	15,31	16,93	18,94	37,92	41,34	44,46	48,28	56,89
29	14,26	16,05	17,71	19,77	39,09	42,56	45,72	49,59	58,30
30	14,95	16,79	18,49	20,60	40,26	43,77	46,98	50,89	59,70

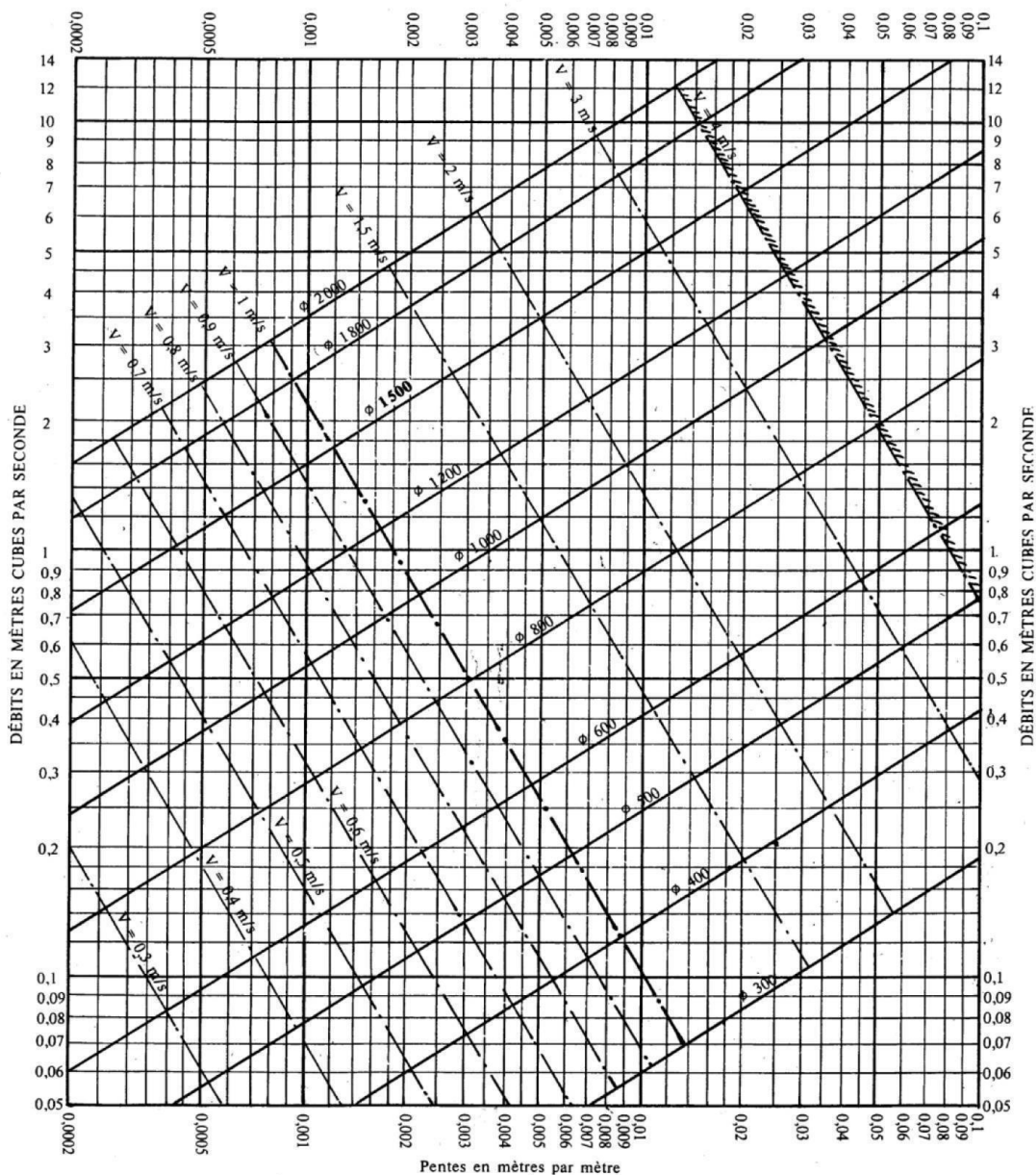
Quand ν est supérieur à 30, on utilise la table de la loi normale (table de l'écart réduit) avec :

$$t = \sqrt{2\chi^2} - \sqrt{2\nu - 1}$$

Annexe N°2 : réseaux pluviaux en système unitaire ou séparatif (canalisation circulaire).

ABAQUE 2-a

RÉSEAUX PLUVIAUX EN SYSTÈME UNITAIRE OU SÉPARATIF
(Canalisations circulaires)



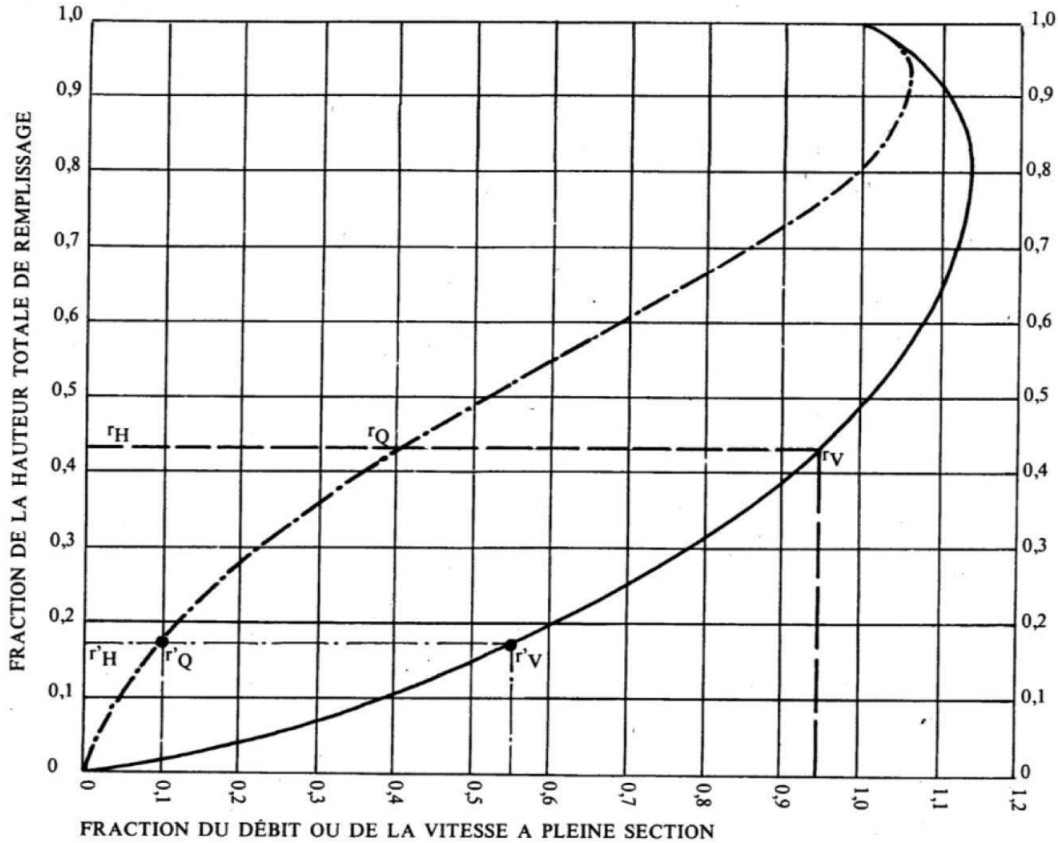
Nota. - La valeur du coefficient de Bazin a été prise égale à 0,46. Lorsque la pose des canalisations aura été particulièrement soignée, et surtout si le réseau est bien entretenu, les débits pourront être majorés de 20 % ($V = 0,30$). A débit égal, les pentes pourront être réduites d'un tiers.

Annexe N°3 : Variations des débits et des vitesses en fonction du remplissage.

ABAQUE 3-a

VARIATIONS DES DÉBITS ET DES VITESSES EN FONCTION DU REMPLISSAGE

a) Ouvrages circulaires



MODE D'EMPLOI.

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

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

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

Exemples :

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

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

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

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

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

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

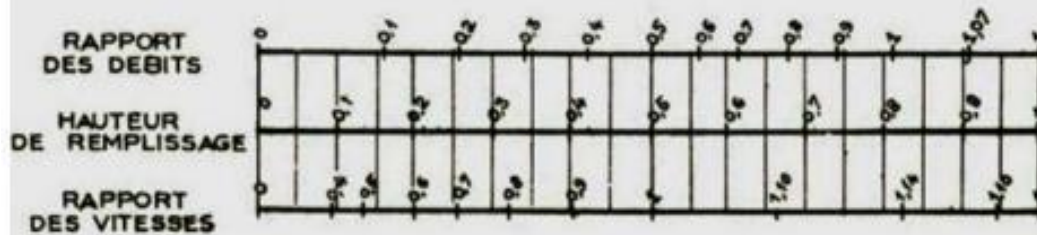
Annexe N°4 : variation des débits et des vitesses en fonction de la hauteur de remplissage.

ANNEXE X

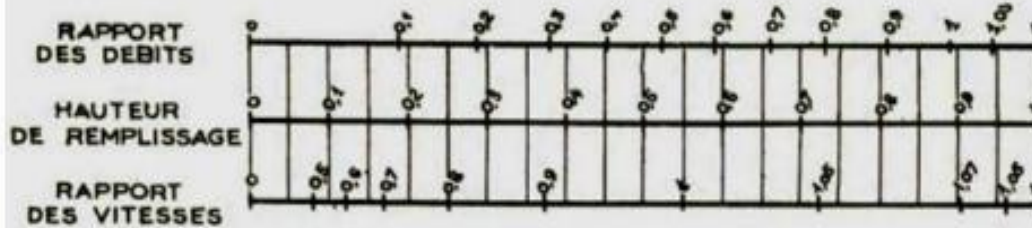
VARIATIONS DES DÉBITS ET DES VITESSES
EN FONCTION DE LA HAUTEUR DE REMPLISSAGE

(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

Annexe N°6 :
Tableau N° 1 : Estimation des débits.

Surface élémentaire 1 :

Tronçon	L(m)	Q moy uni	Q tronçon	Q transit	Q totale
01 --0 3	14,1	0,68134	9,61	0	9,61
03--05	20,6	0,68134	14,04	9,61	23,64
05--07	30,3	0,68134	20,64	23,64	44,29
07--0 8	27	0,68134	18,40	44,29	62,68
08 --12	28	0,68134	19,08	62,68	81,76
09--10	29,6	0,68134	20,17	0	20,17
10-- 11	29,6	0,68134	20,17	20,17	40,34
11-- 12	29,5	0,68134	20,10	40,34	60,43
12 -- 13	26,5	0,68134	18,06	142,20	160,25
13-- 18	26,9	0,68134	18,33	160,25	178,58
14-- 15	30	0,68134	20,44	0	20,44
15-- 16	35	0,68134	23,85	20,44	44,29
16-- 17	35	0,68134	23,85	44,29	68,13
17-- 18	34,1	0,68134	23,23	68,13	91,37
18-- 23	32,6	0,68134	22,21	269,95	292,16
19-- 20	30	0,68134	20,44	0	20,44
20-- 21	30	0,68134	20,44	20,44	40,88
21-- 22	34	0,68134	23,17	40,88	64,05
22-- 23	31,5	0,68134	21,46	64,05	85,51
23-- 28	27,2	0,68134	18,53	377,67	396,20
24-- 25	30	0,68134	20,44	0	20,44
25--26	29,1	0,68134	19,83	20,44	40,27
26-- 27	24,9	0,68134	16,97	40,27	57,23
27-- 28	22,2	0,68134	15,13	57,23	72,36
28-- 34	40,5	0,68134	27,59	468,56	496,15
30-- 31	30,8	0,68134	20,99	0	20,99
31-- 32	34,3	0,68134	23,37	20,99	44,36
32-- 34	35,2	0,68134	23,98	44,36	68,34
34-- 38	46,6	0,68134	31,75	564,49	596,24
35-- 36	30	0,68134	20,44	0	20,44
36-- 37	30	0,68134	20,44	20,44	40,88
37-- 38	34,7	0,68134	23,64	40,88	64,52
38-- 39	49,9	0,68134	34,00	660,76	694,76
39-- 40	49,9	0,68134	34,00	694,76	728,76

Tronçon	L(m)	Q moy uni	Q tronçon	Q transit	Q totale
40--45	46,9	0,68134	31,95	728,76	760,72
41-- 42	32	0,68134	21,80	0	21,80
42-- 43	35,5	0,68134	24,19	21,80	45,99
43-- 44	34	0,68134	23,17	45,99	69,16
44-- 45	37,2	0,68134	25,35	69,16	94,50
45--46	35,1	0,68134	23,92	855,22	879,13

Surface élémentaire 2:

Tronçon	L(m)	Q moy uni	Q tronçon	Q transit	Q totale
217--218	30	0,45673	13,70	0	13,70
218--219	30,7	0,45673	14,02	13,70	27,72
219--220	30	0,45673	13,70	27,72	41,43
220--221	30	0,45673	13,70	41,43	55,13
221--227	24,5	0,45673	11,19	55,13	66,32
222--223	27,8	0,45673	12,70	0	12,70
223--224	27,8	0,45673	12,70	12,70	25,39
224--225	27,8	0,45673	12,70	25,39	38,09
225--227	39,3	0,45673	17,95	38,09	56,04
227--233	24,4	0,45673	11,14	122,36	133,50
228--229	23,7	0,45673	10,82	0	10,82
229--230	23,6	0,45673	10,78	10,82	21,60
230--231	23,9	0,45673	10,92	21,60	32,52
231--232	26,4	0,45673	12,06	32,52	44,58
232--233	26,2	0,45673	11,97	44,58	56,54
233--238	20,8	0,45673	9,50	190,05	199,55
234--235	30	0,45673	13,70	0	13,70
235--236	30,2	0,45673	13,79	13,70	27,50
236--237	30,4	0,45673	13,88	27,50	41,38
237--238	29,2	0,45673	13,34	41,38	54,72
238--243	24,4	0,45673	11,14	254,26	265,41
239--240	28,1	0,45673	12,83	0	12,83
240--241	30,3	0,45673	13,84	12,83	26,67
241--242	29,7	0,45673	13,56	26,67	40,24
242--243	30,9	0,45673	14,11	40,24	54,35
243--248	36,3	0,45673	16,58	319,76	336,34
244--245	30	0,45673	13,70	0	13,70
245--246	30,5	0,45673	13,93	13,70	27,63
246--247	31,2	0,45673	14,25	27,63	41,88

Tronçon	L(m)	Q moy uni	Q tronçon	Q transit	Q totale
247--248	29,4	0,45673	13,43	41,88	55,31
248--260	53,9	0,45673	24,62	391,65	416,27
255--256	30	0,45673	13,70	0	13,70
256--257	29,2	0,45673	13,34	13,70	27,04
257--259	30	0,45673	13,70	27,04	40,74
259--260	15,8	0,45673	7,22	40,74	47,96
260--261	55,8	0,45673	25,49	464,22	489,71
249--250	30	0,45673	13,70	0	13,70
250--251	30	0,45673	13,70	13,70	27,40
251--252	30	0,45673	13,70	27,40	41,11
252--253	30	0,45673	13,70	41,11	54,81
253--254	37,7	0,45673	17,22	54,81	72,03
254--261	62,6	0,45673	28,59	72,03	100,62
261--264	57,9	0,45673	26,44	590,33	616,77
273--274	30	0,45673	13,70	0	13,70
274--275	30	0,45673	13,70	13,70	27,40
275--276	25,4	0,45673	11,60	27,40	39,00
276--262	31,8	0,45673	14,52	39,00	53,53
262--263	34,3	0,45673	15,67	53,53	69,19
263--264	34,7	0,45673	15,85	69,19	85,04
264--269	69,5	0,45673	31,74	701,81	733,56
265--266	23,7	0,45673	10,82	0	10,82
266--267	23,7	0,45673	10,82	10,82	21,65
267--269	39,8	0,45673	18,18	21,65	39,83
269--270	47,3	0,45673	21,60	773,38	794,99
270--271	57,6	0,45673	26,31	794,99	821,29
271--272	50,4	0,45673	23,02	821,29	844,31
272--291	46,7	0,45673	21,33	844,31	865,64

Surface élémentaire 3:

Tronçon	L(m)	Q moy uni	Q tronçon	Q transit	Q totale
103--104	43,2	0,56200	24,28	0	24,28
104--105	39,5	0,56200	22,20	24,28	46,48
105--106	40,7	0,56200	22,87	46,48	69,35
106--107	46,1	0,56200	25,91	69,35	95,26
107--108	47,3	0,56200	26,58	95,26	121,84

Tronçon	L(m)	Q moy uni	Q tronçon	Q transit	Q totale
108--316	67,1	0,56200	37,71	121,84	159,55
312--313	50	0,56200	28,10	0	28,10
313--314	50	0,56200	28,10	28,10	56,20
314--315	50	0,56200	28,10	56,20	84,30
315--316	64,3	0,56200	36,14	84,30	120,44
316--317	51,5	0,56200	28,94	279,99	308,93
317--318	50,3	0,56200	28,27	308,93	337,20
318--319	54,6	0,56200	30,69	337,20	367,89
319--285	51,1	0,56200	28,72	367,89	396,61
279--280	35,2	0,56200	19,78	0	19,78
280--281	30	0,56200	16,86	19,78	36,64
281--282	30	0,56200	16,86	36,64	53,50
282--283	30	0,56200	16,86	53,50	70,36
283--284	30	0,56200	16,86	70,36	87,22
284--285	30	0,56200	16,86	87,22	104,08
285--286	18,6	0,56200	10,45	500,69	511,14

Surface élémentaire 4:

Tronçon	L(m)	Q moy uni	Q tronçon	Q transit	Q totale
109--110	40	0,50847	20,34	0	20,34
110--111	40	0,50847	20,34	20,34	40,68
111--112	42,8	0,50847	21,76	40,68	62,44
112--113	47,2	0,50847	24,00	62,44	86,44
50-- 49	34,4	0,50847	17,49	0	17,49
49-- 48	36,3	0,50847	18,46	17,49	35,95
48-- 47	32,4	0,50847	16,47	35,95	52,42
47--113	47,6	0,50847	24,20	52,42	76,63
113--114	39,4	0,50847	20,03	163,07	183,10
114--321	60,7	0,50847	30,86	183,10	213,96
321--322	54,4	0,50847	27,66	213,96	241,63
322--323	50	0,50847	25,42	241,63	267,05
323--324	37	0,50847	18,81	267,05	285,86
324--325	36,5	0,50847	18,56	285,86	304,42
46-- 52	59	0,50847	30,00	29,8	59,80
52-- 53	37,1	0,50847	18,86	59,80	78,66
53-- 54	36	0,50847	18,30	78,66	96,97

Tronçon	L(m)	Q moy uni	Q tronçon	Q transit	Q totale
54-- 55	31,3	0,50847	15,92	96,97	112,88
55-- 56	28,2	0,50847	14,34	112,88	127,22
56-- 57	41,6	0,50847	21,15	127,22	148,38
57-- 58	40,3	0,50847	20,49	148,38	168,87
58--115	40,2	0,50847	20,44	168,87	189,31
115--116	42	0,50847	21,36	189,31	210,66
116--117	43,6	0,50847	22,17	210,66	232,83
117--118	42	0,50847	21,36	232,83	254,19
118--119	27,9	0,50847	14,19	254,19	268,37
119--325	69	0,50847	35,08	268,37	303,46
325--326	26,2	0,50847	13,32	607,88	621,20
326--327	29,3	0,50847	14,90	621,20	636,10
327--328	20,3	0,50847	10,32	636,10	646,42
328--342	40,4	0,50847	20,54	646,42	666,96

Surface élémentaire 5:

Tronçon	L(m)	Q moy uni	Q tronçon	Q transit	Q totale
R'1--R'2	50	1,02071	51,04	0	51,04
R'2--R'3	50	1,02071	51,04	51,04	102,07
R'3--R'6	75,4	1,02071	76,96	102,07	179,03
R'4--R'5	50	1,02071	51,04	0	51,04
R'5--R'6	50	1,02071	51,04	51,04	102,07
R'6--R67	78,6	1,02071	80,23	281,10	361,33

Surface élémentaire 6:

Tronçon	L(m)	Q moy uni	Q tronçon	Q transit	Q totale
291--292	87,4	0,47312	41,35	0	41,35
292--293	50	0,47312	23,66	41,35	65,01
293--299	67,1	0,47312	31,75	65,01	96,75
294--295	30	0,47312	14,19	0	14,19
295--296	30	0,47312	14,19	14,19	28,39
296--297	30,4	0,47312	14,38	28,39	42,77
297--298	27,8	0,47312	13,15	42,77	55,92
298--299	57,1	0,47312	27,02	55,92	82,94
299--300	72	0,47312	34,06	179,69	213,76
300--301	59,8	0,47312	28,29	213,76	242,05
301--302	50	0,47312	23,66	242,05	265,71
302--303	52,1	0,47312	24,65	265,71	290,36

Tronçon	L(m)	Q moy uni	Q tronçon	Q transit	Q totale
303--310	70,3	0,47312	33,26	290,36	323,62
304--305	29,6	0,47312	14,00	0,00	14,00
305--306	29,6	0,47312	14,00	14,00	28,01
306--307	29,6	0,47312	14,00	28,01	42,01
307--308	29,5	0,47312	13,96	42,01	55,97
308--309	32,6	0,47312	15,42	55,97	71,39
309--310	36,5	0,47312	17,27	71,39	88,66
310--311	53	0,47312	25,08	412,28	437,36
311--356	48,9	0,47312	23,14	437,36	460,49
331--332	36,1	0,47312	17,08	0	17,08
332--333	37,2	0,47312	17,60	17,08	34,68
333--334	27,9	0,47312	13,20	34,68	47,88
329--330	33	0,47312	15,61	0	15,61
330--334	37,1	0,47312	17,55	15,61	33,17
334--339	47,2	0,47312	22,33	81,05	103,38
286--335	14,8	0,47312	7,00	511,144	518,15
335--336	30	0,47312	14,19	518,15	532,34
336--337	30	0,47312	14,19	532,34	546,53
337--338	32,5	0,47312	15,38	546,53	561,91
338--339	29,9	0,47312	14,15	561,91	576,06
339--340	40	0,47312	18,92	679,43	698,36
340--341	40	0,47312	18,92	698,36	717,28
341--342	33,6	0,47312	15,90	717,28	733,18
342--343	59,8	0,47312	28,29	1400,14	1428,44
343--344	62,5	0,47312	29,57	1428,44	1458,01
344--354	65,6	0,47312	31,04	1458,01	1489,04
345--346	30	0,47312	14,19	0	14,19
346--347	30	0,47312	14,19	14,19	28,39
347--348	31	0,47312	14,67	28,39	43,05
348--349	32,2	0,47312	15,23	43,05	58,29
349--350	17,6	0,47312	8,33	58,29	66,62
350--351	38,6	0,47312	18,26	66,62	84,88
351--352	34,4	0,47312	16,28	84,88	101,15
352--353	33,5	0,47312	15,85	101,15	117,00
353--354	38,6	0,47312	18,26	117,00	135,27
354--355	44,4	0,47312	21,01	1624,31	1645,32
355--356	52,6	0,47312	24,89	1645,32	1670,20
DO2-357	55,7	0,47312	26,35	78,60	104,95

Surface élémentaire 7:

Tronçon	L(m)	Q moy uni	Q tronçon	Q transit	Q totale
120--121	42	0,60506	25,41	0	25,41
121--122	40	0,60506	24,20	25,41	49,61
122--123	44,3	0,60506	26,80	49,61	76,42
123--124	36,8	0,60506	22,27	76,42	98,69
124--125	39,4	0,60506	23,84	98,69	122,52
125--126	35,7	0,60506	21,60	122,52	144,12
126--127	36,9	0,60506	22,33	144,12	166,45
127--128	50	0,60506	30,25	166,45	196,70
128--129	53,2	0,60506	32,19	196,70	228,89
129--130	50,3	0,60506	30,43	228,89	259,33
130--131	53,5	0,60506	32,37	259,33	291,70
131--132	62,7	0,60506	37,94	291,70	329,64
59-- 60	30	0,60506	18,15	0	18,15
60-- 61	30	0,60506	18,15	18,15	36,30
61-- 62	29,7	0,60506	17,97	36,30	54,27
62-- 63	30	0,60506	18,15	54,27	72,43
63-- 64	27	0,60506	16,34	72,43	88,76
64-- 65	30	0,60506	18,15	88,76	106,91
65-- 66	30	0,60506	18,15	106,91	125,07
66--67	32,9	0,60506	19,91	125,07	144,97
67-- 76	42,8	0,60506	25,90	506,30	532,20
68-- 69	30,8	0,60506	18,64	0	18,64
69-- 70	27	0,60506	16,34	18,64	34,97
70-- 71	28,5	0,60506	17,24	34,97	52,22
71-- 72	30,7	0,60506	18,58	52,22	70,79
72-- 73	33,5	0,60506	20,27	70,79	91,06
73-- 74	29,2	0,60506	17,67	91,06	108,73
74-- 75	34,9	0,60506	21,12	108,73	129,85
75--76	35,2	0,60506	21,30	129,85	151,14
76-- 86	61,3	0,60506	37,09	683,34	720,43
77--78	30	0,60506	18,15	0	18,15
78-- 79	30	0,60506	18,15	18,15	36,30
79-- 80	30	0,60506	18,15	36,30	54,46
80--81	30	0,60506	18,15	54,46	72,61
81-- 82	30	0,60506	18,15	72,61	90,76
82-- 83	30	0,60506	18,15	90,76	108,91
83-- 84	25	0,60506	15,13	108,91	124,04

Tronçon	L(m)	Q moy uni	Q tronçon	Q transit	Q totale
84-- 85	22,3	0,60506	13,49	124,04	137,53
85-- 86	20,7	0,60506	12,52	137,53	150,05
86--87	37,6	0,60506	22,75	870,49	893,24
87--101	37,4	0,60506	22,63	893,24	915,87
92-- 93	30	0,60506	18,15	0	18,15
93-- 94	28,6	0,60506	17,30	18,15	35,46
94--95	30	0,60506	18,15	35,46	53,61
95-- 96	26,6	0,60506	16,09	53,61	69,70
96-- 97	23,5	0,60506	14,22	69,70	83,92
97-- 98	21,2	0,60506	12,83	83,92	96,75
98-- 99	27	0,60506	16,34	96,75	113,09
99--100	27,8	0,60506	16,82	113,09	129,91
100--101	27,4	0,60506	16,58	129,91	146,48
101--102	37,3	0,60506	22,57	1062,35	1084,92
102--132	49,9	0,60506	30,19	1084,92	1115,11
132--133	50	0,60506	30,25	1444,75	1475,00
133--134	45,3	0,60506	27,41	1475,00	1502,41

Surface élémentaire 8:

Tronçon	L(m)	Q moy uni	Q tronçon	Q transit	Q totale
149--150	41	0,52127	21,37	0	21,37
150--151	41	0,52127	21,37	21,37	42,74
151--152	41	0,52127	21,37	42,74	64,12
152--153	42	0,52127	21,89	64,12	86,01
153--154	42,4	0,52127	22,10	86,01	108,11
155--154	45,4	0,52127	23,67	0	23,67
154--156	50,3	0,52127	26,22	131,78	158,00
156--160	31,6	0,52127	16,47	158,00	174,47
157--158	32,6	0,52127	16,99	0	16,99
158--159	27,2	0,52127	14,18	16,99	31,17
159--160	35,3	0,52127	18,40	31,17	49,57
160--161	46,9	0,52127	24,45	224,04	248,49
161--162	40,9	0,52127	21,32	248,49	269,81
162--167	36,3	0,52127	18,92	269,81	288,73
163--164	41,8	0,52127	21,79	0	21,79
164--165	53	0,52127	27,63	21,79	49,42
165--166	53	0,52127	27,63	49,42	77,04
166--167	42,4	0,52127	22,10	77,04	99,14

Tronçon	L(m)	Q moy uni	Q tronçon	Q transit	Q totale
167--168	42,1	0,52127	21,95	387,87	409,82
168--171	25,8	0,52127	13,45	409,82	423,27
169--170	37,2	0,52127	19,39	0	19,39
170--171	50	0,52127	26,06	19,39	45,45
171--174	16,9	0,52127	8,81	468,72	477,53
174--175	35	0,52127	18,24	477,53	495,78
175--176	41,1	0,52127	21,42	495,78	517,20
176--187	30,8	0,52127	16,06	517,20	533,26
390--181	35	0,52127	18,24	0	18,24
181--182	35	0,52127	18,24	18,24	36,49
182--187	25	0,52127	13,03	36,49	49,52
183--184	31	0,52127	16,16	0	16,16
184--185	31,5	0,52127	16,42	16,16	32,58
185--186	31,1	0,52127	16,21	32,58	48,79
186--187	35,7	0,52127	18,61	48,79	67,40
187--188	36,5	0,52127	19,03	650,18	669,20
188--189	50	0,52127	26,06	669,20	695,26
189--190	36	0,52127	18,77	695,26	714,03
190--180	43,4	0,52127	22,62	714,03	736,65
134(DO)--138	68,5	0,52127	35,71	37,41	73,12
135--136	36,9	0,52127	19,23	0	19,23
136--137	32,5	0,52127	16,94	19,23	36,18
137--138	35,5	0,52127	18,50	36,18	54,68
138-139	14,8	0,52127	7,71	127,80	135,52
139--146	46,7	0,52127	24,34	135,52	159,86
146--147	46,4	0,52127	24,19	159,86	184,05
147--148	59,6	0,52127	31,07	184,05	215,11
142--143	35,3	0,52127	18,40	0	18,40
143--144	41,2	0,52127	21,48	18,40	39,88
144--145	43,9	0,52127	22,88	39,88	62,76
145--148	54,5	0,52127	28,41	62,76	91,17
148--172	49,8	0,52127	25,96	306,28	332,24
172--173	44,9	0,52127	23,40	332,24	355,65
173--177	43,1	0,52127	22,47	355,65	378,11
177--178	47,2	0,52127	24,60	378,11	402,72
178--179	47,9	0,52127	24,97	402,72	427,69
179--180	45,9	0,52127	23,93	427,69	451,61
180--R10	99,1	0,52127	51,66	1188,27	1239,92

Surface élémentaire 9:

Tronçon	L(m)	Q moy uni	Q tronçon	Q transit	Q totale
357--358	60	0,44171	26,50	104,95	131,46
357--359	60	0,44171	26,50	131,46	157,96
359--360	58,8	0,44171	25,97	157,96	183,93
360--361	44,5	0,44171	19,66	183,93	203,59
361--367	50,6	0,44171	22,35	203,59	225,94
362--363	54,8	0,44171	24,21	0	24,21
363--364	49,5	0,44171	21,86	24,21	46,07
364--365	52,3	0,44171	23,10	46,07	69,17
365--366	42,6	0,44171	18,82	69,17	87,99
366--367	57,7	0,44171	25,49	87,99	113,48
367--385	42,5	0,44171	18,77	339,41	358,19
380--381	40	0,44171	17,67	0	17,67
381--382	40	0,44171	17,67	17,67	35,34
382--384	40	0,44171	17,67	35,34	53,01
384--385	34,5	0,44171	15,24	53,01	68,24
385--379	36,5	0,44171	16,12	426,43	442,56
375--376	40	0,44171	17,67	0	17,67
376--377	40	0,44171	17,67	17,67	35,34
377--378	40	0,44171	17,67	35,34	53,01
378--379	45,9	0,44171	20,27	53,01	73,28
379--374	46,4	0,44171	20,50	515,84	536,33
368--369	40	0,44171	17,67	0	17,67
369--370	40	0,44171	17,67	17,67	35,34
370--371	40	0,44171	17,67	35,34	53,01
371--372	40	0,44171	17,67	53,01	70,67
372--373	40	0,44171	17,67	70,67	88,34
373--374	43	0,44171	18,99	88,34	107,34
374--386	43,2	0,44171	19,08	643,67	662,75
386--210	36,4	0,44171	16,08	662,75	678,83
204--205	39,8	0,44171	17,58	0	17,58
205--206	43,3	0,44171	19,13	17,58	36,71
206--207	66,8	0,44171	29,51	36,71	66,21
207--208	50	0,44171	22,09	66,21	88,30
208--209	50	0,44171	22,09	88,30	110,38
209--210	30,7	0,44171	13,56	110,38	123,94
210--211	24,4	0,44171	10,78	802,77	813,55
211--212	56,9	0,44171	25,13	813,55	838,68

Tronçon	L(m)	Q moy uni	Q tronçon	Q transit	Q totale
212--213	50	0,44171	22,09	838,68	860,77
213--214	50	0,44171	22,09	860,77	882,86
214--215	50	0,44171	22,09	882,86	904,94
215--216	22,1	0,44171	9,76	904,94	914,70
191--192	35,5	0,44171	15,68	0	15,68
192--193	40	0,44171	17,67	15,68	33,35
193--194	39,9	0,44171	17,62	33,35	50,97
194--195	40	0,44171	17,67	50,97	68,64
195--196	40	0,44171	17,67	68,64	86,31
196--197	40	0,44171	17,67	86,31	103,98
197--198	39,9	0,44171	17,62	103,98	121,60
198--199	41,5	0,44171	18,33	121,60	139,94
199--200	45,2	0,44171	19,97	139,94	159,90
200--201	41,6	0,44171	18,38	159,90	178,28
201--202	42,8	0,44171	18,91	178,28	197,18
202--203	49,9	0,44171	22,04	197,18	219,22
203--216	41,2	0,44171	18,20	219,22	237,42
216--R10	148,2	0,44171	65,46	1152,12	1217,59
R10-R11	64,4	0,44171	28,45	2457,51	2485,95

Tableau N° 2 : Calcul des paramètres hydraulique.

Surface élémentaire 1 :

Tronçon	L(m)	Débit (L/s)	Pente du radier (%)	Dcal (mm)	D(mm)	Pleine section		Rq	Rh	Rv	H (mm)	V (m/s)	V (1/10 Qps) m/s	Condition
						Qps (l/s)	Vps (m/s)							
01 --0 3	14,1	9,61	4,54	86,08	300	267,93	3,79	0,04	0,1	0,40	30	1,52	2,01	Vérifiée
03--05	20,6	23,64	4,76	119,60	300	274,30	3,88	0,09	0,16	0,54	48	2,09	2,06	Vérifiée
05--07	30,3	44,29	4,36	153,86	300	262,49	3,71	0,17	0,245	0,69	73,5	2,57	1,97	Vérifiée
07--0 8	27	62,68	4,96	171,04	300	280,17	3,96	0,22	0,29	0,76	87	3,02	2,10	Vérifiée
08 --12	28	81,76	4,96	188,95	300	280,21	3,96	0,29	0,345	0,84	103,5	3,32	2,10	Vérifiée
09-- 10	29,6	20,17	4,46	114,06	300	265,58	3,76	0,08	0,15	0,52	45	1,94	1,99	Vérifiée
10-- 11	29,6	40,34	4,49	147,70	300	266,58	3,77	0,15	0,23	0,67	69	2,52	2,00	Vérifiée
11-- 12	29,5	60,43	3,12	184,07	300	222,09	3,14	0,27	0,33	0,82	99	2,57	1,66	Vérifiée
12 -- 13	26,5	160,25	4,75	245,16	300	274,23	3,88	0,58	0,555	1,04	166,5	4,04	2,06	Vérifiée
13-- 18	26,9	178,58	4,83	254,55	300	276,47	3,91	0,65	0,605	1,08	181,5	4,20	2,07	Vérifiée
14-- 15	30	20,44	4,07	116,63	300	253,61	3,59	0,08	0,15	0,52	45	1,85	1,90	Vérifiée
15-- 16	35	44,29	4,09	155,72	300	254,20	3,59	0,17	0,245	0,69	73,5	2,49	1,91	Vérifiée
16-- 17	35	68,13	4,63	178,79	300	270,56	3,83	0,25	0,315	0,80	94,5	3,05	2,03	Vérifiée
17-- 18	34,1	91,37	4,63	199,55	300	270,71	3,83	0,34	0,385	0,89	115,5	3,39	2,03	Vérifiée
18-- 23	32,6	292,16	0,80	429,18	500	438,55	2,23	0,67	0,62	1,08	310	2,42	1,18	Vérifiée
19-- 20	30	20,44	3,80	118,12	300	245,15	3,47	0,08	0,15	0,52	45	1,79	1,84	Vérifiée
20-- 21	30	40,88	4,90	146,06	300	278,39	3,94	0,15	0,23	0,67	69	2,63	2,09	Vérifiée
21-- 22	34	64,05	4,44	176,05	300	265,03	3,75	0,24	0,31	0,79	93	2,96	1,99	Vérifiée
22-- 23	31,5	85,51	4,41	196,44	300	264,18	3,74	0,32	0,37	0,87	111	3,24	1,98	Vérifiée
23-- 28	27,2	396,20	0,51	522,29	600	572,89	2,03	0,69	0,63	1,09	378	2,21	1,07	Vérifiée
24-- 25	30	20,44	4,83	112,91	300	276,48	3,91	0,07	0,14	0,50	42	1,94	2,07	Vérifiée
25--26	29,1	40,27	4,81	145,73	300	275,85	3,90	0,15	0,23	0,67	69	2,60	2,07	Vérifiée

Tronçon	L(m)	Débit (L/s)	Pente du radier (%)	Dcal (mm)	D(mm)	Pleine section		Rq	Rh	Rv	H (mm)	V (m/s)	V (1/10 Qps) m/s	Condition
						Qps (l/s)	Vps (m/s)							
26-- 27	24,9	57,23	3,82	173,66	300	245,65	3,47	0,23	0,3	0,78	90	2,70	1,84	Vérifiée
27-- 28	22,2	72,36	3,83	189,49	300	246,08	3,48	0,29	0,345	0,84	103,5	2,91	1,84	Vérifiée
28-- 34	40,5	496,15	0,49	572,70	600	561,15	1,98	0,88	0,77	1,14	462	2,26	1,05	Vérifiée
30-- 31	30,8	20,99	4,71	114,60	300	272,87	3,86	0,08	0,15	0,52	45	1,99	2,05	Vérifiée
31-- 32	34,3	44,36	4,90	150,61	300	278,33	3,94	0,16	0,24	0,68	72	2,69	2,09	Vérifiée
32-- 34	35,2	68,34	4,91	176,99	300	278,80	3,94	0,25	0,315	0,80	94,5	3,14	2,09	Vérifiée
34-- 38	46,6	596,24	1,61	491,64	500	622,99	3,17	0,96	0,84	1,14	420	3,61	1,68	Vérifiée
35-- 36	30	20,44	3,67	118,92	300	240,82	3,41	0,08	0,15	0,52	45	1,76	1,80	Vérifiée
36-- 37	30	40,88	4,57	148,00	300	268,75	3,80	0,15	0,23	0,67	69	2,54	2,01	Vérifiée
37-- 38	34,7	64,52	3,08	189,04	300	220,84	3,12	0,29	0,345	0,84	103,5	2,61	1,66	Vérifiée
38-- 39	49,9	694,76	3,23	457,00	500	882,08	4,49	0,79	0,705	1,12	352,5	5,04	2,38	Vérifiée
39-- 40	49,9	728,76	0,60	710,18	800	1000,08	1,99	0,73	0,66	1,10	528	2,20	1,05	Vérifiée
40--45	46,9	760,72	1,41	552,40	600	947,28	3,35	0,80	0,715	1,12	429	3,77	1,77	Vérifiée
41-- 42	32	21,80	1,94	137,31	300	175,05	2,48	0,12	0,2	0,62	60	1,52	1,31	Vérifiée
42-- 43	35,5	45,99	1,92	182,05	300	174,06	2,46	0,26	0,32	0,80	96	1,98	1,30	Vérifiée
43-- 44	34	69,16	1,91	212,22	300	173,89	2,46	0,40	0,43	0,93	129	2,30	1,30	Vérifiée
44-- 45	37,2	94,50	2,20	232,30	300	186,72	2,64	0,51	0,51	1,01	153	2,66	1,40	Vérifiée
45--46	35,1	879,13	0,71	738,10	800	1088,53	2,16	0,81	0,72	1,13	576	2,44	1,15	Vérifiée

Surface élémentaire 2 :

Tronçon	L(m)	Débit (L/s)	Pente du radier (%)	Dcal (mm)	D(mm)	Pleine section		Rq	Rh	Rv	H (mm)	V (m/s)	V (1/10 Qps) m/s	Condition
						Qps (l/s)	Vps (m/s)							
217--218	30	13,70	4,43	98,77	300	264,80	3,74	0,05	0,11	0,43	33	1,60	1,98	Vérifiée
218--219	30,7	27,72	4,46	128,50	300	265,67	3,76	0,10	0,18	0,58	54	2,17	1,99	Vérifiée
219--220	30	41,43	4,30	150,42	300	260,78	3,69	0,16	0,24	0,68	72	2,52	1,95	Vérifiée
220--221	30	55,13	4,53	165,79	300	267,77	3,79	0,21	0,28	0,75	84	2,83	2,01	Vérifiée
221--227	24,5	66,32	4,73	176,24	300	273,65	3,87	0,24	0,31	0,79	93	3,06	2,05	Vérifiée
222--223	27,8	12,70	3,20	102,04	300	225,02	3,18	0,06	0,13	0,47	39	1,51	1,69	Vérifiée
223--224	27,8	25,39	4,24	125,51	300	259,10	3,66	0,10	0,18	0,58	54	2,12	1,94	Vérifiée
224--225	27,8	38,09	4,75	143,08	300	274,04	3,88	0,14	0,22	0,65	66	2,52	2,05	Vérifiée
225--227	39,3	56,04	4,94	164,17	300	279,42	3,95	0,20	0,27	0,73	81	2,89	2,09	Vérifiée
227--233	24,4	133,50	2,38	260,71	300	193,90	2,74	0,69	0,63	1,09	189	2,99	1,45	Vérifiée
228--229	23,7	10,82	0,93	121,22	300	121,17	1,71	0,09	0,17	0,56	51	0,96	0,91	Vérifiée
229--230	23,6	21,60	4,83	115,30	300	276,40	3,91	0,08	0,15	0,52	45	2,02	2,07	Vérifiée
230--231	23,9	32,52	4,64	135,40	300	271,03	3,83	0,12	0,2	0,62	60	2,36	2,03	Vérifiée
231--232	26,4	44,58	4,70	152,08	300	272,56	3,85	0,16	0,24	0,68	72	2,64	2,04	Vérifiée
232--233	26,2	56,54	1,56	204,31	300	157,32	2,22	0,36	0,4	0,90	120	2,01	1,18	Vérifiée
233--238	20,8	199,55	1,30	339,54	400	308,58	2,45	0,65	0,605	1,08	242	2,64	1,30	Vérifiée
234--235	30	13,70	2,30	111,71	300	190,73	2,70	0,07	0,14	0,50	42	1,34	1,43	Vérifiée
235--236	30,2	27,50	4,77	126,52	300	274,62	3,88	0,10	0,18	0,58	54	2,24	2,06	Vérifiée
236--237	30,4	41,38	4,90	146,72	300	278,42	3,94	0,15	0,23	0,67	69	2,63	2,09	Vérifiée
237--238	29,2	54,72	4,69	164,26	300	272,41	3,85	0,20	0,27	0,73	81	2,82	2,04	Vérifiée
238--243	24,4	265,41	0,37	478,41	500	298,24	1,52	0,89	0,78	1,14	390	1,73	0,80	Vérifiée
239--240	28,1	12,83	3,49	100,82	300	234,86	3,32	0,05	0,11	0,43	33	1,41	1,76	Vérifiée
240--241	30,3	26,67	3,47	132,80	300	234,11	3,31	0,11	0,19	0,60	57	1,97	1,75	Vérifiée
241--242	29,7	40,24	3,47	154,91	300	234,20	3,31	0,17	0,245	0,69	73,5	2,29	1,76	Vérifiée
242--243	30,9	54,35	4,92	162,40	300	278,93	3,94	0,19	0,26	0,72	78	2,83	2,09	Vérifiée

Tronçon	L(m)	Débit (L/s)	Pente du radier (%)	Dcal (mm)	D(mm)	Pleine section		Rq	Rh	Rv	H (mm)	V (m/s)	V (1/10 Qps) m/s	Condition
						Qps (l/s)	Vps (m/s)							
243--248	36,3	336,34	2,81	357,29	400	454,01	3,61	0,74	0,67	1,11	268	4,00	1,91	Vérifiée
244--245	30	13,70	3,57	102,89	300	237,51	3,36	0,06	0,13	0,47	39	1,59	1,78	Vérifiée
245--246	30,5	27,63	3,54	134,02	300	236,65	3,35	0,12	0,2	0,62	60	2,06	1,77	Vérifiée
246--247	31,2	41,88	3,56	156,51	300	237,21	3,35	0,18	0,25	0,70	75	2,35	1,78	Vérifiée
247--248	29,4	55,31	6,97	153,12	300	332,09	4,70	0,17	0,245	0,69	73,5	3,25	2,49	Vérifiée
248--260	53,9	416,27	6,99	326,20	400	716,30	5,70	0,58	0,555	1,04	222	5,94	3,02	Vérifiée
255--256	30	13,70	4,07	100,39	300	253,61	3,59	0,05	0,11	0,43	33	1,53	1,90	Vérifiée
256--257	29,2	27,04	4,08	129,48	300	253,88	3,59	0,11	0,19	0,60	57	2,14	1,90	Vérifiée
257--259	30	40,74	4,07	151,06	300	253,61	3,59	0,16	0,24	0,68	72	2,45	1,90	Vérifiée
259--260	15,8	47,96	1,27	199,87	300	141,49	2,00	0,34	0,385	0,89	115,5	1,77	1,06	Vérifiée
260--261	55,8	489,71	3,92	386,37	400	536,57	4,27	0,91	0,8	1,14	320	4,86	2,26	Vérifiée
249--250	30	13,70	4,70	97,70	300	272,64	3,86	0,05	0,12	0,45	36	1,73	2,04	Vérifiée
250--251	30	27,40	4,87	125,87	300	277,44	3,92	0,10	0,18	0,58	54	2,27	2,08	Vérifiée
251--252	30	41,11	4,70	147,51	300	272,64	3,86	0,15	0,23	0,67	69	2,57	2,04	Vérifiée
252--253	30	54,81	1,27	210,10	300	141,54	2,00	0,39	0,42	0,92	126	1,85	1,06	Vérifiée
253--254	37,7	72,03	1,30	231,65	300	143,38	2,03	0,50	0,50	1,00	150	2,03	1,07	Vérifiée
254--261	62,6	100,62	1,28	263,42	300	142,17	2,01	0,71	0,65	1,10	195	2,21	1,07	Vérifiée
261--264	57,9	616,77	2,68	452,61	500	803,47	4,09	0,77	0,69	1,12	345	4,57	2,17	Vérifiée
273--274	30,0	13,70	1,17	126,87	300	135,84	1,92	0,10	0,18	0,58	54	1,11	1,02	Vérifiée
274--275	30,0	27,40	4,43	128,09	300	264,80	3,74	0,10	0,18	0,58	54	2,16	1,98	Vérifiée
275--276	25,4	39,00	3,66	151,57	300	240,64	3,40	0,16	0,24	0,68	72	2,33	1,80	Vérifiée
276--262	31,8	53,53	3,71	170,24	300	242,26	3,43	0,22	0,29	0,76	87	2,61	1,82	Vérifiée
262--263	34,3	69,19	2,01	210,24	300	178,37	2,52	0,39	0,42	0,92	126	2,33	1,34	Vérifiée
263--264	34,7	85,04	4,87	192,45	300	277,54	3,92	0,31	0,36	0,86	108	3,36	2,08	Vérifiée
264--269	69,5	733,56	3,11	469,69	500	865,72	4,41	0,85	0,75	1,13	375	5,00	2,34	Vérifiée
265--266	23,7	10,82	4,77	89,19	300	274,61	3,88	0,04	0,10	0,40	30	1,56	2,06	Vérifiée

Tronçon	L(m)	Débit (L/s)	Pente du radier (%)	Dcal (mm)	D(mm)	Pleine section		Rq	Rh	Rv	H (mm)	V (m/s)	V (1/10 Qps) m/s	Condition
						Qps (l/s)	Vps (m/s)							
266--267	23,7	21,65	4,18	118,57	300	257,03	3,63	0,08	0,15	0,52	45	1,88	1,93	Vérifiée
267--269	39,8	39,83	4,17	149,07	300	256,84	3,63	0,16	0,24	0,68	72	2,49	1,92	Vérifiée
269--270	47,3	794,99	4,95	443,67	500	1092,25	5,56	0,73	0,66	1,10	330	6,14	2,95	Vérifiée
270--271	57,6	821,29	4,53	456,57	500	1045,33	5,32	0,79	0,71	1,12	352,5	5,97	2,82	Vérifiée
271--272	50,4	844,31	4,48	462,24	500	1039,88	5,29	0,81	0,72	1,13	360	5,96	2,81	Vérifiée
272--291	46,7	865,64	2,59	517,12	600	1285,37	4,54	0,67	0,62	1,08	372	4,93	2,41	Vérifiée

Surface élémentaire 3 :

Tronçon	L(m)	Débit (L/s)	Pente du radier (%)	Dcal (mm)	D(mm)	Pleine section		Rq	Rh	Rv	H (mm)	V (m/s)	V (1/10 Qps) m/s	Condition
						Qps (l/s)	Vps (m/s)							
103--104	43,2	24,28	2,08	141,03	300	181,52	2,57	0,13	0,21	0,63	63	1,63	1,36	Vérifiée
104--105	39,5	46,48	2,08	180,03	300	181,20	2,56	0,26	0,32	0,80	96	2,06	1,36	Vérifiée
105--106	40,7	69,35	2,09	208,95	300	181,74	2,57	0,38	0,415	0,92	124,5	2,36	1,36	Vérifiée
106--107	46,1	95,26	2,08	235,49	300	181,48	2,57	0,52	0,515	1,01	154,5	2,60	1,36	Vérifiée
107--108	47,3	121,84	2,07	258,51	300	181,02	2,56	0,67	0,62	1,08	186	2,77	1,36	Vérifiée
108--316	67,1	159,55	2,83	269,74	300	211,62	2,99	0,75	0,675	1,11	202,5	3,32	1,59	Vérifiée
312--313	50	28,10	2,88	140,20	300	213,42	3,02	0,13	0,21	0,63	63	1,91	1,60	Vérifiée
313--314	50	56,20	2,96	180,88	300	216,37	3,06	0,26	0,32	0,80	96	2,46	1,62	Vérifiée
314--315	50	84,30	0,82	267,89	300	113,88	1,61	0,74	0,67	1,11	201	1,78	0,85	Vérifiée
315--316	64,3	120,44	3,11	238,50	300	221,80	3,14	0,54	0,51	1,01	153	3,16	1,66	Vérifiée
316--317	51,5	308,93	3,15	338,84	400	480,37	3,82	0,64	0,6	1,07	240	4,10	2,03	Vérifiée
317--318	50,3	337,20	2,84	356,86	400	456,67	3,63	0,74	0,67	1,11	268	4,03	1,93	Vérifiée
318--319	54,6	367,89	2,84	368,80	400	456,34	3,63	0,81	0,72	1,13	288	4,09	1,92	Vérifiée
319--285	51,1	396,61	1,31	438,47	500	562,30	2,86	0,71	0,65	1,10	325	3,15	1,52	Vérifiée
279--280	35,2	19,78	3,92	116,00	300	249,01	3,52	0,08	0,15	0,52	45	1,82	1,87	Vérifiée

Tronçon	L(m)	Débit (L/s)	Pente du radier (%)	Dcal (mm)	D(mm)	Pleine section		Rq	Rh	Rv	H (mm)	V (m/s)	V (1/10 Qps) m/s	Condition
						Qps (l/s)	Vps (m/s)							
280--281	30	36,64	3,70	147,77	300	241,91	3,42	0,15	0,23	0,67	69	2,28	1,81	Vérifiée
281--282	30	53,50	4,10	167,05	300	254,65	3,60	0,21	0,28	0,75	84	2,69	1,91	Vérifiée
282--283	30	70,36	2,03	211,14	300	179,33	2,54	0,39	0,42	0,92	126	2,34	1,34	Vérifiée
283--284	30	87,22	2,23	224,87	300	187,94	2,66	0,46	0,47	0,97	141	2,59	1,41	Vérifiée
284--285	30	104,08	2,13	242,34	300	183,69	2,60	0,57	0,55	1,04	165	2,70	1,38	Vérifiée
285--286	18,6	511,14	4,89	376,73	400	599,08	4,77	0,85	0,75	1,13	300	5,40	2,53	Vérifiée

Surface élémentaire 4 :

Tronçon	L(m)	Débit (L/s)	Pente du radier (%)	Dcal (mm)	D(mm)	Pleine section		Rq	Rh	Rv	H (mm)	V (m/s)	V (1/10 Qps) m/s	Condition
						Qps (l/s)	Vps (m/s)							
109--110	40	20,34	3,03	123,06	300	218,73	3,09	0,09	0,16	0,54	48	1,66	1,64	Vérifiée
110--111	40	40,68	3,00	159,83	300	217,83	3,08	0,19	0,26	0,72	78	2,21	1,63	Vérifiée
111--112	42,8	62,44	3,01	187,53	300	218,33	3,09	0,29	0,345	0,84	103,5	2,58	1,64	Vérifiée
112--113	47,2	86,44	2,69	216,41	300	206,29	2,92	0,42	0,44	0,94	132	2,76	1,55	Vérifiée
50-- 49	34,4	17,49	1,16	139,12	300	135,61	1,92	0,13	0,21	0,63	63	1,21	1,02	Vérifiée
49-- 48	36,3	35,95	0,80	195,56	300	112,41	1,59	0,32	0,37	0,87	111	1,38	0,84	Vérifiée
48-- 47	32,4	52,42	1,73	194,93	300	165,34	2,34	0,32	0,37	0,87	111	2,03	1,24	Vérifiée
47--113	47,6	76,63	0,46	287,81	300	85,50	1,21	0,90	0,79	1,14	237	1,38	0,64	Vérifiée
113--114	39,4	183,10	4,80	257,30	300	275,44	3,90	0,66	0,61	1,08	183	4,20	2,06	Vérifiée
114--321	60,7	213,96	4,51	275,91	300	267,20	3,78	0,80	0,71	1,12	213	4,24	2,00	Vérifiée
321--322	54,4	241,63	1,01	382,30	400	272,33	2,17	0,89	0,78	1,14	312	2,47	1,15	Vérifiée
322--323	50	267,05	1,02	396,25	400	273,54	2,18	0,98	0,86	1,14	344	2,47	1,15	Vérifiée
323--324	37	285,86	1,00	408,01	500	491,07	2,50	0,58	0,555	1,04	277,5	2,61	1,33	Vérifiée
324--325	36,5	304,42	1,01	416,69	500	494,42	2,52	0,62	0,585	1,06	292,5	2,68	1,33	Vérifiée
46-- 52	59	59,80	0,68	244,08	300	103,55	1,46	0,58	0,555	1,04	166,5	1,53	0,78	Vérifiée
52-- 53	37,1	78,66	1,81	225,11	300	169,00	2,39	0,47	0,48	0,98	144	2,35	1,27	Vérifiée

Tronçon	L(m)	Débit (L/s)	Pente du radier (%)	Dcal (mm)	D(mm)	Pleine section		Rq	Rh	Rv	H (mm)	V (m/s)	V (1/10 Qps) m/s	Condition
						Qps (l/s)	Vps (m/s)							
53-- 54	36	96,97	2,64	226,77	300	204,30	2,89	0,47	0,48	0,98	144	2,84	1,53	Vérifiée
54-- 55	31,3	112,88	2,65	239,85	300	204,79	2,90	0,55	0,535	1,03	160,5	2,98	1,53	Vérifiée
55-- 56	28,2	127,22	2,59	251,99	300	202,34	2,86	0,63	0,59	1,07	177	3,05	1,52	Vérifiée
56-- 57	41,6	148,38	0,96	321,42	400	265,58	2,11	0,56	0,54	1,03	216	2,18	1,12	Vérifiée
57-- 58	40,3	168,87	1,74	301,98	400	356,96	2,84	0,47	0,48	0,98	192	2,79	1,50	Vérifiée
58--115	40,2	189,31	1,52	323,29	400	333,63	2,65	0,57	0,55	1,04	220	2,76	1,41	Vérifiée
115--116	42	210,66	2,21	313,49	400	403,03	3,21	0,52	0,515	1,01	206	3,25	1,70	Vérifiée
116--117	43,6	232,83	0,60	416,25	500	379,22	1,93	0,61	0,58	1,06	290	2,05	1,02	Vérifiée
117--118	42	254,19	0,69	418,51	500	408,06	2,08	0,62	0,585	1,06	292,5	2,21	1,10	Vérifiée
118--119	27,9	268,37	2,33	340,03	400	413,40	3,29	0,65	0,605	1,08	242	3,54	1,74	Vérifiée
119--325	69	303,46	0,94	421,95	500	476,62	2,43	0,64	0,6	1,07	300	2,60	1,29	Vérifiée
325--326	26,2	621,20	4,81	406,62	400	593,95	4,72	1,05	1	1,00	400	4,72	2,50	Vérifiée
326--327	29,3	636,10	4,95	408,05	400	602,52	4,79	1,06	1	1,00	400	4,79	2,54	Vérifiée
327--328	20,3	646,42	3,99	427,44	500	980,93	4,99	0,66	0,61	1,08	305	5,38	2,65	Vérifiée
328--342	40,4	666,96	4,85	416,92	500	1081,64	5,51	0,62	0,585	1,06	292,5	5,85	2,92	Vérifiée

Surface élémentaire 5 :

Tronçon	L(m)	Débit (L/s)	Pente du radier (%)	Dcal (mm)	D(mm)	Pleine section		Rq	Rh	Rv	H (mm)	V (m/s)	V (1/10 Qps) m/s	Condition
						Qps (l/s)	Vps (m/s)							
R'1--R'2	50	51,04	0,18	294,92	300	53,36	0,75	0,96	0,845	1,14	253,5	0,86	0,40	Vérifiée
R'2--R'3	50	102,07	0,16	391,00	400	108,34	0,86	0,94	0,825	1,14	330	0,98	0,46	Vérifiée
R'3--R'6	75,4	179,03	0,265252	439,06	500	252,91	1,29	0,71	0,65	1,10	325	1,42	0,68	Vérifiée
R'4--R'5	50	51,04	0,18	294,92	300	53,36	0,75	0,96	0,845	1,14	253,5	0,86	0,40	Vérifiée
R'5--R'6	50	102,07	0,82	287,81	300	113,88	1,61	0,90	0,79	1,14	237	1,83	0,85	Vérifiée
R'6--R67	78,6	361,33	0,8015267	464,35	500	439,65	2,24	0,82	0,73	1,13	365	2,53	1,19	Vérifiée

Surface élémentaire 6 :

Tronçon	L(m)	Débit (L/s)	Pente du radier (%)	Dcal (mm)	D(mm)	Pleine section		Rq	Rh	Rv	H (mm)	V (m/s)	V (1/10 Qps) m/s	Condition
						Qps (l/s)	Vps (m/s)							
291--292	87,4	41,35	2,55	165,78	300	200,88	2,84	0,21	0,28	0,75	84	2,12	1,51	Vérifiée
292--293	50	65,01	2,58	196,02	300	202,00	2,86	0,32	0,37	0,87	111	2,48	1,51	Vérifiée
293--299	67,1	96,75	2,61	227,08	300	203,10	2,87	0,48	0,485	0,99	145,5	2,83	1,52	Vérifiée
294--295	30	14,19	1,90	117,32	300	173,35	2,45	0,08	0,15	0,52	45	1,27	1,30	Vérifiée
295--296	30	28,39	1,90	152,15	300	173,35	2,45	0,16	0,24	0,68	72	1,68	1,30	Vérifiée
296--297	30,4	42,77	1,88	177,87	300	172,21	2,44	0,25	0,315	0,80	94,5	1,94	1,29	Vérifiée
297--298	27,8	55,92	1,91	196,07	300	173,65	2,46	0,32	0,37	0,87	111	2,13	1,30	Vérifiée
298--299	57,1	82,94	4,48	193,63	300	266,29	3,77	0,31	0,36	0,86	108	3,22	2,00	Vérifiée
299--300	72	213,76	0,92	371,89	400	259,31	2,06	0,82	0,73	1,13	292	2,33	1,09	Vérifiée
300--301	59,8	242,05	0,90	390,74	400	257,37	2,05	0,94	0,825	1,14	330	2,33	1,09	Vérifiée
301--302	50	265,71	3,28	317,72	400	490,52	3,90	0,54	0,53	1,02	212	4,00	2,07	Vérifiée
302--303	52,1	290,36	3,28	328,42	400	490,68	3,90	0,59	0,56	1,05	224	4,08	2,07	Vérifiée
303--310	70,3	323,62	3,12	345,42	400	478,04	3,80	0,68	0,625	1,09	250	4,13	2,02	Vérifiée
304--305	29,6	14,00	4,66	98,65	300	271,54	3,84	0,05	0,12	0,45	36	1,73	2,04	Vérifiée
305--306	29,6	28,01	4,43	129,19	300	264,57	3,74	0,11	0,19	0,60	57	2,23	1,98	Vérifiée
306--307	29,6	42,01	4,09	152,66	300	254,27	3,60	0,17	0,245	0,69	73,5	2,49	1,91	Vérifiée
307--308	29,5	55,97	3,97	170,96	300	250,46	3,54	0,22	0,285	0,75	85,5	2,67	1,88	Vérifiée
308--309	32,6	71,39	3,99	187,11	300	251,14	3,55	0,28	0,34	0,83	102	2,95	1,88	Vérifiée
309--310	36,5	88,66	4,19	201,06	300	257,48	3,64	0,34	0,385	0,89	115,5	3,22	1,93	Vérifiée
310--311	53	437,36	1,75	430,66	500	650,50	3,31	0,67	0,62	1,08	310	3,59	1,76	Vérifiée
311--356	48,9	460,49	1,68	442,82	500	635,91	3,24	0,72	0,655	1,10	327,5	3,57	1,72	Vérifiée
331--332	36,1	17,08	1,22	136,67	300	138,84	1,96	0,12	0,2	0,62	60	1,21	1,04	Vérifiée
332--333	37,2	34,68	2,18	159,87	300	185,57	2,62	0,19	0,26	0,72	78	1,88	1,39	Vérifiée
333--334	27,9	47,88	4,16	159,82	300	256,43	3,63	0,19	0,26	0,72	78	2,60	1,92	Vérifiée
329--330	33	15,61	4,03	105,60	300	252,47	3,57	0,06	0,125	0,46	37,5	1,65	1,89	Vérifiée

Tronçon	L(m)	Débit (L/s)	Pente du radier (%)	Dcal (mm)	D(mm)	Plaine section		Rq	Rh	Rv	H (mm)	V (m/s)	V (1/10 Qps) m/s	Condition
						Qps (l/s)	Vps (m/s)							
330--334	37,1	33,17	4,23	138,80	300	258,71	3,66	0,13	0,21	0,63	63	2,32	1,94	Vérifiée
334--339	47,2	103,38	4,96	206,38	300	280,02	3,96	0,37	0,41	0,91	123	3,62	2,10	Vérifiée
286--335	14,8	518,15	4,66	382,10	400	584,81	4,65	0,89	0,78	1,14	312	5,29	2,47	Vérifiée
335--336	30	532,34	4,77	384,39	400	591,32	4,70	0,90	0,79	1,14	316	5,36	2,49	Vérifiée
336--337	30	546,53	4,87	386,69	400	597,49	4,75	0,91	0,795	1,14	318	5,42	2,52	Vérifiée
337--338	32,5	561,91	4,52	396,14	400	576,02	4,58	0,98	0,86	1,14	344	5,20	2,43	Vérifiée
338--339	29,9	576,06	1,87	471,73	500	672,05	3,42	0,86	0,76	1,14	380	3,88	1,81	Vérifiée
339--340	40	698,36	4,95	422,58	500	1092,56	5,56	0,64	0,6	1,07	300	5,96	2,95	Vérifiée
340--341	40	717,28	3,70	450,78	500	944,59	4,81	0,76	0,68	1,11	340	5,35	2,55	Vérifiée
341--342	33,6	733,18	3,72	454,03	500	947,17	4,82	0,77	0,69	1,12	345	5,38	2,56	Vérifiée
342--343	59,8	1428,44	3,71	583,28	600	1538,58	5,44	0,93	0,82	1,14	492	6,20	2,88	Vérifiée
343--344	62,5	1458,01	3,62	590,69	600	1518,48	5,37	0,96	0,845	1,14	507	6,11	2,85	Vérifiée
344--354	65,6	1489,04	3,78	590,42	600	1552,63	5,49	0,96	0,845	1,14	507	6,25	2,91	Vérifiée
345--346	30	14,19	4,47	99,95	300	265,79	3,76	0,05	0,12	0,45	36	1,69	1,99	Vérifiée
346--347	30	28,39	1,50	159,04	300	154,03	2,18	0,18	0,25	0,70	75	1,53	1,15	Vérifiée
347--348	31	43,05	1,48	186,31	300	153,20	2,17	0,28	0,34	0,83	102	1,80	1,15	Vérifiée
348--349	32,2	58,29	3,82	174,81	300	245,79	3,48	0,24	0,31	0,79	93	2,75	1,84	Vérifiée
349--350	17,6	66,62	3,24	189,57	300	226,32	3,20	0,29	0,345	0,84	103,5	2,68	1,70	Vérifiée
350--351	38,6	84,88	4,77	193,08	300	274,58	3,88	0,31	0,36	0,86	108	3,32	2,06	Vérifiée
351--352	34,4	101,15	3,52	218,31	300	235,86	3,34	0,43	0,45	0,95	135	3,18	1,77	Vérifiée
352--353	33,5	117,00	3,52	230,49	300	236,03	3,34	0,50	0,5	1,00	150	3,34	1,77	Vérifiée
353--354	38,6	135,27	4,56	231,88	300	268,54	3,80	0,50	0,5	1,00	150	3,80	2,01	Vérifiée
354--355	44,4	1645,32	3,87	679,65	800	2538,63	5,05	0,65	0,605	1,08	484	5,43	2,68	Vérifiée
355--356	52,6	1670,20	3,86	683,97	800	2533,85	5,04	0,66	0,61	1,08	488	5,43	2,67	Vérifiée
DO2-357	55,7	104,95	0,39	333,53	400	170,22	1,35	0,62	0,585	1,06	234	1,44	0,72	Vérifiée

Surface élémentaire 7 :

Tronçon	L(m)	Débit (L/s)	Pente du radier (%)	Dcal (mm)	D(mm)	Pleine section		Rq	Rh	Rv	H (mm)	V (m/s)	V (1/10 Qps) m/s	Condition
						Qps (l/s)	Vps (m/s)							
120--121	42	25,41	3,14	132,82	300	222,95	3,15	0,11	0,19	0,60	57	1,88	1,67	Vérifiée
121--122	40	49,61	3,05	171,66	300	219,63	3,11	0,23	0,3	0,78	90	2,41	1,65	Vérifiée
122--123	44,3	76,42	3,12	201,04	300	221,97	3,14	0,34	0,385	0,89	115,5	2,78	1,66	Vérifiée
123--124	36,8	98,69	2,17	236,71	300	185,43	2,62	0,53	0,52	1,02	156	2,67	1,39	Vérifiée
124--125	39,4	122,52	2,16	257,09	300	184,72	2,61	0,66	0,615	1,08	184,5	2,82	1,38	Vérifiée
125--126	35,7	144,12	2,16	273,24	300	184,70	2,61	0,78	0,7	1,12	210	2,92	1,38	Vérifiée
126--127	36,9	166,45	2,17	288,13	300	185,17	2,62	0,90	0,79	1,14	237	2,98	1,39	Vérifiée
127--128	50	196,70	4,82	264,07	300	276,10	3,90	0,71	0,65	1,10	195	4,29	2,07	Vérifiée
128--129	53,2	228,89	4,06	288,65	300	253,41	3,58	0,90	0,79	1,14	237	4,08	1,90	Vérifiée
129--130	50,3	259,33	2,84	323,39	400	456,67	3,63	0,57	0,55	1,04	220	3,78	1,93	Vérifiée
130--131	53,5	291,70	2,84	338,01	400	456,52	3,63	0,64	0,6	1,07	240	3,89	1,92	Vérifiée
131--132	62,7	329,64	2,85	353,55	400	457,63	3,64	0,72	0,665	1,11	266	4,03	1,93	Vérifiée
59-- 60	30	18,15	4,27	110,55	300	259,77	3,67	0,07	0,14	0,50	42	1,82	1,95	Vérifiée
60-- 61	30	36,30	4,80	140,24	300	275,53	3,90	0,13	0,21	0,63	63	2,47	2,07	Vérifiée
61-- 62	29,7	54,27	4,58	164,51	300	269,12	3,81	0,20	0,27	0,73	81	2,79	2,02	Vérifiée
62-- 63	30	72,43	4,37	184,95	300	262,80	3,72	0,28	0,34	0,83	102	3,09	1,97	Vérifiée
63-- 64	27	88,76	4,30	200,21	300	260,67	3,69	0,34	0,385	0,89	115,5	3,26	1,95	Vérifiée
64-- 65	30	106,91	4,33	214,34	300	261,79	3,70	0,41	0,435	0,94	130,5	3,48	1,96	Vérifiée
65-- 66	30	125,07	4,33	227,32	300	261,79	3,70	0,48	0,485	0,99	145,5	3,65	1,96	Vérifiée
66--67	32,9	144,97	1,34	299,52	300	145,44	2,06	1,00	0,89	1,13	267	2,32	1,09	Vérifiée
67-- 76	42,8	532,20	1,36	486,57	500	571,66	2,91	0,93	0,82	1,14	410	3,32	1,54	Vérifiée
68-- 69	30,8	18,64	1,79	131,46	300	168,06	2,38	0,11	0,19	0,60	57	1,42	1,26	Vérifiée
69-- 70	27	34,97	1,11	181,94	300	132,56	1,87	0,26	0,32	0,80	96	1,51	0,99	Vérifiée
70-- 71	28,5	52,22	4,56	162,26	300	268,59	3,80	0,19	0,26	0,72	78	2,72	2,01	Vérifiée
71-- 72	30,7	70,79	4,76	180,46	300	274,26	3,88	0,26	0,32	0,80	96	3,12	2,06	Vérifiée

Tronçon	L(m)	Débit (L/s)	Pente du radier (%)	Dcal (mm)	D(mm)	Plaine section		Rq	Rh	Rv	H (mm)	V (m/s)	V (1/10 Qps) m/s	Condition
						Qps (l/s)	Vps (m/s)							
72-- 73	33,5	91,06	3,64	208,51	300	240,00	3,39	0,38	0,415	0,92	124,5	3,12	1,80	Vérifiée
73-- 74	29,2	108,73	3,60	223,37	300	238,48	3,37	0,46	0,47	0,97	141	3,28	1,79	Vérifiée
74-- 75	34,9	129,85	3,61	238,57	300	238,96	3,38	0,54	0,53	1,02	159	3,46	1,79	Vérifiée
75--76	35,2	151,14	1,14	313,67	400	288,72	2,30	0,52	0,515	1,01	206	2,33	1,22	Vérifiée
76-- 86	61,3	720,43	1,35	545,17	600	929,19	3,29	0,78	0,7	1,12	420	3,68	1,74	Vérifiée
77--78	30	18,15	3,27	116,23	300	227,30	3,21	0,08	0,15	0,52	45	1,66	1,70	Vérifiée
78-- 79	30	36,30	4,83	140,06	300	276,48	3,91	0,13	0,21	0,63	63	2,48	2,07	Vérifiée
79-- 80	30	54,46	2,63	182,72	300	204,08	2,89	0,27	0,33	0,82	99	2,36	1,53	Vérifiée
80--81	30	72,61	4,80	181,86	300	275,53	3,90	0,26	0,32	0,80	96	3,13	2,07	Vérifiée
81-- 82	30	90,76	4,10	203,67	300	254,65	3,60	0,36	0,4	0,90	120	3,25	1,91	Vérifiée
82-- 83	30	108,91	3,40	225,87	300	231,89	3,28	0,47	0,48	0,98	144	3,22	1,74	Vérifiée
83-- 84	25	124,04	2,16	258,22	300	184,83	2,61	0,67	0,62	1,08	186	2,83	1,39	Vérifiée
84-- 85	22,3	137,53	2,15	268,59	300	184,51	2,61	0,75	0,675	1,11	202,5	2,90	1,38	Vérifiée
85-- 86	20,7	150,05	2,13	278,17	300	183,35	2,59	0,82	0,73	1,13	219	2,93	1,37	Vérifiée
86--87	37,6	893,24	1,36	590,75	600	930,01	3,29	0,96	0,84	1,14	504	3,74	1,74	Vérifiée
87--101	37,4	915,87	2,25	542,52	600	1196,74	4,23	0,77	0,69	1,12	414	4,72	2,24	Vérifiée
92-- 93	30	18,15	3,53	114,53	300	236,40	3,34	0,08	0,15	0,52	45	1,73	1,77	Vérifiée
93-- 94	28,6	35,46	3,53	147,23	300	236,33	3,34	0,15	0,23	0,67	69	2,23	1,77	Vérifiée
94--95	30	53,61	3,80	169,58	300	245,15	3,47	0,22	0,29	0,76	87	2,64	1,84	Vérifiée
95-- 96	26,6	69,70	3,80	187,15	300	245,06	3,47	0,28	0,34	0,83	102	2,88	1,84	Vérifiée
96-- 97	23,5	83,92	3,83	200,32	300	246,11	3,48	0,34	0,385	0,89	115,5	3,08	1,84	Vérifiée
97-- 98	21,2	96,75	3,82	211,39	300	245,82	3,48	0,39	0,425	0,93	127,5	3,23	1,84	Vérifiée
98-- 99	27	113,09	1,96	253,93	300	176,20	2,49	0,64	0,6	1,07	180	2,67	1,32	Vérifiée
99--100	27,8	129,91	1,98	267,10	300	176,89	2,50	0,73	0,66	1,10	198	2,76	1,33	Vérifiée
100--101	27,4	146,48	3,87	246,39	300	247,36	3,50	0,59	0,56	1,05	168	3,66	1,85	Vérifiée
101--102	37,3	1084,92	2,25	577,81	600	1198,34	4,24	0,91	0,8	1,14	480	4,83	2,25	Vérifiée

Tronçon	L(m)	Débit (L/s)	Pente du radier (%)	Dcal (mm)	D(mm)	Pleine section		Rq	Rh	Rv	H (mm)	V (m/s)	V (1/10 Qps) m/s	Condition
						Qps (l/s)	Vps (m/s)							
102--132	49,9	1115,11	2,20	586,13	600	1185,61	4,19	0,94	0,825	1,14	495	4,78	2,22	Vérifiée
132--133	50	1475,00	2,84	691,46	800	2173,63	4,32	0,68	0,625	1,09	500	4,70	2,29	Vérifiée
133--134	45,3	1502,41	0,82	879,51	800	1165,68	2,32	1,29	1	1,00	800	2,32	1,23	Vérifiée

Surface élémentaire 8 :

Tronçon	L(m)	Débit (L/s)	Pente du radier (%)	Dcal (mm)	D(mm)	Pleine section		Rq	Rh	Rv	H (mm)	V (m/s)	V (1/10 Qps) m/s	Condition
						Qps (l/s)	Vps (m/s)							
149--150	41	21,37	4,44	116,66	300	264,97	3,75	0,08	0,15	0,52	45	1,94	1,99	Vérifiée
150--151	41	42,74	4,41	151,45	300	264,24	3,74	0,16	0,24	0,68	72	2,56	1,98	Vérifiée
151--152	41	64,12	2,29	199,37	300	190,42	2,69	0,34	0,385	0,89	115,5	2,38	1,43	Vérifiée
152--153	42	86,01	1,50	241,02	300	154,03	2,18	0,56	0,545	1,04	163,5	2,26	1,15	Vérifiée
153--154	42,4	108,11	0,97	285,13	300	123,67	1,75	0,87	0,765	1,14	229,5	1,99	0,93	Vérifiée
155--154	45,4	23,67	0,55	179,26	300	93,32	1,32	0,25	0,315	0,80	94,5	1,05	0,70	Vérifiée
154--156	50,3	158,00	2,23	281,14	300	187,66	2,65	0,84	0,745	1,13	223,5	3,01	1,41	Vérifiée
156--160	31,6	174,47	2,18	292,86	300	185,84	2,63	0,94	0,825	1,14	247,5	3,00	1,39	Vérifiée
157--158	32,6	16,99	1,96	124,75	300	176,21	2,49	0,10	0,18	0,58	54	1,44	1,32	Vérifiée
158--159	27,2	31,17	2,28	152,29	300	189,87	2,69	0,16	0,24	0,68	72	1,84	1,42	Vérifiée
159--160	35,3	49,57	4,05	162,71	300	253,12	3,58	0,20	0,27	0,73	81	2,62	1,90	Vérifiée
160--161	46,9	248,49	2,41	328,28	400	420,41	3,34	0,59	0,56	1,05	224	3,50	1,77	Vérifiée
161--162	40,9	269,81	2,08	348,09	400	390,45	3,11	0,69	0,63	1,09	252	3,38	1,65	Vérifiée
162--167	36,3	288,73	2,53	344,01	400	431,18	3,43	0,67	0,62	1,08	248	3,72	1,82	Vérifiée
163--164	41,8	21,79	0,72	165,37	300	106,54	1,51	0,20	0,27	0,73	81	1,10	0,80	Vérifiée
164--165	53	49,42	0,70	225,98	300	105,08	1,49	0,47	0,48	0,98	144	1,46	0,79	Vérifiée
165--166	53	77,04	2,51	210,00	300	199,22	2,82	0,39	0,42	0,92	126	2,60	1,49	Vérifiée
166--167	42,4	99,14	2,57	229,79	300	201,64	2,85	0,49	0,49	0,99	147	2,83	1,51	Vérifiée
167--168	42,1	409,82	4,51	352,07	400	575,38	4,58	0,71	0,65	1,10	260	5,03	2,43	Vérifiée

Tronçon	L(m)	Débit (L/s)	Pente du radier (%)	Dcal (mm)	D(mm)	Plaine section		Rq	Rh	Rv	H (mm)	V (m/s)	V (1/10 Qps) m/s	Condition
						Qps (l/s)	Vps (m/s)							
168--171	25,8	423,27	4,57	355,46	400	579,23	4,61	0,73	0,66	1,10	264	5,09	2,44	Vérifiée
169--170	37,2	19,39	0,70	159,09	300	105,14	1,49	0,18	0,25	0,70	75	1,04	0,79	Vérifiée
170--171	50	45,45	0,82	212,50	300	113,88	1,61	0,40	0,43	0,93	129	1,50	0,85	Vérifiée
171--174	16,9	477,53	2,25	424,87	500	736,36	3,75	0,65	0,605	1,08	302,5	4,03	1,99	Vérifiée
174--175	35	495,78	1,89	445,34	500	674,35	3,43	0,74	0,67	1,11	335	3,80	1,82	Vérifiée
175--176	41,1	517,20	1,61	466,30	500	622,29	3,17	0,83	0,735	1,13	367,5	3,58	1,68	Vérifiée
176--187	30,8	533,26	1,27	493,17	500	552,59	2,81	0,97	0,85	1,14	425	3,20	1,49	Vérifiée
390--181	35	18,24	4,40	110,13	300	263,80	3,73	0,07	0,14	0,50	42	1,85	1,98	Vérifiée
181--182	35	36,49	4,31	143,34	300	261,22	3,69	0,14	0,22	0,65	66	2,40	1,96	Vérifiée
182--187	25	49,52	3,88	163,97	300	247,72	3,50	0,20	0,27	0,73	81	2,56	1,86	Vérifiée
183--184	31	16,16	4,68	104,03	300	271,99	3,85	0,06	0,13	0,47	39	1,82	2,04	Vérifiée
184--185	31,5	32,58	4,57	135,90	300	268,89	3,80	0,12	0,2	0,62	60	2,34	2,02	Vérifiée
185--186	31,1	48,79	2,09	183,11	300	181,81	2,57	0,27	0,33	0,82	99	2,10	1,36	Vérifiée
186--187	35,7	67,40	2,69	197,16	300	206,23	2,92	0,33	0,38	0,88	114	2,56	1,55	Vérifiée
187--188	36,5	669,20	2,27	481,17	500	740,52	3,77	0,90	0,79	1,14	395	4,29	2,00	Vérifiée
188--189	50	695,26	2,68	473,31	500	803,92	4,09	0,86	0,76	1,14	380	4,65	2,17	Vérifiée
189--190	36	714,03	1,44	536,80	600	959,72	3,39	0,74	0,67	1,11	402	3,76	1,80	Vérifiée
190--180	43,4	736,65	4,42	440,30	500	1032,88	5,26	0,71	0,65	1,10	325	5,78	2,79	Vérifiée
134--138	68,5	73,12	4,50	184,59	300	266,67	3,77	0,27	0,33	0,82	99	3,08	2,00	Vérifiée
135--136	36,9	19,23	3,93	114,74	300	249,30	3,53	0,08	0,15	0,52	45	1,82	1,87	Vérifiée
136--137	32,5	36,18	4,15	143,90	300	256,31	3,62	0,14	0,22	0,65	66	2,36	1,92	Vérifiée
137--138	35,5	54,68	2,31	187,56	300	191,14	2,70	0,29	0,345	0,84	103,5	2,26	1,43	Vérifiée
138-139	14,8	135,52	4,73	230,45	300	273,51	3,87	0,50	0,5	1,00	150	3,87	2,05	Vérifiée
139--146	46,7	159,86	4,58	246,64	300	269,21	3,81	0,59	0,56	1,05	168	3,98	2,02	Vérifiée
146--147	46,4	184,05	1,94	305,50	400	377,21	3,00	0,49	0,49	0,99	196	2,97	1,59	Vérifiée
147--148	59,6	215,11	1,83	327,50	400	366,28	2,91	0,59	0,56	1,05	224	3,05	1,54	Vérifiée

Tronçon	L(m)	Débit (L/s)	Pente du radier (%)	Dcal (mm)	D(mm)	Pleine section		Rq	Rh	Rv	H (mm)	V (m/s)	V (1/10 Qps) m/s	Condition
						Qps (l/s)	Vps (m/s)							
142--143	35,3	18,40	2,41	123,70	300	195,15	2,76	0,09	0,16	0,54	48	1,48	1,46	Vérifiée
143--144	41,2	39,88	4,64	146,21	300	270,78	3,83	0,15	0,23	0,67	69	2,56	2,03	Vérifiée
144--145	43,9	62,76	4,01	178,10	300	251,81	3,56	0,25	0,315	0,80	94,5	2,84	1,89	Vérifiée
145--148	54,5	91,17	2,00	233,41	400	383,03	3,05	0,24	0,31	0,79	124	2,41	1,61	Vérifiée
148--172	49,8	332,24	0,58	477,74	500	374,74	1,91	0,89	0,78	1,14	390	2,17	1,01	Vérifiée
172--173	44,9	355,65	0,87	454,69	500	457,67	2,33	0,78	0,7	1,12	350	2,61	1,23	Vérifiée
173--177	43,1	378,11	0,72	482,01	500	416,47	2,12	0,91	0,8	1,14	400	2,42	1,12	Vérifiée
177--178	47,2	402,72	4,68	347,36	400	586,06	4,66	0,69	0,63	1,09	252	5,08	2,47	Vérifiée
178--179	47,9	427,69	1,61	434,14	500	622,62	3,17	0,69	0,63	1,09	315	3,45	1,68	Vérifiée
179--180	45,9	451,61	3,12	391,40	400	478,06	3,80	0,94	0,825	1,14	330	4,33	2,02	Vérifiée
180--R10	99,1	1239,92	4,45	534,65	600	1684,52	5,96	0,74	0,67	1,11	402	6,60	3,16	Vérifiée

Surface élémentaire 9 :

Tronçon	L(m)	Débit (L/s)	Pente du radier (%)	Dcal (mm)	D(mm)	Pleine section		Rq	Rh	Rv	H (mm)	V (m/s)	V (1/10 Qps) m/s	Condition
						Qps (l/s)	Vps (m/s)							
357--358	60	131,46	0,55	341,07	400	200,86	1,60	0,65	0,605	1,08	242	1,72	0,85	Vérifiée
357--359	60	157,96	2,05	285,51	300	180,06	2,55	0,88	0,775	1,14	232,5	2,90	1,35	Vérifiée
359--360	58,8	183,93	1,45	322,74	300	151,21	2,14	1,22	0,98	1,06	294	2,27	1,13	Vérifiée
360--361	44,5	203,59	0,52	406,57	400	194,72	1,55	1,05	0,98	1,06	392	1,64	0,82	Vérifiée
361--367	50,6	225,94	0,51	423,23	400	194,15	1,54	1,16	0,98	1,06	392	1,64	0,82	Vérifiée
362--363	54,8	24,21	1,81	144,69	300	169,03	2,39	0,14	0,22	0,65	66	1,56	1,27	Vérifiée
363--364	49,5	46,07	4,40	155,84	300	263,92	3,73	0,17	0,245	0,69	73,5	2,58	1,98	Vérifiée
364--365	52,3	69,17	1,55	220,78	300	156,51	2,21	0,44	0,46	0,96	138	2,13	1,17	Vérifiée
365--366	42,6	87,99	3,40	208,47	300	232,02	3,28	0,38	0,415	0,92	124,5	3,01	1,74	Vérifiée
366--367	57,7	113,48	1,37	272,03	300	147,15	2,08	0,77	0,69	1,12	207	2,32	1,10	Vérifiée
367--385	42,5	358,19	3,88	344,31	400	533,66	4,25	0,67	0,62	1,08	248	4,60	2,25	Vérifiée

Tronçon	L(m)	Débit (L/s)	Pente du radier (%)	Dcal (mm)	D(mm)	Plaine section		Rq	Rh	Rv	H (mm)	V (m/s)	V (1/10 Qps) m/s	Condition
						Qps (l/s)	Vps (m/s)							
380--381	40	17,67	4,77	107,15	300	274,81	3,89	0,06	0,13	0,47	39	1,84	2,06	Vérifiée
381--382	40	35,34	1,92	164,77	300	174,49	2,47	0,20	0,27	0,73	81	1,81	1,31	Vérifiée
382--384	40	53,01	1,30	206,48	300	143,39	2,03	0,37	0,41	0,91	123	1,85	1,07	Vérifiée
384--385	34,5	68,24	1,30	226,86	300	143,63	2,03	0,48	0,49	0,99	147	2,01	1,08	Vérifiée
385--379	36,5	442,56	0,71	512,24	600	673,96	2,38	0,66	0,61	1,08	366	2,57	1,26	Vérifiée
375--376	40	17,67	1,75	129,34	300	166,37	2,35	0,11	0,19	0,60	57	1,40	1,25	Vérifiée
376--377	40	35,34	2,70	154,64	300	206,65	2,92	0,17	0,245	0,69	73,5	2,02	1,55	Vérifiée
377--378	40	53,01	2,73	179,72	300	207,60	2,94	0,26	0,325	0,81	97,5	2,38	1,56	Vérifiée
378--379	45,9	73,28	1,83	218,66	300	170,13	2,41	0,43	0,45	0,95	135	2,30	1,28	Vérifiée
379--374	46,4	536,33	3,43	410,07	500	909,04	4,63	0,59	0,56	1,05	280	4,84	2,45	Vérifiée
368--369	40	17,67	4,65	107,69	300	271,19	3,84	0,07	0,14	0,50	42	1,90	2,03	Vérifiée
369--370	40	35,34	3,85	144,69	300	246,76	3,49	0,14	0,22	0,65	66	2,27	1,85	Vérifiée
370--371	40	53,01	2,35	184,78	300	192,79	2,73	0,27	0,33	0,82	99	2,23	1,44	Vérifiée
371--372	40	70,67	2,33	206,24	300	191,76	2,71	0,37	0,41	0,91	123	2,48	1,44	Vérifiée
372--373	40	88,34	4,20	200,71	300	257,73	3,64	0,34	0,385	0,89	115,5	3,23	1,93	Vérifiée
373--374	43	107,34	1,79	253,34	300	168,29	2,38	0,64	0,6	1,07	180	2,55	1,26	Vérifiée
374--386	43,2	662,75	1,53	516,55	600	987,02	3,49	0,67	0,62	1,08	372	3,78	1,85	Vérifiée
386--210	36,4	678,83	1,51	522,29	600	981,58	3,47	0,69	0,63	1,09	378	3,78	1,84	Vérifiée
204--205	39,8	17,58	3,07	116,22	300	220,18	3,11	0,08	0,15	0,52	45	1,61	1,65	Vérifiée
205--206	43,3	36,71	4,39	143,21	300	263,44	3,73	0,14	0,22	0,65	66	2,42	1,97	Vérifiée
206--207	66,8	66,21	4,40	178,57	300	263,84	3,73	0,25	0,315	0,80	94,5	2,97	1,98	Vérifiée
207--208	50	88,30	2,78	216,81	300	209,69	2,97	0,42	0,445	0,95	133,5	2,82	1,57	Vérifiée
208--209	50	110,38	1,34	270,32	300	145,58	2,06	0,76	0,68	1,11	204	2,29	1,09	Vérifiée
209--210	30,7	123,94	1,37	281,23	300	147,10	2,08	0,84	0,74	1,13	222	2,35	1,10	Vérifiée
210--211	24,4	813,55	1,52	558,61	600	983,33	3,48	0,83	0,735	1,13	441	3,93	1,84	Vérifiée
211--212	56,9	838,68	1,25	586,05	600	892,01	3,15	0,94	0,825	1,14	495	3,59	1,67	Vérifiée

Tronçon	L(m)	Débit (L/s)	Pente du radier (%)	Dcal (mm)	D(mm)	Pleine section		Rq	Rh	Rv	H (mm)	V (m/s)	V (1/10 Qps) m/s	Condition
						Qps (l/s)	Vps (m/s)							
212--213	50	860,77	1,12	672,70	800	1365,01	2,71	0,63	0,59	1,07	472	2,89	1,44	Vérifiée
213--214	50	882,86	1,38	586,27	600	938,07	3,32	0,94	0,825	1,14	495	3,78	1,76	Vérifiée
214--215	50	904,94	2,28	538,56	600	1205,76	4,26	0,75	0,675	1,11	405	4,73	2,26	Vérifiée
215--216	22,1	914,70	2,67	524,97	600	1304,74	4,61	0,70	0,64	1,09	384	5,05	2,44	Vérifiée
191--192	35,5	15,68	3,07	111,31	300	220,37	3,12	0,07	0,14	0,50	42	1,54	1,65	Vérifiée
192--193	40	33,35	4,87	135,45	300	277,67	3,93	0,12	0,2	0,62	60	2,42	2,08	Vérifiée
193--194	39,9	50,97	1,28	204,12	300	142,18	2,01	0,36	0,4	0,90	120	1,81	1,07	Vérifiée
194--195	40	68,64	1,25	229,17	300	140,61	1,99	0,49	0,49	0,99	147	1,97	1,05	Vérifiée
195--196	40	86,31	0,58	288,87	300	95,36	1,35	0,91	0,8	1,14	240	1,54	0,71	Vérifiée
196--197	40	103,98	0,58	309,76	400	205,38	1,63	0,51	0,51	1,01	204	1,65	0,87	Vérifiée
197--198	39,9	121,60	1,60	271,01	300	159,28	2,25	0,76	0,68	1,11	204	2,51	1,19	Vérifiée
198--199	41,5	139,94	3,54	246,23	300	236,69	3,35	0,59	0,56	1,05	168	3,50	1,77	Vérifiée
199--200	45,2	159,90	3,45	260,13	300	233,64	3,30	0,68	0,625	1,09	187,5	3,59	1,75	Vérifiée
200--201	41,6	178,28	1,01	341,19	400	272,14	2,16	0,66	0,615	1,08	246	2,34	1,15	Vérifiée
201--202	42,8	197,18	0,86	364,79	400	251,82	2,00	0,78	0,7	1,12	280	2,24	1,06	Vérifiée
202--203	49,9	219,22	0,90	376,58	400	257,20	2,05	0,85	0,75	1,13	300	2,32	1,08	Vérifiée
203--216	41,2	237,42	0,83	394,53	400	246,04	1,96	0,96	0,84	1,14	336	2,23	1,04	Vérifiée
216--R10	148,2	1217,59	4,83	522,90	600	1755,20	6,21	0,69	0,63	1,09	378	6,76	3,29	Vérifiée
R10-R11	64,4	2485,95	3,11	826,99	1000	4121,21	5,25	0,60	0,57	1,05	570	5,52	2,78	Vérifiée