



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : CONCEPTION DES SYSTEMES D'ASSAINISSEMENT

THEME :

**Dimensionnement du système d'assainissement de la cité 3000
logements, située à la ville de Bouinane (Wilaya de Blida)**

Présenté par :
ENNEMRI Mey.

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
.....		Président
.....		Examineur
.....		Examineur
.....		Examineur
.....		Examineur
AMMARI Abdelhadi	Professeur	Promoteur

Session septembre 2025

REMERCIEMENT

Avant tout, je rends grâce à Dieu, source de force et de sagesse, qui m'a guidé avec patience et persévérance jusqu'à l'achèvement de ce travail.

Je témoigne toute ma profonde gratitude à mes parents, pour leur amour incommensurable, leur soutien sans faille et leurs encouragements constants qui ont accompagné chaque étape de mon parcours académique.

Ma reconnaissance va à Monsieur Ammari Abdelhadi, dont les précieux conseils, l'accompagnement attentif et l'intérêt accordé à ce mémoire ont largement contribué à sa réussite.

J'exprime également toute mon estime à l'ensemble des enseignants et au personnel du département d'hydraulique, dont l'engagement et la qualité de l'enseignement ont enrichi mon parcours universitaire.

Je souhaite exprimer ma considération aux membres du jury pour le temps consacré à l'évaluation de ce mémoire ainsi que pour leurs observations constructives et enrichissantes.

Enfin, ma gratitude s'adresse à mes proches, collègues et amis qui, par leur soutien, leurs encouragements ou leur confiance, ont rendu cette aventure possible : à chacun et chacune, un grand merci du fond du cœur.

Dédicace

Avec tout mon amour, ma reconnaissance infinie et une profonde émotion, je dédie ce
mémoire :

À mon père,

Symbole de force, de courage et de sagesse. Tes sacrifices et ton dévouement ont été le socle
de mon chemin. Que Dieu te préserve et t'accorde santé et longue vie.

À ma mère,

Ton amour pur, tes prières silencieuses et ta tendresse sans limites ont illuminé mes jours et
soutenu mes pas. Que Dieu te garde et emplisse ta vie de bonheur et de sérénité.

À ma sœur **Ismahane**,

Ta douceur, ton soutien discret et ta présence rassurante ont toujours été pour moi une source
de réconfort et de motivation.

À mon frère **Ilyes**,

Ta confiance et ton affection fraternelle m'ont donné la force d'avancer avec détermination.

À ma clique,

Pour les rires partagés, les encouragements sincères et l'amitié authentique qui a rendu ce
parcours plus léger et inoubliable.

À mon amie **Ikram (bouz)**,

Merci pour ton écoute, ton soutien fidèle et ton amitié précieuse, qui ont été d'un grand
réconfort dans les moments de doute comme dans les instants de joie.

À mon ami **Noureddine Boulahya (cher camarade)**,

Pour ton appui sincère, ta confiance et ta présence amicale, qui ont marqué ce parcours d'une
empreinte particulière.

À toutes les personnes qui occupent une place dans mon cœur,

Pour vos encouragements, votre bienveillance et votre chaleur humaine qui ont rendu cette
aventure plus belle.

ملخص:

هذا المذكرة تعرض دراسة التصميم و الحجم لشبكة صرف صحي منفصل مخصصة لـ 3000 سكن، الواقع في بلدية بوعينان (ولاية البليدة).

يهدف المشروع إلى جمع منفصل لكل من المياه المستعملة المنزلية و مياه الأمطار، من أجل ضمان إدارة فعالة و مطابقة للمعايير

تتضمن الدراسة التحليل الهيدرولوجي، و حساب التدفقات القصوى، إضافة إلى تحديد منشآت الجمع والنقل الملائمة لـ قيود الموقع

الهدف هو اقتراح حل تقني موثوق، يساهم في الحماية من الفيضانات و تحسين إطار معيشة السكان.

الكلمات المفتاحية: المياه المستعملة، شبكة صرف صحي منفصل، التحليل الهيدرولوجي، مياه الامطار، الفيضانات، منشآت الجمع.

Résumé:

Ce mémoire présente l'étude de conception et de dimensionnement d'un réseau d'assainissement séparatif pour la cité des 3 000 logements, située dans la commune de Bouinan (wilaya de Blida). Le projet vise à collecter séparément les eaux usées domestiques et les eaux pluviales, afin d'assurer une gestion efficace et conforme aux normes. L'étude comprend l'analyse hydrologique, le calcul des débits de pointe ainsi que la définition des ouvrages de collecte et de transport adaptés aux contraintes du site. L'objectif est de proposer une solution technique fiable, contribuant à la protection contre les inondations et à l'amélioration du cadre de vie des habitants.

Mots-clés : eaux usées, réseau d'assainissement séparatif, analyse hydrologique, eaux pluviales, inondations, ouvrages de collecte.

Abstract :

This thesis presents the study of design and dimensioning of a separate sewerage network for the housing estate of 3,000 dwellings, located in the municipality of Bouinan (Blida province).

The project aims to collect separately domestic wastewater and stormwater, in order to ensure efficient management and compliance with standards.

The study includes the hydrological analysis, the calculation of peak flows, as well as the definition of collection and transport structures adapted to the site constraints.

The objective is to propose a reliable technical solution, contributing to flood protection and the improvement of residents' living conditions.

Keywords: wastewater, separate sewerage network, hydrological analysis, stormwater, floods, collection structures.

SOMMAIRE :

INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE.....	2
INTRODUCTION :	3
I.SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA COMMUNE DE BOUINAN :	3
II.LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE :	4
III.SITUATION TOPOGRAPHIQUE :	4
IV.SITUATION GEOLOGIQUE :	5
V.SITUATION HYDROGEOLOGIQUE :	6
VI.SISMICITE :	6
VII.SITUATION CLIMATIQUE :	7
VII.1. TEMPERATURE :	7
VII.2. PLUVIOMETRIE :	8
VII.3. HUMIDITE RELATIVE :	8
VII.4. EVAPORATION :	9
IX.SITUATION HYDRAULIQUE :	10
IX.1 ALIMENTATION EN EAU POTABLE :	10
IX.2 ASSAINISSEMENT :	11
CONCLUSION :	12
CHAPITRE II : CALCULS HYDROLOGIQUES.....	13
INTRODUCTION :	14
I.LES AVERSES :	14
II.LES PETITES PLUIES :	14
III.PERIODE DE RETOUR :	15
IV.TEMPS DE CONCENTRATION :	15
IV.1 LES COMPOSANTES DU TEMPS DE CONCENTRATION :	15
IV.2 LA FORMULE SYNTHETIQUE DU TEMPS DE CONCENTRATION :	16
V.DETERMINATION DE L'INTENSITE MOYENNE MAXIMALE DE PRECIPITATION :	16
V.1 LA SERIE DES DONNEES PLUVIOMETRIQUE :	17
V.2 ANALYSE DES DONNEES PLUVIOMETRIQUES ET CHOIX DU TYPE D'AJUSTEMENT :	19
V.3 AJUSTEMENT A LA LOI DE GUMBEL :	22
V.4 AJUSTEMENT A LA LOI DE GALTON (LOG NORMAL) :	23
V.5 AJUSTEMENT LOI DE GEV :	25
V.6 TEST D'ADEQUATION DE KHI-DEUX :	26
V.7 COMPARAISON ENTRE LES LOIS D'AJUSTEMENTS :	28
VI.CALCUL DES PLUIES ET DES INTENSITES DE COURTE DUREE :	29
CONCLUSION :	31
CHAPITRE III : CALCUL DE BASE	32
INTRODUCTION :	33
III.1 SITUATION DEMOGRAPHIQUE :	33
III.2 SYSTEME D'EVACUATION :	33

III.2.1 SYSTEME UNITAIRE :	33
III.2.2 SYSTEME SEPARATIF :	34
III.2.3 SYSTEME PSEUDO- SEPARATIF :	34
III.3 CHOIX DU SYSTEMES D'EVACUATION :	37
CONSTATATION :	37
III.4 SCHEMA D'EVACUATION :	37
III.4.1 SCHEMA PERPENDICULAIRE :	37
III.4.2 SCHEMA PAR DEPLACEMENT LATERAL :	38
III.4.3 SCHEMA TRANSVERSAL OU OBLIQUE :	38
III.4.3 SCHEMA DE COLLECTEUR PAR ZONE ETAGEES :	39
III.4.4 SCHEMA RADIALE :	39
III.5 CHOIX DE SCHEMA :	39
III.6 CHOIX DE DECOUPAGE DES SURFACES ELEMENTAIRES :	40
REMARQUE :	40
III.7 PRINCIPE DU TRACE DU RESEAU :	40
III.8 LE COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT :	41
III.8.1 EVALUATION DE COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT :	41
III.8.2 COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT RELATIF A LA CATEGORIE D'URBANISATION :	42
III.8.3 COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT EN FONCTION DE LA DENSITE DE POPULATION :	42
III.8.4 COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT EN FONCTION DE LA ZONE D'INFLUENCE :	42
III.8.5 COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT RELATIF A DIVERSES SURFACES :	43
III.9 CALCUL DU COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT PONDERE TOTAL :	44
III.10 CALCUL DE LA POPULATION DE CHAQUE SURFACE ELEMENTAIRE :	45
III.10.1 CALCUL DE LA DENSITE PARTIELLE :	45
CHAPITRE IV : ESTIMATION DES DEBITS DE PROJET	48
INTRODUCTION :	49
IV.1 ÉVALUATION DES DEBITS DES EAUX USEES :	49
IV.1.1 GENERALITES :	49
IV.1.2 NATURE DES EAUX USEES A EVACUER :	49
A. LES EAUX USEES D'ORIGINE DOMESTIQUE :	50
IV.1.3 CONSOMMATION EN EAU POTABLE :	51
IV.1.4 ESTIMATION DES DEBITS D'EAUX USEES :	52
IV.2 ÉVALUATION DES DEBITS DES EAUX PLUVIALES :	55
IV.2.1 METHODE RATIONNELLE :	55
IV.2.2 METHODE SUPERFICIELLE :	58
IV.2.3 CHOIX DE LA METHODE DE CALCUL :	61
IV.3 CALCUL DES DEBITS PLUVIAUX :	61
IV.3.1 ÉVALUATION LE COEFFICIENT REDUCTEUR A :	61
CONCLUSION :	63
CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME	64
INTRODUCTION :	65
V.1 CONCEPTION DU RESEAU :	65
V.2 DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT :	65

V.2.1 CONDITIONS D'ÉCOULEMENT ET DE DIMENSIONNEMENT :	65
V.2.2 FORMULES D'ÉCOULEMENTS :	66
V.2.3 MODE DE CALCUL :	67
CONCLUSION :	85
CHAPITRE VI : MANAGEMENT DE PROJET	86
INTRODUCTION :	87
VI.1 REALISATION DES TRAVAUX :	87
VI.1.1 VERIFICATION, MANUTENTION ET STOCKAGE DES CONDUITES :	87
VI.1.2 DECAPAGE DE LA COUCHE DE VEGETATION (GOUDRONNE) :	89
VI.1.3 EMBLACEMENT DES JALONS DES PIQUETS :	89
VI.1.4 EXECUTION DES TRANCHEES ET DES FOUILLES POUR LES REGARDS :	89
VI.1.5 AMENAGEMENT DU LIT DE POSE :	90
VI.1.6 LA MISE EN PLACE DES CONDUITES :	91
VI.1.7 ASSEMBLAGE DES CONDUITES :	91
VI.1.8 ESSAIS SUR LES JOINTS ET LES CANALISATIONS :	92
VI.1.9 CONSTRUCTION DES REGARDS ET DES BOITES DE BRANCHEMENT :	92
VII.1.10 REMBLAIEMENT DES TRANCHEES :	93
VII.2 CHOIX DES ENGINS :	94
VII.3 DETERMINATION DES DIFFERENTS VOLUMES DES TRAVAUX :	96
VII. DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF :	98
VI.5 ORGANISATION ET OPTIMISATION DE L'EXECUTION DES TRAVAUX :	100
VI.5.1 TECHNIQUES DE LA PLANIFICATION :	100
VI.5.2 LES ETAPES DE LA PLANIFICATION :	102
VI.5.3 DESCRIPTIF DU PERSONNEL ET DU MATERIEL MOBILISE :	103
CONCLUSION GENERALE	110

Liste des figures :

Figure I-1 : carte géographique de la commune de Bouinan.....	3
Figure I-2 : Localisation géographique de notre zone d'étude	4
Figure I-3 : la morphologie de la commune de Bouinane	5
Figure I-4 : carte géologique de Mitidja.....	5
Figure I-5 : Chevelu hydrographique et stations pluviométriques	6
Figure I-6 : Carte de classification de sismicité des wilayas d'Algérie	7
Figure I-7 : Cours d'eau de la nouvelle ville de Bouinan.....	10
Figure I-8 : les réseaux hydrographiques de la commune de Bouinane	10
Figure II-1 : Graphe d'ajustement de la série à la loi de Gumbel à l'aide du logiciel Hyfran.	23
Figure II-2 : Graphe d'ajustement de la série à la loi de Galton à l'aide du logiciel Hyfran.	25
Figure II-3 : Graphe d'ajustement de la série à la loi de Galton à l'aide du logiciel Hyfran.	26
Figure II-4 : Comparaison entre les trois graphes d'ajustement de la série à l'aide du logiciel Hyfran.	28
Figure II-5 : tableau de comparaison entre les trois lois GUMBEL, GALTON et GEV selon AIC et BIC à l'aide du logiciel Hyfran.	28
Figure III-1 : Schéma d'un système unitaire	34
Figure III-2 : Schéma d'un système séparatif	34
Figure III-3 : schéma représentatif des branchements dans le système unitaire	35
Figure III-4 : Schéma perpendiculaire	38
Figure III-5 : Schéma par déplacement latéral	38
Figure III-6 : Schéma à collecteur transversal ou oblique	38
Figure III-7 : Schéma par zones étagées	39
Figure III-8 : Schéma radial	39
Figure IV-1 : la méthodologie de détermination des débits	63
Figure V-1 : diagramme des étapes de dimensionnements d'un réseau	68
Figure V-2 : Des conduites en PVC structuré à double paroi.....	71
Figure V-3 : Des conduites en PVC rigide	72
Figure V-4 : Des conduites en béton	73
Figure V-5 : Exemple d'un branchement simple	75
Figure V-6 : Exemple d'un regard simple.	76
Figure V-7 : Détermination du volume du bassin.....	79
Figure V-8 : Évolution du débit total moyen (Q_{tm}) en fonction du temps	83
Figure V-9 : Bassin de retenue	85
Figure VI-1 : Stockage de collecteurs	88
Figure VI-2 : Schéma de Pose du lit de sable.....	90
Figure VI-3 : Assemblage des conduites.....	91
Figure VI-4 : Système branchement réseau assainissement.....	93
Figure VI-5 : Réseau à nœuds.	107
Figure VI-6 : Diagramme de GANTT.....	108

Liste des tableaux :

Tableau I-1 : Précipitations moyennes mensuelles (2000-2019)	7
Tableau I-2 : Précipitations moyennes mensuelles (mm) de la station de larbaa.....	8
Tableau I-3 : Humidité moyenne mensuelle.	9
Tableau I-4 : Répartition mensuelle de l'évaporation	9
Tableau I-5 : Les caractéristiques des forages projetés du champ de captage de Khodem.....	11
Tableau II-1 : Identification de la station pluviométrique de Larbaa.....	17
Tableau II-2 : La série pluviométrique (station de Larbaa) 1980-2024	18
Tableau II-3 : Caractéristiques de la série.....	20
Tableau II-4 : Ajustement de la série à la loi de Gumbel à l'aide du logiciel Hyfran	23
Tableau II-5 : Ajustement de la série à la loi de Galton à l'aide du logiciel Hyfran.	24
Tableau II-6 : Ajustement de la série à la loi de GEV à l'aide du logiciel Hyfran.	26
Tableau II-7 : Les paramètres de test Khi2	27
Tableau II-8 : les résultats de calcul de la pluie et l'intensité de courte durée.	30
Tableau III-1 : Avantages et inconvénients des différents systèmes	35
Tableau III-2 : Coefficient de ruissellement en fonction de la catégorie d'urbanisation.....	42
Tableau III-3 : Coefficients de ruissellement en fonction de la densité de population.....	42
Tableau III-4 : Coefficients de ruissellement en fonction de la zone d'influence.	43
Tableau III-5 : Coefficient de ruissellement en fonction de surface drainée.	43
Tableau III-6 : Calcul du coefficient de ruissellement pondéré de surfe élémentaire.	44
Tableau III-7 : Calcul du nombre d'habitants des sous bassins.....	46
Tableau IV-1 : Évaluation des débits des eaux usées générés par les équipements.....	54
Tableau IV-2 : Évaluation des débits de pointe des eaux usées par surface élémentaires	54
Tableau IV-3 : Calcul des caractéristiques équivalentes pour des bassins versants associés en série ou en parallèle	60
Tableau IV-4 : Les valeurs du coefficient réducteur α	61
Tableau IV-5 : Calcul des débits pluviaux en chaque surface élémentaire.....	62
Tableau V-1 : Analyse technico-économique des matériaux de canalisation.	70
Tableau V-2 : Variation du débit Q _{tm} selon le temps (t)	82
Tableau V-3 : Tableau récapitulatif de calcul	84
Tableau V-4 : Tableau récapitulatif des calculs au tc.....	85
Tableau VI-1 : Coefficients de foisonnement pour différente nature de sol.	97
Tableau VI-2 : Résultats de calcul des volumes.....	98
Tableau VI-3 : Devis quantitatif et estimatif.....	99
Tableau VI-4 : Les symboles et les durées de différentes opérations.	104
Tableau VI-5 : l'opération précède et succède de chaque opération.....	106
Tableau VI-6 : Détermination des délais.....	106

Liste des Planches :

Planche 1 : Plan de masse cité 3000 logements Bouinane.

Planche 2 : réseaux des eaux pluviales.

Planche 3 : réseaux des eaux usées.

Planche 4 : Profil en long des collecteurs.

Planche 5 : ouvrages annexes.

Liste des annexes :

Annexe I : Tableau de la loi de khi-deux.

Annexe II : Tableau de coefficient de Manning-Strickler (k_s)

Annexe III : Abaque de variations des débits et des vitesses en fonction de la hauteur de remplissage (d'après la formule de Bazin)

Annexe IV : Abaque de dimensionnement des canalisations circulaires d'après la formule de Bazin.

Annexe V : Tableaux des calculs hydrauliques des collecteurs.

Introduction générale

L'assainissement constitue une étape essentielle du cycle de l'eau. Il représente une spécialité cruciale dans la mesure où il contribue à la fois à la protection de la santé publique et à la préservation de l'environnement. Cette discipline englobe la collecte, le transport et le traitement des eaux usées et pluviales.

En Algérie, les défis liés à l'assainissement sont particulièrement prononcés dans les zones rurales, aussi bien au Nord qu'au Sud du pays. L'un des problèmes environnementaux les plus flagrants reste le rejet direct des eaux usées dans le milieu naturel, sans traitement préalable. Cette situation est exacerbée par l'état dégradé ou l'inexistence de réseaux d'assainissement, l'absence d'un entretien régulier, ainsi que l'utilisation d'infrastructures inadaptées à une évacuation efficace des eaux usées.

Actuellement, la wilaya de Blida connaît, à l'instar des grandes agglomérations du pays, un développement accéléré dans le secteur de la construction, notamment en matière de logements sociaux et promotionnels. Cette dynamique engendre inévitablement une augmentation des volumes d'eaux usées et pluviales à évacuer, rendant indispensable la mise en place d'un système d'assainissement adapté et performant.

Notre travail consiste à concevoir un réseau d'évacuation des eaux usées et pluviales pour une cité 3000 logements (ensemble de constructions AADL) de la nouvelle ville de Bouinan, située au cœur de la wilaya de Blida.

Dans le cadre de notre travail, nous avons tout d'abord présenté la zone d'étude en mettant l'accent sur ses principales caractéristiques, notamment topographiques et hydrologiques. Ensuite, nous avons procédé au calcul des différents débits à évacuer, préalable essentiel au dimensionnement du réseau séparatif. Enfin, l'étude s'est conclue par l'élaboration du tracé du plan d'évacuation.

Chapitre I : Présentation de la zone

Introduction :

Le projet d'assainissement urbain, qu'exige Notre agglomération, nécessite certaines informations et données relatives au calcul des différents ouvrages hydrauliques constituant le système d'évacuation à projeter. Ces éléments englobent les données géographiques, démographiques et notamment la situation hydraulique. A la base de ces données et informations exploitées, le système d'assainissement urbain à projeter sera appelé à évacuer d'une façon adéquate tous les effluents de nature confondu vers le milieu extérieur et la station d'épuration pour éviter la nuisance du milieu environnant.

I. Situation géographique de la commune de Bouinan :

La commune de Bouinan est située l'Est de la Wilaya de Blida, à environ 16 km au nord-est du chef-lieu de Wilaya. Elle est limitée

- Au nord par les communes de Boufarik et Chebli.
- Au Sud par les communes de Chréa et Hammam Melouane,
- A l'Est par la commune de Bougara,
- A l'Ouest par la commune de Soumaa. (Figure 1.1)

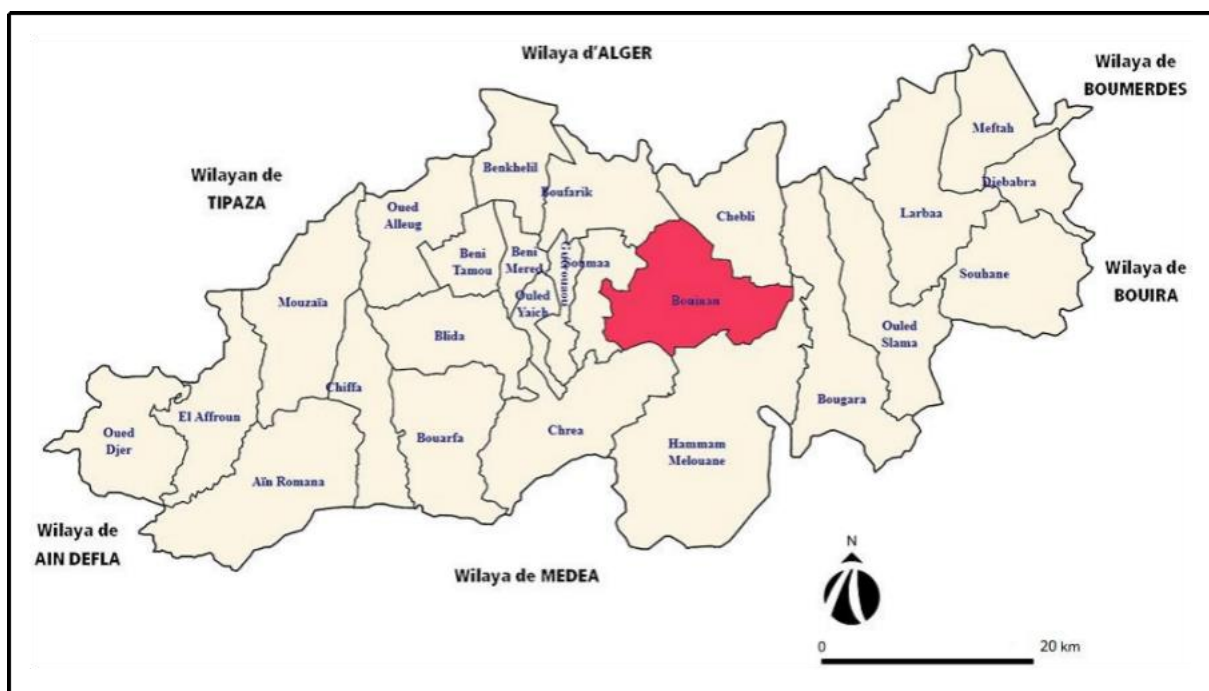


Figure I-1 : carte géographique de la commune de Bouinan

Source : DRE blida 2019

II. Localisation de la zone d'étude :

La zone concernée par le projet s'étale entre les agglomérations de Bouinan, Amroussa, Mellaha et Hassainia.

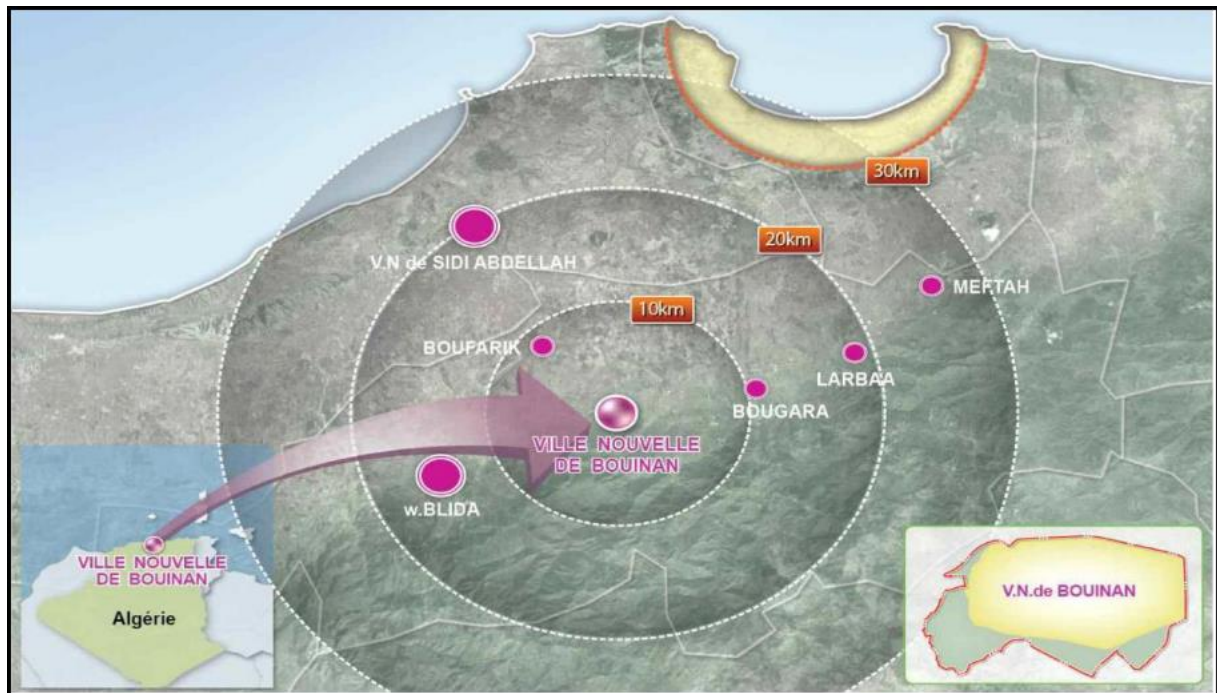


Figure I-2 : Localisation géographique de notre zone d'étude

Source : bureau d'étude

III. Situation topographique :

L'étude topographique est un élément clé dans la conception d'un réseau d'assainissement, car l'évacuation des eaux repose principalement sur un écoulement gravitaire. Toutefois, lorsque la pente est inversée, le relief impose l'installation de systèmes de relevage.

Notre superficie de la région d'étude se compose de deux zones distinctes : une plaine à faible dénivelé et une zone collinaire présentant une pente plus marquée. Le site est globalement caractérisé par un relief plat, avec des altitudes variant entre 65,56 m et 85,20 m NGA. De plus, l'altitude tend à s'élever en direction du sud.

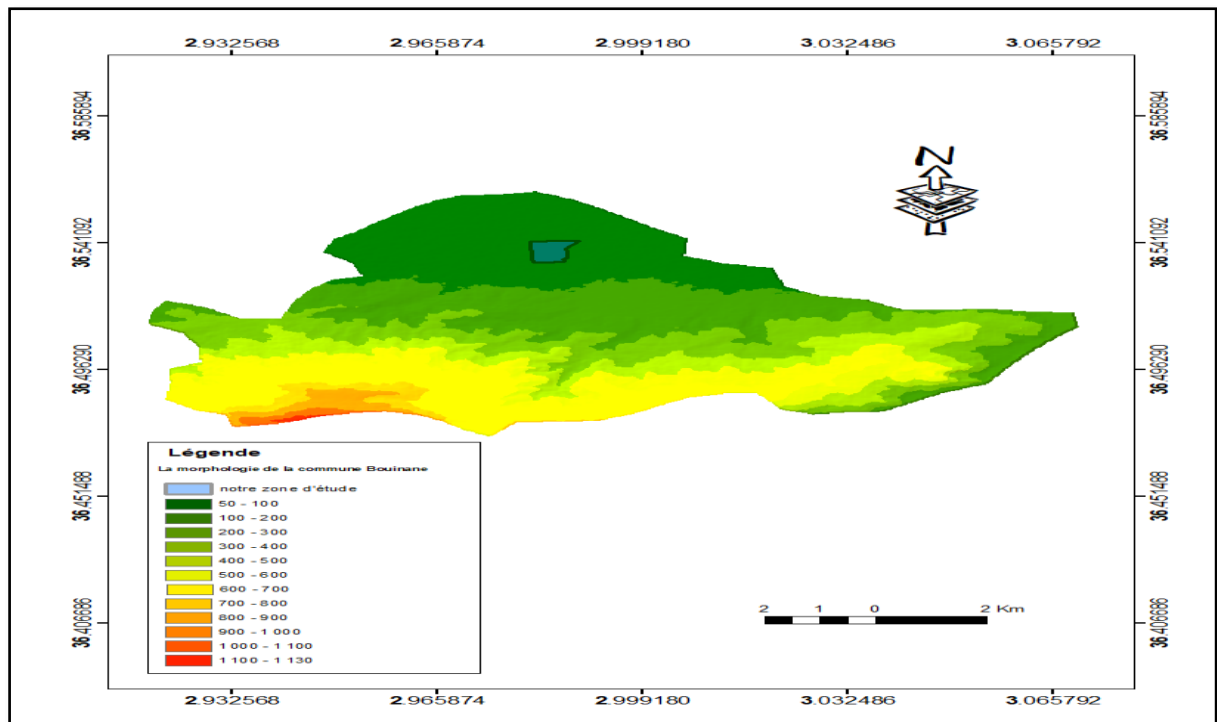


Figure I-3 : la morphologie de la commune de Bouinane

IV. Situation géologique :

La géologie analyse la composition du sol afin de définir les méthodes de réalisation des tranchées ainsi que le choix des équipements appropriés. La zone étudiée se situe dans la Mitidja, une région caractérisée par des terres particulièrement fertiles, propices aux activités agricoles.

Le sous-sol de notre zone d'étude est principalement constitué d'alluvions, notamment d'argile, de limon et de sable, qui représentent plus de la moitié de sa structure géologique.

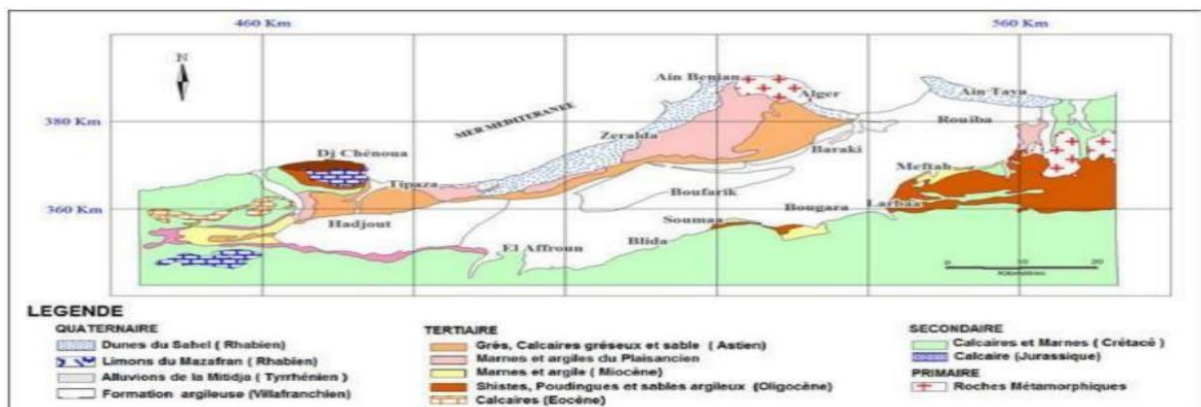


Figure I-4 : carte géologique de Mitidja

Source : ARNH Blida

V. Situation hydrogéologique :

Notre zone d'étude est influencée par sa position au sein du bassin versant de l'oued El Harrach. Ce bassin, couvrant une superficie de 1 207 km², s'étend de Bouinan à Meftah et est délimité au nord par le Sahel et la mer.

L'alimentation en eau souterraine provient de la nappe du bassin d'El Harrach, dont le rechargement repose sur plusieurs éléments :

- Les précipitations, qui constituent une source d'apport pluviométrique direct.
- L'infiltration des eaux en provenance des oueds environnant.
- L'ascien, qui contribue à l'alimentation de la nappe soit par contact direct avec les alluvions en bordure du Sahel, soit par drainage à travers les formations marneuses.

Ce processus assure la stabilité du niveau de la nappe et en fait une ressource essentielle pour la région.



Figure I-5 : Chevelu hydrographique et stations pluviométriques

Source : bureau d'étude

VI. Sismicité :

La zone d'étude se trouve au-dessus d'une faille tectonique marquant la séparation entre les continents africain et européen, ce qui la rend géologiquement instable.

D'après le Centre National de Recherche Appliquée en Génie Parasismique (CGS), elle est classée en zone II-b, correspondant à une sismicité modérée avec une période de retour estimée entre 30 et 40 ans.

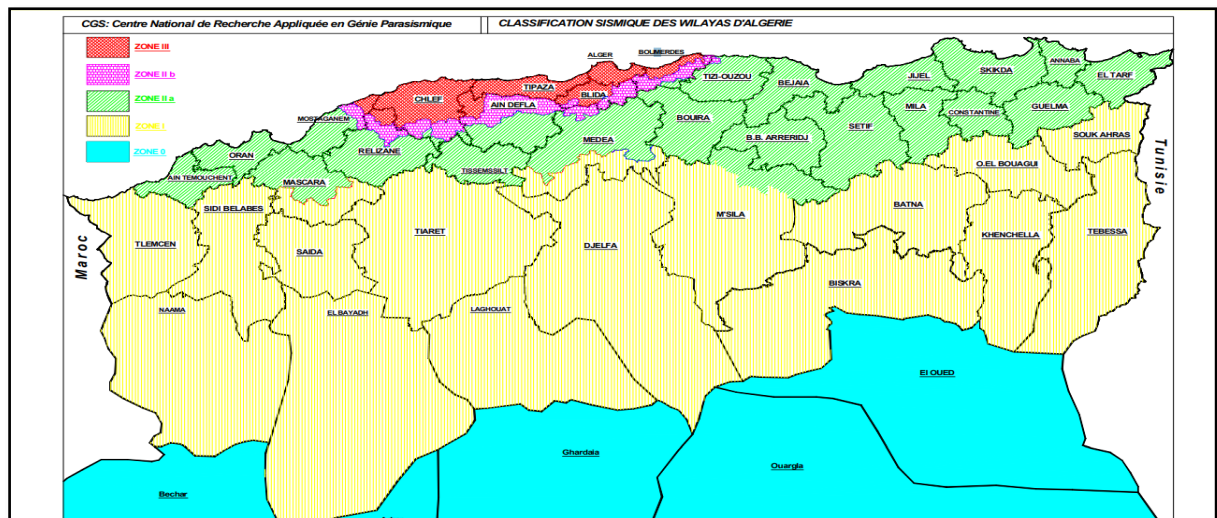


Figure I-6 : Carte de classification de sismicité des wilayas d'Algérie

Source : Carte sismique RPA 200

VII. Situation climatique :

La ville de Bouinan possède un climat méditerranéen à semi-aride, qui se caractérise par :

- Des Etés Chauds Et Secs
- Des Hivers Doux Et Humides.

VII.1. Température :

Ce paramètre est déterminant pour l'évaluation du déficit d'écoulement et intervient dans l'estimation du bilan hydrologique. Les données exploitées proviennent des relevés réalisés à la station de Larbaà, où les températures ont été enregistrées sur la période 2000-2019

Tableau I-1 : Précipitations moyennes mensuelles (2000-2019)

mois	Jan	Févr	Ma r	Avr.	Mai	Juin	Juil	Ao	Sept	Oct.	Nov	Déc
T(°c)	9	10	12	15	18	23	27	27	23	20	14	11
T _{min} (°c)	5	5	7	9	13	16	20	20	18	15	10	7
T _{max} (°c)	15	15	18	21	24	30	33	33	29	26	19	16

Source : ANRH Blida

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

- Une période froide qui s'étale de Novembre à Avril : Janvier est le mois le plus froid, avec une température moyenne de 9 °C.
- Une période chaude qui s'étale de Mai à Octobre : Le mois d'août, avec une température moyenne de 27 °C, est le plus chaud de l'année.

VII.2. Pluviométrie :

Les précipitations varient considérablement d'une année à l'autre et ne sont pas réparties de manière homogène tout au long de l'année. Leur distribution est influencée par plusieurs facteurs, notamment la latitude et la continentalité.

Le tableau suivant (Tableau VI.2.1) présente les précipitations moyennes mensuelles sur une période d'observation de 19 ans (2000-2019) :

Tableau I-2 : Précipitations moyennes mensuelles (mm) de la station de larbaa

Mois	Sept	Oct.	No v	Déc	Jan	Févr.	Mar	Avr.	Mai	Juin	Juil	Aout	Année s
P(mm))	27.42	37.78	84.8	99.72	117.3	82.41	74.81	59.08	44.39	8.98	1.86	7.185	645.68

Source : ANRH Blida

La pluviométrie moyenne annuelle pour la période (2000- 2019) est de 646 mm.

- Le mois le plus pluvieux de l'année est le mois de janvier avec une moyenne de 117 mm.
- Les plus faibles précipitations sont enregistrées en mois de Juillet avec une moyenne de 1.86mm

VII.3. Humidité relative :

L'humidité relative, exprimée en pourcentage, indique la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air par rapport à sa capacité maximale à une température donnée. À Bouinan, dans la wilaya de Blida, la moyenne mensuelle de l'humidité relative oscille entre 77 % et 80 % selon ARNH de Blida.

Tableau I-3 : Humidité moyenne mensuelle.

Mois	Jan	Fé v	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Moy
H _{moy} (%)	76	76	72	71	68	57	46	52	63	67	75	76	67

Source : ANRH Blida

VII.4. Evaporation :

La répartition mensuelle de l'évaporation (Tableau I-4) montre une variation irrégulière d'un mois à un autre.

Tableau I-4 : Répartition mensuelle de l'évaporation

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Moyen ne (mm)
Max. (mm)	156.6	192.3	195.5	224.1	170.3	209.7	186.4	162.7	308.9	277.4	281.4	233.4	2598.7
Min. (mm)	48.41	23.2	38.8	28.4	26.4	44.8	31.1	70.8	80.5	56.6	40	153.6	642.61
Moy. (mm)	102.5	107.8	117.2	126.3	98.35	127.3	108.8	116.8	194.7	167	160.7	193.5	1620.7

Source : ANRH Blida (2010)

Le tableau précédent montre que l'évaporation mensuelle varie entre un minimum de 23,2 mm enregistré en octobre et un maximum de 308,9 mm relevé en mai.

VIII. Situation hydrologique:

Le climat hydrologique de Bouinan, située dans la wilaya de Blida, présente des précipitations modérées, principalement en saison hivernale. La période la plus pluvieuse s'étale de novembre à mars, avec un pic en janvier. À l'inverse, l'été est marqué par une forte sécheresse, provoquant un déficit hydrique notable.

Le réseau hydrographique du site de la nouvelle ville de Bouinan est constitué de quatre (04) oueds de Magtaa-Lazreg : Oued Amroussa, Oued Klab, Oued El-Had et Oued Safsaf. Ces oueds ont un débit presque nul durant la saison sèche, mais durant la saison pluviale, s'étalant de Novembre à Février, le débit augmente considérablement en charriant des sédiments. Une partie importante de ces eaux s'infiltrate dans le sol.

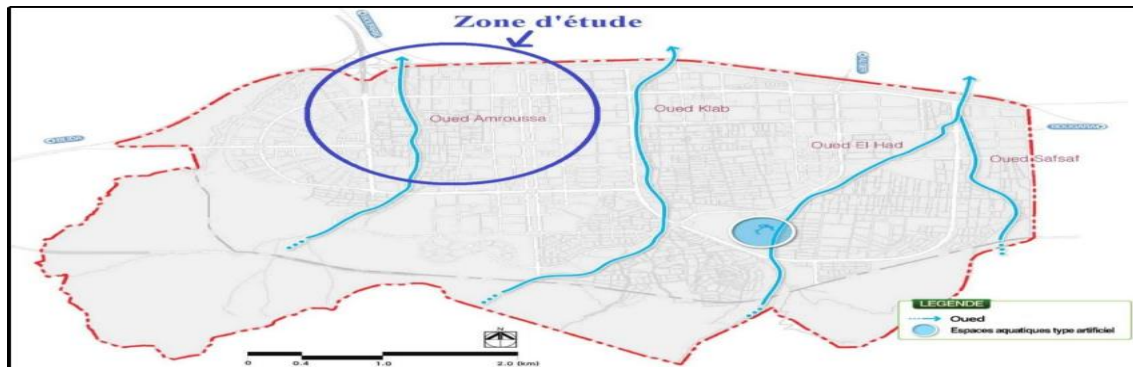


Figure I-8 : Cours d'eau de la nouvelle ville de Bouinan

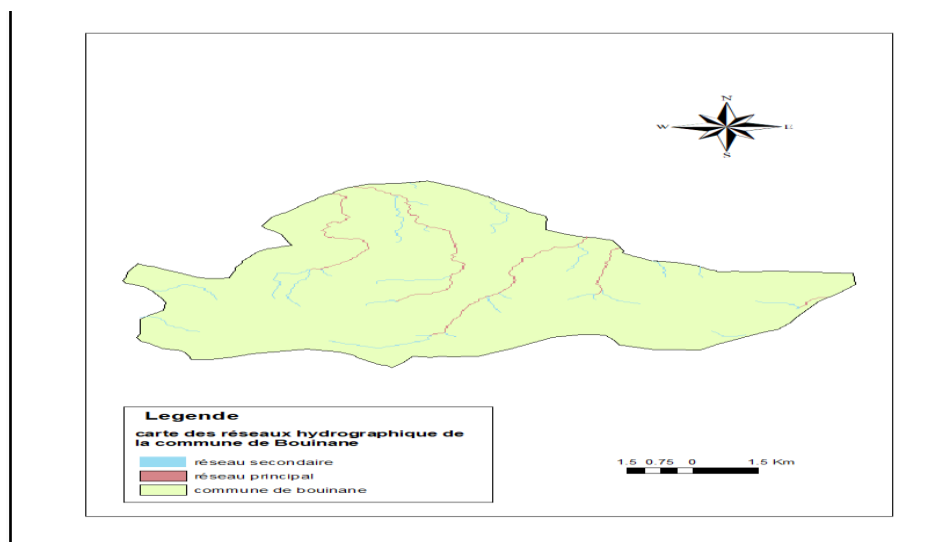


Figure I-7 : les réseaux hydrographiques de la commune de Bouinane

IX. Situation hydraulique :

IX.1 Alimentation en eau potable :

L'approvisionnement en eau potable de la commune de Bouinan est assuré par le champ de captage de Khodem, qui dispose d'un réseau de collecte constitué de huit (08) forages (Tableau I-5). La consommation spécifique actuelle est estimée à 150 l/j/hab.

Tableau I-5 : Les caractéristiques des forages projetés du champ de captage de Khodem

Forage projeté	X (m)	Y (m)	CTN (m)	Niveau dynamique (m)	Débit d'exploitation (L/s)
F1	496 707	4 049 201	45.81	-27.81	15
F2	496 810	4 048 998	44.65	-25.35	15
F3	496 986	4 048 093	47.84	-22.16	15
F4	497 008	4 047 849	48.66	-21.34	20
F5	496 195	4 048 284	46.03	-23.97	15
F6	496 351	4 048 461	45.58	-24.42	20
F7	495 977	4 048 428	44.91	-25.09	15
F8	495 661	4 048 621	43.71	-26.29	15

Source : DRE

L'alimentation en eau potable repose sur un réservoir de 1000 m³, approvisionné par un système d'adduction relié aux forages, chacun étant doté d'un poste de pompage indépendant.

Le réseau de distribution de la nouvelle ville adopte une configuration en maillage et est majoritairement réalisé en conduites en PEHD (2019)

IX.2 Assainissement :

Notre zone urbanisée concernée par le projet d'assainissement urbain est récemment créée et ne comporte pas de système d'assainissement ni de réseau de VRD.

Conclusion :

Nous avons pu présenter à travers ces chapitres les données et informations qui nous seront nécessairement utiles pour l'élaboration du système d'évacuation qui sera récemment projeté malgré l'absence du réseau d'évacuation. Ces données nous seront également utiles pour l'élaboration des prochains chapitres notamment celui du dimensionnement

Chapitre II : Calculs hydrologiques

Introduction :

L'hydrologie peut être définie comme la science qui s'intéresse à l'étude du cycle de l'eau au sein de la nature, en mettant l'accent sur les interactions entre l'atmosphère, la surface terrestre et le sous-sol. Elle s'attache également à quantifier les différents flux hydriques.

Dans le cadre de la conception des systèmes d'assainissement, l'étude hydrologique constitue une étape essentielle. Son objectif est d'évaluer l'intensité moyenne maximale des précipitations en se basant sur l'analyse des pluies extrêmes et des averses, ainsi que sur le choix d'une période de retour appropriée. Cette démarche vise à garantir la protection du réseau face aux risques liés aux crues importantes.

I. Les averses :

Les averses sont des précipitations générées par une seule perturbation atmosphérique, dont la durée peut aller de quelques minutes à plusieurs dizaines d'heures (BOURRIER.R, 1981).

Dans les études hydrologiques, ces événements extrêmes se distinguent par :

- Une hauteur d'eau significative.
- Une intensité élevée sur une courte période.
- Une contribution à la transformation de la pluie brute en pluie nette, influençant ainsi le débit.
- Un impact sur l'érosion et le transport de polluants via le ruissellement.

Ces caractéristiques nécessitent la mise en place d'un système de drainage performant.

II. Les petites pluies :

Il s'agit de précipitations intermédiaires entre les bruines, dont la faible intensité ne génère pas de ruissellement, et les averses orageuses. Le ruissellement apparaît lorsque la hauteur d'eau dépasse 0,5 mm, tandis qu'un volume supérieur à 1 mm est nécessaire pour engendrer des débits dans les réseaux.

III. Période de retour :

On définit ce temps comme la durée nécessaire à une averse d'intensité donnée pour se produire. Il est établi à partir d'une analyse technico-économique visant à équilibrer les coûts de réalisation du réseau et ceux liés à son entretien. Dans le cadre des projets d'assainissement, notamment en milieu fortement urbanisé, les collecteurs principaux sont généralement dimensionnés pour des débits correspondant à des périodes de retour de 20 à 50 ans. En Algérie, la pratique courante retient une période de retour de 10 ans ($T = 10$ ans).

IV. Temps de concentration :

Le temps de concentration est une caractéristique hydrologique fondamentale d'une surface. Il est défini comme la durée nécessaire à l'eau de pluie tombée sur le point le plus éloigné de la zone à drainer pour atteindre l'entrée du collecteur chargé d'évacuer le ruissellement.

Ce temps est particulièrement important dans le dimensionnement des réseaux d'assainissement, car il conditionne le moment où le débit maximal de ruissellement atteint le collecteur.

IV.1 Les composantes du temps de concentration :

Le temps de concentration (t_c) est généralement composé de trois temps partiels, correspondant aux différentes phases du cheminement de l'eau :

- Temps t_1 : Temps d'écoulement en canalisation

Ce temps, noté t_2 ou parfois t_a , correspond à la durée d'écoulement de l'eau dans les canalisations du réseau, depuis le premier point d'engouffrement jusqu'à l'exutoire. Il est calculé selon la formule :

$$t_1 = \frac{L}{60 V} \dots\dots\dots(II.1)$$

Avec :

L : la longueur de la conduite (en mètres),

V : la vitesse moyenne d'écoulement (en m/h).

- Temps t_2 : Temps de ruissellement superficiel initial

Ce temps, noté t_2 , représente la durée que met l'eau de pluie à parcourir la distance entre le point de chute et le premier ouvrage d'engouffrement (ex. : bouche d'égout, avaloir). Il s'agit

d'un parcours non canalisé sur une surface naturelle ou artificielle (routes, trottoirs, etc.). Ce temps est influencé par la pente, de la rugosité, de l'état de la surface et des conditions météorologiques. En pratique, t_1 varie généralement entre 1 et 20 minutes.

- Temps t_3 : Temps de ruissellement sur une surface sans canalisation

Le temps t_3 désigne le ruissellement sur une surface naturelle ou imperméabilisée, ne comportant pas de canalisation, autrement dit un parcours entièrement superficiel. Il s'agit d'un temps de ruissellement libre, sur une pente, souvent dans un contexte rural ou en l'absence d'infrastructures de drainage. Ce temps dépend fortement de la topographie (pente), de la rugosité du sol et de la longueur du parcours.

$$t_3 = \frac{L}{11\sqrt{I}} \dots\dots\dots(\text{II.2})$$

IV.2 La formule synthétique du temps de concentration :

Le temps de concentration total s'exprime donc par la somme des trois temps partiels :

$$t_c = t_1 + t_2 + t_3$$

En pratique, selon les configurations, t_1 et t_3 peuvent être regroupés, ou bien l'un des deux peut être négligé si non significatif. La prise en compte précise de ces composantes est essentielle pour simuler correctement le comportement hydrologique du bassin versant et assurer un dimensionnement optimal des ouvrages de collecte.

V. Détermination de l'intensité moyenne maximale de précipitation :

En hydrologie urbaine, l'étude de l'intensité moyenne maximale revêt une importance particulière pour le dimensionnement des réseaux d'égouts, des dispositifs de drainage et des ouvrages de protection contre l'érosion. L'intensité d'une précipitation correspond au volume d'eau qui traverse une surface horizontale unitaire, exprimée en fonction du temps, le plus souvent en mm/h.

Dans le cadre d'un projet d'assainissement, l'ingénieur doit évaluer l'intensité moyenne maximale correspondant à un intervalle de temps Δt , en différents points du réseau, et susceptible d'être atteinte ou dépassée une fois tous les 10, 20 ou 50 ans. (TOUAIBIA.B, 2004)

L'intensité moyenne des précipitations est définie en fonction de la hauteur d'eau recueillie sur une période donnée, selon la relation suivante :

$$im = \frac{\Delta h}{\Delta t} \dots\dots\dots (II-3)$$

- i_m représente l'intensité moyenne en mm/h.
- Δh est la hauteur de pluie enregistrée durant l'intervalle Δt .

Pour déterminer l'intensité des précipitations, les étapes suivantes doivent être suivies :

- Analyser les données pluviométriques et sélectionner le type de loi statistique le plus approprié pour l'ajustement des résultats.
- Estimer et vérifier la pertinence des paramètres de la loi choisie.
- Calculer l'intensité moyenne des précipitations en fonction des données obtenues.

V.1 La série des données pluviométrique :

L'analyse des précipitations repose sur l'exploitation des relevés pluviométriques effectués dans plusieurs stations réparties sur une zone topographique donnée. Elle s'appuie sur l'hypothèse que la quantité de pluie enregistrée à une station est représentative des précipitations tombées sur une zone avoisinante, dont l'étendue varie en fonction de la densité du réseau de mesure. Cette zone est communément appelée : zone d'influence du pluviomètre.

la station pluviométrique de Larbaa est adoptée comme station de référence, car c'est la plus proche (15 km), la plus similaire en termes d'altitude et de latitude et la plus complète. Ses principales caractéristiques sont détaillées dans le tableau suivant :

Tableau II-6 : Identification de la station pluviométrique de Larbaa

Nom	Code	Coordonnées (UTM.Z 31)		durée d'observation
Larbaa	021403	X (m)	657647	44 ans
		Y (m)	4843935	
		Z (m)	100	

Source : ANRH Blida

La station enregistre une série pluviométrique comprenant les précipitations maximales mensuelles et annuelles. Cette série couvre une période d'observation de 44 ans allant de 1980/1981 A 2023/2024

Les données correspondantes sont présentées dans le tableau suivant (Tableau II-2).

Tableau II-7 : La série pluviométrique (station de Larbaa) 1980-2024

Année	Précipitations maximales journalières (mm)												Maxj. (mm)
	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	
80-81	0	22	26	68	17	23	25	76.1	15.5	1	0	25.5	76.1
81-82	1.5	13	9.5	29	39	40.5	12	10	17	16	0	1.5	40.5
82-83	26	24	37.5	18.5	1.5	19	7.5	5	6.5	0	8.5	6	37.5
83-84	0	19	13	45	55.5	38	12	18.5	46.5	11	0	0	55.5
84-85	19.5	84	17	19	25	17	66	5.5	54.5	0.5	0	0	84
85-86	22	24	91	11.5	11	34	81	12	2.5	23	19.5	0	91
86-87	42	8	28.5	40	33	25.5	4.5	0.5	101.5	32	0.5	0.5	101.5
87-88	17	17.5	35	16.5	19.5	20.5	42	15.5	22	16.6	0	0	42
88-89	13	38	19.5	55.5	3	12.5	4.5	28	19	3.5	1	1.5	55.5
89-90	1.5	2	2.5	25	2.1	0	8.8	16	10	0	2.4	0	25
90-91	2	8	8	16	30	22.8	20	10.8	18	2.4	0	2	30
91-92	5	80	16.6	3.4	77.6	14.1	24.9	38.1	37	12.5	2	0	80
92-93	5.5	73	69.7	13.9	22.4	24.8	19	18	38.6	0	2.7	2.8	73
93-94	19	34.7	26.2	34.6	128	26.5	0	28.5	0.5	0	0	0	128
94-95	43	17.1	22.6	40	80	25	41	6.8	0	15.6	0	5	80
95-96	8.4	20	15.5	10	43	32.1	16	72	8	14.5	1	1.2	72
96-97	40.3	15	9.3	22	14	25.5	16.9	44	13	7	1.7	9.1	44
97-98	25	53	42.8	30.5	27.3	33	15.4	31	46	3.9	0	6	53
98-99	8.6	11.2	24.5	30	28	55	29.9	7.1	3.6	2.9	0	1.5	55
99-00	25	16	18.2	42.8	2.3	7.3	10	12.5	19.5	0	0	0	42.8
00-01	4.4	14.8	24.5	24	37	27.5	0	14.3	2.4	0	0	0	37
01-02	10.8	8.5	29.6	20.4	28	15.8	22.8	27.2	13.3	0	3.6	26	29.6
02-03	24.2	26.5	45	70.5	37	56.3	10	44.4	27	0	0.6	0	70.5
03-04	19	10	25.2	33.9	38.4	34.5	43.8	32.2	33	0	8.1	0	43.8
04-05	16.5	26.5	62	36.1	32	18.8	14.4	8.1	2.4	0	0	0	62
05-06	10.2	26.5	20.9	32	34.2	39	12.1	1	16	0	0	3.8	39
06-07	5.5	25	25.8	54	2.1	31.4	76.8	37	3.2	0.9	0	8	76.8
07-08	42.2	47.6	40	32	0	13.2	24.7	19	19.6	0.9	5.5	0	47.6
08-09	12	6	35	40	36	14.6	22.5	12	12.8	0	0	0	40
09-10	45	22	27.3	36	35.2	12.5	56	10	11.3	0	0	24	56
10-11	4	18.6	12	20.1	62	27.8	11.5	21.6	47.9	15.2	0	1	62
11-12	18.8	18.7	9.5	22.5	15.8	38.5	30.2	21	6.2	0	0	16.5	38.5
12-13	4.5	26.1	18.9	12	16	28.5	18.5	30.9	86.3	3.4	0	7.8	86.3
13-14	7.4	12.5	31.5	60.3	35	23.7	32.8	1.4	3.1	49.8	0	0	60.3
14-15	23.1	15.3	12.8	43.7	40	24.3	28.2	0	5.5	2.8	0	0	43.7
15-16	2.6	28.5	15.2	0	48.1	32.7	51.4	26.1	39.4	0	0	0	51.4
16-17	2.2	7.2	29.3	50.6	52.9	7.5	22.6	8.8	15.9	16.5	0	0	52.9
17-18	43.8	23.2	43.9	35.6	9.7	25.3	21.1	49.1	39.9	37.5	0	0	49.1
18-19	15.8	12.9	66.3	34.2	41	11.2	17.8	31.1	11.2	6.2	2.5	2.7	66.3
19-20	14.1	13.6	42.4	8.9	13.1	0	26.5	30.6	16.5	10.5	0	7.5	42.4
20-21	25.5	17.5	19.1	29.5	10.8	8.8	22.8	9.5	12.1	4.2	0	2.5	29.5
21-22	15.5	34.7	58.9	25	10.2	21.8	23.1	40.6	26.5	0	0	0	58.9
22-23	25.5	6.3	19.2	12.2	31	4.8	26.9	5.8	29.5	11.8	0	0	31
23-24	12.3	0	81.3	25.1	18.2	43.9	7.1	17.4	1.2	0	0	0	43.9

ANRH BLIDA (2025)

V.2 analyse des données pluviométriques et choix du type d'ajustement :

V.2.1 Analyse de la série statistique :

L'analyse des données disponibles constitue généralement la première étape d'une étude de projet d'assainissement, permettant de situer précisément l'événement dans le temps.

L'analyse statistique des données pluviométriques vise à déterminer les caractéristiques empiriques d'un échantillon issu d'une série d'observations des précipitations mensuelles et des valeurs maximales journalières sur une période de 44 ans.

Les caractéristiques de cette série sont :

- La moyenne « $P_{j,max}$ » :

Avec $N = 44$, la moyenne interannuelle des précipitations maximales journalière :

$$\overline{P_{max,j}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{max,j}}{n} = \frac{2484.9}{44} = 56.475 \dots\dots\dots(II.4)$$

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

Pour $N = 44$ supérieur à 30 ans, on a :

$$\sigma P_{max,j} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{max,j} - \overline{P_{max,j}})^2}{n}} = 21.5 \dots\dots\dots(II.5)$$

- Le coefficient de variation « CV » :

Il permet de quantifier la fluctuation des données par rapport à la moyenne, et d'apprécier le degré d'homogénéité de la série étudiée.

$$CV = \frac{\sigma P_{max,j}}{\overline{P_{max,j}}} = \frac{21.5}{56.475} = 0.381 \dots\dots\dots(II.6)$$

Interprétation :

Un $CV = 0,381$ indique une variabilité modérée à élever des pluies maximales journalières.

En pratique :

- Si $CV < 0,2 \rightarrow$ faible variabilité (série homogène en générale)

- Si $0,2 < CV < 0,4 \rightarrow$ variabilité modérée
- Si $CV > 0,4 \rightarrow$ forte variabilité

Donc :

Cette valeur indique que les données présentent une certaine dispersion, reflétant une irrégularité interannuelle notable des événements extrêmes de pluie. Une telle variabilité peut avoir des implications importantes en matière de dimensionnement des ouvrages hydrauliques, notamment ceux destinés à la gestion des crues ou à l'évacuation des eaux pluviales. Elle souligne également la nécessité de prendre en compte cette fluctuation dans toute analyse de risque hydrologique ou de planification d'infrastructures.

Tableau II-8 : Caractéristiques de la série

Caractéristiques	Valeurs
Nombre d'années d'observation	44
Minimum des $P_{max j}$ en (mm)	25
Maximum des $P_{max j}$ en (mm)	128
La moyenne des $P_{max j}$ en (mm)	56.5
L'écart type en (mm)	21.5
Coefficient de variation	0,381

V.2.3 choix de la loi d'ajustement :

Il existe de nombreuses lois d'ajustement, mais leur application à un échantillon n'est possible que si les conditions d'homogénéité et de stationnarité sont respectées. Parmi celles-ci :

- Loi de Fuller ou loi Exponentielle.
- Loi Gamma, Lois de Pearson I et III.
- Loi de Gumbel ou Loi doublement exponentielle.
- Loi de Goodrich.
- Loi de Fréchet.
- Loi de Weibull.

Le choix des critères repose d'abord sur un ajustement graphique, suivi d'un test de dispersion. L'agencement des points sur un papier à probabilité permet, dans un premier temps, d'accepter ou de rejeter une loi : toute irrégularité, courbure inappropriée ou rupture de pente est alors considérée comme un mauvais ajustement.

Devant un tel problème, les critères de choix pouvant être retenus sont :

- A qualité égale, la loi qui a le moins de paramètres est retenir.
- A qualité égale et nombre de paramètres égal, il faut comparer les estimations.

Si les estimations sont proches, il convient de privilégier la loi la plus simple. En revanche, en cas de divergence significative, il est préférable d'adopter une nouvelle loi, quitte à ajouter un paramètre supplémentaire.

Quelle que soit la loi théorique d'ajustement appliquée à un échantillon, le processus de calcul reste identique. Il consiste à :

- Classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant ou décroissant, selon qu'il s'agit d'une fréquence de dépassement ou de non dépassement.
- Attribuer un numéro d'ordre à chaque valeur classée.
- Calculer la fréquence expérimentale à l'aide d'une formule empirique.
- Déterminer les caractéristiques empiriques de l'échantillon : moyenne, écart type ou coefficient de variation, et coefficient d'asymétrie.
- Représenter les points sur un papier à probabilité adapté à la loi étudiée.
- Tracer la droite ou la courbe théorique correspondant à la loi choisie.
- Déterminer la valeur extrême (quantile) associée à une probabilité donnée.
- Tester l'adéquation de la loi d'ajustement aux données.

- Calculer l'intervalle de confiance (généralement à 95 %) pour les caractéristiques empiriques et pour les valeurs extrêmes.

Les lois d'ajustement les plus utilisées sont celles qui ont le moins de paramètres, parmi lesquelles :

- La loi doublement exponentielle ou loi de Gumbel.
- La loi Log Normale ou loi de Galton (TOUAIBIA.B, 2004)

V.3 Ajustement à la loi de Gumbel :

La fonction de répartition de la loi de Gumbel :

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

$$\text{Tels que} \quad y = \frac{x-x_0}{\alpha} = -\ln(-\ln(F(x))) \dots\dots\dots (II.8)$$

Avec :

Y : variable réduite de GUMBEL x : variable étudiée (Pmax,j) ;

x₀ : paramètre de position (ordonnée à l'origine).

α: paramètre de l'échelle (α > 0) appelé aussi « gradex »

La fréquence expérimentale est donnée par la formule de HAZEN :

$$F(x) = \frac{m-0.5}{n} \dots\dots\dots (II.9)$$

Avec :

m : rang de précipitation

n : nombre d'observations

Calcul des paramètres de l'ajustement de Gumbel :

La droite de GUMBEL est donnée par la formule :

$$x = \alpha y + x_0 \dots\dots\dots (II.10)$$

$$\text{Avec :} \quad \alpha = \frac{1}{a} = \left(\frac{\sqrt{6}}{\pi}\right)\sigma_x \quad \text{et} \quad x_0 = \bar{X} - \frac{1}{a}\bar{Y}$$

Pour les différentes périodes de retour. Les résultats de l'ajustement à la loi de GUMBEL issus de logiciel (Hyfran), avec l'utilisation de la méthode des moments, sont représentés dans le tableau

$$U = 46.78$$

$$\alpha = 16.78$$

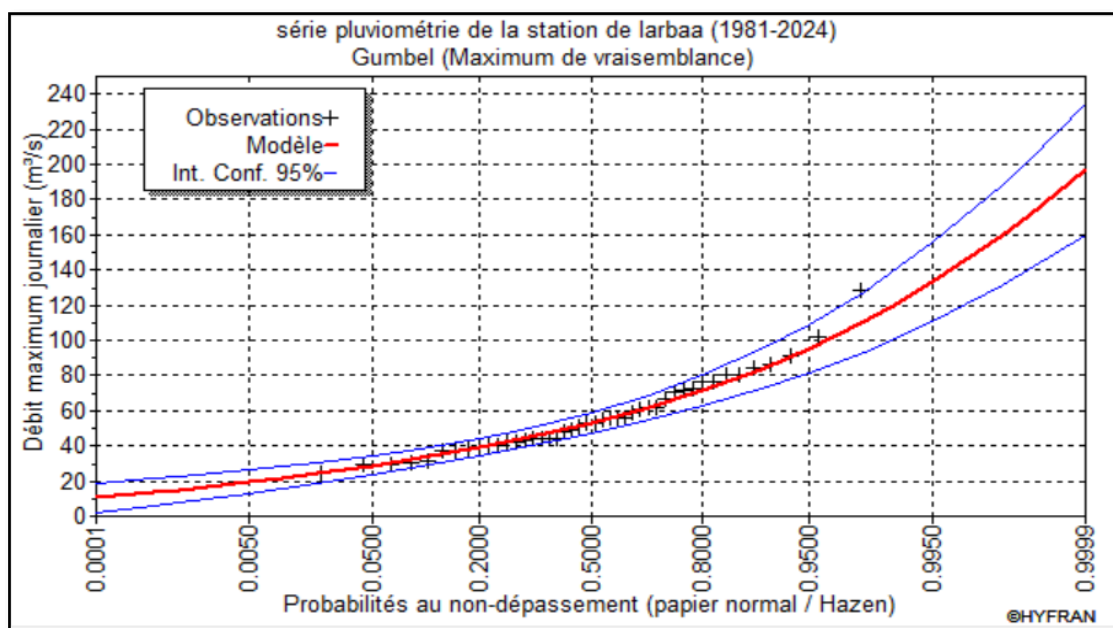
Tableau II-9 : Ajustement de la série à la loi de Gumbel à l'aide du logiciel Hyfran

Période de retour «T» [ans]	Probabilité «Q»	Valeur théorique «Xt» [mm]	Ecart - Type	Intervalle de confiance 95%
10000.0	0.9999	197	19.0	160 - 235
2000.0	0.9995	171	15.9	140 - 202
1000.0	0.9990	160	14.5	131 - 188
200.0	0.9950	133	11.4	111 - 156
100.0	0.9900	122	10.1	102 - 142
50.0	0.9800	111	8.78	93.4 - 128
20.0	0.9500	95.4	7.04	81.5 - 109
10.0	0.9000	83.6	5.74	72.3 - 94.8
5.0	0.8000	71.3	4.46	62.6 - 80.1
3.0	0.6667	61.5	3.55	54.6 - 68.5
2.0	0.5000	52.8	2.89	47.1 - 58.4

Avec :

T : période de retour (T=10ans).

Q : probabilité au non-dépassement.

**Figure II-9 :** Graphe d'ajustement de la série à la loi de Gumbel à l'aide du logiciel Hyfran.

V.4 Ajustement à la loi de GALTON (log normal) :

Le procédé d'ajustement reste le même que celui utilisé pour la loi de Gumbel. La seule différence réside dans la représentation graphique, qui se fait ici sur du papier log-normal.

La loi de Galton possède une fonction de répartition exprimée par la formule suivante :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{1}{2}u^2} du \quad \dots\dots\dots (II.11)$$

Avec :

$F(x)$: Fréquence au non-dépassement.

La variable centrée réduite de Gausse est de la forme :

$$u = \frac{\ln(x) - \overline{\ln(x)}}{\sigma_{\ln(x)}} \quad \dots\dots\dots (II.12)$$

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

Pour les différentes périodes de retour, les résultats de l'ajustement à la loi log-normale, obtenus à l'aide du logiciel Hyfran en utilisant la méthode du maximum de vraisemblance, sont présentés dans le tableau.

$$\overline{\ln x} = 3.97$$

$$\sigma_{\ln x} = 0.37$$

Tableau II-10 : Ajustement de la série à la loi de Galton à l'aide du logiciel Hyfran.

Période de retour «T» [ans]	Probabilité «Q»	Valeur théorique «Xt» [mm]	Ecart- Type	Intervalle de confiance 95%
10000.0	0.9999	205	32.1	142 - 269
2000.0	0.9995	176	24.7	127 - 224
1000.0	0.9990	163	21.8	121 - 206
200.0	0.9950	135	15.6	105 - 166
100.0	0.9900	124	13.2	97.7 - 150
50.0	0.9800	112	10.9	90.5 - 133
20.0	0.9500	96.4	8.19	80.3 - 112
10.0	0.9000	84.4	6.30	72.1 - 96.8
5.0	0.8000	71.9	4.62	62.8 - 80.9
3.0	0.6667	61.9	3.56	54.9 - 68.8
2.0	0.5000	52.9	2.91	47.2 - 58.6

On trouve ci-dessous le graphe d'ajustement de la série à la loi de Galton :

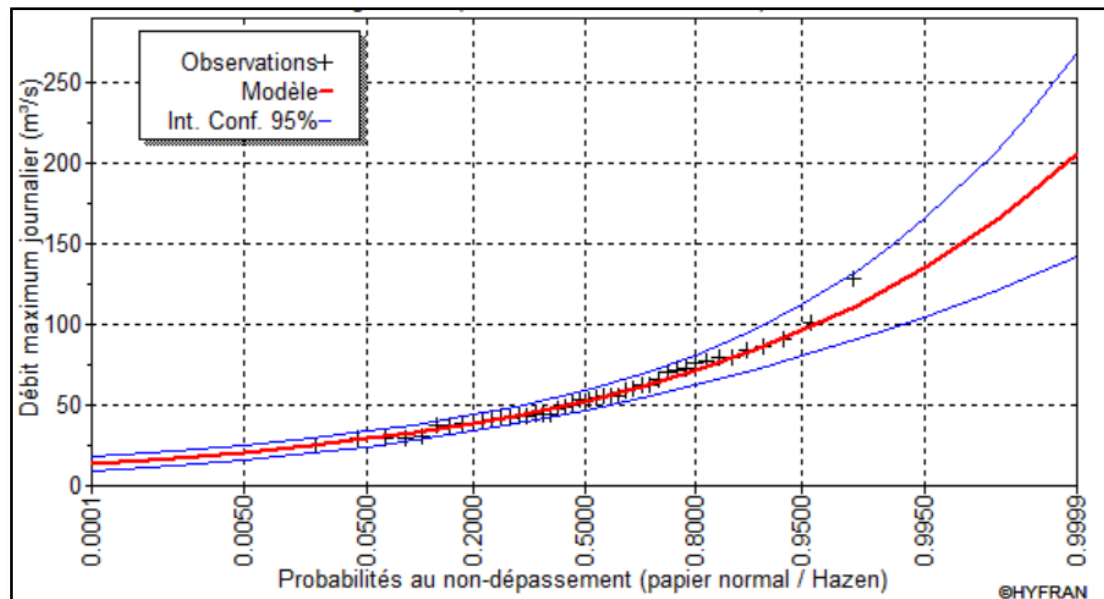


Figure II-10 : Graphe d'ajustement de la série à la loi de Galton à l'aide du logiciel Hyfran.

V.5 ajustement loi de GEV :

La fonction de répartition de la loi d'extrémum généralisée

$$F(x) = e^{-e^{-y}} \dots\dots\dots (II.13)$$

Sachant que « y » est la variable réduite

$$y = -\frac{1}{k} \ln \left(1 - \frac{k}{\alpha} (x - u) \right) \dots\dots\dots (II.14)$$

Avec :

x : variable étudiée (Pmax,j).

u : paramètre de position.

a : paramètre de dispersion (a > 0).

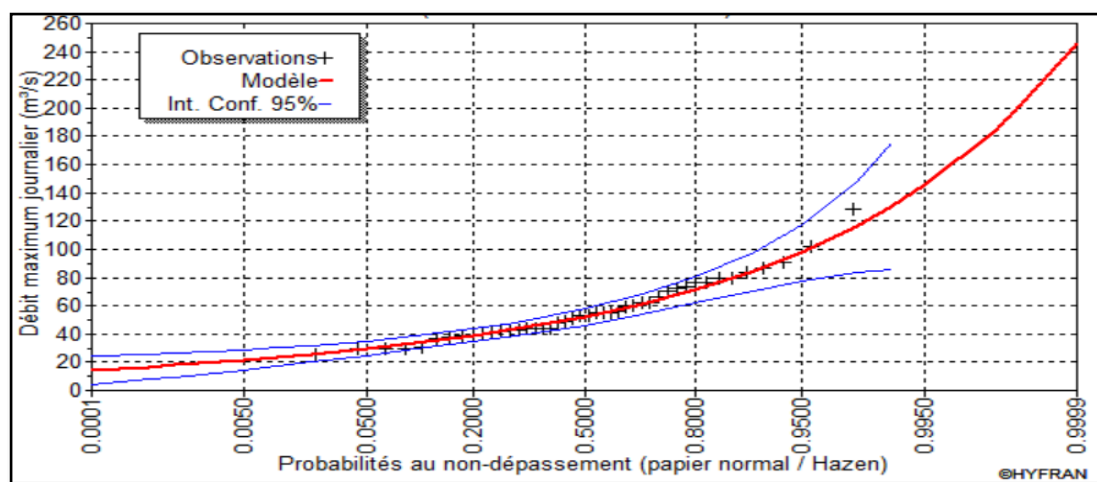
k : paramètre de forme appelé indice des valeurs extrême

Tableau II-11 : Ajustement de la série à la loi de GEV à l'aide du logiciel Hyfran.

Période de retour «T» [ans]	Probabilité «Q»	Valeur théorique «Xt» [mm]	Ecart- Type	Intervalle de confiance 95%
10000.0	0.9999	246	109	/
2000.0	0.9995	202	68.6	/
1000.0	0.9990	184	55.0	/
200.0	0.9950	146	30.5	/
100.0	0.9900	131	22.7	86.1 - 175
50.0	0.9800	116	16.4	84.0 - 148
20.0	0.9500	97.7	10.1	77.8 - 118
10.0	0.9000	84.3	6.88	70.8 - 97.8
5.0	0.8000	71.0	4.73	61.7 - 80.3
3.0	0.6667	60.9	3.67	53.7 - 68.1
2.0	0.5000	52.1	3.01	46.2 - 58.0

Pour les différentes périodes de retour, les résultats de l'ajustement à la loi GEV, obtenus à l'aide du logiciel Hyfran et en utilisant la méthode du maximum de vraisemblance, sont présentés dans le tableau ci-dessous.

V.6 Test d'adéquation de khi-deux :

**Figure II-11** : Graphe d'ajustement de la série à la loi de Galton à l'aide du logiciel Hyfran.

Également connu sous le nom de test χ^2 ou test de Pearson, ce test permet de prendre une décision quant à la qualité de l'ajustement. Il évalue la compatibilité d'une loi statistique avec un échantillon de taille N, en comparant les valeurs observées de χ^2 avec celles attendues théoriquement.

- On détermine le χ^2 calculé et le nombre de degré de liberté γ (à l'aide du logiciel (HYFRAN))
- On détermine le χ^2 théorique sur la table de Khi2 (voir l'annexe I)

$$\gamma = k - 1 - m$$

Avec :

k : Nombre de classe

m : Nombre de paramètre de la loi de GAUSS

Condition :

- La loi est adéquate pour une erreur $\alpha = 0.05$
- On pose l'hypothèse nulle H_0 : Est que la loi de distribution de fréquence théorique P ajuste la courbe ou droite expérimentale F.

Pour que $P = F$ soit vérifier il faut que : « χ^2 calculé < χ^2 théorique »

Tableau II-12 : Les paramètres de test Khi2

Loi d'ajustement	Nombre de classes	Degré de liberté γ	P	χ^2 calculé	χ^2 théorique	Observation	H_0
GUMBEL	9	6	0.4815	8.00	12.59	χ^2 calculé < χ^2 théorique	Condition vérifiée
GALTON	9	6	0.2415	8.00	12.59	χ^2 calculé < χ^2 théorique	Condition vérifiée
GEV	9	5	0.2765	8.00	11.07	χ^2 calculé < χ^2 théorique	Condition vérifiée

Interprétation :

Selon le test du Khi-deux, les résultats montrent que les trois lois — Gumbel, Galton et GEV — sont toutes appropriées. Ainsi, la série s'ajuste convenablement à chacune de ces lois.

V.7 Comparaison entre les lois d'ajustements :

Lorsqu'une loi de probabilité théorique est ajustée aux données, il est essentiel de vérifier si celle-ci convient réellement. Le choix de la loi repose principalement sur l'interprétation des ajustements graphiques ainsi que sur l'application de tests de dispersion.

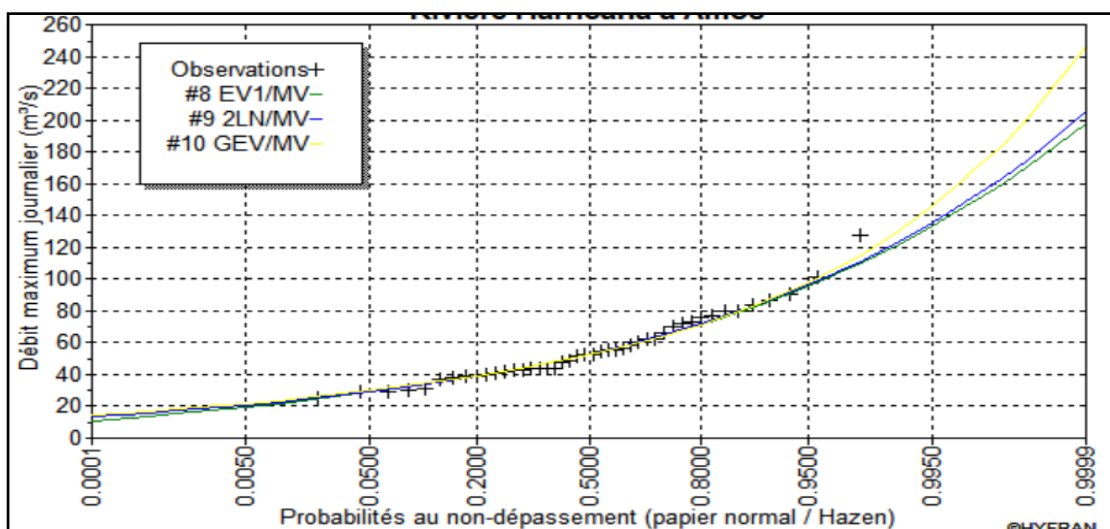


Figure II-12 : Comparaison entre les trois graphes d'ajustement de la série à l'aide du logiciel Hyfran.

Critères de comparaison des lois

Tableau résumé :

Taille de l'échantillon :

Modèle	Nb param.	XT	P(Mi)	P(Mi x)	BIC	AIC
Lognormale (Maximum de vraisemblance)	2	123.618	33.33	50.41	391.921	388.353
Gumbel (Maximum de vraisemblance)	2	122.008	33.33	42.16	392.279	388.710
GEV (Maximum de vraisemblance)	3	130.625	33.33	7.44	395.749	390.396

P(Mi) : probabilité A priori P(Mi | x) : probabilité A posteriori (Méthode de Schwarz) BIC : critères d'information Bayésien AIC : critères d'information Akaike

Moyenne pondérée par la probabilité A posteriori des quantiles :

Figure II-13 : tableau de comparaison entre les trois lois GUMBEL, GALTON et GEV selon AIC et BIC à l'aide du logiciel Hyfran.

Sélection de la loi :

L'adéquation des trois lois considérées étant confirmée, il convient néanmoins de souligner que la loi log-normale offre un meilleur ajustement par rapport aux lois de Gumbel, Galton et GEV, selon l'analyse graphique. De plus, elle présente les valeurs les plus faibles pour les critères d'information d'Akaike (AIC) et bayésien (BIC), ce qui plaide en faveur de ce modèle. Ces deux indicateurs, calculés automatiquement par le logiciel Hyfran, permettent de comparer la qualité des ajustements.

VI. Calcul des pluies et des intensités de courte durée :

Dans cette section, nous allons déterminer les valeurs des pluies de courte durée ainsi que leurs intensités, en nous appuyant sur les résultats de l'ajustement à la loi log-normale.

La détermination des pluies de courte durée (ou averses) s'effectue à partir des valeurs des pluies maximales journalières, à l'aide de la relation suivante :

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

Avec :

- $P_{t,p\%}$: pluie (mm) de courte durée correspondante à une fréquence de dépassement donnée (p%).

- $P_{max,t,p\%}$: pluie maximale journalière (mm) correspondante à une fréquence de dépassement donnée (p%).

-t : durée de l'averse (h)

-b : exposant climatique ; selon l'ANRH $b = 0,37$.

Pour estimer l'intensité moyenne des précipitations de courte durée à une fréquence de dépassement donnée, on utilise la formule de Montanari. Cette dernière permet de relier les hauteurs de pluie maximale aux durées correspondantes. La formule s'écrit comme suit :

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

$$I_{t,p\%} = \frac{P_{t,p\%}}{t} \dots\dots\dots (II.16)$$

Avec :

- $I_{t,p\%}$: l'intensité moyenne de courte durée correspondante à une fréquence de dépassement donnée ($p\%$) (mm/h).
- $P_{t,p\%}$: pluie de courte durée correspondante à une fréquence de dépassement donnée ($p\%$) (en mm).
- t : durée de l'averse (h).

Dans les projets d'assainissement, l'estimation des débits pluviaux repose sur l'intensité moyenne maximale correspondant à une courte durée, généralement $t=15$ minutes (soit 0,25 heure), et à une période de retour de $T=10$ ans. Ce choix est motivé par des considérations à la fois technico-économiques et de sécurité.

En se basant sur l'ajustement à la loi log-normale, on détermine alors l'intensité pluviale I , qui représente en réalité un débit spécifique.

$$I_{15min,10\%} = \frac{84.4}{24} * \left(\frac{0,25}{24}\right)^{0,37-1} * \frac{10000}{3600} = 173,24$$

→ Donc le débit spécifique :

$$q = I \times C \dots \dots \dots (II.17)$$

Où :

q : débit spécifique en l/s/ha.

I : intensité de pluie en l/s/ha (déjà calculée).

C : coefficient de ruissellement pondéré (sans unité).

Alors

$$q = 0.78 \times 173,24 = 135.13 \text{ l/s/ha}$$

Le tableau suivant regroupe les résultats de calcul de la pluie et l'intensité de courte durée

Tableau II-13 : les résultats de calcul de la pluie et l'intensité de courte durée.

T(ans)	5		10		20		50		100	
Xt(mm)	71.9		84.4		96.4		112		124	
t (h)	Pt (mm)	It (mm/h)	Pt (mm)	It (mm/h)	Pt (mm)	It (mm/h)	Pt (mm)	It (mm/h)	Pt (mm)	It (mm/h)
0.25	53.13	147.59	62.37	173.24	71.24	197.88	82.76	229.9	91.63	254.53

Conclusion :

En conclusion, ce chapitre nous a permis de déterminer la valeur de l'intensité pluviale, égale à 173,24 l/s/ha, cette valeur est similaire aux valeurs de même période de retour se situant dans la même région selon les études consultées. Cette intensité représente le débit spécifique correspondant à une durée de 15 minutes et à une période de retour de 10 ans. Elle servira de base pour l'estimation des débits dans les projets d'assainissement.

Chapitre III : Calcul de base

Introduction :

L'étude d'un projet d'assainissement nécessite la définition précise des paramètres et de la méthodologie de travail. Parmi les étapes préliminaires, on retrouve l'estimation de la population actuelle et future, l'analyse de la surface d'influence et de sa pente, ainsi que l'étude des systèmes d'évacuation et des coefficients associés. Ces éléments permettent de dimensionner le réseau de manière optimale pour assurer une évacuation efficace des effluents.

III.1 situation démographique :

En hydraulique urbaine. Il est essentiel d'estimer la population à desservir sur l'ensemble de la durée de vie de l'infrastructure. Pour la nouvelle ville de Bouinan. Et compte tenu de l'absence d'extensions prévues (logements sociaux). Le bureau d'étude « D'une Architecture » a retenu un taux d'occupation de 6 personnes par logement sur un horizon de 30 ans.

Le site concerné comptant 3000 logements. La population projetée est donc estimée à :

$$P_{2054} = 6 * 3000 = 18000 \text{ habitants} \dots\dots\dots(\text{III.1})$$

III.2 Système d'évacuation :

Les systèmes d'évacuation des eaux usées et pluviales sont constitués principalement de conduites à écoulement à surface libre. De canaux et de fossés, on distingue généralement trois types de systèmes :

- Le système séparatif composé d'un égout sanitaire et d'un égout pluvial.
- Le système combiné ou unitaire.
- Le système pseudo-séparatif.

III.2.1 Système unitaire :

Dans ce type de réseau, un seul conduit est utilisé pour évacuer à la fois les eaux usées domestiques et les eaux pluviales. Théoriquement, l'ensemble de ces eaux est acheminé vers la station d'épuration, ce qui entraîne une grande variabilité du débit et de la qualité des effluents. Pour limiter les risques de surcharge. Des dispositifs de dérivation sont installés à différents points du réseau, afin de réguler le flux acheminé vers la station selon sa capacité de traitement. Ce système comporte à la fois des atouts et des limites, qui sont présentés dans le tableau III.1.

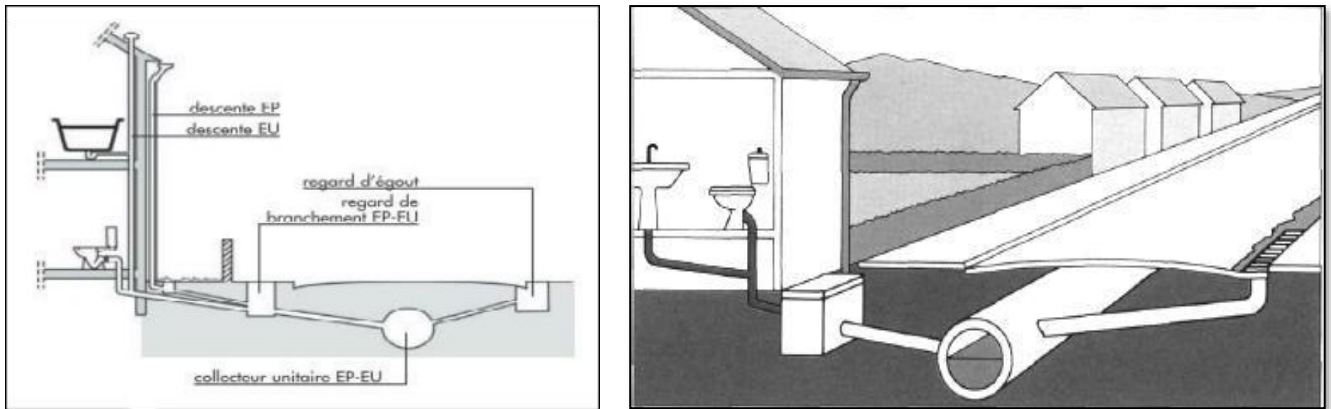


Figure III-14 : Schéma d'un système unitaire

Source : tpdemain.com.

III.2.2 Système séparatif :

Ce système repose sur deux réseaux de collecte distincts : l'un dédié aux eaux usées, l'autre aux eaux pluviales. Il permet un fonctionnement plus stable et efficace des stations d'épuration, grâce à une meilleure régularité des débits à traiter. De plus, il offre la possibilité de traiter les eaux usées avant leur rejet dans le milieu naturel. Ce type de réseau présente toutefois des avantages et des inconvénients. Récapitulés dans le tableau III.1.

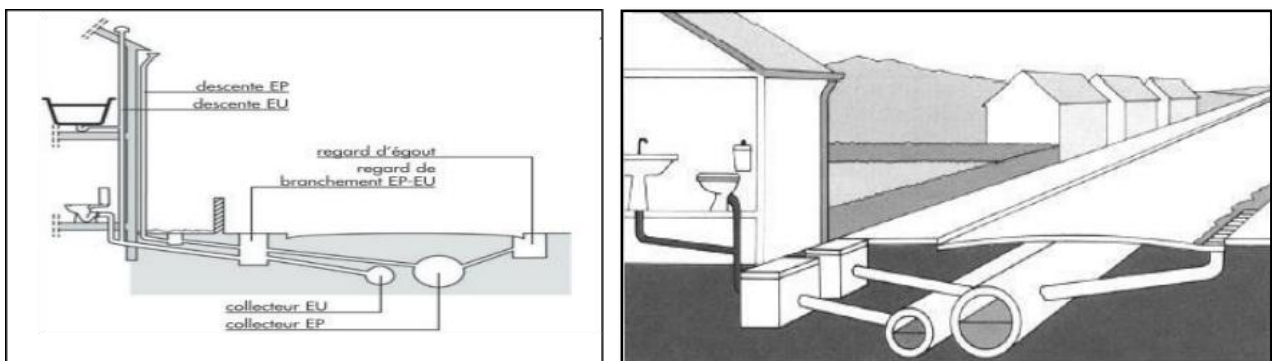


Figure III-15 : Schéma d'un système séparatif

Source : tpdemain.com

III.2.3 Système pseudo- séparatif :

Le système pseudo-séparatif est un type d'aménagement hybride dans lequel une partie des eaux pluviales peut être dirigée vers le réseau des eaux usées. Il repose sur une seule canalisation destinée à collecter l'ensemble des eaux usées. Ce réseau reçoit d'un côté les eaux de ruissellement provenant des voiries (via des dispositifs comme des caniveaux, fossés ou aqueducs) qui sont généralement rejetées directement dans le milieu naturel et de l'autre. Les eaux de pluie récupérées sur les toitures ou dans les cours intérieures, qui sont acheminées vers le réseau d'assainissement par les mêmes branchements que ceux des eaux domestiques. Ainsi

les différents effluents d'un même bâtiment se retrouvent regroupés dans une même conduite. Ce système présente à la fois des avantages et des inconvénients, récapitulés dans un tableau III.1.

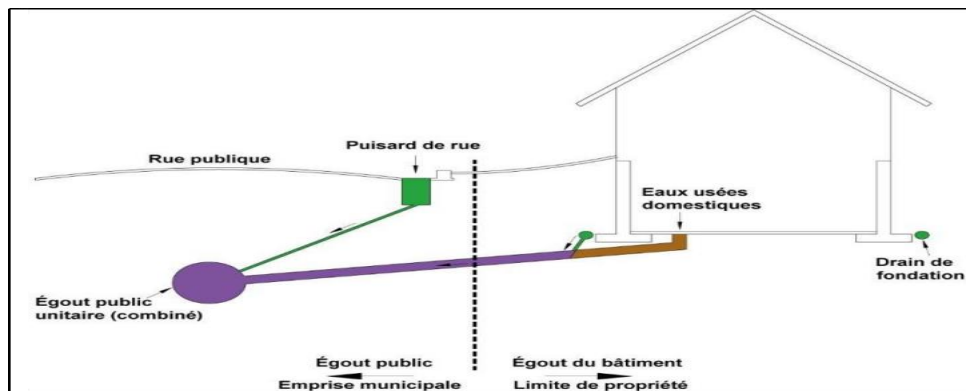


Figure III-16 : schéma représentatif des branchements dans le système unitaire

Source : tpdemain.com.

Chaque système d'assainissement présente des avantages et des inconvénients qu'il convient d'analyser afin de choisir la solution la plus adaptée au contexte urbain et environnemental

Tableau III-14 : Avantages et inconvénients des différents systèmes

Système	Domaine d'utilisation	Avantages	Inconvénients	Contraintes d'exploitation
Unitaire	- Le milieu récepteur est situé à distance des zones de collecte. - La zone présente un relief peu marqué. - Forte imperméabilisation combinée à un relief accentué. - Le cours d'eau récepteur a un débit d'étiage élevé	- Conception simplifiée : un seul collecteur et un branchement unique par bâtiment. - Moins d'encombrement en sous-sol. - Coût réduit grâce à un dimensionnement basé uniquement sur les eaux pluviales.	- Variations importantes du débit en station d'épuration. - Dilution irrégulière des eaux usées. - Arrivée massive de sable à la station. - Forte charge polluante transportée lors des premières pluies après une période sèche.	- Nécessite un suivi fréquent des ouvrages comme les déversoirs d'orage et les bassins de rétention. - Représente une complexité dans l'estimation précise des volumes rejetés directement dans le milieu naturel.

		- Aucun risque d'erreur de branchement. - Possibilité de rejet direct vers le milieu naturel.		
Séparatif	- Adapté difficilement aux petites ou moyennes agglomérations, ainsi qu'aux zones en expansion. - Peu recommandé si le cours d'eau récepteur a un faible débit en période d'étiage.	- Réduction du diamètre moyen des conduites pour les eaux usées. - Gestion simplifiée au niveau de la station d'épuration. - Meilleure protection de l'environnement contre les pollutions d'origine domestique	- Utilisation importante de l'espace en sous-sol. - Coût d'installation élevé. - Risque élevé de mauvaise connexion des branchements	- Nécessité d'une surveillance renforcée des raccordements. - Entretien d'un réseau étendu de collecteurs pour les eaux usées et pluviales. - Maintenance des infrastructures spécifiques (siphons, avaloirs, chasses d'eau)
pseudo-séparatif	- Convient aux zones urbaines de petite à moyenne taille. - Présence d'un milieu récepteur à proximité immédiate	- Élimination du risque de mauvais branchement. - Conception des collecteurs pluviaux selon un schéma perpendiculaire. - Acheminement des principales eaux pluviales en dehors de la ville, entraînant l'utilisation de collecteurs traversant la ville	- Perturbation du fonctionnement de la station d'épuration. - Variabilité de la charge polluante, tant en qualité qu'en quantité.	- Maintenance régulière des déversoirs d'orage et des bassins de rétention. - Surveillance renforcée des raccordements.

III.3 Choix du systèmes d'évacuation :

Le choix du système adéquat repose sur les éléments suivants :

- Dépend du coût du projet, notamment en termes économiques.
- L'espace occupé en sous-sol et la largeur des routes sont des facteurs à considérer.
- La nature du milieu récepteur a une influence significative.
- L'intensité des précipitations dans la région recommande plutôt un système séparatif.
- La dilution des eaux usées en station d'épuration est un facteur clé pour garantir une meilleure qualité des eaux traitées. Ce qui favorise un système unitaire.
- Le relief et la topographie du terrain jouent également un rôle important.

Constatation :

Selon la structure de ladite agglomération, le système à projeter est de type séparatif

III.4 schéma d'évacuation :

En assainissement, l'écoulement des eaux se fait généralement par gravité. Ce mode d'évacuation est donc directement influencé par le relief et la topographie du terrain naturel. Pour garantir cet écoulement gravitaire, plusieurs types de schémas d'évacuation peuvent être mis en place.

III.4.1 Schéma perpendiculaire :

Ce type de configuration permet un écoulement direct vers le cours d'eau, sans passage par un point unique de traitement, ce qui complique l'épuration des eaux usées. Il est donc adapté uniquement aux réseaux d'eaux pluviales dans les systèmes séparatifs. En revanche, il offre un tracé économique, avec des conduites de faible diamètre.

Selon l'organisation des collecteurs, on distingue principalement :

- Le schéma perpendiculaire étagé.

- Le schéma perpendiculaire simple.

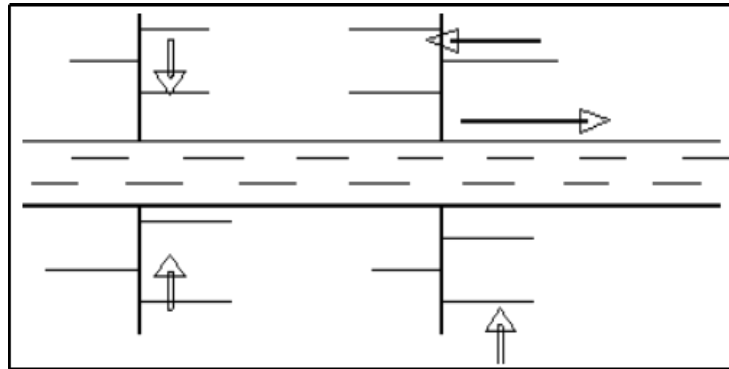


Figure III-17 : Schéma perpendiculaire

III.4.2 Schéma par déplacement latéral :

Ce schéma est recommandé lorsqu'un traitement des eaux usées est requis. Dans ce cas, les effluents sont collectés dans un collecteur installé parallèlement au cours d'eau. Toutefois, en cas d'insuffisance de pente, l'installation d'une station de relevage devient nécessaire pour assurer l'écoulement.

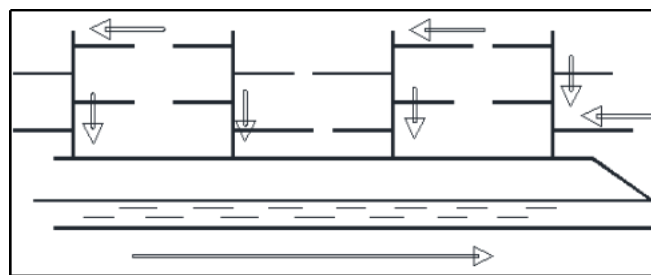


Figure III-18 : Schéma par déplacement latéral

III.4.3 Schéma transversal ou oblique :

Ce type de schéma comprend un ensemble de collecteurs ramifiés qui acheminent les effluents vers l'aval de l'agglomération. Il est particulièrement adapté aux zones où la pente naturelle du terrain est peu marquée.

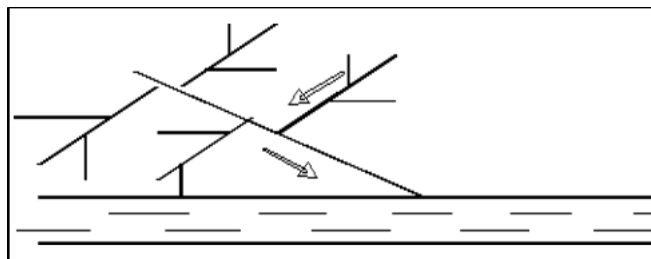


Figure III-19 : Schéma à collecteur transversal ou oblique

III.4.3 Schéma de collecteur par zone étagées :

Ce schéma repose sur la présence de plusieurs collecteurs longitudinaux. Le collecteur situé en amont a pour rôle de soulager celui en aval, en captant les apports provenant des zones amont de la vallée, afin d'éviter une surcharge du réseau principal traversant l'agglomération.

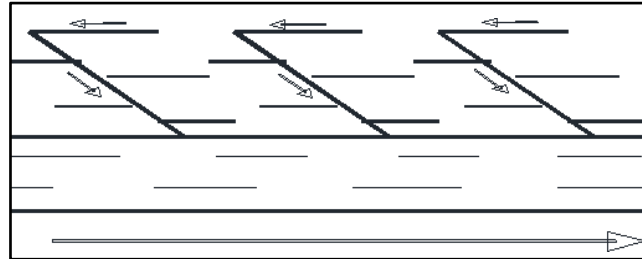


Figure III-20 : Schéma par zones étagées

III.4.4 Schéma radiale :

Ce schéma est utilisé en terrain plat ou lorsque les eaux usées convergent vers des points bas de l'agglomération. Il permet de relever ou refouler les effluents vers des émissaires principaux pour assurer leur évacuation vers une station d'épuration ou un cours d'eau. Ce procédé crée une pente artificielle suffisante pour le transit. Toutefois, en raison des contraintes techniques et des risques associés, ce type de schéma est généralement déconseillé.

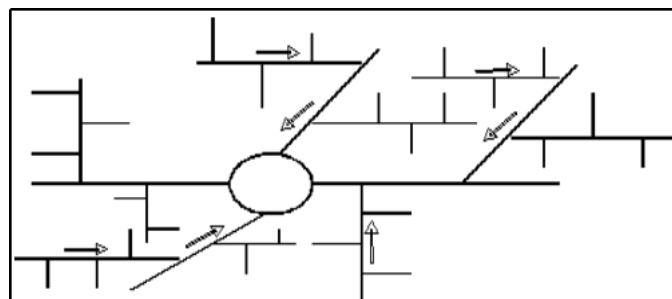


Figure III-21 : Schéma radial

III.5 Choix de schéma :

Le choix du schéma d'assainissement constitue une étape essentielle, car il détermine la stratégie de collecte et d'évacuation des eaux usées et pluviales en fonction des caractéristiques topographiques, urbanistiques et environnementales de la zone étudiée

○ Conditions techniques et locales :

- Présence ou non d'un réseau existant.

- Relief du terrain et répartition des zones à desservir.
- **Contraintes économiques :**
 - Coût global du projet, incluant l'investissement initial et les frais d'entretien.
- **Données environnementales :**
 - Type de rejets et caractéristiques du milieu récepteur.
 - Possibilités d'implantation des canalisations sur le domaine public.

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

III.6 Choix de découpage des surfaces élémentaires :

Le découpage en surfaces élémentaires s'effectue en fonction de plusieurs critères, notamment :

- Le plan de masse de la zone étudiée.
- Les limites naturelles du terrain (comme les oueds ou les talwegs).
- La configuration des pentes et contre-pentes.
- Le type d'occupation du sol, afin de regrouper des zones ayant des coefficients de ruissellement similaires.
- Les caractéristiques géologiques.
- La distribution de la population.
- L'emplacement des routes et infrastructures existantes.

Remarque :

Pour notre agglomération, le découpage en surfaces élémentaires a été réalisé en tenant compte des critères précédemment mentionnés. Une fois ce découpage effectué, les surfaces correspondantes ont été calculées à l'aide des logiciels AutoCAD et Covadis. (voir la planche N°1)

III.7 Principe du tracé du réseau :

Le tracé des collecteurs est déterminé en fonction de plusieurs éléments :

- La position des cours d'eau et des talwegs.
- Les points de rejet disponibles (oued, station d'épuration, exutoire).

- La topographie générale du site.
- La possibilité d'implanter les canalisations dans le domaine public.
- La localisation du cours d'eau ou de la station de traitement.
- La répartition géographique de la population à desservir.

En ce qui concerne la profondeur des conduites, celle-ci doit respecter certains critères, tels que :

- La capacité de la canalisation à résister aux charges mécaniques et au gel.
- La profondeur des sous-sols ou caves à proximité.

III.8 Le coefficient de ruissellement :

III.8.1 évaluation de coefficient de ruissellement :

Le processus de précipitation débute par une phase de mouillage de la surface, qui correspond généralement à environ 0.5 mm de pluie, période durant laquelle aucun écoulement n'est observé. Le ruissellement commence dès que les précipitations excèdent généralement 1 à 2 mm.

Le coefficient de ruissellement est défini comme le rapport entre la quantité d'eau qui s'écoule et la quantité d'eau tombée sur la surface concernée. Ce coefficient peut avoir un impact significatif sur le débit des eaux pluviales, pouvant doubler ce débit dans certains cas. C'est pourquoi il est primordial de garantir que les surfaces élémentaires soient homogènes lors du découpage, afin de s'assurer que le calcul du coefficient de ruissellement moyen pondéré soit le plus précis possible.

Ce coefficient varie en fonction de plusieurs éléments, parmi lesquels :

- La nature du sol.
- La pente du terrain.
- Le type de surface à drainer.
- Le taux d'humidité du sol.
- La densité de la population.
- L'humidité de l'air.
- Le mode d'occupation du sol.
- La durée des précipitations.

III.8.2 coefficient de ruissellement relatif à la catégorie d'urbanisation:

La détermination des débits de pointe nécessite l'utilisation d'un coefficient de ruissellement adapté à la catégorie d'urbanisation, reflétant la perméabilité des sols et l'imperméabilisation des surfaces.

Tableau III-15 : Coefficient de ruissellement en fonction de la catégorie d'urbanisation.

Catégorie d'urbanisation	Coefficient de ruissellement (Cr)
Habitations très denses	0.90
Habitations denses	0.60 – 0.70
Habitations moyennement denses	0.40 – 0.50
Quartiers résidentiels	0.20 – 0.30
Square – jardin – prairie	0.05 – 0.20

(Source : Water Environnement Fédération. 1970)

III.8.3 Coefficient de ruissellement en fonction de la densité de population :

Avec la croissance démographique, le coefficient de ruissellement tend à augmenter. En effet, l'urbanisation engendre une extension des surfaces imperméables au détriment des zones perméables, ce qui limite l'infiltration de l'eau dans le sol et accentue le volume d'eau ruisselant en surface.

Tableau III-16 : Coefficients de ruissellement en fonction de la densité de population.

Densité de la population (hab / ha)	Coefficient de ruissellement (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

(Source : Water Environnement Fédération. 1970)

III.8.4 Coefficient de ruissellement en fonction de la zone d'influence :

Le coefficient de ruissellement est un paramètre clé dans l'évaluation des débits de surface :

Tableau III-17 : Coefficients de ruissellement en fonction de la zone d'influence.

Zones d'influence	Coefficient de ruissellement (Cr)
Surface imperméable	0.90
Pavage à larges joints	0.60
Voirie non goudronnée	0.35
Allées en gravier	0.20
Surfaces boisées	0.05

(Source : Guerre et Gomella. 1986)

III.8.5 Coefficient de ruissellement relatif à diverses surfaces :

Le coefficient de ruissellement varie selon la nature des surfaces, il traduit la capacité d'infiltration du sol et le degré d'imperméabilisation, jouant ainsi un rôle déterminant dans l'estimation des débits de ruissellement.

Tableau III-18 : Coefficient de ruissellement en fonction de surface drainée.

Surface	Coefficient de ruissellement (Cr)
Chaussée en béton asphaltée	0.70 – 0.95
Chaussée en brique	0.70 – 0.85
Toiture	0.75 – 0.95
Terrain 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
Terrain gazonné. sol sablonneux	
- Plat (pente < à 2 %).	0.13 – 0.17
- Pente moyenne de 2 à 7 %.	0.18 – 0.22
-Pente abrupte	0.25 – 0.35
Entrée de garage en gravier	0.15 – 0.30

(Source : Guerre et Gomella. 1986)

Remarque :

Dans le cadre de notre projet. Le coefficient de ruissellement a été déterminé en tenant compte à la fois de la nature des surfaces à drainer et du type d'urbanisation présent dans la zone étudiée.

III.9 Calcul du coefficient de ruissellement pondéré total :

A partir des coefficients élémentaires et par une surface <<A>> dont on découpe en n zones ($A_1, A_2, \dots, A_n$) auxquelles on affecte les coefficients élémentaires ($C_1, C_2, \dots, C_n$). A_i et C_i désignent respectivement les aires et les coefficients de ruissellement pondéré des zones qui leur correspondent (SALAH Boualem .2014).

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

$$C_{rp} = \frac{C_{ri} \times A}{A} \dots\dots\dots (III-2)$$

Avec :

A_i : Surface élémentaire en ha.

A : Surface totale.

C_{rp} : Coefficient de ruissellement pondéré.

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

Les résultats de calcul du coefficient de ruissellement pondéré des sous bassins sont reportés dans le tableau suivant. (planche 1)

Tableau III-19 : Calcul du coefficient de ruissellement pondéré de surfe élémentaire.

N° SB	Surface : A (ha)	Cr
01	6.13	0.83
02	3.54	0.73
03	5.15	0.8
04	2.32	0.74
05	2.18	0.67
06	2.99	0.8
07	2.22	0.72
08	1.52	0.85
09	1.6	0.85
10	0.92	0.71

III.10 Calcul de la population de chaque surface élémentaire :

Afin de prévoir la population future desservie par le réseau, les étapes suivantes sont mises en œuvre :

- Déterminer le coefficient de ruissellement propre à chaque type de surface ;
- Calculer un coefficient de ruissellement moyen pondéré pour l'ensemble de la zone étudiée.
- Identifier la densité de population associée à chaque unité de surface ;
- Estimer le nombre d'habitants correspondant à chaque surface élémentaire.

III.10.1 Calcul de la densité partielle :

La densité partielle de chaque sous bassin est exprimée par la relation :

$$D_i = \frac{C_{ri} \times P}{C_{rp} \times A} \dots \dots \dots (III-3)$$

Avec :

D_i : Densité partielle du sou bassin considéré en (hab/ha).

C_{rp} : Coefficient de ruissellement pondéré total.

C_{ri} : Coefficient de ruissellement de chaque sous bassin.

P : Population globale à l'horizon de calcul.

A : Surface totale de la zone urbanisée en (ha).

Le nombre d'habitant de chaque sou bassin est donné par l'expression :

$$P_i = D_i A_i \dots \dots \dots (III-4)$$

Avec :

P_i : Population partielle du sou bassin considéré.

A_i : Surface partielle du sou bassin considéré (ha).

Remarque :

Les résultats de calcul du nombre d'habitants des sous bassins sont reportés dans le tableau

Tableau III-20 : Calcul du nombre d'habitants des sous bassins

SB	Aire (ha)	Coefficient de ruissellement pondéré (Crpi)	Ai.Crpi	DensitéPartielle Di(hab/ha)	Nombre d'habitants
1	6.13	0.83	5.0879	661.93	4058
2	3.54	0.73	2.5842	582.18	2061
3	5.15	0.8	4.1200	638.01	3286
4	2.32	0.76	1.7632	606.11	1406
5	2.18	0.77	1.6786	614.08	1339
6	2.99	0.8	2.3920	638.01	1908
7	2.22	0.74	1.6428	590.16	1310
8	1.52	0.85	1.2920	677.88	1030
9	1.6	0.85	1.3600	677.88	1085
10	0.92	0.71	0.6532	566.23	521
TOT	28.57				18003

- L'étude couvre une superficie de 28,57 hectares répartie sur dix sous-bassins urbains. Les coefficients de ruissellement varient entre 0,71 et 0,85, avec un coefficient de ruissellement pondéré d'environ 0,78, traduisant une urbanisation dense et peu perméable. La densité d'habitat oscille entre 566 et 678 habitants par hectare, ce qui témoigne d'une occupation du sol relativement élevée. La population totale estimée atteint 18 003 habitants.

- Ces données sont déterminantes pour le dimensionnement du réseau d'assainissement, en particulier pour le calcul des débits de pointe en période pluvieuse.

Conclusion :

Pour notre agglomération, plusieurs décisions techniques ont été prises en vue d'assurer une gestion efficace des eaux usées et pluviales. Il a été retenu d'adopter un système d'assainissement séparatif, permettant une collecte distincte des eaux usées domestiques et des eaux de ruissellement. Le schéma d'évacuation choisi est de type perpendiculaire, en adéquation avec la topographie et l'organisation urbaine du site. L'horizon de calcul a été fixé à l'année 2054, en tenant compte d'une population projetée estimée à 18 000 habitants.

Afin de procéder à une évaluation précise des débits à évacuer, la zone urbaine a été subdivisée en neuf surfaces élémentaires. Pour chacune de ces unités, les coefficients de ruissellement ainsi que les densités partielles ont été déterminés avec rigueur, dans le but d'obtenir une estimation fiable des apports hydrauliques. Ces résultats serviront de base au dimensionnement des ouvrages, développé dans le chapitre suivant

Chapitre IV : Estimation des débits de projet

Introduction :

Ce chapitre est consacré à l'estimation des débits à prendre en compte pour le dimensionnement et conception des différents ouvrages constituant le système d'assainissement de l'agglomération. Cette étape préliminaire joue un rôle fondamental, car elle conditionne la performance et la pérennité de l'ensemble du réseau. Une évaluation rigoureuse des volumes d'eaux usées et pluviales à évacuer est essentielle pour assurer un fonctionnement optimal du système, aussi bien à court qu'à long terme. Cette démarche permet ainsi de poser les bases d'une infrastructure adaptée aux besoins présents tout en anticipant les évolutions futures de la zone urbaine concernée.

IV.1 Évaluation des débits des eaux usées :

IV.1.1 Généralités :

L'estimation des débits d'eaux usées a pour objectif de quantifier et de caractériser les effluents issus principalement des zones résidentielles et des secteurs d'activités. Ces eaux, souvent fortement polluées, représentent un risque sanitaire non négligeable, car elles peuvent véhiculer divers agents pathogènes responsables de maladies transmissibles par l'eau, comme la typhoïde, la dysenterie ou certaines infections intestinales. Il est donc essentiel de prévoir leur évacuation rapide et contrôlée en dehors des zones habitées. Cette démarche constitue une étape fondamentale pour assurer une gestion efficace des rejets domestiques et préserver la santé publique.

IV.1.2 Nature des eaux usées à évacuer :

La composition des eaux usées varie en fonction de leur origine. On distingue principalement :

- a. Les eaux domestiques.
- b. Les eaux issues des services publics.
- c. Les eaux provenant des équipements collectifs.
- d. Les eaux usées d'origine industrielle.
- e. Les eaux parasites.

A. Les eaux usées d'origine domestique :

Les eaux usées urbaines et rurales proviennent des foyers et des installations sanitaires des entreprises, et sont généralement appelées eaux usées domestiques. Celles-ci se divisent en deux principaux types.

- Les eaux vannes : Issues des toilettes et des cabinets d'aisances, contenant principalement des matières organiques.
- Les eaux ménagères : Émanant des activités domestiques telles que la cuisine, le lavage de la vaisselle, des ablutions, des douches, ainsi que le nettoyage des engins roulants (motos, mototracteurs et véhicules), ainsi que d'autres articles ménagers, selon nos observations et enquêtes sur le terrain. Ces eaux contiennent des matières organiques ainsi que des résidus de produits de nettoyage.

Quantité à évacuer :

Elle est influencée par les normes de consommation d'eau potable et repose sur les éléments suivants :

1. Évaluation de la consommation actuelle, prenant en compte :
 - La dotation en eau potable
 - Les types d'habitats et leur niveau de confort
 - Les conditions climatiques
2. Prise en compte des eaux publiques et industrielles.

B. Les eaux des services publiques :

Les eaux des services publics concernent principalement les eaux utilisées pour le lavage des rues, des marchés et des espaces publics. Elles sont généralement collectées par les ouvrages dédiés aux eaux pluviales, sauf dans un système d'évacuation unitaire où elles sont regroupées avec les eaux usées dans un seul collecteur.

C. Les eaux usées industrielles :

Les eaux industrielles, issues des diverses activités de production ou de transformation, présentent des variations de qualité selon les secteurs industriels, nécessitant souvent un traitement spécifique en raison de la présence de substances toxiques. Les déchets et effluents industriels déterminent le degré de pollution de ces eaux usées. Bien que les installations industrielles consomment une grande quantité d'eau, seule une petite partie est réellement utilisée, le reste étant rejeté. Les principaux types de rejets industriels comprennent la pollution

par les particules minérales en suspension, les substances minérales dissoutes, les matières organiques et les graisses, ainsi que les hydrocarbures et les produits chimiques divers. (Grosclaude, 2000)

La quantité d'eaux rejetées par les industries est influencée par plusieurs éléments :

- Le type d'industrie, qu'il s'agisse de fabrication ou de transformation.
- Le taux de recyclage mis en œuvre.
- Les procédés de production employés.

Pour que ces eaux soient évacuées de manière conforme, elles doivent respecter certaines conditions :

- Elles ne doivent pas inclure de substances corrosives ni toxiques.
- Les eaux chaudes doivent être refroidies à une température inférieure à 35°C.

D. Les eaux usées des équipements :

L'estimation est réalisée en fonction de la dotation en eau nécessaire pour chaque activité, en prenant en compte le nombre de personnes qui fréquentent le lieu.

E. Les eaux parasites :

Les eaux parasites sont des eaux qui s'infiltrent dans le réseau d'assainissement.

Elles doivent être mesurées sur le réseau, mais en absence de valeurs mesurées. Il est préconisé de prendre un débit d'eau parasite compris entre 0,05 et 0,15 l/s/ha.

Nous noterons aussi qu'une densité moyenne de 100 habitants par hectare, la ration s'établit entre 16 et 47 m³/an/hab (SALAH.B, 2014)

Remarque :

Notre projet ne comprend pas d'industries. Les eaux usées collectées proviendront uniquement des secteurs domestique et public.

IV.1.3 Consommation en eau potable :

D'après les informations fournies par la DHW BLIDA et en raison de l'absence de données spécifiques, nous avons opté pour une dotation en eau potable de 150 l/j/ha.

IV.1.4 Estimation des débits d'eaux usées :

IV.1.4.1 Estimation des débits des eaux usées domestiques :

Nous supposons que 80% de l'eau consommée est rejetée sous forme d'eaux usées domestiques dans le réseau d'évacuation.

IV.1.4.2 Évaluation du débit moyen journalier :

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

$$Q_{moyj} = (K_r \cdot D \cdot N) / 86400 \text{ l/s} \dots\dots\dots (IV-1)$$

Avec :

Q_{moy} : Débit d'eau usée rejetée quotidiennement (l/s).

K_r : On estime que 80 % de l'eau consommée est restituée sous forme d'eaux usées.

D : Dotation journalière en eau potable, estimée à 150 l/j/hab.

Source : Plan National de l'Eau, Algérie, 2010

N : Nombre d'habitants total

➤ Dans l'hypothèse d'un taux de raccordement de 100%

IV.1.4.3 Évaluation du débit de pointe :

Le rejet des eaux usées varie également au cours de la journée, ce qui permet de déterminer le débit de pointe à l'aide de la formule suivante :

$$Q_{pte} = K_p \cdot Q_{moyj} (l/s) \dots\dots\dots (IV-2)$$

Avec :

K_p : Coefficient de pointe.

Pour déterminer ce coefficient, plusieurs approches peuvent être utilisées, notamment :

1. Selon la position de la conduite dans le réseau :

- En amont du réseau : $K_p = 3$
- À proximité de l'exutoire : $K_p = 2$

2. Estimation moyenne :

- $K_p = \frac{24}{14}$

- $Kp = \frac{24}{16}$

3. Calcul à partir du débit moyen journalier

- $Kp = 1,5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{moyj}}} \text{ Si } Q_{moyj} > 2.8 \text{ l/s} \dots\dots\dots (IV-3)$
- $Kp = 3 \text{ Si } Q_{moyj} < 2.8 \text{ l/s}$

Remarque :

Dans cette étude, le coefficient de pointe Kp a été évalué à partir du débit moyen à l'aide de la relation (IV-3). Les résultats obtenus concernant les débits des eaux usées générés par les équipements ainsi que les débits de pointe sont présentés dans les tableaux IV.1 et IV.2 respectivement.

Tableau IV-21 : Évaluation des débits des eaux usées générés par les équipements

N° SB	Équipement	Nombre	Unité de mesure	Nbr d'unité	Dotation (l/j/unit)	Q moy (l /s)	
1	École primaire	2	Élève	500	15	0.138	0.235
	CEM	1	Élève	600	15	0.083	
	Mosquée	1	Fidèles	300	5	0.014	
2	Ecole primaire	1	Élève	300	15	0.042	0.042
3	École primaire	1	Élève	300	15	0.042	0.167
	CEM	1	Élève	800	15	0.111	
	APC	1	fonctionnaire	100	15	0.014	

Source : Plan National de l'Eau, Algérie, 2010

Les débits des eaux usées générés par les équipements publics ont été calculés à partir du nombre d'usagers, des dotations unitaires et des spécificités de chaque structure, afin d'intégrer leur contribution dans l'estimation globale des charges hydrauliques

Tableau IV-22 : Évaluation des débits de pointe des eaux usées par surface élémentaires

N ° SI	Aire (ha)	Nombre d'habitants	Q_{dom} (l/s)	Q_{moy} (l/s)	kp	Q_{pointe} (l/s)	Q_{inf} (l/s)	$Q_{usé}$ (l/s)	$Q_{usé}$ (m³/s)
1	6.13	4140	5.750	5.636	2.55	14.388	0.920	15.308	0.015
2	3.54	2103	2.921	2.862	2.98	8.523	0.531	9.054	0.009
3	5.15	3353	4.656	4.564	2.67	12.186	0.773	12.958	0.013
4	2.32	1397	1.940	1.953	3	5.859	0.348	6.207	0.006
5	2.18	1074	1.492	1.859	3	5.578	0.327	5.905	0.006
6	2.99	1946	2.703	2.649	3	7.948	0.449	8.397	0.008
7	2.22	1301	1.806	1.820	3	5.459	0.333	5.792	0.006
8	1.52	1051	1.460	1.431	3	4.293	0.228	4.521	0.005

9	1.6	1107	1.537	1.506	3	4.519	0.240	4.759	0.005
10	0.92	532	0.738	0.724	3	2.171	0.138	2.309	0.002

IV.2 Évaluation des débits des eaux pluviales :

L'évaluation des débits pluviaux constitue une étape essentielle dans toute étude de réseau d'assainissement, afin de garantir une collecte efficace des eaux de pluie et prévenir les risques d'inondation. Ces eaux, provenant des précipitations, englobent également les eaux de surface issues de l'arrosage, du lavage des voiries, des espaces publics ou encore des zones privées telles que les jardins et les cours.

Pour estimer correctement ces volumes, la zone à drainer est d'abord subdivisée en surfaces élémentaires selon des critères adaptés. À chacune de ces surfaces est ensuite attribué un coefficient de ruissellement pondéré, en fonction de la nature des sols.

Dans le cadre de notre étude, deux méthodes couramment utilisées ont été retenues pour le calcul des débits pluviaux :

- La méthode rationnelle
- La méthode superficielle

IV.2.1 Méthode rationnelle :

C'est la méthode la plus ancienne à faire l'objet d'une analyse scientifique. La méthode est utilisée pour prédire le débit suivant un épisode pluviométrique.

L'intérêt de la méthode est sa grande simplicité d'expression et d'utilisation. Selon cette approche, le ruissellement maximal est proportionnel à l'aire d'alimentation considérée (sous bassin versant), l'intensité de la pluie et au coefficient de ruissellement qui traduit la part de la pluie qui s'écoule en surface donc qui participe au débit (IDIMANA, 2021)

La méthode rationnelle s'exprime par la formule suivante :

$$Q = \alpha . Cr . i . A \dots\dots\dots (IV-4)$$

Avec :

Q : Débit maximum de ruissellement.

A : Superficie de l'aire à drainer (ha).

Cr : Coefficient de ruissellement.

i : Intensité de précipitation (l/s/ha) .

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

IV.2.1.1 Hypothèses de La méthode rationnelle :

- Le coefficient de ruissellement est invariable d'une averse à l'autre
- L'intensité de l'averse est informée dans le temps et dans l'espace sur l'ensemble de la superficie à drainer.
- Les surfaces élémentaires de forme remarquable ayant de préférence la même nature de surface.
- Le débit de pointe est observé à l'exutoire si la durée de chute est supérieure au temps de concentration de la superficie.
- Le débit de pointe est proportionnel à l'intensité moyenne maximale (SALAH.B, 2014).

IV.2.1.2 Validité de la méthode rationnelle :

L'utilisation de cette méthode repose sur la bonne estimation du coefficient réducteur "alpha". Donc le choix de surface limitées inférieures à 10 ha nous donne de bonnes estimations vu le fait de la bonne estimation du coefficient de ruissellement. Ainsi cette méthode est beaucoup plus fiable pour des zones où le temps de concentration ne dépasse pas 30 minutes (SALAH.B, 2014).

IV.2.1.3 Temps de concentration :

Le temps de concentration représente une caractéristique propre à une zone drainée. Il correspond à la durée nécessaire pour qu'une goutte de pluie tombée à l'endroit le plus éloigné de la surface considérée atteigne l'entrée du collecteur chargé d'évacuer les eaux.

Le temps de concentration t_c est donné par :

$$t_c = t_1 + t_2 + t_3 \dots \dots \dots (IV-5)$$

Où :

- t_1 : temps nécessaire à l'écoulement de l'eau à travers les canalisations, depuis l'entrée du réseau jusqu'au point de rejet.

$$t_1 = \frac{L}{60V} \dots \dots \dots (IV-6)$$

Avec :

L : longueur du parcours en amont dans le réseau d'égout (en mètres)

V : vitesse d'écoulement dans la canalisation (en m/s)

- **t₂** : temps d'écoulement de l'eau ruisselant depuis les toits ou les surfaces imperméables jusqu'à la bouche d'égout la plus proche (en général entre 2 et 20 minutes)
- **t₃** : temps de ruissellement sur les surfaces non canalisées (parcours superficiels)

$$t_3 = \frac{L}{11\sqrt{I}} \dots \dots \dots (IV-7)$$

Avec :

L : distance parcourue par l'eau (en m)

I : pente moyenne du terrain emprunté par l'écoulement

Selon la configuration de la surface étudiée, on distingue trois situations possibles :

- Lorsque l'écoulement s'effectue uniquement en surface : **t_c = t₃**
- Lorsqu'il y a un écoulement initial en surface suivi d'un passage dans une canalisation **t_c = t₁ + t₃**
- Lorsque l'eau s'écoule exclusivement dans un réseau de conduites : **t_c = t₁**
- Lorsque la zone est urbanisée et équipée d'un réseau de collecte, le temps de concentration est exprimé par : **t_c = t₁ + t₂**

Dans les cas courants, notamment pour les surfaces peu étendues, on peut estimer le temps de concentration à l'aide de la formule de Kirpich, qui fournit une approximation simple et largement utilisée.

$$t_c = 3,98 \left[\frac{L}{\sqrt{I}} \right]^{0,77} \dots \dots \dots (IV-8)$$

Où :

L : Longueur du plus grand parcours de l'eau (Km).

I : Pente moyenne (m/m)

Remarque : dans notre cas $t_c = t_1 + t_2$.

IV.2.1.4 Coefficient réducteur α :

Coefficient minorateur déterminé d'après la répartition de la pluie et sa distribution dans l'espace. Nous supposons, vu le découpage en surfaces élémentaires très faibles que la répartition de la pluie dans chaque surface élémentaire est régulière et constante durant la chute de pluie (SALAH.B, 2014).

IV.2.2 Méthode superficielle :

Dite aussi méthode de CAQUOT. Elle se traduit par l'équation suivante :

$$Q(f) = K_u^{\frac{1}{u}} I_u^{\frac{v}{u}} C_r^{\frac{1}{u}} A_u^{\frac{w}{u}} \dots\dots\dots (IV-9)$$

Source : Desbordes, M. (1993). *Hydrologie urbaine*. Éditions Eyrolles.

Où :

$Q(f)$: Débit pluvial (m³/s) de fréquence de non-dépassement f ; $f=90\%$ C_r : Coefficient de ruissellement.

A : Surface (ha) du sous bassin.

K, u, v, w : Coefficients d'expression.

I : Pente moyenne (m/m) du collecteur du sous bassin.

Les coefficients d'expression K, u, v, w sont donnés par les relations :

$$K = \frac{a(f) \cdot (0,5)b(f)}{6.6} \dots\dots\dots (IV-10)$$

$$v = -0,41b(f) \dots\dots\dots (IV-11)$$

$$u = 1 + 0,287b(f) \dots\dots\dots (IV-12)$$

$$w = 0,95 + 0,507b(f) \dots\dots\dots (IV-13)$$

$a(f)$ et $b(f)$ sont des paramètres de la relation :

$$i(t, f) = a(f) \cdot t b(f) \dots\dots\dots (IV-14)$$

Où :

$i(t, f)$ représente l'intensité de la pluie pour une durée t et une fréquence de non-dépassement f .

Dans notre cas, on considère :

- $t = 15 \text{ minutes}$

- $f = 90 \%$

La pente moyenne du collecteur correspondant à une surface élémentaire est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$I = \frac{C_{am} - C_{av}}{L} \dots\dots\dots (IV-15)$$

C_{am} : Côte à l'amont du collecteur (en mètres)

C_{av} : Côte à l'aval du collecteur (en mètres)

L : longueur totale du collecteur (en mètres)

Le tracé du collecteur est subdivisé en plusieurs tronçons. Pour chacun, on évalue sa longueur ainsi que sa pente moyenne.

Lorsque ces tronçons sont disposés en série, la pente globale équivalente peut être calculée à l'aide de la relation suivante :

$$I_{eq} = \left[\frac{\sum_{i=1}^N L_i}{\sum_{i=1}^N \frac{L_i}{I_i}} \right]^2 \dots\dots\dots (IV-16)$$

L_i : longueur du tronçon i (en mètres)

I_i : pente du tronçon i (en m/m)

N : nombre total de tronçons

Lorsque les tronçons sont disposés en parallèle, la pente équivalente se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$I_{eq} = \left[\frac{\sum_{i=1}^N I_i Q_i}{\sum_{i=1}^N Q_i} \right] \dots\dots\dots (IV-17)$$

I_i : pente du tronçon i ;

Q_i : débit du tronçon i ;

N : nombre des tronçons.

Remarque :

La valeur du débit $Q(f)$ doit tenir compte d'un coefficient m d'où :

$$Q(f)_{\text{corrigé}} = m Q(f)_{\text{calculée}} \dots \dots \dots \text{(IV-18)}$$

Avec :

m : coefficient d'influence donné par l'expression qui suit :

$$m = \left(\frac{M}{2}\right)^{\frac{0,84 \cdot b(f)}{1+0,287b(f)}} = \left(\frac{M}{2}\right)^b \dots \dots \dots \text{(IV-19)}$$

Avec :

M : coefficient d'allongement $M = \frac{L}{A}$

Où : L : longueur du plus long parcours hydraulique en (m)

A : surface du bassin considéré en (m²)

IV.2.2.1 Formules D'équivalences :

Lorsque l'on applique la méthode de Caquot à un ensemble de bassins versants présentant des caractéristiques variées et disposés en série ou en parallèle, il devient essentiel de définir les paramètres du bassin versant équivalent. Le tableau V.3 présente les règles d'assemblage à suivre pour cette démarche, tout en notant que certaines situations particulières peuvent entraîner des résultats atypiques.

Tableau IV-23 : Calcul des caractéristiques équivalentes pour des bassins versants associés en série ou en parallèle

Paramètres équivalents	S _{éq}	C _{éq}	I _{éq}	M _{éq}
Bassins en série	$\sum Si$	$\frac{\sum CiSi}{\sum Si}$	$\left[\frac{\sum Li}{\sum \frac{Li}{Ii}} \right]^2$	$\frac{\sum Li}{\sqrt{\sum Ai}}$
Bassins en parallèle	$\sum Si$	$\frac{\sum CiSi}{\sum Si}$	$\frac{\sum LiQi}{\sum Qi}$	$\frac{L(Tcmax)}{\sqrt{\sum Ai}}$

IV.2.2.2 Validité de la méthode superficielle :

L'utilisation de cette méthode est justifiée uniquement si les conditions suivantes sont respectées :

- Le coefficient de ruissellement α est compris entre 0,2 et 1 ;
- Le coefficient d'allongement M varie entre 0,8 et 2 ;
- La superficie totale du bassin ne dépasse pas 200 hectares ;
- La pente moyenne I du terrain se situe entre 0,2 % et 5 %.

IV.2.3 Choix de la méthode de calcul :

Compte tenu des conditions d'application propres à chaque méthode, notre choix s'est porté sur la méthode rationnelle pour l'estimation des débits pluviaux. Cette dernière s'adapte davantage aux spécificités de notre zone d'étude, notamment en ce qui concerne la superficie, la pente du terrain et les valeurs des coefficients de ruissellement.

IV.3 Calcul des débits pluviaux :

IV.3.1 Évaluation le coefficient réducteur α :

En se basant sur les dimensions d'un bassin versant assimilé à un rectangle, avec une longueur « X » de **734,68m** et une largeur moyenne de « Y » **787,13m**, la valeur du coefficient α est extraite du tableau IV.4. Pour ces données, on retient $\alpha = 0,76$.

Tableau IV-24 : Les valeurs du coefficient réducteur α .

P-2 (m)	200	400	600	800	1000	1200	1400
Y < x/2	0.91	0.88	0.85	0.83	0.81	0.79	0.77
Y > x/2	0.90	0.86	0.83	0.80	0.78	0.76	0.75
P-2 (m)	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800
Y < x/2	0.76	0.75	0.73	0.72	0.70	0.69	0.68
Y > x/2	0.72	0.70	0.69	0.67	0.66	0.64	0.63

Les valeurs calculées des débits pluviaux et des débits totaux figurent respectivement dans les tableaux IV.5 et IV.6.

Remarque :

Dans notre étude, on prend le $\alpha=1$ pour ne prendre aucun risque d'erreur.

Tableau IV-25 : Calcul des débits pluviaux en chaque surface élémentaire

SI	Aire (ha)	Coefficient de ruissellement (Cri)	α	I (l/s/ha)	Q pl (l/s)	Q pl (m ³ /s)
1	6.13	0.83	1	173.24	881.43	0.881
2	3.54	0.73	1	173.24	447.69	0.448
3	5.15	0.8	1	173.24	713.75	0.714
4	2.32	0.76	1	173.24	305.46	0.305
5	2.18	0.77	1	173.24	290.80	0.291
6	2.99	0.8	1	173.24	414.39	0.414
7	2.22	0.74	1	173.24	284.60	0.285
8	1.52	0.85	1	173.24	223.83	0.224
9	1.6	0.85	1	173.24	235.61	0.236
10	0.92	0.71	1	173.24	113.16	0.113

L'analyse des débits de ruissellement montre une variation significative des valeurs en fonction de la surface imperméabilisée et du coefficient de ruissellement propre à chaque secteur. Les surfaces élémentaires (SI) les plus étendues, telles que la SI1 (6,13 ha) et la SI3 (5,15 ha), génèrent les débits les plus élevés avec respectivement 0,881 m³/s et 0,714 m³/s, en raison de leur superficie importante combinée à un coefficient de ruissellement élevé (0,83 et 0,80). À l'inverse, les unités les plus petites comme la SI10 (0,92 ha) et la SI8 (1,52 ha) contribuent faiblement au ruissellement, avec des débits respectifs de 0,113 m³/s et 0,224 m³/s, malgré des coefficients relativement élevés (0,71 et 0,85).

Globalement, les coefficients de ruissellement varient de 0,71 à 0,85, reflétant des zones majoritairement urbanisées ou semi-imperméables. La dotation en intensité de pluie ($I = 173,24$

l/s/ha) étant constante, la variabilité des débits est donc directement liée aux deux facteurs principaux : la superficie de la zone et son coefficient de ruissellement. La somme totale des débits de ruissellement atteint environ 4,89 m³/s, représentant la charge maximale à considérer pour le dimensionnement du réseau pluvial.

Ces résultats permettent d'identifier les zones les plus contributives au ruissellement et d'orienter les choix techniques en matière de collecte, de régulation ou de stockage des eaux pluviales

Le schéma ci-dessous présente les principales étapes à suivre pour estimer les débits à évacuer



Figure IV-22 : la méthodologie de détermination des débits

Conclusion :

Ce chapitre a permis d'estimer les débits à évacuer pour le site AADL des 3000 logements à Bouinan, en tenant compte des eaux usées domestiques et des eaux pluviales. Les calculs montrent que le débit total des eaux usées, basé sur une dotation de 120 l/j/hab et un coefficient de pointe allant jusqu'à 3, atteint environ 0.075 m³/s, avec un maximum de 0.015 m³/s au niveau du secteur le plus dense. Pour les eaux pluviales, le débit global obtenu est de 3.948 m³/s, calculé avec une intensité de pluie décennale de 173.24 l/s/ha et des coefficients de ruissellement compris entre 0.71 et 0.85. Ces résultats confirment que les eaux pluviales représentent plus de 98 % des volumes à évacuer, ce qui oriente les choix de dimensionnement principalement vers les ouvrages de drainage pluvial. L'absence de rejets industriels justifie leur non prise en compte.

Chapitre V : Dimensionnement du système

Introduction :

Une fois les débits déterminés, le calcul hydraulique permet de dimensionner les collecteurs et regards des deux réseaux du système séparatif. Ce calcul respecte les normes d'écoulement et les contraintes d'implantation, en assurant la résistance aux charges extérieures et un tracé optimisé.

V.1 Conception du réseau :

La conception d'un réseau d'assainissement consiste à représenter l'ensemble des éléments formant les différentes branches du réseau sur un schéma général.

Les collecteurs y sont caractérisés par :

- Leur position sur le plan,
- Leur profondeur d'enfouissement,
- Leurs diamètres,
- Leur pente,
- Leur type de jointement et mode de réalisation.

Les regards de visite et de jonction sont également précisés selon :

- Leur emplacement sur le plan,
- Leur profondeur,
- Leurs côtes altimétriques.

V.2 Dimensionnement du réseau d'assainissement :**V.2.1 Conditions d'écoulement et de dimensionnement :**

Dans un réseau d'assainissement, l'écoulement s'effectue de manière gravitaire autant que possible, en s'appuyant sur la topographie naturelle du site. Il est essentiel de garantir une vitesse d'écoulement suffisante pour assurer l'auto-curage des conduites, tout en évitant les vitesses excessives susceptibles de détériorer les joints et les revêtements des canalisations.

Étant donné la nature chargée des eaux usées (présence de matières solides décantables comme le sable), certaines vitesses minimales doivent être respectées pour limiter les dépôts :

- Une vitesse minimale de 0,6 m/s pour 1/10 du débit à pleine section.
- Une vitesse minimale de 0,3 m/s pour 1/100 du débit, avec un diamètre de conduite d'au moins 315 mm.

Si ces conditions ne sont pas remplies, des dispositifs complémentaires tels que des chasses automatiques ou un curage périodique doivent être envisagés.

En parallèle, pour prévenir l'usure prématurée des canalisations, , il est recommandé de ne pas dépasser une vitesse d'écoulement de 5 à 6 m/s en régime de pleine section.

V.2.2 Formules d'écoulements :

L'écoulement dans les collecteurs est un écoulement à surface libre régi par le principe de continuité :

$$Q = V * S.....(V-1)$$

Avec :

S : Section mouillée (m²).

V : Vitesse d'écoulement (m/s).

Q : Débit (m³/s).

Dans le cadre du dimensionnement hydraulique des réseaux d'assainissement, la vitesse d'écoulement est calculée à l'aide de formules empiriques élaborées par des chercheurs et ingénieurs spécialisés. Parmi les plus utilisées, on retrouve notamment :

V.2.2.1 Formule de CHEZY :

La formule de Chezy estimant la vitesse moyenne d'écoulement s'écrit :

$$V = C\sqrt{R_h * I}.....(V-2)$$

Où :

V : vitesse d'écoulement (m/s).

I : Pente du collecteur (m/m).

R_h : Rayon hydraulique (m).

C : Coefficient de CHEZY, il dépend des paramètres hydrauliques et géométriques de l'écoulement.

V.2.2.2 Formule de MANNING :

La formule de Manning, qui est la plus utilisée, estimant la vitesse moyenne d'écoulement s'écrit :

$$V = \frac{\alpha}{n} R_h^{\frac{2}{3}} \sqrt{I} \dots\dots\dots (V-3)$$

Où :

- V: vitesse d'écoulement.
- α : est un coefficient d'unité qui vaut 1 en système international et 1,486 en système anglo- saxon.
- n: coefficient de MANNING il dépend des parois des conduite.
- Rh : Rayon hydraulique (m).
- I : Pente du collecteur (m/m)

V.2.2.3 Formule de Strickler :

C'est la même que la précédente , sauf que le coefficient de Strickler K est égale à l'inverse du Manning :

$$V = K R_h^{\frac{2}{3}} \sqrt{I} \dots\dots\dots (V-4)$$

Avec :

K : Coefficient de rugosité de Manning-Strickler ses valeurs représentées dans le tableau (voir l'annexe II)

$$K=1/n$$

Où : n : rugosité Coefficient de rugosité de Manning-Strickler.

V.2.3 Mode de calcul :

Le calcul hydraulique des conduites se base sur plusieurs étapes successives permettant d'évaluer le comportement de l'écoulement et de dimensionner correctement le réseau ; ces étapes sont synthétisées dans le diagramme suivant.

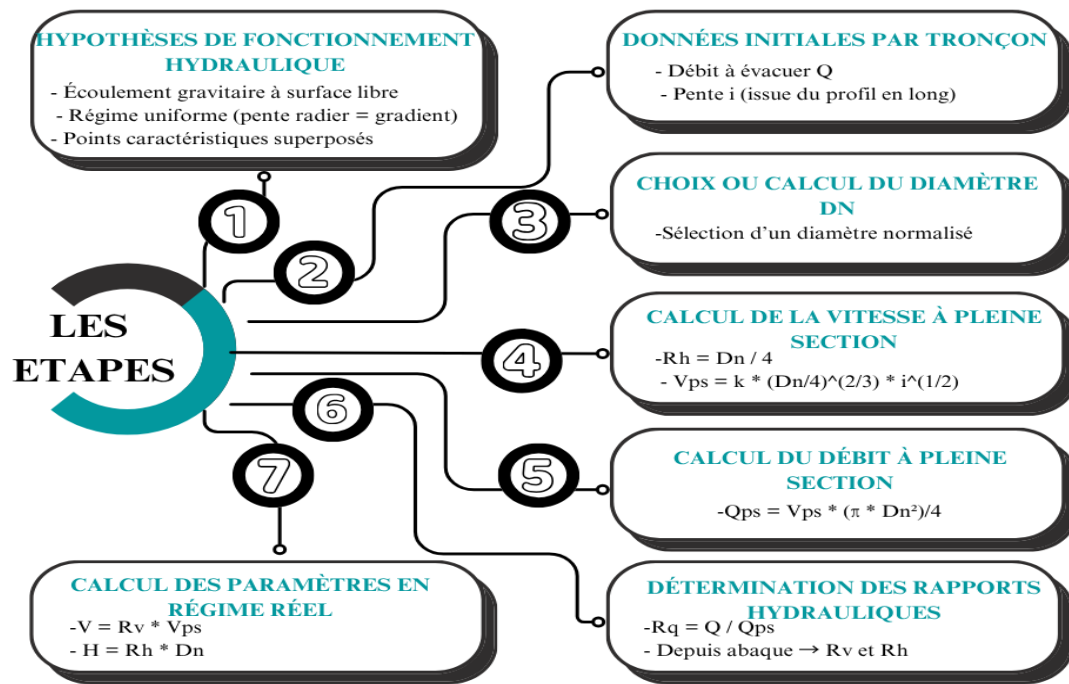


Figure V-23 : diagramme des étapes de dimensionnements d'un réseau

V.3 Directives de tracé pour les collecteurs :

Le tracé des collecteurs (voir la planche N°2) doit répondre à un ensemble de règles générales, parmi lesquelles :

- Opter pour un itinéraire aussi direct que possible afin de limiter les longueurs de canalisation.
- S'appuyer sur le réseau de voiries existant en évitant, dans la mesure du possible, les changements brusques de direction.
- Écarter les zones susceptibles de générer des contre-pentes, qui peuvent nuire à l'écoulement gravitaire.

Les données issues du dimensionnement du réseau d'assainissement des eaux usées et pluviales figurent dans les tableaux présentés en annexe.

V.4 Normes d'écoulement et d'implantation :

Pour garantir la conformité du projet et assurer son bon fonctionnement, il est essentiel de respecter un ensemble de normes d'écoulement et d'implantation

- Le diamètre des conduites ne doit pas être inférieur à 315 mm, afin de limiter les risques d'obstruction.
- La pente minimale adoptée est de 0,002 m/m pour garantir un écoulement gravitaire efficace.
- La hauteur minimale de remblai au-dessus de la canalisation est fixée à 80 cm. En deçà de cette valeur, une dalle de répartition en béton devra être mise en place afin de protéger la conduite contre les charges roulantes.
- Des regards de visite doivent être implantés tous les 80 mètres au maximum, pour permettre le nettoyage hydraulique du réseau ou l'inspection par caméra. La distance usuelle recommandée est de 50 mètres.
- Un regard doit être prévu à chaque changement de direction ou de pente.
- En présence de fortes pentes, un regard de chute est nécessaire pour maîtriser la dénivellation et assurer la sécurité de l'écoulement.
- La vitesse d'écoulement ne doit pas excéder 5 à 6 m/s, afin d'éviter l'usure prématurée des conduites par abrasion. Si cette vitesse est inévitable, des matériaux plus résistants tels que la fonte ou le polyéthylène haute densité doivent être utilisés.

V.6 Les éléments constitutifs du réseau d'égout :

Un réseau d'égout se compose de plusieurs éléments essentiels qui sont :

V.6.1 Les ouvrages principaux :

Les ouvrages principaux regroupent les installations destinées à assurer l'évacuation des effluents vers le point de rejet final ou vers la station de traitement. Ils se composent essentiellement des conduites et des éléments d'assemblage (joints).

V.6.1.1 Canalisations :

Ces structures sont disponibles sous différentes formes, principalement en éléments cylindriques préfabriqués en usine, identifiés par leur diamètre intérieur, appelé diamètre nominal, exprimé en millimètres. Il existe également des éléments de forme ovoïde, également préfabriqués, dont la désignation se fait en fonction de leur hauteur, exprimée en centimètres.

- **Choix de types de canalisations :**

Le choix des différents types de conduites doit être effectué en prenant en considération plusieurs paramètres essentiels, notamment :

Tableau V-26 : Analyse technico-économique des matériaux de canalisation.

Matériel	type	Avantages	Inconvénients
PVC	PVC rigide (U-PVC)	- Léger et économique- Résistant à la corrosion chimique- Facile à poser	- Fragile aux chocs- Faible résistance aux fortes charges
	PVC structuré à double paroi (extérieur ondulé / intérieur lisse)	- Bonne rigidité (SN4 à SN8)- Léger- Bon écoulement hydraulique- Normé pour assainissement gravitaire	- Moins adapté aux charges très lourdes ou aux grandes profondeurs
	PVC ondulé souple (type drainage, non normé)	- Très léger- Flexible- Facile à manipuler pour petits travaux de drainage	- Non adapté aux réseaux d'eaux usées : faible rigidité, non étanche, non conforme aux normes
Béton	Béton non armé	- Économique- Bonne résistance à la compression	- Fragile aux flexions- Pose difficile- Risque de fissures à les petits DN
	Béton armé	- Excellente résistance mécanique- Longue durée de vie- Convient aux fortes charges	- Très lourd- Coût élevé- Pose complexe
	Béton fibré	- Bonne durabilité- Résistance aux microfissures- Moins d'armatures nécessaires	- Moins courant- Plus cher
PEHD	PEHD lisse	- Surface intérieure très lisse- Résistance chimique élevée- Bonne durée de vie	- Moins rigide que le béton- Coût plus élevé que le PVC
	PEHD structuré (paroi nervurée)	- Meilleure rigidité- Léger- Bon comportement en sol meuble	- Pose technique- Moins adapté à fortes pressions internes
	PEHD spirale (extrudé spiralé)	- Léger pour grands diamètres- Bonne soudabilité- Idéal pour DN > 600	- Surdimensionné pour DN 300- Coût élevé- Pose spécialisée
	PEHD enroulé (tôles soudées sur mesure)	- Fabrication personnalisée- Flexible- Adapté aux formes complexes ou non standards	- Non standardisé- Qualité dépend du procédé- Coût élevé- Moins adapté à DN 300

Remarque : Pour notre projet, dans le cadre de la conception d'un système d'assainissement séparatif, deux réseaux indépendants sont mis en place :

- L'un pour les **eaux usées**,
- L'autre pour les **eaux pluviales**.

Le choix des matériaux est optimisé en fonction des **caractéristiques hydrauliques, mécaniques et économiques** propres à chaque réseau.

➤ **Réseau des eaux usées : PVC structuré à double paroi – DN 315**

Le réseau des eaux usées est conçu avec du PVC structuré à double paroi (extérieur ondulé / intérieur lisse) pour les raisons suivantes :

- ✓ Diamètre modéré (DN 315) : bien adapté aux réseaux gravitaires d'eaux usées.
- ✓ Excellente résistance chimique : le PVC résiste aux effluents domestiques et industriels.
- ✓ Rigidité annulaire élevée (SN8 recommandé) : permet la pose en tranchée avec charges modérées.
- ✓ Poids léger : facilite la manipulation et réduit les coûts de pose.
- ✓ Bon comportement hydraulique : intérieur lisse, coefficient de rugosité faible ($K_s \approx 0,5 \text{ mm}$).
- ✓ Durabilité élevée : conforme à la norme EN 13476, durée de vie > 50 ans.



Figure V-24 : Des conduites en PVC structuré à double paroi

► **Conclusion** : ce matériau est parfaitement adapté pour les réseaux d'eaux usées de petit à moyen diamètre, avec une performance mécanique et économique optimale.

➤ **Réseau des eaux pluviales : PVC rigide et béton – DN 400 à 1200**

Le réseau des eaux pluviales, dimensionné pour des débits plus importants et des diamètres élevés (DN 400 à 1200), justifie l'usage de matériaux plus résistants selon le diamètre :

1. PVC rigide (DN 400 à 500) :

- ✓ Bon écoulement hydraulique pour les sections moyennes.
- ✓ Légèreté et facilité de pose.

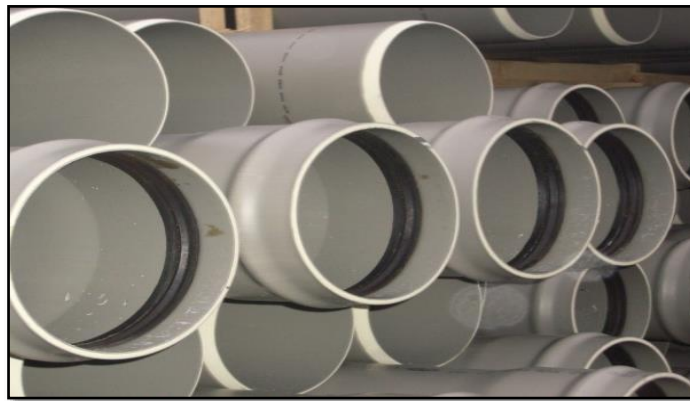


Figure V-25 : Des conduites en PVC rigide

2. Béton armé ou béton fibré (DN > 600–1200) :

- ✓ Très haute résistance mécanique aux charges verticales et trafic lourd.
- ✓ Stabilité à long terme, notamment en pose profonde.
- ✓ Bon comportement face aux sollicitations hydrauliques violentes (débits de crue).



Figure V-26 : Des conduites en béton

► **Conclusion :** pour les eaux pluviales, le PVC rigide est suffisant pour les faibles diamètres, tandis que le béton s'impose dès que le diamètre augmente ou que les charges sont importantes.

Différentes actions supportées par la conduite :

Les conduites subissent des efforts internes et externes. Le choix des matériaux doit tenir compte de trois types de contraintes :

- a) Mécaniques :** Provoquées par les charges de remblai et autres sollicitations extérieures.
- b) Statiques :** Issues des surcharges fixes ou mobiles, telles que le remblai, le fluide en mouvement et le trafic routier.
- c) Chimiques :** Liées aux réactions internes. Une baisse du pH favorise les bactéries acidophiles, pouvant produire de l'acide sulfurique (H_2S), corrosif pour les conduites.

- **Essais préalables à la pose des canalisations :**

Avant la pose, trois essais sont indispensables : écrasement, étanchéité et corrosion. Les échantillons sont prélevés aléatoirement : 5 tuyaux sur 1000 pour l'écrasement, 10 pour l'étanchéité.

a) Essai à l'écrasement : Vérifie la résistance aux charges du remblai et au trafic. Réalisé à l'aide d'une presse automatique jusqu'à rupture, à une vitesse de 1000 daN/m/min. L'effort est réparti uniformément sur la génératrice supérieure.

b) Essai d'étanchéité : Effectué sous pression d'eau sur deux tuyaux assemblés. Les conduites doivent avoir 21 jours de cure et être immergées 48 h avant le test.

- Pression d'essai : 0,5 bar (ovoïdes), 1 bar (circulaires), durée 30 min.
- Pour les tuyaux circulaires, un désaxement est appliqué : 15 mm ($\varnothing \geq 300$ mm), 8 mm ($\varnothing < 300$ mm).

Aucune fuite ou fissure ne doit apparaître. Cet essai est essentiel à Boughzoul en raison des risques d'infiltration liés à la nappe phréatique.

c) Essai de corrosion : Simule l'effet des eaux usées contenant H_2S et CO_2 sur le béton. Après exposition à ces agents, les tuyaux sont lavés, séchés puis pesés. La paroi interne ne doit présenter aucune dégradation visible.

V.6.1.2 les joints :

- **Joints des conduites en béton armé**

Le choix du type de joint dépend de la nature des eaux, de la stabilité du sol et des caractéristiques des conduites (diamètre, épaisseur).

Les principaux types de joints sont :

a) Joint Rocla : Offre une excellente étanchéité, adapté à tous les diamètres et aux eaux internes comme externes.

b) Joint à demi-emboîtement : Avec bourrage en mortier de ciment, adapté aux terrains stables, mais à éviter en cas de forte pression ou de forte pente.

c) Joint à collet : Utilisé uniquement dans les sols stables et à faible pente, avec mortier de ciment.

Autres types : Joints toriques et en matériaux plastiques, selon les besoins.

V.6.2 les ouvrages annexes :

Les ouvrages annexes jouent un rôle clé dans le bon fonctionnement et l'exploitation efficace des réseaux d'assainissement. Ils remplissent diverses fonctions :

- Collecte des effluents,
- Accès pour l'entretien,
- Régulation du réseau afin d'optimiser les coûts et éviter les surdimensionnements.

On distingue deux grandes catégories :

- **Les ouvrages normaux**, utilisés systématiquement dans les réseaux,
- **Les ouvrages spéciaux**, mis en place selon des besoins techniques particuliers.

V.6.2.1 les ouvrages normaux :

Ce sont les éléments de base du réseau, situés en amont ou le long des conduites. Ils assurent principalement la collecte des effluents et permettent l'accès au réseau pour l'entretien.

→ **Les branchements** : Ils servent à évacuer les eaux usées et pluviales des immeubles.

Un branchement comprend :

- Un regard de façade : placé en limite de propriété pour l'accès et l'entretien.
- Une canalisation de branchement : raccordée au réseau public avec une inclinaison de 45° (ETERNIT) ou 60° (EVERITUBE).
- Un raccordement : adapté à la nature et au diamètre du réseau principal.

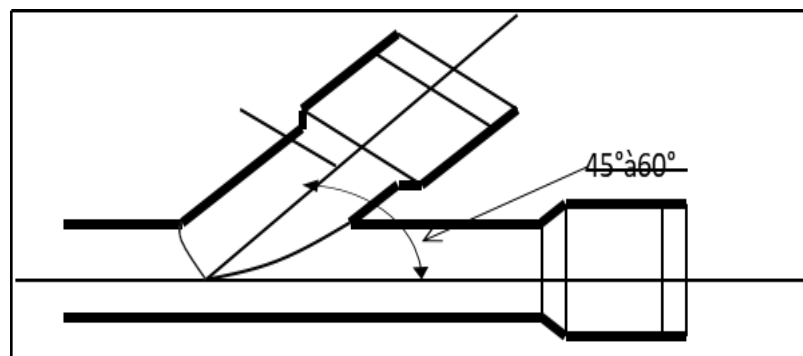


Figure V-27 : Exemple d'un branchement simple

→ **Les ouvrages de collecte et de transport :**

Fossés : Utilisés en zone rurale, ils recueillent les eaux de ruissellement des chaussées et nécessitent un entretien régulier.

Caniveaux : Ils collectent les eaux pluviales sur la chaussée et les trottoirs pour les acheminer vers les bouches d'égout. Dans notre projet, ils sont placés entre les bouches et le long des voiries étroites pour faciliter l'écoulement.

- **Les bouches d'égout :** Collectent les eaux de pluie et de lavage. Espacées en moyenne de 50 m, leur taille dépend du débit à capter.
- **Ouvrages d'accès au réseau (les regards) :** Ils permettent l'accès au réseau pour l'entretien et la surveillance. Leur forme dépend de la pente, de l'encombrement et du type d'évacuation (voir la planche 5).

Le regard permet :

- De réaliser des coudes à 90°,
- D'ajouter des outils de nettoyage,
- De contrôler et entretenir le réseau.

Il est posé :

- Aux jonctions,
- Aux changements de direction ou de pente,
- Aux points de chute.

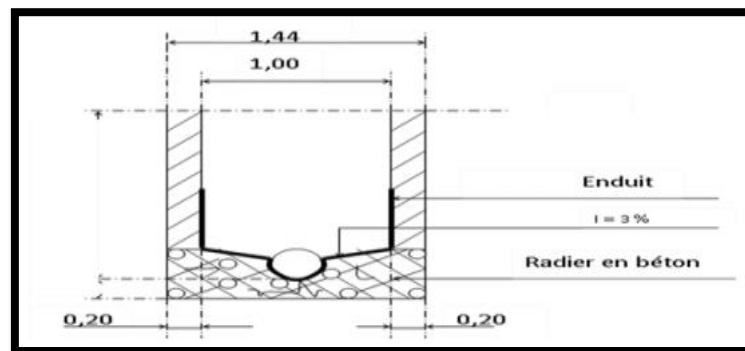


Figure V-28 : Exemple d'un regard simple.

Les types de regards varient en fonction de l'encombrement et de la pente du terrain, ainsi que du système d'évacuation. Dans notre projet, on va baser sur les **regards de jonction** et **de visite** qui sont utilisées dans les terrains plats.

-Regard de visite : Installé à intervalles de 30 à 50 mètres le long du collecteur, ce type de regard permet l'accès à l'intérieur des conduites pour les opérations de maintenance ou de réparation. Ses dimensions varient selon le diamètre du collecteur.

-Regard de jonction : Utilisé pour raccorder deux collecteurs, qu'ils soient de même section ou non. Il est conçu pour :

- Garantir une bonne ventilation au point de raccordement.
- Gérer les différences de niveau entre radiers.
- Éviter tout retour d'eau en période sèche.
- Assurer l'alignement des niveaux d'eau entre les conduites.

V.6.2.2 les ouvrages précieux :

Les ouvrages précieux sont les éléments essentiels du réseau (comme les regards, les chambres de chute et les branchements) assurant le bon fonctionnement, l'accessibilité et la maintenance du système d'assainissement.

- **Les bassins de retenue :**

Les bassins de retenue sont des ouvrages conçus pour stocker, décanter et/ou infiltrer les eaux pluviales. On distingue plusieurs types :

- **Bassins enterrés**, construits en béton ou à partir de conduites de grand diamètre.
- **Bassins à ciel ouvert**, naturels ou artificiels, avec ou sans digue.
- **Bassins secs ou en eau permanente**, selon la fréquence et l'intensité des pluies.

Les bassins à ciel ouvert sont aujourd'hui pensés comme des espaces polyvalents intégrés au paysage urbain, pouvant servir de zones de détente, espaces verts ou aires de jeux.

Sur le plan hydraulique, les bassins peuvent :

- Collecter des eaux pluviales ou unitaires,
- Être alimentés en continu ou uniquement lors de débordements,
- Restituer les eaux, de manière régulée, vers le réseau, le sol ou le milieu naturel.

Ils jouent également un rôle important dans la rétention de la pollution : dégrillage des déchets flottants, décantation des particules, et parfois, amélioration naturelle de la qualité de l'eau par des plantes filtrantes comme les roseaux.

Par conséquent on envisage deux méthodes de détermination du volume, toutes deux Fonctions de la pluviométrie et de la surface du bassin considéré.

- **1ère méthode : méthode des pluies**

Cette méthode se base essentiellement sur un principe hydraulique, et par conséquent on cite uniquement les étapes à suivre pour la détermination du volume :

- Il faut connaître la fréquence $f = 1/T$ des pluies et la valeur du débit demandé Q , c'est-à-dire le débit qui sort du bassin de retenue.
- Détermination du volume V_1 évacué pendant un temps t

$$V_1 = 3600 Q t \dots\dots\dots(V-11)$$

Avec : V_1 en m^3 , Q en m^3/s , et t en heure.

- Détermination de la hauteur d'eau (h) évacuée qui correspond au volume par hectare de Surface active (S_a) du bassin.

La surface active est égale au produit du coefficient d'apport par l'air total du bassin versant

$$h = 360 Q t / S. Cap = f(t) \dots\dots\dots(V-12)$$

Avec :

S : surface du bassin (ha).

h : hauteur d'eau (mm).

Q : débit (m^3/s).

t : temps (heure).

Cap: le coefficient d'apport qui est en fonction de la nature du sol et du pourcentage de boisement. $0,05 < Cap < 0,6$.

- Représentation graphique $h = f(t)$ et la courbe du classement fréquentiel des pluies qui correspond à la période de pluie de retour

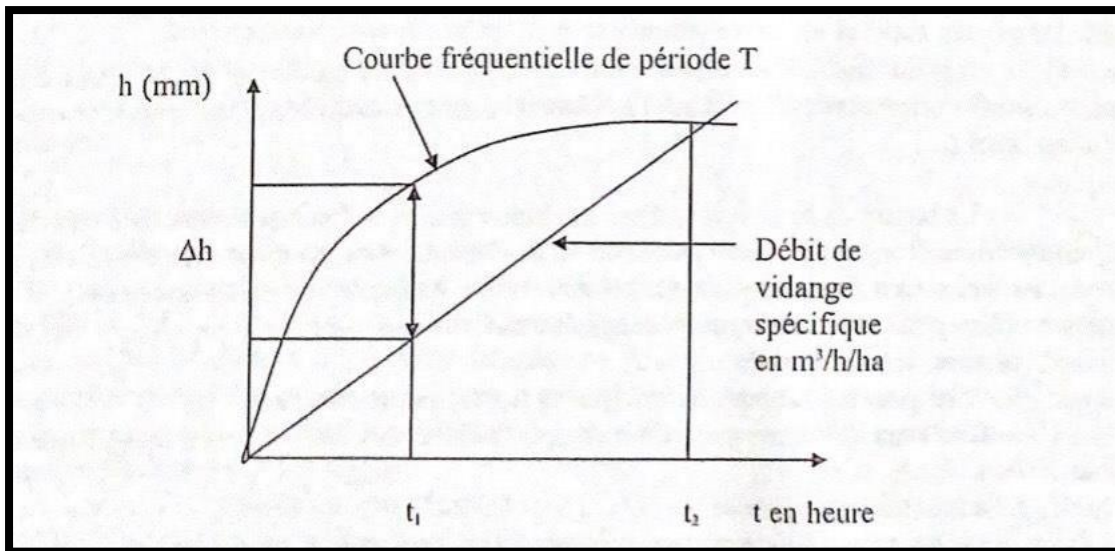


Figure V-29 : Détermination du volume du bassin

Source : cours S.Boualem

Avec :

 t_1 : représente le temps de remplissage. $\Delta t = t_2 - t_1$: représente le temps de vidange. Δh : représente la hauteur de pluie à stocker par ha.

- On déduit donc le volume du bassin de retenue comme suit :

$$V_b = 10 \cdot \Delta h \cdot S_a \dots \dots \dots (V-13)$$

Avec : V_b en m^3 , Δh en mm, S_a en ha

- 2ème méthode :**

Cette méthode suppose le débit Q sensiblement constant

- On détermine le débit Q' d'après la relation suivante :

$$Q' (mm/h) = 360Q / S_a \dots \dots \dots (V-14)$$

- En fonction de Q' , on détermine la hauteur d'eau h (mm) à partir de l'abaque (abaque II en annexe) qui est la capacité de stockage moyennant les principes hydrologiques.

- On détermine le volume V_b par la relation :

$$V_b (m^3) = 10h \cdot S_a \dots \dots \dots (V-15)$$

- On majore la valeur de V_b d'une valeur de $1/6V_b$ pour tenir compte du temps mis pour atteindre le débit de fuite sur lequel les calculs sont basés.

Partie Calcul:**Calcul de la surface active :**

La détermination du coefficient d'apport est une tâche délicate en raison de la multiplicité des facteurs qui l'influencent, tels que les pertes en ligne, les infiltrations, ainsi que le temps

nécessaire à l'écoulement jusqu'au point de collecte. Ce coefficient, souvent inférieur au coefficient de ruissellement, se situe généralement dans une plage de 0,05 à 0,6. Dans le cadre de notre projet, nous avons choisi d'adopter une valeur de $C_a=0,4$. Cette estimation repose sur l'hypothèse que le bassin est alimenté par les eaux collectées par la conduite principale du réseau pluvial, laquelle draine une zone fortement imperméabilisée d'environ 29 hectares.

$$S_a = S \times C_a \dots\dots\dots (VI-12)$$

S_a : surface active

S : surface totale en ha

C_a : Coefficient d'apport

$$S_a = 29 \times 0.4$$

$$S_a = 11.6 \text{ ha}$$

Le débit de fuite correspond au débit d'eau évacué par le bassin de retenue, autrement dit, la quantité d'eau que l'on autorise à s'écouler de manière progressive vers l'exutoire, aussi bien pendant qu'après un épisode pluvieux.

Dans notre projet, nous retenons un débit de fuite.

Ainsi, ce débit constitue la limite maximale admissible pour le rejet des eaux vers le réseau aval.

$$q = 9 \text{ mm/h}$$

À l'aide de l'abaque en annexe, et pour une période de retour de 10 ans, on détermine la hauteur d'eau h_a (exprimée en mm) correspondant à la capacité spécifique de stockage, en fonction du débit de fuite choisi.

$$h_a = 22 \text{ mm}$$

- Le volume de bassin est :

$$VB = 10 \times S_a \times h_a$$

$$VB = 2552 \text{ m}^3$$

Pour tenir compte du temps nécessaire pour atteindre le débit de fuite, on majore le volume d'une valeur équivalente à 0,17 VB Le volume total du bassin sera donc :

$$VT = 0.17 \times VB + VB = 1.17 \times VB$$

Donc :

$$VT = 2985.84 \text{ m}^3$$

La méthode des hydrogrammes (entrant et sortant) :

La méthode des hydrogrammes est une méthode empirique utilisée pour le dimensionnement préliminaire des bassins de retenue des eaux pluviales, souvent connue sous le nom de Méthode de Solowski. Elle repose sur une relation linéaire entre la surface imperméabilisée drainée et le volume de stockage nécessaire, exprimée à l'aide d'un coefficient global d'emménagement. Cette méthode est largement utilisée dans les contextes où les données hydrologiques détaillées sont absentes ou insuffisantes, notamment dans les études préliminaires de gestion des eaux pluviales urbaines.

- Principe de la méthode :

La méthode part du principe que lors d'un événement pluvial intense, une partie du ruissellement ne peut être évacuée immédiatement à cause de la limitation du débit de fuite en aval. Il est donc nécessaire de stocker temporairement ce surplus d'eau afin de lisser le pic de débit et de protéger l'exutoire.

- Validité et utilisation actuelle :

La méthode de Solowski reste couramment utilisée dans plusieurs contextes :

- Études préliminaires d'aménagement urbain.
- Réglementations locales en matière de gestion des eaux pluviales (France, Maghreb).
- Schémas directeurs d'assainissement (SDA) ou plans d'aménagement urbain (PAU).
- En complément ou vérification rapide dans les logiciels de modélisation hydrologique.

- Calcul de volume de bassin :

Tout d'abord :

1. Calcul de t_c :

$$t_c = \frac{(4 \cdot \sqrt{S} + 1.5 \cdot L)}{0.8 \cdot \sqrt{(H_{moy} - H_{min})}} \dots\dots\dots (V-16)$$

$Qt(m^3/s)$	$S(km^2)$	L (km)	Hmax	Hmin	Hmoy	t_c (h)
2.348333	0.1714	0.7	85.55	65.311	75.4305	1.06331363

Avec :

Q_t : débit sortie de l'agglomération.

S : surface des surfaces élémentaires.

L : le chemin le plus long

$H_{\max}$: l'altitude max

$H_{\min}$: l'altitude min (m)

H_{moy} : l'altitude moyenne (m)

T_c : temps de concentration (h).

2. Calcul de débit à l'instant (t) :

Le calcul du débit à l'instant t vise à déterminer la quantité d'eau écoulée à chaque pas de temps :

$$Q_t = Q_{tm} * \left(\frac{t}{t_c}\right)^2 \dots\dots\dots (V-17)$$

Tableau V-27 : Variation du débit Q_{tm} selon le temps (t)

t (h)	Q_{tm}
0	0
0.6	0.74772073
0.7	1.017731
0.8	1.3292813
0.9	1.68237165
1	2.07700204
1.06331363	2.348333
1.1	2.51317247
1.2	2.99088293
1.3	3.51013344
1.4	4.07092399
1.5	4.67325459
1.6	5.31712522
1.7	6.00702261

1.8	0.20329573
1.9	0.101576
2	0.04112465
2.1	0.01120289

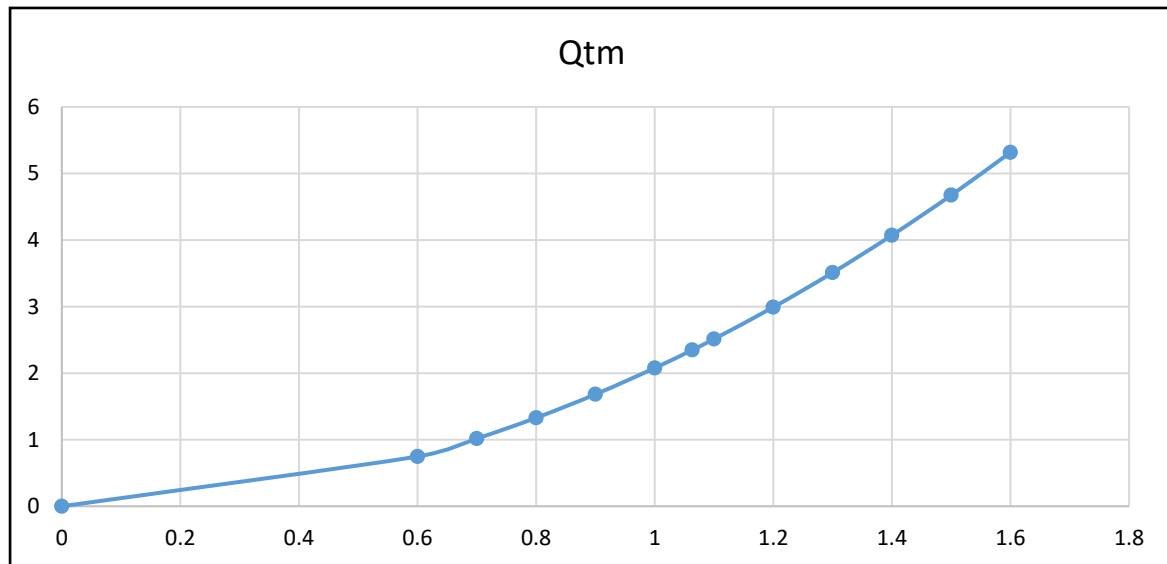


Figure V-30 : Évolution du débit total moyen (Qtm) en fonction du temps

- Les données nécessaires :

→ Diamètre de la conduite de sortie : $D = 400\text{mm}$.

→ Surface de l'orifice : $A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 0.1257\text{m}^2$.

→ Coefficient de décharge : $cd = 0.64$.

→ Surface de bassin : $Ab = 4000\text{m}^2$.

→ Le pas de temps utilisé : 0.1h

- Les formules nécessaires :

$$V_e = Q_T * 3600 * (t_2 - t_1) \dots \dots \dots (V-18)$$

$$V_{com} = V_{e1} + V_{e2} - V_S \dots \dots \dots (V-19)$$

$$P_e = \frac{V_{com}}{Ab} \dots \dots \dots (V-20)$$

$$h = P_e - \frac{D}{2} \dots \dots \dots (V-21)$$

$$Q_s = C_d * A * \sqrt{(2 * 9.81 * h)} \dots\dots\dots(V-22)$$

$$V_s = Q_s * 3600 * (t_2 - t_1) \dots\dots\dots(V-23)$$

Avec :

V_e : Volume d'eau entrant pendant le pas de temps (m^3).

V_{com} : Volume total accumulé dans le bassin depuis le début de l'événement. C'est la somme cumulative des volumes entrants (m^3).

P_e : Hauteur d'eau stockée dans le bassin, calculée en fonction de la surface disponible (m).

h : Hauteur d'eau instantanée dans le bassin à l'instant t , utilisée pour le calcul du débit sortant (m).

Q_s : Débit sortant (débit de fuite) du bassin, calculé par la formule de l'orifice ($\frac{m^3}{s}$).

V_s : Volume d'eau écoulé à l'extérieur du bassin pendant le pas de temps correspondant (m^3).

Tableau V-28 : Tableau récapitulatif de calcul

T(h)	Q(cms)	Ve(m3)	Vcom (m3)	Pe (m)	h(m)	Qs (m3/s)	Vs(m3)
0	0	0	0	0	0	0.000	0.000
1	2.077	2477.207	2477.207	1.869	1.669	0.460	656.950
1.063	2.348	535.253	6355.511	1.589	1.389	0.420	95.691
1.1	2.513	331.917	6591.737	1.648	1.448	0.429	56.614
1.2	2.991	1076.718	7611.841	1.903	1.703	0.465	167.357
1.3	3.510	1263.648	8708.132	2.177	1.977	0.501	180.322
1.4	4.071	1465.533	9993.343	2.498	2.298	0.540	194.423
1.5	4.673	1682.372	11481.291	2.870	2.670	0.582	209.567
1.6	5.317	1914.165	13185.889	3.296	3.096	0.627	225.671
1.7	0.357	128.528	13088.746	3.272	3.072	0.624	224.784
1.8	0.203	73.186	12937.149	3.234	3.034	0.621	223.393
1.9	0.102	36.567	12750.323	3.188	2.988	0.616	221.667
2	0.041	14.805	12543.460	3.136	2.936	0.610	219.740
2.1	0.011	4.033	12327.753	3.082	2.882	0.605	217.713
2.2	0.001	0.386	12110.426	3.028	2.828	0.599	215.651

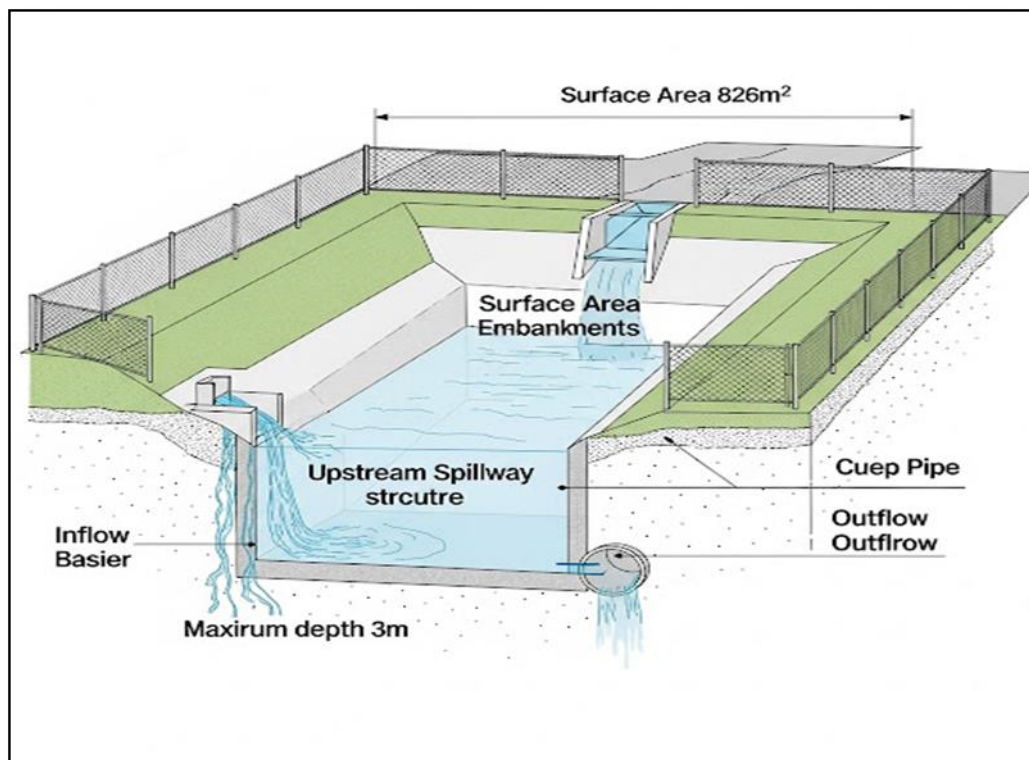
Alors on trouve :

Tableau V-29 : Tableau récapitulatif des calculs au tc.

tc	Qmax	Vs max	Vcom max	Pe max	Hmax	Qs max	Vs max
1.0633136	5.3171252	2477.2073	13185.889	3.296472226	3.0964722	0.626863429	656.9495

Le volume du bassin versant, déterminé à partir des résultats du tableau V-4, est estimé à $V=2477,21 \text{ m}^3$. On remarque que les deux volumes sont similaires, on optera pour la deuxième approche qui donne un bilan des débits entrants et sortants, ce qui est proche de la réalité. L'emplacement du bassin est indiqué sur la planche N°3.

La superficie du plan d'eau sera de 826 m^2 si on prend une profondeur max de 3m. Figure V-7

**Figure V-31 :** Bassin de retenue

Conclusion :

Après avoir évalué les différentes options disponibles, notre projet a retenu les choix suivants en matière d'infrastructure d'assainissement : l'installation de bouches d'égout, de regards de visite. Le réseau sera constitué de conduites circulaires en béton armé, en PVC (PVC structuré à double paroi et PVC rigide), de diamètres variés, adaptées aux besoins hydrauliques du système. Enfin, un bassin de retenue viendra compléter le dispositif afin de réguler les débits en période de pluie.

Chapitre VI : Management de projet

Introduction :

La gestion de projet constitue un outil essentiel pour assurer l'exécution des travaux dans des conditions optimales, en mobilisant efficacement les ressources humaines, matérielles et financières. Elle vise à instaurer une organisation rationnelle permettant de garantir la rapidité d'exécution, la qualité des ouvrages et la maîtrise des coûts. Dans le cadre de notre projet, une méthodologie rigoureuse a été adoptée, fondée sur la planification des tâches, l'optimisation des équipes et l'utilisation appropriée des équipements. Cette approche permet de créer un cadre favorable au déroulement harmonieux des travaux et à l'atteinte des objectifs fixés.

VI.1 Réalisation des travaux :

Les étapes essentielles à suivre pour la mise en place des canalisations sont les suivantes :

- Contrôle de la qualité, manutention sécurisée et entreposage adéquat des conduites.
- Retrait de la couche superficielle du sol, incluant la végétation et les éventuels revêtements bitumineux.
- Implantation des repères au sol à l'aide de jalons et de piquets (opération de piquetage).
- Réalisation des tranchées ainsi que des excavations destinées aux regards.
- Préparation et nivellement du lit de pose pour assurer un appui optimal des conduites.
- Installation progressive des conduites dans les tranchées.
- Raccordement et assemblage des tuyaux selon les prescriptions techniques.
- Vérification de l'étanchéité des conduites et des jonctions à l'aide de tests appropriés.
- Construction des regards d'inspection et des boîtes de branchement.
- Mise en œuvre des ouvrages particuliers requis par le projet.
- Remblaiement soigné des tranchées après les contrôles.
- Exécution des finitions pour assurer la propreté et la conformité du chantier.

VI.1.1 Vérification, manutention et stockage des conduites :

Les éléments préfabriqués sont soumis, sur le chantier, à un contrôle spécifique portant sur plusieurs aspects.

- Les quantités.
- L'aspect et le contrôle de l'intégrité.

- Le marquage en cas de défaut.

A. Manutention:

Précautions lors du chargement et du transport :

- Éviter les manipulations brutales, les flèches importantes et les mouvements de balancier.
- Ne pas laisser les tubes ou raccords entrer en contact avec des éléments métalliques saillants.
- Disposer les tubes à emboîture en alternance, en laissant dépasser les emboîtures de la pile.

Précautions lors du déchargement :

- Proscrire tout déchargement brutal des tubes et des raccords.
- Ne pas faire rouler les tubes sur un sol rocheux ou sur des pierres.

B. Stockage :

Consignes à respecter pour le stockage du matériel :

- Utiliser une zone de stockage stable, plane et correctement nivelée.
- Protéger les conduites et accessoires de l'exposition directe au soleil.
- Éviter tout contact avec des substances chimiques, des solvants ou des huiles.
- Assurer une protection efficace des tubes contre les chocs mécaniques et la chaleur.



Figure VI-32 : Stockage de collecteurs

VI.1.2 Décapage de la couche de végétation (goudronné) :

L'opération se fait par un doser sur une couche de 10 cm, le volume V de terre décapé est :

$$V = bHL \dots\dots\dots (VI-1)$$

Avec :

H : Epaisseur de la couche végétale (m).

b : Largeur de la couche végétale (m).

L : Longueur totale de tranché (m).

VI.1.3 Emplacement des jalons des piquets :

Conformément aux tracés du plan de masse, des piquets doivent être implantés à chaque emplacement prévu pour un regard, ainsi qu'à chaque changement de direction, de pente ou au niveau des branchements et jonctions des canalisations.

VI.1.4 Exécution des tranchées et des fouilles pour les regards :

L'exécution du fond de fouille doit tenir compte de la pente définie par le profil en long. L'angle de talutage, quant à lui, dépend des caractéristiques géotechniques du terrain. La méthode la plus couramment utilisée pour la pose des collecteurs urbains reste l'excavation en tranchée ouverte.

A. La profondeur de la tranchée :

Les profondeurs d'excavation définies dans le projet doivent être strictement respectées, tout en laissant l'espace requis pour la réalisation du lit de pose.

$$H = e * d * h \dots\dots\dots (VI-2)$$

Avec :

H : profondeur de la tranchée (m).

e : hauteur de lit de pose (m).

d : diamètre de la conduite (m).

h : la hauteur du remblai au-dessus de la conduite (m).

B. Largeur de la tranchée :

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

$$B = d + 2c \dots\dots\dots (VI-3)$$

Avec :

B : largeur de la tranchée (m).

d : diamètre de la conduite (m).

c : Espacement entre les parois de la tranchée et la conduite (c = 0,3 m).

VI.1.5 Aménagement du lit de pose :

Les conduites ne doivent pas être installées directement sur le fond de fouille, mais posées sur un lit de pose d'au moins 10 cm d'épaisseur, réalisé avec du sable propre. Ce lit doit être soigneusement mis en place et compacté pour garantir la stabilité des tubes.

En cas de sol instable, des travaux spécifiques peuvent être requis, tels que la mise en œuvre d'un béton de propreté, de berceaux en béton, voire de dalles de répartition.

Le volume de sable nécessaire est déterminé à l'aide de la formule suivante :

$$Vs = L * B * e \dots\dots\dots (VI-4)$$

Avec :

Vs : volume du sable en (m³).

L : Longueur de la tranchée en (m).

B : Largeur de la tranchée en (m).

e : épaisseur du sable, e = 20 cm.

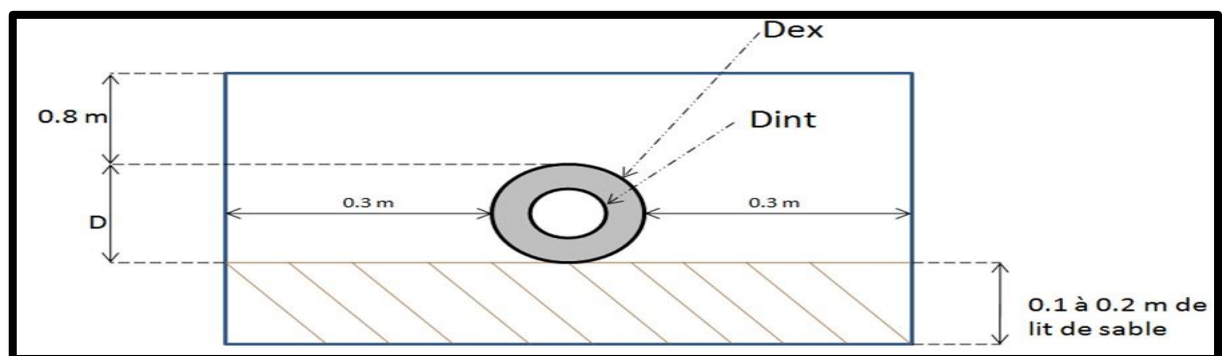


Figure VI-33 : Schéma de Pose du lit de sable.

VI.1.6 La mise en place des conduites :

La pose des conduites suit les étapes suivantes :

- Les tuyaux sont installés en partant de l'aval, avec l'emboîture orientée vers l'amont.
- Chaque élément doit être déposé avec soin dans la tranchée, aligné précisément avec le tuyau précédemment mis en place.
- La pose se fait en maintenant une pente constante entre deux regards.
- Avant l'installation, le lit de la tranchée doit être nettoyé pour garantir une assise correcte.
- Le calage peut être provisoire à l'aide de cales ou définitif après un premier remblai partiel.
- Lors des interruptions de chantier, les extrémités des conduites non inspectables doivent être temporairement obturées afin d'éviter l'infiltration de débris ou de corps étrangers.

VI.1.7 Assemblage des conduites :

La réalisation des jonctions entre conduites doit tenir compte de leur section, de leur forme ainsi que du type de matériau utilisé. Pour les conduites de section circulaire, les joints sont généralement réalisés à l'aide d'une bague armée, coulée sur place à l'intérieur d'un moule adapté.



Figure VI-34 : Assemblage des conduites

VI.1.8 Essais sur les joints et les canalisations :

Il s'agit d'un test d'étanchéité appliqué aux conduites déjà installées au fond de la tranchée. L'essai peut être effectué à l'aide d'eau, d'air, de fumée ou d'un mélange air/eau, selon les exigences du projet et la nature des conduites.

VI.1.9 Construction des regards et des boîtes de branchement :

a) Réalisation des regards :

Les regards sont le plus souvent de forme carrée, avec des dimensions adaptées au diamètre des collecteurs. Ils peuvent être réalisés sur site en béton armé ou livrés sous forme de modules préfabriqués.

La construction d'un regard sur place suit les étapes suivantes :

- Mise à niveau du fond du regard.
- Réalisation d'une couche de béton de propreté.
- Pose de l'armature du radier.
- Coulage du béton du radier.
- Mise en place du ferrailage des parois.
- Coffrage des parois.
- Bétonnage des parois.
- Décoffrage après prise du béton.
- Mise en place de l'armature de la dalle.
- Coffrage de la dalle.
- Coulage du béton de la dalle.
- Décoffrage final de la dalle.

b) Réalisation des boîtes de branchement :

Les boîtes de branchement seront équipées de grilles et serviront de point de connexion entre les branchements particuliers et le réseau principal. Ces branchements devront être réalisés en tronçons aussi rectilignes que possible, avec une pente minimale de 3 %. Le diamètre des conduites de branchement doit être inférieur à celui du collecteur public.

Dans la mesure du possible, les raccordements au réseau seront effectués selon un angle oblique de 45° ou 60° par rapport à l'axe principal de la canalisation.

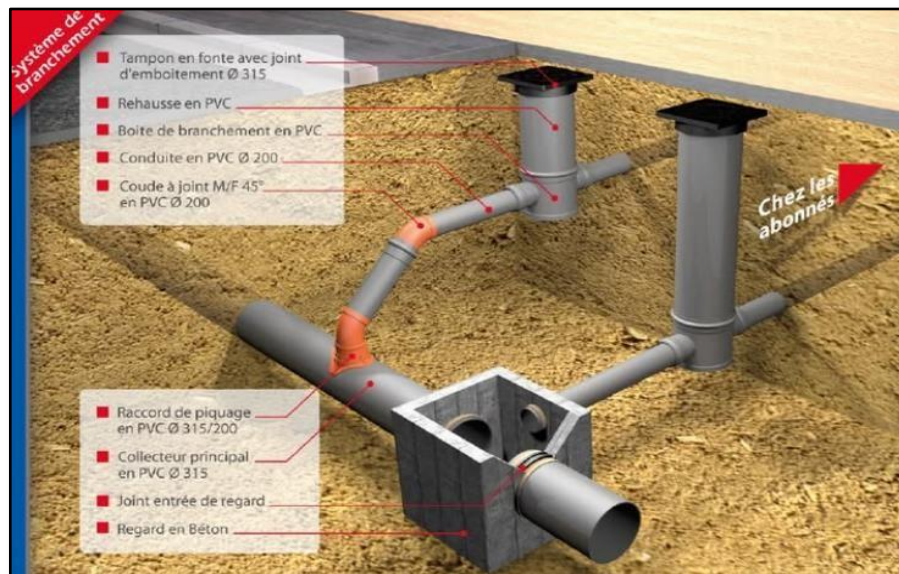


Figure VI-35 : Système branchement réseau assainissement

VII.1.10 Remblaiement des tranchées :

A. Matériau d'enrobage :

Le remblai en contact direct avec la canalisation doit être réalisé jusqu'à une hauteur uniforme de 15 cm au-dessus de celle-ci, à l'aide de sable ou de gravier contenant moins de 12 % de fines et dépourvu de tout élément dont le diamètre dépasse 30 mm.

B. Couverture :

Le remblaiement des tranchées s'effectue à l'aide du matériau issu de l'excavation, après élimination des éléments de plus de 100 mm, ainsi que des débris organiques (végétaux, animaux, etc.). Il est recommandé de privilégier des matériaux contenant moins de 30 % de particules supérieures à 20 mm, à l'exception des sols inadaptés tels que les tourbes, vases ou sols très riches en matière organique.

Les argiles et limons à teneur en eau éloignée de l'optimum déterminé par l'essai Proctor modifié sont également à éviter.

Le remblai est mis en œuvre par couches successives de 30 cm maximum, chacune devant être soigneusement compactée avant la suivante.

VII.2 Choix des engins :

L'exécution de ces travaux nécessite l'utilisation de divers types d'engins, chacun étant adapté à une tâche spécifique. Ces équipements se regroupent généralement en trois grandes catégories.

➤ Les engins de chargement :

- Les chargeuses.
- Les pelles hydrauliques.
- Les pelles mécaniques.

➤ Les engins de transport :

- Les brouettes.
- Les camions bennes.
- Les dumpers.
- Les motos basculeurs.
- Les véhicules utilitaires.

➤ Les engins de mise en place des matériaux :

- Les niveleuses.
- Les compacteurs.
- Les finisseurs.

Pour notre projet, on a utilisé les engins suivants :

➤ **Pour le décapage :**

Le décapage consiste à retirer la couche superficielle du sol, riche en matières organiques, sur une épaisseur de 10 à 40 cm. Cette terre végétale est stockée pour un usage futur en aménagement paysager.

Nous utilisons la niveleuse sur notre terrain.

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

Pour les travaux de terrassement, on utilise une pelle hydraulique équipée en rétro, adaptée à l'excavation en profondeur. Les pelles sont des engins polyvalents capables d'intervenir sur tous types de terrains. Leur principale fonction est d'effectuer les déblais et d'assurer leur chargement.

Il s'agit d'engins à fonctionnement discontinu, c'est-à-dire que leur cycle de travail se divise en plusieurs phases :

- Phase de fouille
- Phase de rotation (transport du matériau)
- Phase de vidage (déchargement)
- Retour en position de départ

Pour notre terrain, une pelle sur pneus équipée en rétro est souvent la meilleure option.

➤ **Pour le remblaiement des tranchées :**

Le remblayage a été réalisé à l'aide d'une chargeuse, un engin automoteur articulé équipé d'une large benne frontale. Pour les travaux de grande envergure, le chargeur est particulièrement adapté grâce à sa capacité et sa puissance.

➤ **Pour le compactage :**

Après la mise en place des conduites, la tranchée doit être remblayée et compactée de manière rigoureuse afin d'assurer la stabilité de l'ouvrage. Vu la faible largeur de l'excavation, l'utilisation de compacteurs manuels est recommandée, car ils sont adaptés aux zones étroites et permettent un compactage efficace par passes successives.

VII.3 Détermination des différents volumes des travaux :

- Volume de décapage de la couche végétale :

$$V_{\text{dec}} = V_{\text{cv}} \times L \times B_{\text{cv}} \dots\dots\dots (\text{VI-5})$$

Avec :

V_{dec} : volume de la couche végétale décapée (m³).

H_{cv} : profondeur de la couche végétale (on prend $H_{\text{cv}}=0.1\text{m}$) (m).

L : longueur totale de la tranchée (m).

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

- Volume de déblai des tranchées :

$$V_d = B \times L \times H \dots\dots\dots (\text{VI-6})$$

Avec :

V_d : volume du déblai des tranchées (m³).

B : largeur de la tranchée (m).

H : profondeur de la tranchée (m).

L : longueur totale de la tranchée (m).

- Volume occupé par le lit de sable :

$$V_{ls} = e \times L \times B \dots\dots\dots (\text{VI-7})$$

Avec :

V_{ls} : volume du lit de sable (m³).

e : épaisseur de la couche de sable (on prend $e=0.2$) (m).

B : largeur de la tranchée (m).

L : longueur totale de la tranchée (m).

- Volume occupé par la conduite :

$$V_{\text{cond}} = (\pi \times (D_{\text{ext}})^2 / 4) \times L \dots\dots\dots (\text{VI-8})$$

Avec :

V_{cond} : volume occupé par les conduites (m³).

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

L : longueur totale de la tranchée (m).

- Volume de l'enrobage :

$$V_e = H_e \times L \times B \dots\dots\dots (\text{VI-9})$$

Avec :

V_e : volume d'enrobage (m³).

H_e : hauteur d'enrobage(m).

B : Largeur de la tranchée(m).

L : longueur totale de la tranchée (m).

➤ Volume du remblai de protection :

$$V_{rem} = V_d - (V_{con} + V_{dec} + V_{ls}) \dots \dots \dots (VI-10)$$

Avec :

V_{rem} : volume du remblai (m³).

V_d : volume du déblai (m³).

V_{ls} : volume du lit de sable (m³).

V_{dec} : volume de la couche végétale décapée (m³).

V_{con} : Volume de conduite (m³).

➤ Volume excédentaire :

$$V_{exc} = V_f - V_{rem} \dots \dots \dots (VI-11)$$

Tel que :

V_{exc} : Volume du sol excédentaire (m³).

V_f : Volume du sol foisonné (m³).

V_{rem} : Volume du remblai (m³).

Avec :

$$V_f = V_d \times K_f \dots \dots \dots (VI-12)$$

Avec :

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

Tableau VI-30 : Coefficients de foisonnement pour différente nature de sol.

Type de sol	K_f
Sable, matériaux fins	1.08-1.17
Limons argileux	1.14-1.28
argile	1.25-1.30

(Source : Métré de terrassement-cours génie civil)

Pour notre cas, le sol est alluvionnaire à dominance argilo-limoneuse, nous avons pris :

$K_f = 1,2$.

Les résultats du calcul des différents volumes sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau VI-31 : Résultats de calcul des volumes.

$V_{dec}(m^3)$	$V_d(m^3)$	$V_{ls}(m^3)$	$V_{cond}(m^3)$	$V_{rem}(m^3)$	$V_{exc}(m^3)$	$V_{d.b}(m^3)$
2639.39	22111.02	2346.62	2546.31	14578.70	11954.52	1587

Avec :

V_{dec} : volume de la couche végétale décapée (m^3)

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

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

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

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

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

$V_{d.b}$: volume du déblai du bassin de retention(m^3).

VII.4 Devis quantitatif et estimatif :

Le devis quantitatif et estimatif est résumé dans le tableau ci-après.

Tableau VI-32 : Devis quantitatif et estimatif

N°	Désignation des travaux	U	Quantité	Prix unitaire (DA)	montant (DA)
I	Travaux de terrassement				
1	Décapage a grande masse	m³	2647.66	200.00	529 532.00
2	Deblai de bassin de retention	m³	1587	200.00	317 400.00
3	Deblai de tranchée	m³	22361.59	200.00	4 472 318.00
4	pose lit de sable, e=20cm	m³	2346.62	500.00	1 173 310.00
5	Remblai de la tranchée	m³	14821.01	200.00	2 964 202.00
6	Evacuation des deblais excédentaires	m³	12012.91	300.00	3 603 873.00
7	Grillage avertisseur	ml	11533	50.00	576 650.00
II	Canalisations				
1	Fourniture, transport et pose de canalisation				
	Canalisation en PVC double paroi (CR8)				
1.1	Ø315mm	ml	4403.499	3 800.00	16 733 296.20
	Canalisation en PVC rigide (CR8)				
1.2	Ø315mm	ml	425.188	3 200.00	1 360 601.60
1.3	Ø400mm	ml	1110	5 200.00	5 772 000.00
1.4	Ø500mm	ml	1462	9 400.00	13 742 800.00
1.5	Ø630mm	ml	2757	14 300.00	39 425 100.00
	Canalisation en BA (135A)				
1.6	Ø800mm	ml	632	7 400.00	4 676 800.00
1.7	Ø1000mm	ml	565	12 100.00	6 836 500.00
1.8	Ø1200mm	ml	180	17 100.00	3 078 000.00
2	Génie civil				
2.1	Exécution de regard de visite ou de jonction en béton armé avec tampon en fonte				
	Profondeur de 0 à 2,0 m	U	518	40 000.00	20 720 000.00
2.2	Exécution de bassin de retention en béton armé	U	1	2 400 000.00	2 400 000.00
				TOT	128 382 382.80
				TVA 19%	24 392 652.73
				total en TTC	152 775 035.53

VI.5 Organisation et optimisation de l'exécution des travaux :

Cette démarche vise à exploiter au mieux les ressources humaines et matérielles, tout en assurant un rendement optimal et économique. Elle repose sur plusieurs actions clés, telles que

- La mise en place des postes de travail,
- L'observation en temps réel des activités,
- L'analyse détaillée des tâches,
- La mesure des durées d'exécution,
- La définition claire des objectifs et des responsabilités,
- La simplification des procédés de travail, et la stabilisation des conditions de travail sur le chantier.

VI.5.1 Techniques de la planification :

Il existe deux principales méthodes de planification à savoir :

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

- **Définition du réseau :**

Il s'agit d'un outil graphique permettant de représenter un projet sous forme d'enchaînement logique d'activités. Il met en évidence les relations entre les différentes tâches, qu'elles soient successives, parallèles ou interdépendantes, tout en précisant leur durée d'exécution.

On distingue principalement deux types de réseaux :

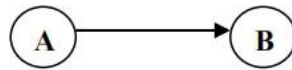
1. Réseau a fleches :

Chaque opération est symbolisée par une flèche, tandis que les enchaînements entre les opérations sont représentés par des nœuds. L'opération **A** précède l'opération **B**



2. Réseau à nœuds :

Dans ce type de représentation, chaque opération est symbolisée par un nœud, tandis que les flèches indiquent l'enchaînement logique entre elles. Par exemple, l'opération (B) ne peut débuter qu'une fois l'opération (A) totalement terminée.



- **Étapes de construction d'un réseau de planification :**

La création d'un réseau suit une série d'étapes essentielles permettant de représenter clairement la logique du projet. Ces étapes sont les suivantes :

- **Identification des tâches à réaliser :** Il s'agit d'établir une liste exhaustive et précise de toutes les opérations nécessaires à l'exécution du projet.
- **Définition des dépendances entre les tâches :** Cette étape consiste à déterminer, pour chaque tâche, celles qui doivent être accomplies au préalable. Cela permet d'identifier les liens logiques entre les activités.
- **Élaboration des sous-graphes :** On commence par représenter graphiquement des groupes de tâches interconnectées.
- **Fusion des sous-graphes :** Ces représentations partielles sont ensuite regroupées pour former un réseau global.
- **Identification des tâches initiales et terminales :** On repère les opérations qui marquent le début et la fin du projet.
- **Mise en place du réseau final :** Enfin, on construit le schéma complet représentant l'ensemble des tâches et de leurs relations.

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

Cette méthode vise à optimiser la durée de réalisation d'un ouvrage en se basant sur trois étapes principales :

1. Évaluation des effectifs nécessaires à l'exécution de la tâche concernée.
2. Analyse détaillée du réseau, heure par heure ou jour après jour, selon l'unité de temps choisie.

3. Ajustement du réseau en fonction des contraintes spécifiques ou des conditions propres à l'entreprise.

VI.5.2 Les étapes de la planification :

La planification représente un processus structuré qui guide l'exécution des travaux. Elle se compose des étapes suivantes :

- **Collecte des données** : Une synthèse des informations issues d'études comparatives permet d'orienter efficacement la mise en œuvre du projet.
- **Décomposition du projet** : Cette étape, essentielle, consiste à diviser le projet en tâches distinctes. Chaque tâche est confiée à un responsable et associée aux ressources matérielles nécessaires.
- **Organisation des relations entre tâches** : Deux types de relations régissent l'enchaînement des tâches : les liens logiques, qui sont indispensables, et les liens préférentiels, qui offrent plus de flexibilité.
- **Paramètres de la méthode C.P.M (Critical Path Method)** : L'application de cette méthode repose sur plusieurs paramètres fondamentaux pour garantir une exécution optimale.

Les paramètres essentiels à prendre en compte pour l'application de cette méthode sont les suivants :

DCP	TR
DFP	DCPP
DFPP	MT

Avec :

TR : temps de réalisation.

DCP : date de commencement au plus tôt.

DCPP : date de commencement au plus tard.

DFP : date de finition au plus tôt.

DFPP : date de finition au plus tard.

MT : marge totale.

Et :

$$DFP = DCP + TR \dots\dots\dots(VI-13)$$

$$DCPP = DFPP - TR \dots\dots\dots(VI-14)$$

- **C.P.M : Méthode du chemin critique :** Le chemin critique (ou C.C) correspond à la séquence d'activités déterminant la durée totale du projet (DTR). Il relie toutes les tâches dont la marge totale est nulle.

Pour l'identifier, il faut vérifier les deux conditions suivantes :

$$C.C \left\{ \begin{array}{l} MT = 0 \dots\dots\dots(VI-15) \\ \sum TR_{c.c} = D.T.P \end{array} \right.$$

Détermination des durées d'exécution des tâches : L'estimation du temps requis pour chaque opération repose principalement sur deux éléments :

-Les ressources mobilisées (main-d'œuvre et équipements).

-Les caractéristiques dimensionnelles du projet.

L'application des normes du **C.N.A.T** permet de calculer les durées à l'aide de la formule suivante :

$$T = \frac{QN}{N} \dots\dots\dots(VI.16)$$

Avec :

Q : Quantité de travail.

N : Rendement.

n : Nombre d'équipes.

VI.5.3 Descriptif du personnel et du matériel mobilisé :

Pour mieux encadrer la réalisation du projet, plusieurs éléments essentiels ont été pris en considération, notamment la productivité, l'organisation du travail et les moyens matériels.

Main-d'œuvre : L'effectif total du chantier est constitué de vingt ouvriers, organisés en quatre équipes de cinq personnes. On retrouve parmi eux des conducteurs d'engins, des manœuvres, des poseurs de canalisations, des maçons, des coffreurs ainsi que des techniciens chargés des essais. Cette répartition permet de couvrir l'ensemble des phases, depuis le terrassement et le

décapage jusqu'à la pose des canalisations, la construction des regards, le remblaiement et les travaux de finition.

Matériels utilisés : Pour la réalisation des différentes tâches, l'entreprise met à disposition un parc matériel adapté. Les terrassements et les déblais sont exécutés à l'aide de pelles mécaniques, de chargeurs et de camions-bennes, tandis que l'aménagement du lit de pose et le compactage nécessitent l'usage de compacteurs légers. La pose des canalisations est facilitée par un camion-grue et les équipements de jointage. Les regards et ouvrages annexes sont réalisés grâce à des bétonnières, coffrages et engins de levage. Enfin, les essais d'étanchéité mobilisent une pompe d'épreuve et des manomètres, alors que les travaux de finition reposent essentiellement sur l'outillage manuel.

Organisation et productivité :

L'organisation du travail et la productivité réelle constituent la base de l'évaluation de la durée du chantier.

- La durée globale a été calculée en considérant une productivité effective de 60 % pour tenir compte des aléas de chantier (pannes, attente camions, conditions météo, approvisionnement).
- Le travail est organisé en phases successives (du piquetage jusqu'aux finitions), chaque équipe étant mobilisée sur les tâches correspondantes.
- Les engins principaux sont mobilisés en continu sur les phases critiques (terrassements, remblai, compactage).

Les principales opérations à exécuter sont :

Tableau VI-33 : Les symboles et les durées de différentes opérations.

Opération	Symbole	Durée (jours)	Engins / Équipes utilisés	Méthode de calcul (simplifiée)
Piquetage (implantation)	A	11	1 équipe topo (GPS/RTK, piquets), 1 véhicule	Longueur totale du réseau (10 km) ÷ capacité quotidienne d'une équipe (~900 m/jour)
Décapage (goudron + végétation)	B	3	Raboteuse/pelle, chargeur, camions	Volume 2 648 m ³ ÷ rendement pelle + camions (~900 m ³ /jour)
Excavation tranchées & fouilles regards	C	41	2 pelles (0.8–1.2 m ³), tombereaux	Volume 22 361 m ³ ÷ (2 pelles × 270 m ³ /jour)
Aménagement lit de pose (sable)	D	5	2 équipes nivellement, chargeur, compacteur	Volume 2 347 m ³ ÷ (2 équipes × 230 m ³ /jour)

Opération	Symbole	Durée (jours)	Engins / Équipes utilisés	Méthode de calcul (simplifiée)
Construction regards de jonction	E	35	2 équipes maçonnerie, coffrage / préfabriqués	$120 \text{ regards} \div (2 \text{ équipes} \times 2 \text{ regards/jour})$
Pose canalisations	F	22	4 équipes pose (4×5 pers), grue légère, camions	$\text{Longueur totale } 11\,050 \text{ m} \div (4 \text{ équipes} \times 125 \text{ m/jour})$
Ouvrages annexes (ventouses, regards spéciaux...)	G	3	1 équipe maçonnerie/pose	$\text{Nombre d'ouvrages} \div \text{rendement } (\sim 3 \text{ unités/jour})$
Assemblage / jointoiment	H	4	2 équipes jointoiment, outillage	$\text{Longueur } 11\,050 \text{ m} \div (2 \text{ équipes} \times 1\,500 \text{ m/jour})$
Essais d'étanchéité	I	52	1 équipe essais (pompe d'épreuve, manomètres)	$\text{Longueur testée} \div \text{cadence } (\sim 210 \text{ m/jour})$
Remblai & compactage	J	13	2 compacteurs/rouleaux, chargeur	$\text{Volume } 14\,821 \text{ m}^3 \div (2 \text{ compacteurs} \times 570 \text{ m}^3/\text{jour})$
Travaux de finition	K	6	1 équipe finition, outils manuels	$\text{Surface tranchées } (\approx 11\,000 \text{ m}^2) \div 1\,800 \text{ m}^2/\text{jour}$

Remarque : Les travaux de construction des ouvrages annexes signifient les travaux suivants (les travaux de réalisation de bassin de rétention et les bouches d'égouts).

Il importe de souligner que les durées de réalisation des différentes tâches demeurent étroitement dépendantes des moyens humains et matériels mobilisés par l'entreprise. En effet, la disponibilité de la main-d'œuvre, son organisation en équipes ainsi que la performance des engins déployés conditionnent directement la productivité et, par conséquent, le calendrier d'exécution. Ainsi, toute variation dans les ressources allouées se traduit inévitablement par une modification des délais prévisionnels du projet.

Les opérations précèdent et succèdent :

Dans le cadre de l'élaboration du diagramme de Gantt, il est essentiel d'identifier les relations d'enchaînement entre les tâches afin de déterminer les opérations qui précèdent et celles qui succèdent.

Tableau VI-34 : l'opération précède et succède de chaque opération.

Operations	précède	succède
A	-	B
B	A	C
C	B	D,G
D	C	E,F
E	D,G	J
F	D	H
G	C	E
H	F	I
I	H	J
J	I,E	K
K	J	-

La détermination des délais d'après la méthode des tableaux :

La détermination des délais à l'aide de la méthode des tableaux constitue une étape essentielle pour définir avec précision la durée des différentes tâches et leur enchaînement. En effet, cette méthode représente un outil d'ordonnancement permettant de structurer l'ensemble des activités d'un projet. Elle met en évidence leur durée, leurs relations de précédence et de succession, ainsi que leurs dates de réalisation au plus tôt et au plus tard. Cette approche facilite également le calcul des marges et la mise en évidence du chemin critique, ce qui garantit une planification rationnelle et optimale du projet.

Tableau VI-35 : Détermination des délais.

Opérations	TR	DP		DPP		MT
		DCP	DF P	DCPP	DFPP	
A	11	0	11	0	11	0
B	3	11	14	11	14	0
C	41	14	55	14	55	0
D	5	55	60	55	60	0

E	35	58	138	103	23	45
F	22	60	82	60	82	0
G	3	55	103	100	58	45
H	4	82	86	82	86	0
I	52	86	138	86	138	0
J	13	138	151	138	151	0
K	6	151	157	151	157	0

Avec :

TR: temps de réalisation.

DCP : date de commencement au plus tôt.

DFP : date de finissement au plus tôt.

DCPP: date de commencement au plus tard.

DFPP : date de finissement au plus tard

MT : marge totale.

Le chemin critique : A-B-C- D-F-H-I-J-K

Avec un temps de réalisation égale à: $\sum TR = 157$ jours

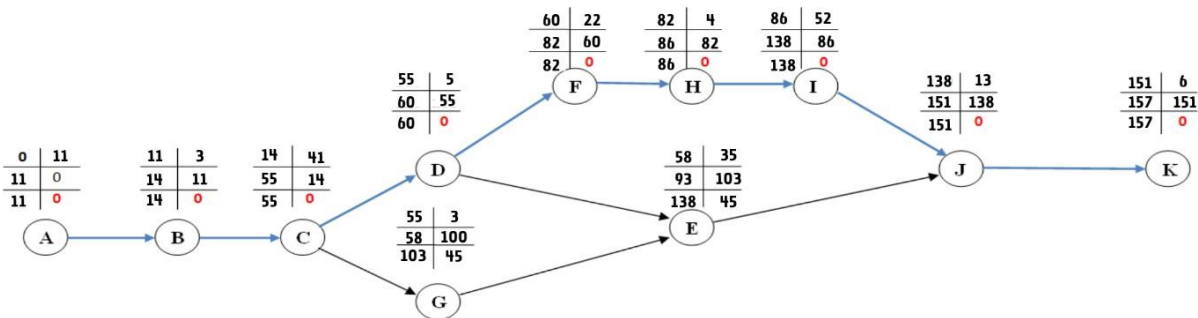


Figure VI-36 : Réseau à nœuds.

Avec :

→ : Chemin critique.

Ⓐ : Operations.

Afin de visualiser clairement la répartition et la succession des tâches, le diagramme de Gantt suivant présente la planification détaillée du projet.

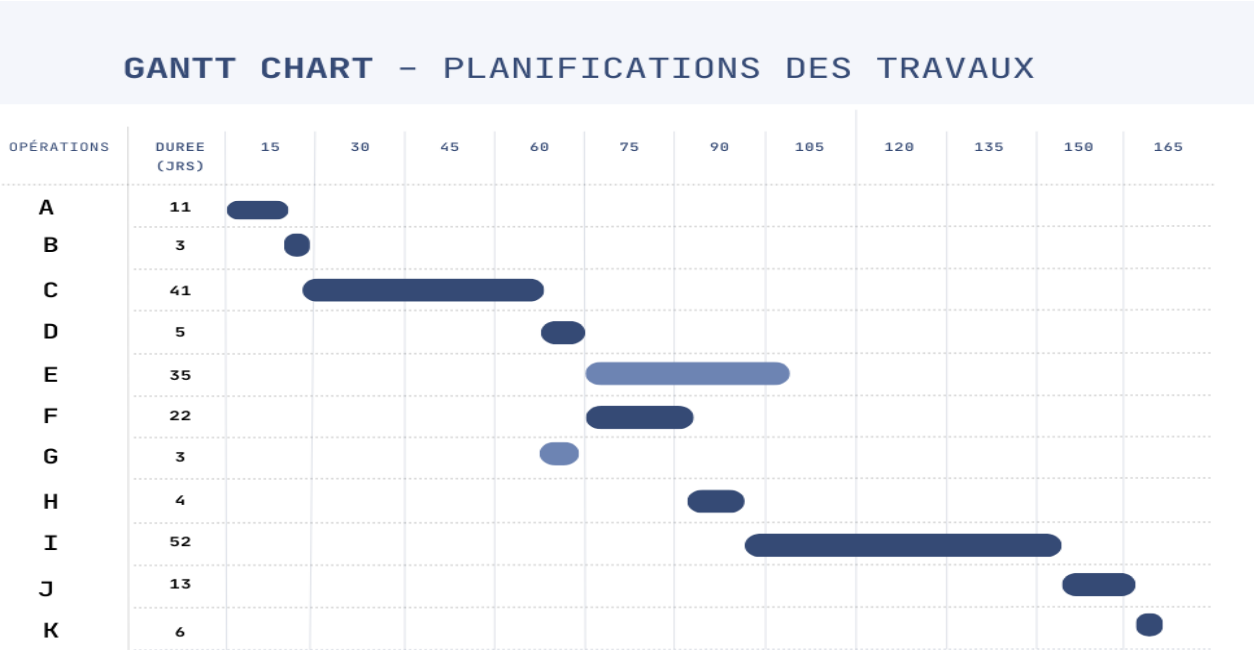


Figure VI-37 : Diagramme de GANTT.

Avec :

█ : Le chemin critique

Donc, suivant une planification optimale des travaux ; la durée du chantier sera de cinq mois et sept jours.

Conclusion :

L'étude de l'organisation du chantier met en évidence que la durée d'exécution des travaux dépend étroitement des moyens humains et matériels mobilisés ainsi que de la qualité des matériaux utilisés. Le choix approprié des conduites, répondant aux exigences techniques tout en tenant compte de leur disponibilité sur le marché local, conditionne la performance et la durabilité du réseau d'assainissement. Par ailleurs, une gestion de projet rigoureuse, fondée sur une planification claire et une coordination efficace, s'impose comme un facteur déterminant pour optimiser la productivité et maîtriser les coûts. Le coût global de notre projet, estimé à 152 775 035.53 DA, reflète l'importance des investissements consentis pour assurer la pérennité et la fiabilité des ouvrages réalisés.

Conclusion générale

L'objectif de notre étude est de construire un réseau d'assainissement de la cite 3000 logements. Cette intervention vise à assurer l'évacuation efficace des eaux usées et pluviales dans des conditions optimales, afin de prévenir les risques sanitaires et les atteintes à l'environnement.

Nous avons entamé notre étude par une présentation détaillée de la zone concernée, en nous appuyant sur les plans d'occupation du sol et les documents d'aménagement disponibles. Par la suite, une analyse hydrologique a été réalisée afin de déterminer l'intensité moyenne maximale des précipitations. Celle-ci a été estimée à 173.24 l/s/ha, sur la base des résultats obtenus par l'ajustement de la série pluviométrique à la loi de probabilité GEV (Generalized Extreme Value).

Le réseau que nous avons conçu est de type séparatif, choix justifié par la configuration topographique du site. Le schéma d'évacuation adopté repose sur un déplacement perpendiculaire, les eaux usées sont dirigées vers la station d'épuration, tandis que les eaux pluviales sont acheminées vers un bassin de retenue.

Pour l'évaluation des débits des eaux usées, nous avons pris en considération les débits domestiques et publiques vu qu'il n'y a pas des industries au niveau de la zone. Pour l'estimation des débits pluviaux, nous avons découpé la zone en 10 surfaces élémentaires, choisi le coefficient de ruissellement selon la nature de la surface drainée et opté pour la méthode rationnelle.

Concernant les éléments constitutifs du réseau d'égout, notre choix est tombé sur les canalisations en PVC et en CAO pour les diamètres supérieurs à 630mm, pour les autres ouvrages.

Nous avons projeté des bouches d'égout, et des regards de visite et pour les ouvrages spéciaux nous avons choisis un bassin de retenue.

Du coté économique, nous avons élaboré un devis quantitatif et estimatif afin d'évaluer le Coût de projet qui est de **152 775 035.53 DA** avec une durée de réalisation de 157 jours.

Bibliographie

2017. *Cours organisation de chantier.* . Cours organisation de chantier. : s.n., 2017.

BOURRIER.R. 1981. *Les réseaux d'assainissement, calculs, applications et perspectives.* Paris : s.n., 1981.

GOMELLA.C, GUERREE.H. 1986. *Guide d'assainissement dans les agglomérations urbaines et rurales (tome 1), Eyrolles, Paris perspective.* PARIS : s.n., 1986.

Grosclaude, G. 2000. *L'eau – Tome 2 : Usages et polluants.* INRA-Quae. versailles : s.n., 2000.

IDIMANA, Y. & KINNI, A. B. 2021. *Évaluation des débits des eaux pluviales, comparaison entre la méthode rationnelle et la méthode superficielle (Caquot) – Application au réseau d'assainissement de la ville de Bensekrane. Mémoire de master, Université Abou Bekr Belkaïd.* Tlemcen : s.n., 2021.

REGIS.B. 1984. *les réseaux d'assainissement, calculs application et perspective.* Paris : s.n., 1984.

SALAH.B. 2014. *Assainissement des eaux usées et pluviales des agglomérations : A l'usage des étudiants de l'option Assainissement.* blida : s.n., 2014.

—. **1993.** *polycopié d'assainissement.* école nationale supérieure de 'hydraulique, BLIDA : s.n., 1993.

TOUAIBIA.B. 2003. *Cours d'hydrologie.* Ecole nationale supérieure de hydraulique, BLIDA : s.n., 2003.

—. **2004.** *Manuel pratique d'hydrologie.* 2004.

ANNEXES

ANNEXE I

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

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

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

ANNEXE II

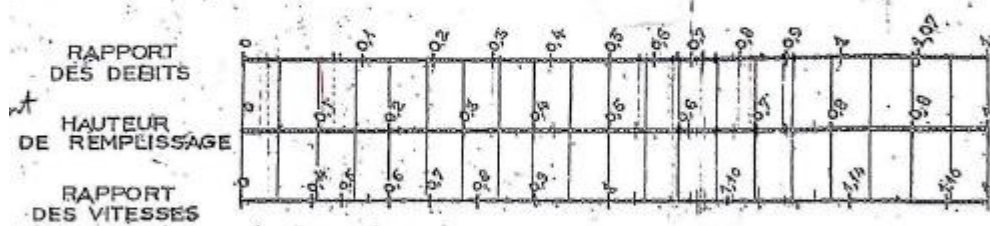
Coefficient de Manning-strickler (ks).

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
Conduite en fonte ou en grés	90
Conduite en PVC	100

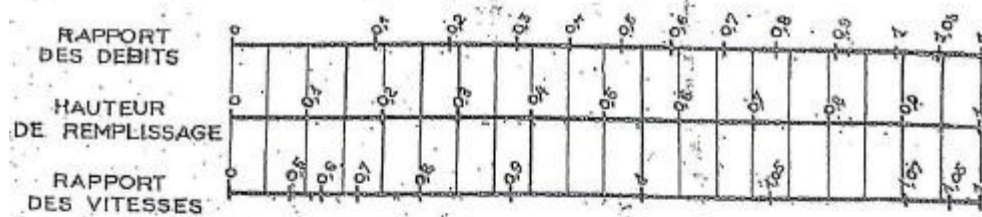
ANNEXE III

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

a) Ouvrages circulaires



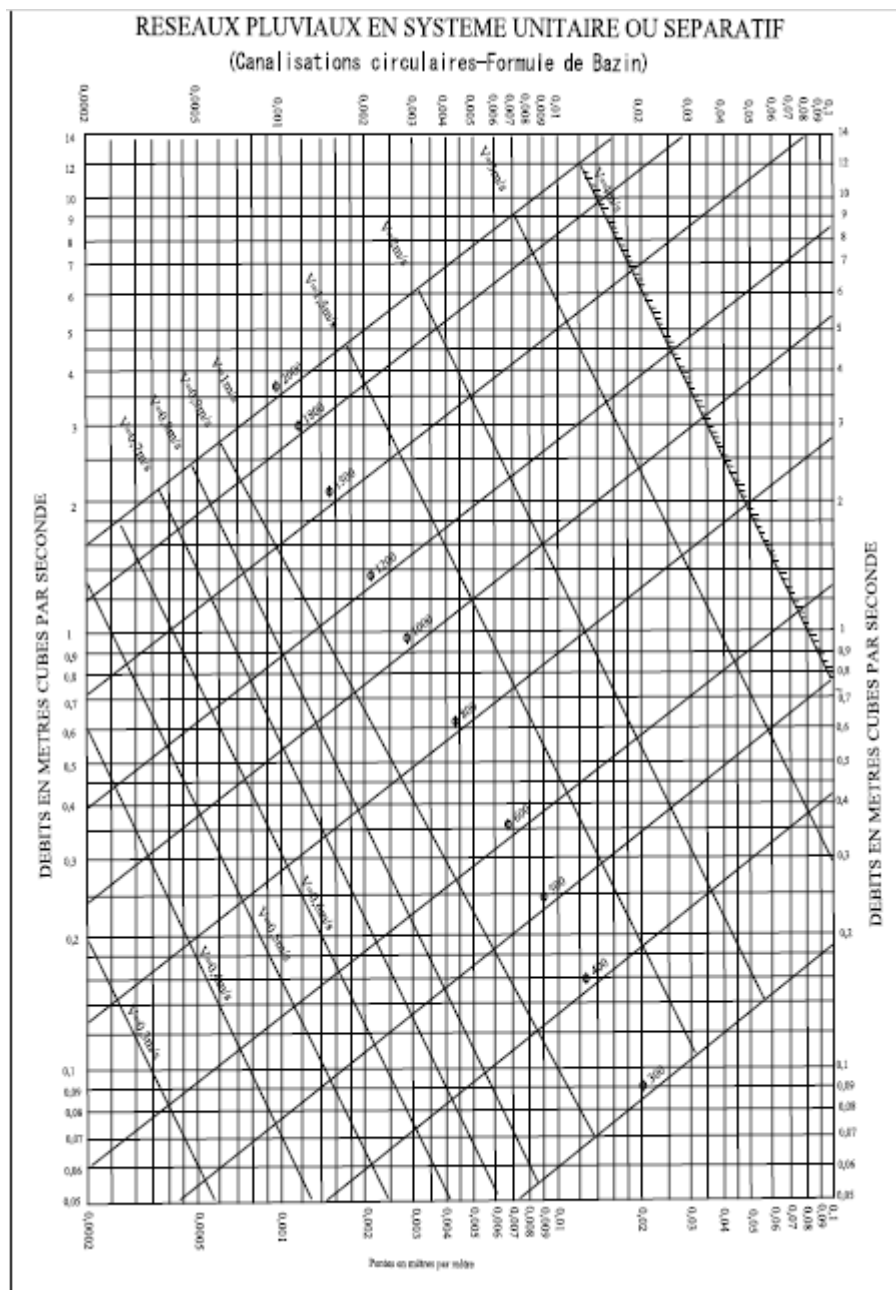
b) Ouvrages ovoïdes normalisés



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

Figure 2 : Abaque de variation des débits et des vitesses en fonction de la hauteur de remplissage (D'après la formule de Bazin)

ANNEXE IV



ANNEXE V

Désignation du collecteur	Tronçon	Type de collecteur	Coefficient de rugosité (Manning -Strikler)	Pente (%)	Débit (l/s)		Diamètre théorique (mm) Intérieur	Diamètre normalisé (mm) Extérieur	Plein section		Rapport			H (mm)	Vitesse réelle (m/s)	Vauto pour 1/10 Qps	Vauto pour 1/10 Qps
					Pointe	Total (cumulé)			Qps(l/s)	Vps(m/s)	rQ	rV	rH				
CP 2-1	R67-R68	PVC double paroi	100	0.55	8.40	8.40	122	300	93.23	1.32	0.090	0.619	0.202	61	0.82	0.86	vérifie
	R68-R69	PVC double paroi	100	1.90	8.40	8.40	96	300	173.28	2.45	0.048	0.526	0.148	44	1.29	1.59	vérifie
	R69-R70	PVC double paroi	100	0.27	8.40	8.40	139	300	65.32	0.92	0.129	0.675	0.243	73	0.62	0.60	vérifie
	R70-R71	PVC double paroi	100	0.27	8.40	8.40	139	300	65.32	0.92	0.129	0.675	0.243	73	0.62	0.60	vérifie
	R71-R72	PVC double paroi	100	0.27	8.40	8.40	139	300	65.32	0.92	0.129	0.675	0.243	73	0.62	0.60	vérifie
	R72-R73	PVC double paroi	100	0.27	8.40	8.40	139	300	65.32	0.92	0.129	0.675	0.243	73	0.62	0.60	vérifie
	R73-R74	PVC double paroi	100	0.27	8.40	8.40	139	300	65.32	0.92	0.129	0.675	0.243	73	0.62	0.60	vérifie
	R74-R75	PVC double paroi	100	0.58	8.40	8.40	120	300	95.74	1.35	0.088	0.615	0.200	60	0.83	0.88	vérifie
EU 2-2	R75-R76	PVC double paroi	100	2.60	8.40	8.40	91	300	202.70	2.87	0.041	0.500	0.137	41	1.43	1.86	vérifie
	R102-R103	PVC double paroi	100	2.07	8.40	8.40	95	300	180.87	2.56	0.046	0.519	0.145	43	1.33	1.66	vérifie
	R103-R104	PVC double paroi	100	2.10	8.40	8.40	95	300	182.17	2.58	0.046	0.518	0.144	43	1.33	1.68	vérifie
EU2-3	R104-R73	PVC double paroi	100	2.60	8.40	8.40	91	300	202.70	2.87	0.041	0.500	0.137	41	1.43	1.86	vérifie
	R105-R106	PVC double paroi	100	2.01	8.40	8.40	95	300	178.23	2.52	0.047	0.522	0.146	44	1.31	1.64	vérifie
EU 2-4	R106-R72	PVC double paroi	100	2.50	8.40	8.40	92	300	198.77	2.81	0.042	0.503	0.138	41	1.42	1.83	vérifie
	R107-R108	PVC double paroi	100	2.25	8.40	8.40	93	300	188.57	2.67	0.045	0.512	0.142	43	1.37	1.73	vérifie
CP 3-1	R108-R71	PVC double paroi	100	2.60	8.40	8.40	91	300	202.70	2.87	0.041	0.500	0.137	41	1.43	1.86	vérifie
	R48-R49	PVC double paroi	100	1.82	5.91	5.91	85	300	169.59	2.40	0.035	0.470	0.127	38	1.13	1.56	vérifie
	R49-R50	PVC double paroi	100	0.50	5.91	5.91	109	300	88.89	1.26	0.066	0.575	0.173	52	0.72	0.82	vérifie
	R50-R51	PVC double paroi	100	0.30	5.91	5.91	119	300	68.85	0.97	0.086	0.612	0.197	59	0.60	0.63	vérifie
	R51-R52	PVC double paroi	100	0.27	5.91	5.91	122	300	65.32	0.92	0.090	0.620	0.203	61	0.57	0.60	vérifie
	R52-R53	PVC double paroi	100	0.27	5.91	5.91	122	300	65.32	0.92	0.090	0.620	0.203	61	0.57	0.60	vérifie
	R53-R54	PVC double paroi	100	2.30	5.91	5.91	82	300	190.65	2.70	0.031	0.450	0.120	36	1.21	1.75	vérifie
	R54-R55	PVC double paroi	100	4.00	5.91	5.91	73	300	251.42	3.56	0.023	0.405	0.106	32	1.44	2.31	vérifie
	R55-R56	PVC double paroi	100	1.80	5.91	5.91	85	300	168.66	2.39	0.035	0.471	0.127	38	1.12	1.55	vérifie
	R56-R57	PVC double paroi	100	1.80	5.91	5.91	85	300	168.66	2.39	0.035	0.471	0.127	38	1.12	1.55	vérifie
	R57-R58	PVC double paroi	100	0.27	5.91	5.91	122	300	65.32	0.92	0.090	0.620	0.203	61	0.57	0.60	vérifie
	R58-R59	PVC double paroi	100	0.27	5.91	5.91	122	300	65.32	0.92	0.090	0.620	0.203	61	0.57	0.60	vérifie
	R59-R60	PVC double paroi	100	0.27	5.91	5.91	122	300	65.32	0.92	0.090	0.620	0.203	61	0.57	0.60	vérifie
	R60-R61	PVC double paroi	100	0.90	5.79	11.70	126	300	119.26	1.69	0.098	0.631	0.212	63	1.07	1.10	vérifie
	R61-R62	PVC double paroi	100	0.27	5.79	11.70	157	300	65.32	0.92	0.179	0.749	0.285	86	0.69	0.60	vérifie
	R62-R63	PVC double paroi	100	2.15	5.79	11.70	107	300	184.33	2.61	0.063	0.569	0.169	51	1.48	1.70	vérifie
	R63-R64	PVC double paroi	100	2.43	5.79	11.70	104	300	195.96	2.77	0.060	0.559	0.164	49	1.55	1.80	vérifie
	R64-R65	PVC double paroi	100	2.43	5.79	11.70	104	300	195.96	2.77	0.060	0.559	0.164	49	1.55	1.80	vérifie
EU 3-2	R65-R66	PVC double paroi	100	2.43	5.79	11.70	104	300	195.96	2.77	0.060	0.559	0.164	49	1.55	1.80	vérifie
	R66-R109	PVC double paroi	100	0.40	5.79	11.70	146	300	79.51	1.12	0.147	0.702	0.259	78	0.79	0.73	vérifie
EU 3-3	R110-R54	PVC double paroi	100	0.27	5.91	5.91	122	300	65.32	0.92	0.090	0.620	0.203	61	0.57	0.60	vérifie
	R111-R112	PVC double paroi	100	1.83	5.91	5.91	85	300	170.06	2.41	0.035	0.470	0.126	38	1.13	1.56	vérifie

EU 3-4	R112-R57	PVC double paroi	100	0.30	5.91	5.91	119	300	68.85	0.97	0.086	0.612	0.197	59	0.60	0.63	vérifie
	R113-R114	PVC double paroi	100	0.27	5.91	5.91	122	300	65.32	0.92	0.090	0.620	0.203	61	0.57	0.60	vérifie
	R114-R60	PVC double paroi	100	0.27	5.91	5.91	122	300	65.32	0.92	0.090	0.620	0.203	61	0.57	0.60	vérifie
EU 3-5	R115-R116	PVC double paroi	100	0.34	5.79	5.79	116	300	73.30	1.04	0.079	0.600	0.189	57	0.62	0.67	vérifie
	R116-R117	PVC double paroi	100	0.27	5.79	5.79	121	300	65.32	0.92	0.089	0.617	0.201	60	0.57	0.60	vérifie
EU 3-6	R118-R119	PVC double paroi	100	0.70	5.79	5.79	101	300	105.18	1.49	0.055	0.547	0.157	47	0.81	0.97	vérifie
	R119-R120	PVC double paroi	100	0.27	5.79	5.79	121	300	65.32	0.92	0.089	0.617	0.201	60	0.57	0.60	vérifie
EU 3-7	R121-R120	PVC double paroi	100	0.27	5.79	5.79	121	300	65.32	0.92	0.089	0.617	0.201	60	0.57	0.60	vérifie
	R120-R117	PVC double paroi	100	0.27	5.79	5.79	121	300	65.32	0.92	0.089	0.617	0.201	60	0.57	0.60	vérifie
	R117-R122	PVC double paroi	100	0.27	5.79	5.79	121	300	65.32	0.92	0.089	0.617	0.201	60	0.57	0.60	vérifie
	R122-R63	PVC double paroi	100	0.27	5.79	5.79	121	300	65.32	0.92	0.089	0.617	0.201	60	0.57	0.60	vérifie
EU 3-8	R123-R124	PVC double paroi	100	0.59	5.79	5.79	104	300	96.56	1.37	0.060	0.560	0.164	49	0.77	0.89	vérifie
	R124-R64	PVC double paroi	100	0.27	5.79	5.79	121	300	65.32	0.92	0.089	0.617	0.201	60	0.57	0.60	vérifie
EU3-9	R125-R126	PVC double paroi	100	0.62	5.79	5.79	103	300	98.98	1.40	0.059	0.556	0.162	49	0.78	0.91	vérifie
	R126-R65	PVC double paroi	100	0.27	5.79	5.79	121	300	65.32	0.92	0.089	0.617	0.201	60	0.57	0.60	vérifie
EU3-10	R127-R128	PVC double paroi	100	0.95	5.79	5.79	96	300	122.53	1.73	0.047	0.522	0.146	44	0.90	1.13	vérifie
	R128-R66	PVC double paroi	100	0.27	5.79	5.79	121	300	65.32	0.92	0.089	0.617	0.201	60	0.57	0.60	vérifie
CP4-1	R129-R130	PVC double paroi	100	1.40	2.31	2.31	63	300	148.74	2.10	0.016	0.344	0.089	27	0.72	1.37	vérifie
	R130-R131	PVC double paroi	100	0.27	2.31	2.31	86	300	65.32	0.92	0.035	0.473	0.127	38	0.44	0.60	vérifie
	R131-R132	PVC double paroi	100	0.27	2.31	2.31	86	300	65.32	0.92	0.035	0.473	0.127	38	0.44	0.60	vérifie
	R132-R133	PVC double paroi	100	0.27	2.31	2.31	86	300	65.32	0.92	0.035	0.473	0.127	38	0.44	0.60	vérifie
	R133-R134	PVC double paroi	100	1.20	2.31	2.31	65	300	137.71	1.95	0.017	0.355	0.092	28	0.69	1.27	vérifie
	R134-R135	PVC double paroi	100	1.70	2.31	2.31	61	300	163.91	2.32	0.014	0.332	0.085	25	0.77	1.51	vérifie
	R135-R136	PVC double paroi	100	1.90	2.31	2.31	59	300	173.28	2.45	0.013	0.325	0.083	25	0.80	1.59	vérifie
	R136-R137	PVC double paroi	100	0.60	2.31	2.31	74	300	97.38	1.38	0.024	0.406	0.107	32	0.56	0.90	vérifie
	R1-R2	PVC double paroi	100	0.91	15.30	15.30	139	300	119.92	1.70	0.128	0.674	0.242	73	1.14	1.10	vérifie
	R2-R3	PVC double paroi	100	0.91	15.30	15.30	139	300	119.92	1.70	0.128	0.674	0.242	73	1.14	1.10	vérifie
	R3-R4	PVC double paroi	100	0.91	15.30	15.30	139	300	119.92	1.70	0.128	0.674	0.242	73	1.14	1.10	vérifie
	R4-R5	PVC double paroi	100	0.27	15.30	15.30	174	300	65.32	0.92	0.234	0.820	0.326	98	0.76	0.60	vérifie
	R5-R6	PVC double paroi	100	0.27	15.30	15.30	174	300	65.32	0.92	0.234	0.820	0.326	98	0.76	0.60	vérifie
	R6-R7	PVC double paroi	100	0.27	15.30	15.30	174	300	65.32	0.92	0.234	0.820	0.326	98	0.76	0.60	vérifie
	R7-R8	PVC double paroi	100	0.27	15.30	15.30	174	300	65.32	0.92	0.234	0.820	0.326	98	0.76	0.60	vérifie
	R8-R9	PVC double paroi	100	0.27	15.30	15.30	174	300	65.32	0.92	0.234	0.820	0.326	98	0.76	0.60	vérifie
	R9-R10	PVC double paroi	100	0.27	15.30	15.30	174	300	65.32	0.92	0.234	0.820	0.326	98	0.76	0.60	vérifie
	R10-R11	PVC double paroi	100	0.27	15.30	15.30	174	300	65.32	0.92	0.234	0.820	0.326	98	0.76	0.60	vérifie
	R11-R12	PVC double paroi	100	0.27	15.30	15.30	174	300	65.32	0.92	0.234	0.820	0.326	98	0.76	0.60	vérifie
	R12-R13	PVC double paroi	100	6.12	15.30	15.30	97	300	310.99	4.40	0.049	0.529	0.149	45	2.33	2.86	vérifie
	R13-R14	PVC double paroi	100	3.57	15.30	15.30	107	300	237.52	3.36	0.064	0.571	0.170	51	1.92	2.18	vérifie
	R14-R15	PVC double paroi	100	0.65	15.30	15.30	148	300	101.35	1.43	0.151	0.708	0.263	79	1.01	0.93	vérifie
	R15-R16	PVC double paroi	100	2.60	28.26	28.26	143	300	202.70	2.87	0.139	0.691	0.253	76	1.98	1.86	vérifie
	R16-R17	PVC double paroi	100	0.68	28.26	28.26	184	300	103.66	1.47	0.273	0.858	0.354	106	1.26	0.95	vérifie
	R17-R18	PVC double paroi	100	2.72	28.26	28.26	142	300	207.33	2.93	0.136	0.686	0.250	75	2.01	1.91	vérifie
	R18-R19	PVC double paroi	100	5.52	28.26	28.26	124	300	295.35	4.18	0.096	0.628	0.209	63	2.62	2.72	vérifie
	R19-R20	PVC double paroi	100	4.39	28.26	28.26	130	300	263.39	3.73	0.107	0.645	0.222	66	2.40	2.42	vérifie
	R20-R21	PVC double paroi	100	3.69	28.26	28.26	134	300	241.48	3.42	0.117	0.659	0.232	69	2.25	2.22	vérifie
	R21-R22	PVC double paroi	100	2.06	28.26	28.26	150	300	180.43	2.55	0.157	0.716	0.267	80	1.83	1.66	vérifie
	R22-R23	PVC double paroi	100	0.27	28.26	28.26	219	300	65.32	0.92	0.433	0.957	0.461	138	0.88	0.60	vérifie

EU1-1	R23-R24	PVC double paroi	100	0.27	43.52	43.52	258	300	65.32	0.92	0.666	1.067	0.592	178	0.99	0.60	vérifie
	R24-R25	PVC double paroi	100	0.44	43.52	43.52	235	300	83.39	1.18	0.522	1.013	0.511	153	1.20	0.77	vérifie
	R25-R26	PVC double paroi	100	3.93	43.52	43.52	156	300	249.21	3.53	0.175	0.742	0.282	85	2.62	2.29	vérifie
	R26-R27	PVC double paroi	100	0.72	43.52	43.52	214	300	106.67	1.51	0.408	0.942	0.446	134	1.42	0.98	vérifie
	R27-R28	PVC double paroi	100	0.27	43.52	43.52	258	300	65.32	0.92	0.666	1.067	0.592	178	0.99	0.60	vérifie
	R28-R29	PVC double paroi	100	0.27	48.28	48.28	268	300	65.32	0.92	0.739	1.089	0.638	191	1.01	0.60	vérifie
	R29-R30	PVC double paroi	100	0.32	48.28	48.28	259	300	71.11	1.01	0.679	1.070	0.600	180	1.08	0.65	vérifie
	R30-R31	PVC double paroi	100	1.80	48.28	48.28	188	300	168.66	2.39	0.286	0.869	0.364	109	2.07	1.55	vérifie
	R31-R32	PVC double paroi	100	2.93	48.28	48.28	171	300	215.18	3.04	0.224	0.809	0.319	96	2.46	1.98	vérifie
	R32-R33	PVC double paroi	100	0.27	48.28	48.28	268	300	65.32	0.92	0.739	1.089	0.638	191	1.01	0.60	vérifie
	R33-R34	PVC double paroi	100	0.27	48.28	48.28	268	300	65.32	0.92	0.739	1.089	0.638	191	1.01	0.60	vérifie
	R34-R35	PVC double paroi	100	0.27	48.28	48.28	268	300	65.32	0.92	0.739	1.089	0.638	191	1.01	0.60	vérifie
	R35-R36	PVC double paroi	100	0.27	48.28	48.28	268	300	65.32	0.92	0.739	1.089	0.638	191	1.01	0.60	vérifie
	R36-R37	PVC double paroi	100	0.27	48.28	48.28	268	300	65.32	0.92	0.739	1.089	0.638	191	1.01	0.60	vérifie
	R37-R38	PVC double paroi	100	0.27	48.28	48.28	268	300	65.32	0.92	0.739	1.089	0.638	191	1.01	0.60	vérifie
	R38-R39	PVC double paroi	100	0.27	48.28	48.28	268	300	65.32	0.92	0.739	1.089	0.638	191	1.01	0.60	vérifie
	R39-R40	PVC double paroi	100	0.27	48.28	48.28	268	300	65.32	0.92	0.739	1.089	0.638	191	1.01	0.60	vérifie
	R40-R41	PVC double paroi	100	0.27	48.28	48.28	268	300	65.32	0.92	0.739	1.089	0.638	191	1.01	0.60	vérifie
	R41-R42	PVC double paroi	100	0.27	48.28	48.28	268	300	65.32	0.92	0.739	1.089	0.638	191	1.01	0.60	vérifie
	R42-R43	PVC double paroi	100	0.27	48.28	48.28	268	300	65.32	0.92	0.739	1.089	0.638	191	1.01	0.60	vérifie
	R43-R44	PVC double paroi	100	0.27	48.28	48.28	268	300	65.32	0.92	0.739	1.089	0.638	191	1.01	0.60	vérifie
	R44-R45	PVC double paroi	100	0.27	48.28	48.28	268	300	65.32	0.92	0.739	1.089	0.638	191	1.01	0.60	vérifie
	R45-R46	PVC double paroi	100	0.27	48.28	48.28	268	300	65.32	0.92	0.739	1.089	0.638	191	1.01	0.60	vérifie
	R46-R47	PVC double paroi	100	0.27	48.28	48.28	268	300	65.32	0.92	0.739	1.089	0.638	191	1.01	0.60	vérifie
EU1-2	R139-R138	PVC double paroi	100	0.82	15.31	15.31	141	300	113.84	1.61	0.134	0.684	0.248	74	1.10	1.05	vérifie
	R138-R14	PVC double paroi	100	0.44	15.31	15.31	159	300	83.39	1.18	0.184	0.755	0.289	87	0.89	0.77	vérifie
EU1-3	R141-R140	PVC double paroi	100	0.84	15.31	15.31	141	300	115.22	1.63	0.133	0.681	0.247	74	1.11	1.06	vérifie
	R140-R15	PVC double paroi	100	0.84	15.31	15.31	141	300	115.22	1.63	0.133	0.681	0.247	74	1.11	1.06	vérifie
EU 1-4	R77-R78	PVC double paroi	100	2.57	9.05	9.05	94	300	201.53	2.85	0.045	0.514	0.142	43	1.46	1.85	vérifie
	R78-R79	PVC double paroi	100	1.35	9.05	9.05	106	300	146.06	2.07	0.062	0.565	0.167	50	1.17	1.34	vérifie
	R79-R80	PVC double paroi	100	2.83	9.05	9.05	92	300	211.48	2.99	0.043	0.506	0.139	42	1.51	1.94	vérifie
	R80-R81	PVC double paroi	100	0.50	9.05	9.05	127	300	88.89	1.26	0.102	0.637	0.216	65	0.80	0.82	vérifie
	R81-R82	PVC double paroi	100	0.42	9.05	9.05	132	300	81.47	1.15	0.111	0.650	0.226	68	0.75	0.75	vérifie
	R82-R83	PVC double paroi	100	0.38	9.05	9.05	134	300	77.49	1.10	0.117	0.658	0.231	69	0.72	0.71	vérifie
	R83-R84	PVC double paroi	100	1.76	9.05	9.05	101	300	166.58	2.36	0.054	0.545	0.156	47	1.28	1.53	vérifie
	R84-R85	PVC double paroi	100	1.76	9.05	9.05	101	300	166.58	2.36	0.054	0.545	0.156	47	1.28	1.53	vérifie
	R85-R86	PVC double paroi	100	1.76	15.26	15.26	122	300	166.58	2.36	0.092	0.621	0.204	61	1.46	1.53	vérifie
	R86-R87	PVC double paroi	100	1.76	15.26	15.26	122	300	166.58	2.36	0.092	0.621	0.204	61	1.46	1.53	vérifie
	R87-R88	PVC double paroi	100	0.28	15.26	15.26	173	300	66.52	0.94	0.229	0.815	0.323	97	0.77	0.61	vérifie
	R88-R89	PVC double paroi	100	0.38	15.26	15.26	163	300	77.49	1.10	0.197	0.774	0.299	90	0.85	0.71	vérifie
	R89-R90	PVC double paroi	100	0.38	28.22	28.22	205	300	77.49	1.10	0.364	0.917	0.418	125	1.01	0.71	vérifie
	R90-R91	PVC double paroi	100	0.38	28.22	28.22	205	300	77.49	1.10	0.364	0.917	0.418	125	1.01	0.71	vérifie
	R91-R92	PVC double paroi	100	0.38	28.22	28.22	205	300	77.49	1.10	0.364	0.917	0.418	125	1.01	0.71	vérifie
	R92-R93	PVC double paroi	100	1.11	28.22	28.22	168	300	132.44	1.87	0.213	0.795	0.311	93	1.49	1.22	vérifie
	R93-R23	PVC double paroi	100	3.94	28.22	28.22	132	300	249.53	3.53	0.113	0.653	0.228	68	2.31	2.29	vérifie
	R94-R95	PVC double paroi	100	0.27	6.21	6.21	124	300	65.32	0.92	0.095	0.627	0.208	62	0.58	0.60	vérifie
	R95-R96	PVC double paroi	100	2.22	6.21	6.21	84	300	187.31	2.65	0.033	0.462	0.124	37	1.22	1.72	vérifie

EU 1-5	R96-R97	PVC double paroi	100	2.74	6.21	6.21	80	300	208.09	2.94	0.030	0.444	0.118	35	1.31	1.91	vérifie
	R97-R98	PVC double paroi	100	2.20	6.21	6.21	84	300	186.46	2.64	0.033	0.463	0.124	37	1.22	1.71	vérifie
	R98-R88	PVC double paroi	100	3.87	6.21	6.21	75	300	247.30	3.50	0.025	0.415	0.110	33	1.45	2.27	vérifie
EU 1-6	R99-R100	PVC double paroi	100	0.27	15.31	15.31	174	300	65.32	0.92	0.234	0.820	0.326	98	0.76	0.60	vérifie
	R100-R101	PVC double paroi	100	0.27	15.31	15.31	174	300	65.32	0.92	0.234	0.820	0.326	98	0.76	0.60	vérifie
EU 1-7	R143-R144	PVC double paroi	100	0.66	15.31	15.31	147	300	102.13	1.44	0.150	0.706	0.262	79	1.02	0.94	vérifie
	R144-R142	PVC double paroi	100	0.66	15.31	15.31	147	300	102.13	1.44	0.150	0.706	0.262	79	1.02	0.94	vérifie
EU 1-8	R145-R146	PVC double paroi	100	2.21	15.31	15.31	117	300	186.88	2.64	0.082	0.606	0.193	58	1.60	1.72	vérifie
	R146-R147	PVC double paroi	100	1.30	15.31	15.31	130	300	143.33	2.03	0.107	0.644	0.221	66	1.31	1.32	vérifie
	R147-R148	PVC double paroi	100	0.61	15.31	15.31	149	300	98.18	1.39	0.156	0.715	0.267	80	0.99	0.90	vérifie
	R148-R8	PVC double paroi	100	0.61	15.31	15.31	149	300	98.18	1.39	0.156	0.715	0.267	80	0.99	0.90	vérifie
EU 1-9	R149-R150	PVC double paroi	100	0.90	15.31	15.31	139	300	119.26	1.69	0.128	0.675	0.243	73	1.14	1.10	vérifie
	R150-R148	PVC double paroi	100	0.50	15.31	15.31	155	300	88.89	1.26	0.172	0.739	0.280	84	0.93	0.82	vérifie
EU 1-10	R151-R152	PVC double paroi	100	1.67	15.31	15.31	124	300	162.45	2.30	0.094	0.625	0.207	62	1.44	1.49	vérifie
	R152-R150	PVC double paroi	100	0.62	15.31	15.31	149	300	98.98	1.40	0.155	0.713	0.266	80	1.00	0.91	vérifie
EU 1-11	R153-R154	PVC double paroi	100	1.56	15.31	15.31	125	300	157.01	2.22	0.097	0.630	0.211	63	1.40	1.44	vérifie
	R154-R10	PVC double paroi	100	0.47	15.31	15.31	157	300	86.18	1.22	0.178	0.746	0.284	85	0.91	0.79	vérifie
EU 1-12	R155-R156	PVC double paroi	100	0.52	15.31	15.31	154	300	90.65	1.28	0.169	0.734	0.277	83	0.94	0.83	vérifie
	R156-R11	PVC double paroi	100	0.93	15.31	15.31	138	300	121.23	1.72	0.126	0.672	0.241	72	1.15	1.11	vérifie
EU 1-13	R157-R158	PVC double paroi	100	0.82	15.31	15.31	141	300	113.84	1.61	0.134	0.684	0.248	74	1.10	1.05	vérifie
	R158-R13	PVC double paroi	100	0.44	15.31	15.31	159	300	83.39	1.18	0.184	0.755	0.289	87	0.89	0.77	vérifie
EU 1-14	R159-R160	PVC double paroi	100	0.27	15.31	15.31	174	300	65.32	0.92	0.234	0.820	0.326	98	0.76	0.60	vérifie
	R160-R161	PVC double paroi	100	0.27	15.31	15.31	174	300	65.32	0.92	0.234	0.820	0.326	98	0.76	0.60	vérifie
	R161-R162	PVC double paroi	100	0.27	15.31	15.31	174	300	65.32	0.92	0.234	0.820	0.326	98	0.76	0.60	vérifie
	R162-R163	PVC double paroi	100	0.27	15.31	15.31	174	300	65.32	0.92	0.234	0.820	0.326	98	0.76	0.60	vérifie
	R163-R164	PVC double paroi	100	0.27	15.31	15.31	174	300	65.32	0.92	0.234	0.820	0.326	98	0.76	0.60	vérifie
	R164-R101	PVC double paroi	100	0.27	15.31	15.31	174	300	65.32	0.92	0.234	0.820	0.326	98	0.76	0.60	vérifie
	R101-R142	PVC double paroi	100	0.27	15.31	15.31	174	300	65.32	0.92	0.234	0.820	0.326	98	0.76	0.60	vérifie
	R142-R15	PVC double paroi	100	0.27	15.31	15.31	174	300	65.32	0.92	0.234	0.820	0.326	98	0.76	0.60	vérifie
EU 1-15	R165-R166	PVC double paroi	100	0.47	12.96	12.96	147	300	86.18	1.22	0.150	0.707	0.262	79	0.86	0.79	vérifie
	R166-R167	PVC double paroi	100	0.45	12.96	12.96	149	300	84.33	1.19	0.154	0.711	0.265	79	0.85	0.78	vérifie
	R167-R20	PVC double paroi	100	0.81	12.96	12.96	133	300	113.14	1.60	0.115	0.655	0.229	69	1.05	1.04	vérifie
EU 1-16	R168-R169	PVC double paroi	100	2.25	12.96	12.96	110	300	188.57	2.67	0.069	0.580	0.176	53	1.55	1.73	vérifie
	R169-R170	PVC double paroi	100	1.03	12.96	12.96	127	300	127.58	1.80	0.102	0.636	0.215	65	1.15	1.17	vérifie
	R170-R171	PVC double paroi	100	0.47	12.96	12.96	147	300	86.18	1.22	0.150	0.707	0.262	79	0.86	0.79	vérifie
	R171-R165	PVC double paroi	100	0.57	12.96	12.96	142	300	94.91	1.34	0.137	0.687	0.250	75	0.92	0.87	vérifie
EU 1-17	R172-R173	PVC double paroi	100	0.27	12.96	12.96	164	300	65.32	0.92	0.198	0.775	0.300	90	0.72	0.60	vérifie
	R173-R166	PVC double paroi	100	1.08	12.96	12.96	126	300	130.64	1.85	0.099	0.633	0.213	64	1.17	1.20	vérifie
EU 1-18	R174-R175	PVC double paroi	100	0.33	12.96	12.96	158	300	72.22	1.02	0.179	0.749	0.286	86	0.77	0.66	vérifie
	R175-R167	PVC double paroi	100	1.71	12.96	12.96	116	300	164.39	2.33	0.079	0.600	0.189	57	1.40	1.51	vérifie
EU 1-19	R176-R177	PVC double paroi	100	0.93	12.96	12.96	130	300	121.23	1.72	0.107	0.644	0.221	66	1.10	1.11	vérifie
	R177-R178	PVC double paroi	100	0.93	12.96	12.96	130	300	121.23	1.72	0.107	0.644	0.221	66	1.10	1.11	vérifie
	R178-R179	PVC double paroi	100	0.93	12.96	12.96	130	300	121.23	1.72	0.107	0.644	0.221	66	1.10	1.11	vérifie
	R179-R180	PVC double paroi	100	0.93	12.96	12.96	130	300	121.23	1.72	0.107	0.644	0.221	66	1.10	1.11	vérifie
	R180-R18	PVC double paroi	100	0.93	12.96	12.96	130	300	121.23	1.72	0.107	0.644	0.221	66	1.10	1.11	vérifie
EU 1-20	R181-R182	PVC double paroi	100	2.73	12.96	12.96	106	300	207.71	2.94	0.062	0.566	0.167	50	1.66	1.91	vérifie

	R182-R179	PVC double paroi	100	1.05	12.96	12.96	127	300	128.82	1.82	0.101	0.635	0.214	64	1.16	1.18	vérifie
EU 1-21	R183-R184	PVC double paroi	100	1.96	12.96	12.96	113	300	176.00	2.49	0.074	0.590	0.182	55	1.47	1.62	vérifie
	R184-R21	PVC double paroi	100	1.89	12.96	12.96	114	300	172.82	2.44	0.075	0.593	0.184	55	1.45	1.59	vérifie
EU 1-22	R185-R186	PVC double paroi	100	1.40	12.96	12.96	120	300	148.74	2.10	0.087	0.614	0.199	60	1.29	1.37	vérifie
	R186-R16	PVC double paroi	100	0.36	12.96	12.96	155	300	75.43	1.07	0.172	0.738	0.280	84	0.79	0.69	vérifie
EU 1-23	R187-R188	PVC double paroi	100	1.57	6.21	6.21	89	300	157.52	2.23	0.039	0.491	0.134	40	1.10	1.45	vérifie
	R188-R189	PVC double paroi	100	1.78	6.21	6.21	87	300	167.72	2.37	0.037	0.481	0.130	39	1.14	1.54	vérifie
	R189-R190	PVC double paroi	100	0.89	6.21	6.21	99	300	118.60	1.68	0.052	0.539	0.153	46	0.90	1.09	vérifie
	R190-R191	PVC double paroi	100	0.89	6.21	6.21	99	300	118.60	1.68	0.052	0.539	0.153	46	0.90	1.09	vérifie
	R191-R87	PVC double paroi	100	0.89	6.21	6.21	99	300	118.60	1.68	0.052	0.539	0.153	46	0.90	1.09	vérifie
EU1-24	R192-R193	PVC double paroi	100	1.28	6.21	6.21	93	300	142.23	2.01	0.044	0.509	0.140	42	1.02	1.31	vérifie
	R193-R194	PVC double paroi	100	1.69	6.21	6.21	88	300	163.42	2.31	0.038	0.485	0.132	39	1.12	1.50	vérifie
	R194-R195	PVC double paroi	100	0.32	6.21	6.21	120	300	71.11	1.01	0.087	0.615	0.199	60	0.62	0.65	vérifie
	R195-R196	PVC double paroi	100	0.32	6.21	6.21	120	300	71.11	1.01	0.087	0.615	0.199	60	0.62	0.65	vérifie
	R196-R86	PVC double paroi	100	0.32	6.21	6.21	120	300	71.11	1.01	0.087	0.615	0.199	60	0.62	0.65	vérifie
EU 1-25	R197-R194	PVC double paroi	100	1.11	6.21	6.21	95	300	132.44	1.87	0.047	0.521	0.145	44	0.98	1.22	vérifie
EU 1-26	R198-R195	PVC double paroi	100	0.77	6.21	6.21	102	300	110.31	1.56	0.056	0.550	0.159	48	0.86	1.01	vérifie
EU 1-27	R199-R196	PVC double paroi	100	0.91	6.21	6.21	99	300	119.92	1.70	0.052	0.537	0.152	46	0.91	1.10	vérifie
EU 1-28	R200-R201	PVC double paroi	100	0.79	15.31	15.31	142	300	111.73	1.58	0.137	0.687	0.250	75	1.09	1.03	vérifie
	R201-R4	PVC double paroi	100	0.84	15.31	15.31	141	300	115.22	1.63	0.133	0.681	0.247	74	1.11	1.06	vérifie
EU 1-29	R202-R1	PVC double paroi	100	0.63	15.31	15.31	149	300	99.78	1.41	0.153	0.711	0.265	79	1.00	0.92	vérifie
EU 1-30	R203-R2	PVC double paroi	100	0.38	15.31	15.31	163	300	77.49	1.10	0.198	0.774	0.299	90	0.85	0.71	vérifie
EU 1-31	R204-R205	PVC double paroi	100	0.86	9.05	9.05	115	300	116.58	1.65	0.078	0.598	0.187	56	0.99	1.07	vérifie
	R205-R85	PVC double paroi	100	0.37	9.05	9.05	135	300	76.47	1.08	0.118	0.661	0.233	70	0.71	0.70	vérifie
EU 1-32	R206-R207	PVC double paroi	100	0.54	9.05	9.05	126	300	92.38	1.31	0.098	0.631	0.212	63	0.82	0.85	vérifie
	R207-R84	PVC double paroi	100	0.77	9.05	9.05	117	300	110.31	1.56	0.082	0.606	0.193	58	0.95	1.01	vérifie
EU 1-33	R208-R209	PVC double paroi	100	0.62	9.05	9.05	122	300	98.98	1.40	0.091	0.621	0.204	61	0.87	0.91	vérifie
	R209-R210	PVC double paroi	100	0.62	9.05	9.05	122	300	98.98	1.40	0.091	0.621	0.204	61	0.87	0.91	vérifie
	R210-R211	PVC double paroi	100	0.62	9.05	9.05	122	300	98.98	1.40	0.091	0.621	0.204	61	0.87	0.91	vérifie
	R211-R212	PVC double paroi	100	0.62	9.05	9.05	122	300	98.98	1.40	0.091	0.621	0.204	61	0.87	0.91	vérifie
	R212-R213	PVC double paroi	100	0.62	9.05	9.05	122	300	98.98	1.40	0.091	0.621	0.204	61	0.87	0.91	vérifie
	R213-R83	PVC double paroi	100	0.62	9.05	9.05	122	300	98.98	1.40	0.091	0.621	0.204	61	0.87	0.91	vérifie
EU 1-34	R214-R215	PVC double paroi	100	0.88	9.05	9.05	115	300	117.93	1.67	0.077	0.596	0.186	56	1.00	1.08	vérifie
	R215-R212	PVC double paroi	100	0.59	9.05	9.05	123	300	96.56	1.37	0.094	0.625	0.207	62	0.85	0.89	vérifie
EU 1-35	R216-R217	PVC double paroi	100	0.85	9.05	9.05	115	300	115.90	1.64	0.078	0.599	0.188	56	0.98	1.07	vérifie
	R217-R211	PVC double paroi	100	0.85	9.05	9.05	115	300	115.90	1.64	0.078	0.599	0.188	56	0.98	1.07	vérifie
EU 1-36	R218-R82	PVC double paroi	100	1.21	9.05	9.05	108	300	138.28	1.96	0.065	0.573	0.172	51	1.12	1.27	vérifie
EU 1-37	R219-R220	PVC double paroi	100	0.30	9.05	9.05	140	300	68.85	0.97	0.131	0.679	0.245	74	0.66	0.63	vérifie
	R220-R81	PVC double paroi	100	0.49	9.05	9.05	128	300	88.00	1.24	0.103	0.638	0.217	65	0.79	0.81	vérifie
EU 1-38	R222-R222	PVC double paroi	100	0.45	9.05	9.05	130	300	84.33	1.19	0.107	0.645	0.222	66	0.77	0.78	vérifie
	R222-R80	PVC double paroi	100	0.56	9.05	9.05	125	300	94.07	1.33	0.096	0.628	0.210	63	0.84	0.87	vérifie
EU 1-39	R223-R224	PVC double paroi	100	0.46	9.05	9.05	129	300	85.26	1.21	0.106	0.643	0.220	66	0.78	0.78	vérifie
	R224-R79	PVC double paroi	100	0.27	9.05	9.05	143	300	65.32	0.92	0.139	0.690	0.252	76	0.64	0.60	vérifie
EU 1-40	R225-R226	PVC double paroi	100	0.41	9.05	9.05	132	300	80.49	1.14	0.112	0.652	0.227	68	0.74	0.74	vérifie
	R226-R78	PVC double paroi	100	0.27	9.05	9.05	143	300	65.32	0.92	0.139	0.690	0.252	76	0.64	0.60	vérifie
EU 1-41	R227-R228	PVC double paroi	100	0.28	15.31	15.31	173	300	66.52	0.94	0.230	0.815	0.323	97	0.77	0.61	vérifie

	R228-R9	PVC double paroi	100	1.45	15.31	15.31	127	300	151.38	2.14	0.101	0.636	0.215	64	1.36	1.39	vérifie
--	----------------	------------------	-----	------	-------	-------	-----	-----	--------	------	-------	-------	-------	----	------	------	---------

Bassin	Tronçon	Surface du bassin (Ha)	Surface Totale (Ha)	Type de collecteur	Coefficient de rugosité (Manning Strikler)	Coefficient de ruissellement	Intensité	Débit (l/s)		Pente (%)	Diamètre théorique (mm) Intérieur	Diamètre normalisé (mm) Extérieur	Plein section		Rapport			H (mm)	Vitesse réelle (m/s)	Vauto pour 1/10 Qps
								Unitaire	Total				Qps (l/s)	Vps (m/s)	rQ	rV	rH			
CP 1-1	R1-R2	2.99	2.99	PVC	100	0.80	173.2	414.39	414.39	1.388	441	500	578	2.95	0.717	1.081	0.624	312	3.18	1.91
	R2-R3	2.99	2.99	PVC	100	0.80	173.2	414.39	414.39	1.268	449	500	553	2.82	0.750	1.093	0.645	322	3.08	1.83
	R3-R4	2.99	2.99	PVC	100	0.80	173.2	414.39	414.39	1.624	428	500	626	3.19	0.662	1.066	0.590	295	3.40	2.07
	R4-R5	2.99	2.99	PVC	100	0.80	173.2	414.39	414.39	1.596	430	500	620	3.16	0.668	1.067	0.594	297	3.37	2.05
	R5-R6	2.99	2.99	PVC	100	0.80	173.2	414.39	414.39	1.321	445	500	564	2.87	0.734	1.087	0.635	318	3.12	1.87
	R6-R7	2.99	2.99	PVC	100	0.80	173.2	414.39	414.39	1.598	430	500	621	3.16	0.668	1.067	0.593	297	3.37	2.05
	R7-R8	2.99	2.99	PVC	100	0.80	173.2	414.39	414.39	1.598	430	500	621	3.16	0.668	1.067	0.593	297	3.37	2.05
	R8-R9	2.99	2.99	PVC	100	0.80	173.2	414.39	414.39	0.633	511	630	723	2.32	0.573	1.038	0.538	339	2.41	1.51
	R9-R10	2.99	2.99	PVC	100	0.80	173.2	414.39	414.39	0.633	511	630	723	2.32	0.573	1.038	0.538	339	2.41	1.51
	R10-R11	2.99	2.99	PVC	100	0.80	173.2	414.39	414.39	0.633	511	630	723	2.32	0.573	1.038	0.538	339	2.41	1.51
	R11-R12	2.99	2.99	PVC	100	0.80	173.2	414.39	414.39	0.633	511	630	723	2.32	0.573	1.038	0.538	339	2.41	1.51
	R12-R13	2.99	2.99	PVC	100	0.80	173.2	414.39	414.39	0.633	511	630	723	2.32	0.573	1.038	0.538	339	2.41	1.51
EP 1-2	R14-R7	2.99	2.99	PVC	100	0.80	173.2	414.39	414.39	2.00	412	500	694	3.54	0.597	1.047	0.552	276	3.70	2.30
EP 1-3	R15-R8	2.99	2.99	PVC	100	0.80	173.2	414.39	414.39	2.41	398	500	762	3.88	0.544	1.025	0.523	261	3.98	2.52
EP 1-4	R16-R17	2.99	2.99	PVC	100	0.80	173.2	414.39	414.39	3.10	380	500	864	4.40	0.479	0.987	0.487	244	4.35	2.86
	R17-R18	2.99	2.99	PVC	100	0.80	173.2	414.39	414.39	3.10	380	500	864	4.40	0.479	0.987	0.487	244	4.35	2.86
	R18-R9	2.99	2.99	PVC	100	0.80	173.2	414.39	414.39	3.10	380	500	864	4.40	0.479	0.987	0.487	244	4.35	2.86
EP 1-5	R19-R20	2.99	2.99	PVC	100	0.80	173.2	414.39	414.39	2.610	392	500	793	4.04	0.523	1.014	0.511	256	4.09	2.63
	R20-R21	2.99	2.99	PVC	100	0.80	173.2	414.39	414.39	2.610	392	500	793	4.04	0.523	1.014	0.511	256	4.09	2.63
	R21-R10	2.99	2.99	PVC	100	0.80	173.2	414.39	414.39	2.610	392	500	793	4.04	0.523	1.014	0.511	256	4.09	2.63
EP 1-6	R22-R23	2.99	2.99	PVC	100	0.80	173.2	414.39	414.39	2.54	394	500	782	3.98	0.530	1.018	0.515	258	4.05	2.59
	R23-R24	2.99	2.99	PVC	100	0.80	173.2	414.39	414.39	0.444	546	630	606	1.94	0.684	1.072	0.603	380	2.08	1.26
	R24-R25	2.99	2.99	PVC	100	0.80	173.2	414.39	414.39	0.444	546	630	606	1.94	0.684	1.072	0.603	380	2.08	1.26
	R25-R26	2.99	2.99	PVC	100	0.80	173.2	414.39	414.39	0.444	546	630	606	1.94	0.684	1.072	0.603	380	2.08	1.26
	R26-R27	2.99	2.99	PVC	100	0.80	173.2	414.39	414.39	0.444	546	630	606	1.94	0.684	1.072	0.603	380	2.08	1.26
	R27-R28	2.99	2.99	PVC	100	0.80	173.2	414.39	414.39	0.444	546	630	606	1.94	0.684	1.072	0.603	380	2.08	1.26
	R28-R29	2.99	2.99	PVC	100	0.80	173.2	414.39	414.39	2.2	405	500	728	3.71	0.569	1.037	0.536	268	3.84	2.41
	R29-R30	2.99	2.99	PVC	100	0.80	173.2	414.39	414.39	0.261	604	630	464	1.49	0.892	1.138	0.733	462	1.70	0.97
	R30-R31	2.99	2.99	PVC	100	0.80	173.2	414.39	414.39	0.444	546	630	606	1.94	0.684	1.072	0.603	380	2.08	1.26
	R31-R32	2.99	2.99	PVC	100	0.80	173.2	414.39	414.39	0.444	546	630	606	1.94	0.684	1.072	0.603	380	2.08	1.26
	R32-R11	2.18	2.18	PVC	100	0.80	173.2	414.39	414.39	0.44	546	630	606	1.94	0.684	1.072	0.603	380	2.08	1.26
CP 2-1	R33-R34	2.18	2.18	PVC	100	0.77	173.2	290.8	290.80	1.27	393	500	553	2.82	0.526	1.015	0.513	256	2.86	1.83
	R34-R35	2.18	2.18	PVC	100	0.77	173.2	290.8	290.80	1.27	393	500	553	2.82	0.526	1.015	0.513	256	2.86	1.83
	R35-R36	2.18	2.18	PVC	100	0.77	173.2	290.8	290.80	1.27	393	500	553	2.82	0.526	1.015	0.513	256	2.86	1.83

	R36-R37	2.18	2.18	PVC	100	0.77	173.2	290.8	290.80	1.27	393	500	553	2.82	0.526	1.015	0.513	256	2.86	1.83
	R37-R38	2.18	2.18	PVC	100	0.77	173.2	290.8	290.80	1.27	393	500	553	2.82	0.526	1.015	0.513	256	2.86	1.83
	R38-R39	2.18	2.18	PVC	100	0.77	173.2	290.8	290.80	1.27	393	500	553	2.82	0.526	1.015	0.513	256	2.86	1.83
	R39-R40	2.18	2.18	PVC	100	0.77	173.2	290.8	290.80	3.07	333	400	474	3.77	0.613	1.053	0.561	224	3.97	2.45
	R40-R41	2.18	2.18	PVC	100	0.77	173.2	290.8	290.80	1.70	372	400	353	2.81	0.824	1.122	0.692	277	3.15	1.83
	R41-R42	2.18	2.18	PVC	100	0.77	173.2	290.8	290.80	1.88	365	400	371	2.95	0.783	1.106	0.666	267	3.27	1.92
	R42-R43	2.18	2.18	PVC	100	0.77	173.2	290.8	290.80	0.92	417	500	471	2.40	0.618	1.054	0.564	282	2.53	1.56
	R43-R44	2.22	2.22	PVC	100	0.74	173.2	290.8	290.80	0.92	417	500	471	2.40	0.618	1.054	0.564	282	2.53	1.56
	R44-R45	2.22	2.22	PVC	100	0.74	173.2	290.8	575.40	0.92	539	630	872	2.80	0.660	1.065	0.588	371	2.98	1.82
	R45-R46	2.22	2.22	PVC	100	0.74	173.2	290.8	575.40	0.92	539	630	872	2.80	0.660	1.065	0.588	371	2.98	1.82
	R46-R47	2.22	2.22	PVC	100	0.74	173.2	290.8	575.40	0.92	539	630	872	2.80	0.660	1.065	0.588	371	2.98	1.82
	R47-R48	2.22	2.22	PVC	100	0.74	173.2	290.8	575.40	0.92	539	630	872	2.80	0.660	1.065	0.588	371	2.98	1.82
	R48-R49	2.22	2.22	PVC	100	0.74	173.2	290.8	575.40	1.40	498	630	1076	3.45	0.535	1.020	0.518	326	3.52	2.24
	R49-R50	2.18	2.18	PVC	100	0.77	173.2	290.8	575.40	2.00	466	500	694	3.54	0.829	1.123	0.695	347	3.97	2.30
EP 2-2	R51-R38	2.18	2.18	PVC	100	0.77	173.2	290.8	290.80	1.60	376	500	621	3.16	0.468	0.980	0.481	241	3.10	2.06
EP 2-3	R52-R53	2.18	2.18	PVC	100	0.77	173.2	290.8	290.80	1.60	376	500	621	3.16	0.468	0.980	0.481	241	3.10	2.06
	R53-R54	2.18	2.18	PVC	100	0.77	173.2	290.8	290.80	1.90	364	400	373	2.97	0.779	1.104	0.664	266	3.28	1.93
	R54-R42	2.18	2.18	PVC	100	0.77	173.2	290.8	290.80	3.73	321	400	523	4.16	0.556	1.031	0.529	212	4.29	2.70
EP 2-4	R55-R56	2.18	2.18	PVC	100	0.77	173.2	290.8	290.80	0.68	442	500	405	2.06	0.718	1.082	0.625	312	2.23	1.34
	R56-R57	2.18	2.18	PVC	100	0.77	173.2	290.8	290.80	0.68	442	500	405	2.06	0.718	1.082	0.625	312	2.23	1.34
	R57-R44	2.18	2.18	PVC	100	0.77	173.2	290.8	290.80	0.68	442	500	405	2.06	0.718	1.082	0.625	312	2.23	1.34
EP 2-5	R58-R59	2.22	2.22	PVC	100	0.74	173.2	284.6	284.6	2.30	349	400	411	3.27	0.693	1.074	0.609	244	3.51	2.12
	R59-R60	2.22	2.22	PVC	100	0.74	173.2	284.6	284.6	0.95	412	500	478	2.44	0.595	1.047	0.551	275	2.55	1.58
EP 2-6	R61-R62	2.22	2.22	PVC	100	0.74	173.2	284.6	284.6	2.56	342	400	433	3.45	0.657	1.065	0.587	235	3.67	2.24
	R62-R63	2.22	2.22	PVC	100	0.74	173.2	284.6	284.6	0.67	439	500	402	2.05	0.708	1.079	0.618	309	2.21	1.33
	R63-R64	2.22	2.22	PVC	100	0.74	173.2	284.6	284.6	0.66	441	500	399	2.03	0.714	1.080	0.622	311	2.19	1.32
EP 2-7	R65-R66	2.22	2.22	PVC	100	0.74	173.2	284.6	284.6	2.52	343	400	430	3.42	0.662	1.066	0.590	236	3.65	2.22
	R66-R67	2.22	2.22	PVC	100	0.74	173.2	284.6	284.6	0.59	450	500	377	1.92	0.755	1.095	0.648	324	2.10	1.25
	R67-R64	2.22	2.22	PVC	100	0.74	173.2	284.6	284.6	0.59	450	500	377	1.92	0.755	1.095	0.648	324	2.10	1.25
	R64-R60	2.22	2.22	PVC	100	0.74	173.2	284.6	284.6	0.59	450	500	377	1.92	0.755	1.095	0.648	324	2.10	1.25
	R60-R47	2.22	2.22	PVC	100	0.74	173.2	284.6	284.6	0.59	450	500	377	1.92	0.755	1.095	0.648	324	2.10	1.25
EP 2-8	R94-R95	2.22	2.22	PVC	100	0.74	173.2	284.6	284.6	2.74	337	400	448	3.57	0.635	1.059	0.574	229	3.78	2.32
	R95-R96	2.22	2.22	PVC	100	0.74	173.2	284.6	284.6	2.23	351	400	405	3.22	0.703	1.077	0.615	246	3.47	2.09
	R96-R97	2.22	2.22	PVC	100	0.74	173.2	284.6	284.6	1.46	380	500	593	3.02	0.480	0.988	0.488	244	2.98	1.96
EP 2-9	R91-R92	2.22	2.22	PVC	100	0.74	173.2	284.6	284.6	1.16	396	500	529	2.69	0.538	1.022	0.520	260	2.75	1.75
	R92-R97	2.22	2.22	PVC	100	0.74	173.2	284.6	284.6	0.24	533	630	445	1.43	0.639	1.060	0.576	363	1.51	0.93
	R97-R48	2.22	2.22	PVC	100	0.74	173.2	284.6	284.6	0.24	533	630	445	1.43	0.639	1.060	0.576	363	1.51	0.93
EP 2-10	R98-R99	2.22	2.22	PVC	100	0.74	173.2	284.6	284.6	1.10	400	500	515	2.62	0.553	1.029	0.528	264	2.70	1.70
	R99-R49	2.22	2.22	PVC	100	0.74	173.2	284.6	284.6	0.80	425	500	439	2.24	0.648	1.062	0.581	291	2.38	1.45
CP 3-1	R68-R69	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	0.95	629	630	886	2.84	0.995	1.142	0.804	506	3.25	1.85
	R69-R70	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	0.95	629	630	886	2.84	0.995	1.142	0.804	506	3.25	1.85
	R70-R71	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	0.95	629	630	886	2.84	0.995	1.142	0.804	506	3.25	1.85

	R71-R72	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	1.49	578	630	1110	3.56	0.794	1.110	0.673	424	3.95	2.31
	R72-R73	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	1.83	556	630	1230	3.95	0.717	1.081	0.624	393	4.27	2.56
	R73-R74	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	1.56	573	630	1135	3.64	0.776	1.103	0.662	417	4.02	2.37
	R74-R75	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	0.95	629	630	886	2.84	0.995	1.142	0.804	506	3.25	1.85
	R75-R76	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	0.87	639	800	1603	3.19	0.550	1.028	0.526	421	3.28	2.07
	R76-R77	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	1.79	558	630	1216	3.90	0.725	1.084	0.629	396	4.23	2.54
	R77-R78	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	1.24	598	630	1012	3.25	0.871	1.135	0.720	454	3.69	2.11
	R78-R79	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	1.13	609	630	966	3.10	0.912	1.139	0.745	469	3.53	2.02
	R79-R80	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	1.13	609	630	966	3.10	0.912	1.139	0.745	469	3.53	2.02
	R80-R81	5.15	5.15	Béton	75	0.80	173.2	881.43	1595.18	1.13	847	1000	2485	3.16	0.642	1.061	0.578	578	3.36	2.06
	R81-R82	5.15	5.15	Béton	75	0.80	173.2	881.43	1595.18	1.28	827	1000	2645	3.37	0.603	1.049	0.555	555	3.53	2.19
	R82-R83	5.15	5.15	Béton	75	0.80	173.2	881.43	1595.18	1.20	837	1000	2561	3.26	0.623	1.056	0.567	567	3.44	2.12
	R83-R84	5.15	5.15	Béton	75	0.80	173.2	881.43	1595.18	1.18	840	1000	2539	3.23	0.628	1.057	0.570	570	3.42	2.10
	R84-R85	5.15	5.15	Béton	75	0.80	173.2	881.43	2348.33	0.39	1195	1200	2374	2.10	0.989	1.142	0.799	959	2.40	1.36
	R85-R86	5.15	5.15	Béton	75	0.80	173.2	881.43	2348.33	0.39	1195	1200	2374	2.10	0.989	1.142	0.799	959	2.40	1.36
	R86-R87	5.15	5.15	Béton	75	0.80	173.2	881.43	2348.33	0.39	1196	1200	2368	2.09	0.992	1.142	0.801	961	2.39	1.36
EP 3-2	R93-R100	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	0.98	625	630	900	2.89	0.979	1.141	0.790	498	3.29	1.88
	R100-R101	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	0.98	625	630	900	2.89	0.979	1.141	0.790	498	3.29	1.88
	R101-R102	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	0.98	625	630	900	2.89	0.979	1.141	0.790	498	3.29	1.88
EP 3-3	R103-R104	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	1.60	570	630	1150	3.69	0.766	1.099	0.656	413	4.05	2.40
	R104-R102	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	1.38	586	630	1069	3.43	0.825	1.122	0.692	436	3.85	2.23
	R102-R71	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	1.60	570	630	1150	3.69	0.766	1.099	0.656	413	4.05	2.40
EP 3-4	R105-R106	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	1.45	581	630	1095	3.51	0.805	1.115	0.680	429	3.91	2.28
	R106-R107	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	1.37	587	630	1064	3.41	0.828	1.123	0.695	438	3.83	2.22
EP 3-5	R108-R109	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	0.88	638	800	1613	3.21	0.547	1.026	0.524	419	3.29	2.09
	R109-R110	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	0.87	639	800	1603	3.19	0.550	1.028	0.526	421	3.28	2.07
	R110-R111	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	0.98	625	630	900	2.89	0.979	1.141	0.790	498	3.29	1.88
EP 3-6	R112-R113	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	0.98	625	630	900	2.89	0.979	1.141	0.790	498	3.29	1.88
	R113-R114	6.13	6.13	Béton	75	0.83	173.2	881.43	881.43	0.83	718	800	1175	2.34	0.750	1.093	0.645	516	2.55	1.52
	R114-R115	6.13	6.13	Béton	75	0.83	173.2	881.43	881.43	0.65	752	800	1039	2.07	0.848	1.129	0.707	565	2.34	1.34
EP 3-7	R115-R111	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	0.39	743	800	1074	2.14	0.821	1.121	0.690	552	2.39	1.39
	R111-R107	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	0.39	743	800	1074	2.14	0.821	1.121	0.690	552	2.39	1.39
	R107-R116	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	0.39	743	800	1074	2.14	0.821	1.121	0.690	552	2.39	1.39
	R116-R117	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	0.39	743	800	1074	2.14	0.821	1.121	0.690	552	2.39	1.39
	R117-R72	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	0.39	743	800	1074	2.14	0.821	1.121	0.690	552	2.39	1.39
EP 3-9	R121-R120	6.13	6.13	Béton	75	0.83	173.2	881.43	881.43	0.58	768	800	982	1.95	0.898	1.138	0.736	589	2.22	1.27
	R120-R75	6.13	6.13	Béton	75	0.83	173.2	881.43	881.43	0.40	824	1000	1478	1.88	0.596	1.047	0.551	551	1.97	1.22
EP 3-8	R118-R119	6.13	6.13	Béton	75	0.83	173.2	881.43	881.43	0.79	725	800	1146	2.28	0.769	1.100	0.657	526	2.51	1.48
	R119-R120	6.13	6.13	Béton	75	0.83	173.2	881.43	881.43	0.66	750	800	1047	2.08	0.842	1.128	0.703	562	2.35	1.35

EP 3-10	R122-R123	6.13	6.13	Béton	75	0.83	173.2	881.43	881.43	0.33	854	1000	1343	1.71	0.656	1.064	0.586	586	1.82	1.11
	R123-R77	6.13	6.13	Béton	75	0.83	173.2	881.43	881.43	0.19	947	1000	1019	1.30	0.865	1.134	0.717	717	1.47	0.84
EP 3-16	R138-R139	6.13	6.13	Béton	75	0.83	173.2	881.43	881.43	0.31	864	1000	1302	1.66	0.677	1.070	0.599	599	1.77	1.08
	R139-140	6.13	6.13	Béton	75	0.83	173.2	881.43	881.43	0.31	864	1000	1302	1.66	0.677	1.070	0.599	599	1.77	1.08
	R140-141	6.13	6.13	Béton	75	0.83	173.2	881.43	881.43	0.31	864	1000	1302	1.66	0.677	1.070	0.599	599	1.77	1.08
	R141-142	6.13	6.13	Béton	75	0.83	173.2	881.43	881.43	0.31	864	1000	1302	1.66	0.677	1.070	0.599	599	1.77	1.08
	R142-143	6.13	6.13	Béton	75	0.83	173.2	881.43	881.43	0.31	864	1000	1302	1.66	0.677	1.070	0.599	599	1.77	1.08
	R143-137	6.13	6.13	Béton	75	0.83	173.2	881.43	881.43	0.31	864	1000	1302	1.66	0.677	1.070	0.599	599	1.77	1.08
	R137-179	6.13	6.13	Béton	75	0.83	173.2	881.43	881.43	0.31	864	1000	1302	1.66	0.677	1.070	0.599	599	1.77	1.08
EP 3-14	R131-132	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	1.18	604	630	988	3.17	0.893	1.138	0.733	462	3.61	2.06
	R132-133	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	1.18	604	630	988	3.17	0.893	1.138	0.733	462	3.61	2.06
	R133-134	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	1.18	604	630	988	3.17	0.893	1.138	0.733	462	3.61	2.06
EP 3-15	R135-136	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	0.91	634	800	1640	3.26	0.537	1.022	0.519	415	3.33	2.12
	R136-134	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	0.92	633	800	1649	3.28	0.535	1.020	0.518	414	3.35	2.13
	R134-137	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	0.86	641	800	1594	3.17	0.553	1.029	0.528	422	3.26	2.06
EP 3-12	R127-128	6.13	6.13	Béton	75	0.83	173.2	881.43	881.43	0.82	720	800	1168	2.32	0.755	1.095	0.648	519	2.54	1.51
	R128-R129	6.13	6.13	Béton	75	0.83	173.2	881.43	881.43	0.80	723	800	1153	2.29	0.764	1.098	0.654	523	2.52	1.49
	R129-R126	6.13	6.13	Béton	75	0.83	173.2	881.43	881.43	0.80	723	800	1153	2.29	0.764	1.098	0.654	523	2.52	1.49
EP 3-11	R124-R125	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	0.88	638	800	1613	3.21	0.547	1.026	0.524	419	3.29	2.09
	R125-R126	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	0.97	626	630	895	2.87	0.984	1.141	0.795	501	3.28	1.87
EP 3-13	R130-R126	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	1.31	592	630	1041	3.34	0.847	1.129	0.706	445	3.77	2.17
	R126-R79	6.13	6.13	PVC	100	0.83	173.2	881.43	881.43	1.30	593	630	1037	3.33	0.850	1.130	0.708	446	3.76	2.16
EP 3-17	R144-R145	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	0.31	602	630	506	1.62	0.884	1.137	0.728	459	1.85	1.06
	R145-R146	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	0.56	539	630	680	2.18	0.658	1.065	0.587	370	2.32	1.42
	R146-R147	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	0.23	636	800	824	1.64	0.543	1.025	0.522	418	1.68	1.07
	R147-R148	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	0.61	530	630	710	2.28	0.631	1.058	0.571	360	2.41	1.48
	R148-R149	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	0.68	519	630	750	2.40	0.597	1.047	0.552	348	2.52	1.56
	R149-R150	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	0.33	595	630	522	1.68	0.857	1.132	0.712	449	1.90	1.09
	R150-R151	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	0.33	595	630	522	1.68	0.857	1.132	0.712	449	1.90	1.09
	R151-R152	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	0.33	595	630	522	1.68	0.857	1.132	0.712	449	1.90	1.09
	R152-R153	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	0.33	595	630	522	1.68	0.857	1.132	0.712	449	1.90	1.09
	R153-R154	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	0.33	595	630	522	1.68	0.857	1.132	0.712	449	1.90	1.09
EP 3-18	R155-R156	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	0.49	552	630	636	2.04	0.703	1.077	0.615	388	2.20	1.33
	R156-R157	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	0.49	552	630	636	2.04	0.703	1.077	0.615	388	2.20	1.33
	R157-R145	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	0.49	552	630	636	2.04	0.703	1.077	0.615	388	2.20	1.33
EP 3-19	R158-R159	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	0.64	525	630	727	2.33	0.616	1.053	0.562	354	2.46	1.52
	R159-R146	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	0.40	574	630	575	1.84	0.779	1.104	0.663	418	2.04	1.20
EP 3-20	R160-R161	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	1.92	427	500	680	3.46	0.658	1.065	0.587	294	3.69	2.25
	R161-R162	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	1.42	452	500	585	2.98	0.765	1.099	0.655	327	3.27	1.94
	R162-R148	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	1.42	452	500	585	2.98	0.765	1.099	0.655	327	3.27	1.94
EP 3-21	R163-R164	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	0.80	504	630	813	2.61	0.551	1.028	0.526	332	2.68	1.70
	R164-R151	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	0.83	500	630	828	2.66	0.541	1.023	0.521	328	2.72	1.73

EP 3-24	R174-R175	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	0.59	533	630	698	2.24	0.641	1.060	0.577	364	2.38	1.46
	R175-R170	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	0.43	566	630	596	1.91	0.751	1.093	0.646	407	2.09	1.24
EP 3-25	R165-R166	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	0.34	591	630	530	1.70	0.845	1.128	0.704	444	1.92	1.11
	R166-R167	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	0.33	595	630	522	1.68	0.857	1.132	0.712	449	1.90	1.09
	R167-R168	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	0.41	571	630	582	1.87	0.769	1.100	0.657	414	2.05	1.21
	R168-R169	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	0.58	535	630	692	2.22	0.647	1.062	0.581	366	2.36	1.44
	R169-R170	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	0.60	532	630	704	2.26	0.636	1.059	0.574	362	2.39	1.47
	R170-R171	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	0.48	554	630	630	2.02	0.711	1.079	0.620	391	2.18	1.31
	R171-R151	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	0.58	535	630	692	2.22	0.647	1.062	0.581	366	2.36	1.44
EP 3-25	R176-R177	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	0.50	550	630	643	2.06	0.696	1.075	0.611	385	2.22	1.34
	R177-R153	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	0.75	510	630	787	2.53	0.569	1.036	0.536	338	2.62	1.64
EP 3-26	R178-R179	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	0.51	548	630	649	2.08	0.690	1.073	0.607	382	2.24	1.35
	R179-R180	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	0.43	566	630	596	1.91	0.751	1.093	0.646	407	2.09	1.24
	R180-R154	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	0.54	542	630	668	2.14	0.670	1.068	0.595	375	2.29	1.39
	R154-R181	2.32	3.54	Béton	75	0.76	173.2	447.69	753.15	0.88	670	800	1209	2.41	0.623	1.055	0.567	453	2.54	1.56
	R181-R182	2.32	3.54	Béton	75	0.76	173.2	447.69	753.15	0.43	766	800	845	1.68	0.891	1.138	0.732	586	1.91	1.09
	R182-R183	2.32	3.54	Béton	75	0.76	173.2	447.69	753.15	0.44	763	800	855	1.70	0.881	1.137	0.726	581	1.93	1.11
	R183-R184	2.32	3.54	Béton	75	0.76	173.2	447.69	753.15	0.61	717	800	1007	2.00	0.748	1.092	0.644	515	2.19	1.30
	R184-R185	2.32	3.54	Béton	75	0.76	173.2	447.69	753.15	0.85	674	800	1189	2.36	0.634	1.058	0.573	458	2.50	1.54
	R185-R186	5.15	5.15	Béton	75	0.80	173.2	447.69	1466.90	0.61	921	1000	1826	2.32	0.803	1.114	0.679	679	2.59	1.51
	R186-R187	5.15	5.15	Béton	75	0.80	173.2	447.69	1466.90	0.85	866	1000	2155	2.74	0.681	1.071	0.601	601	2.94	1.78
	R187-R188	5.15	5.15	Béton	75	0.80	173.2	447.69	1466.90	0.85	866	1000	2155	2.74	0.681	1.071	0.601	601	2.94	1.78
	R188-R84	5.15	5.15	Béton	75	0.80	173.2	447.69	1466.90	0.62	918	1000	1841	2.34	0.797	1.111	0.675	675	2.60	1.52
EP 3-27	R189-R190	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	0.76	509	630	793	2.54	0.565	1.035	0.534	336	2.63	1.65
	R190-R147	3.54	3.54	PVC	100	0.73	173.2	447.69	447.69	0.70	516	630	761	2.44	0.589	1.044	0.547	345	2.55	1.59
EP 3-28	R191-R192	2.32	2.32	PVC	100	0.76	173.2	305.46	305.46	1.19	405	500	535	2.73	0.570	1.037	0.537	269	2.83	1.77
	R192-R193	2.32	2.32	PVC	100	0.76	173.2	305.46	305.46	0.62	458	500	387	1.97	0.790	1.109	0.671	335	2.18	1.28
	R193-R194	2.32	2.32	PVC	100	0.76	173.2	305.46	305.46	0.48	480	630	630	2.02	0.485	0.991	0.491	309	2.00	1.31
	R194-R195	2.32	2.32	PVC	100	0.76	173.2	305.46	305.46	0.50	477	630	643	2.06	0.475	0.985	0.485	306	2.03	1.34
	R195-R182	2.32	2.32	PVC	100	0.76	173.2	305.46	305.46	0.49	478	630	636	2.04	0.480	0.988	0.488	307	2.02	1.33
EP 3-29	R196-R197	2.32	2.32	PVC	100	0.76	173.2	305.46	305.46	0.98	420	500	486	2.47	0.629	1.057	0.570	285	2.62	1.61
	R197-R198	2.32	2.32	PVC	100	0.76	173.2	305.46	305.46	0.77	440	500	431	2.19	0.709	1.079	0.619	309	2.37	1.43
	R198-R199	2.32	2.32	PVC	100	0.76	173.2	305.46	305.46	0.94	423	500	476	2.42	0.642	1.061	0.578	289	2.57	1.58
	R199-R200	2.32	2.32	PVC	100	0.76	173.2	305.46	305.46	0.33	515	500	282	1.44	1.083	1.087	0.942	471	1.56	0.93
	R200-R195	2.32	2.32	PVC	100	0.76	173.2	305.46	305.46	0.58	464	500	374	1.90	0.817	1.119	0.688	344	2.13	1.24
EP 3-30	R201-R202	2.32	2.32	PVC	100	0.76	173.2	305.46	305.46	1.07	413	500	508	2.59	0.602	1.049	0.554	277	2.71	1.68
	R202-R203	2.32	2.32	PVC	100	0.76	173.2	305.46	305.46	0.67	451	500	402	2.05	0.760	1.097	0.652	326	2.24	1.33
	R203-R204	2.32	2.32	PVC	100	0.76	173.2	305.46	305.46	1.05	415	500	503	2.56	0.607	1.051	0.558	279	2.69	1.67
	R204-R205	2.32	2.32	PVC	100	0.76	173.2	305.46	305.46	0.76	441	500	428	2.18	0.714	1.080	0.622	311	2.35	1.42
	R205-R206	2.32	2.32	PVC	100	0.76	173.2	305.46	305.46	1.09	412	500	512	2.61	0.596	1.047	0.551	276	2.73	1.70
	R206-R207	2.32	2.32	PVC	100	0.76	173.2	305.46	305.46	1.06	414	500	505	2.57	0.604	1.050	0.556	278	2.70	1.67
	R207-R181	2.32	2.32	PVC	100	0.76	173.2	305.46	305.46	0.55	468	630	674	2.16	0.453	0.970	0.473	298	2.10	1.41

EP 3-31	R208-R209	2.32	2.32	PVC	100	0.76	173.2	305.46	305.46	2.93	342	400	463	3.69	0.659	1.065	0.588	235	3.93	2.40
	R209-R210	2.32	2.32	PVC	100	0.76	173.2	305.46	305.46	2.34	357	400	414	3.30	0.738	1.088	0.637	255	3.59	2.14
	R210-R211	2.32	2.32	PVC	100	0.76	173.2	305.46	305.46	1.82	374	500	662	3.37	0.461	0.976	0.477	239	3.29	2.19
	R211-R204	2.32	2.32	PVC	100	0.76	173.2	305.46	305.46	3.60	329	400	514	4.09	0.595	1.047	0.551	220	4.28	2.66
EP 3-32	R212-R213	2.32	2.32	PVC	100	0.76	173.2	305.46	305.46	0.54	470	630	668	2.14	0.457	0.973	0.475	299	2.09	1.39
	R213-R214	2.32	2.32	PVC	100	0.76	173.2	305.46	305.46	0.66	452	500	399	2.03	0.766	1.099	0.655	328	2.23	1.32
	R214-R207	2.32	2.32	PVC	100	0.76	173.2	305.46	305.46	0.88	429	500	460	2.35	0.663	1.066	0.591	295	2.50	1.52
EP 3-33	R215-R216	2.32	2.32	PVC	100	0.76	173.2	305.46	305.46	0.90	427	500	466	2.37	0.656	1.064	0.586	293	2.52	1.54
	R216-R217	2.32	2.32	PVC	100	0.76	173.2	305.46	305.46	0.98	420	500	486	2.47	0.629	1.057	0.570	285	2.62	1.61
	R217-R218	2.32	2.32	PVC	100	0.76	173.2	305.46	305.46	0.99	419	500	488	2.49	0.625	1.056	0.568	284	2.63	1.62
	R218-R219	2.32	2.32	PVC	100	0.76	173.2	305.46	305.46	0.58	464	500	374	1.90	0.817	1.119	0.688	344	2.13	1.24
	R219-R220	2.32	2.32	PVC	100	0.76	173.2	305.46	305.46	0.93	424	500	473	2.41	0.645	1.062	0.580	290	2.56	1.57
	R220-R183	2.32	2.32	PVC	100	0.76	173.2	305.46	305.46	0.94	423	500	476	2.42	0.642	1.061	0.578	289	2.57	1.58
EP 3-34	R221-R222	2.32	2.32	PVC	100	0.76	173.2	305.46	305.46	0.92	425	500	471	2.40	0.649	1.062	0.582	291	2.55	1.56
	R222-R223	2.32	2.32	PVC	100	0.76	173.2	305.46	305.46	0.98	420	500	486	2.47	0.629	1.057	0.570	285	2.62	1.61
	R223-R224	2.32	2.32	PVC	100	0.76	173.2	305.46	305.46	1.20	404	500	538	2.74	0.568	1.036	0.536	268	2.84	1.78
	R224-R184	2.32	2.32	PVC	100	0.76	173.2	305.46	305.46	1.09	412	500	512	2.61	0.596	1.047	0.551	276	2.73	1.70
EP 3-35	R225-R226	5.15	5.15	PVC	100	0.80	173.2	713.75	713.75	0.95	581	630	886	2.84	0.805	1.115	0.680	429	3.17	1.85
	R226-R227	5.15	5.15	PVC	100	0.80	173.2	713.75	713.75	0.78	603	630	803	2.58	0.889	1.138	0.731	460	2.93	1.67
	R227-R80	5.15	5.15	PVC	100	0.80	173.2	713.75	713.75	1.24	553	630	1012	3.25	0.705	1.078	0.616	388	3.50	2.11
EP 3-36	R228-R229	5.15	5.15	PVC	100	0.80	173.2	713.75	713.75	0.84	594	630	833	2.67	0.857	1.132	0.712	448	3.03	1.74
	R228-R230	5.15	5.15	PVC	100	0.80	173.2	713.75	713.75	0.84	594	630	833	2.67	0.857	1.132	0.712	448	3.03	1.74
	R228-R231	5.15	5.15	PVC	100	0.80	173.2	713.75	713.75	0.84	594	630	833	2.67	0.857	1.132	0.712	448	3.03	1.74
	R231-R82	5.15	5.15	PVC	100	0.80	173.2	713.75	713.75	0.84	594	630	833	2.67	0.857	1.132	0.712	448	3.03	1.74
EP 3-37	R232-R233	5.15	5.15	PVC	100	0.80	173.2	713.75	713.75	0.35	701	800	1017	2.02	0.702	1.077	0.614	491	2.18	1.32
	R233-R83	5.15	5.15	PVC	100	0.80	173.2	713.75	713.75	0.42	677	800	1114	2.22	0.641	1.060	0.577	462	2.35	1.44
EP 3-38	R234-R235	5.15	5.15	PVC	100	0.80	173.2	713.75	713.75	0.60	633	800	1332	2.65	0.536	1.021	0.518	415	2.70	1.72
	R235-R236	5.15	5.15	PVC	100	0.80	173.2	713.75	713.75	0.60	633	800	1332	2.65	0.536	1.021	0.518	415	2.70	1.72
	R236-R83	5.15	5.15	PVC	100	0.80	173.2	713.75	713.75	0.60	633	800	1332	2.65	0.536	1.021	0.518	415	2.70	1.72
EP 3-39	R237-R238	5.15	5.15	PVC	100	0.80	173.2	713.75	713.75	0.62	629	630	716	2.30	0.997	1.143	0.806	508	2.62	1.49
	R238-R278	5.15	5.15	PVC	100	0.80	173.2	713.75	713.75	1.51	533	630	1117	3.58	0.639	1.060	0.576	363	3.80	2.33
	R278-R235	5.15	5.15	PVC	100	0.80	173.2	713.75	713.75	1.48	535	630	1106	3.55	0.645	1.062	0.580	365	3.77	2.31
EP 3-40	R239-R240	5.15	5.15	PVC	100	0.80	173.2	713.75	713.75	1.28	549	630	1029	3.30	0.694	1.074	0.609	384	3.54	2.14
	R240-R241	5.15	5.15	PVC	100	0.80	173.2	713.75	713.75	0.92	584	630	872	2.80	0.819	1.120	0.689	434	3.13	1.82
	R241-R236	5.15	5.15	PVC	100	0.80	173.2	713.75	713.75	0.92	584	630	872	2.80	0.819	1.120	0.689	434	3.13	1.82
EP 3-41	R242-R243	5.15	5.15	PVC	100	0.80	173.2	713.75	713.75	0.90	587	630	862	2.77	0.828	1.123	0.694	437	3.11	1.80
	R243-R244	5.15	5.15	PVC	100	0.80	173.2	713.75	713.75	0.94	582	630	881	2.83	0.810	1.116	0.683	430	3.16	1.84
	R244-R231	5.15	5.15	PVC	100	0.80	173.2	713.75	713.75	0.93	583	630	877	2.81	0.814	1.118	0.686	432	3.14	1.83
EP 3-42	R245-R246	5.15	5.15	PVC	100	0.80	173.2	713.75	713.75	1.30	548	630	1037	3.33	0.689	1.073	0.606	382	3.57	2.16
	R246-R230	5.15	5.15	PVC	100	0.80	173.2	713.75	713.75	1.40	540	630	1076	3.45	0.664	1.066	0.591	372	3.68	2.24
EP 3-43	R273-R274	5.15	5.15	PVC	100	0.80	173.2	713.75	713.75	2.00	505	630	1286	4.12	0.555	1.030	0.529	333	4.25	2.68
	R274-R275	5.15	5.15	PVC	100	0.80	173.2	713.75	713.75	1.98	506	630	1279	4.10	0.558	1.032	0.530	334	4.23	2.67

CP 4-1	R275-R276	5.15	5.15	PVC	100	0.80	173.2	713.75	713.75	1.96	507	630	1273	4.08	0.561	1.033	0.532	335	4.22	2.65
	R276-R277	5.15	5.15	PVC	100	0.80	173.2	713.75	713.75	1.27	550	630	1025	3.29	0.697	1.075	0.611	385	3.53	2.14
	R277-R78	5.15	5.15	PVC	100	0.80	173.2	713.75	713.75	0.84	594	630	833	2.67	0.857	1.132	0.712	448	3.03	1.74
	R247-R248	1.60	1.60	PVC	100	0.85	173.2	235.61	235.61	0.89	388	500	463	2.36	0.509	1.006	0.504	252	2.37	1.53
	R248-R249	1.60	1.60	PVC	100	0.85	173.2	235.61	235.61	0.89	388	500	463	2.36	0.509	1.006	0.504	252	2.37	1.53
	R249-R250	1.60	1.60	PVC	100	0.85	173.2	235.61	235.61	0.89	388	500	463	2.36	0.509	1.006	0.504	252	2.37	1.53
	R250-R251	1.60	1.60	PVC	100	0.85	173.2	235.61	235.61	0.89	388	500	463	2.36	0.509	1.006	0.504	252	2.37	1.53
	R251-R252	1.60	1.60	PVC	100	0.85	173.2	235.61	235.61	0.89	388	500	463	2.36	0.509	1.006	0.504	252	2.37	1.53
	R252-R253	1.60	1.60	PVC	100	0.85	173.2	235.61	235.61	0.89	388	500	463	2.36	0.509	1.006	0.504	252	2.37	1.53
	R253-R254	1.60	1.60	PVC	100	0.85	173.2	235.61	235.61	0.89	388	500	463	2.36	0.509	1.006	0.504	252	2.37	1.53
	R254-R255	1.60	1.60	PVC	100	0.85	173.2	235.61	235.61	0.89	388	500	463	2.36	0.509	1.006	0.504	252	2.37	1.53
	R255-R256	1.60	1.60	PVC	100	0.85	173.2	235.61	235.61	0.89	388	500	463	2.36	0.509	1.006	0.504	252	2.37	1.53
	R256-R257	1.60	1.60	PVC	100	0.85	173.2	235.61	235.61	0.89	388	500	463	2.36	0.509	1.006	0.504	252	2.37	1.53
	R257-R258	1.60	1.60	PVC	100	0.85	173.2	235.61	235.61	0.89	388	500	463	2.36	0.509	1.006	0.504	252	2.37	1.53
	R258-R259	1.60	1.60	PVC	100	0.85	173.2	235.61	235.61	0.89	388	500	463	2.36	0.509	1.006	0.504	252	2.37	1.53
	R259-R260	1.60	1.60	PVC	100	0.85	173.2	235.61	235.61	0.89	388	500	463	2.36	0.509	1.006	0.504	252	2.37	1.53
EP 4-1	R260-R261	1.60	1.60	PVC	100	0.85	173.2	235.61	235.61	0.89	388	500	463	2.36	0.509	1.006	0.504	252	2.37	1.53
	R261-R262	1.60	1.60	PVC	100	0.85	173.2	235.61	235.61	0.89	388	500	463	2.36	0.509	1.006	0.504	252	2.37	1.53
CP 5-1	R263-R261	1.60	1.60	PVC	100	0.85	173.2	235.61	235.61	0.89	388	500	463	2.36	0.509	1.006	0.504	252	2.37	1.53
	R264-R265	0.92	0.92	PVC	100	0.71	173.2	113.16	113.16	1.05	286	315	147	1.88	0.771	1.101	0.659	207	2.07	1.22
	R265-R266	0.92	0.92	PVC	100	0.71	173.2	113.16	113.16	1.05	286	315	147	1.88	0.771	1.101	0.659	207	2.07	1.22
	R266-R267	0.92	0.92	PVC	100	0.71	173.2	113.16	113.16	1.05	286	315	147	1.88	0.771	1.101	0.659	207	2.07	1.22
	R267-R268	0.92	0.92	PVC	100	0.71	173.2	113.16	113.16	1.05	286	315	147	1.88	0.771	1.101	0.659	207	2.07	1.22
	R268-R269	0.92	0.92	PVC	100	0.71	173.2	113.16	113.16	1.05	286	315	147	1.88	0.771	1.101	0.659	207	2.07	1.22
	R269-R270	0.92	0.92	PVC	100	0.71	173.2	113.16	113.16	1.05	286	315	147	1.88	0.771	1.101	0.659	207	2.07	1.22
	R270-R271	0.92	0.92	PVC	100	0.71	173.2	113.16	113.16	1.05	286	315	147	1.88	0.771	1.101	0.659	207	2.07	1.22
	R271-R272	0.92	0.92	PVC	100	0.71	173.2	113.16	113.16	1.05	286	315	147	1.88	0.771	1.101	0.659	207	2.07	1.22
EP 2-11	R272-R273	0.92	0.92	PVC	100	0.71	173.2	113.16	113.16	1.05	286	315	147	1.88	0.771	1.101	0.659	207	2.07	1.22
	R279-R280	1.52	1.52	PVC	100	0.85	173.2	223.83	223.83	1.50	345	400	332	2.64	0.675	1.069	0.598	239	2.82	1.72
	R280-R281	1.52	1.52	PVC	100	0.85	173.2	223.83	223.83	1.80	334	400	363	2.89	0.616	1.054	0.563	225	3.05	1.88
	R281-R282	1.52	1.52	PVC	100	0.85	173.2	223.83	223.83	0.24	487	630	445	1.43	0.503	1.002	0.500	315	1.43	0.93
	R282-R283	1.52	1.52	PVC	100	0.85	173.2	223.83	223.83	0.24	487	630	445	1.43	0.503	1.002	0.500	315	1.43	0.93
	R283-R284	1.52	1.52	PVC	100	0.85	173.2	223.83	223.83	0.24	487	630	445	1.43	0.503	1.002	0.500	315	1.43	0.93
	R284-R285	1.52	1.52	PVC	100	0.85	173.2	223.83	223.83	0.24	487	630	445	1.43	0.503	1.002	0.500	315	1.43	0.93
	R285-R286	1.52	1.52	PVC	100	0.85	173.2	223.83	223.83	0.19	509	630	396	1.27	0.565	1.035	0.534	336	1.32	0.83
	R286-R287	1.52	1.52	PVC	100	0.85	173.2	223.83	223.83	0.19	509	630	396	1.27	0.565	1.035	0.534	336	1.32	0.83
	R287-R288	1.52	1.52	PVC	100	0.85	173.2	223.83	223.83	0.19	509	630	396	1.27	0.565	1.035	0.534	336	1.32	0.83
	R288-R289	1.52	1.52	PVC	100	0.85	173.2	223.83	223.83	0.19	509	630	396	1.27	0.565	1.035	0.534	336	1.32	0.83
	R89-R290	1.52	1.52	PVC	100	0.85	173.2	223.83	223.83	0.19	509	630	396	1.27	0.565	1.035	0.534	336	1.32	0.83
	R290-R50	1.52	1.52	PVC	100	0.85	173.2	223.83	223.83	0.19	509	630	396	1.27	0.565	1.035	0.534	336	1.32	0.83