



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: CONCEPTION DES SYSTEMES D'ASSAINISSEMENT

THEME :

**Etude du réseau d'assainissement des localités FEDDAN EL
KEBIR et TORECH de BOURDJ ARIMA
(W.TLEMCEM).**

Présenté par :

BOUHAFS Rihab

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
MOKRANE Wahiba	M.C.B	Président
SALHI Schahrazed	M.C.B	Examineur
KADI Latifa	M.A.A	Examineur
KAHLERRAS Djilali	M.C.A	Promoteur

Session juillet 2024

Dédicace

Je souhaite exprimer ma gratitude envers mes chers parents. Mon père a toujours été le soutien indispensable qui me maintient debout, ma mère a toujours eu confiance en moi, mes chers sœurs SOUMIA, HIDAYAT, AYA et ISRAA.

Ma très cher copine KETITA IMENE.

Et je tiens à exprimer ma profonde gratitude pour tout ce que vous m'avez apporté.

À tous mes amis et camarades de l'École Nationale Supérieure de l'Hydraulique, qui ont suivi ma formation académique pendant cette période.

Remerciement

Je souhaite exprimer ma gratitude envers Dieu le tout-puissant pour m'avoir accordé la volonté et le courage nécessaires pour mener à bien cette tâche. Je suis également reconnaissant pour cela.

Et je remercie mon promoteur Monsieur DJILLALI KAHLERASSE pour sa contribution à l'élaboration de ce mémoire.

L'ensemble des enseignants de mon école qui m'ont suivi durant mon cycle d'étude.

Je tiens à remercier aussi :

- ❖ Les membres de jury pour avoir accepté d'évaluer mon travail
 - ❖ Le corps enseignant et les étudiants de l'ENSH.
- ❖ Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de mon mémoire.

ملخص

تهدف هذه المذكرة بشكل رئيسي إلى تصميم شبكة الصرف الصحي لمنطقتي الطورث وفدان الكبير من برج عريمة ولاية تلمسان في إطار انشاء مدينة مثالية لبيئة نظيفة، اخترنا نظاما مشتركا لتصريف مياه الامطار ومياه الصرف الصحي نحو محطة المعالجة.

بعد جمع كل البيانات المطلوبة للمشروع قمنا بتقدير كمية المياه التي تم تفريغها وحساب الابعاد ورسم مخطط شبكة الانابي كما أجرينا أيضا تقييماً إقتصادياً للمشروع و قمنا بتقدير التكلفة الإجمالية.

الكلمات المفتاحية : شبكة الصرف الصحي - محطات الرفع - نظام مشترك لتصريف مياه الامطار و مياه الصرف الصحي - المحطة المعالجة .

Résumé

L'objectif principal de ce mémoire est de dimensionner un réseau d'assainissement des deux localités feddan el kebir et torech de bourdj arima a la wilaya de tlemcen.

Dans le cadre de la création d'une ville idéale pour un environnement propre, nous avons choisi un système unitaire pour drainer les eaux pluviales et les eaux usées vers la station d'épuration. Après avoir collecté toutes les données nécessaires à la réalisation du projet, nous avons estimé la quantité d'eau à évacuer, calculé les dimensions et mis en place le plan du réseau de canalisations et l'implantation d'un déversoir d'orage. En outre, nous avons réalisé une évaluation économique du projet en estimant le coût total.

Mots-clés : -Réseau d'assainissement - Stations de relevage - système unitaire pour drainer les eaux pluviales et les eaux usées- station d'épuration

Abstract

The main objective of this dissertation is to design a sanitation network for the two localities feddan el kbir and torech de bourdj arima in the wilaya of tlemcen.

As part of creating an ideal city for a clean environment, we chose a unitary system to drain rainwater and wastewater to the sewage treatment plant.

After collecting all the data necessary to carry out the project, we estimated the quantity of water to be evacuated, calculated the dimensions and put in place the plan of the pipe network and the installation of a storm overflow. In addition, we carried out an economic evaluation of the project by estimating the total cost.

Key words: Sidi Ben Adda commune - Sewerage network - Lifting stations - Unitary system for draining rainwater and wastewater - Wastewater treatment plant.

Table des matières

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Introduction	3
I.1 Situation géographique :	3
I.2 Situation hydrographique :	4
I.3 Situation topographique :	5
I.4 Situation géologique :	5
I.5 Contrainte du site :	5
I.6 Situation climatique :	5
I.7 Situation démographique :	10
I.8 Situation hydraulique :	10
I.9 Végétation :	12
Conclusion	12

Chapitre II : Étude hydrologique

Introduction	14
II.1 Les averses :	14
II.2 Choix de la période de retour :	14
II.3 l'intensité moyenne de précipitation :	14
II.4 Déterminations de l'intensité moyenne de précipitation :	15
Conclusion	25

CHAPITRE III : Calculs des éléments de base

Introduction :	27
III 1 Situation démographique :	27
III.2 définition d'un système d'évacuation :	28
III.3 Choix du système d'assainissement :	32
III.4 Choix du système d'évacuation :	32
III.5 Définition d'un schéma d'évacuation :	32
III.6 Le choix du schéma d'évacuation :	35
III.7 Découpage de l'aire d'étude en sous bassins :	36
III.8 Coefficient de ruissellement :	37
III.9 calcul de la population pour chaque surface élémentaire :	41
III.10 calcul du coefficient de ruissellement pondéré total :	41
III.11 calcul de la densité partielle	42

III.12 calcul de nombre d'habitants de chaque surface élémentaire :	42
Conclusion	43

Chapitre IV : estimation des débits

Introduction	45
IV.1 Origine et nature des eaux a évacuer :	45
IV.2 Évaluation des débits d'eaux pluviales :	50
IV.3 Calcul des débits totaux :	55
Conclusion	55

CHAPITRE V : Dimensionnement du réseau d'assainissement

Introduction	57
V.1 Condition du dimensionnement :	57
V.2 Hypothèse de calcul :	57
V.3 Mode de calcul :	58
Conclusion	60

CHAPITRE VI : Éléments constitutifs du réseau et ouvrages annexes

Introduction	Error! Bookmark not defined.
IV.1 Les principaux ouvrages	62
VI.2 Ouvrages annexes :	66
Conclusion	75

Chapitre VII : Organisation de chantier

Introduction	78
VII.1 Emplacement des canalisations :	78
VII.2 Exécution des travaux :	78
VII.3 Choix des engins :	83
VII.4 Devis quantitatif et estimatif :	84
Conclusion :	87

Liste des figures

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Figure (I- 1) : situation de la commune de BENIOUARSOUS	4
Figure (I- 2) : situation topographique de la commune de BENIOUARSOUS	5
Figure (I- 3) : Répartition Mensuelle des précipitations de la station de Hennaya (1990-2011).	7
Figure (I- 4) : la répartition mensuelle des précipitations de la station de HENNA YA (1990-2011).....	8
Figure (I- 5) : Répartition mensuelle de l'évapotranspiration potentielle de la région de Tlemcen (1)	Error! Bookmark not defined.

Chapitre II : Étude hydrologique

Figure (II- 1) : représentation graphique de l'ajustement a la loi de GEV	19
Figure (II- 2) : représentation graphique de l'ajustement à la loi de Galton	21
Figure (II- 3) : représentation graphique de l'ajustement a la loi de Gumbel	22
Figure (II- 4) : la comparaison graphique entre les lois	23

CHAPITRE III : Calculs des éléments de base

Figure (III- 1) : Représentation schématique d'un système unitaire.....	29
Figure (III- 2) : présentation schématique d'un système séparatif.....	30
Figure (III- 3) : présentation schématique d'un réseau pseudo-séparatif	31
Figure (III- 4) : schéma par déplacement latéral	34
Figure (III- 5): schéma perpendiculaire	34
Figure (III- 6): schéma radial.....	35
Figure (III- 7) : schéma du collecteur par zone étagées	35

CHAPITRE VI : Éléments constitutifs du réseau et ouvrages annexes

Figure (VI- 1) : type de déversoir trous dans le mur.....	69
Figure (VI- 2) : type de déversoir a ouverture du radier	70
Figure (VI- 3) : Type de déversoir a seuil latéral	70
Figure (VI- 4) : Type de déversoir a seuil double	71

Figure (VI- 5) : type de déversoir by pasError! Bookmark not defined.

Chapitre VII : Organisation de chantier

Figure (VII- 1) : Coupe transversale d'une tranchée80

Figure (VII- 2) : Pose de la canalisation81

Figure (VII- 3) : assemblage des tuyaux en béton82

CHAPITRE III : Calculs des éléments de base

Tableau (III- 1) : les données relatives à la population27

Tableau (III- 2) : découpage de la zone de torche en sous bassin36

Tableau (III- 3) : découpage de la zone de Feddan Elkbir en sous bassin.....37

Tableau (III- 4) : valeurs du coefficient de ruissellement en fonction du type d'occupation du sol.....38

Tableau (III- 5) : valeurs du coefficient de ruissellement en fonction de la catégorie d'urbanisation39

Tableau (III- 6) : les valeurs du coefficient de ruissellement en fonction de la densité de la population39

Tableau (III- 7) : les valeurs du coefficient de ruissellement en fonction de la nature de la surface40

Tableau (III- 8) : le coefficient de ruissellement de chaque sous bassin de la zone de torche40

Tableau (III- 9) : le coefficient de ruissellement de chaque sous bassin de la zone de Feddan Elkbir.....41

Tableau (III- 10) : calcul du nombre d'habitants de chaque sous bassin de la zone de torche.....43

Tableau (III- 11) : calcul du nombre d'habitants de chaque sous bassin de la zone de Feddan Elkbir.....43

Liste des tableaux

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Tableau (I- 1) : identification de la station pluviométrique	6
Tableau (I- 2) : température moyennes mensuelles station de HENNAYA	7
Tableau (I- 3) : Précipitations Moyennes année1990- 2011 Station MELLILYA.....	8
Tableau (I- 4) : Répartition de l'humidité moyenne en % de la station de Tlemcen.....	9
Tableau (I- 5) : les valeurs moyennes mensuelles des vitesses du vent	9
Tableau (I- 6) : Répartition mensuelle de l'évapotranspiration potentielle	10

Chapitre II : Étude hydrologique

Tableau (II- 1) : identification de la station pluviométrique.....	15
Tableau (II- 2) : la série des pluies journalières maximales.....	16
Tableau (II- 3) : les paramètres statistiques de la série	17
Tableau (II- 4) : résultat de l'ajustement à la loi de GEV	18
Tableau (II- 5) : résultat de l'ajustement à la loi de Galton.....	20
Tableau (II- 6) : résultat de l'ajustement à la loi de Galton.....	22
Tableau (II- 7) : le résultat du test d'adéquation	24

Chapitre IV : estimation des débits

Tableau (IV- 1) : débits d'eau usée de la zone de torche	48
Tableau (IV- 2) : débits d'eau usée de la zone de Feddan Elkbir	48
Tableau (IV- 3) : débits des eaux usées de l'équipement public de la zone de torche	49
Tableau (IV- 4) : débits des eaux usées de l'équipement public de la zone de Feddan Elkbir	Error! Bookmark not defined.
Tableau (IV- 5) : Les débits totaux de la zone de torche	50
Tableau (IV- 6) : Évaluation des débits pluviaux pour chaque sous bassin de la zone de torche	54
Tableau (IV- 7) : Évaluation des débits pluviaux pour chaque sous bassin de la zone de Feddan Elkbir	54
Tableau (IV- 8) : Évaluation des débits totaux de la zone de torche	55
Tableau (IV- 9) : Évaluation des débits totaux.....	55

CHAPITRE V : Dimensionnement du réseau d'assainissement

Tableau (V- 1) : Coefficient de Manning-Strickler (ks) en fonction de la nature de parois59

CHAPITRE VI : Éléments constitutifs du réseau et ouvrages annexes

Tableau (VII- 1) : Coefficient de foisonnement86

Introduction Générale

L'assainissement des eaux est l'une des principales préoccupations de la commune de Béni Oursous pour garantir la protection des milieux et retrouver le bon état des masses d'eau.

Qu'il s'agisse des eaux usées, dont la collecte doit être encore améliorée, ou des eaux pluviales, dont les quantités ne cessent d'augmenter et qui véhiculent de plus en plus de pollution, la nécessité de concevoir des dispositifs adaptés et des systèmes efficaces est un enjeu majeur pour les responsables techniques et pour les élus.

Pour répondre en partie à ce besoin, la commune de Béni Oursous a inscrit cette étude de la **Réalisation du Réseau d'Assainissement aux Quartiers Feddan el Kébir et Toureche à Bordj Arima**, qui permet de soumettre le réseau d'assainissement à des exigences plus contraignantes que celles associées aux dispositions réglementaires.

L'objectif principal est de proposer à la commune les solutions techniques les mieux adaptées à la collecte des eaux usées d'origine domestique et les eaux pluviales.

Les solutions faisant appel à des techniques relevant de l'assainissement collectif devront impérativement être en harmonie avec les préoccupations et les objectifs du maître d'ouvrage qui sont :

- ✓ Garantir à la population la résolution des problèmes liés à l'évacuation des eaux usées en général.
- ✓ Protéger et améliorer la santé humaine en brisant le cycle de transmission des maladies hydriques.
- ✓ Protéger la qualité des eaux de surface.
- ✓ Aide à la décision et à la planification.

Cette étude implique une évaluation approfondie de plusieurs paramètres, tels que les débits d'eaux usées et pluviales prévus, les caractéristique topographique et géologique de la région ainsi que les normes environnementales et sanitaires en vigueur. L'objectif principal de cette étude est de définir avec précision les infrastructures nécessaires pour collecter, transporter traiter et éliminer les eaux usées de manière sécurisée et respectueuse de l'environnement. À travers des approches novatrices, des modélisations hydrauliques et des solutions personnalisées, cette étude vise à garantir la pérennité du système d'assainissement tout en minimisant les impacts sur les écosystèmes locaux.

CHAPITRE I :



PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Introduction :

Avant de commencer tout projet d'assainissement, une étude du site est nécessaire pour appréhender toutes les caractéristiques du site et les facteurs qui influencent la conception du projet. On peut citer parmi ces éléments : les données sur l'agglomération, les données sur le réseau d'assainissement, la connaissance de la topographie et de la géologie du site qui nous permettront de prendre les mesures nécessaires lors de la réalisation des travaux. Il est primordial d'assurer le bon fonctionnement et la collecte de tous les débits de pluie et de temps sec lors de la planification d'un réseau d'assainissement. **Source : GOMELLA, C, GUERREE, H., 1986 « Guide d'assainissement**

I.1 Situation géographique :

Beni Ouarsous est une commune de la wilaya de Tlemcen au Nord de l'Algérie. D'après le plan d'aménagement de la wilaya (PAW) de Tlemcen, la commune de Beni Ouarsous fait partie de l'unité d'aménagement des monts des Traras, elle est concernée donc par l'option des zones montagneuse.

Le territoire de la commune de Beni Ouarsous est situé au Nord de la wilaya de Tlemcen et s'étend sur une superficie de 171 km², ce qui en fait l'une des plus vastes de la wilaya.

Le centre de Bordj Arima, chef-lieu de la commune, est situé à 12 km au Nord-Ouest de Remchi et à environ 30 km à vol d'oiseau au Nord-Ouest de Tlemcen.

La commune de Béni Ouarsous est limitée :

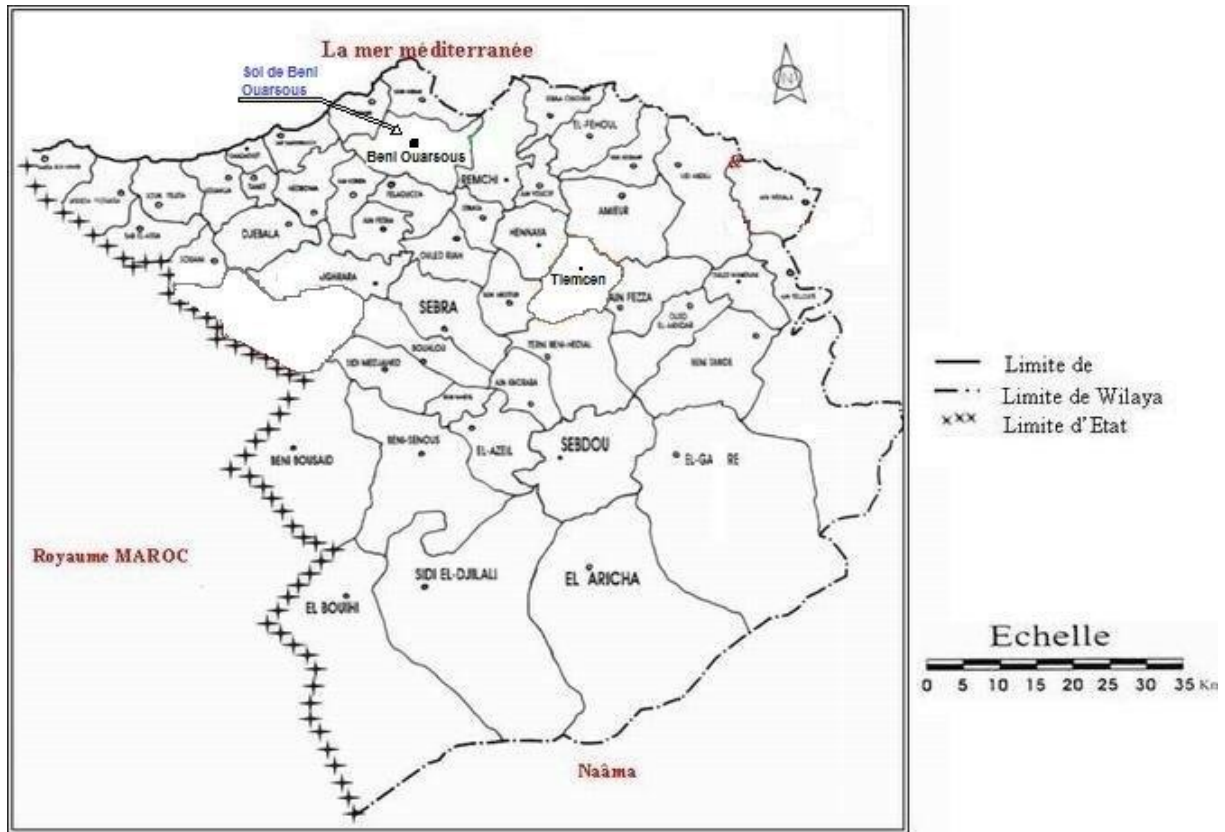
- Au Nord par la commune de Béni Khellad
- A l'Est et au Nord Est par la Commune de Remchi
- Au Nord-Ouest par la Commune de Honaine (commune côtière)
- A l'Ouest par la Commune de Nedroma
- Au Sud par la commune de Fellaoucène
- Au Sud Est par la commune de Zénata
- Au Sud-ouest par la commune d'Ain Kébira

Les coordonnées géographiques de la commune de Béni Ouarsous sont :

- Latitude : 35° 05' 00" Nord

- Longitude : 1° 33' 26" Ouest

Figure (I- 1) : situation de la commune de BENIOUARSOUS.



Source : www.googlemap.com

I.2 Situation hydrographique :

Beni Ouarsous est située dans une région montagneuse du massif oriental des monts des Trara, à une altitude moyenne variant de 200 m à 900 m. Le principal cours d'eau traversant la commune est l'oued Boukio (20 km) et irrigue un bassin de 90 km² ainsi que l'oued Khiar (appelé aussi oued Dahmane).

La commune est traversée par deux principaux cours d'eau, Oued Dahmane et Oued Boukiou. Ils sont alimentés par de nombreux Oueds (Oued Khiar, Oued Chiha, Oued Azaba, etc...).

I.3 Situation topographique :

La commune de Béni Ouarsous fait partie de la chaîne montagneuse des Traras, qui forme par son altitude et sa topographie un réseau hydrographique appréciable.

Deux unités morphologiques bien distinctes caractérisent le milieu physique de la commune de Béni Ouarsous.

- ✓ La partie occidentale constituant une zone de montagne, accidentée et boisée.
- ✓ La partie orientale constituant la zone des vallées, collines et replats.

Dans l'ensemble le relief de la commune de Béni Ouarsous est très accidenté

I.4 Situation géologique :

Concernant le sol, au niveau des vallées il est composé d'alluvions formées par des dépôts de sédiments très fertiles, tandis qu'au niveau des collines, plateaux et piémonts il est de composition argilo marneuse.

I.5 Contrainte du site :

De par sa situation, son développement sur un plateau montagneux, l'agglomération est confrontée à la présence de fortes pentes notamment vers le Nord-Ouest, engendrant ainsi le phénomène de ravinement.

Cette contrainte du milieu physique est conjuguée à celles des terres agricoles qui entourent l'agglomération (vergers, arboriculture).

I.6 Situation climatique :

Le Climat de la Commune de Béni Ouarsous est conditionné par sa situation géographique, son relief ainsi que son couvert végétal. Selon le climatogramme d'Emberger, le périmètre d'étude appartient à l'étage bioclimatique semi-aride caractérisé par :

La saison hivernale froide, humide et commence généralement du mois d'Octobre jusqu'au mois de Mai,

La saison d'Été s'étend de Mai à Octobre, elle est sèche et chaude.

La commune de Béni Ouarsous se caractérise par un climat modéré sur la partie occidentale particulièrement sur les dépressions et vallées où s'installe un microclimat.

Par contre, la partie orientale, elle est caractérisée par un climat contrasté dont l'écart thermique est très marqué (présence de gelée, vent violent).

Le climat est de type méditerranéen, caractérisé par la sécheresse estivale prolongée et l'irrégularité des pluies. Les précipitations sont caractérisées par leur faible fréquence et leur intensité, les cumuls annuels moyens étant compris entre 300 et 500 mm (un peu plus dans certaines montagnes).

La collecte des données climatiques repose essentiellement sur des données, fournies par l'office national de la météorologie sur la station de MELILYA HENNAYA qui est la plus proche et donc la plus représentative. Dont ses coordonnées sont :

Tableau (I- 1) : identification de la station pluviométrique (1974-2015)

Nom de la station	Code	Latitude	Longitude	Période d'observation
MLILIA HENNAYA	160516	34° 55' 15.d'' N	1° 23' 21.9'' W	1974-2015

Source: ANRH (TLEMCEN)

I.6.1 La température :

La station de MLILYA HNNAYA enregistre une température moyenne annuelle de 16,5°C. Le mois le plus chaud est le mois d'août, avec une température moyenne de 25,0°C, et le mois le plus froid est le mois de janvier, avec une température moyenne de 9,4°C. Le tableau ci-dessous représente les températures mensuelles moyennes enregistré à la station.

Tableau (I- 2) : température moyennes mensuelles station de HENNAYA(1974-2015)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Jt	Aout	Année
Température	22.56	18.51	14.62	11.73	11.2	12.96	14.11	17.45	21.03	25	25.99	29.87	17.09

Source : ANRH (TLEMCCEN).

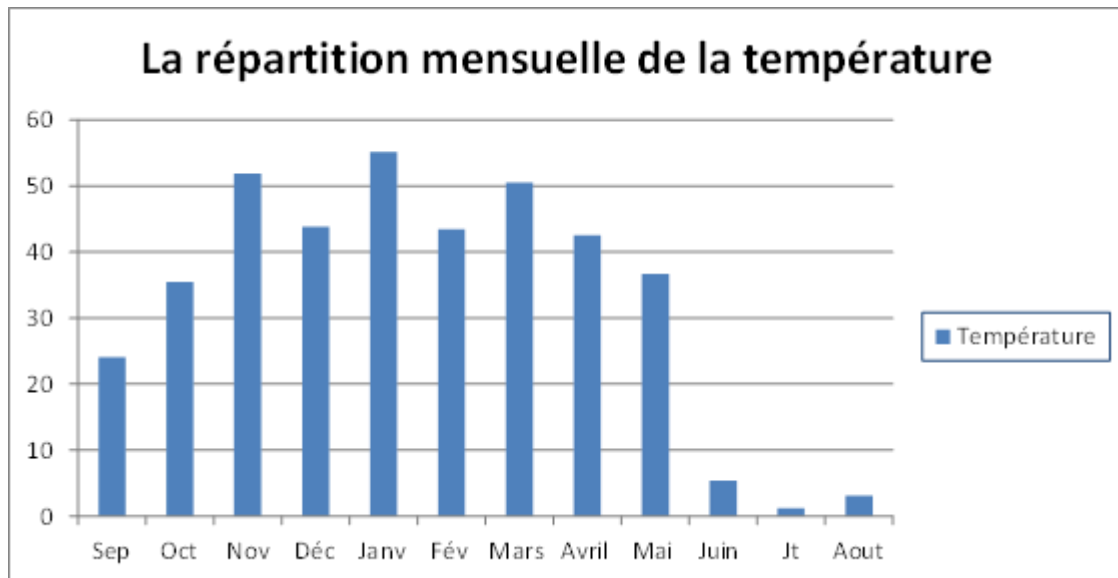


Figure (I- 2) : Répartition Mensuelle de la températures de la station de Hennaya (1974-2015).

I.6.2 Pluviométrie :

La région a été touchée par des troubles complexes du les régimes méditerranéens. Les précipitations sont irrégulières, avec les précipitations mensuelles relatives les plus élevées en hiver, les précipitations absolues en février et mars et les plus faibles en juillet, avec des précipitations presque nulles, ce qui est le cas dans toute la partie occidentale du pays. La répartition mensuelle des précipitations montre qu'il existe un net contraste de précipitations entre les deux saisons des pluies (octobre à janvier) et (février à mai). La station de suivi retenue en 2011 est la station MELLILYA HENNAYA, qui apparaît représentative de la zone d'étude de par sa localisation.

Tableau (I- 3) : Précipitations Moyennes année1990- 2011 Station MELLILYA(1974-2015).

Mois	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D	A N.
Hennaya 1990-2011													
P(mm)	55.2	43.5	50.5	42.5	36.7	5.4	1.2	3.1	24.1	35.5	51.9	43.8	393
Nombre de jours de pluie (jour)	12	7	9	8	3	2	2	2	5	6	8	8	72

Source : ANRH (TLEMCCEN)

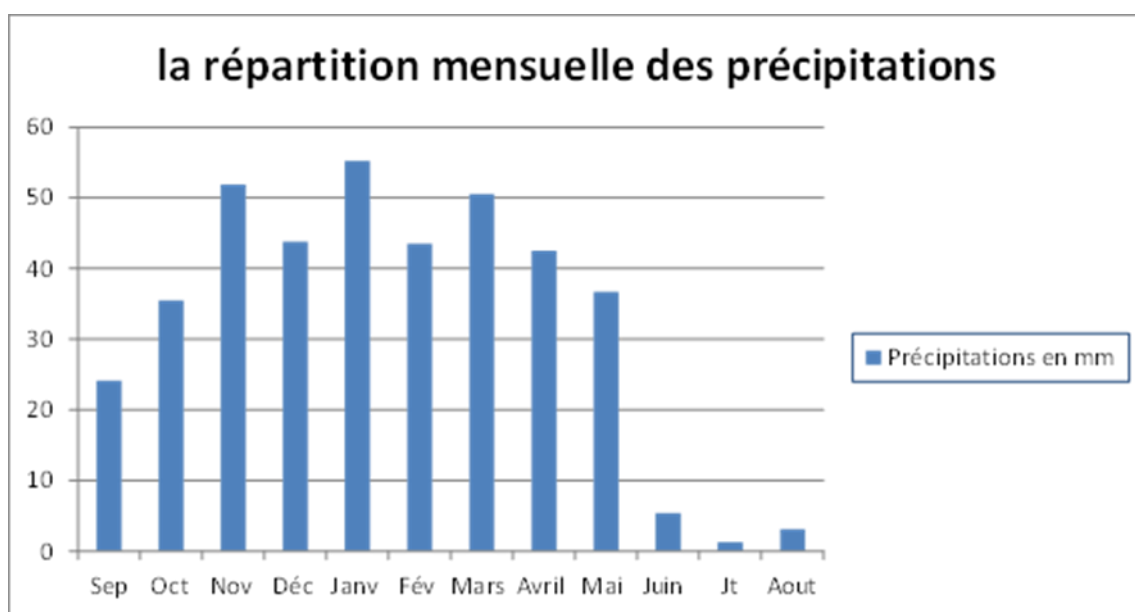


Figure (I- 3) : la répartition mensuelle des précipitations de la station de HENNAYA (1974-2015).

I.6.3 Humidité :

Il faut rappeler que l'humidité se mesure en réalité à partir de la température de l'air sec et de la température fournie par un hydro thermomètre (psychromètre), et obtenir sa valeur n'est pas facile à analyser. L'humidité relative annuelle moyenne est estimée à environ 69 % dans le bassin et à environ 67 % dans les zones côtières.

Tableau (I- 4) : Répartition de l'humidité moyenne en % de la station de Tlemcen(1974-2015).

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	A N.
Station de Tlemcen	71	72	75	68	66	60	60	56	63	69	77	73	67
Moyenne trimestrielle à Tlemcen(%)	72			64			64			73			/
Saisons	Hiver			Printemps			Été			Automne			/

Source : ANRH (TLEMCCEN)

I.6.4 Le vent :

Le vent est l'un des facteurs les plus caractéristiques du climat et la possibilité de réaliser tout projet de développement, notamment dans la construction d'œuvres d'art, rend très intéressant la compréhension de la vitesse maximale dans la zone. Le potentiel d'évapotranspiration est également lié au mouvement de l'air, qui affecte les changements dans les moyennes mensuelles et annuelles du bilan hydrique.

Tableau (I- 5) : les valeurs moyennes mensuelles des vitesses du vent(1974-2015).

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	AN
Vmoy (m/s)	2,16	2,28	2,32	2,7	2,42	2,56	2,51	2,48	2,28	2,01	2,4	2,37	2,37

Source : ANRH (TLEMCCEN)

I.6.5 Évaporation :

La distribution mensuelle illustre particulièrement le type de variation irrégulière, dont les écarts par rapport à la moyenne sont clairement assez importants au cours de la journée. Il s'agit d'un effet caractéristique du climat continental qui affecte directement le comportement des facteurs d'évaporation.

Tableau (I- 6) : Répartition mensuelle de l'évapotranspiration potentielle (1974-2015).

Mois	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Jt	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Année
ETP en mm	49.63	56.83	82.39	110.4	141.4	168.5	198.2	195.5	136.7	93.83	59.85	50.76	1344
ETP en%	12	7	9	8	3	2	2	2	5	6	8	8	72

Source : ANRH (TLEMCEN)

Les mesures effectuées à la station de Tlemcen, montrent une extrême dissipation d'eau par les conditions climatiques sévères en périodes des étiages. Le pouvoir évaporant, très accentué en été, exigé pour la grande saison sèche de l'année, près de 70% du total annuel. La tranche d'eau maximale brute évaporée annuellement sur une surface libre est estimée à près de 1344 mm.

I.7 Situation démographique :

Dans toutes les recherches sur l'assainissement et la planification, et pour évaluer les perspectives à court, moyen et même long terme, on établit un taux d'augmentation pour la zone d'étude.

En 2023, elle compte 18586 habitants (avec un taux d'accroissement démographique moyen de 1%) et son chef-lieu est Bordj Arima qui constitue le seul centre urbain de la commune.

Source :(DRE.TLEMCEN)

I.8 Situation hydraulique :

I.8.1 Ressource en eau souterrains :

L'espace communal de Beni Oursous offre d'important aquifère d'eau souterraine, emmagasinée dans les formations calcaires et gréseuses des massifs montagneux des Traras.

Les plus importantes sources sont Ain Oued El Hammam, Ain Ouled Haroun, Ain Zenaina, Ain Tizaghane, Ain Sekhoun, etc....).

Les nappes alluviales alimentées par les écoulements des Oueds (Boukiou, Dahmane) permettaient de capter l'eau par puits de faible profondeur à l'ensemble des usagers. Ain El Hammam ne débite que 1,5 l/s alors que certaines sources telles que Ain Tizaghene a totalement séché.

Face à cette détérioration de la ressource naturelle, des projets de mobilisation ont été engagés tels que le premier forage de la commune réalisé près de l'ancienne mine de fer (El Mâadane) dont le débit d'essai de 10l/s a été nettement réduit à 2l/s, le second forage, au niveau de la source Ain Zenaina qui a confirmé l'importance des aquifères de la commune dont il faudrait exploiter rationnellement.

I.8.2 Ressource en eau superficielle :

Sur le plan des ressources superficielles, trois (03) retenues colinéaires ont été réalisées mais rapidement envasées en raison de l'absence d'entretien et de gestion de ces ouvrages.

Les exploitations agricoles se lance dans la recherche des écoulements souterrains faisant du lit d'Oued un véritable gruyère.

I.8.3 Alimentation en eau potable :

L'ensemble des centres de la commune est desservi en eau. L'alimentation se fait par réseau de distribution de type mixte. Les canalisations sont de nature différente (Acier, PEHD, et autres). La fréquence de distribution est actuellement de 1/2j.

I.8.4 Ouvrage de stockage :

La quasi-totalité des centres disposent d'ouvrages de stockage de capacité différente :

- Le chef-lieu de commune Bordj Arima : réservoirs semi enterré de 1000m³ et 300m³.
- L'agglomération secondaire Sidi Bendiaf : réservoir semi enterré de 300m³ et château d'eau 150m³,
- Le Centre de Boukiou : deux réservoirs semi enterrés de 300m³ et 150m³,
- Le Centre de Dahmane : un réservoir semi enterré de 150m³,
- Le Centre de Tizaghéne : un réservoir semi enterré de 150m³,
- Le Centre de Zaghou : un réservoir semi enterré de 150m³ et 75m³,
- Le Centre d'Ouled Hadj Messaoud : un réservoir semi enterré de 300m³,

I.8.5 Assainissement :

Tous les centre de la commune sont assainis ou l'évacuation des eaux usées domestique et eaux pluviales se fait par des réseaux de type unitaire.

I.9 Végétation :

Les forêts occupent une surface importante de la superficie de la commune, soit environ 25 % de la surface globale de la commune. Les principales essences sont le chêne vert, le chêne-liège, les thuyas, le pin d'Alep, l'arbousier, figue de barbarie, amandiers, oliviers, la garrigue, le palmier nain, l'alfa ou halfa (stipe tenace) qui ont servi pendant longtemps l'industrie artisanale.

Certaines espèces ont été introduites lors du reboisement des forêts de la région comme l'eucalyptus et les acacias.

Conclusion :

Dans cette partie nous avons défini les données nécessaires concernant notre région du point de vue topographie, démographie ainsi que la situation climatique et hydraulique. Ces données sont importantes pour entamer le dimensionnement de notre réseau.

CHAPITRE II :



Etude hydrologique

Introduction :

L'étude hydrologique est une phase importante dans la réalisation du réseau d'assainissement. a pour but de déterminer l'intensité moyenne maximale d'après l'étude des pluies extrêmes et des averses et le choix de la période de retour dont on aura besoin dans les calculs des débits afin de protéger le réseau contre les risques des fortes crue. **Source :(TOUAIBIA, B,(2004))**

II.1 Les averses :

Une averse est un type de précipitations qui se distingue par un début et une fin soudaine. Il s'agit d'une pluie instable, soudaine, abondante, généralement de courte durée et souvent de plus grande intensité. Ces nuages d'averses proviennent de nuages convectifs, qui sont provoqués par la disparité de température entre la zone d'air soulevée et l'environnement plus froid en altitude. Ces nuages ont un cycle de vie rapide car le courant ascendant qui les crée est souvent interrompu par la descente des précipitations. En outre, ces nuages sont mobiles dans la circulation atmosphérique et passent peu de temps au-dessus d'un point au sol, ce qui explique

Les fluctuations d'intensité et la courte durée des précipitations.

Les averses sont analysées graphiquement par l'histogramme et la courbe des hauteurs de pluie cumulées. **Source (TOUAIBIA, B,(2004))**

II.2 Choix de la période de retour :

La période de retour est la durée moyenne au cours de laquelle, statistiquement un évènement d'une même intensité se reproduit.

Les valeurs reconnues sont 1, 2, 5, 10, 20, 50 et 100 ans. On admet généralement pour les projets d'assainissement une pluie décennale (une pluie qui peut se manifester une fois tous les 10 ans). Le d'égout, l'entretien et la protection de ce dernier contre les risques auxquels il exposé et ceux qu'il risque de provoquer en cas d'insuffisance. **Source :(TOUAIBIA, B,(2004))**

II.3 l'intensité moyenne de précipitation :

L'intensité moyenne d'une averse s'exprime par le rapport entre la hauteur de pluie totale observée durant une durée t d'une averse, elle est exprimée en mm/h et donnée par la formule

$I_m = h/t$ (formule de Montana).

I_m : l'intensité moyenne maximale en mm/h.

h : la hauteur de pluie tombée pendant la durée t .

Pour déterminer cette dernière il faut :

- Analyser les données pluviométriques et faire le choix du type de loi à laquelle il faut ajuster l'échantillon de données.
- Calculer les paramètres de la loi choisie et vérifier son adéquation.
- Calculer la valeur de l'intensité moyenne de précipitation.

II.4 Déterminations de l'intensité moyenne de précipitation :

II.4.1 la série des données pluviométriques :

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

Pour l'étude des précipitations il nous faut une série pluviométrique qui représente les pluies journalières maximales, on a pris les données d'une station pluviométrique de la région de la zone MELLILYA HENNAYA qui représente les pluies maximales annuelles sur une étendue.

Tableau (II- 1) : identification de la station pluviométrique (1974-2015).

Nom de la station	Code	Latitude	Longitude	Période d'observation
MLILIA HENNAYA	160516	34° 55'15.d'' N	1° 23'21.9'' W	1974-2015

Source : ANRH (TLEMCEN)

La série des pluies journalières maximales enregistrées pour la station est données dans le tableau suivant :

Tableau (II- 2) : la série des pluies journalières maximales (1974-2015).

Année	P _j _{max}	Année	P _j _{max}	Année	P _j _{max}
1974	66	1988	129	2002	43
1975	35,6	1989	38,5	2003	54,1
1976	27,8	1990	35,5	2004	43,7
1977	56	1991	59,5	2005	18
1978	47	1992	69	2006	40,2
1979	46	1993	67	2007	30,9
1980	96,6	1994	72,3	2008	31
1981	24	1995	45	2009	31,1
1982	21,1	1996	40,4	2010	69,6
1983	43,5	1997	48,7	2011	26,7
1984	34	1998	43,2	2012	82
1985	38,4	1999	28,5	2013	64
1986	35,8	2000	26,7	2014	41
1987	19,9	2001	82	2015	50,5

Source : ANRH (TLEMCEN).

II.4.2 Ajustement de la série :

L'ajustement d'une série de précipitations permet de définir clairement une loi d'ajustement statistique. La série permet d'établir une loi statistique d'ajustement et d'évaluer les précipitations pour différentes périodes de retour. Ce changement sera effectué à l'aide du logiciel Hyfran.

II.4.3 Présentation du logiciel hyfran :

Le logiciel Hyfran a pour objectif de faire l'ajustement de plusieurs lois statistiques pour une série de données. Il facilite l'ajustement d'une distribution statistique à un échantillon aléatoire. L'INRS-EAU a collaboré avec le service hydraulique (division hydrologie) d'Hydro-Québec pour développer ce logiciel. Il est d'abord destiné à l'étude de la fréquence des événements extrêmes.

Les résultats des paramètres statistiques de la série analysée par Logiciel Hyfran :

Tableau (II- 3) : les paramètres statistiques de la série.

Nombre d'observations	42
Minimum	18.0
Maximum	129
Moyenne	47.7
Ecart-type	22.4
Médiane	43.1
Cv	0.470
Cs	1.49
Ck	5.35

Avec :

- C_v : coefficient de variation.
- C_s : coefficient d'asymétrie.
- C_k : coefficient d'aplatissement.

La taille de l'échantillon et ses caractéristiques ainsi que la loi de probabilité déterminent l'efficacité d'une méthode d'estimation. Plusieurs études comparatives, tant empiriques que théoriques, ont été menées pour évaluer l'efficacité d'une loi donnée dans différentes situations. Pour faire l'ajustement de la série pluviométrique l'utilisation de logiciel « Hyfran » est indispensable pour faciliter le travail avec trois lois :

- La loi de GEV.
- La loi de Galton (Log-normal).
- La loi de Gumbel.

II.4.3 Ajustement par la loi de GEV :

❖ La fonction de répartition est donnée par :

➤ $F(x) = e^{-e^{-y}}$

Sachant que y est la variable réduite elle est donnée par :

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

Avec :

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

L'expression de quantile est alors :

$$x = u + \frac{\alpha}{k} (1 - e^{-ky}) \quad (\text{II-2})$$

Résultat de l'ajustement :

Tableau (II- 4) : résultat de l'ajustement à la loi de GEV.

Période de retour	Probabilité (q)	$P_{\max,j}$ (mm)	écart type	Intervalle de confiance 95%
100	0.99	131	29.3	73.4 - 188
50	0.98	113	20.4	72.6 – 153
20	0.95	90.7	12	67.2 - 114
10	0.9	75.7	7.76	60.5 - 90.9
5	0.8	61.5	5.03	51.6 - 71.3

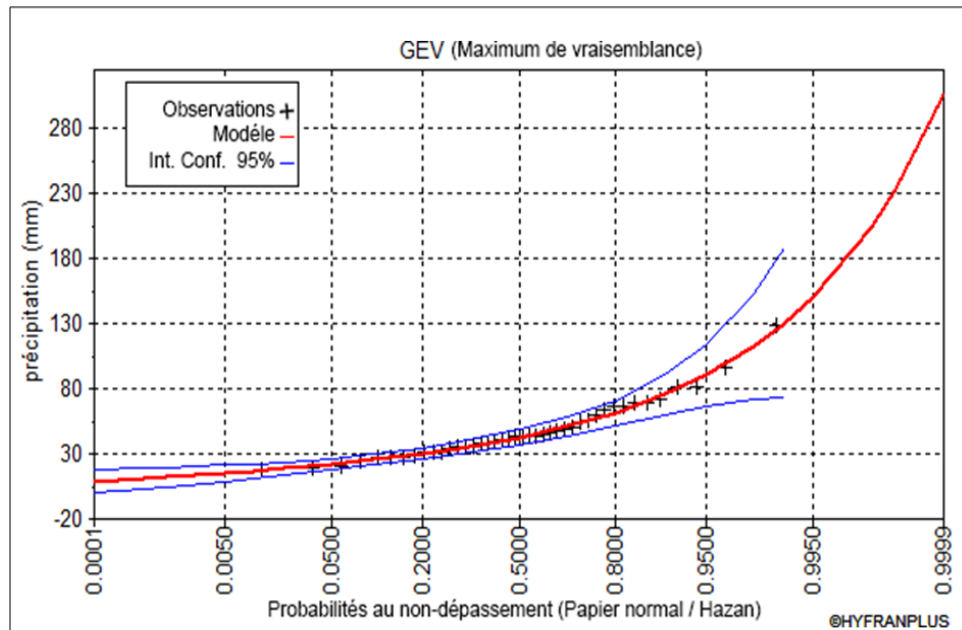


Figure (II- 1) : représentation graphique de l’ajustement a la loi de GEV

II.4.4 Ajustement a loi de Galton (log normal) :

❖ La fonction de répartition est donnée par :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{1}{2} u^2} du \tag{II- 3}$$

Du Sachant que u est la variable de gauss elle est donnée par la formule suivante :

$$u = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma_x} \tag{II- 4}$$

Les étapes a suivre avant de faire l’ajustement :

- Classement des valeurs par ordre croissant et calculer la fréquence expérimentale.
- Calcul des caractéristiques empiriques de la série.
- Calcul des caractéristiques de la série transformée en $\log x$ et $\sigma_{\log x}$.
- Report des valeurs sur papier gauss-logarithmique.

Détermination de la droite de GALTON : $\log_X(p\%) = \overline{\log x} + u_{p\%} \sigma_{\log x}$ (II- 5)

Détermination de la valeur extrême soit graphiquement sur le droit soit analytiquement par :

$$xp\% = 10^{\log X(p\%)} \tag{II- 6}$$

$u_{p\%}$: variable réduite de GAUSS pour une fréquence donnée 10%; $u_{p\%} = 1,28$

▪ **Ajustement de la série a la loi log normal par logiciel hyfran :**

Pour vérifier les résultats, l'utilisation du logiciel HYFRAN est indispensable pour calculer la précipitation maximale journalière pour une période de retour de 10 ans.

- Le lancement de logiciel et mettre la formule de Hazen comme formule de probabilité empirique.
- Insertion des données (P_{\max} journalière).
- Trier par l'ordre croissant les observations.
- Choisir l'ajustement par la loi de Log normale.
- Finalement on a les coefficients de la droite.

Tableau (II- 5) : résultat de l'ajustement à la loi de Galton.

Période de retour	Probabilité (q)	$P_{\max,j}$ (mm)	Intervalle de confiance 95%
100	0.99	119	88.9 – 150
50	0.98	106	81.2 – 131
20	0.95	88.8	70.7 – 107
10	0.9	75.8	62.2 - 89.3
5 ²	0.8	62.6	52.9 - 72.2

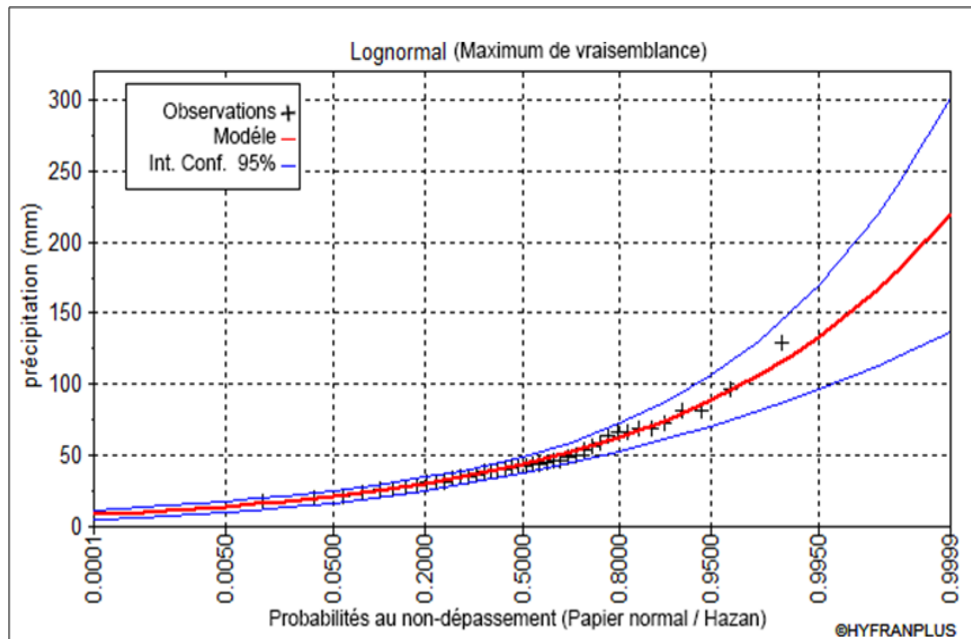


Figure (II- 2) : représentation graphique de l’ajustement à la loi de Galton.

II.4.5 Ajustement à la loi de Gumbel :

La fonction de répartition de la loi de Gumbel est :

$$\text{➤ } F(x) = e^{-e^{-y}}$$

Avec :

- $y = \alpha (x - x_0)$: Variable réduite de Gumbel.
- α, x_0 : Coefficients d’ajustement.
- x : précipitation maximale journalière (mm).
- $\frac{1}{\alpha}$: pente de la droite de régression.

Donc l’équation de la droite de Gumbel est donnée par :

$$\text{➤ } P_{max.j} = \frac{1}{\alpha} y + XU$$

La fréquence expérimentale en utilisant la formule de Hazen qui s’applique pour les lois normales et quasi normales :

$$\text{➤ } F(x) = \frac{m-0.5}{n} \times 100$$

- m : rang de précipitation.
- n : le nombre d'observation .

Tableau (II- 6) : résultat de l'ajustement à la loi de Gumbel.

Période de retour	Probabilité (q)	Pmax,j (mm)	Intervalle de confiance 95%
100	0.99	111	91.5 - 131
50	0.98	100	82.9 - 117
20	0.95	85.2	71.5 - 99.0
10	0.9	73.8	62.6 - 85.0
5	0.8	61.9	53.1 - 70.6

Paramètre : u : 38.1853 α : 17.111

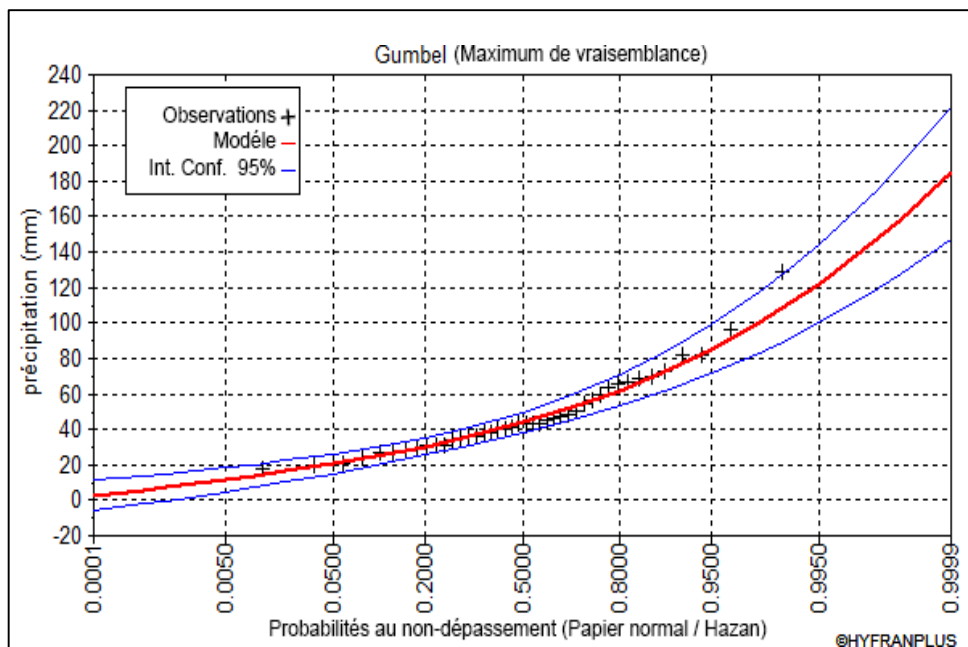


Figure (II- 3) : représentation graphique de l'ajustement a la loi de Gumbel.

II.5 Ajustement de la série :

Le choix d'une loi est lié à un ajustement graphique et un test de dispersion pour savoir si cette loi est fiable ou non.

❖ **Test graphique :**

Le test repose sur l'observation visuelle des graphes d'ajustement, il vise à évaluer l'alignement des points sur le papier de probabilité et à vérifier s'il y a un bon alignement sans aucun écart. **Source (TOUAIBIA, B,(2004))**

Donc pour comparer les trois méthodes, il est nécessaire de tracer les trois courbes d'ajustement sur le même graphe en utilisant Hyfran. Selon la comparaison des trois courbes, il est évident que notre série correspond parfaitement à la loi GEV, qui est assez répandue en Algérie pour les pluies quotidiennes maximales.

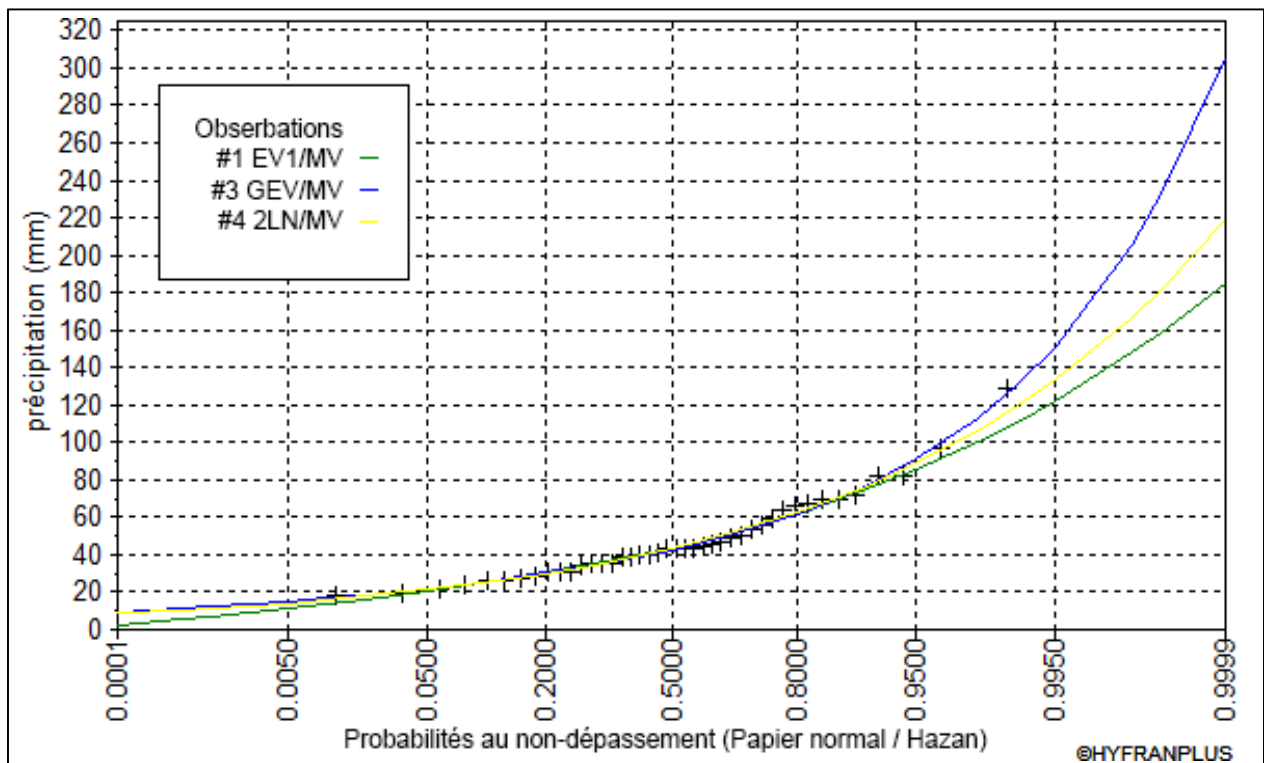


Figure (II- 4) : la comparaison graphique entre les lois.

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

L'application du test de khi deux ou Pearson sert à connaître la compatibilité d'une loi

statistique sur un échantillon donné de taille N et la comparaison entre les valeurs calculées et les valeurs théoriques pour savoir si ce dernier est fiable pour chaque ajustement, il faut calculer la valeur de χ^2 et déterminer la probabilité correspondante à partir de la table de la fonction Khi-deux.

Il est donné par un seuil de signification (risque) $\alpha = 5\%$ et dépend du nombre de degré de liberté de la loi.

Donc si $P(\chi^2) \geq 0,05$ alors l'hypothèse H_0 provient à la loi testée, sinon l'hypothèse H_0 ne provient pas à la loi testée. **Source (TOUAIBIA, B,(2004))**

Le tableau ci-dessous résume les résultats du test d'adéquation, qui a été déduit à partir du Logiciel HYFRAN.

Tableau (II- 7) : le résultat du test d'adéquation.

Loi de distribution	Degré de liberté	χ^2	Observations	Remarques
Galton	5	2.95	$P(\chi^2) = 0.7073 > 0,05$	Ajustement valide
Gumbel	5	5.24	$P(\chi^2) = 0.3875 > 0,05$	Ajustement valide
GEV	4	2.95	$P(\chi^2) = 0.5658 > 0,05$	Ajustement valide

❖ Selection de la loi :

Les valeurs expérimentales des valeurs observées sont toujours différentes des fréquences théoriques calculées à partir d'une fonction de distribution sélectionnée. Différentes techniques peuvent être utilisées pour évaluer la qualité de l'adaptation d'une fonction de distribution théorique à un échantillon spécifique, mais aucune ne pourra nous donner une meilleure adéquation. Ainsi, la stratégie implique l'utilisation simultanée de plusieurs méthodes (test d'adéquation statistique et test visuel). L'analyse de la performance d'ajustement démontre clairement que notre série respecte parfaitement la loi de GEV.

II.6 Calcul des intensités des pluies de courte durée :

Nous utilisons la formule de MONTANARI pour calculer l'intensité Moyenne de précipitation

$$I_{t,P\%} = I_{24h,P\%} \left(\frac{t}{24}\right)^{b-1} \quad (\text{II- 7})$$

- $I_{t,P\%}$: Intensité moyenne de précipitation pour une averse de fréquence (p%) pendant t min. I_{24} ,
- $P\%$: Intensité moyenne de précipitation pour une journée de fréquence (p%) donnée.
- t : durée de l'averse en heure (t = 15 min).
- b : exposant climatique de la région d'après les données de l'ANRH (b = 0,44) .

D'après la loi de lognormal :

$$\text{➤ } P_{\text{maxj}/10\%} = 75.7 \text{ mm}$$

Nous aurons alors:

$$\text{➤ } I = \frac{75.7}{24} \left(\frac{0.25}{24}\right)^{0.44-1}$$

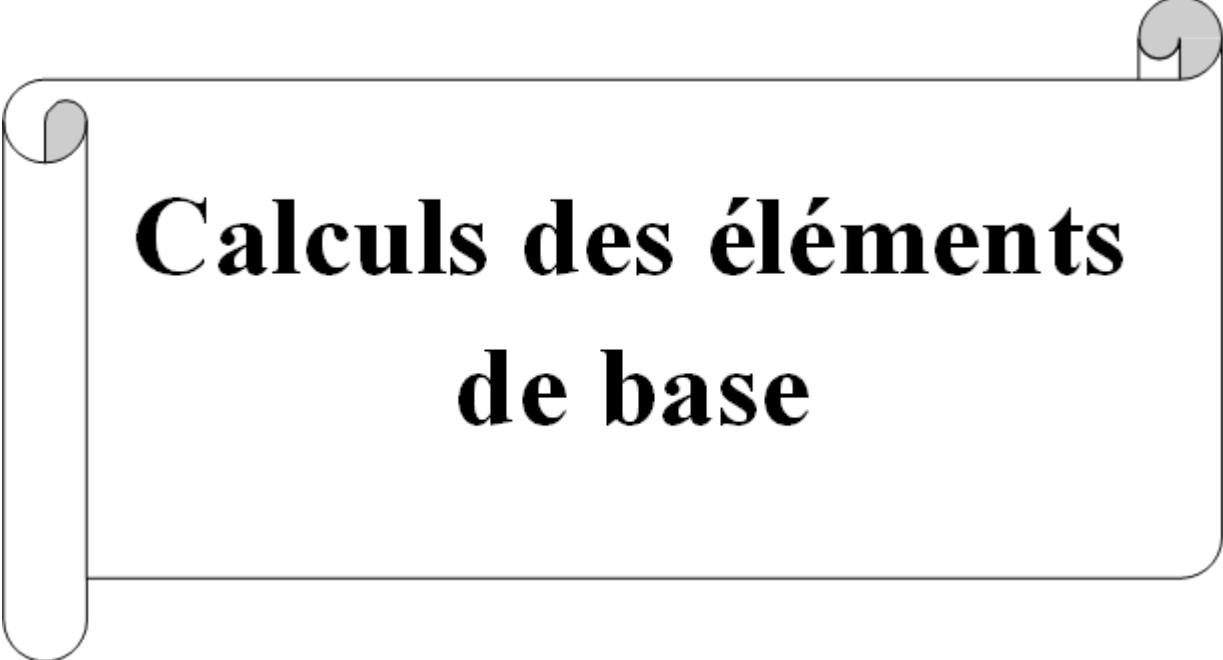
$$\text{➤ } I = 40.65 \text{ mm/h.}$$

$$\text{➤ } I = 113.02 \text{ l/s/ha.}$$

Conclusion :

Cette étude nous a permis de déterminer l'intensité moyenne de la précipitation par les lois d'ajustements de GEV LOGNORMALE et Gumbel (plus utilisées en Algérie) qui ont donné des valeurs différentes ou le test de Khi 2 montre bien que la loi de GEV s'ajuste mieux, donc pour le dimensionnement de notre réseau il convient de retenir la valeur donnée par la loi de GEV qui est égale à 113.02 l/s/ha.

CHAPITRE III :



Calculs des éléments de base

Introduction :

Un réseau d’assainissement projeté au niveau d’une zone à n’importe quelle vocation, a pour fonction de collecter les eaux usées et de les amener à la station d’épuration, via des collecteurs.

Source : GOMELLA, C, GUERREE, H., 1986 « Guide d’assainissement

Dans ce contexte, un dimensionnement d’un réseau d’assainissement est indispensable, d’où on trouve, le calcul de base du réseau, le schéma de réseau, le nombre de sous bassins (surfaces élémentaires) homogènes adoptés selon les surfaces étanches et perméables et le coefficient de ruissellement correspondant à chacune.

III 1 Situation démographique :

L’estimation du nombre d’habitants pour des horizons futurs se fait en utilisant la loi des accroissements géométrique donnée par la relation.

➤ $P_n = P_0 (1 + T)^n$

Avec :

- **P_n** : Population à l’horizon de calcul.
- **P₀** : Population de référence
- **T** : taux d’accroissance de la population considérée ; T=1.5% d’après le
- **n** : l’écart d’années entre les deux horizons (2024/ 2054) ; n = 30 ans.

Tableau (III- 1) : les données relatives à la population.

Zone d’étude	Population en 2024	Population en 2054
Toreche	883	1380
Feddane lkbir	1358	2118
La somme	2241	3498

III.2 définitions d'un système d'évacuation :

Un système d'assainissement fait référence à toutes les méthodes de collecte, de transport et de traitement des eaux usées avant de les rejeter dans l'environnement.

La bonne évacuation des eaux usées ménagères, des eaux de vannes et des eaux résiduelles industrielles est essentielle dans un réseau d'assainissement afin d'éviter les pollutions du milieu naturel. De plus, les déchets humains peuvent pénétrer dans les eaux souterraines et les eaux de surface, ce qui peut entraîner des maladies de transmission hydrique

Source (polycopié Pr. SALAH)

En raison de la nécessité d'un assainissement adéquat et d'une évacuation correcte des eaux pluviales, il est essentiel d'assurer un environnement de vie sain afin d'éviter la submersion des zones urbanisées et d'éviter toute stagnation après une averse.

Selon la configuration de l'agglomération et la taille des routes, la densité d'habitants et l'encombrement du sous-sol, ainsi que la fonction de l'agglomération, le projecteur doit opter pour l'un des systèmes suivants :

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

III.2.1 Système unitaire :

Le système unitaire reçoit l'ensemble des eaux usées et pluviales dans un seul collecteur, ce système nécessite des ouvrages d'égout et des stations d'épuration importantes, ce dernier est l'ennemi de la station d'épuration car il perturbe son fonctionnement c'est le système le plus utilisé en Algérie.

➤ Les avantages :

- Simple dans sa conception.
- Réduction de l'encombrement du sous-sol.
- Économique.

➤ Les inconvénient :

- Perturbation du fonctionnement de la station d'épuration.
- Variation du débit rejetée vers la step.
- La dilution des eaux usées est variable.

- Apport de sable important à la station d'épuration.
- Rejet direct vers le milieu récepteur du mélange au droit des déversoirs d'orage.

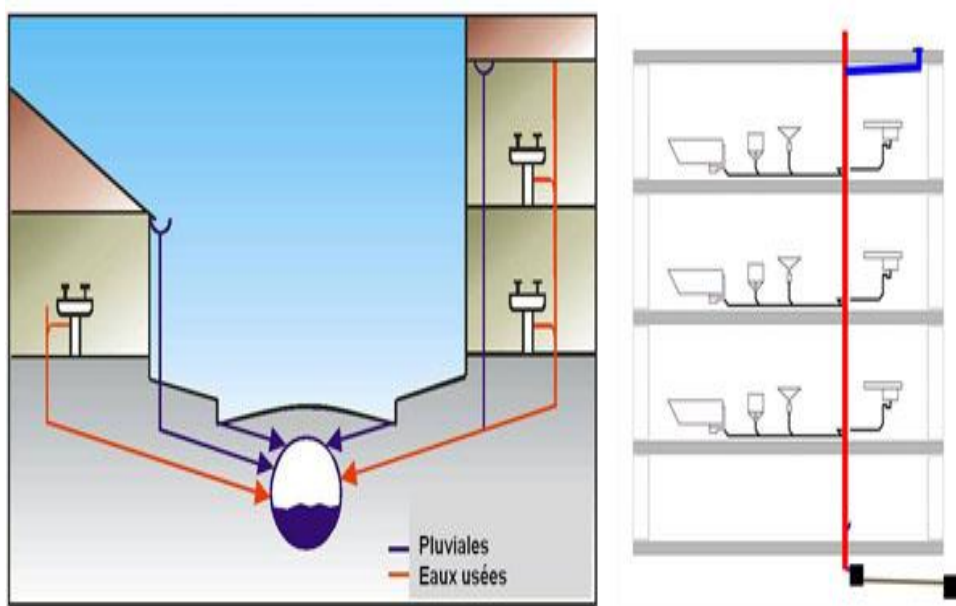


Figure (III- 1) : Représentation schématique d'un système unitaire.

III.2.2 Système séparatif :

Le réseau séparatif est composé de deux réseaux qui sont séparés :

- Le premier est destiné à collecter et rejeter les eaux de pluie directement dans le milieu naturel si la zone à drainée est propre, sinon on doit diminuer la charge polluante de cette eau avant le rejet.
- Le second collecte et conduit les eaux vannes et domestiques directement à une station d'épuration.

Généralement le tracé des collecteurs n'est pas le même, en fonction de l'implantation des différentes entités qu'il dessert un réseau d'eaux usées en suivant les routes existantes se fait le tracé du réseau, Ce réseau ne demande pas de grandes pentes vues que les sections ne sont pas trop importantes.

Le tracé du réseau d'eaux pluviales dépend des espaces producteurs et de l'implantation du ruissellement des eaux pluviales sont rejetées directement dans le cours d'eau le plus proche

naturel soit-il ou artificiel. **Source : GOMELLA, C, GUERREE, H., 1986 « Guide d'assainissement**

➤ **Les avantages :**

- La section des collecteurs est diminuée.
- Facilité dans l'exploitation de la STEP.
- Préservation du milieu naturel.

➤ **Les inconvénients :**

- Encombrement du sous-sol.
- Cout d'investissement important.
- Les erreurs dans le branchement.

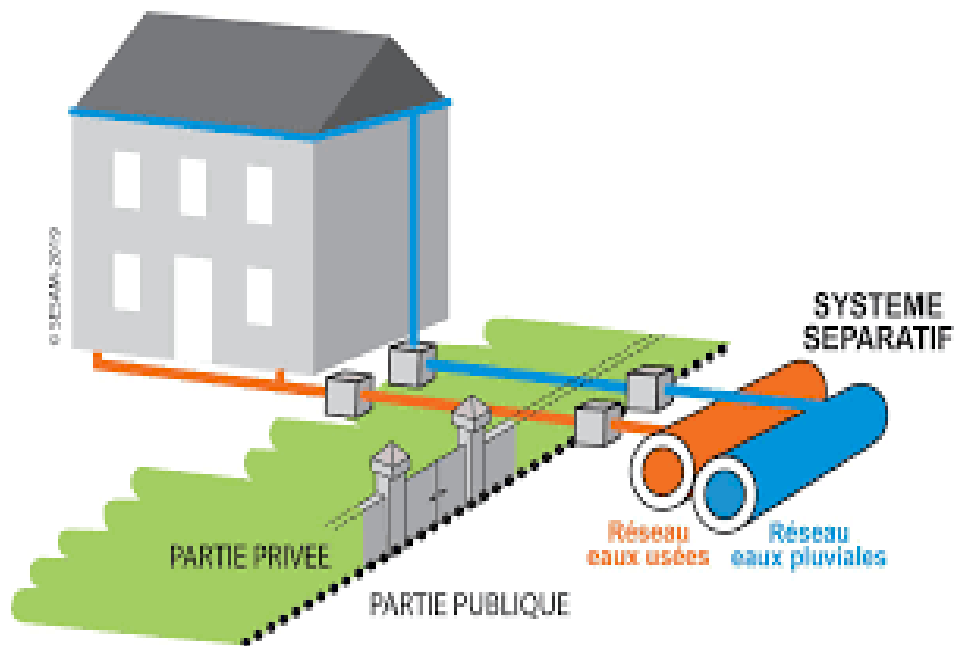


Figure (III- 2) : présentation schématique d'un système séparatif.

III.2.3 Système pseudo séparatif :

Le pseudo séparatif est un système qui permet de séparer les eaux pluviales en deux parties distinctes. Les eaux usées et une partie des eaux de ruissellement provenant directement des habitations sont recueillies dans le système pseudo-séparatif. L'intérêt de ce système réside dans le fait que les surfaces imperméabilisées collectives (voiries, parkings, etc...) sont considérables

et présentent de fortes pentes. En Algérie, ce système est rarement utilisé car il demande des infrastructures et des aménagements fluviaux. Il est employé dans les agglomérations de petite et moyenne taille et lorsqu'il y a un milieu récepteur proche.

➤ **Les avantages :**

- Pas de problème de faux branchement.
- Les collecteurs qui traversent la ville sont de moindre dimension car Le plus gros des eaux pluviales était acheminées en d'ailleurs de la ville.

➤ **les inconvénient:**

- Fonctionnement de la station d'épuration est perturbé.
- La charge polluante est variable en qualité et en quantité.
- Ca nécessite un Entretien régulier des bassins de stockage et du déversoir d'orage.

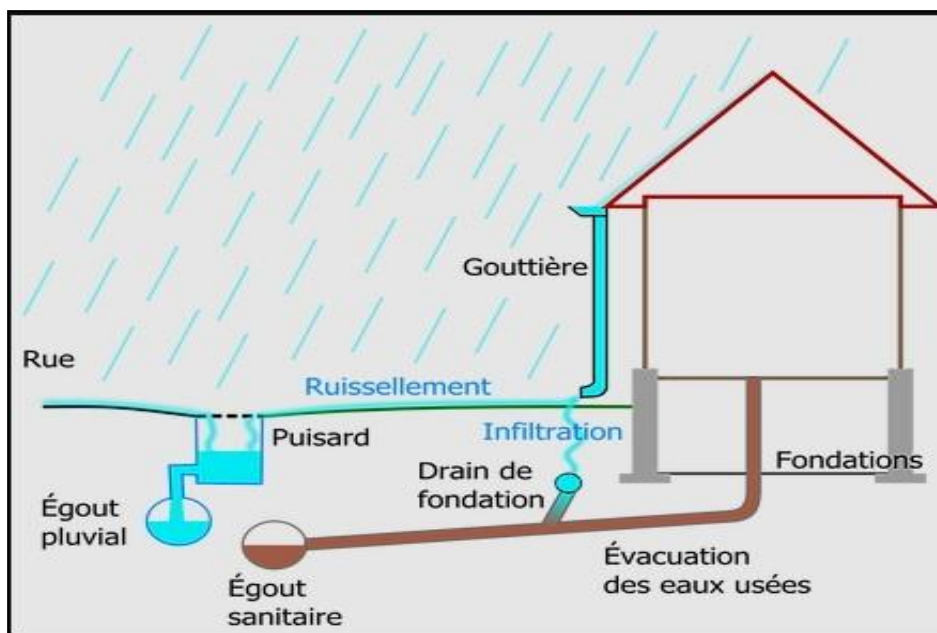


Figure (III- 3) : présentation schématique d'un réseau pseudo-séparatif

III.2.4 Système mixte :

Ce réseau est composé d'une partie en système unitaire et d'une autre en système séparatif en fonction de la zone.

Ce réseau est utilisé lorsque les dépenses d'extension d'une ville dotée d'un système unitaire ne peuvent pas être couvertes par l'ancien débit.

III.2.5 Système composite :

III.2.5 Système composite :

III.2.5 Système composite :

De base est un système séparatif, certaines eaux de ruissellement, particulièrement polluées sont évacuées vers le réseau eaux usées, en vue de leur épuration. **Source :BECHIR SELMI, MARC SATIN, REGIS BOURRIER**

III.3 Choix du système d'assainissement :

Pour notre projet, on a opté pour un système unitaire, pour les raisons suivantes :

- Il est moins encombrant par rapport aux autres systèmes.
- Pas de problème de faux branchement.
- Il est simple dans sa conception.

III.4 Choix du système d'évacuation :

Il faut prendre en considération quelques paramètres pour le choix du système d'assainissement qui sont :

- L'aspect technique (point de rejet, topographie du terrain, régime des précipitations).
- Le choix du système d'évacuation est influencé par la station d'épuration et le milieu naturel, donc il est nécessaire de prendre en compte les conditions de rejet.
- Si l'on envisage d'étendre le réseau, il est nécessaire de prendre en compte le système existant.
- Les aspects futurs de l'urbanisme.
- De la topographie de la région.
- Le type de terrain.
- La distribution de l'habitat.
- En relation avec des objectifs de qualité, lorsque le pouvoir d'autoépuration du milieu est restreint.

III.5 Définition d'un schéma d'évacuation :

En fonction du relief, de l'emplacement de l'exutoire et de la structure de l'agglomération, le schéma d'évacuation représente la disposition, la configuration ou le dessin du système d'évacuation. Il est essentiel de prendre en compte la disposition des quartiers et des routes, ainsi que la pente et le parcours des eaux vers la station d'épuration ou le milieu naturel. **Source (polycopié Pr. SALAH).**

➤ **On distingue trois schémas d'évacuation :**

- Schéma perpendiculaire
- Schéma par déplacement latéral
- Schéma transversal ou oblique
- Schéma par zones étagées
- Schéma radial

Après avoir établi le schéma du réseau et son tracé, il est essentiel de procéder à un diagnostic horizontal et vertical du sol, qui implique :

- Éviter de traverser les propriétés privées, les terrains boisés et les zones marécageuses.
- Déterminer les bancs rocheux et leur profondeur.
- Déterminer les caves souterraines (poches géologiques naturelles, fosses septique, etc.)
- Déterminer les endroits où les nappes remontent (écoulement hypodermique)
- Vérifier la texture du sol en fonction du tracé sélectionné.

Nous avons choisi de faire un déplacement latéral pour notre projet.

III.5.1 Schéma par déplacement latéral :

Si une épuration est requise, il est préférable de déplacer les eaux vers une seule station, que ce soit par un tracé oblique ou par un collecteur latéral. C'est le modèle le plus basique.

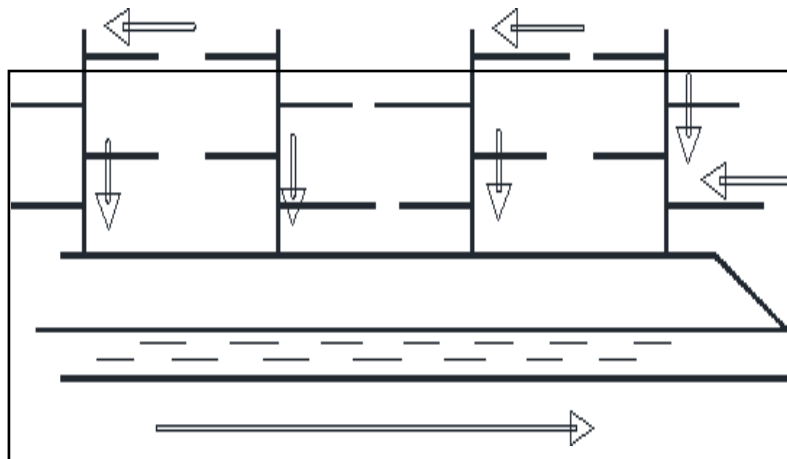


Figure (III- 4) : schéma par déplacement latéral.

III.5.2 Schéma perpendiculaire :

Il est possible d'appliquer ce schéma à un réseau d'eau pluviale dans le cadre d'un système séparatif. Elle a un tracé économique, ne nécessitant pas de grandes sections et l'écoulement dans ce schéma se fait directement dans le cours d'eau.

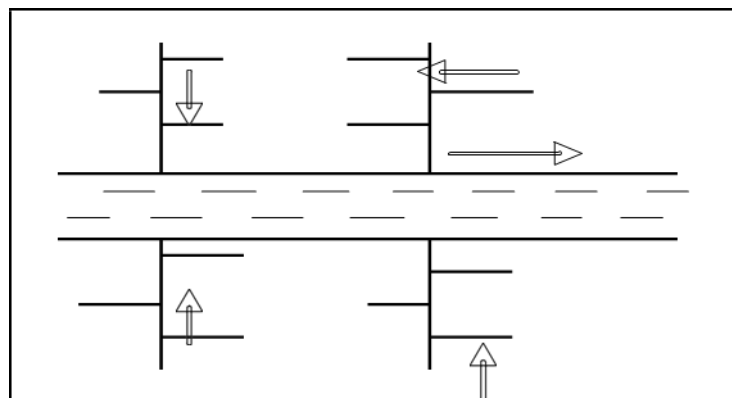


Figure (III- 5) : schéma perpendiculaire.

III.5.3 Schéma radial :

Il est possible d'utiliser ce schéma dans les terrains plats afin de collecter tous les effluents en un seul endroit, puis de les relever.

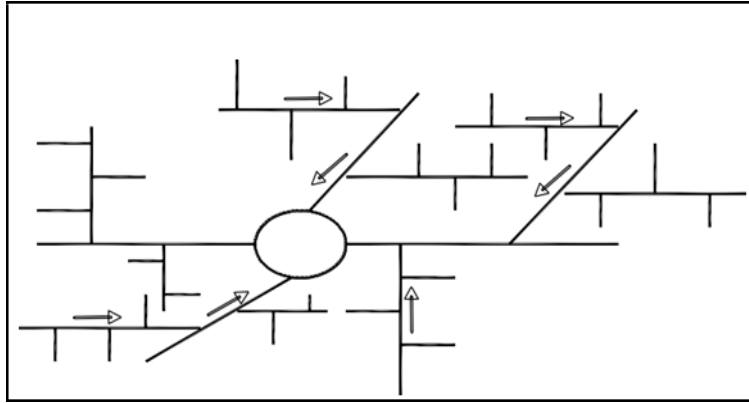


Figure (III- 6) : schéma radial

III.5.4 Schéma du collecteur par zone étagée :

Ce modèle est une variante du modèle à déplacement latéral, mais avec une augmentation des collecteurs longitudinaux. Il permet d'évacuer les apports provenant du haut de l'agglomération du collecteur bas.

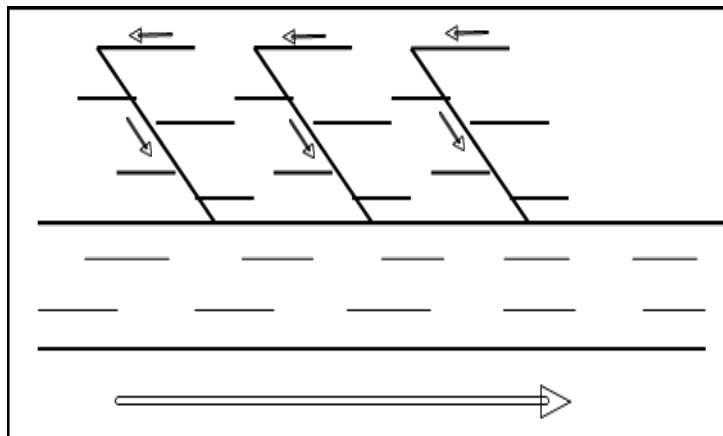


Figure (III- 7) : schéma du collecteur par zone étagées.

III.6 Le choix du schéma d'évacuation :

En étudiant le relief de l'agglomération, il est nécessaire de sélectionner le schéma d'évacuation et son tracé en prenant en compte :

- La répartition des logements dans la zone urbanisée.
- La topographie du terrain et des pentes.
- L'emplacement de la station d'épuration si elle existe.
- L'emplacement de l'exutoire.

- En ce qui concerne l'économie, en prenant en considération les coûts d'investissement, d'entretien, d'exploitation et de gestion de toutes les installations (réseau, pompage et épuration).
- La superficie offerte.

Source : GOMELLA, C, GUERREE, H., 1986 « Guide d' assainissement

Dans notre projet on a opté pour un schéma par déplacement latéral.

III.7 Découpage de l'aire d'étude en sous bassins :

En général, un bassin versant correspond à une zone géographique bien définie : il englobe toute la surface qui reçoit les eaux qui se déplacent naturellement vers un même cours d'eau. Les lignes de partage des eaux entre les différents bassins définissent un bassin versant.

Le découpage du bassin en sous bassins élémentaires, considéré comme limites :

- L'occupation et la nature des sols.
- La densité des habitants.
- l'existence des toitures étanches et non étanches.
- Les routes et les voiries existantes.
- la topographie (la pente).
- Les limites naturelles (oueds, talwegs...).

Donc l'aire d'étude est découpée en sous bassins Sur la base de ces conditions, le tableau suivant représente le découpage des sous bassins de la zone d'étude.

Source : GOMELLA, C, GUERREE, H., 1986 « Guide d' assainissement

❖ La zone de torche

Tableau (III- 2) : découpage de la zone de torche en sous bassin

Sous bassin	La surface (ha)
01	1.15
02	4.5
03	7.3

❖ La zone de Feddan Elkbir :

Tableau (III- 3) : découpage de la zone de Feddan Elkbir en sous bassin.

Sous bassin)	La surface (ha)
01	5.1
02	3.5
03	2.9

III.8 Coefficient de ruissellement :**III.8.1 Méthodes d'estimation du coefficient de ruissellement :**

C'est le rapport caractérisant le volume d'eau qui ruisselle de cette surface, au volume d'eau tombée sur cette surface.

Ce coefficient a un rôle dans l'évaluation de débit de pointe pluvial qui sert au dimensionnement du réseau.

Il dépend de :

- La nature du sol.
- La densité de la population.
- La pente.
- taux d'humidité d'une surface.
- la durée de chute de pluie.
- l'occupation du sol.
- la catégorie d'urbanisation.
- la surface a drainé.

L'estimation du coefficient de ruissellement est faite suivant différents facteurs :

- en fonction du type d'occupation du sol :

Tableau (III- 4) : valeurs du coefficient de ruissellement en fonction du type d'occupation du sol.

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

Source : satin et al. (2006).

Tableau (III- 5) : valeurs du coefficient de ruissellement en fonction de la catégorie d'urbanisation.

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

Source: water environment federation (1970).

➤ en fonction de la densité de la population :

Tableau (III- 6) : les valeurs du coefficient de ruissellement en fonction de la densité de la population.

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

Source: water environment federation (1970).

➤ en fonction de la nature de la surface :

Tableau (III- 7) : les valeurs du coefficient de ruissellement en fonction de la nature de la surface.

Nature de la %surface	Cr
Toits en métal, tuile, ardoise	0.9
Chaussée avec peu de joints	0.85 – 0.9
Pavés en pierres naturelles, brique avec joints cimentés	0.75 – 0.85
Pavage en blocages	0.40 – 0.50
Surfaces goudronnées	0.25 – 0.60
Chemin en gravier	0.25 – 0.30
Gare, terrain de sport	0.10 – 0.30
Parcs, jardins, gazons	0.05 – 0.25
Forêts	0.01 – 0.20

Source : water environnement fédération (1970).

III.8.2 Estimation du coefficient de ruissellement pour chaque surface alimentaire :

❖ la zone de torche :

Tableau (III- 8) : le coefficient de ruissellement de chaque sous bassin de la zone de torche .

Sous bassin	Cr
01	0.6
02	0.9
03	0.9

❖ la zone de Feddan Elkbir :

Tableau (III- 9) : le coefficient de ruissellement de chaque sous bassin de la zone de Feddan Elkbir.

Sous bassin	C _r
01	0.6
02	0.9
03	0.9

III.9 calcul de la population pour chaque surface élémentaire :

Pour connaître le nombre d'habitants de chaque sous bassin on suit les étapes suivantes :

- Estimation du coefficient de ruissellement.
- Le calcul du coefficient de ruissellement pondéré total.
- Le calcul de la densité partielle de chaque sous bassin.
- Déduire le nombre d'habitant de chaque sous bassin.

Source : A. LENCASTRE, « Hydraulique générale », 2008

III.10 calcul du coefficient de ruissellement pondéré total :

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

$$C_{rp} = \frac{\sum c_{ri} A_i}{A} \quad \text{(III- 1)}$$

Avec:

- C_{rp}: coefficient de ruissellement pondéré total.
- C_{ri}: coefficient de ruissellement de chaque sous bassin.
- A_i : surface élémentaire de chaque sous bassin.
- A : surface totale de la zone urbanisée.

donc:

- La zone de Feddan Elkbir:

$$\checkmark C_{rp} = \frac{8.82}{11.50} = 0.76$$

- La zone de toreche:

$$\checkmark C_{rp} = \frac{11.31}{12.80} = 0.88$$

III.11 calcul de la densité partielle :

$$D_i = \frac{C_{ri} P}{C_{rp} A} \quad \text{(III- 2)}$$

Avec:

- D_i : densité partielle du sous bassin considéré en (hab/ha).
- P : population totale a horizon de calcul.
- C_{rp} : coefficient de ruissellement pondéré total.
- C_{ri} : coefficient de ruissellement de chaque sous bassin.
- A : surface totale de la zone urbanisée en (ha).

III.12 calcul de nombre d'habitants de chaque surface élémentaire :

Le nombre d'habitants de chaque sous bassin est donné par l'expression suivante :

$$\blacktriangleright P_i = D_i A_i$$

Avec:

- P_i : population partielle du sous bassin considéré.
- A_i : surface partielle du sous bassin considéré.

❖ la zone de torche:

Tableau (III- 10) : calcul du nombre d'habitants de chaque sous bassin de la zone de torche.

N° du sous bassin	Surface Ai (ha)	C _{ri}	Cri*A _i	D _i	Nombre d'habitants
1	1.15	0.6	0.69	73.50	84
2	4.5	0.9	4.05	110.26	496
3	7.3	0.9	6.57	110.26	804

❖ la zone de Feddan Elkbir :

Tableau (III- 11) : calcul du nombre d'habitants de chaque sous bassin de la zone de Feddan Elkbir.

N° du sous bassin	Surface Ai (ha)	C _{ri}	Cri*A _i	D _i	Nombre d'habitants
1	5.1	0.6	3.06	145.40	741
2	3.5	0.9	3.15	218.10	763
3	2.9	0.9	2.61	218.10	632

Conclusion :

Dans ce chapitre tous les systèmes d'évacuation et les schémas étaient bien présentés avec le choix du système et du schéma d'évacuation adopté pour notre réseau et la répartition en sous bassin des deux zones Feddan Elkbir et torche avec l'estimation du coefficient de ruissellement.

- Le système d'évacuation adoptée est un système unitaire.
- La délimitation des surfaces élémentaires est partagée en 6 sous bassins.
- Schéma par déplacement latéral.

CHAPITRE IV :

Evaluation des débits à évacuer

Introduction :

Une eau usée, appelée encore eau résiduaire ou effluent est une eau qui a subi une détérioration après usage. La pollution des eaux dans son sens le plus large est défini comme tout changement défavorable des caractéristiques naturelles (biologiques ou physicochimiques) dont les causes sont directement ou indirectement en relation avec les activités humaines.

Les eaux usées urbaines sont d'abord formées par un mélange d'eau usées domestiques et d'eaux usées industrielles. Il s'y ajoute une troisième composante formée par les eaux de pluie et les effluents des installations collectives (hôpitaux, commerces, casernes, etc.).

La forte croissance des besoins en eau, induite par l'accroissement démographique, l'évolution industrielle, émanant des secteurs domestiques industriels engendre des quantités de rejets d'effluent d'eau usée. Ces dernières sont rejetées dans la nature sans traitement ni épuration. Le rejet d'eau usée peut entraîner une pollution aussi bien des sols agricoles et la nappe d'eau potable à long terme.

Un réseau d'assainissement est conçu pour évacuer les eaux de ruissellement (eau de lavage et eau de pluie), ainsi que les eaux usées urbaines et industrielles. Avant d'entamer le dimensionnement des collecteurs on cherche à évaluer les quantités des débits de rejets ainsi la qualité des rejets. Ces dernières varient d'une agglomération à une autre selon la vocation adoptée. **Source (A. LENCASTRE (2008))**

Donc du point de vue sanitaire les réseaux d'assainissement devront assurer :

- L'évacuation rapide des matières fécales hors de l'habitation.
- Le transport des eaux usées dans des conditions d'hygiène satisfaisantes.

IV.1 Origine et nature des eaux à évacuer :

On peut classer comme eaux usées, les eaux d'origine urbaines constituées par des eaux ménagères (lavage corporel et du linge, lavage des locaux, eaux de cuisine) et les eaux vannes chargées de fèces et d'urines ; toute cette masse d'effluents est plus ou moins diluée par les eaux de lavage de la voirie et les eaux pluviales. Peuvent s'y ajouter suivant les cas les eaux d'origine industrielle et agricole.

L'eau, ainsi collectée dans un réseau d'égout, apparaît comme un liquide trouble, généralement grisâtre, contenant des matières en suspension d'origine minérale et organique à des teneurs extrêmement variables. En plus des eaux de pluies, les eaux résiduaires urbaines sont principalement

d'origine domestique mais peuvent contenir des eaux résiduaires d'origine industrielle d'extrême diversité. **Source (A. LENCASTRE (2008))**

IV.1.1 les eaux usées :

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

a- Les eaux usées domestique :

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines et sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques, etc. et en eaux vannes sont les rejets des toilettes, chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux.

b- Les eaux usées du service public :

Les eaux usées émanant du service public sont principalement issues du lavage des espaces publics et de tous les services publics.

Les ouvrages de collecte des eaux pluviales les collectent, à l'exception d'un système unitaire. Nous prendrons en considération les autres besoins publics ainsi que les besoins domestiques. L'évaluation de ces eaux prend en considération la disponibilité d'eau potable.

c- Les eaux usées industrielles :

Tous les rejets résultant d'une utilisation de l'eau autre que domestique sont qualifiés de rejets industriels. Cette définition concerne les rejets des usines, mais aussi les rejets d'activités artisanales ou commerciales. Ces eaux ont une grande variété et peuvent être toxiques pour la vie aquatique, ou pour l'homme.

Les liquides résiduaires sont des liquides résultant des fabrications ; c'est le cas des solutions de produits chimiques, des solutions de sous-produits, ou le cas des liquides acides provenant de la vidange des cuves de décapage des métaux.

Les rejets industriels peuvent suivre trois voies d'assainissement :

- soit directement rejetés dans le réseau domestique.
- soit prétraités puis rejetés dans le réseau domestique.

- soit entièrement traités sur place et rejetés dans le milieu naturel.

d- Les eaux parasites :

Parfois, les propriétés hydrauliques de l'écoulement sont modifiées par les eaux d'infiltration dans le collecteur.

Il est nécessaire de mesurer les eaux parasites sur le réseau, mais en l'absence de valeurs mesurées, la directive est appliquée. En Allemagne, ATV recommande d'utiliser un débit d'eau parasite de 0,05 à 0,15 l/s/ha.

Dans notre projet, nous estimons le débit d'eau parasite à 0.15 l/s/ha.

IV.1.2 estimations des débits des eaux usées

Le flux d'eaux usées qui s'écoule dans la canalisation varient, ces débits sont influencés par la consommation d'eau potable qui est en fonction d'elle on va évacuer un certain débit d'eau usée, dépend de :

- ✓ Degré de confort de l'agglomération.
- ✓ Disponibilité de la ressource en eau.
- ✓ Le nombre d'habitant.
- ✓ La vocation de la ville.

Les quantités d'eau usées sont plus grandes pendant la journée que pendant la nuit.

La quantité d'eau consommée par les habitations n'est pas rejetée dans le réseau en totalité, il est admis que l'eau évacuée n'est que les 70% à 90% de l'eau consommée, c'est le coefficient de rejet.

- Nhab : nombre d'habitants à l'horizon d'étude (habitant).
- Kr : coefficient de rejet pris égal à 80% de la quantité d'eau potable consommée.
- D : dotation journalière estimée à 150 L/hab/j.

Source : DRE (W. TLEMCEN)

Les débits d'eau usée évacués des deux zones sont illustrés dans les tableaux suivants :

❖ **La zone de torche :**

Tableau (IV- 1) : débits d'eau usée de la zone de torche.

N° de surface élémentaire	Nab	K _r	D (l/j/hab)	$Q_{moy,j}^{dom}$ l/s
1	84	0.8	150	0.117
2	496	0.8	150	0.689
3	804	0.8	150	1.117

❖ **La zone de Feddan Elkbir :**

Tableau (IV- 2) : débits d'eau usée de la zone de Feddan Elkbir

N° de surface élémentaire	Nab	K _r	D (l/j/hab)	$Q_{moy,j}^{dom}$
1	741	0.8	150	1.029
2	763	0.8	150	1.060
3	632	0.8	150	0.877

Les débits des eaux usées des équipements public à évacuer des deux zones sont illustré dans les tableaux suivants .

Tableau (IV- 3) : débits des eaux usées de l'équipement public de la zone de torche.

SB	Type d'équipements	Unité de mesure	Nombre d'unité	Dotation (l/j/unité)	Débit(l/j)	Débits(l/s)	Q ^{éq} (L/s)
3	Mosquée	Fédele	150	20	2400	0.028	
	École	Éleve	250	20	4000	0.046	0.076

Tableau (IV- 4) : débits des eaux usées de l'équipement public de la zone de Feddan.

SB	Type d'équipements	Unité de mesure	Nombre d'unité	Dotation (l/j/unité)	Débit (l/j)	Débits(l/s)	Q ^{éq} (L/s)
3	Mosquée	Fédele	150	20	3000	0.028	
	Ecurie	Chauvaux	50	20	1000	0.012	0.04

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

Tableau (IV-5) : les débits totaux de la zone de feddan el kbir

N°SB	Q ^{dom} (l/s) moy,j	Q ^{éq} (L/s)	Q ^{dom} (totaux) moy,j	Kp	Q ^{EU} (L/s) P	Q ^{EU} (m ³ /s) P
1	0.117	0	0.117	3	3.351	0.003351
2	0.689	0	0.689	3	2.067	0.002067
3	1.117	0	1.117	3	3.351	0.003351

Tableau (IV- 6) : Les débits totaux de la zone de torche

N°SB	Q^{dom} (l/s) moy,j	$Q^{éq}$ (L/s)	Q^{dom} (totaux) moy,j	Kp	Q^{EU} (L/s) P	Q^{EU} (m ³ /s) P
1	1.029	0	1.029	3	3.087	0.003087
2	1.060	0	1.060	3	3.18	0.00318
3	0.877	0.04	0.917	3	2.751	0.002751

IV.2 Évaluation des débits d'eaux pluviales :

Les eaux pluviales désignent les eaux issues des précipitations de l'air. On considère comme des eaux pluviales les eaux issues d'arrosage, de lavage, de voies publiques et privées, de jardins et de cours d'immeubles. Il s'agit donc principalement d'eaux de surface de ruissellement. Pour évaluer les eaux pluviales, il est nécessaire de diviser la surface à drainer en sous bassin en fonction de critères spécifiques. Ensuite, on attribue un coefficient de ruissellement pondéré à chaque sous bassin en fonction de la nature du sol. On obtient la mesure des eaux de ruissellement en utilisant diverses méthodes, telles que la méthode superficielle ou rationnelle

Source : BEKHOUCHE Ramzi, Mémoire de fin d'études d'assainissement

IV.2.1 Méthode rationnelle :

La méthode rationnelle est utilisée pour calculer les débits de ruissellement pour déterminer les diamètres ou les dimensions des conduites et des canaux. Cette méthode a été employée depuis la fin du siècle dernier (1889), mais elle n'a été généralisée qu'en 1906. Elle est également connue sous le nom de méthode de LLOYD DAVIS, et elle a démontré son efficacité, en particulier pour les bassins urbains de faible superficie (≤ 10 ha).

Ce n'est pas une méthode de simulation en soi, car elle repose sur une approximation pondérée par les temps de parcours du débit de pointe de l'hydrogramme. Ainsi, cette estimation nous fournit l'ordre des débits à transporter, mais elle ne peut pas anticiper toutes les situations critiques.

La méthode logique permet de réaliser des calculs.

La méthode rationnelle s'exprime par la formule :

$$Q = C_r i A \alpha \quad \text{(III- 3)}$$

Avec :

- Q : débit d'eau de ruissellement [l/s] ; A : surface de l'aire d'influence [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, dont sa détermination est en fonction de la forme du bassin.

IV.2.1.1 Hypothèse de la méthode rationnelle :

On ne constate le débit de pointe à l'exutoire que si la durée de l'averse dépasse le temps de Concentration du bassin versant.

La période de retour du débit de pointe est identique à celle de l'intensité moyenne qui le déclenche.

L'intensité moyenne est liée au débit de pointe sur une période égale au temps de concentration du bassin versant. **Source :(polycopie Pr.salah)**

V.2.1.2 Critique de la méthode rationnel :

- La décomposition du bassin en aires élémentaires est approchée.
- Le coefficient de ruissellement est toujours constant sur tout le bassin et pendant toute la durée de l'averse.
- La méthode rationnelle ne tient pas compte l'effet de stockage d'eau de ruissellement sur les sous bassins.
- Elle ne tient pas compte de distribution spatiale de la pluie (variation de l'intensité)
- L'estimation du temps de concentration est souvent laborieuse.

Source :(polycopie Pr.salah)

IV.2.1.3 Temps de concentration :

Le temps de concentration d'un bassin est défini comme étant le temps mis par la pluie tombée du point le plus éloigné jusqu'à son arrivé à l'exutoire du bassin.

$T_c = t_1 + t_2 + t_3$ **Source :(polycopie Pr.salah)**

Avec :

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

$$t_1 = \frac{L}{60v} = \frac{\text{longueur}}{\text{vitesse}} \text{ (mm)} \quad \text{(IV- 1)}$$

t₂ : Temps mis par l'eau pour atteindre le premier ouvrage d'engouffrement, ce temps varie de 2 à 20 min

t₃ : Temps de ruissellement dans un bassin ne comportant pas de canalisations :

$$\text{➤ } t_3 = \frac{L}{11\sqrt{v}} \text{ (min)}$$

I : La pente du terrain (%).

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

Trois cas peuvent être envisagés :

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

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

$$T_c = 3.98 \left(\frac{L}{\sqrt{I}} \right)^{0.77} \quad \text{(IV- 2)}$$

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

IV.2.2 Méthode superficielle (méthode de Caquot) :

Selon M. CAQUOT en 1949, le modèle de la méthode superficielle est une approche globaliste de la méthode rationnelle. Elle prend en considération tous les paramètres qui ont un impact sur le ruissellement, comme indiqué dans la relation suivante :

$$\text{➤ } Q(f) = K \frac{1}{v} \cdot I \frac{v}{v} \cdot Cr \frac{1}{v} \cdot A \frac{W}{v}$$

Avec :

- Q (f) : débit pluvial en (m³ / s).
- I : pente moyenne du collecteur du sous bassin considéré (m / m).
- Cr : coefficient de ruissellement.

- A : surface du bassin considéré (ha).

Les paramètres de la relation :

$$\text{➤ } K = \frac{0.5^{b(f)} \cdot a(f)}{6.6}$$

Avec :

- U : coefficient d'expression : $1 + 0,287 \cdot b(f)$.
- V : coefficient d'expression : $- 0,41 \cdot b(f)$.
- W : coefficient d'expression : $0,95 + (0,507 \cdot b(f))$.

La formule de Caquot est donnée pour $M=2$ et pour des valeurs de $M \neq 2$, le débit de pointe donné par la formule doit être corrigé par m.

$$\text{➤ } Q_p \text{ corrigé} = m Q_p \text{ brute}$$

m = coefficient d'influence donnée par l'expression qui suit :

$$\text{➤ } m = \left(\frac{M}{2}\right)^{\frac{0.84h(f)}{1+0.287b(f)}}$$

Source :(polycopie Pr.salah)

A) Validité de la méthode superficielle :

Elle est valable pour les limites d'application suivantes :

- Une superficie totale < 200 ha
- La pente doit être comprise entre $(0.2 < I < 5)$ %
- Le coefficient de ruissellement $(0.2 < Cr < 1)$
- Le coefficient d'allongement $(M > 0.8)$.

IV.2.3 choix de la méthode :

Après avoir divisé l'aire en sous bassin avec la même nature du sol pour obtenir une estimation précise du coefficient de ruissellement, la méthode rationnelle nous permet d'obtenir une estimation précise du débit des eaux pluviales.

IV.2.4 Estimation des débits d'eau pluviale :

Tableau (IV- 7) : Évaluation des débits pluviaux pour chaque sous bassin de la zone de torche.

N° de surface élémentaire	A (ha)	Cr	A	I (L/s/ha)	Q ^{EP} (L/s)	Q ^{EP} (m3/s)
1	1.15	0.6	1	113.02	77.98	0.078
2	4.5	0.9	1	113.02	457.73	0.458
3	7.3	0.9	1	113.02	742.54	0.742

Tableau (IV- 5) : Évaluation des débits pluviaux pour chaque sous bassin de la zone de Feddan Elkbir.

N° de surface élémentaire	A (ha)	Cr	A	I (L/s/ha)	Q ^{EP} (L/s)	Q ^{EP} (m3/s)
1	5.1	0.6	1	113.02	345.84	0.346
2	3.5	0.9	1	113.02	356.013	0.356
3	2.9	0.9	1	113.02	294.98	0.295

IV.3 Calcul des débits totaux :

Tableau (IV- 9) : Évaluation des débits totaux de la zone de toreche.

N° de surface élémentaire	Débit pluvial m ³ /s	Débit usém ³ /s	Débit totalm ³ /s
1	0.078	0.0033	0.0813
2	0.458	0.0020	0.46
3	0.742	0.0034	0.746

Tableau (IV- 6) : Évaluation des débits totaux.

N° de surface élémentaire	Débit pluvial m ³ /s	Débit usém ³ /s	Débit totalm ³ /s
1	0.346	0.0030	0.349
2	0.356	0.0031	0.359
3	0.295	0.0027	0.210

Conclusion :

Ce chapitre a porté sur l'évaluation des débits (usés et pluviales) pour chaque sous bassin. Grâce à ce chapitre, nous pourrons réaliser un calcul hydraulique approfondi qui nous conduira à une dimension adéquate de notre réseau et de ses infrastructures connexes.

CHAPITRE V :



Calcul hydraulique du réseau

Introduction :

Une fois que les débits à évacuer dans les sous-bassins des deux quartiers Feddan Elkbir et torche ont été estimés, nous procédons à la conception des collecteurs et des éléments chargés de transporter ces eaux vers l'oued et la station d'épuration dans les meilleures conditions possibles. Tout en respectant les normes d'auto-curage.

Cependant, il est important de souligner que, en raison des diamètres courants de fabrication (diamètres normalisés), il est fréquent que cela entraîne une capacité d'écoulement supplémentaire.

V.1 Condition du dimensionnement :

Dans la mesure du possible, l'écoulement en assainissement est basé sur la gravité, ce qui dépend de la topographie du terrain naturel. De plus, il est nécessaire que cet écoulement ait une vitesse qui facilite la déformation des particules de sable. **Source :(polycopie Pr.salah)**

Dans le cas d'un réseau d'évacuation de type unitaire, les exigences d'auto-curage pour les débits minimums en période sèche sont les suivantes :

- une vitesse minimale de 0,6 m/s pour le débit de pleine section de 1/10.
- une vitesse de 0.3 m/s pour le débit de pleine section 1/100.

D'autre part, l'objectif de prévenir la détérioration des joints sur les canalisations et leur revêtement intérieur nous amène à établir des précisions supplémentaire :

- Une vitesse maximum d'environ 5 m/s.

V.2 Hypothèse de calcul :

Avant d'effectuer le calcul hydraulique du réseau d'assainissement gravitaire, les hypothèses suivantes sont prises en compte :

- Le débit est homogène à surface libre.
- L'énergie potentielle générée est égale à la différence entre les côtes du plan d'eau en amont et en aval.

- En réalité, les canalisations d'égouts qui ont été dimensionnées pour un débit en pleine section (Q_p) ne déversent que des quantités d'eau inférieures à celles pour lesquelles elles ont été calculées.
- Périmètre mouillé (P) : C'est la longueur du périmètre de la conduite qui est au contact de l'eau en [m].
- Section mouillée (S) : C'est la section transversale de la conduite occupée par l'eau [m²].
- Rayon hydraulique (R_h) : C'est le rapport entre la section mouillée et le périmètre mouillé en [m].
- Vitesse moyenne (V) : C'est le rapport entre le débit volumique en [m³/s] et la section mouillée en [m²]. **Source :(polycopie Pr.salah)**

V.3 Mode de calcul :

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

$$\triangleright Q = V.S$$

Avec :

- Q : Débit (m³/s).
- S : Section mouillée (m²).
- V : Vitesse d'écoulement (m/s).

Cette vitesse se calcule par différentes expressions.

La vitesse moyenne est déterminée par l'expression suivante (formule de Manning Strickler)

$$V = K_s R_h^{2/3} \sqrt{I} \quad (\text{V- 1})$$

Avec :

- I_m (m/m) : Pente motrice ou pente du radier nécessaire à l'écoulement d'un débit Q donné.
- R (m) : Rayon hydraulique.
- K_s : Coefficient de rugosité dépend de la nature des parois, Les coefficients K_s sont présentés au tableau suivant : **Source :(polycopie Pr.salah)**

Tableau (V- 1) : Coefficient de Manning-Strickler (ks) en fonction de la nature de parois

Nature des parois	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	90

Le diamètre est calculé comme suit :

$$D_{cal} = \left(\frac{3.2036 Q_t}{K_s \sqrt{I}} \right)^{\frac{3}{8}} \quad (V- 2)$$

- $Q_t = Q_{eu} + Q_{pl}$

Avec :

- Q_{eu} (m³/s) : Débit d'eau usée.
- Q_{pl} (m³/s) : Débit d'eau pluviale.

Le débit en pleine section est donné donc par la relation :

$$Q_{ps} = V_{ps} \frac{\pi (D_{nor})^2}{4} \quad (V- 3)$$

- D_{nor} : Diamètre normalisé de la conduite en (mm).

La vitesse en pleine section (V_{ps}) est calculée à partir de la relation (V-2), avec le rayon hydraulique pris :

$$\Rightarrow R_h = \frac{D_{nor}}{4}$$

On aura :

$$V_{ps} = k_s \left(\frac{D_{nor}}{4} \right)^{2/3} \sqrt{I} \quad (V- 4)$$

Par suite on calcul les vitesses et les hauteurs :

$Rv = V / Vps$	\Rightarrow	$V = Rv Vps$
$Rh = H / Dnor$	\Rightarrow	$H = Rh Dnor$
$Rv_{min} = Vmin / Vps$	\Rightarrow	$Vmin = Rv_{min} Vps$
$Rh_{min} = Hmin / Dnor$	\Rightarrow	$Hmin = Rhmin Dnor$

Pour la vérification de la vitesse d'auto curage on a deux conditions a vérifié :

- Condition 01 : Vitesse d'écoulement ($V \geq 1.00\text{m / s}$)
- Condition 02 : $V_{min} > 0.60 \text{ m/s}$ pour $Q_{min} \approx (QPS / 10)$
 $V_{min} > 0.30 \text{ m/s}$ pour $Q_{min} \approx (QPS / 100)$

Interprétation des résultats :

Les remarques les plus importantes qu'on peut tirer après le dimensionnement du réseau d'évacuation d'eaux usées et pluviales sont :

- Les diamètres des collecteurs principaux, varient de 315 mm jusqu'à 1000mm.
- La pente est plus importante, ce qui nous oblige à projeter des regards de chute au niveau des raccordements.
- quelques rapports des hauteurs sont petits. Mais elles appartiennent au diamètre minimal toléré ($\phi 315 \text{ mm}$). Donc on doit les garder.
- la vitesse d'écoulement atteint le maximum 5 m/s.

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons tracé le réseau d'assainissement de la zone d'accumulation et faire le dimensionnement de toutes les canalisations, nous allons installer des regards de chutes pour les faibles hauteurs, ils ont été largement validés en termes de vitesses d'auto curage.

CHAPITRE VI :

**Éléments constitutifs
du réseau et ouvrages
annexes**

Introduction :

En matière d'assainissement, les éléments constitutifs d'un réseau d'égout devront satisfaire un certain nombre d'exigence comme la résister aux charges et doit être suffisamment profond pour capter toutes les eaux sans pompage.

Les éléments constitutifs du réseau d'égouts se subdivisent-en :

- Les ouvrages principaux : les ouvrages qui ont pour rôle l'évacuation des eaux jusqu'à leur point de rejet.
- Les ouvrages annexes : qui comprennent toutes les installations menant à une exploitation rationnelle du réseau.

Source : BECHIR SELMI, MARC SATIN, REGIS BOURRIER

IV.1 Les principaux ouvrages :

Les principaux ouvrages sont les canalisations d'évacuation des effluents (ouvrages cylindriques, ovoïdes et visitables) vers le point de rejet ou la station d'épuration, qui incluent les conduites et les joints. **source : BEKHOUCHE Ramzi, Mémoire de fin d'études d'assainissement.**

IV.1.1 Les canalisations :

La canalisation d'assainissement est un tuyau qui fait partie d'un réseau d'assainissement et qui permet de transporter des fluides (eaux usées, eaux pluviales...) entre deux points de raccordement. **Source : BECHIR SELMI, MARC SATIN, REGIS BOURRIER**

IV.1.1.1 Type de canalisation :

Différents types de conduites existent en fonction de leur matériau et de leur destination.

a- Conduite en béton non armé :

Aucune armature ou fibre d'acier n'est utilisée pour le renforcement du tuyau. Il ne faut pas que la longueur utile dépasse 2,50m. Les ruptures de ces types de tuyaux sont rapides, à moins que la hauteur de recouvrement ne soit réduite.

b- Conduite en béton armé :

Les armatures constituées d'une ou plusieurs cages d'acier, placées de manière adéquate pour résister aux contraintes de traction dans la paroi du tuyau, renforcent sa résistance structurelle.

c- Tuyaux en amiante-ciment :

Les tuyaux et les pièces de raccord en amiante-ciment sont fabriqués en utilisant un mélange de ciment Portland et d'amiante en fibre contenant de l'eau.

Les canalisations de ce type sont disponibles en deux versions en fonction du mode d'assemblage : à emboîtement ou sans emboîtement, avec deux bouts lisses. Les dimensions peuvent fluctuer entre 60 et 500 mm pour des longueurs allant de 4 à 5 mètres. Les joints ne sont fabriqués que du type préformé.

d- Conduite en chlorure de polyvinyle P.V.C non plastifié :

Les tuyaux sont vulnérables aux changements de température inférieurs à 0°C. Ils ont une certaine réactivité face aux chocs. La dilatation joue un rôle crucial et il est essentiel de prendre en considération lors de la pose. La taille minimale est de 6 mètres.

VI.1.2 Choix du type de canalisation :

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

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

VI.2.1 Joints des conduites en béton :

Le bon choix des assemblages est directement lié à la qualité du joint. Il est déterminé par la nature des eaux et leur adaptation à la stabilité du sol, ainsi que par la nature des tuyaux et leurs caractéristiques (diamètre, épaisseur).

a- Joint type Rocla :

Ce genre de joint garantit une excellente étanchéité tant pour les eaux passées que pour les eaux extérieures. Ce lien s'applique à tous les diamètres.

b- Joint à collet :

Il s'agit d'un joint rigide à emboîtement en ciment, qui ne peut être utilisé que dans les sols appropriés et à éviter dans les terrains argileux.

c- Joint à demi-emboîtement :

Le bourrage de ciment est utilisé pour relier deux bouts, ce qui est réservé aux terrains durs et à la canalisation sans charge. Le processus de déboîtement est extrêmement simple pour les terrains tassés et en pente.

d- Joint torique :

Dans la majorité des cas, il est remplacé par le joint Rocla. Il convient parfaitement aux sols faibles à condition que la pression ne soit pas très élevée. Le jeu de 1 cm s'adapte également aux terrains en pente.

VI.1.3 Différente action supportée par la conduite :

Les canalisations font face à des agressions extérieures et intérieures, c'est pourquoi il est nécessaire de les choisir afin de lutter contre ces agressions, qui sont :

a- Action mécanique :

Ce genre d'action est causé par l'agressivité des particules de sable et de gravier qui constituent le remblai et le radier des conduites.

b- Action chimique :

Notre attention se porte principalement sur les réactions à l'intérieur de la conduite. Une diminution du pH encourage la prolifération des bactéries acidophiles, ce qui peut entraîner la formation d'acide sulfurique (H₂S), qui est corrosif et nocif pour les conduites.

c- Action statique :

Les actions fixes ou mobiles telles que le remblai, le mouvement de l'eau dans les canalisations et les charges liées au trafic routier sont responsables des actions statiques.

VI.1.4 Protection des conduits :

Le béton employé dans la construction des tuyaux et des installations d'assainissement est soumis à différentes agressions : la corrosion chimique, qui entraîne la destruction des canalisations, et l'abrasion, qui est une action physique non négligeable en raison de la faible résistance du matériau et de la vitesse limite maximale des écoulements dans le réseau.

Ainsi, les mesures de combat peuvent être résumées de la manière suivante :

- Il est essentiel de réduire au maximum le temps de rétention des eaux usées dans les canalisations.

Il est essentiel de procéder régulièrement à l'élimination des dépôts, car ils favorisent le développement des fermentations anaérobies qui produisent de l'hydrogène sulfuré (H₂S).

- Une aération adéquate permet d'éviter les accumulations d'humidité sur les parois et de diminuer ainsi la concentration en H₂S.

- Il est recommandé de revêtir les conduites intérieures avec du ciment limoneux ou du ciment sulfaté, en utilisant un dosage adéquat dans le béton (300 à 350 kg/m³). **source : BEKHOUCHE Ramzi, Mémoire de fin d'études d'assainissement.**

VI.1.5 Essais des tuyaux préfabriqués :

a- Essai a l'écrasement :

Il est essentiel que les constructions puissent supporter les charges permanentes des remblais d'une part, et les surcharges dans les zones accessibles aux charges mobiles d'autre part. Cela nécessite l'essai a l'écrasement.

L'évaluation de l'écrasement est réalisée à l'aide d'une presse automatique enregistrant les efforts. Il est nécessaire de les répartir de manière homogène sur la génératrice supérieure du tuyau. La mise en marche se poursuit jusqu'à ce qu'elle soit arrêtée par écrasement. à une vitesse de longueur et de minute de 1000 daN/m. Le but de cet essai est de calculer la charge de rupture.

b- Essai d'étanchéité :

Il est impératif de réaliser un test d'étanchéité à l'usine et sur le chantier :

Dans l'usine, la conduite est maintenue debout et remplie d'eau, la baisse du niveau d'eau ne

doit pas dépasser 2cm en 24 heures. Sur le chantier, il est possible d'envisager l'un des trois essais suivants.

- 1) On effectue un test à l'eau pendant 30 minutes pour les diamètres faibles ; et pour les joints, on augmente la pression jusqu'à 3 bars.
- 2) La pratique de l'essai à la fumée ne peut être réalisée qu'en l'absence de vent et que si la conduite n'est pas mouillée.
- 3) l'essai à l'air : Pendant une période de 30 minutes à une pression de 1 bar, puis pendant une période de 3 minutes à une pression de 0,5 bar, pour les conduites circulaires.

c- Essai de corrosion :

Les tuyaux en béton sont les plus couramment employés et les plus sujets à la corrosion par l'hydrogène sulfuré. La corrosion du béton débute par une diminution du pH de la surface en raison de la libération excessive de chaux et de la carbonatation de la surface par le gaz carbonique.

On effectue l'épreuve de corrosion en ajoutant diverse acide (acide chlorhydrique, acide nitrique, acide sulfurique). L'échantillon est pesé après avoir été lavé à l'eau douce et séché à l'étuve. Il faut éviter toute modification des surfaces de la paroi interne.

VI.2 Ouvrages annexes :

L'importance des ouvrages annexes dans l'exploitation rationnelle des réseaux d'égout est grande. De nombreux sont ceux qui sont soumis à une hiérarchie de fonctions très variée : fonction de collecte des effluents, de fenêtres ouvertes sur le réseau pour faciliter leur entretien, et fonction économique du système en agissant sur les surdimensionnements et en favorisant l'optimisation des coûts.

Les ouvrages annexes sont classés en deux catégories :

- Travaux normaux.
- Travaux spéciaux.

VI.2.1 Ouvrages normaux :

Les ouvrages normaux sont les plus fréquentes. Ils se rencontrent à la fois en amont et le long des réseaux. En général, ils sont responsables de la collecte des effluents ou de l'accès au réseau.

Les regards sont :

- Les fossés.
- Les caniveaux.
- Les bouches d'égout.

1) Les regards :

En réalité, les regards sont des fenêtres à travers lesquelles le personnel d'entretien pénètre afin de garantir le service et la surveillance du réseau. Ils sont également utilisés pour aérer le réseau. Il est nécessaire d'installer des regards sur les canalisations :

- À chaque modification de direction.
- À chaque jonction de canalisation.
- Aux points de chute.
- À chaque modification de pente.
- À chaque modification du diamètre.

On peut distinguer différents types de regards en fonction de l'encombrement et de la pente du terrain ainsi que du système d'évacuation.

1.a) Regard de visite :

Ces regards sont conçus pour l'entretien régulier et le curage régulier des canalisations, tout en garantissant une bonne ventilation.

1.b) Regard de jonction :

Ils ont pour fonction d'associer deux collecteurs de même ou de différentes sections ils sont conçus de manière à avoir :

- une bonne ventilation des collecteurs en jonction.
- Les dénivelés entre les radiers des collecteurs.

- L'absence de reflux d'eau en période de sécheresse.

1.c) Regard de chute :

Il s'agit du projet le plus fréquemment utilisé en matière d'assainissement, car il permet d'obtenir une dissipation d'énergie en partie localisée. Il est particulièrement utilisé lorsque le terrain d'une agglomération est trop accidenté. En général, ils sont employés pour deux types distincts de chutes :

- La chute verticale profonde est employée lorsqu'il y a un faible diamètre et un débit élevé ; leur objectif est de diminuer la vitesse.
- La chute toboggan : Cette chute est employée pour des diamètres assez élevés, elle garantit la fluidité du flux et évite les mouvements indésirables.

VI.2.2 Les ouvrages spéciaux :

VI.2.2.1 Déversoir d'orage :

Dans le domaine de l'hydraulique urbaine, un déversoir est un appareil dont la principale fonction est d'évacuer les débits d'orage exceptionnels par les voies les plus directes vers le milieu récepteur. Un déversoir est donc un élément qui permet de décharger le réseau d'une quantité spécifique d'eaux pluviales afin d'améliorer l'économie d'un projet en réduisant les sections à l'aval du réseau.

Le rôle des déversoirs est crucial, en particulier dans la conception des réseaux en système unitaire.

VI.2.2.2 Types des déversoirs :

a) Trous dans le mur :

Il s'agit des ouvrages les plus anciens, aujourd'hui abandonnés pour deux motifs. La première est causée par une faible capacité d'évacuation dans la conduite de déversement. Effectivement, afin de drainer le débit rejeté, l'installation agit comme un réservoir avec une vidange par le fond. Il est donc nécessaire d'avoir une quantité considérable d'eau dans le déversoir afin de permettre l'évacuation par le trop-plein. Il est donc possible que le niveau de l'eau atteigne le niveau naturel avant d'atteindre le débit de décharge maximal. La seconde raison réside dans la nécessité de prendre en charge le réseau afin de permettre le déversement.



Figure (VI- 1) : type de déversoir trous dans le mur

b) Déversoir a ouverture du radier :

Il est recommandé d'utiliser ce genre de déversoir lorsque les pentes sont trop élevées, c'est-à-dire en présence d'écoulement torrentiel. La pluie et le temps sec traversent l'orifice situé dans le fond ou sur le côté du radier. Ce type d'ouvrage est très déconseillé car il a tendance à se boucher constamment, ce qui entraîne souvent des déversements par temps sec.



Figure (VI- 2) : type de déversoir a ouverture du radier

c) Déversoir a seuil latéral :

En ce qui concerne le déversoir à seuil latéral pur, le seuil est exactement parallèle à l'écoulement et est rectiligne.



Figure (VI- 3) : Type de déversoir a seuil latéral

d) Déversoir a seuil double :

Lorsque les calculs nous indiquent une longueur importante du seuil du déversoir, on choisit d'utiliser un double seuil déversant dans ce type de déversoir.



Figure (VI- 4) : Type de déversoir a seuil double

e) Déversoir a seuil frontal :

Le seuil est donc droit et perpendiculaire à la circulation. On peut encore distinguer parmi les déversoirs à seuils frontaux une sous-catégorie en fonction de la présence ou non d'une contraction au niveau du seuil, de la mise en charge de la conduite aval et de l'orientation de cette même conduite par rapport à la crête.



Figure (VI- 5) : type de déversoir by pas

f) Déversoir by-pas :

Ce genre de déversoir a pour fonction d'évacuer les pointes de ruissellement vers le milieu naturel afin de dégager le réseau aval, de partager le flux polluant entre le milieu naturel et le collecteur aval, et d'envoyer les eaux supplémentaires lors des orages vers un autre collecteur en jouant le rôle de maillage du réseau.

Afin d'augmenter la capacité de transport, il est nécessaire de prélever les eaux en temps sec afin de les acheminer vers un égout des eaux. De plus, il est possible de transformer la partie inférieure du collecteur unitaire en un collecteur semi-pluvial, éventuellement avec un vannage.

VI.2.2.3 Dimensionnement du déversoir d'orage :**❖ Mode de calcul :****1- Déterminer le débit total Q_t :**

Le débit total de dimensionnement égal a la somme des débits en temps sec et du débit pluvial :

$$\text{➤ } Q_t = Q_{eu} + Q_{pl}$$

2- Déterminer le débit critique Q_{cr} :

$$\text{➤ } Q_{cr} = Q_T * (1 - t_c / 100)$$

Avec : T_c : temps de concentration en min.

$$\text{➤ } Q_{cr} = Q_{dev} + Q_{step}$$

Avec : Q_{dev} : débit déversé.

$$\text{➤ } Q_{steo} = \text{dilution} * Q_p$$

Avec : Q_p : débit de pointe d'eau usée

3- Détermination des hauteurs d'eau correspondant aux débits a l'amont du déversoir :

On tire h_{step} et h_{cr} :

$$\text{➤ } h_{dev} = h_{tcr} - h_{step}$$

On détermine la longueur du seuil, déversant (L).

On applique la formule de BAZIN :

$$\text{➤ } Q_{\text{dev}} = mL h_{\text{dev}} \sqrt{2gh_{\text{dev}}}$$

▪ **Dimensionnement du déversoir d'orage de type frontal :**

Les données de base sont les suivantes :

- Diamètre d'entrée : 1000 mm
- Débit total à l'entrée : 2.82 m³/s
- Débit à pleine section : 3.69 m³/s

1- Temps de concentration :

$$\text{➤ } T_c = t_1 + t_2 + t_3$$

Notre cas on prend :

$$\text{➤ } T_{c1} = t_1 + t_2$$

Avec:

$$T_1 = \frac{L}{60v} \quad (\text{VI- 1})$$

- t_2 : varie entre (2 à 20 min)
- L : le cheminement le plus long en (m)
- V : la vitesse moyenne du cheminement le plus long (m/s) On prend $t_2 = 8$ min

On prend $t_2 = 8$ min

$$\text{➤ } T_{c1} = \frac{774.2}{60 \cdot 0.11} + 8 = 9.95 \text{ min}$$

2- Calcul du coefficient du retardement :

La charge polluante déchargée par le DO diminue lorsque le temps d'écoulement calculé augmente, en fonction de la fréquence et de la quantité de liquide déversée. Cette réduction est prise en compte par le coefficient de retardement :

$$\text{➤ } Z = \left(1 - \frac{t_c}{100}\right) = 0.9005$$

1- Calcul du débit de dimensionnement (débit critique)

Le débit de dimensionnement (Q_{cr}) est calculé en utilisant la formule suivante :

$$\text{➤ } Q_{cr} = Z * Q_t$$

Donc :

$$\text{➤ } Q_{cr} = 1.54 \text{ m}^3/\text{s}$$

Avec les valeurs précédemment obtenues. Le débit critique est alors utilisé pour dimensionner de manière adéquate les déversoirs d'orage.

2- Calcul du débit de la step

Le débit de la station d'épuration (Q_{step}) est déterminé en utilisant la formule suivante :

$$\text{➤ } Q_{step} = C_{dilution} * Q_{ts}$$

Donc :

$$\text{➤ } Q_{step} = 3 * 0.020 = \text{m}^3/\text{s}$$

3- Calcul du débit déversant

Le débit déversé c'est Q_{dev} est obtenu en combinant deux composantes :

$$\text{➤ } Q_{cr} = Q_{dev} + Q_{step}$$

Où :

Q_{dev} : Débit déversé par le déversoir vers le milieu naturel ou un autre collecteur.

$$\text{➤ } Q_{dev} = Q_{cr} - Q_{step}$$

Donc :

$$\text{➤ } Q_{dev} = 1.489 \text{ m}^3/\text{s}$$

4- Détermination des hauteurs d'eau correspondant aux débits en amont du déversoir

$R_{Qstep} = Q_{step} / Q_{ps}$	Abaque \longrightarrow	$R_H = H_{step} / D$	$H_{step} = R_H * D$
---------------------------------	--------------------------	----------------------	----------------------

➤ $R_{Qstep} = Q_{step} / Q_{ps}$

Donc :

➤ $R_{Qstep} = 0.34$

Alors :

➤ $R_h = 0.24$

Donc :

➤ $H_{step} = 0.24$

5- Détermination de la hauteur de déversement

Hdev : Correspond à la hauteur d'eau déversée par le déversoir vers le milieu naturel ou un autre collecteur.

➤ $H_{dev} = H - H_{step}$

Où H est la hauteur de remplissage correspondant au débit d'édimensionnement

$R_{Qcr} = Q_{cr} / Q_{ps}$	\longrightarrow Abaque	$R_{cr} = H/D$	$H = R_{cr} * D$
-----------------------------	--------------------------	----------------	------------------

a- Détermination de H

➤ $R_Q = Q_{cr} / Q_{ps} = 0.68$,

Donc :

➤ $R_h = 0.64$

➤ $H = R_h * D = 1.062 = 0.64 \text{ m.}$

b- Détermination de Hdev

➤ $H_{dev} = H - H_{step} = 0.4 \text{ m}$

6- Détermination de la longueur du seuil du déversoir (b)

On applique la formule de BAZIN pour trouver la longueur du seuil du déversoir :

$$\text{➤ } Q_{\text{dev}} = m \cdot b \cdot H_{\text{dev}} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_{\text{dev}}}$$

Avec :

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

(m = 0,45 pour un déversoir frontal, m < 0,4 pour un déversoir latéral).

✓ Pour notre cas on a un déversoir d'orage

frontal, Donc m=0.45. Hdev : Hauteur d'eau déversée par le déversoir.

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2 \text{ (accélération due à la gravité).}$$

Donc ;

$$\text{➤ } b = 2.35 \text{ m}$$

Conclusion :

Afin d'optimiser notre exploitation de notre réseau d'assainissement, nous avons planifié les conduites et installé un déversoir d'orage qui nous ont permis de décharger les collecteurs, réduisant ainsi leur diamètre, vers le cours d'eau situé à proximité de l'agglomération.

CHAPITRE VII :



Organisation de chantier

Introduction :

La mise en place d'un système d'assainissement est soumise aux lois qui régissent tous les chantiers situés dans la nature, qu'ils soient urbains ou ruraux.

Afin d'atteindre un résultat optimal, il est essentiel de respecter les règles de l'organisation de chantier en général.

Afin de garantir une réalisation rapide, de qualité et économique de notre projet, nous avons principalement opté pour une organisation de chantier qui organise le déroulement de nos travaux et nous guide dans leur réalisation. Cette organisation nous a permis d'établir un rythme de travail efficace, en précisant le temps nécessaire pour la réalisation, la main-d'œuvre requise et les moyens matériels (matériaux de construction, engins,...).

VII.1 Emplacement des canalisations :

En général, les conduites sont disposées dans l'axe de la chaussée lorsque les rues ont moins de 15 mètres de largeur. Dans les rues plus larges, il est nécessaire de placer un égout sous chaque trottoir. **source : (KAHLERRAS.D. cours organisation du chantier)**

VII.2 Exécution des travaux :

Les principales tâches à accomplir lors de la mise en place des canalisations comprennent :

- Contrôle et manipulation des conduites.
- Enlèvement de la couche de bitume (si elle est présente) ou de la végétation.
- Position des jalons et des piquets.
- Réalisation des tranchées et des travaux de fouille pour les vues.
- Organisation du lit de pose.
- L'installation des conduites en tranchée.
- Installation des tuyaux.
- Création des perspectives.
- Évaluation de l'étanchéité des conduites et des joints.
- Aménagement des tranchées.

VII.2.1 Manutention et stockage des conduites :

Toute opération de transport ou de soutien d'une charge, y compris le levage, la pose, la poussée, la traction, le port ou le déplacement, nécessitant des efforts, est appelée manutention.

VII.2.2 Emplacement des jalons des piquets :

Pour chaque point d'emplacement d'un regard, à chaque changement de direction ou de pente, à chaque branchement ou jonction de canalisation, les jalons des piquets doivent être disposés selon les tracés du plan de masse.

VII.2.3 Exécution des tranchées et des regards :

La largeur de la tranchée est principalement influencée par les dimensions extérieures et le type d'emboîtement des tuyaux, la fondation, l'espace minimal entre la canalisation et la paroi de la tranchée pour assurer une pose adéquate et un remblayage latéral de bonne compacité, la profondeur de pose de la place disponible pour l'exécution des fouilles, ainsi que la nature des terrains rencontrés, en particulier si les terrassements ne sont pas effectués à l'abri d'un blindage.

Les fouilles pour les vues et les tranchées sont effectuées à l'aide d'une pelle mécanique qui est équipée en retour de l'aval vers l'amont du réseau. Le fonctionnement de la pelle rétro comprend :

- Excaver la surface d'appui.
- Excaver rapidement et avec précision les tranchées à talus vertical.
- Excaver à une profondeur considérable.
- Excaver dans la direction de la machine.

VII.2.3.1 Profondeur de la tranchée :

La profondeur est donnée par la formule suivante :

$$\text{➤ } H = e + d + h$$

Avec :

- H : profondeur de la tranchée en (m).
- e : épaisseur de lait de sable en m. $e = 20$ cm
- d : diamètre de la conduite en (m).
- h : la hauteur du remblai au-dessus de la conduite en (m).

VII.2.3.2 Largeur de la tranchée :

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

$$\text{➤ } B = d + (2 \times 0.3)$$

Avec:

- B : largeur de la tranchée en (m).
- d : diamètre de la conduite en (m).

VII.2.3.3 Aménagement du lit de pose :

Les canalisations seront installées sur un lit de sable d'une épaisseur d'au moins 10 cm. Il sera correctement nivelé en fonction des côtes du profil en long. Il est nécessaire que le lit de pose soit composé de sable avec au moins 12% de particules inférieures à 0,1 mm.

En cas d'instabilité du terrain, il est nécessaire de réaliser des travaux spécifiques tels que l'application d'un béton de propreté ou même des dalles de répétition.

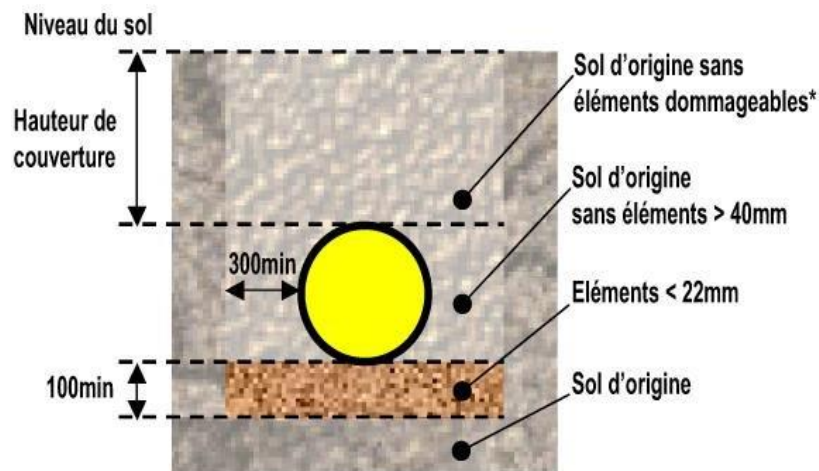


Figure (VII- 1) : Coupe transversale d'une tranchée

VII.2.4 Mise en place des canalisations en tranchée :

En outre, il est important de se conformer à des règles de bonne pratique ; donc il est recommandé :

- Il est préférable d'éviter de placer les tuyaux sur des tasseaux qui concentrent les forces d'écrasement et les font travailler en déformation longitudinale.
- Effectuer une fouille parfaitement rectiligne afin que les tuyaux puissent s'y reposer sur toute leur longueur.
- Pour éviter que les tuyaux ne portent sur le sol, il est nécessaire de creuser le fond de fouille lorsque les tuyaux sont à emboîtement par collet extérieur sur tout leur pourtour.
- Les tuyaux doivent toujours être placés sur des fouilles sèches.
- De retirer tous les éléments durs (pierres massives, crêtes rocheuses, vieilles maçonneries...) qui forment des tasseaux naturels du fond des fouilles.
- En terrain rocheux, il est recommandé d'approfondir la foui de 15 à 20 cm.

En outre, il est nécessaire de suivre des règles de bonne pratique donc il est recommandé de :

- Lorsqu'il s'agit de sols mouvants, marécageux ou organiques, il est recommandé de prévoir un appui en béton, éventuellement sur des pieux, ou de remplacer le sol qui ne tient pas suffisamment.
- En zones où l'eau peut couler ou s'accumuler, il est recommandé de créer un support en matériaux pulvérulents qui garantit un bon drainage.
- Effectuer un appui, si cela est possible dans tous les cas, de sorte que le tuyau repose sur un arc au moins égal au quart de sa circonférence extérieure ; plus le diamètre est élevé, plus la surface d'appui doit être préservée.

source : (KAHLERRAS.D. cours organisation du chantier)



Figure (VII- 2) : Pose de la canalisation

VII.2.5 Assemblage des tuyaux :

Tout d'abord, l'embout mâle est emboîté dans le manchon du tuyau précédent. L'extrémité du tuyau est un peu enfoncée dans l'orifice. Le centrage est plus aisé pour les grands diamètres si l'on ajoute un coin en bois à titre provisoire dans l'ouverture du manchon. Par la suite, les tuyaux peuvent être emboîtés par traction ou poussée.



Figure (VII- 3) : assemblage des tuyaux en béton

VII.2.6 Construction des regards :

En général, les regards ont une forme carrée. Les dimensions des regards diffèrent selon les collecteurs, leurs profondeurs et leurs épaisseurs diffèrent d'un regard à l'autre. Ces regards sont fabriqués sur place en béton armé, mais il est possible d'avoir des regards préfabriqués. Il est nécessaire que les tampons soient munis d'un orifice afin de faciliter leur levage et l'aération de l'égout.

Les différentes étapes d'exécution d'un regard sont les suivantes :

- Mise en place du fond du regard.
- Mise en place de la couche de béton de propreté.
- Peinture du radier de regard.
- Bétonnage du radier.
- Peinture des parois.

- Coffrage des parois.
- Bétonnage des parois.
- Restauration des parois.
- Peinture de la dalle.
- Coffrage de la dalle.
- Bétonnage de la dalle.
- Restauration de la dalle.
- Travaux de remplissage et de compactage des tranchées.

VII.2.7 Essai d'étanchéité des conduites et des joints :

La pression d'épreuve du tronçon de conduite est en règle générale, la pression maximale en service majorée de 50 % lorsqu'elle est inférieure à 10 bars et majorée de 5 bars lorsqu'elle égale ou supérieure à 10 bars. L'épreuve doit être effectuée sur des tronçons d'une longueur maximale de 500 m dans le plus bref délai après la pose en respectant toutefois un délai de 48 heures après le dernier assemblage dans le cas du collage. . **source : (KAHLERRAS.D. cours organisation du chantier)**

VII.3 Choix des engins :

Le choix des engins est très important dans la réalisation des travaux, chaque opération à un engin qui lui convient. **source : (KAHLERRAS.D. cours organisation du chantier)**

- **Pour le décapage de la couche terre :**

Le décapage est une technique de terrassement qui consiste à retirer la couche de terre superficielle. Effectivement, elle est constituée de végétaux et de déchets organiques qui peuvent rendre le futur bâtiment instable. On en retire une épaisseur de 10 cm à 40 cm et on la conserve pour qu'elle puisse être réutilisée lors de l'aménagement du terrain. Effectivement, la terre végétale de haute qualité reste populaire pour les aménagements extérieurs.

Le bulldozer est utilisé lorsque le terrain est extrêmement difficile, mais le meilleur outil pour réaliser ce genre de travaux est la niveleuse.

- **Pour l'excavation de la tranchée :**

Une pelle équipée en rétro est utilisée. Les pelles sont des machines de terrain adaptées à tous les types de sols. Il s'agit d'engins chargés de réaliser les déblais et de les charger. Leur

fonctionnement est discontinu, ce qui signifie que le cycle de travail comprend les périodes suivantes :

- Temps de fouille
- Durée de trajet
- Délai pour le déchargement
- Durée de mise en place de la position de déblais

Ces machines sont très répandues et largement utilisées en raison de leur efficacité et de la qualité du travail qu'elles peuvent fournir.

- **Remblaiement de tranchée :**

Pour les travaux de grande envergure de ce genre, l'outil approprié est le chargeur. Les chargeurs sont des tracteurs dont les bras articulés sont montés à l'avant, actionnés par des vérins et portant un godet.

Dans le cas où les travaux ne sont pas très importants, le rétro chargeur est utilisé.

- **Compactage :**

Pour le compactage on utilisera deux appareils :

Un mini compacteur pour les premiers travaux de compactage ou un rouleur lisse

VII.4 Devis quantitatif et estimatif :

Pour obtenir une estimation du coût de réalisation de notre projet, il est nécessaire de procéder au calcul du devis quantitatif et estimatif. L'objectif de ce calcul est de calculer les quantités de toutes les opérations réalisées sur le terrain pour la réalisation du projet, puis de les multiplier par le prix unitaire associé.

Les diverses tâches réalisées sont classées par ordre chronologique :

L'évacuation de la couche de terre végétale.

La mise en place des tranchées.

La livraison et l'installation du lit de sable.

La livraison et l'installation des tuyaux en PVC

Les regards sont construits en béton armé.

La mise en place des travaux de remblaiement dans la tranchée. — Le déplacement des sols excessifs. **source : (KAHLERRAS.D. cours organisation du chantie**

1- Volume des déblais des tranchées :

$$V_d = B.L.H$$

Avec:

- V_d : Volume des déblais des tranchées en(m³).
- B : Largeur de la couche du tronçon en(m).
- L : Longueur totale de la tranchée en(m).
- H : Profondeur de la tranchée en m

2- Volume du lit de sable :

➤ $V_{ls} = e.L.B$

- e : Épaisseur de la couche de sable en (m).
- B : Largeur de la couche du tronçon en (m).
- L : Longueur totale de la tranchée en (m).

3- Volume occupé par la conduite :

$$V_{condt} = L.\pi.D^2/4 \quad \text{(VII-1)}$$

- V_{cdt} : Volume occupé par les conduites en (m³).
- L : Longueur totale de la tranchée en (m)
- D : Diamètre de la conduite en(m).

4- Volume du remblai :

➤ $V_{exc} = V_f - V_{rem}$

- V_{exc} : Volume du sol excédentaire en(m³).
- V_f : Volume du sol foisonné en(m³) tel que ($V_f = V_{deb}.K_f$)

Kf: Coefficient de foisonnement dépend de la nature du sol, présenté dans le tableau suivant

Tableau (VII- 1) : Coefficient de foisonnement

Terrain	Foisonnement
Argile, limon, sable argileux	1.25
Grave et sable graveleux	1.10
Sols rocheux altérés	1.30
Sol meuble	1.35

Tableau (VII- II) : le devis du projet

N°	Désignation des Travaux	Unité	Quantité	Prixunitaire (DA)	Montant (DA)
A	Travaux de terrassement				
1	Déblai	m ³	10249.5483	250	2562387.075
2	Pose du lit de Sable	m ³	1000 .705	700	700493.5
3	Remblai de Tranchée	m ³	9400.0813	150	1410012.195
4	Evacuation des déblaies Excédentaire	m ³	8070.5411	250	2017635.275
B	Canalisations				
	Canalisations en béton				
1	315	ml	5169	1500	7753500
2	400	ml	177.035	2300	407180.5
3	500	ml	4 93 .831	3100	1530876.1
4	600	ml	360.481	4000	1441924
5	800	ml	384.045	5000	1920225
6	1000	ml	49.04	6500	318760
C	Construction				
	Regard	U	240	60000	14400000
	Déversoir d'orage	U	1	500000	500000
THT					35281753.65
TVA 19%					6703533.193
TTC					13380252.25

IV.5 planifications du projet :

- A. Piquetage.
- B. Décapage de la couche de goudron (si elle existe) ou celle de la végétation.
- C. Exécution des tranchées et des fouilles pour les regards.
- D. Aménagement du lit déposé.
- E. Construction des regards.
- F. La mise en place des canalisations en tranchée.
- G. Constructions des ouvrages annexes (le bassin de retenue, DO).
- H. Assemblage des tuyaux.
- I. Faire les essais d'étanchéité pour les conduites et les joints.
- J. Remblai des tranchées.
- K. Travaux de finition.

Tableau (VII-III) détermination des délais

Opérations	TR	DP		DPP		MT
		CCP	DFP	DCPP	DFPP	
A	15	0	15	0	15	0
B	00	15	15	15	15	0
C	35	15	70	15	70	0
D	25	70	95	125	150	20
E	30	70	150	70	150	0
F	30	70	100	120	150	20
G	25	70	105	115	150	40
H	20	150	175	150	175	0
I	15	175	190	175	190	0
J	20	190	210	190	210	0
K	20	210	230	210	230	0

Avec :

- TR: temps de réalisation du projet.
- DCP : date de commencement au plus tôt des travaux.
- DFP : date de finissement au plus tôt des travaux.

- DCP: date de commencement au plus tard des travaux.
- DFPP : date de finissement au plus tard des travaux
- MT : marge totale de l'exécution du projet.

Le chemin critique est :A-B-C-E-H-I-J-K, avec un temps de réalisation égal à :

$\sum Tr = 140$ jours

Conclusion :

Il a été déterminé que l'organisation de chantier vise à assurer une exécution rapide en utilisant les ressources disponibles tout en garantissant une qualité de travail satisfaisante et en évitant les problèmes financiers occasionnés le coût total de notre projet estimé à 13380252.25 DA, avec une durée de réalisation de 140 jours.

Conclusion Générale

En conclusion, dans ce mémoire, nous avons élaboré un système d'évacuation des eaux usées et pluviales des deux localités feddan el kebir et torech vers un exutoire dans le but de préserver la santé publique et l'environnement. Le processus a débuté par une présentation de la zone d'étude et de ses caractéristiques. Ensuite, une étude hydrologique a été réalisée pour déterminer l'intensité moyenne maximale de 113,02 L/s/ha en utilisant une série pluviométrique ajustée à la GEV.

Le réseau conçu est de type unitaire, avec un schéma d'évacuation par déplacement latéral. Les eaux usées sont dirigées vers un point de rejet qui se décharge dans l'OUED. Pour estimer les débits des eaux usées, nous avons pris en compte les débits domestiques, publics, industriels. Pour les débits pluviaux, la zone d'étude a été divisée en 06 surfaces élémentaires, et la méthode rationnelle a été utilisée.

Les collecteurs choisis sont en PEHD annelé (ϕ 315, 400, 500, 630 mm) et en béton (ϕ 800, 1000), caractérisés par leur étanchéité, facilité de pose, propriétés hydrauliques et résistance mécanique. Pour garantir l'entretien aisé et la sécurité du réseau, un déversoir d'orages de type frontal a été dimensionné en amont de la future station d'épuration (STEP), qui sera installée ultérieurement.

En ce qui concerne les éléments du réseau d'égout, des regards simples de visite ainsi que des regards de chute ont été planifiés.

Enfin, à la suite de l'étude d'organisation de chantier, le coût du projet a été estimé à **13380252.25 DA.** avec une durée de réalisation de **140 jours.**

Liste des planches

Planche 1 : plan de masse de la zone d'étude.

Planche 2 : plan de tracé du réseau de la zone d'étude.

Planche 3 : profil en long de l'intercepteur n :1

Planche 4 : profil en long de l'intercepteur n :2

Planche 5 : Eléments constitutifs du réseau.

Références bibliographiques

TOUAIBIA, B, « Manuel pratique d'hydrologie » 2004.

GOMELLA, C, GUERREE, H., 1986 « Guide d'assainissement dans les Agglomérations urbaines et rurales (tome 1), Eyrolles, Paris.

A. LENCASTRE, « Hydraulique générale », 2008, 5^{ème} Edition, Page : 507- 509.

SALAH Boualem / Polycopies d'assainissement 4 -ème et 5^{ème} année / ENSH 2014.

BEKHOUCHE Ramzi, Mémoire de fin d'études d'assainissement, extension du réseau d'assainissement d'el-karma commune de Boumerdes (W. Boumerdes), ENSH 2017.

BECHIR SELMI, MARC SATIN, REGIS BOURRIER, 4^e édition « Guide technique de L' assainissement.

KAHLERRAS.D. cours organisation du chantier, 4^{ème} année, ENSH2021.

satin et al. (2006).

water environment federation (1970).



ANNEXES

Calculs des débits :

Troncon	L (m)	Qtrancon (m ³ /s)	Qtransite (m ³ /s)	Qt (m ³ /s)
R1-R2	25,71	0,004	0	0,003
R2-R3	25,41	0,004	0,003	0,007
R3-R4	26,04	0,003	0,007	0,011
R5-R6	24,91	0,003	0	0,003
R6-R7	24,9	0,003	0,003	0,007
R7-R8	24,76	0,003	0,007	0,011
R8-R4	29,8	0,004	0,011	0,015
R4-R11	34,76	0,005	0,027	0,032
R9-R10	27,82	0,004	0	0,004
R10-R11	29,29	0,004	0,004	0,008
R11-R12	27,87	0,004	0,041	0,045
R12-R13	30,72	0,004	0,045	0,049
R13-R14	30,04	0,004	0,049	0,054
R14-R15	28,82	0,004	0,054	0,058
R16-R18	32,51	0,004	0	0,004
R17-R18	26,55	0,004	0	0,003
R18-R20	30,02	0,004	0,008	0,013
R19-R20	30,22	0,004	0	0,004
R20-R15	19,98	0,002	0,017	0,020
R15,R33	28,85	0,004	0,075	0,079
R21-R22	26,86	0,004	0	0,004
R23-R22	26,22	0,003	0	0,003
R22-R24	20,3	0,003	0,007	0,011
R24-R26	19,9	0,002	0,011	0,013
R25-R26	35,22	0,005	0	0,005
R26-R29	32,54	0,004	0,019	0,024
R27-R28	26,2	0,003	0	0,003
R28-R29	30,38	0,004	0,003	0,008
R29-R30	31,62	0,004	0,032	0,037
R30-R31	31,63	0,004	0,037	0,042
R31-R32	24,83	0,003	0,042	0,045
R32-R33	24,98	0,003	0,045	0,049
R33-R34	28,94	0,004	0,049	0,053
R34-R35	32,86	0,004	0,053	0,058
R35-R36	34,13	0,005	0,058	0,063
R36-R47	34,17	0,005	0,063	0,069
R37-R38	30,46	0,004	0	0,004

Troncon	L (m)	Qtrancon (m³/s)	Qtransite (m³/s)	Qt (m³/s)
R38-R39	34,04	0,005	0,004	0,009
R39-R40	32,39	0,004	0,009	0,014
R40-R41	29,68	0,004	0,014	0,018
R41-R42	23,41	0,003	0,018	0,022
R42-R43	37,33	0,005	0,022	0,028
R43-R44	22,82	0,003	0,028	0,031
R48-R44	36,22	0,005	0	0,005
R44-R45	31,1	0,004	0,036	0,041
R135-R45	31,09	0,004	0	0,004
R45-R46	22,57	0,003	0,046	0,049
R66-R46	33,22	0,004	0	0,004
R46-R47	22,57	0,003	0,054	0,058
R47-R77	29,08	0,004	0,058	0,062
R49-R50	26,47	0,009	0	0,009
R50-R51	23,49	0,008	0,009	0,018
R51-R56	25,59	0,009	0,018	0,027
R52-R55	33,77	0,012	0	0,012
R53-R55	30,9	0,011	0	0,011
R55-R56	22,85	0,008	0,023	0,032
R56-R59	31,91	0,011	0,060	0,072
R57-RR58	34,12	0,012	0	0,012
R58-R59	31,25	0,011	0,013	0,024
R59-R62	21,3	0,007	0,096	0,104
R60-R61	22,15	0,008	0	0,008
R61-R62	23,39	0,008	0,001	0,016
R62-R65	32,38	0,011	0,12	0,133
R63-R64	24,54	0,009	0	0,009
R64-R65	23,75	0,008	0,001	0,017
R65-R67	31,97	0,011	0,150	0,162
R67-R68	25,35	0,009	0,162	0,172
R68-R76	25,37	0,009	0,172	0,181
R69-R70	22,84	0,008	0	0,008
R70-R71	22,84	0,008	0,008	0,016
R71-R72	26,68	0,009	0,016	0,026
R72-R73	32,28	0,011	0,026	0,038
R73-R74	34,87	0,012	0,038	0,051
R74-R75	31,99	0,011	0,051	0,063
R88-R89	29,59	0,010	0	0,010
R89-R90	30,39	0,011	0,010	0,022
R90-R91	25,19	0,009	0,022	0,031
R91-R92	28,9	0,010	0,031	0,042

Troncon	L (m)	Qtrancon (m³/s)	Qtransite (m³/s)	Qt (m³/s)
R92-R75	19,99	0,007	0,042	0,049
R75-R76	21,13	0,007	0,113	0,120
R76-R77	31,56	0,011	0,302	0,314
R77-R78	30,2	0,011	0,376	0,387
R78-R79	30,18	0,011	0,387	0,398
R79-R80	30,61	0,011	0,398	0,410
R80-R81	31,85	0,011	0,410	0,421
R93-R94	27,24	0,006	0	0,006
R94-R95	25,78	0,005	0,006	0,012
R95-R96	31,42	0,007	0,012	0,019
R96-R97	32,02	0,007	0,019	0,026
R97-R98	30,26	0,006	0,026	0,033
R98-R99	29,12	0,006	0,033	0,040
R100-R101	25,71	0,005	0	0,005
R101-R102	36,29	0,008	0,005	0,014
R102-R103	28,84	0,006	0,014	0,020
R103-R104	33,51	0,007	0,020	0,028
R104-R105	29,57	0,006	0,028	0,035
R105-R106	29,56	0,006	0,035	0,042
R106-R99	25,89	0,005	0,042	0,048
R99-R81	34,1	0,007	0,088	0,096
R81-R82	29,51	0,006	0,518	0,525
R82-R83	34,72	0,007	0,525	0,533
R83-R84	30,95	0,007	0,533	0,540
R84-R85	35,19	0,008	0,540	0,548
R85-R86	33,56	0,007	0,548	0,556
R86-R87	34,87	0,008	0,556	0,564
R107-R108	31,65	0,007	0	0,007
R108-R109	30,3	0,006	0,007	0,014
R109-R110	18,18	0,004	0,014	0,018
R110-R111	31,2	0,007	0,018	0,025
R111-R112	33,17	0,007	0,025	0,033
R112-R113	20,66	0,004	0,033	0,037
R114-R115	28,65	0,006	0	0,006
R115-R116	28,42	0,006	0,006	0,013
R116-R117	30,07	0,006	0,013	0,020
R117-R118	30,47	0,007	0,020	0,027
R118-R113	33,48	0,007	0,027	0,034
R113-R119	25,95	0,005	0,072	0,078
R119-R120	32,6	0,007	0,078	0,086
R120-R126	33,47	0,007	0,086	0,093

Troncon	L (m)	Qtrancon (m³/s)	Qtransite (m³/s)	Qt (m³/s)
R122-R123	29,81	0,006	0,006	0,013
R123-R124	31,7	0,007	0,013	0,021
R124-R125	25,6	0,005	0,021	0,026
R125-R126	34,62	0,007	0,026	0,034
R126-R132	32,61	0,007	0,128	0,136
R127-R128	28,39	0,006	0	0,006
R128-R129	25,96	0,005	0,006	0,012
R129-R130	35,86	0,008	0,012	0,020
R130-R131	33,43	0,007	0,020	0,028
R131-R132	19,7	0,004	0,028	0,032
R132-R133	32,1	0,007	0,169	0,176
R133-R134	34,35	0,007	0,176	0,184
R134-R87	34,38	0,007	0,184	0,192
R87-R239	35,3	0,008	0,756	0,764
R239-R240	32,73	0,007	0,764	0,772
R136-R137	31,78	0,017	0	0,017
R137-R140	23,65	0,012	0,017	0,030
R138-R139	35,23	0,019	0	0,019
R139-R140	29,569	0,016	0,019	0,035
R140-R143	24,56	0,013	0,065	0,078
R141-R142	35,437	0,019	0	0,019
R142-R143	25,11	0,013	0,019	0,032
R143-R144	21,945	0,011	0,111	0,123
R144-R145	21,65	0,011	0,123	0,135
R145-T146	21,54	0,011	0,135	0,146
R146-R160	35	0,019	0,146	0,165
R147-R148	23,92	0,012	0	0,012
148-R151	24,896	0,013	0,012	0,026
R149-R150	22,37	0,012	0	0,012
R150-R151	21,63	0,011	0,012	0,023
R151-R152	18,25	0,009	0,050	0,060
R152-R153	14,64	0,007	0,060	0,068
R153-R157	20,07	0,010	0,068	0,079
R157-R165	20,1	0,010	0,079	0,090
R154-R155	24,7	0,013	0	0,013
R155-R156	27,45	0,014	0,013	0,028
R156-R158	31,78	0,017	0,028	0,045
R158-R159	32,6	0,017	0,045	0,063
R159-R160	29,14	0,015	0,063	0,079
R160-R161	15,96	0,008	0,244	0,253
R161-R162	9,44	0,005	0,253	0,258

Troncon	L (m)	Qtrancon (m³/s)	Qtransite (m³/s)	Qt (m³/s)
R162-R163	30,48	0,016	0,258	0,275
R163-R164	21,83	0,011	0,275	0,287
R164-R165	21,84	0,011	0,287	0,299
R165-R168	33,146	0,017	0,389	0,407
R166-R167	26,62	0,014	0	0,014
R167-R168	26,5	0,014	0,014	0,028
R169-R170	22,8	0,012	0	0,012
R170-R171	20,42	0,011	0,012	0,023
R171-R174	18	0,009	0,023	0,033
R172-R173	18	0,009	0	0,009
R173,R174	22,55	0,012	0,009	0,022
R174-R175	20,4	0,011	0,022	0,033
R175-R177	20,4	0,011	0,033	0,044
R176-R177	30,2	0,016	0	0,016
R177-R178	25,6	0,013	0,049	0,063
R178-R179	25,25	0,013	0,063	0,077
R179-R180	26,8	0,014	0,077	0,091
R180-R181	26,86	0,014	0,091	0,106
R181-R168	21,9	0,011	0,106	0,118
R168-R182	28,09	0,015	0,554	0,569
R182-R183	19,69	0,010	0,569	0,580
R183-R184	37,34	0,020	0,580	0,600
R184-R185	31,8	0,017	0,600	0,617
R186-R187	32,3	0,017	0	0,017
R187-R188	29,05	0,015	0,017	0,033
R188-R189	28,85	0,015	0,033	0,048
R189-R190	28,86	0,015	0,048	0,064
R190-R185	31,05	0,016	0,064	0,081
R185-R54	20,79	0,023	0,699	0,722
R54-R193	19,5	0,022	0,722	0,745
R191-R192	21,85	0,025	0	0,025
R192-R193	22,52	0,025	0,025	0,051
R193-R196	30,721	0,035	0,796	0,831
R194-R195	20,85	0,023	0	0,023
R195-R196	20,8	0,023	0,023	0,047
R196-R199	32,083	0,036	0,879	0,916
R197-R198	20,8	0,023	0	0,023
R198-R199	21,3	0,024	0,023	0,048
R199-R205	30,5	0,035	0,964	1,000
R200-R201	19,99	0,022	0	0,022
R201-R205	20,03	0,023	0,022	0,046

Troncon	L (m)	Qtrancon (m³/s)	Qtransite (m³/s)	Qt (m³/s)
R202-R203	32,9	0,037	0	0,037
R203-R204	30,46	0,035	0,037	0,072
R204-R205	33,6	0,038	0,072	0,111
R205-R207	32,3	0,006	1,157	1,164
R206-R207	29	0,005	0	0,005
R207-R209	26,5	0,005	1,170	1,175
R208-R209	29	0,005	0	0,005
R209-R217	28,9	0,005	1,181	1,187
R210-R212	30,45	0,006	0	0,006
R211-R212	27,9	0,005	0	0,005
R212-R213	30,46	0,006	0,011	0,018
R213-R214	30,9	0,006	0,018	0,024
R214-R215	31,82	0,006	0,024	0,031
R215-R216	32,3	0,006	0,031	0,037
R216-R217	32,65	0,006	0,037	0,044
R217-R218	33,48	0,006	1,187	1,194
R218-R219	25,7	0,047	1,194	1,241
R219-R220	25,75	0,047	1,241	1,288
R220-R221	33,75	0,061	1,288	1,350
R221-R222	32,35	0,059	1,350	1,409
R222-R223	32,3	0,059	1,409	1,468
R223-R224	30,25	0,055	1,468	1,523
R224-R225	32,85	0,060	1,523	1,583
R225-R226	31,552	0,057	1,583	1,641
R226-R227	25,919	0,047	1,641	1,689
R227-R228	28,815	0,052	1,689	1,741
R228-R229	51,15	0,093	1,741	1,835
R229-R229-1	24,65	0,045	1,835	1,880
R229-1-R230	24,87	0,045	1,880	1,926
R230-R231	29,43	0,053	1,926	1,979
R231-R232	33,61	0,061	1,979	2,041
R232-R233	31,39	0,057	2,041	2,098
R233-R234	32,86	0,060	2,098	2,159
R234-R235	31,04	0,056	2,159	2,215
R235-R236	30,15	0,055	2,215	2,271
R236-R237	31,71	0,058	2,271	2,329
R237-R238	35,21	0,064	2,329	2,393
R238-R240	30,55	0,055	2,393	2,449
R240-rejet	17,65	0,032	2,824	2,856

Tronçon	L (m)	I (m/m)	Qt (m ³ /s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m ³ /s)	Rq	Rv	Rh	V (m/s)	Vmin (m/s)	H (mm)	Condition
R1-R2	25,71	0,04	0,003	60,35	315	4,05	0,315	0,01	0,315	0,08	1,276	0,729	0,025	vérifie
R2-R3	25,41	0,048	0,007	78,15	315	4,04	0,31	0,02	0,411	0,11	1,659	1,275	0,034	vérifie
R3-R4	26,04	0,084	0,011	82,08	315	5,35	0,42	0,03	0,432	0,11	2,312	1,968	0,036	vérifie
R5-R6	24,91	0,034	0,003	63,73	315	3,39	0,26	0,01	0,332	0,08	1,128	0,611	0,027	vérifie
R6-R7	24,9	0,040	0,007	80,22	315	3,67	0,29	0,03	0,422	0,11	1,550	1,186	0,035	vérifie
R7-R8	24,76	0,040	0,011	93,25	315	3,67	0,29	0,04	0,490	0,13	1,799	1,548	0,042	vérifie
R8-R4	29,8	0,048	0,015	102,16	315	4,04	0,31	0,05	0,530	0,15	2,143	1,914	0,047	vérifie
R4-R11	34,76	0,033	0,032	143,51	315	3,38	0,26	0,12	0,667	0,24	2,257	2,161	0,075	vérifie
R9-R10	27,82	0,045	0,004	62,96	315	3,91	0,30	0,01	0,328	0,08	1,286	0,705	0,026	vérifie
R10-R11	29,29	0,047	0,008	81,63	315	4,02	0,31	0,03	0,430	0,11	1,727	1,308	0,036	vérifie

Tronçon	L (m)	I (m/m)	Qt (m ³ /s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m ³ /s)	Rq	Rv	Rh	V (m/s)	Vmin (m/s)	H (mm)	Condition
R12-R13	30,72	0,047	0,049	158,19	315	4,00	0,31	0,14	0,692	0,25	2,769	2,769	0,080	vérifie
R13-R14	30,04	0,048	0,054	163,09	315	4,03	0,31	0,17	0,740	0,28	2,979	2,894	0,088	vérifie
R14-R15	28,82	0,020	0,058	196,88	315	2,63	0,20	0,29	0,868	0,36	2,284	2,239	0,115	vérifie
R16-R18	32,51	0,049	0,004	65,65	315	4,09	0,32	0,02	0,343	0,09	1,402	0,737	0,028	vérifie
R17-R18	26,55	0,031	0,003	66,34	315	3,25	0,25	0,02	1,131	0,09	4,010	0,585	0,028	vérifie
R18-R20	30,02	0,046	0,013	96,98	315	3,96	0,31	0,04	0,507	0,14	2,010	1,734	0,044	vérifie
R19-R20	30,22	0,021	0,004	74,78	315	2,69	0,21	0,02	0,392	0,10	1,054	0,484	0,032	vérifie
R20-R15	19,98	0,046	0,020	114,63	315	3,97	0,31	0,07	0,578	0,17	2,293	2,200	0,055	vérifie
R15,R33	28,85	0,047	0,079	188,25	315	4,02	0,31	0,25	0,841	0,34	3,381	3,324	0,107	vérifie
R21-R22	26,86	0,043	0,004	62,61	315	3,84	0,30	0,01	0,327	0,08	1,253	0,691	0,026	vérifie
R23-R22	26,22	0,040	0,003	63,06	315	3,67	0,29	0,01	0,329	0,08	1,209	0,661	0,026	vérifie

Tronçon	L (m)	I (m/m)	Qt (m ³ /s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m ³ /s)	Rq	Rv	Rh	V (m/s)	Vmin (m/s)	H (mm)	Condition
R22-R24	20,3	0,049	0,011	88,99	315	4,10	0,32	0,03	1,140	0,13	4,679	1,700	0,040	vérifie
R24-R26	19,9	0,049	0,013	97,67	315	4,07	0,32	0,04	0,511	0,14	2,079	1,913	0,044	vérifie
R25-R26	35,22	0,010	0,005	91,35	315	1,84	0,14	0,04	0,480	0,13	0,882	0,331	0,041	vérifie
R26-R29	32,54	0,047	0,024	120,85	315	3,98	0,31	0,08	0,598	0,19	2,384	2,252	0,059	vérifie
R27-R28	26,2	0,027	0,003	67,72	315	3,04	0,24	0,02	0,354	0,09	1,073	0,546	0,029	vérifie
R28-R29	30,38	0,015	0,008	101,13	315	2,25	0,18	0,05	0,526	0,15	1,184	0,894	0,046	vérifie
R29-R30	31,62	0,050	0,037	140,60	315	4,12	0,32	0,12	0,658	0,23	2,709	2,621	0,073	vérifie
R30-R31	31,63	0,048	0,042	148,00	315	4,05	0,32	0,13	0,682	0,25	2,761	2,674	0,078	vérifie
R31-R32	24,83	0,042	0,045	156,82	315	3,77	0,29	0,16	0,715	0,27	2,698	2,628	0,084	vérifie
R32-R33	24,98	0,012	0,049	204,45	315	2,01	0,16	0,32	0,889	0,38	1,790	1,757	0,121	vérifie
R33-R34	28,94	0,046	0,053	163,66	315	3,96	0,31	0,17	0,742	0,28	2,941	2,860	0,089	vérifie

Tronçon	L (m)	I (m/m)	Qt (m ³ /s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m ³ /s)	Rq	Rv	Rh	V (m/s)	Vmin (m/s)	H (mm)	Condition
R34-R35	32,86	0,050	0,058	166,83	315	4,11	0,32	0,18	0,755	0,29	3,104	3,012	0,091	vérifie
R35-R36	34,13	0,047	0,063	174,00	315	3,99	0,31	0,21	0,785	0,31	3,135	3,046	0,096	vérifie
R36-R47	34,17	0,034	0,069	189,63	315	3,43	0,27	0,26	0,845	0,34	2,898	2,832	0,108	vérifie
R37-R38	30,46	0,040	0,004	66,49	315	3,71	0,29	0,02	0,347	0,09	1,286	0,667	0,028	vérifie
R38-R39	34,04	0,052	0,009	84,14	315	4,19	0,33	0,03	0,443	0,12	1,856	1,388	0,037	vérifie
R39-R40	32,39	0,044	0,014	100,78	315	3,89	0,30	0,05	0,525	0,15	2,040	1,772	0,046	vérifie
R40-R41	29,68	0,018	0,018	132,18	315	2,46	0,19	0,10	0,632	0,21	1,559	1,465	0,067	vérifie
R41-R42	23,41	0,044	0,022	118,73	315	3,89	0,30	0,07	0,592	0,18	2,301	2,204	0,058	vérifie
R42-R43	37,33	0,041	0,028	131,21	315	3,72	0,29	0,10	0,630	0,21	2,342	2,225	0,066	vérifie
R43-R44	22,82	0,049	0,031	132,03	315	4,10	0,32	0,10	0,632	0,21	2,594	2,526	0,067	vérifie
R48-R44	36,22	0,038	0,005	71,87	315	3,58	0,28	0,02	0,376	0,10	1,347	0,645	0,031	vérifie

Tronçon	L (m)	I (m/m)	Qt (m ³ /s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m ³ /s)	Rq	Rv	Rh	V (m/s)	Vmin (m/s)	H (mm)	Condition
R44-R45	31,1	0,046	0,041	148,31	315	3,97	0,31	0,13	0,684	0,25	2,717	2,631	0,078	vérifie
R135-R45	31,09	0,046	0,004	65,27	315	3,97	0,31	0,02	0,340	0,09	1,353	0,715	0,028	vérifie
R45-R46	22,57	0,050	0,049	156,47	315	4,11	0,32	0,16	0,713	0,27	2,934	2,871	0,084	vérifie
R66-R46	33,22	0,040	0,004	68,88	315	3,68	0,29	0,02	0,360	0,09	1,324	0,662	0,029	vérifie
R46-R47	22,57	0,010	0,058	220,79	315	1,92	0,15	0,39	0,931	0,43	1,785	1,760	0,136	vérifie
R47-R77	29,08	0,032	0,062	185,39	315	3,29	0,26	0,24	0,830	0,33	2,729	2,667	0,105	vérifie
R49-R50	26,47	0,055	0,009	83,58	315	4,32	0,34	0,03	0,440	0,12	1,899	0,777	0,037	vérifie
R50-R51	23,49	0,047	0,018	108,96	315	4,02	0,31	0,06	0,558	0,16	2,241	1,816	0,051	vérifie
R51-R56	25,59	0,042	0,027	130,14	315	3,78	0,29	0,09	0,626	0,21	2,370	2,145	0,066	vérifie
R52-R55	33,77	0,048	0,012	93,97	315	4,03	0,31	0,04	0,493	0,13	1,987	0,725	0,042	vérifie
R53-R55	30,9	0,056	0,011	88,19	315	4,37	0,34	0,03	0,464	0,12	2,028	0,786	0,039	vérifie

Tronçon	L (m)	I (m/m)	Qt (m ³ /s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m ³ /s)	Rq	Rv	Rh	V (m/s)	Vmin (m/s)	H (mm)	Condition
R55-R56	22,85	0,052	0,032	132,35	315	4,19	0,33	0,10	0,633	0,21	2,652	2,471	0,067	vérifie
R56-R59	31,91	0,049	0,072	180,45	315	4,08	0,32	0,23	0,812	0,32	3,314	3,118	0,101	vérifie
R57-RR58	34,12	0,015	0,012	117,37	315	2,25	0,18	0,07	0,587	0,18	1,322	0,405	0,057	vérifie
R58-R59	31,25	0,049	0,024	119,78	315	4,08	0,32	0,08	0,595	0,19	2,430	2,012	0,058	vérifie
R59-R62	21,3	0,055	0,104	202,66	315	4,33	0,34	0,31	0,885	0,38	3,829	3,758	0,120	vérifie
R60-R61	22,15	0,056	0,008	77,97	315	4,35	0,34	0,02	0,410	0,11	1,781	0,783	0,034	vérifie
R61-R62	23,39	0,010	0,016	141,12	315	1,84	0,14	0,12	0,660	0,23	1,212	1,016	0,073	vérifie
R62-R65	32,38	0,046	0,133	229,78	315	3,95	0,31	0,43	0,957	0,46	3,784	3,690	0,145	vérifie
R63-R64	24,54	0,010	0,009	111,92	315	1,84	0,14	0,06	0,569	0,17	1,045	0,331	0,053	vérifie
R64-R65	23,75	0,010	0,017	144,26	315	1,84	0,14	0,12	0,670	0,24	1,231	1,045	0,075	vérifie
R65-R67	31,97	0,055	0,162	239,53	315	4,33	0,34	0,48	0,990	0,49	4,283	4,185	0,154	vérifie

Tronçon	L (m)	I (m/m)	Qt (m ³ /s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m ³ /s)	Rq	Rv	Rh	V (m/s)	Vmin (m/s)	H (mm)	Condition
R67-R68	25,35	0,045	0,172	254,43	315	3,90	0,30	0,57	1,036	0,54	4,037	3,979	0,169	vérifie
R68-R76	25,37	0,047	0,181	256,73	315	4,01	0,31	0,58	1,041	0,54	4,179	4,126	0,171	vérifie
R69-R70	22,84	0,020	0,008	95,67	315	2,60	0,20	0,04	0,501	0,14	1,303	0,468	0,043	vérifie
R70-R71	22,84	0,025	0,016	118,98	315	2,90	0,23	0,07	0,593	0,18	1,721	1,401	0,058	vérifie
R71-R72	26,68	0,049	0,026	124,43	315	4,08	0,32	0,08	0,609	0,20	2,489	2,210	0,062	vérifie
R72-R73	32,28	0,045	0,038	145,17	315	3,91	0,30	0,13	0,673	0,24	2,634	2,409	0,076	vérifie
R73-R74	34,87	0,043	0,051	162,86	315	3,84	0,30	0,17	0,739	0,28	2,838	2,597	0,088	vérifie
R74-R75	31,99	0,046	0,063	173,80	315	3,97	0,31	0,21	0,785	0,31	3,115	2,902	0,096	vérifie
R88-R89	29,59	0,048	0,010	89,25	315	4,05	0,32	0,03	0,470	0,13	1,903	0,729	0,040	vérifie
R89-R90	30,39	0,050	0,022	115,71	315	4,11	0,32	0,07	0,582	0,18	2,390	1,920	0,056	vérifie
R90-R91	25,19	0,053	0,031	130,36	315	4,25	0,33	0,10	0,627	0,21	2,662	2,450	0,066	vérifie

Tronçon	L (m)	I (m/m)	Qt (m ³ /s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m ³ /s)	Rq	Rv	Rh	V (m/s)	Vmin (m/s)	H (mm)	Condition
R91-R92	28,9	0,055	0,042	144,60	315	4,31	0,34	0,13	0,671	0,24	2,893	2,695	0,076	vérifie
R92-R75	19,99	0,040	0,049	163,13	315	3,67	0,29	0,17	0,740	0,28	2,720	2,581	0,088	vérifie
R75-R76	21,13	0,038	0,120	229,02	315	3,62	0,28	0,43	0,955	0,46	3,459	3,398	0,144	vérifie
R76-R77	31,56	0,050	0,314	311,75	400	4,85	0,61	0,52	1,010	0,51	4,897	4,842	0,203	vérifie
R77-R78	30,2	0,020	0,387	398,47	400	3,11	0,39	0,99	1,142	0,80	3,553	3,546	0,320	vérifie
R78-R79	30,18	0,047	0,398	345,70	400	4,68	0,59	0,68	1,070	0,60	5,004	4,981	0,240	vérifie
R79-R80	30,61	0,049	0,410	345,98	400	4,80	0,60	0,68	1,071	0,60	5,137	5,114	0,240	vérifie
R80-R81	31,85	0,047	0,421	352,39	400	4,70	0,59	0,71	1,080	0,62	5,079	5,051	0,249	vérifie
R93-R94	27,24	0,051	0,006	71,75	315	4,15	0,32	0,02	0,375	0,10	1,558	0,747	0,031	vérifie
R94-R95	25,78	0,047	0,012	93,30	315	4,01	0,31	0,04	0,490	0,13	1,964	1,525	0,042	vérifie
R95-R96	31,42	0,048	0,019	110,87	315	4,03	0,31	0,06	0,565	0,17	2,276	1,971	0,053	vérifie

Tronçon	L (m)	I (m/m)	Qt (m ³ /s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m ³ /s)	Rq	Rv	Rh	V (m/s)	Vmin (m/s)	H (mm)	Condition
R97-R98	30,26	0,044	0,033	138,69	315	3,85	0,30	0,11	0,652	0,23	2,513	2,380	0,071	vérifie
R98-R99	29,12	0,048	0,040	145,69	315	4,05	0,32	0,13	0,675	0,24	2,732	2,609	0,076	vérifie
R100-R101	25,71	0,021	0,005	82,41	315	2,71	0,21	0,03	0,434	0,11	1,174	0,487	0,036	vérifie
R101-R102	36,29	0,052	0,014	97,31	315	4,19	0,33	0,04	0,509	0,14	2,132	1,532	0,044	vérifie
R102-R103	28,84	0,055	0,020	111,01	315	4,32	0,34	0,06	0,565	0,17	2,443	2,177	0,053	vérifie
R103-R104	33,51	0,050	0,028	127,26	315	4,11	0,32	0,09	0,618	0,20	2,538	2,354	0,064	vérifie
R104-R105	29,57	0,047	0,035	139,14	315	4,01	0,312	0,11	0,653	0,23	2,619	2,491	0,072	vérifie
R105-R106	29,56	0,052	0,042	145,96	315	4,21	0,33	0,13	0,675	0,24	2,841	2,716	0,077	vérifie
R106-R99	25,89	0,057	0,048	150,87	315	4,39	0,34	0,14	0,693	0,25	3,043	2,933	0,080	vérifie
R99-R81	34,1	0,049	0,096	201,21	315	4,08	0,32	0,30	0,881	0,38	3,596	3,522	0,118	vérifie
R81-R82	29,51	0,050	0,525	379,02	400	4,82	0,61	0,87	1,134	0,72	5,464	5,452	0,287	vérifie

Tronçon	L (m)	I (m/m)	Qt (m ³ /s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m ³ /s)	Rq	Rv	Rh	V (m/s)	Vmin (m/s)	H (mm)	Condition
R83-R84	30,95	0,049	0,540	384,23	400	4,78	0,60	0,90	1,139	0,74	5,441	5,436	0,295	vérifie
R84-R85	35,19	0,049	0,548	386,08	400	4,79	0,60	0,91	1,139	0,74	5,455	5,451	0,298	vérifie
R85-R86	33,56	0,048	0,556	389,30	400	4,75	0,60	0,93	1,139	0,76	5,412	5,411	0,303	vérifie
R86-R87	34,87	0,050	0,564	389,32	400	4,82	0,61	0,93	1,139	0,76	5,489	5,489	0,303	vérifie
R107-R108	31,65	0,010	0,007	102,08	315	1,88	0,147	0,05	0,530	0,15	0,998	0,339	0,047	vérifie
R108-R109	30,3	0,048	0,014	98,45	315	4,06	0,32	0,05	0,514	0,14	2,087	1,630	0,045	vérifie
R109-R110	18,18	0,042	0,018	111,51	315	3,77	0,29	0,06	0,567	0,17	2,136	1,983	0,053	vérifie
R110-R111	31,2	0,010	0,025	165,10	315	1,84	0,14	0,18	0,748	0,29	1,375	1,241	0,090	vérifie
R111-R112	33,17	0,042	0,033	139,11	315	3,77	0,29	0,11	0,653	0,23	2,460	2,314	0,072	vérifie
R112-R113	20,66	0,040	0,037	147,26	315	3,70	0,29	0,13	0,680	0,25	2,514	2,427	0,077	vérifie
R114-R115	28,65	0,040	0,006	76,35	315	3,70	0,288	0,02	0,401	0,11	1,481	0,666	0,033	vérifie

Tronçon	L (m)	I (m/m)	Qt (m ³ /s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m ³ /s)	Rq	Rv	Rh	V (m/s)	Vmin (m/s)	H (mm)	Condition
R115-R116	28,42	0,010	0,013	128,26	315	1,85	0,14	0,09	0,621	0,20	1,146	0,954	0,064	vérifie
R116-R117	30,07	0,073	0,020	103,53	315	4,99	0,39	0,05	0,536	0,15	2,677	2,321	0,048	vérifie
R117-R118	30,47	0,057	0,027	121,61	315	4,39	0,34	0,08	0,601	0,19	2,635	2,442	0,060	vérifie
R118-R113	33,48	0,053	0,034	135,23	315	4,25	0,33	0,11	0,642	0,22	2,724	2,570	0,069	vérifie
R113-R119	25,95	0,052	0,078	184,33	315	4,21	0,33	0,24	0,827	0,33	3,479	3,392	0,104	vérifie
R119-R120	32,6	0,059	0,086	186,07	315	4,50	0,35	0,25	0,833	0,33	3,745	3,638	0,106	vérifie
R120-R126	33,47	0,025	0,093	225,83	315	2,92	0,23	0,41	0,945	0,45	2,762	2,703	0,141	vérifie
R121-R122	30,05	0,054	0,006	73,52	315	4,29	0,33	0,02	0,385	0,10	1,652	0,772	0,032	vérifie
R122-R123	29,81	0,018	0,013	117,17	315	2,46	0,19	0,07	0,587	0,18	1,446	1,173	0,057	vérifie
R123-R124	31,7	0,051	0,021	112,83	315	4,17	0,32	0,06	0,572	0,17	2,384	2,101	0,054	vérifie
R124-R125	25,6	0,052	0,026	123,54	315	1,45	0,11	0,14	0,692	0,25	1,003	1,003	0,080	vérifie

Tronçon	L (m)	I (m/m)	Qt (m ³ /s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m ³ /s)	Rq	Rv	Rh	V (m/s)	Vmin (m/s)	H (mm)	Condition
R125-R126	34,62	0,049	0,034	137,61	315	4,07	0,32	0,11	0,649	0,22	2,641	2,486	0,071	vérifie
R126-R132	32,61	0,016	0,136	281,38	315	2,36	0,18	0,74	1,090	0,64	2,571	2,540	0,201	vérifie
R127-R128	28,39	0,035	0,006	78,20	315	3,44	0,27	0,02	0,411	0,11	1,412	0,619	0,034	vérifie
R128-R129	25,96	0,034	0,012	100,03	315	3,41	0,27	0,05	1,131	0,15	4,010	1,406	0,04	vérifie
R129-R130	35,86	0,048	0,020	113,56	315	4,04	0,31	0,07	0,574	0,17	2,320	1,990	0,054	vérifie
R130-R131	33,43	0,030	0,028	139,32	315	3,21	0,25	0,11	0,654	0,23	2,098	1,949	0,072	vérifie
R131-R132	19,7	0,043	0,032	137,54	315	3,85	0,30	0,11	0,649	0,22	2,496	2,411	0,071	vérifie
R132-R133	32,1	0,160	0,176	202,54	315	7,35	0,57	0,31	0,884	0,38	5,498	5,434	0,120	vérifie
R133-R134	34,35	0,043	0,184	537,00	600	1,90	0,54	0,34	0,905	0,40	1,720	1,704	0,242	vérifie
R134-R87	34,38	0,060	0,192	150,00	315	1,59	0,12	1,55	1.350	0.60	2.400	2.551	0.213	vérifie
R87-R239	35,3	0,055	0,764	277,00	315	4,31	0,34	2,28	0.624	0.21	2.580	2.300	0.070	vérifie

Tronçon	L (m)	I (m/m)	Qt (m ³ /s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m ³ /s)	Rq	Rv	Rh	V (m/s)	Vmin (m/s)	H (mm)	Condition
R239-R240	32,73	0,050	0,772	437,65	500	5,60	1,10	0,70	1,077	0,61	5,031	5,020	0,307	vérifie
R136-R137	31,78	0,056	0,017	195,00	315	4,36	0,34	0,05	0,534	0,15	2,329	0,785	0,048	vérifie
R137-R140	23,65	0,050	0,030	129,43	315	4,13	0,32	0,09	0,624	0,21	2,580	2,242	0,065	vérifie
R138-R139	35,23	0,040	0,019	113,08	315	3,77	0,29	0,07	0,573	0,17	2,157	0,678	0,054	vérifie
R139-R140	29,569	0,038	0,035	144,45	315	3,60	0,28	0,13	0,670	0,24	2,417	2,088	0,075	vérifie
R140-R143	24,56	0,048	0,078	187,37	315	4,03	0,31	0,25	0,838	0,34	3,372	3,174	0,107	vérifie
R141-R142	35,437	0,048	0,019	110,49	315	4,03	0,31	0,06	0,563	0,17	2,270	0,725	0,052	vérifie
R142-R143	25,11	0,053	0,032	132,44	315	4,25	0,33	0,10	0,633	0,21	2,688	2,358	0,067	vérifie
R143-R144	21,945	0,046	0,123	223,31	315	3,96	0,31	0,40	0,938	0,44	3,711	3,623	0,139	vérifie
R144-R145	21,65	0,032	0,135	247,73	315	3,29	0,26	0,53	1,017	0,51	3,341	3,251	0,162	vérifie
R145-T146	21,54	0,042	0,146	242,32	315	3,79	0,30	0,50	0,999	0,50	3,784	3,688	0,157	vérifie

Tronçon	L (m)	I (m/m)	Qt (m ³ /s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m ³ /s)	Rq	Rv	Rh	V (m/s)	Vmin (m/s)	H (mm)	Condition
R146-R160	35	0,045	0,165	250,48	315	3,92	0,31	0,54	1,025	0,52	4,014	3,872	0,165	vérifie
R147-R148	23,92	0,020	0,012	112,40	315	2,60	0,20	0,06	0,570	0,17	1,482	0,468	0,053	vérifie
148-R151	24,896	0,049	0,026	123,82	315	4,10	0,32	0,08	0,608	0,19	2,489	2,036	0,061	vérifie
R149-R150	22,37	0,029	0,012	101,65	315	3,18	0,25	0,05	0,528	0,15	1,678	0,572	0,047	vérifie
R150-R151	21,63	0,050	0,023	118,74	315	4,13	0,32	0,07	0,592	0,18	2,443	1,999	0,058	vérifie
R151-R152	18,25	0,050	0,060	168,35	315	4,11	0,32	0,19	0,762	0,29	3,130	2,946	0,092	vérifie
R152-R153	14,64	0,050	0,068	176,35	315	4,11	0,32	0,21	0,795	0,31	3,266	3,130	0,098	vérifie
R153-R157	20,07	0,050	0,079	186,42	315	4,11	0,32	0,25	0,834	0,34	3,427	3,266	0,106	vérifie
R157-R165	20,1	0,050	0,090	195,67	315	4,11	0,32	0,28	0,865	0,36	3,553	3,427	0,114	vérifie
R154-R155	24,7	0,018	0,013	116,03	315	2,46	0,19	0,07	0,583	0,18	1,437	0,444	0,056	vérifie
R155-R156	27,45	0,043	0,028	130,20	315	3,83	0,30	0,09	0,627	0,21	2,398	1,967	0,066	vérifie

Tronçon	L (m)	I (m/m)	Qt (m ³ /s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m ³ /s)	Rq	Rv	Rh	V (m/s)	Vmin (m/s)	H (mm)	Condition
R158-R159	32,6	0,048	0,063	172,72	315	4,03	0,31	0,20	0,780	0,30	3,140	2,815	0,095	vérifie
R159-R160	29,14	0,032	0,079	202,63	315	3,29	0,26	0,31	0,884	0,38	2,907	2,741	0,120	vérifie
R160-R161	15,96	0,043	0,253	296,77	315	3,81	0,30	0,85	1,131	0,71	4,310	4,276	0,224	vérifie
R161-R162	9,44	0,047	0,258	294,06	315	3,98	0,31	0,83	1,125	0,70	4,482	4,459	0,220	vérifie
R162-R163	30,48	0,010	0,275	402,30	500	2,50	0,49	0,56	1,033	0,53	2,583	2,541	0,266	vérifie
R163-R164	21,83	0,010	0,287	408,71	500	2,50	0,49	0,59	1,043	0,55	2,608	2,583	0,273	vérifie
R164-R165	21,84	0,010	0,299	414,96	500	2,50	0,49	0,61	1,051	0,56	2,629	2,608	0,279	vérifie
R165-R168	33,146	0,049	0,407	345,15	400	4,79	0,60	0,68	1,070	0,60	5,127	5,090	0,239	vérifie
R166-R167	26,62	0,030	0,014	108,43	315	3,18	0,25	0,06	0,556	0,16	1,769	0,573	0,051	vérifie
R167-R168	26,5	0,049	0,028	127,94	315	4,08	0,32	0,09	0,620	0,20	2,532	2,106	0,064	vérifie
R169-R170	22,8	0,043	0,012	95,46	315	3,83	0,30	0,04	0,500	0,14	1,915	0,689	0,043	vérifie

Tronçon	L (m)	I (m/m)	Qt (m ³ /s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m ³ /s)	Rq	Rv	Rh	V (m/s)	Vmin (m/s)	H (mm)	Condition
R170-R171	20,42	0,044	0,023	120,88	315	3,87	0,30	0,08	0,599	0,19	2,314	1,928	0,059	vérifie
R171-R174	18	0,050	0,033	134,65	315	4,11	0,32	0,10	0,640	0,22	2,628	2,423	0,069	vérifie
R172-R173	18	0,047	0,009	86,00	315	3,99	0,31	0,03	0,453	0,12	1,808	0,719	0,038	vérifie
R173,R174	22,55	0,041	0,022	119,69	315	3,72	0,290	0,08	0,595	0,19	2,215	1,731	0,058	vérifie
R174-R175	20,4	0,044	0,033	137,33	315	3,88	0,30	0,11	0,648	0,22	2,514	2,285	0,071	vérifie
R175-R177	20,4	0,049	0,044	150,07	315	4,09	0,32	0,14	0,690	0,25	2,820	2,616	0,079	vérifie
R176-R177	30,2	0,050	0,016	103,30	315	4,11	0,32	0,05	0,535	0,15	2,199	0,739	0,048	vérifie
R177-R178	25,6	0,030	0,063	188,77	315	3,18	0,25	0,26	0,843	0,34	2,681	2,473	0,108	vérifie
R178-R179	25,25	0,035	0,077	196,53	315	3,48	0,27	0,28	0,867	0,36	3,015	2,851	0,114	vérifie
R179-R180	26,8	0,010	0,091	266,34	315	1,84	0,14	0,64	1,060	0,58	1,948	1,878	0,182	vérifie
R180-R181	26,86	0,010	0,106	281,50	315	1,84	0,14	0,74	1,090	0,64	2,002	1,948	0,202	vérifie

Tronçon	L (m)	I (m/m)	Qt (m ³ /s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m ³ /s)	Rq	Rv	Rh	V (m/s)	Vmin (m/s)	H (mm)	Condition
R181-R168	21,9	0,050	0,118	216,62	315	4,11	0,32	0,37	0,920	0,42	3,778	3,692	0,133	vérifie
R168-R182	28,09	0,030	0,569	429,95	500	4,33	0,85	0,67	1,068	0,59	4,624	4,604	0,297	vérifie
R182-R183	19,69	0,048	0,580	395,51	400	4,75	0,60	0,97	1,140	0,78	5,415	5,412	0,314	vérifie
R183-R184	37,34	0,030	0,600	438,57	500	4,33	0,85	0,14	0,692	0,25	2,995	2,995	0,127	vérifie
R184-R185	31,8	0,047	0,617	406,69	500	5,45	1,07	0,58	1,040	0,54	5,667	5,630	0,271	vérifie
R186-R187	32,3	0,040	0,017	110,47	315	3,67	0,29	0,06	0,563	0,17	2,070	0,661	0,052	vérifie
R187-R188	29,05	0,037	0,033	142,15	315	3,56	0,28	0,12	0,663	0,23	2,362	2,024	0,074	vérifie
R188-R189	28,85	0,048	0,048	156,58	315	4,05	0,32	0,16	1,131	0,27	4,010	2,600	0,084	vérifie
R189-R190	28,86	0,050	0,064	172,79	315	4,11	0,32	0,20	0,780	0,30	3,206	2,919	0,095	vérifie
R190-R185	31,05	0,050	0,081	188,48	315	4,11	0,32	0,25	0,842	0,34	3,457	3,206	0,107	vérifie
R185-R54	20,79	0,057	0,722	416,38	500	5,99	1,18	0,62	1,053	0,56	6,308	6,269	0,281	vérifie

Tronçon	L (m)	I (m/m)	Qt (m ³ /s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m ³ /s)	Rq	Rv	Rh	V (m/s)	Vmin (m/s)	H (mm)	Condition
R54-R193	19,5	0,042	0,745	445,47	500	5,16	1,01	0,74	1,088	0,64	5,610	5,572	0,318	vérifie
R191-R192	21,85	0,046	0,025	122,84	315	6,69	0,52	0,05	0,525	0,15	3,515	1,204	0,046	vérifie
R192-R193	22,52	0,017	0,051	192,52	315	7,08	0,55	0,09	0,623	0,21	4,410	3,653	0,065	vérifie
R193-R196	30,721	0,047	0,831	454,61	500	7,08	1,39	0,60	1,048	0,55	5,419	5,352	0,276	vérifie
R194-R195	20,85	0,046	0,023	277,00	315	3,94	0,31	0,08	1,140	0,19	4,494	0,710	0,059	vérifie
R195-R196	20,8	0,036	0,047	163,46	315	3,53	0,27	0,17	0,741	0,28	2,617	2,168	0,089	vérifie
R196-R199	32,083	0,048	0,916	195,00	315	4,04	0,31	2,91	0,587	0,13	2,411	0,739	0,057	vérifie
R197-R198	20,8	0,050	0,023	195,00	315	3,02	0,29	0,12	0,660	0,23	2,909	0,793	0,080	vérifie
R198-R199	21,3	0,025	0,048	176,55	315	2,90	0,23	0,21	0,796	0,31	2,312	1,866	0,098	vérifie
R199-R205	30,5	0,049	1,000	484,41	500	5,53	1,09	0,92	1,139	0,75	5,305	5,295	0,375	vérifie
R200-R201	19,99	0,050	0,022	117,25	315	4,11	0,32	0,07	0,587	0,18	2,411	0,739	0,057	vérifie

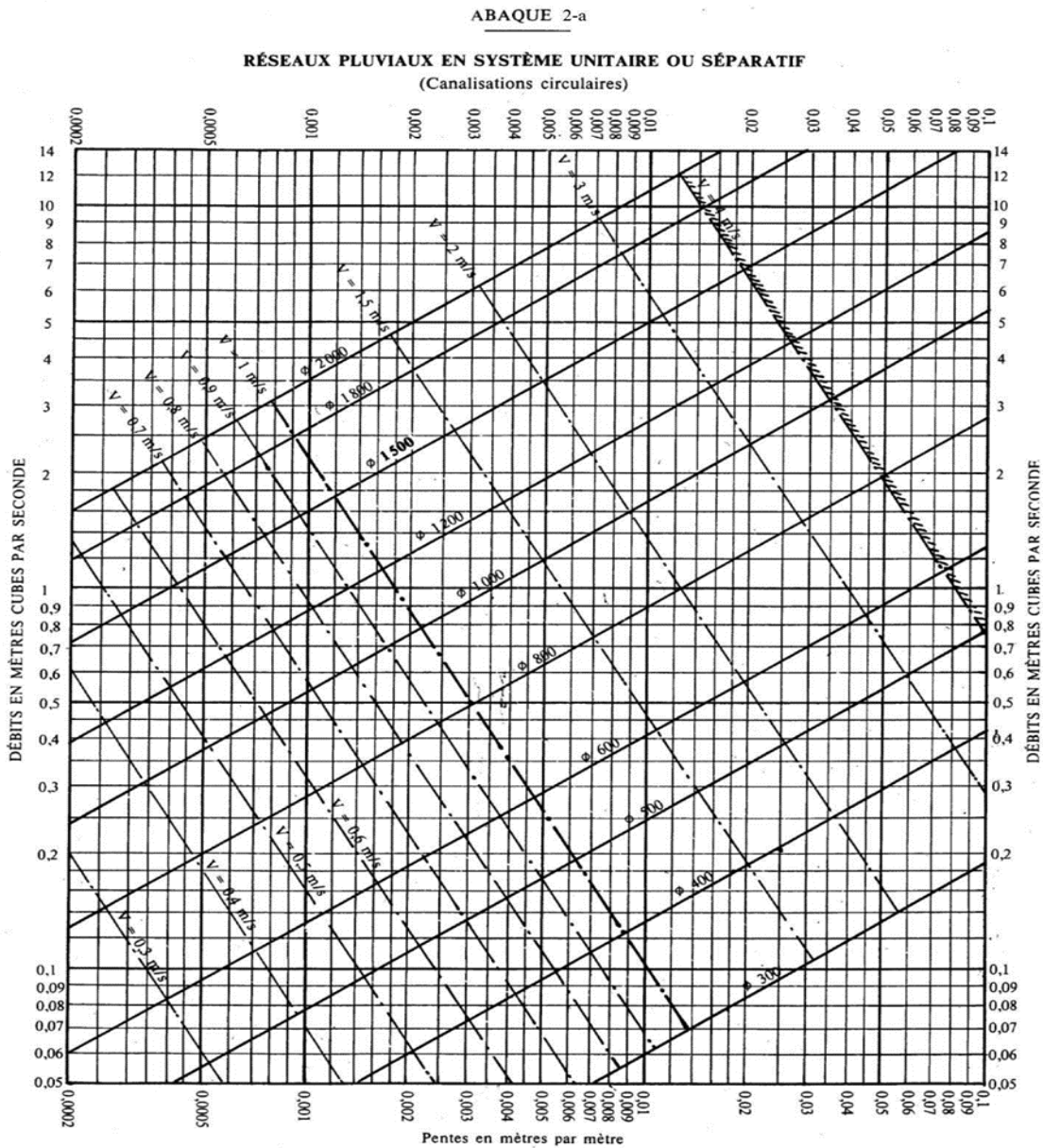
Tronçon	L (m)	I (m/m)	Qt (m ³ /s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m ³ /s)	Rq	Rv	Rh	V (m/s)	Vmin (m/s)	H (mm)	Condition
R201-R205	20,03	0,052	0,046	150,84	315	4,20	0,33	0,14	0,692	0,25	2,909	2,452	0,080	vérifie
R202-R203	32,9	0,050	0,037	141,34	315	4,11	0,32	0,12	0,660	0,23	2,713	0,739	0,073	vérifie
R203-R204	30,46	0,047	0,072	200,21	315	3,90	0,30	0,02	0,377	0,10	1,470	0,702	0,031	vérifie
R204-R205	33,6	0,049	0,111	212,22	315	4,10	0,32	0,35	0,909	0,41	3,722	3,332	0,128	vérifie
R205-R207	32,3	0,048	1,164	513,60	600	6,22	1,76	0,66	1,066	0,59	5,634	5,628	0,354	vérifie
R206-R207	29	0,045	0,005	71,99	315	3,90	0,30	0,02	0,377	0,10	1,470	0,702	0,031	vérifie
R207-R209	26,5	0,050	1,175	512,55	600	6,32	1,79	0,66	1,065	0,59	5,729	5,724	0,353	vérifie
R208-R209	29	0,049	0,005	70,89	315	4,07	0,32	0,02	0,371	0,10	1,507	0,732	0,030	vérifie
R209-R217	28,9	0,046	1,187	522,74	600	6,06	1,71	0,69	1,074	0,61	6,506	6,500	0,366	vérifie
R210-R212	30,45	0,047	0,006	72,67	315	4,00	0,31	0,02	0,380	0,10	1,520	0,719	0,031	vérifie
R211-R212	27,9	0,048	0,005	70,12	315	4,03	0,31	0,02	0,367	0,10	1,476	0,725	0,030	vérifie

Tronçon	L (m)	I (m/m)	Qt (m³/s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m³/s)	Rq	Rv	Rh	V (m/s)	Vmin (m/s)	H (mm)	Condition
R212-R213	30,46	0,047	0,018	108,43	315	4,01	0,31	0,06	0,556	0,16	2,228	1,951	0,051	vérifie
R213-R214	30,9	0,050	0,024	120,09	315	4,11	0,32	0,08	0,596	0,19	2,453	2,270	0,059	vérifie
R214-R215	31,82	0,049	0,031	131,44	315	4,09	0,32	0,10	0,630	0,21	2,580	2,443	0,066	vérifie
R215-R216	32,3	0,043	0,037	145,16	315	3,81	0,30	0,13	0,673	0,24	2,564	2,443	0,076	vérifie
R216-R217	32,65	0,049	0,044	150,10	315	4,11	0,32	0,14	0,690	0,25	2,832	2,709	0,079	vérifie
R217-R218	33,48	0,010	1,194	770,49	800	2,62	1,32	0,91	1,139	0,74	2,987	2,986	0,593	vérifie
R218-R219	25,7	0,047	1,241	529,25	600	6,13	1,73	0,72	1,081	0,62	5,623	5,574	0,374	vérifie
R219-R220	25,75	0,048	1,288	533,63	600	6,22	1,76	0,73	1,087	0,63	5,758	5,705	0,380	vérifie
R220-R221	33,75	0,047	1,350	545,50	600	6,15	1,74	0,78	1,103	0,66	5,782	5,698	0,398	vérifie
R221-R222	32,35	0,048	1,409	614,06	800	5,67	2,85	0,49	0,997	0,50	5,653	1,666	0,397	vérifie
R222-R223	32,3	0,048	1,468	559,66	600	6,24	1,76	0,83	1,125	0,70	5,022	5,944	0,418	vérifie

Tronçon	L (m)	I (m/m)	Qt (m ³ /s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m ³ /s)	Rq	Rv	Rh	V (m/s)	Vmin (m/s)	H (mm)	Condition
R224-R225	32,85	0,049	1,583	574,23	600	6,29	1,78	0,89	1,138	0,73	5,155	5,119	0,439	vérifie
R225-R226	31,552	0,047	1,641	586,90	600	6,15	1,74	0,94	1,139	0,77	5,006	5,005	0,459	vérifie
R226-R227	25,919	0,047	1,689	592,15	600	6,18	1,75	0,97	1,140	0,78	5,042	5,040	0,469	vérifie
R227-R228	28,815	0,046	1,741	670,59	800	5,54	2,78	0,63	1,056	0,57	5,852	5,820	0,455	vérifie
R228-R229	51,15	0,049	1,835	676,34	800	5,71	2,87	0,64	1,060	0,58	5,050	5,996	0,461	vérifie
R229-R229-1	24,65	0,042	1,880	703,24	800	5,27	2,65	0,71	1,079	0,62	5,686	5,660	0,496	vérifie
R229-1-R230	24,87	0,050	1,926	687,33	800	5,74	2,88	0,67	1,068	0,59	5,123	5,100	0,475	vérifie
R230-R231	29,43	0,027	1,979	775,80	800	4,27	2,14	0,92	1,139	0,75	4,864	4,860	0,601	vérifie
R231-R232	33,61	0,047	2,041	710,40	800	5,57	2,80	0,73	1,086	0,63	5,043	5,003	0,506	vérifie
R232-R233	31,39	0,017	2,098	864,26	1000	3,94	3,09	0,68	1,070	0,60	4,214	4,195	0,600	vérifie
R233-R234	32,86	0,038	2,159	755,28	800	5,00	2,51	0,86	1,132	0,71	5,662	5,628	0,571	vérifie

Tronçon	L (m)	I (m/m)	Qt (m ³ /s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m ³ /s)	Rq	Rv	Rh	V (m/s)	Vmin (m/s)	H (mm)	Condition
R235-R236	30,15	0,050	2,271	731,13	800	5,74	2,881	0,79	1,108	0,67	5,354	5,309	0,536	vérifie
R236-R237	31,71	0,048	2,329	741,45	800	5,67	2,85	0,82	1,120	0,69	5,344	5,299	0,551	vérifie
R237-R238	35,21	0,048	2,393	750,52	800	5,64	2,832	0,85	1,129	0,70	5,362	5,320	0,564	vérifie
R238-R240	30,55	0,037	2,449	793,84	800	4,97	2,50	0,98	1,141	0,79	5,666	5,660	0,310	vérifie
R240-DO	17,65	0,025	2,856	907,42	1000	4,71	3,69	0,77	1,102	0,66	5,185	5,169	0,660	vérifie

Abaque N01 : réseaux pluviaux en système unitaire ou séparatif
(canalisation circulaire)



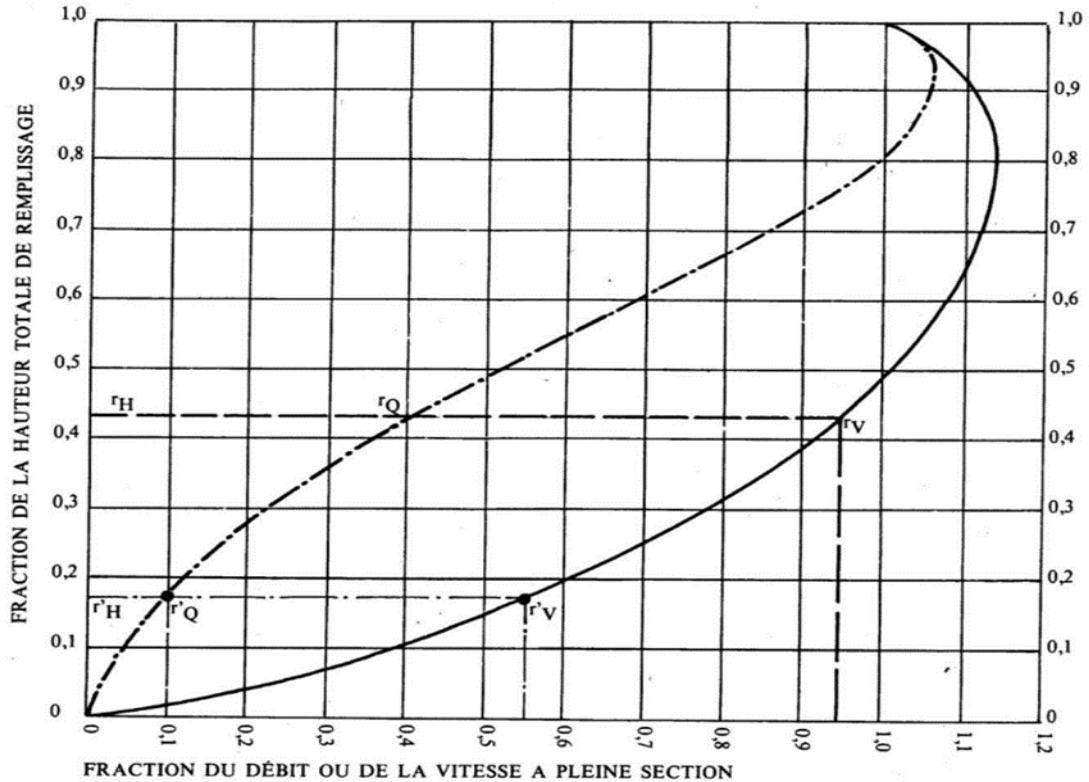
Nota. - La valeur du coefficient de Bazin a été prise égale à 0,46. Lorsque la pose des canalisations aura été particulièrement soignée, et surtout si le réseau est bien entretenu, les débits pourront être majorés de 20 % ($V = 0,30$). A débit égal, les pentes pourront être réduites d'un tiers.

Abaque N°2: variations des débits et des vitesses en fonction du remplissage

ABAQUE 3-a

VARIATIONS DES DÉBITS ET DES VITESSES EN FONCTION DU REMPLISSAGE

a) Ouvrages circulaires



MODE D'EMPLOI.

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

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

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

Exemples :

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

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

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

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

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

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

Abaque N°3 : variation des débits et des vitesses en fonction de la hauteur de remplissage

