

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

NATIONAL HIGHER SCHOOL FOR
HYDRAULICS
"The MujahidAbdellah ARBAOUI"



المدرسة الوطنية العليا للري

"المجاهد عبد الله عرباوي"

٠٤١٥٥.٣ .٤١١١.١١ ٤٤٤١٣٠٠٠ | ٠٤١٥٥٠٤٤

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : CONCEPTION DES SYSTEMES D'ASSAINISSEMENT

THEME :

**DIAGNOSTIC ET REHABILITATION DU RESEAU
D'ASSAINISSEMENT DE LA LOCALITE TAKAATZ
(C. SEDDOUK) (W. BEJAIA)**

Présenté par :

BELAMRI Sarah

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
AMMARI Abdelhadi	M.C.A	Président
HEBBOUCHE Abdelhamid	M.C.B	Examineur
BELLABAS Salima	M.A.A	Examineur
SALAH Boualem	Professeur	Promoteur

Session : Novembre 2020

Remerciement

Nous tenons tout d'abord à remercier le bon dieu tout puissant de nous avoir donné la volonté et le courage pour achever ce travail

Mes vifs remerciements vont à Mon promoteur monsieur B.SALAH qui m'a apporté soutien et conseils pour l'élaboration de ce mémoire de fin d'étude.

Je tiens aussi à remercier Madame O. Mokrane, monsieur KAHLERRAS et monsieur S.TOUMI pour l'aide qu'ils m'ont offert lors de la réalisation de ce travail.

Aux membres de jury qui ont bien accepté d'examiner mon travail et de l'apprécier à sa juste valeur

Toute gratitude à nos professeurs et enseignants qui nous ont guidés au court de la formation d'ingénieur.

Mes remerciements que j'adresse à tous mes amis de la promotion 2020 pour leurs solidarités et leurs chaleurs humaines dont nous avons besoins.

Enfin Je tiens à remercier vivement tous ceux qui m'ont apporté un soutien pour l'élaboration de ce mémoire de fin d'étude de prêt ou de loin

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

- ✚ A ma chère maman Salima : pour ces sacrifices et son soutien moral et matériel aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel à cette brave femme qui est tout pour moi*
- ✚ A mon cher petit frère Ilyes qui était là à chaque moment et à chaque instant de ma vie*
- ✚ A mon père Lounis : pour son soutien morale et matériel*
- ✚ A mes chères amies qui m'ont beaucoup soutenue : Noussaiba, Chabha, Selma, Lytissia, Ounissa , Fatima, Ahlem, Kheira, Lydia, Mehdiya*
- ✚ A tous ceux qui m'ont aidé et encouragé dans les moments les plus difficiles*

ملخص

تتمحور دراستنا حول تشخيص وإصلاح شبكة الصرف الصحي في منطقة تقاعت، بلدية صدوق، ولاية بجاية أن التشخيص أدى بنا إلى إيجاد عدة عيوب في الشبكة السابقة، حيث أن استعمال الخرسانة المضغوطة غير موافق مع نوعية أرضية المنطقة و لاحظنا أن تصريف مياه الأمطار غير ممكن، دون نسيان أن المياه تصرف إلى واد قريب من المزارع و التجمعات السكنية إن هدفنا نحو إيجاد حلول لكل المشاكل التي تهدد هذه المنطقة و لذلك نقترح مشروع يمتد إلى عام 2050 لتقوية الشبكة و تصريف المياه نحو محطة المعالجة الأقرب من منطقتنا

Résumer :

Notre étude est portée sur le diagnostic et la réhabilitation du réseau d'assainissement de la localité TAKAATZ de la commune de SEDDOUK wilaya de Bejaia.

Après avoir fait un diagnostic physique de notre réseau et détecter les anomalies de l'ancien réseau nous avons constaté que tout le réseau est fait en béton comprimé et c'est ce qui ne convient pas avec le terrain de notre localité, l'incapacité du réseau à évacuer les eaux pluviales, sans oublier le rejet de deux zones vers l'oued qui est à proximité de terrains agricoles et des habitations.

Donc nous cherchons à trouver des solutions pour éviter les risques qui menacent cette petite localité en proposant un schéma directeur à l'horizon de 2050, afin de renforcer notre réseau et transporter ces eaux vers un seul point de rejet et évacuer les eaux usées vers la station d'épuration la plus proche.

Abstract :

Our study is focused on the diagnosis and rehabilitation of the sanitation network of the TAKAATZ locality situated in the municipality of SEDDOUK wilaya of Bejaia.

After carrying out a physical diagnosis of our network and detecting the anomalies of the old network, we noted that the whole network is made of compressed concrete and this is what does not suit the land in our locality, the inability of the network to evacuate rainwater, without forgetting the discharge of two zones towards the wadi which is near agricultural land and homes.

So we aim to find solutions to avoid the risks that threaten this small locality by proposing a master plan for 2050, in order to strengthen our network and transport this water to a single discharge point and evacuate wastewater to the nearest wastewater treatment plant.

Sommaire

Introduction général	1
Chapitre I : présentation de la zone d'étude	
Introduction.....	2
I-1- situation géographique et administratif	2
I-2- Situation climatique	3
I-2-1- Climat	3
I-2-2 -Température	3
I-2-2- Humidité	3
I-2-3- la pluviométrie.....	4
I-2-4 Le vent	4
I-3- Situation géologique	4
I-4- Sismicité.....	4
I-5-Evaluation de la population	5
I-5-1- Equipements et infrastructure existants	6
I-6- ressources en eau	6
I-7 - le réseau d'assainissement	6
Conclusion	7
Chapitre II : Diagnostic du système	
Introduction.....	8
II-1-Rôle du diagnostic.....	8
II-2- l'objectif d'une étude de diagnostic	8
II-3- phase principale d'une étude de diagnostic	8
II-3-1 : Recueil et exploitation des données	8
II-3-2 : Le pré-diagnostic	9
II-3-3 : reconnaissance approfondie	9
II-4 : Techniques d'enquêtes, diagnostic.....	11
II-5 : La nature du désordre.....	11

II-6 : Causes de dégradation de notre réseau	12
II-6-1 : causes liée au type de matériau de la canalisation	12
II-6-2 : cause liées à la quantité de l’effluent transporté.....	12
II-7 : diagnostique hydraulique :.....	12
II-8 : constatations	12
Conclusion.....	13

Chapitre III : Etude hydrologique

Introduction.....	14
III-1-L’objectif de l’étude hydrologique.....	14
III-2-Le bassin versant.....	14
III-3-L’averse	14
III-4 - Période de retour.....	15
III-5 -Mesure de précipitation	15
III-6 - Analyse des données pluviométriques et choix de la loi d’ajustement.....	15
III-6-1 : Caractéristiques de la série pluviométrique	16
III-7 : Choix de la loi d’ajustement	17
III-7-1 : Ajustement par la loi de GALTON (log-normal)	17
III-7-2 : Ajustement de la loi GEV	19
III-8 : Calcul de la valeur de l’intensité a une période de retour donnée	21
III-9 : Test d’adéquation	22
Conclusion.....	22

Chapitre IV : calcul de base et évaluation des débits

Introduction.....	23
IV-1 :Les systèmes d’évacuation des eaux usées et des eaux pluviales	23
IV-2 : les étapes pour le choix d’un système d’assainissement adapté	26
IV-3 : choix du système d’assainissement.....	26
IV-4 : schéma d’évacuation.....	26
IV-4-1 : schéma perpendiculaire.....	26

IV-4-2 : schéma par déplacement latéral.....	27
IV-4-3 : schéma radial.....	27
IV-4-4 : schéma par zone étagé.....	27
IV-5 : découpage de l'aire d'étude en sous bassins.....	28
IV-6 : Evaluation du coefficient de ruissellement.....	28
IV-7 : Calcul de population de chaque sous bassin	29
IV-7-1 : calcul du coefficient de ruissellement pondéré total.....	29
IV-7-2 : Calcule de la densité partielle de chaque sous bassin.....	30
IV-7-3 : Calcul du nombre d'habitants pour chaque sous bassin.....	30
IV-8 : Evaluation des débits des eaux usées.....	31
IV-8-1 : nature des eaux à évacuer.....	31
IV-8-1-1 : eaux pluviales.....	31
IV-8-1-2 : eaux usées domestique.....	31
IV-8-1-3 : les eaux usées industrielles.....	31
IV-8-1-4 : les eaux usées parasite.....	31
IV-8-2 : estimation des débits d'eaux usées.....	32
IV-8-2-1 : évaluation du débit moyen journalier.....	32
IV-8-2-2 : Evaluation du débit de pointe.....	32
IV-9 : Estimation des débits des eaux pluviale.....	35
IV-9-1 : la méthode rationnelle.....	35
IV-9-2 : calcul des débits pluviaux et totaux.....	36
Conclusion.....	38

Chapitre V : Calcul hydraulique et réhabilitation du réseau

Introduction.....	39
V-1-Condition d'écoulement.....	39
V-2-Le calcul des paramètres hydraulique	39
V-3 : Vérification des conditions d'autocurage.....	41
Conclusion.....	41

Chapitre VI : Eléments constitutifs du réseau et ouvrage annexe

Introduction.....	42
-------------------	----

VI-1 : Les ouvrages principaux.....	42
VI-1-1 : Les canalisations.....	42
VI-1-2 : les joints des conduites.....	43
VI-1-3 : les différentes actions supportées par les conduites.....	45
VI-1-4 : choix du type de canalisation.....	46
VI-2 : Les ouvrages annexes.....	46
VI-2-1 : Les ouvrages normaux.....	46
VI-2-2 : Ouvrage spéciaux.....	50
VI-2-2-1 : les déversoirs d'orage.....	50
VI-3 : Dimensionnement de la station de refoulement.....	54
VI-3-1 : Dimensionnement de la conduite de refoulement.....	54
VI-3-2 Déterminer le type de pompe à utiliser pour le relevage.....	54
VI-3-3 choix de nombre et de type de pompes.....	55
VI-3-4 : Dimensionnement de la bache de refoulement.....	56
Conclusion.....	57

Chapitre VII : Estimation du cout de projet

Introduction.....	58
VII-1 : les étapes de réalisation du projet.....	58
VII-1-1 : Avant –projet sommaire.....	58
VII-1-2 :L'avant –projet détaillé.....	58
VII-2 : Le plan d'exécution du projet.....	58
VII-2-1 : Décapage de la couche de terre végétale.....	58
VII-2-2 : Manutention et stockage des conduites.....	59
VII-2-3 : Emplacement des jalons des piquets.....	59
VII-2-4 : Exécution des tranchées et des fouilles pour les regards.....	59
VII-2-5 : Aménagement du lit de pose.....	59
VII-2-6 : La mise en place de la canalisation.....	60
VII-2-7 : Assemblage des conduites.....	60
VII-2-8 : Remblaiement des tranchées.....	60

VII-2-9 : Réalisation des regards.....	60
VII-2-10 : Exécution des déversoirs d'orages.....	61
VII-2-11 : Bâtiment de la station de pompage.....	61
VII-3 : Choix des engins.....	61
VII-4 : Détermination des différents volumes des travaux.....	63
VII-4-1 : Volume du décapage de la couche végétale.....	63
VII-4-2 : Volume du déblai des tranchées.....	63
VII-4-3 : Volume occupé par le lit de sable.....	63
VII-4-4 : Volume occupé par les conduites.....	63
VII-4-5 : Volume du remblai de protection.....	64
VII-4-6 : Volume excédentaire.....	64
VII-5 : Devis quantitatif et estimatif.....	65
Conclusion.....	66
Conclusion générale.....	67

Liste des figures :

Chapitre I : présentation de la zone d'étude

Figure I-1 : situation de la commune de Seddouk.....	2
Figure I-2 : délimitation de la zone d'étude.....	3
Figure I-3. : Carte de zonage sismique d'Algérie.....	5
Figure I-4 : Evaluation démographique.....	6

Chapitre II : Diagnostic du système

Figure II-1 : regards débordés.....	10
Figure II-2 : rejet direct des eaux usées vers un ravin.....	10
Figure II-3 : bouche d'égout abimée.....	11

Chapitre III : Etude hydrologique

Figure III-1 : Ajustement graphique a la loi log-normale.....	19
Figure III-2 : Ajustement graphique par la loi GEV.....	20

Chapitre IV : calcul de base et évaluation des débits

Figure IV-1 : système unitaire.....	23
Figure IV-2 : système séparatif.....	24
Figure IV-3 : système pseudo-séparatif.....	25
Figure IV-4 : système non collectif source.....	25
Figure IV-5 : schéma perpendiculaire.....	27
Figure IV-6 : schéma par déplacement latéral.....	27
Figure IV-7 : schéma radial.....	27
Figure IV-8 : schéma du collecteur par zone étagée.....	28

Chapitre VI : Eléments constitutifs du réseau et ouvrage annexe

Figure VI-1 : différents joints utilisés.....	45
Figure VI-2 : point de raccordement avec inclinaisons.....	47
Figure VI-3 : regard simple.....	49
Figure VI-4 : schéma principale d'un déversoir d'orage.....	50
Figure VI-5 : schéma d'un déversoir latéral.....	52

Chapitre VII : Estimation du cout de projet

FigureVII-1 : Installation d'une pompe dans une bache.....	61
--	----

Liste des tableaux

Chapitre I : présentation de la zone d'étude

Tableau I.1 : températures moyennes mensuelles.....	3
Tableau I-2 : humidité relative moyenne.....	3
Tableau I-3 : Pluviométrie mensuelle.....	4
Tableau I-4 : évolution de la population à l'horizon de calcul.....	5
Tableau I-5 : Equipements existants dans la zone d'étude.....	6

Chapitre III : Etude hydrologique

TableauII-1 : Précipitation maximale journalière pour la station de Seddouk.....	16
Tableau III-2 : les caractéristiques empiriques de l'échantillon.....	17
Tableau III-03 : résultats de l'ajustement à la loi Log-normale	18
Tableau III-4 : Paramètres de la loi GEV.....	20
Tableau III-5 : Résultat de l'ajustement à la loi GEV.....	20
Tableau III-6 : les paramètres de la loi de Galton.....	21
Tableau III-7 : Les paramètres de la loi de GEV.....	21
Tableau III-8 : les résultats du test d'adéquation.....	22

Chapitre IV : calcul de base et évaluation des débits

Tableau IV-1 : Coefficient de ruissellement en fonction de la catégorie d'urbanisation.....	28
Tableau IV-2 : Coefficient de ruissellement en fonction de type de surface.....	29
Tableau IV-3 : Détermination du nombre d'habitants pour chaque sous bassin.....	30
Tableau VI-4 : évaluation des débits en eau potables des équipements pour chaque sous bassin.....	33
Tableau VI-5 : Calcul des débits pluviaux pour chaque sous bassin.....	37
Tableau VI-6 : Calcul des débits totaux de chaque sous bassin.....	37

Chapitre V : Calcul hydraulique et réhabilitation

TableauV-1 : coefficient de rugosité de Strickler pour divers types de matériaux.....	40
---	----

Chapitre VI : Eléments constitutifs du réseau et ouvrage annexe

Tableau VI-1 : les regards de chute et leurs dimensions.....	50
Tableau VI-2 : les données de base de chaque déversoir.....	53
Tableau VI-3 : les dimensions de chaque déversoir.....	53
Tableau VI-4 : caractéristique de la pompe selon la variante.....	56
Tableau VI-5 : dimension de la bêche d'aspiration	57

Chapitre VII : Estimation du cout de projet

Tableau VII-1 : devis quantitatif et estimatif.....	65
---	----

Liste des planches

- Planche(01) : plan de masse de la localité de Takkatz
- Planche(02) : plan du réseau d'assainissement de la localité Takkatz
- Planche(03) : Les ouvrages annexes
- Planche(04) : le profil en long de la conduite principale.

Liste des annexes

- Annexe 01** : table de χ^2
- Annexe 2** : tableaux des cotes des regards et du terrain naturel
- Annexe 03** : tableaux de calcul hydraulique
- Annexe 04** : Abaque de variation des débits et des vitesses en fonction de la hauteur de remplissage (D'après la formule de Bazin)
- Annexe 05** : fiche technique de la pompe

Introduction générale

L'eau est un élément majeur du patrimoine naturel et une composante essentielle du cycle de l'assainissement

L'assainissement est l'ensemble des techniques et dispositions permettant l'évacuation des eaux usées et pluviales sous des modes compatibles avec les exigences de la santé publique et de l'environnement.

Avec le développement de l'agglomération et leurs activités les pollutions des eaux ont tendance à augmenter ce qui cause plusieurs problèmes environnementaux comme les rejets directs des eaux usées dans le milieu naturel ce problème-là est aggravé par la dégradation du réseau d'assainissement ou même son absence ainsi que le manque d'entretien et de gestion du réseau.

C'est la situation à laquelle est confrontée la localité de Takaatz, commune de Seddouk, Wilaya de Bejaia, où on a le réseau qui a perdu sa capacité de véhiculer les eaux ce qui augmente le risque d'inondation ; la qualité médiocre des conduites qui sont toutes en béton comprimé, les rejets directs vers les cours d'eau ce qui cause une odeur nauséabonde, sachant qu'il y a des habitations à proximité et aussi des terrains d'agriculture sans oublier la possibilité d'infiltration de ces eaux dans les nappes souterraines ce qui va engendrer la pollution de plusieurs puits d'où un danger énorme qui menace la santé publique.

En cet aspect notre étude consiste à diagnostiquer et à redimensionner le réseau d'assainissement de notre localité et dimensionner un collecteur principal qui va collecter toutes les eaux vers un seul point et éliminer les autres points de rejets, tout ça en respectant une démarche méthodologique qui vise à garantir un bon travail d'où la garantie de la protection des milieux récepteurs.

Chapitre I

Présentation de la zone d'étude

Introduction :

L'assainissement est une démarche visant à améliorer la situation sanitaire globale de l'environnement dans ces différents composants.

Avant d'entamer n'importe quel projet d'assainissement l'étude du site est nécessaire pour connaître les caractéristiques physiques du lieu et les facteurs qui influent sur la conception de ce projet afin d'élaborer une conception efficace et durable.

I-1- situation géographique et administratif :

La localité concernée par l'étude fait partie de la commune de SEDDOUK appartenant à la wilaya de Bejaia située à 65km de chef lieux de la wilaya, et sur la rive droite de la vallée de la Soummam, à une altitude de 412m elle s'étend sur une superficie globale de 5442 ha.

Administrativement elle est limitée par :

- Les communes de Souk Oufella , EL-Flaye , Mcisna au Nord ;
- La commune de Beni-Maouche à l'Est ;
- La commune d'Ouzellaguen à l'Ouest ;
- La commune d'Amalou au Sud ;



Figure I-1 : situation de la commune de SEDDOUK (site : <: <http://lfw.org/carte-de-la-wilaya-de-bejaia/>)

La localité concernée par cette étude se situe à 2km de la commune au nord de la commune de SEDDOUK

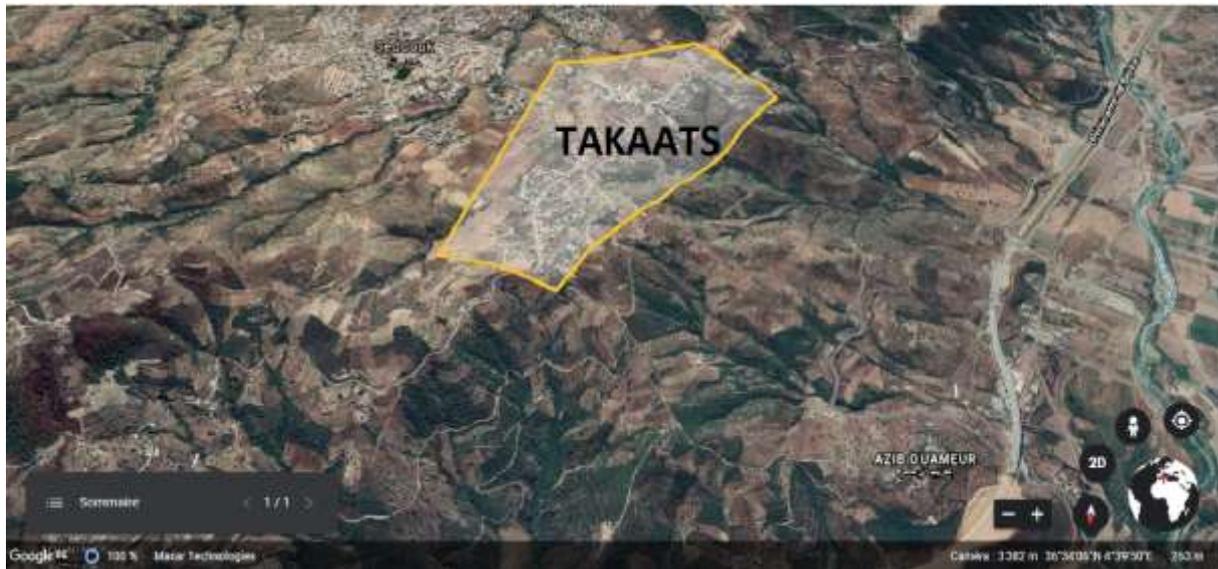


Figure I-2 : délimitation de la zone d'étude (Google Earth)

I-2- Situation climatique :

I-2-1 Climat :

Notre zone d'étude présente un climat tempéré chaud. En été, les pluies sont moins importantes. La température moyenne annuelle est de 16.8 °C et la pluie moyenne interannuelle est de 733 mm

I-2-2 Température :

Tableau I.1 : températures moyennes mensuelles :

Mois	sept	oct	Nov	dec	Jan	fev	mar	Avri	mai	Juin	juil	aout
T° Moyenne	24.77	21.27	16.81	14.26	12.5	13.7	15.44	16.72	20.23	24	26.18	27.4

Source : (ONM 2017)

On remarque qu'il y a deux grandes fraîcheurs thermiques, une période de basse température allant de novembre vers le mois d'avril avec plus de fraîcheur au mois de décembre et le reste c'est la période de haute température tel que la température la plus haute c'est celle du mois de Aout.

I-2-2 Humidité :

Tableau I-2 : humidité relative moyenne

Mois	sept	oct	nov	Dec	Jan	fev	mar	Avri	mai	Juin	juil	aout
Humidité(%)	75.4	74.2	76.3	75.5	74.9	77	76.8	78.2	78	77	72.7	75.5

Source : (ONM 2017)

L'humidité de la zone d'étude varie entre 72 et 78% ce qui veut dire qu'elle est très importante au cours de l'année, tel qu'on a la valeur maximal dans le mois d'avril (78.2%)

I-2-3 la pluviométrie :

Tableau I-3 : Pluviométrie mensuelle

Mois	Sep	oct	Nov	Dec	Jan	fev	mar	Avr	mai	juin	Juil	aout
Pluviométrie (mm)	69.369	57.59	96.32	60.93	128.03	84.7	39.68	71.64	38.04	14.2	12.5	11.3

Source : (ONM 2017)

I-2-4 Le vent :

Cette zone est caractérisée par des vents calmes avec une vitesse allant de 2.4 à 3m/s selon ONM (en 2017).

I-3- Situation géologique :

la zone d'étude a une texture des sols d'âge complexe albo barrémienne avec une formation de schiste noir qui compose essentiellement de grés sable et argile cela veut dire que notre zone est fragile en période de crue ce qu'il faut prendre en considération pour la pose de canalisation.

I-4- Sismicité :

Le séisme est traité comme une action accidentelle il influe directement sur la stabilité des ouvrages. Le territoire national est divisé en cinq zones de sismicité croissante selon les propriétés mécaniques des couches du sol qu'il constitue. Tel que :

- La zone 0 : sismicité négligeable
- La zone I : sismicité faible
- La zone II a : sismicité moyenne
- La zone II b : sismicité élevée
- La zone III : sismicité très élevée

Notre zone d'étude à une sismicité moyenne II a avec un dommage léger de sismicité.

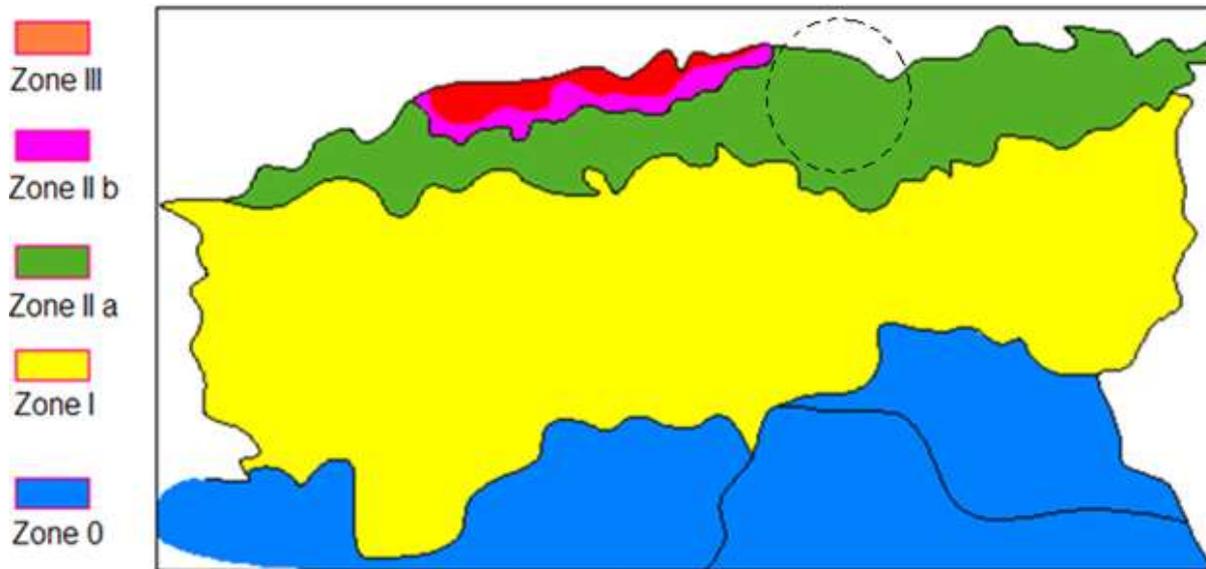


Figure I-3. : Carte de zonage sismique d'Algérie (site :

<https://www.researchgate.net/figure/Figure-NI01-Carte-zonage-sismique-du-territoire-national>)

I-5-Evaluation de la population :

Selon le recensement général de la population et de l'habitat RGPH(2008) la population totale de la zone est d'environ 2683 habitants. Cette information est requise au près des services de l'APC de SEDDOUK ; on évalue la population suivant la formule :

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

Avec :

P_n : la population à l'horizon d'étude 30ans ;

P_0 : la population de l'année de référence (2008) ;

T : Taux d'accroissement annuel de la population en % pris égale à 2.37% ;

n : nombre d'année séparent l'année de référence et l'horizon de calcul ;

Tableau I-4 : évolution de la population à l'horizon de calcul

Horizon	2008	2020	2050
Population (hab)	2683	3554	7177

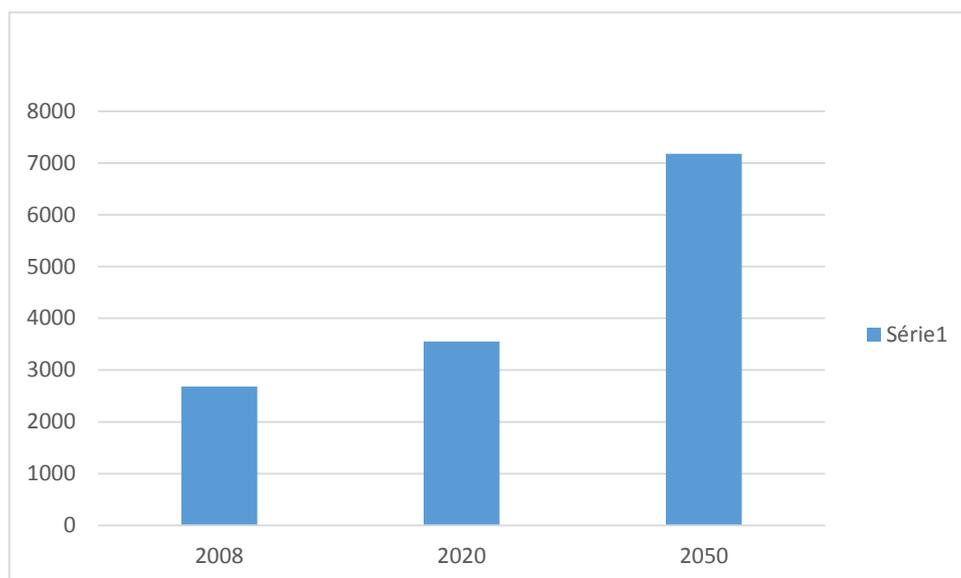


Figure I-4 : Evolution démographique

I-5-1- Equipements et infrastructure existants :

Après avoir effectué une sortie sur le terrain dans le but de déterminer les différentes infrastructures existantes. Nous avons constaté que notre zone ne contient pas des infrastructures publiques assez importantes

Tableau I-5 : Equipements existants dans la zone d'étude

Nom du village	Equipement existant	Capacité
TAKKATZ	1 salle de soins	5 malades
	1 école primaire	217 élèves
	2 mosquées	150 fidèles
	2 alimentations générales	/
	1 cafeteria	/
	Antenne postal	6 employés

I-6 : ressources en eau :

Actuellement, le centre de la zone d'étude est alimenté par les eaux du barrage de Tichy Haf, et ce, par le biais d'un piquage à partir de la conduite principale du transfert vers Bejaia.

Ces localités étaient alimentées par des forages qui sont à l'arrêt à cause de la mauvaise qualité des eaux qui sont devenues saumâtres (la remontée du sel).

I-7 : le réseau d'assainissement :

D'après les informations recueillies auprès de la subdivision des ressources en eau de SEDDOUK et les services techniques de l'APC, nous avons constaté ce qui suit :

- Le réseau d'assainissement est très ancien de type unitaire
- Les collecteurs sont principalement en béton comprimé
- Des branchements non normalisé

- Quelques habitations non assainies à ce jour

Conclusion :

Dans cette partie nous avons défini les données nécessaires concernant notre région du point de vue géographique, géologie, démographie ainsi que la situation hydraulique. Ces données nous serviront pour entamer notre étude du projet de diagnostic et de réhabilitation du réseau d'assainissement de cette localité.

Chapitre II

Diagnostic du système

Introduction :

Le diagnostic des réseaux d'assainissement est une inspection réalisée in situ sur les différents tronçons et ouvrages d'évacuation. IL permet de quantifier les dégradations, observer les anomalies et les pertes de performance ; c'est une manière de recensement qui permet d'établir une éventuelle corrélation entre l'environnement et la déficience du réseau qui peut être liée :

- Aux terrains (risques géotechniques et hydrogéologiques) ;
- À l'effluent transporté (risques hydrauliques) ;
- À l'ouvrage lui-même (risques structurels) ;
- Au milieu environnant (risques d'impacts).

Donc l'objectif du diagnostic est l'élaboration d'un bilan issu des résultats techniques et financiers qui permet de préconiser une réparation, rénovation, ou remplacement.

II-1-Rôle du diagnostic :

1. Hiérarchiser les réparations du réseau existant de la zone étudiée
2. Proposer un programme de réhabilitation ;
3. Préparer, en fonction des capacités de la collectivité, un programme de remise en conformité du système de collecte ;
4. Prévoir la gestion du système, afin de le maintenir en conformité

II-2- l'objectif d'une étude de diagnostic :

Les diagnostics assainissement sont des études préalables ou complémentaires d'aide à la décision qui ont pour but de dresser un bilan actuel de fonctionnement des systèmes d'assainissement collectif, d'éliminer le maximum d'eaux parasites, de mettre en place les améliorations nécessaires au bon fonctionnement des systèmes d'assainissement et d'établir un programme des travaux à mettre en place.

II-3- phase principale d'une étude de diagnostic :

La démarche à suivre consiste à appliquer, l'ensemble des techniques d'études disponibles, à travers une méthodologie appropriée :

II-3-1 : Recueil et exploitation des données :

Le recueil des données nécessite au préalable un scénario d'intervention sur terrain pour la prise des connaissances et les visites d'ouvrages. Deux sortes de données peuvent être distinguées.

A : Données de base :

Elles constituent l'ensemble des données nécessaires pour déterminer la nature et les Causes d'un dysfonctionnement. Les données de base sont définies comme :

1. Données relatives à la collecte.
2. Le nombre d'habitants et leur consommation en eau potable tel que notre localité a un nombre d'habitants de 3554 en 2020 et leur consommation en eau potable est de 150 l/j/hab

3. La surface totale drainée et ses caractéristiques pour notre étude la surface drainé est de 76ha avec une pente moyenne de 0.5 à 20%
4. La zone d'étude est de type rural qui contient beaucoup de fermes et aussi une industrie mais cette dernière ne consomme pas d'eau dans sa production.
5. On trouve plusieurs terrains agricoles d'oliviers et d'agrumes.

B : Données relatives au réseau et à ses ouvrages annexes :

- Les eaux usées de la région de Takaatz sont collecter vers l'oued de Takaatz et on trouve autour plusieurs puits
- Manque des avaloirs des eaux pluviales d'où les eaux de pluies ne sont pas évacuer et suivent uniquement le réseau hydrographique
- Aucune étude n'a était fait pour ce réseau d'où tous les collecteurs sont en béton comprimé et le réseau ne répond pas aux conditions d'évacuation
- Le réseau ne contient aucun ouvrage annexe ni déversoir ou station de relevage sachant qu'une zone en a besoin

C : Données d'orientation :

- Elles sont relatives aux conséquences que peuvent avoir les différents Dysfonctionnements ; impact sur le bâti et les réseaux voisins, pollution d'une nappe, etc.
- Elles sont qualifiées de données d'orientation car elles servent à définir les lieux et les types de pré-diagnostic à mettre en place.

II-3-2 : Le pré-diagnostic :

Après recueil des données, le réseau et les ouvrages doivent être examinés, avec une mise à jour des plans et de cartographie des patrimoines. Ce pré-diagnostic est destiné à découvrir les points faibles du système d'assainissement et à appréhender la sensibilité des milieux récepteurs.

II-3-3 : reconnaissance approfondie :

C'est une reconnaissance approfondie et détaillée des réseaux et des ouvrages annexes existants.

- On signale des pollutions toxiques d'origine des fermes d'élevage ou on a des gales des animaux après leurs lavages qui sont rejeté directement vers le réseau
- Pour cette localité le types de rejet dominant est domestique d'où la présence des gaz sulfurique H₂S ce qui conduit à une attaque des matériaux constituant sachant que tout le réseau est en béton comprimé
- L'état des regards qui sont dégradés, vétuste, colmaté et endommagés ce qui favorise l'écoulement des eaux usées a ciel ouverts et beaucoup de débordement de regards



Figure II-1 : regards débordés (Juillet 2019)

- L'introduction des eaux pluviales ainsi que les eaux de lavage est mal accomplie à cause des bouches d'égout qui sont colmaté avec les boues et les déchets solides ainsi l'absence de l'entretien e la gestion irrationnelle
- Les eaux usées sont rejeté directement dans l'oued d'où l'impact négatif sur l'environnement et aussi une odeur désagréable pour les habitants qui habitent autour



Figure II-2 : rejet direct des eaux usées vers un ravin (juillet 2019)

- Beaucoup de maison ne sont pas lier au réseau
- Le rôle principal des bouches d'égout est d'introduire dans un égout des eaux de pluie et de lavage des chaussées. Ce rôle est souvent mal accompli dans notre réseau suite au colmatage par les boues et les déchets solides, de feuilles mortes d'arbre, et aussi l'inconscience des usagers et l'absence de l'entretien et la gestion irrationnelle.



Figure II-3 : grilles abimées (Juillet 2019)

- Le plus grand problème de notre zone d'étude est que le réseau est en béton comprimé ce qui ne convient pas à la norme demandée aussi un manque de regards de visite

II-4 : Techniques d'enquêtes, diagnostic :

Pour parvenir à la connaissance de l'état réel des ouvrages, l'exploitant doit s'appuyer sur diverses techniques :

- La mesure des débits des effluents à l'aide de débitmètres instantanés ou L'inspection télévisée par caméra autotractée ;
- La visite pédestre des collecteurs visitables avec enregistrement codifié des anomalies ;

II-5 : La nature du désordre :

Les enquêtes sur l'état réel des ouvrages permettent de diagnostic l'un des désordres suivants sur le réseau :

- Cavités, effondrements,
- Manque d'étanchéité au droit des joints,
- Fissures sur les canalisations, jointe insuffisante,
- Désalignements, contre-pentes, pente insuffisantes,
- Poinçonnement des regards sur les canalisations : cisaillement,
- Branchement défectueux,
- Dégradations dues à la présence de fluides : cisaillement,
- Branchement défectueux,
- Dégradations dues à la présence de fluides corrosifs, d'émanations gazeuses par transformation des matières organiques entraînant des corrosions chimiques.
- Introduction de racines, obstructions,
- Décantations, stratifications, concrétions.

Si certains de ces désordres peuvent n'être que momentanés, d'autres entraînent à terme des conséquences graves pour l'exploitation des réseaux.

II-6 : Causes de dégradation de notre réseau :

La manifestation du dysfonctionnement de notre réseau d'assainissement est le résultat de dégradation et le mauvais état du réseau ainsi que ces équipements ou le réseau ne réussit pas à remplir son rôle.

II-6-1 : causes liée au type de matériau de la canalisation :

Comme nous l'avons mentionné notre réseau est constitué du béton comprimé

Les inconvénients du béton sont les suivants :

- Résiste mal aux acides, l'H₂S (gaz nocif produit par les eaux usées) peut le détériorer.
- son poids, il nécessite un engin de manutention.
- n'existe pas en petit diamètre.
- rugosité qui augmente les pertes de charges
- risque d'érosion puisque le terrain est très accidenté d'où on a de très forte pentes ce qui engendre de grandes vitesses.

II-6-2 : cause liées à la quantité de l'effluent transporté :

- **La mise en charge :**

Notre réseau a subi pendant les crues une forte mise en charge. L'effluent exerce une charge hydraulique dynamique ou statique sur l'ouvrage. Lors de taux de remplissage inhabituel, l'ouvrage peut également subir des charges hydrauliques pour lesquelles il n'a pas été conçu. Il peut aussi avoir à encaisser un déséquilibre de pression différentielle exercée de part et d'autre de ses parois ou des coups de bélier résultant du fonctionnement de la station de Relevage ,ce facteur peut être destructif et défaillant.

II-7 : diagnostique hydraulique :

Comme nous l'avons cité précédemment aucune étude n'a été faite auparavant pour notre réseau d'assainissement ce qui résulte l'absence des informations sur les regards donc notre diagnostique va être théorique. D'après les informations requises auprès d'un bureau d'étude les problèmes majeurs de notre réseau sont :

- Le retour d'eau dans les collecteurs avale qui est due aux fortes pentes du terrain
- Les vitesses qui sont très élevé ce qui engendres une érosion des canalisations en bétons
- Absences des regards sur quelques tronçons qui peuvent atteindre jusqu'à 500m
- Absences fréquentes d'avaloirs, d'ouvrages d'évacuation des eaux pluviales

II-8 : constatations :

D'après les auscultations et l'analyse des données disponibles nous avons constaté :

- les pentes très forte ce qui engendre une dégradation des collecteurs
- Problème des inondations qui menacent la vie des habitants.

- Le problème des regards non identifiés et sans tampon.
- Les branchements aléatoires des habitations ou même on a des habitations qui ne sont même pas connecter au réseau.
- Stagnation d'eaux usées au niveau de la plupart des regards.
- L'insuffisance des bouches d'égout et leur état dégradé.
- Les diamètres trop petits et la fatigue hydraulique des collecteurs.
- Irrégularité des campagnes d'entretien et la gestion médiocre du réseau.
- Le rejet direct des eaux usées dans les ravins où on a plusieurs culture et habitant proximité de ces ravins

Conclusion :

Ce chapitre nous a montré l'état de notre réseau qui se trouve dans un état très vétuste et selon nos constatation et les informations requise tout le réseau à besoins d'une rénovation totale vu leurs incapacité d'évacuation surtout en période de crue ou ce qu'on appelle l'incapacité hydraulique du réseau.

Chapitre III
Etude hydrologique

Introduction :

L'étude hydrologique est une partie très importante dans le calcul d'un réseau d'assainissement. Cette partie prend toute son ampleur lorsqu'il s'agit de déterminer la quantité des eaux pluviales d'un bassin donné. Il s'agit de déterminer l'intensité moyenne maximale des pluies.

III-1-L'objectif de l'étude hydrologique :

Les études hydrologiques relatives au dimensionnement des réseaux d'assainissement relèvent d'une importance primordiale. En effet le dimensionnement, la sécurité et la bonne exploitation des ouvrages sont étroitement liés aux paramètres hydrologiques, notamment les apports et les débits des eaux pluviales.

Le caractère plus ou moins exceptionnel d'un événement pluvieux (h millimètres pendant une Durée de t minutes) s'apprécie par sa fréquence de dépassement « F » ou sa période de retour « $T = 1/F$ »

III-2-Le bassin versant :

Le bassin versant représente, en principe, l'unité géographique sur laquelle se base l'analyse du cycle hydrologique et de ses effets. Plus précisément, le bassin versant qui peut être considéré comme un " système " est une surface élémentaire hydrologiquement close, c'est-à-dire qu'aucun écoulement n'y pénètre de l'extérieur et que tous les excédents de précipitations s'évaporent ou s'écoulent par une seule section à l'exutoire.

III-3-L'averse :

On définit une averse comme un épisode pluvieux continu, dont la durée peut varier de quelques minutes à une centaine d'heures et intéresser une superficie allant de quelques kilomètres carrés (orages) à quelques milliers (pluies cycloniques). Elle est caractérisée à la fois par sa hauteur et sa durée, i.e. son intensité. L'intensité des précipitations varie à chaque instant au cours d'une même averse suivant les caractéristiques météorologiques de celle-ci. Plusieurs pointes d'intensité peuvent avoir lieu au cours d'une même averse.

L'intensité moyenne i_m d'une averse s'exprime par le rapport entre la hauteur de pluie totale observée durant la durée t de l'averse

i_m : intensité moyenne de la pluie [mm/h, mm/min] ou intensité spécifique en prenant en compte la surface [l/s.ha],

h : hauteur de pluie de l'averse [mm],

t : durée de l'averse [h ou min].

On peut aussi s'intéresser aux intensités observées sur des intervalles de temps au cours desquels on aura enregistré la plus grande hauteur de pluie. On parle alors d'intensité maximale.

A partir des enregistrements d'un pluviographe, deux types de représentation graphique permettent d'analyser les averses d'une station :

III-4 : Période de retour

La période de retour est un intervalle de temps moyen séparant deux occurrences d'un événement caractérisé par une variable aléatoire sur une durée fixe. Une pluie réelle particulière constitue un phénomène unique et non reproductible. Il est nécessaire de la caractériser par une variable aléatoire généralement l'intensité moyenne maximum sur une durée égale au temps de concentration du bassin versant étudié. La période de retour d'une pluie n'est donc pas une caractéristique intrinsèque de cette dernière, puisqu'elle dépend de la durée d'analyse considérée.

III-5 : Mesure de précipitation :

Quelle que soit la forme de la précipitation, liquide ou solide, on mesure la quantité d'eau tombé durant une période de temps. On l'exprime généralement en hauteur d'eau tombée horizontale (mm) ou en intensité (mm/h ou mm/min). Les principaux instruments de mesures des précipitations sont le pluviomètre, le pluviographe et nivomètre.

Le pluviomètre qui donne la pluie globale à une station pendant un temps plus au moins long.

Le pluviomètre enregistreur (le pluviographe) qui permet d'analyser de plus près la répartition de la pluie dans le temps.

III-6 : Analyse des données pluviométriques et choix de la loi d'ajustement

Les crues sont dues à des précipitations extrêmes les précipitations journalières sont les données les plus abondantes aussi bien dans le temps que dans l'espace.

La station pluviométrique choisi qui est plus proche de la zone d'étude est celle de Seddouk

Les caractéristiques de cette station :

Code de la station : 151006

X : 678.05 km

Y : 362.15km

Z : 370m

III-6-1 : Caractéristiques de la série pluviométrique :**Tableau (II-01) : Précipitation maximale journalière pour la station de Seddouk**

Année	P_{jmax}(mm)	Année	P_{jmax}(mm)
1968	34.1	1990	40.2
1969	51.8	1991	47.1
1970	40.3	1992	40.5
1971	57.7	1993	33.2
1972	43.5	1994	37.5
1973	56	1995	72.2
1974	39.1	1996	19.9
1975	35.9	1997	49.8
1976	23.2	1998	33.6
1977	30.7	1999	75.4
1978	64.6	2000	33.6
1979	24.7	2001	17.8
1980	48.4	2002	46.7
1981	44.5	2003	37.5
1982	48.5	2004	32.4
1983	32.3	2005	37.9
1984	30.5	2006	68.1
1985	48.5	2007	51.6
1986	21.8	2008	42.5
1987	31.4	2009	30.4
1988	29.2	2010	31
1989	24.9	2011	28.1
		2012	25.4

Caractéristiques de la station	Formule	Valeurs
La somme des Pjmax en (mm)	$\sum_{i=1}^n X_i$	1795.5
La moyenne des Pjmax en (mm)	$\frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$	39.9
L'écart type σ_x	$\sqrt{\frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n (P_{max,j} - \overline{P_{max,j}})^2 \right)}$	13.6
Coefficient de variation Cv	$\frac{\sigma_x}{\overline{P_{max,j}}}$	0.342

Tableau III-02 : les caractéristiques empiriques de l'échantillon

III-7 : Choix de la loi d'ajustement :

Comme il existe plusieurs méthodes d'ajustement des séries pluviométrique, l'efficacité d'une méthode d'estimation dépend de la loi de probabilité, de taille de l'échantillon et de certaines caractéristiques de l'échantillon. Le choix d'une méthode est donc un exercice difficile à effectuer

Dans notre étude on va utiliser lois généralement utilisées sont :

- 1) la loi de GEV
- 2) La loi de GALTON (log-normal).

III-7-1 : Ajustement par la loi de GALTON (log-normal) :

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

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{u^2}{2}} du \quad (\text{III-1})$$

F(x) : fréquence au non dépassement.

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

$$u = \frac{\ln(x) - \overline{\ln(x)}}{\sigma_{\ln(x)}} \quad (\text{III-2})$$

Avec :

- x : la précipitation (Pmax,j).

- $\ln(x)$: la moyenne des logarithmes de la variable x
- $\sigma \ln(x)$: l'écart-type des logarithmes de la variable x .

➤ L'expression de quantile est alors :

$$\ln(x) = u \sigma \ln(x) + \ln(x) \quad (\text{III-3})$$

pour déterminer les deux paramètres (la moyenne, écart type) de la loi-normale, on a utilisé le logiciel Hyfran .

Dans notre calcul, on a opté pour la méthode du maximum de vraisemblance, et la fréquence choisit et celle de Hazen.

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

$$\sigma \ln(x) = 0.337 \quad \ln(x) = 3.629$$

➤ Résultat de l'ajustement de la loi de Galton :

Tableau III-03 : résultats de l'ajustement à la loi Log-normale :

T (période de retour)	q (fréquence au non dépassement)	XT (valeur théorique)	Ecart-type	intervalle de confiance (95%)
100	0.99	82.7	8.08	66.9-98.5
50	0.98	75.4	6.75	62.2-88.7
20	0.95	65.7	5.11	55.7-75.7
10	0.9	58.1	3.97	50.3-65.9
5	0.8	50.1	2.94	44.3-55.9

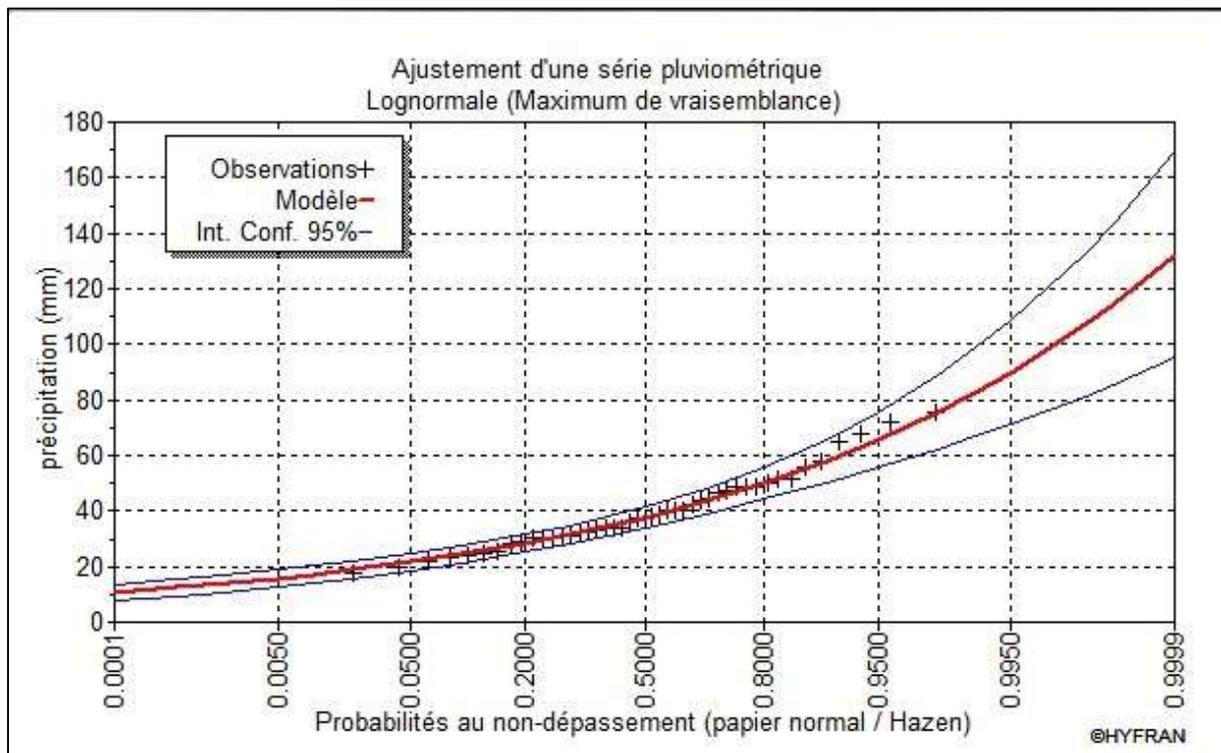


Figure III-1 : Ajustement graphique a la loi log-normale

III-7-2 : Ajustement de la loi GEV :

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

$$F(x) = e^{-e^{-y}} \quad (\text{III-4})$$

Sachant que « y » est la variable réduite :

$$y = -\frac{1}{k} \ln \left[1 - \frac{k}{\alpha} (x - u) \right] \quad (\text{III-5})$$

Avec :

- x: la précipitation
- 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 :

$$x = u + \frac{\alpha}{k} (1 - e^{-ky}) \quad (\text{III-6})$$

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

Tableau III-4 : Paramètres de la loi GEV

K	A	U
0.017079	10.815641	33.734126

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

Tableau III-5: Résultat de l'ajustement à la loi GEV

T (période de retour)	q (fréquence au non dépassement)	XT (mm) (valeur théorique)	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
100	0.99	81.6	10.8	60.5-103
50	0.98	74.6	8.09	58.7-90.4
20	0.95	65.1	5.33	54.6-75.5
10	0.9	57.6	3.83	50.1-65.1
5	0.8	49.8	2.83	44.2-55.3

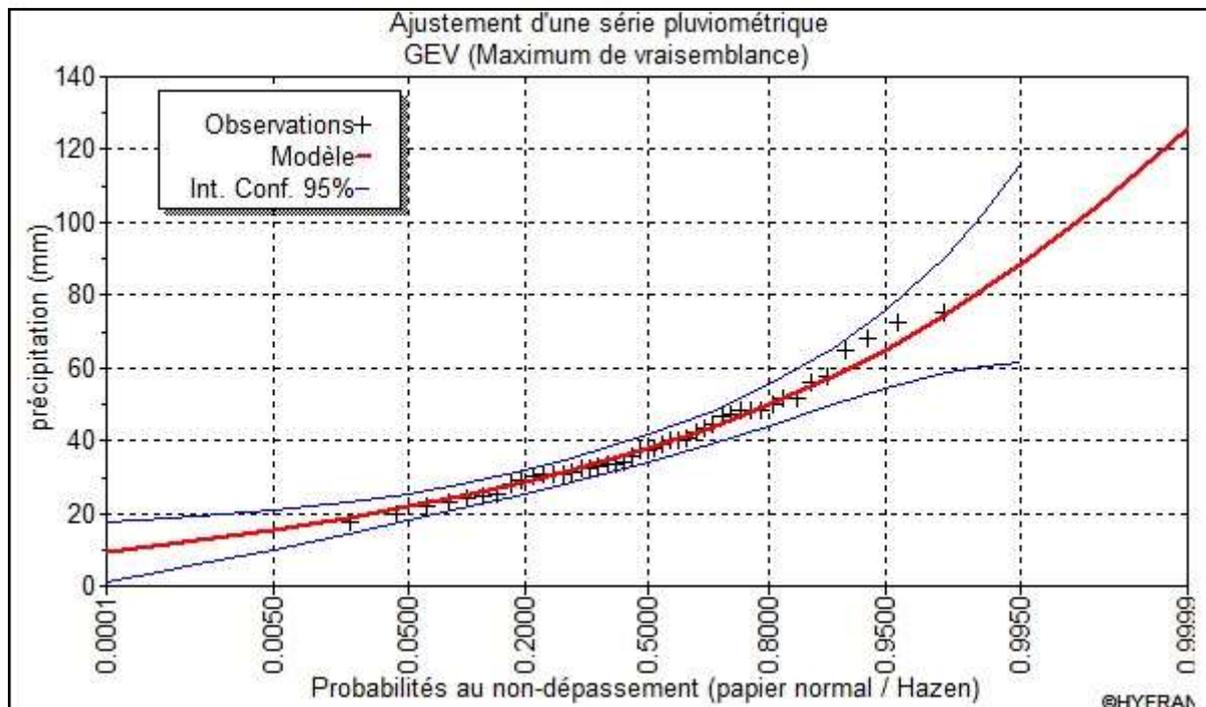


Figure III-2 : Ajustement graphique par la loi GEV

III-8 : Calcul de la valeur de l'intensité a une période de retour donnée :

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

D'après la formule de Montanari, l'intensité de pluie de durée t et de période de retour $p\%$ est donnée par la relation suivante :

$$I_{0.25(p\%)} = \frac{P_{max}}{24} \left(\frac{t}{24}\right)^{b-1} \quad (\text{III-7})$$

D'après la loi de Galton :

Tableau III-6 : les paramètres de la loi de Galton

Période de retour	Fréquence	Pmax (mm)	Intervalle de confiance	$\sigma \ln(x)$	u
10 ans	0.9	58.1	50.3-65.9	0.337	3.629

$$I_{0.25(p\%)} = \frac{P_{max}}{24} \left(\frac{t}{24}\right)^{b-1}$$

$$I_{0.25(p\%)} = \frac{58.1}{24} \left(\frac{0.25}{24}\right)^{0.35-1}$$

$$I_{0.25(p\%)} = 47.037 \text{ mm/h}$$

La valeur de l'intensité pluviale qui est le débit spécifique :

$$I = \frac{47.037 * 10000}{3600} = 130.658 \text{ l/s. ha}$$

D'après la loi de la GEV :

Tableau III-7 : Les paramètres de la loi de GEV

Période de retour	Fréquence	Pmax(mm)	Intervalle de confiance	K	α	u
10ans	0.9	57.6	50.1-65.1	0.017079	10.815641	33.734126

$$I = \frac{P_{max}}{24} \left(\frac{t}{24}\right)^{b-1}$$

$$I = \frac{57.6}{24} \left(\frac{0.25}{24}\right)^{0.35-1} = 46.632 \text{ mm/h}$$

La valeur de l'intensité pluviale qui est le débit spécifique :

$$I = \frac{46.632 * 10000}{3600} = 129.533 \frac{l}{s.ha}$$

III-9 : Test d'adéquation :

Dans notre choix de test d'adéquation, on a opté pour le test de Khi2 et on a obtenu les résultats pour les deux lois choisies par le logiciel HYFRAN et on les a comparés avec ceux qu'on a obtenus par la table de Pearson (Annexe1). Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau III-8 : les résultats du test d'adéquation

Lois statistiques	Probabilité	Degré de liberté	Nombre de classe	X ² calculé	X ² théorique
Loi de Galton	0.6227	6	9	4.4	12.5916
Loi de GEV	0.7915	5	9	2.4	11.070

X2 théorique est obtenu sur la table de Person qui donne la probabilité α pour que X2 égale ou dépasse une valeur donnée en fonction du nombre de degré de liberté.

X2 calculé < X2 théorique donc l'ajustement des lois est bon pour une probabilité 1- α soit 95%.

Donc cela nous conduit à dire que la série s'ajuste pour les deux lois, mais il faut choisir la de loi la plus adéquate.

Conclusion :

D'après le test d'adéquation la série s'ajuste pour les deux lois mais il faut choisir la loi la plus adéquate pour cela on compare les deux courbes d'ajustement on remarque que l'intervalle de confiance de la loi de GEV est plus serré que celle de la loi de Galton donc on prend la précipitation calculer avec la loi Galton qui est : **I=130.658 l/s.ha**

Chapitre IV

Evaluation des débits et calcul de base

Introduction :

L'assainissement des agglomérations qui a pour objectif l'assurance de l'évacuation des eaux usées et pluviales ainsi que le leurs rejet dans l'exutoire de tel façon que ces rejet ne puissent nuire à la santé publique et l'environnement.

Le choix du tracé et du schéma d'évacuation est tributaire du relief et la structure de l'agglomération. Donc toutes les enquêtes menées dans les chapitres précédents présentent un outil de base permet l'évaluation des effluents, la détermination des capacités de transfert du réseau ainsi les conditions de fonctionnalité de ce dernier.

VI-1-Les systèmes d'évacuation des eaux usées et des eaux pluviales :

On appelle « système d'évacuation des eaux » l'ensemble des dispositifs et des produits utilisés et raccordés entre eux, et ce, afin d'évacuer les eaux de pluie ainsi que les eaux usées d'une agglomération On a divers système d'évacuation pour les eaux usées et les eaux pluviales à savoir :

a) Système unitaire :

Dans le système unitaire les eaux usées domestique, les eaux pluviales avec ou sans stockage préalable, et certaine effluents industriels ou certaine eau de refroidissement, sont évacuées par un réseau unique, généralement pourvu de déversoirs qui permettent, en cas d'orage, le rejet d'une partie des eaux par sur verse.

Le système unitaire s'impose lorsqu'il n'y a plus de possibilités de concevoir économiquement un réseau séparatif et une maitrise des branchements particuliers.

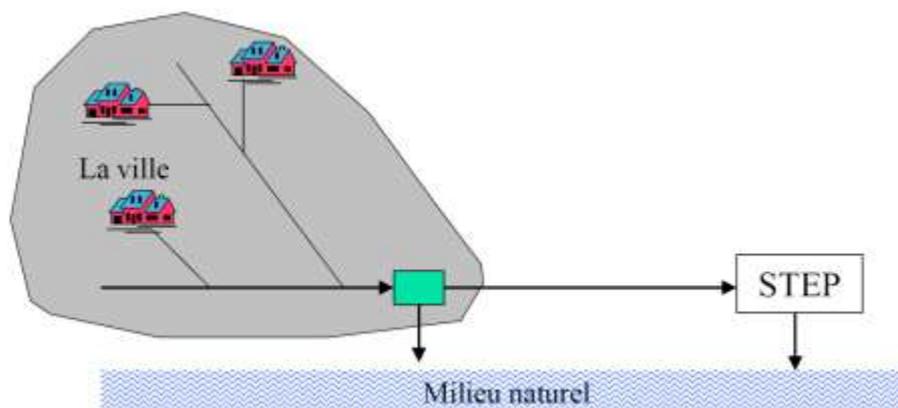


Figure IV-1 : système unitaire (source : site : lycee-cherioux.fr)

b) Système séparatif :

C'est un réseau qui consiste à l'évacuation des eaux domestiques d'origine ménagère, les eaux des équipements, les eaux de service public et certaines eaux industrielles dans un collecteur et l'évacuation de toutes les eaux pluviales est assurée par un autre collecteur.

Le tracés des collecteurs n'est obligatoirement pas le même, ce qui est le cas dans la plus part du temps. Le tracé du réseau d'eau usée est en fonction de l'implantation des différentes

entités qu'il dessert en suivant les routes existantes. Ce réseau ne demande pas de grandes pentes vu que les sections ne sont pas trop importantes.

Par contre le tracé du réseau d'eaux pluviales dépend de l'implantation des espaces producteurs de ruissellement, les eaux pluviales sont rejetées directement dans le cours d'eau le plus proche naturel soit-il ou artificiel,

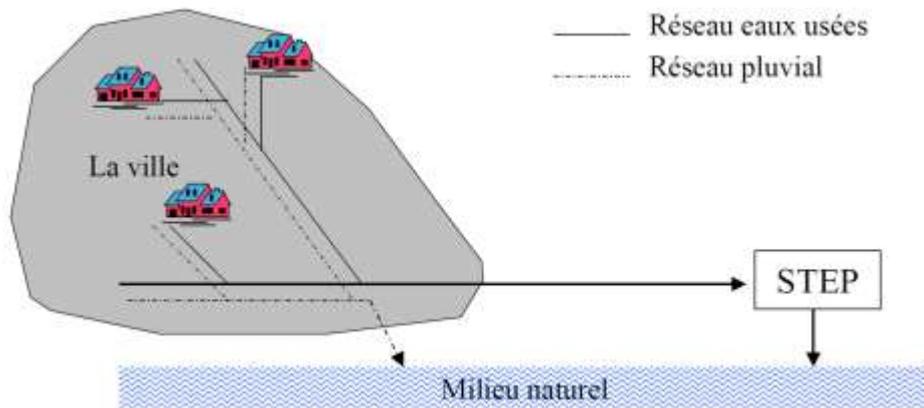


Figure IV-2 : système séparatif (source : site : lycee-cherioux.fr)

c) Système pseudo-séparatif :

Ce système reçoit les eaux usées et une partie des eaux de ruissellement en provenance directe des habitations, le système pseudo séparatif n'est actuellement plus préconisé dans la conception d'un nouvel équipement (Ce système peut être préconisé dans les pays tropicaux secs), c'est un système dans lequel on divise les apports d'eaux pluviales en deux parties :

- les apports d'eaux pluviales provenant des toitures et cours intérieures qui sont raccordées au réseau d'assainissement, à l'aide des mêmes branchements que ceux des eaux usées domestiques ;
- les apports d'eaux pluviales provenant des surfaces de voirie, qui s'écoule par des ouvrages particuliers déjà reçus pour cet objet par les services de la voirie municipale (caniveaux, aqueducs, fossés avec évacuations directes dans la nature,...)

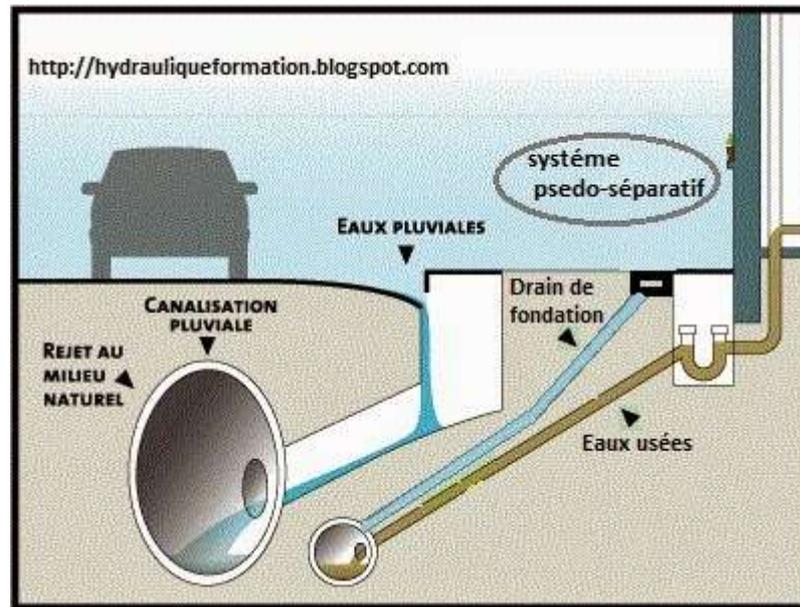


Figure IV-3 : système pseudo-séparatif

d) Système non collectif :

L'Assainissement Non Collectif (ANC) correspond à tout système d'assainissement effectuant la collecte, le prétraitement, l'épuration, l'infiltration ou le rejet des eaux usées domestiques des immeubles non raccordés au réseau public d'assainissement.

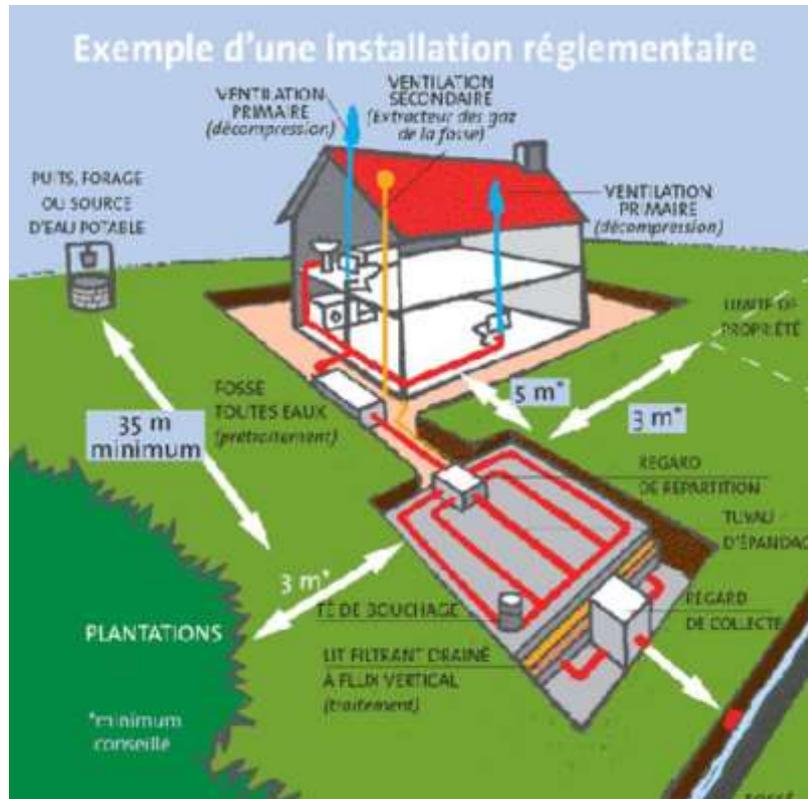


Figure IV-4 : système non collectif source (www.cdc-iledenoirmoutier.com)

IV-2 : les étapes pour le choix d'un système d'assainissement adapté :

- ✓ Faire l'état des lieux du réseau existant et mesurer les charges à traiter : Remédier aux problèmes (fuites, eaux parasites...) Estimer au plus juste le flux polluant en fonction des variations de population au cours de l'année.
- ✓ Etudier la sensibilité du site : Définir des zones d'assainissement collectif et individuel en fonction des différents facteurs tels que : sensibilité de la zone, accessibilité, coût des installations à réaliser, existence ou non du réseau d'assainissement. Capacité des sols.
- ✓ Etude de faisabilité : prendre en compte toutes les contraintes technico-économiques : penser au coût de l'installation et de son entretien futur, l'installation envisagée nécessite-t-elle beaucoup d'entretien, comment peut-elle assumer financièrement cette exploitation

IV-3 : choix du système d'assainissement :

Le choix du système d'assainissement est conditionné par plusieurs facteurs qui sont :

- L'aspect économique : Une étude comparative de plusieurs variantes est nécessaire.
- L'impact provoqué sur le milieu naturel à savoir que :
 - Une station d'épuration est obligatoire pour un système unitaire.
 - En un système séparatif les eaux pluviales sont rejetées directement dans le milieu naturel, mais ces eaux peuvent porter un préjudice majeur à ce dernier.
- S'il s'agit d'une extension de réseau il faut tenir compte du système existant.
- La topographie du terrain naturel.
- Il faut tenir compte des conditions de rejet.
- Urbanistiques (répartition des quartiers résidentiels, commerciaux, et industriels, etc...).
- De réduction des débits de pointe des eaux pluviales.
- De proximité des réseaux voisins et de leurs positions en profondeur (conduites d'eaux potables, canalisation de gaz, câbles électriques ou téléphoniques, etc.).

IV-4 : schéma d'évacuation :

Pour les réseaux d'assainissement l'écoulement est généralement gravitaire donc il est fonction de plusieurs facteurs comme le relief. Nous distinguons plusieurs schémas en fonction du système d'assainissement et de la topographie :

IV-4-1 : schéma perpendiculaire :

Dans ce schéma l'écoulement se fait directement dans le cours d'eau. Il représente aussi le prototype des réseaux pluviaux en système séparatif. Il ne permet pas la concentration des eaux vers un point unique d'épuration

On le trouve dans des villes et des communes rurales qui ne se préoccupent que de l'évacuation par les voies les plus économiques et les plus rapides, sans avoir le souci d'un assainissement efficace des eaux rejetées.

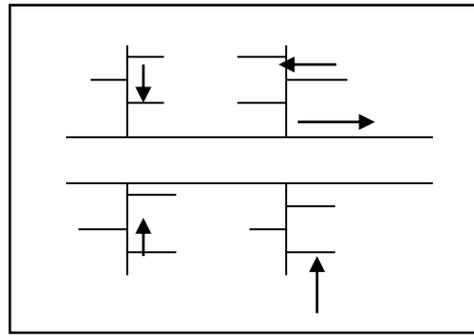


Figure IV-5 : schéma perpendiculaire

IV-4-2 : schéma par déplacement latéral :

Ce schéma est utilisé dans le cas où un traitement est nécessaire donc les eaux sont transporté vers une station unique

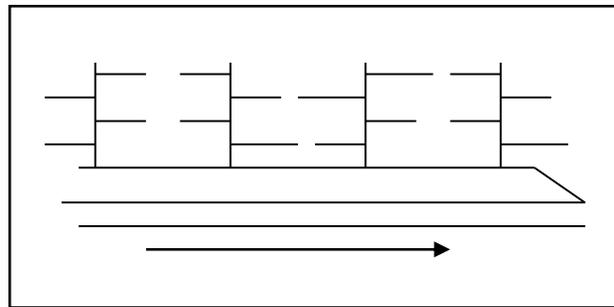


Figure IV-6 : schéma par déplacement latéral

IV-4-3 : schéma radial :

Généralement ce schéma est utilisé pour les terrains plats tel que les effluents sont collecté vers un seul point par la suite un relevage s'impose.

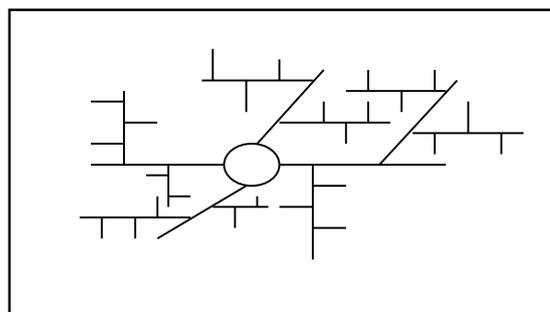


Figure IV-7 : schéma radial

IV-4-4 : schéma par zone étagé :

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

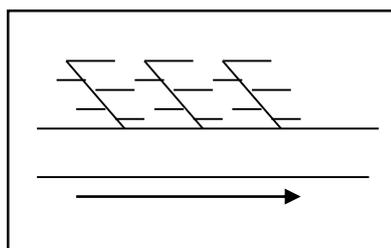


Figure IV-8 : schéma du collecteur par zone étagée

IV-5 : découpage de l'aire d'étude en sous bassins :

Le découpage des sous bassins est fait en tenant compte des paramètres suivants :

- ✓ La topographie du terrain.
- ✓ Les routes et voiries existantes.
- ✓ La nature d'occupation du sol, pour avoir des coefficients de ruissellement aussi proche que possible.
- ✓ L'imites naturelles : oueds, talweg, collines,... etc.

Pour notre projet le découpage est fait selon la topographie du terrain puisque c'est une localité rurale et le terrain est très accidenté.

IV-6 : Evaluation du coefficient de ruissellement :

Le coefficient de ruissellement est défini comme le rapport du volume d'eau qui ruisselle à la sortie d'un bassin sur le volume d'eau tombée sur le bassin considéré :

$$Cr = \frac{\text{volume d'eau ruissellé}}{\text{volume d'eau tombé}}$$

Ce coefficient a la possibilité de faire varier le débit d'eau pluviale, c'est pour cela que lors du découpage des sous bassins il faut que ces derniers soient aussi homogènes que possible, pour minimiser les erreurs commises sur l'évaluation du coefficient de ruissellement.

Sa valeur qui varie entre (0.05 à 1), dépend de plusieurs facteurs tel que : La nature du sol, L'inclinaison du terrain, Le mode d'occupation du sol, la densité de population, La durée de pluie, L'humidité de la surface et L'humidité de l'air

. Coefficients de ruissellement en fonction de la catégorie d'urbanisation

Le coefficient de ruissellement augmente avec l'accroissement de la population car on aura une augmentation de la surface couverte par rapport à celle perméable. Ce qui donne un

Tableau IV-1 : Coefficient de ruissellement en fonction de la catégorie d'urbanisation

Catégorie d'urbanisation	Coefficient de ruissellement (Cr)
Habitation très denses	0.9
Habitation denses	0.60-0.70
Habitations moyennement denses	0.40-0.50
Quartiers résidentiels	0.20-0.30
Square-jardin-prairie	0.05-0.20

Tableau IV-2 : Coefficient de ruissellement en fonction de type de surface

surfaces	Coefficient de ruissellement
-Pavage, chaussée revêtus, pistes ciment	0.7<C<0.95
-Toitures et terrasses	0.75<C<0.95
-Sols imperméables avec végétation :	
Pente<2%	0.13<C<0.18
Pente de 2% à 7%	0.18<C<0.22
Pente >7%	0.25<C<0.35
-sols perméables avec végétation :	0.05<C<0.1
Pente<2%	0.1<C<0.15
Pente 2% à 7%	0.15<C<0.2
Pente>7%	
-piste non revêtu	0.3<C<0.35
-surface goudronnée	0.4<C<0.6

IV-7 : Calcul de population de chaque sous bassin :

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

- On estime le coefficient de ruissellement.
- On calcule le coefficient de ruissellement pondéré total
- On calcule la densité partielle de chaque sous bassin.
- On déduit le nombre d'habitant de chaque sous bassin.

IV-7-1 : calcul du coefficient de ruissellement pondéré total :

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

$$C_{rp} = \frac{\sum A_i \cdot C_{ri}}{A} \dots \dots \dots \text{IV-01}$$

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.

Application numérique : C_{rp}=0.7875

IV-7-2 : Calcule de la densité partielle de chaque sous bassin :

$$D_i = \frac{P_t * C_{ri}}{A * C_{rp}} \dots\dots\dots IV-02$$

Avec :

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

C_{rp} : coefficient de ruissellement total pondéré

A : surface totale d'urbanisation (ha) $A=40.23$ ha

P_t : nombre total d'habitants (hab.) à l'horizon 2050= 7177 hab.

IV-7-3 : Calcul du nombre d'habitants pour chaque sous bassin :

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

$$P_i = D_i * A_i \dots\dots\dots IV-03$$

Avec :

P_i : Population partielle du sou bassin considéré.

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

Tableau IV-3 : Détermination du nombre d'habitants pour chaque sous bassin

N° du sous bassin	Aire A_i (ha)	coefficient de ruissellement C_{ri}	$A_i * C_{ri}$	D_i (hab/ha)	P_i (nombre d'habitants)
SB1	1.52	0.52	0.7904	117.80011	180
SB2	2.72	0.84	2.2848	190.292485	518
SB3	1.37	0.86	1.1782	194.823258	267
SB4	1.11	0.82	0.9102	185.761711	207
SB5	1.08	0.79	0.8532	178.965551	194
SB6	1.26	0.84	1.0584	190.292485	240
SB7	0.82	0.86	0.7052	194.823258	160
SB8	1.82	0.79	1.4378	178.965551	326
SB9	1.72	0.81	1.3932	183.496325	316
SB10	1.8	0.82	1.476	185.761711	335
SB11	1.56	0.85	1.326	192.557872	301
SB12	1.73	0.83	1.4359	188.027098	326
SB13	0.83	0.8	0.664	181.230938	151

SB14	6.17	0.82	5.0594	185.761711	1147
SB15	2.57	0.78	2.0046	176.700165	455
SB16	2.29	0.79	1.8091	178.965551	410
SB17	5.77	0.74	4.2698	167.638618	968
SB18	4.09	0.74	3.0266	167.638618	686

IV-8 : Evaluation des débits des eaux usées :

IV-8-1 : nature des eaux à évacuer :

Au niveau de notre agglomération les flux polluants proviennent essentiellement des rejets domestiques et des fermes d'élevages ainsi que les précipitations. A cet égard il est souhaitable de considérer aussi les apports parasites qui peuvent être dus à une remontée accidentelle de la nappe phréatique.

IV-8-1-1 : eaux pluviales :

Si on fait une comparaison entre la quantité d'eaux usées et d'eaux pluviales issues d'une agglomération, on constatera une nette différence entre les deux, telle que les eaux pluviales représentent la majeure partie aussi notre terrains est constitué de terrains perméable d'où les eaux de ruissellement vont diminuer d'avantage.

IV-8-1-2 : eaux usées domestique :

Ce sont des eaux qui trouvent leur origine à partir des habitations de l'agglomération,

Elles sont constituées essentiellement d'eaux ménagères et d'eaux vannes.

- les eaux ménagères englobent les eaux des vaisselles, de lavage, de bain et de douche.
- les eaux vannes englobent les eaux provenant des sanitaires.

IV-8-1-3 : les eaux usées industrielles :

Sont classées dans les industrielles, tous les rejets correspondant à une utilisation de l'eau autre que domestique et résultant des autres activités industrielles, commerciales, artisanales, ou autres. Leurs caractéristiques sont précisées dans une convention spéciale, valant autorisation de déversement, lors du raccordement au réseau d'assainissement.

IV-8-1-4 : les eaux usées parasite :

Une eau parasite est une eau qui transite dans un réseau d'assainissement non conçu pour la recevoir. C'est une eau claire qui est généralement très peu polluer cette eau vient généralement :

- ✓ Des infiltrations des eaux de pluie
- ✓ La remonté de la nappe

Comme on peut aussi avoir des eaux parasites toxiques qui sont d'origine industrielle, résultent de rejets non conformes à la réglementation

Ces eaux parasites peuvent avoir un impact très important sur notre réseau à savoir :

- La présence d'eaux claires parasites peut poser problème au niveau du dimensionnement des réseaux, et notamment créer des surcharges, des débordements ou des risques d'usure prématurée des canalisations.
- Les eaux parasites peuvent placer la station d'épuration, en situation de surcharge.

Remarque : Dans notre cas le débit d'infiltration est estimé à 0,15l/s/ha vu le manque de données.

IV-8-2 : estimation des débits d'eaux usées :

La consommation en eau potable influe sur la variation des rejets des eaux usées dans les canalisations. L'eau utilisé par notre agglomération n'est pas rejeté à 100% dans notre réseau on a un rejet de 70 à 85% de la consommation totale tout dépend aussi du type de l'agglomération .ce pourcentage est appelé le coefficient de rejet. Pour notre étude on le prend à 80%

IV-8-2-1 : évaluation du débit moyen journalier :

Le débit moyen journalier est calcul avec la formule : $Q_{moyj} = \frac{K_r * D * N}{86400}$ IV-4

Tel que :

- ✓ Q_{moyj} : le débit moyen journalier
- ✓ K_r : le coefficient de rejet est égal à 80% de la quantité moyenne d'eau potable
- ✓ N : nombre d'habitants de l'horizon d'étude
- ✓ D : la dotation journalière égale à 150 l/s/hab.

IV-8-2-2 : Evaluation du débit de pointe :

Comme la consommation, le rejet des eaux usées est aussi variable dans la journée, d'où nous sommes appelés à déterminer le débit de pointe qui est donné par la formule qui suit :

$$Q_{pte} = K_p * Q_{moyj} \quad \text{IV-5}$$

Avec :

- ✓ Q_{pte} : débit de pointe d'eaux usées ;
- ✓ Q_{moyj} : débit moyen journalier d'eaux usées ;
- ✓ K_p : coefficient de pointe ;

Le coefficient de pointe est le rapport entre le débit maximal et le débit moyen au cours de cette même journée, il peut être estimé de plusieurs manières :

- Estimé de façon moyenne :

$$K_p = 24/14 ;$$

$K_p = 24/10$;

- Relié à la position de la conduite dans le réseau :

$K_p = 3$ en tête du réseau ;

$K_p = 2$ à proximité de l'exutoire ;

- Calculé à partir du débit moyen journalier :

$K_p = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{moyj}}}$ si $Q_{moyj} > 2.8 \text{ l/s}$

$K_p = 3$ si $Q_{moyj} < 2.8 \text{ l/s}$

Tableau VI-4 : évaluation des débits en eau potables des équipements ainsi que les habitants pour chaque sous bassin

N° SB	Equipements	Unité de mesures	Nbre d'unité	Dotation l/j/hab	Qequip l/s	Qequip total l/s	Qusée (l/s)
SB1	/	/	/	/	/	/	0.9
SB2	Mosquée	l/j/fidèles	100	20	0.018	0.0905	2.158
	Bovins	l/j/têtes	23	50	0.013		
	Ovins	l/j/têtes	150	5	0.0086		
	caprins	l/j/têtes	20	10	0.00231		
	Poules pondeuses	l/j/têtes	4200	1	0.0486		
SB3	/	/	/	/	/	/	1.1125
SB4	/	/	/	/	/	/	0.8625
SB5	poulailler	l/j/têtes	900	5	0.052	0.052	0.8083
SB6	/	/	/	/	/	/	1.15
SB7	/	/	/	/	/	/	0.8166
SB8	poulailler	l/j/têtes	600	5	0.034	0.034	4.075
SB9	Antenne postale	l/j/employés	6	50	0.00347	0.00347	1.3166
SB10	caféteria	l/j/employés	4	15	0.00069	0.00069	1.3958
SB11	mosquée	l/j/fidèle	100	20	0.023	0.023	1.2542

SB12	Ecole primaire	l/j/élève	217	20	0.05	0.1782	1.3583
	bovins	l/j/têtes	33	50	0.019		
	Ovins	l/j/têtes	90	5	0.0052		
	Poulets de chairs	l/j/têtes	9020	1	0.104		
SB13	Salle de soins	employés	5	20	0.00115	0.0015	0.6292
SB14	Usine de film en plastique	employés	10	20	0.00185	0.00532	4.7792
	Salle de sport	l/j/personne	20	15	0.00347		
SB15	Elévation d'abeilles	l/j/têtes	30	5	0.00173	0.00173	1.8958
SB16	/	/	/	/	/	/	1.8583
SB17	Station-service	personnes	100	20	0.0185	0.0185	4.0333
SB18	Salle des fêtes	personnes	300	40	0.111	0.111	2.8583

IV-9 : Estimation des débits des eaux pluviale :

Les eaux pluviales sont assainies avec les eaux d'arrosages et de lavage des voies publiques ou tout simplement se sont les eaux de ruissellement de surface

Après avoir fait le découpage de notre zone d'étude en plusieurs sous bassin on attribue pour chaque sous bassin un coefficient de ruissellement pondéré selon la nature du sol a drainé

Pour le calcul des débits des eaux pluvial on a deux méthodes en fonction de l'étendue du sous bassin et de son urbanisation :

- La méthode rationnelle
- La méthode de superficielle

Mais pour notre cas nous allons présenter uniquement la méthode que nous avons employée pour notre étude.

IV-9-1 : la méthode rationnelle :

La méthode rationnelle consiste à estimer les débits pluviaux suite à une averse d'intensité « I » supposée constante sur des surfaces d'influence de superficie « A », caractérisée par un coefficient de ruissellement « Cr ». Elle fut découverte en 1889 mais ce n'est qu'en 1906 qu'elle a été généralisée. Dans cette méthode le hyétogramme de pluie sur un bassin se transforme ainsi en hydrogramme d'écoulement, en tenant compte de l'effet de stockage et de l'infiltration

La méthode rationnelle s'exprime par la formule suivante :

$$Q = \alpha * A * Cr * i \quad (IV-6)$$

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 tenant compte de la distribution de la pluie dans l'espace, sa détermination est en fonction de la forme du sous bassin

Les hypothèses de la méthode rationnelle sont les suivantes :

- L'intensité de l'averse en mm/h est uniforme, dans le temps et dans l'espace, sur l'ensemble du bassin drainé ;
- Le débit de pointe «Qp» en m3/s de l'hydro gramme de ruissellement est une fonction du débit précipité i.A ;
- L'intervalle de récurrence du débit de pointe «Qp » est le même que celui de l'averse d'intensité uniforme i ;
- En fin, le coefficient de ruissellement est constant d'une averse à l'autre.

A. Validité de la méthode rationnelle :

Cette méthode est efficace pour des aires relativement limitées (généralement inférieures à 10 ha), le résultat est meilleur pour des aires plus faibles du faite de la bonne estimation du coefficient de ruissellement, Aussi, elle est applicable pour des surfaces où le temps de concentration ne dépasse pas 30 minutes.

B. Application de la méthode rationnelle :**B-1 : 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 pour Atteindre à l'exutoire du bassin versant,

Le temps de concentration T_c est donné par :

$$T_c = t_1 + t_2 + t_3$$

t_1 : C'est le temps mis par l'eau pour s'écouler dans la canalisation :

$$t_1 = \frac{L}{60v} \quad (\text{IV-8})$$

Tel que :

L : la longueur du tronçon considéré (m)

v : la vitesse de l'eau dans le tronçon (m/s)

t_2 : Temps mis par l'eau pour atteindre le premier ouvrage d'engouffrement il est compris entre 2 et 20 minutes.

t_3 : Temps de ruissellement sur un parcours ne comportant pas de canalisation.

$$\text{Ou : } t_3 = \frac{L}{11\sqrt{I}} \quad (\text{IV-9})$$

L : Cheminement hydraulique le plus long (m).

I : Pente moyenne du chemin parcouru par l'eau (m/m).

Afin de simplifier l'application de la méthode, on admettra un temps de circulation superficielle pour atteindre le premier ouvrage d'engouffrement

IV-9-3 : calcul des débits pluviaux et totaux :

Le calcul des débits est mentionné dans les tableaux suivants :

Tableau VI-5 : Calcul des débits pluviaux pour chaque sous bassin

N° SB	surface (ha)	Cr	i (l/s.ha)	α	Qpluv(l/s)	Qpluvial(m3/s)
SB1	1.52	0.52	130.658	0.9	92.9448749	0.09294
SB2	2.72	0.84	130.658	0.85	253.748289	0.25375
SB3	1.37	0.86	130.658	0.8	123.153004	0.12315
SB4	1.11	0.82	130.658	0.9	107.03242	0.10703
SB5	1.08	0.79	130.658	0.9	100.329665	0.10033
SB6	1.26	0.84	130.658	0.89	123.0767	0.12308
SB7	0.82	0.86	130.658	0.9	82.9260194	0.08293
SB8	1.82	0.79	130.658	0.89	167.195464	0.16720
SB9	1.72	0.81	130.658	0.85	154.727817	0.15473
SB10	1.8	0.82	130.658	0.8	154.280966	0.15428
SB11	1.56	0.85	130.658	0.8	138.602006	0.13860
SB12	1.73	0.83	130.658	0.8	150.089458	0.15009
SB13	0.83	0.8	130.658	0.89	77.2136517	0.07721
SB14	6.17	0.82	130.658	0.9	594.945977	0.59495
SB15	2.57	0.78	130.658	0.9	235.725324	0.23573
SB16	2.29	0.79	130.658	0.8	189.09871	0.18910
SB17	5.77	0.74	130.658	0.9	502.095176	0.50210
SB18	4.09	0.74	130.658	0.89	351.950057	0.35195

Tableau VI-6 : calcul des débits totaux de chaque sous bassin

N°SB	Qusées(m3/s)	Qpluv(m3/s)	Qt(m3/s)
SB1	0.0009	0.092945	0.093845
SB2	0.002398833	0.253748	0.256147
SB3	0.0012625	0.123153	0.124416
SB4	0.0010125	0.107032	0.108045
SB5	0.001010333	0.100330	0.101340
SB6	0.00115	0.123077	0.124227
SB7	0.000816667	0.082926	0.083743
SB8	0.001542333	0.167195	0.168738
SB9	0.001470137	0.154728	0.156198
SB10	0.001546523	0.154281	0.155827
SB11	0.001427167	0.138602	0.140029
SB12	0.001686533	0.150089	0.151776
SB13	0.000794167	0.077214	0.078008
SB14	0.004934487	0.594946	0.599880
SB15	0.002047563	0.235725	0.237773
SB16	0.001858333	0.189099	0.190957
SB17	0.004201833	0.502095	0.506297
SB18	0.003119333	0.351950	0.355069

Conclusion :

Ce chapitre est le plus important car il nous permet d'estimer les différents paramètres qui sont une base pour l'élaboration d'un calcul hydraulique adéquat qui par la suite permet le dimensionnement des ouvrages formant le système d'évacuation projeté.

Pour notre cas le système adopté est un système unitaire avec un schéma latéral.

Chapitre V

Calcul hydraulique et réhabilitation du réseau

Introduction :

Le calcul hydraulique est la phase la plus importante de notre travail puisque il nous permet de vérifier les conditions d'écoulement comme la vitesse admissible. Donc ces caractéristiques doivent être menées avec beaucoup de rigueur et nécessitent des outils d'information précis pour assurer une évacuation rapide sans stagnation des eaux pluviales et le transfert des eaux usées dans des conditions d'hygiène satisfaisantes.

Le choix du tracé et l'implantation des ouvrages d'évacuation (collecteurs et regards), doivent respecter certaines normes de construction et de pose, afin de satisfaire des conditions mécaniques et hydrauliques et assurer une pérennité convenable.

V-1-Condition d'écoulement :

Comme notre réseau est un système gravitaire et caractérisé par un écoulement uniforme et a surface libre donc l'écoulement dans les canalisations doit satisfaire aux normes qui permettent un bon fonctionnement hydraulique tel que la capacité d'auto curage qui exige :

- ✓ Une vitesse de l'ordre de 0.6m/s pour 1/10 du débit à pleine section
- ✓ Une vitesse de l'ordre de 0.3m/s pour 1/100 du débit à pleine section
- ✓ Pour la vitesse d'érosion il est déconseillé de dépasser les 5m/s pour éviter la dégradation des parois de la canalisation

V-2-Le calcul des paramètres hydraulique :

Avant de procéder au calcul hydraulique du réseau d'assainissement en gravitaire, nous considérons les hypothèses suivantes :

- L'écoulement est uniforme à surface libre, le gradient hydraulique de perte de charge est égal à la pente du radier.

- La perte de charge engendrée est une énergie potentielle égale à la différence des côtes du plan d'eau en amont et en aval.

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

$$Q=V.S \quad (V-1)$$

Avec :

Q : le débit m³/s

S : la section mouillée m²

V : la vitesse d'écoulement (m/s)

La vitesse moyenne est exprimée par la formule de Manning :

$$V = Ks.R^{2/3}.\sqrt{I} \quad (V-2)$$

D'où :

I : la pente entre deux regards (m/m)

R : le rayon hydraulique

Ks : Coefficient de rugosité dépend de la nature des parois, les coefficients K sont présentés dans le tableau suivant

Tableau V-1 : Coefficient de rugosité de Strickler pour divers types de matériaux

Type de matériaux	Coefficient de rugosité Ks
Conduite métallique rivée ou avec de nombreuses soudures	60
Béton rugueux	60
Conduite et fontes ou en béton (très vieilles)	70
Conduites en fontes en service ou en béton avec joints serrées	75
Fonte neuve, maçonnerie très lisse	80
Acier revêtu, béton bien lissé	85
Conduites en béton très lisse, en fibrociment, en tôle sans soudures	90 à 100
Acier galvanisé	100 à 110
Font revêtue intérieurement neuve	110 à 125
Cuivre, laiton, PE, PVC lisse	100 à 150

Source BOURRIER .R.2008

A partir des deux équations (V-1) et (V-2) on calcule le diamètre :

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

Le débit en plein section est donné par :

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

Dnor : est le diamètre normalisé (mm)

Vps : la vitesse à plein section (m/s) qui -est calculée avec la formule suivante :

$$V_{ps} = K_s (D_{nor}/4)^{2/3} \cdot \sqrt{I} \quad (V-5)$$

Les vitesses moyennes et les hauteurs de remplissage sont calculées ainsi :

$$R_q = \frac{Q_t}{Q_{ps}} \quad (V-6)$$

$$R_v = \frac{v}{V_{ps}} \quad (V-7)$$

$$R_h = \frac{h}{D_{nor}} \quad (V-8)$$

V-3 : Vérification des conditions d'autocurage :

Pour la vérification de la vitesse d'autocurage on doit vérifier deux conditions :

1^{er} condition :

Pour $Q=10\%Q_{ps}$, la vitesse doit être $V_{0.1}>0.6\text{m/s}$

2^{ème} condition :

Pour $Q=1\%Q_{ps}$, la vitesse doit être $V_{0.01}>0.3\text{m/s}$

Pour simplifier nos calculs on utilise un programme d'Excel utilisant les formules ci-dessus et en tenant compte des données géométriques (pentes, longueurs).

Tous les résultats sont mentionnés dans les tableaux de **l'annexe 3**

Conclusion :

On a opté pour le PVC comme matériaux de la majorité des canalisations car notre terrain est très accidenté d'où on a de forte vitesse qui peuvent engendrer des corrosions dans les canalisations en bétons mais pour des diamètres qui dépassent les 1000mm on opte pour le béton armé puisque ces diamètre la ne sont pas disponible sur le marché en essayant de maintenir la pente pour éviter de grandes vitesse et aussi rajouté plusieurs regards de chutes.

Chapitre VI

Éléments constitutifs du réseau et ouvrages
annexes

Introduction :

L'objectif majeur des éléments constitutifs est la collecte des eaux usées et pluviales d'où la protection du milieu naturel et assurer une bonne fonctionnalité avec une aisance de gestion

Nous avons deux types d'ouvrages d'assainissements :

- ❖ Les ouvrages principaux qui correspondent au développement du réseau jusqu'à l'entrée des effluents dans la station d'épuration
- ❖ Les ouvrages annexes qui constituent toutes les constructions et les installations ayant pour but l'exploitation rationnelle et correcte du réseau (bouche d'égout, regards, déversoirs d'orage... etc.)

VI-1 : Les ouvrages principaux :

Les ouvrages principaux comprennent les conduites et les joints ces canalisations se présentent sous forme de diamètre croissant de l'amont vers l'aval

VI-1-1 : Les canalisations :

Elles se présentent sous plusieurs formes cylindriques préfabriquées en usine. Elles sont désignées par leurs diamètres intérieurs, dites diamètres nominaux exprimés en millimètre, ou ovoïdes préfabriqués désignés par leur hauteur exprimée en centimètre et, des ouvrages visitables.

A. Canalisation en béton armé :

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

- ❖ De génératrices disposées en parallèle. On peut parfois rencontrer plusieurs couches de génératrices en fonction des conditions de pose.
- ❖ De cerces disposées de telle façon à former des grilles avec les génératrices et écartées d'environ 15 cm les unes des autres.
- ❖ Les conduites type BONNA comportent en plus des armatures, une âme en tôle pour assurer l'étanchéité et augmenter la résistance de la conduite.

La longueur utile ne doit pas être supérieure à 2 m.

B. Canalisation en béton non armé :

Les tuyaux en béton non armé sont fabriqués mécaniquement par un procédé assurant une compacité élevée du béton (compression radiale, vibration, centrifugation,...etc.). La longueur utile ne doit pas dépasser 2.5m.

Les tuyaux non armés ont une rupture brutale ; mais à moins que la hauteur de recouvrement soit insuffisante, elle survient aux premiers âges de la canalisation.

Il est déconseillé d'utiliser les tuyaux non armés pour des canalisations visitables.

L'essai à l'étanchéité est effectué sous une pression de 1 bar pendant 30 minutes. Les principaux joints sont du type emboîtement à gorge pour joint élastomère.

C. Canalisation en amiante-ciment :

Les tuyaux et pièces de raccordement en amiante-ciment se composent d'un mélange de ciment Portland et d'amiante en fibre fait en présence d'eau. Ce genre de canalisation se fabrique en deux types selon le mode d'assemblage : à ou sans emboîtement avec deux bouts lisses. Les diamètres varient de 60 à 500 mm pour des longueurs variant de 4 à 5 m. Les joints sont exclusivement du type préformé.

D. Canalisation en polychlorure de vinyle (PVC) :

Le PVC fait partie de la famille des thermoplastiques, c'est une résine

• Synthétique résultant de la polymérisation du chlorure de vinyle monomère ; celui-ci étant obtenu par synthèse à partir du chlorure d'hydrogène.

Le PVC rigide non plastifié, utilisé en Assainissement, est opaque et de couleur normalisée gris clair. Il offre une exceptionnelle résistance à l'agression d'ordre chimique, de ce fait, offrir un intérêt dans les installations internes industrielles.

Si les tuyaux ne sont pas destinés à être assemblés par manchons à doubles bagues d'étanchéité ; il comporte à l'une de leurs extrémités une emboîture façonnée en usine ; munie d'un dispositif pour loger ou retenir une bague en élastomère.

Les joints collés ne peuvent être admis que pour les tuyaux de faible diamètre ; c'est-à-dire pour les branchements.

Les tuyaux en PVC non plastifiés sont sensibles à l'effet de température

E. Tuyau en polyéthylène haute densité (PEHD) :

Les tubes en polyéthylène HD présentent des surfaces, intérieures et extérieures, propres et lisses et sont exempts de défauts d'importance ou de fréquence tels qu'ils soient susceptibles d'être nuisibles à leur qualité : rayures, bulles, grains, criques et soufflures. L'examen est effectué à l'œil nu, sur des éprouvettes ouvertes selon deux génératrices diamétralement opposées.

F. Canalisation de forme ovoïde :

La canalisation est remplacée par un ovoïde lorsque les débits sont importants et entraînent de gros diamètres. L'égout ovoïde est constitué par des éléments préfabriqués ayant un profil en œuf avec une base aplatie, de 1m de longueur et munis de joints à emboîtement. Les dimensions permettent la visite et les regards sont alors supprimés à l'exception de ceux nécessaires à l'accès.

Les canalisations adjacentes sont piquées directement dans l'ovoïde sous réserve de déboucher à 20cm au moins au-dessus du fil d'eau pour éviter les refoulements. Les éléments ovoïdes préfabriqués sont sensibles aux efforts latéraux ce qui implique une pose soignée, un sol bien dressé et un remblai méthodiquement compacté.

VI-1-2 : les joins des conduites :

Les joints ont pour rôle l'assemblage des canalisations de n'importe quel type on distingue :

A. Joint de type Rocla :

C'est des joints à emboîtement ou l'étanchéité est assurée grâce à l'anneau en élastomère. Ce joint s'adapte pour les terrains en pente grâce à l'immobilité d'un anneau placé dans son longis, Le jeu de 1cm permet le non transmission des contraintes longitudinales. Il est valable pour tous les diamètres.

Ce type de joint assure une très bonne étanchéité pour les eaux transitées.

B. Joint à demi-emboitement :

Il est utilisé que dans les sous-sols, ne résiste pas aux pressions élevées, il est utilisé pour des tronçons de longueurs faibles (environ de 1m). La liaison entre les deux bouts se fait par bourrage de ciment.

C. joint torique :

S'adapte bien pour les sols faibles, il représente une bonne étanchéité si la pression n'est pas élevée, il est utilisé pour des diamètres (700-900) mm

D. joint à collet :

C'est un joint à emboîtement rigide, avec collage en ciment. Ce type de joint est utilisé que dans les bons sols et terrains à pente faible, à éviter dans les terrains argileux.

E. joint plastique :

Joint étanche et résistant même s'il est en charge, la présence du cordon de butée en bitume et la bague ou manchon en matière plastique contribuent à la bonne étanchéité, s'adapte à presque tous les sols si la confection est bien faite.

F. Joint mécanique :

Le joint mécanique est destiné à réunir le bout uni d'un tuyau avec un manchon de scellement, ou avec un raccord dans le cas de conduite en pression.

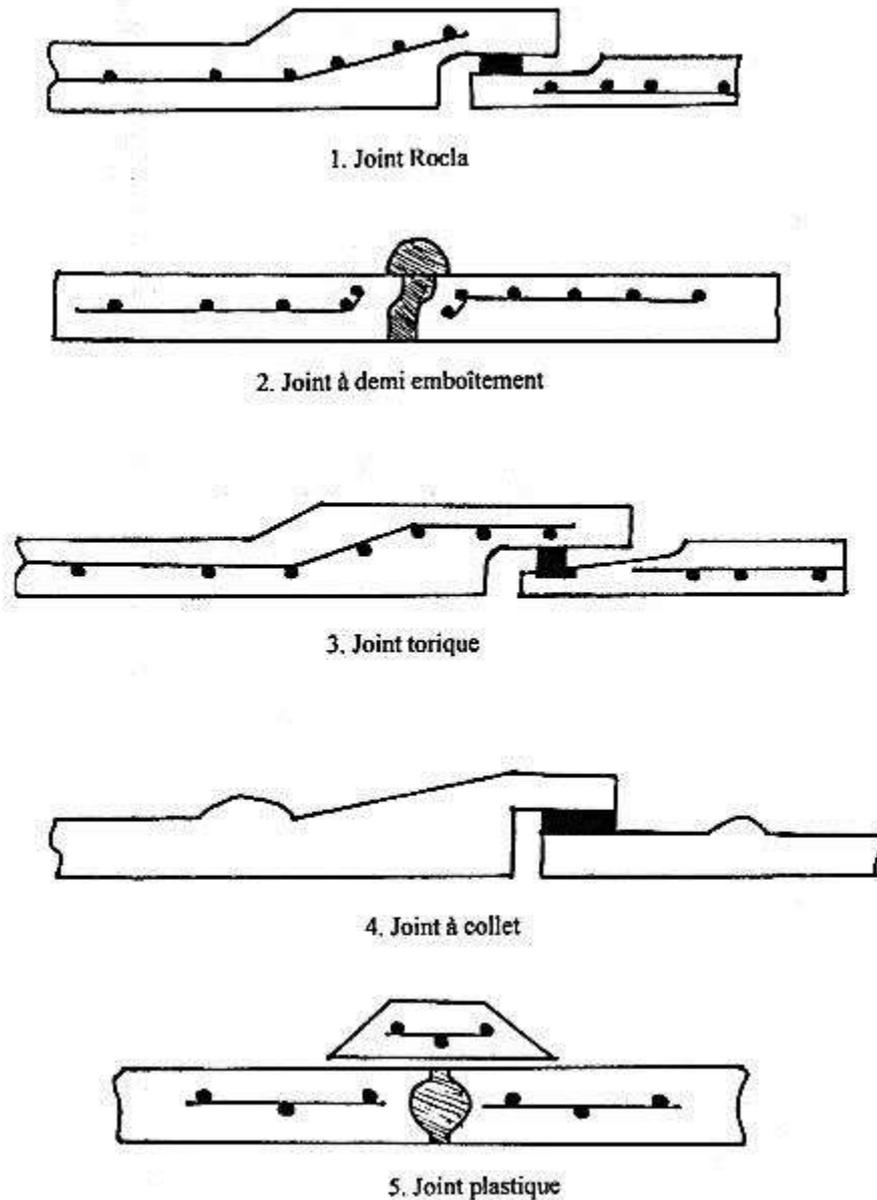


Figure VI-1 : différents joints utilisés

VI-1-3 : les différentes actions supportées par les conduites :

a)- Actions mécaniques

Ce type d'action résulte de l'agressivité des particules de sable et de gravier qui forment le remblai et le radier des canalisations. Cette agressivité provoque la détérioration des parois intérieures par le phénomène d'érosion dû essentiellement à de grandes vitesses imposées généralement par le relief.

b)- Actions statiques

Les actions statiques sont dues aux surcharges fixes ou mobiles comme le remblai, au mouvement de l'eau dans les canalisations ainsi qu'aux charges dues au trafic routier.

c)- Actions chimiques

Elles sont généralement à l'intérieur de la conduite. Une baisse de pH favorise le développement des bactéries acidophiles qui peuvent à leur tour favoriser la formation de l'acide sulfurique (H₂S) corrosif et néfaste aux conduites.

VI-1-4 : choix du type de canalisation :

Nous allons faire notre choix en se basant sur les données du projet qui sont :

- La pente du terrain ;
- Les diamètres utilisés ;
- La nature du sous-sol traversé ;
- La nature des effluents évacués dans le réseau ;
- Les charges mécaniques exercées sur l'étendue de chaque section ;

Pour ce projet, on utilise des conduites en PVC de profil circulaire vu les avantages qu'elles présentent qui sont :

- ✓ Il existe de nombreux modèles différents possédant des diamètres, des compositions et des formes variés en fonction de l'usage que vous souhaitez faire du tube.
- ✓ Les tuyaux en PVC sont très légers. Ils peuvent être manipulés facilement et transportés de façon très pratique.
- ✓ Le PVC possède un comportement parfait à tous les agents chimiques acides et basiques.
- ✓ Le PVC résiste beaucoup mieux à l'humidité, aux intempéries et à l'usure que les autres matériaux
- ✓ Le développement bactériologique est impossible à la surface d'un tuyau en PVC. Il est donc très pratique à utiliser pour un réseau d'alimentation en eau afin d'éviter les contaminations.

VI-2 : Les ouvrages annexes :

Sont constitués par tous les dispositifs de raccordement, d'accès, de réception des eaux usées ou d'engouffrement des eaux pluviales et par les installations ayant pour rôle fonctionnel de permettre l'exploitation rationnelle du réseau.

On a 2 types :

- Les ouvrages normaux
- Les ouvrages spéciaux

VI-2-1 : Les ouvrages normaux :**1) les branchements**

Leur rôle est de collecter les eaux usées et les eaux pluviales d'immeubles.

Un branchement comprend trois parties essentielles ;

- ✚ Un regard de façade qui doit être disposé en bordure de la voie publique et au plus près de la façade de la propriété raccordée pour permettre un accès facile aux personnels chargés de l'exploitation et du contrôle du bon fonctionnement
- ✚ Des canalisations de branchement qui sont de préférence raccordées suivant une oblique inclinée à 45° ou 60° par rapport à l'axe général du réseau public.

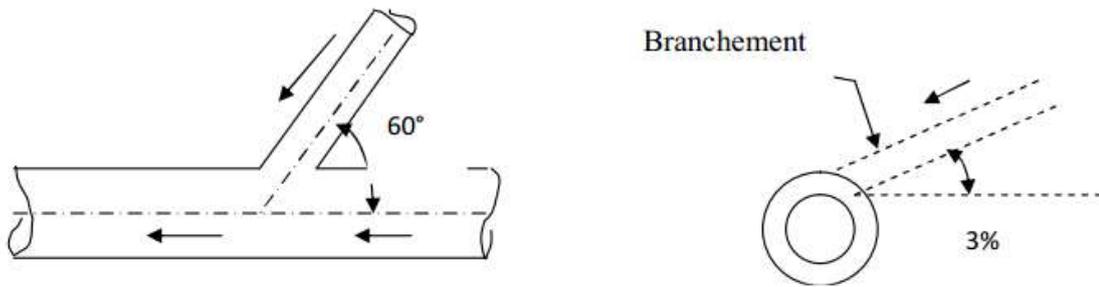


Figure VI-2 : point de raccordement avec inclinaisons

Les dispositifs de raccordement de la canalisation de branchement sont liés à la nature et aux dimensions du réseau public.

2) Les fossés

Les fossés sont destinés à la recueille des eaux provenant des chaussées en milieu rural. Ils sont soumis à un entretien périodique.

3) Les caniveaux

Sont destinés au recueil des eaux pluviales ruisselant sur le profil transversal de la chaussée et trottoirs et au transport de ces eaux jusqu'aux bouches d'égout.

Dans notre projet, les caniveaux sont placés entre les bouches d'égout et au niveau des voiries étroites pour permettre l'évacuation des eaux pluviales vers les bouches d'égout.

4) Les bouches d'égout :

Les bouches d'égouts sont destinées à collecter les eaux en surface (pluviale et de lavage des chaussées).

Elles sont généralement disposées au point bas des caniveaux, soit sur le trottoir.

La distance entre les deux bouches d'égout est en moyenne de 50 m.

La section d'entrée est en fonction de l'écartement entre les deux bouches afin d'absorber le flot d'orage venant de l'amont.

Elles peuvent être classées selon deux critères : la manière de recueillir des eaux et la manière dont les déchets sont retenus.

Les bouches d'égouts à section circulaire de 0,5 m de diamètre avec ou sans décantation

Ce type de bouche d'égout peut s'adapter surtout si le réseau risque de ne pas faire l'objet d'un entretien permanent.

Selon le type de recueille des eaux, on distingue cinq types de bouches d'égouts.

1- Les bouches d'égout avec grille et couronnement métallique

Ces bouches peuvent être sélectives ou non.

Lorsqu'il est prévu une décantation, l'entrée des eaux dans le réseau s'effectue soit au moyen d'un siphon, soit directement par sur verse au-dessus du seuil du puisard de décantation.

2- Les bouches d'égout avec bavette en pierre ou en béton et couronnement métallique

Elles peuvent être sélectives ou non, avec ou sans décantation siphonoïde ou non.

Dans ce dernier cas l'entonnoir est prolongé par une jupe dont la base doit plonger au moins à 0,05 m au-dessous du niveau permanent du puisard de décantation.

Les bouches d'égout à avaloir métallique grille et couronnement combiné

Elles sont comme les précédentes, la seule particularité repose dans le fait que le dispositif métallique supérieur s'emboîte directement sur l'arase supérieure de la cheminée.

5) les regards

Les regards, quel que soit leur type, permettent l'accès aux collecteurs visitables et assurent une ventilation interne pour l'évacuation des gaz, ils sont très utiles dans le domaine de gestion (débourbage, curage, et pour les travaux de réhabilitation). Le type de regard implanté dépend de plusieurs paramètres telle que la topographie du terrain, la nature du système de réseau et aussi dépend du rôle pour lequel il est destiné à le remplir.

La distance entre deux regards est variable :

A) 35 à 50 m en terrain accidenté.

B) 50 à 80 m en terrain plat.

Emplacement des regards :

Les regards doivent être installés Sur les canalisations

- A chaque changement direction ;
- A chaque jonction de canalisation ;
- Aux points de chute ;
- A chaque changement pente ;
- A chaque changement diamètre ;

On trouve plusieurs types de regards :

-  **Regard simple** : pour raccordement des collecteurs de mêmes diamètres ou de diamètres différents.

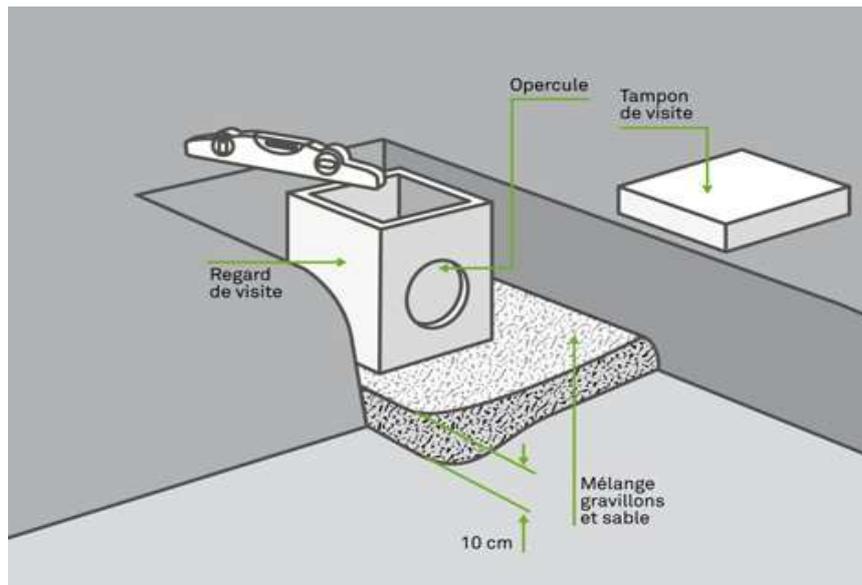


Figure VI-3 : regard simple

- ✚ **Regard latéral** : en cas d'encombrement du V.R.D ou collecteurs de diamètre important
- ✚ **Regard double** : pour système séparatif
- ✚ **Regard toboggan** : en cas d'exhaussement de remous

✚ **Regard de chute :**

C'est l'ouvrage le plus répandu en Assainissement, il permet d'obtenir une dissipation d'énergie en partie localisée, il est très utilisé dans le cas où le terrain d'une agglomération est trop accidenté. Ils sont généralement utilisés pour deux différents types de chutes :

✓ **La chute verticale profonde :**

Utilisée pour un diamètre faible et un débit important ; leur but est de réduire la vitesse.

✓ **La chute toboggan :**

Cette chute est utilisée pour des diamètres assez importants, elle assure la continuité d'écoulement et permet d'éviter le remous

Application :

Comme notre terrain est très accidenté donc on est contraint à installer plusieurs regards de chute.

Le flux d'eau sortant d'un collecteur prend la forme d'un projectile donc régie par les deux lois suivantes :

$$X=Vt \quad (VI.01)$$

$$Y=1/2 gt^2 \quad (VI.02)$$

$$\text{Avec } t = \frac{x}{V} \implies X = V * \sqrt{\frac{2*Y}{g}}$$

- X : la longueur du regard (m)
- Y : la différence de niveau entre les deux collecteurs (m)
- V : vitesse d'écoulement dans la conduite (m/s)

Pour notre cas on a installé plusieurs regards de chutes les résultats sont mentionnées dans le tableau suivant :

Tableau VI-1 : les regards de chute et leurs dimensions

Regards	Vec m/s	Y (m)	X (m)
R75	4.89	1.342	2.55
R118	4.98	2.08	3.24
R119	4.95	0.44	1.48
R120	5	0.78	1.99
R122	4.65	2.64	3.41
R129	4.54	2.38	3.16
R135	5	2.68	3.6
R148	5.12	1.83	3.12

VI-2-2 : Ouvrage spéciaux :

VI-2-2-1 : les déversoirs d'orage :

Un déversoir d'orage est un ensemble de dispositifs permettant d'évacuer par surverse les pointes de ruissellement de manière à décharger le réseau aval.

Un déversoir d'orage est donc un ouvrage de contrôle permettant une régulation hydraulique des effluents en réseau d'assainissement .Le débit dérivé peut sortir complètement du système d'assainissement, soit y être réinjecté après stockage dans un bassin.

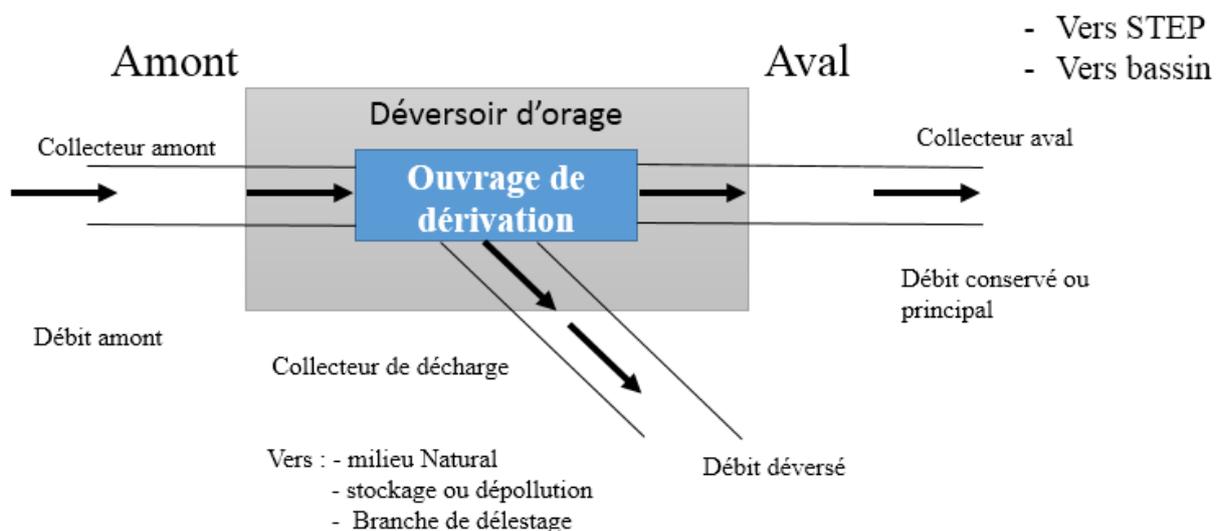


Figure VI-4 : schéma principale d'un déversoir d'orage

A. Emplacement du déversoir d'orage :

Avant l'emplacement des déversoirs d'orage il faut voir :

- Le milieu récepteur et son équilibre après le rejet des effluents dont il faut établir un degré de dilution en fonction du pouvoir auto épurateur du milieu récepteur.
- Les valeurs du débit compatibles avec la valeur de dilution et avec l'économie générale du projet, c'est à dire rechercher le facteur de probabilité de déversement de façon à limiter la fréquence des lâcheurs d'effluents dans le milieu récepteur.
- La capacité et les surfaces des ouvrages de la station d'épuration pour éviter les surcharges et le mauvais fonctionnement.
- Le régime d'écoulement de niveau d'eau dans la canalisation amont et aval
- Topographie du site et variations des pentes.

B. Type de déversoirs :

On a plusieurs types de déversoirs :

- a) Déversoir à seuil frontal
- b) Déversoir à seuil latéral et conduite aval libre
- c) Déversoir à double seuil latéral
- d) Déversoir by passe
- e) Déversoir avec ouverture de radier
- f) Déversoir siphonoïde

Nous allons présenter uniquement le déversoir à seuil latéral et conduite aval libre car c'est le type qui est demandé dans notre étude.

a. Déversoir à seuil latéral et conduite aval libre :

Dans le cas du déversoir à seuil latéral, le seuil est rectiligne et strictement parallèle à l'écoulement. Ce type de déversoir contient une conduite aval qui a un écoulement libre. Il assure un débit aval constant quel que soit le débit le débit déversé

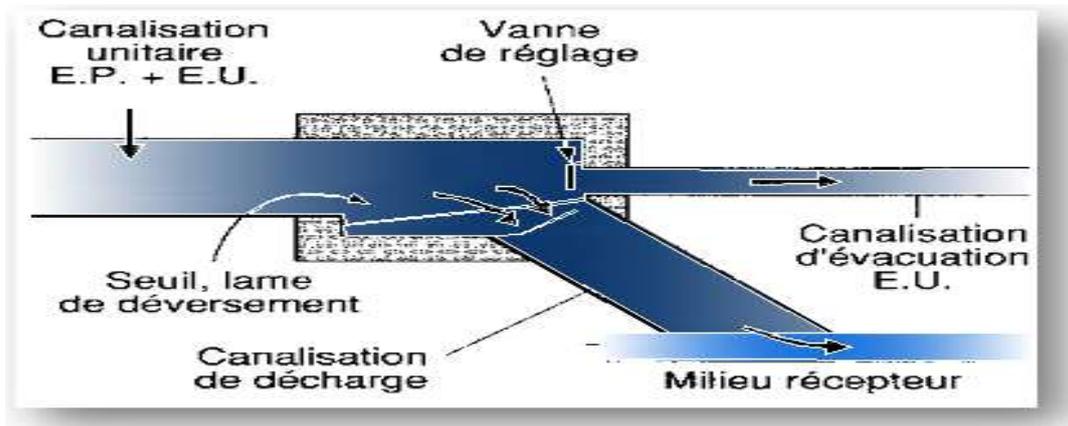


Figure VI-5 : schéma d'un déversoir latéral

b. Dimensionnement du déversoir d'orage :

Pour notre cas on n'a qu'un seul déversoir à dimensionner qui est un déversoir à seuil latéral

•Mode de calcul :

Pour le calcul des déversoirs d'orage à seuil latéral ou frontal on doit déterminer :

- Le débit total de dimensionnement qui est égal à la somme des débits en temps sec (QUS) et du débit pluvial (QP)

$$Q_T = Q_P + Q_{US} \quad \text{VI.03}$$

- Le débit critique (Qcr) :

$$Q_{cr} = Q_t * (1 - t_c / 100) \quad \text{VI.04}$$

Ou :

- Tc : le temps de concentration en (min)

$$T_c = \frac{\text{la somme des longueurs de collecteur le plus long}}{\text{la vitesse moyenne de collecteur} * 60} + T_2(2-20) \quad \text{(VI.05)}$$

- Qt : le débit total en (m³/s)
- Le débit de pointe transite vers le collecteur de rejet qui transporte les eaux vers une station d'épuration :

$$Q_{step} = D * Q_{us} \quad \text{(VI.06)}$$

Ou :

- D : la dilution
- Le débit rejeté vers l'oued :

$$Q_{dev} = Q_{cr} - Q_{step} \quad \text{(VI.07)}$$

- La hauteur de la lame déversée (Hr) :

$$H_{dev} = H_{tcr} - H_{step} \quad \text{(VI.08)}$$

➤ $R_q = Q_{cr} / Q_{ps}$

$$\text{Rq} = \text{Qstep} / \text{Qps} \quad (\text{VI.09})$$

On utilise l'abaque de bassin pour on tire Rh pour chaque rapport des débits :

$$\text{Htcr} = \text{diamètre} * \text{Rhcr} \quad (\text{VI.10})$$

$$\text{Hstep} = \text{diamètre} * \text{Rhstep} \quad (\text{VI.11})$$

- La longueur du seuil déversant (L) est calculée suivant la formule de Basin selon le type de déversoir d'orage :

- Cas latérale : $L = \frac{3}{2} \frac{Qd}{\mu (2g)^{0.5} Hd^{1.5}}$ (VI.12)

- Cas frontal : $L = \frac{Qd}{\mu (2g)^{0.5} Hd^{1.5}}$ (VI.13)

Ou on a :

- μ : coefficient de débit de la lame déversant qui tient compte de l'écoulement
- L : la longueur du déversoir (longueur de la lame déversant) exprimée en mètres
- g : la pesanteur : $g=9.81 \text{ m/s}^2$
- Hd : la longueur de charge en m au-dessus du seuil du déversoir.

Dans notre étude on implante deux déversoirs d'orages qui sont tous les deux de type latéral :

- ✓ Le premier déversoir DO1 est placé sur le collecteur15 il est chargé de déverser les pointes de ruissellement vers l'oued et d'évacuer les eaux usées vers une bache d'aspiration sans dilution.
- ✓ Le deuxième déversoir DO2 est placé sur le collecteur principal il est chargé d'évacuer les pointe de ruissellement vers un ravin et d'évacuer les eaux usées dans un collecteur qui se dirige vers la ville qui a la fin a une station d'épuration avec une dilution de 3

Les données de base sont mentionnées dans les tableaux suivants :

Tableau VI-2: les données de base de chaque déversoir

N° D O	D(m)	Qt(m ³ / s)	Qps(m ³ / s)	Qstep(m ³ / s)	T2(mi n)	Tc(mi n)	z	Qcr(m ³ / s)	Qdev(m ³ / s)
1	400	0.5299	0.8757	0.004977	5	6.92	0.93	0.493	0.488
2	1000	3.1311	3.4126	0.1344	2	8.94	0.92	2.88	2.745

Tableau VI-3 : les dimensions de chaque déversoir

N° D O	Rq(cr)	Rq(step)	Rh(cr)	Rh(step)	Hcr(m)	Hstep cal(m)	Hste p pris (m)	Hd(m)	μ	L(m)
1	0.56	0.05	0.52	0.05	0.208	0.02	0.1	0.108	0.6	7.76
2	0.91	0.042	0.74	0.04	0.74	0.04	0.3	0.44	0.6	5.31

VI-3 : Dimensionnement de la station de relevage :

Une station est composée principalement :

- d'une bache de reprise des effluents
- d'une ou plusieurs pompes
- d'une chambre de vannes
- d'une ou plusieurs conduites de refoulement
- D'équipements annexes (automates, etc...)

Les données de base :

Les eaux usées collectées par le réseau d'assainissement projeté au niveau des sous bassins 16 et 18 de collecteur 1 et 2 sont acheminées par pompage vers la conduite principale.

La longueur de la conduite de refoulement est de $L=205.618\text{m}$ et le débit acheminé est de 4.968l/s

VI-3-1 : Dimensionnement de la conduite de refoulement :

Le diamètre est déterminé avec les deux formules suivantes :

- La formule de BONIN : $D = \sqrt{Q} = \sqrt{0.004968} = 70.48\text{mm}$ (VI.14)

- La formule de PRESSE : $D = 1.5\sqrt{Q} = 1.5\sqrt{0.004968} = 105.72\text{mm}$ (VI.15)

$$D=110 \text{ mm}$$

D'où :

- D : le diamètre de la conduite en m
- Q : le débit véhiculé en m^3/s

VI-3-2 Déterminer le type de pompe à utiliser pour le relevage :

i. Hauteur manométrique totale :

La HMT est la pression totale que doit fournir une pompe. Elle est exprimée en mètres ou mètres de colonne d'eau, en bars ou en kg/cm^2 . La hauteur manométrique totale est calculée suivant l'équation suivante.

$$HMT = Hg + \sum Hp \quad (\text{VI.16})$$

Ou :

HMT : la hauteur manométrique totale

Hg : la hauteur géométrique

$\sum Hp$: la somme des pertes de charge totale, qui sont calculées par la formule suivante :

$$\sum Hp = \sum Hpl + \sum Hps \quad (\text{VI.17})$$

D'où on a :

- $\sum H_{ps}$: la somme des pertes de charges singulières qui sont estimés de 0.1 de la perte de charge linéaire
- $\sum H_{pl}$: la somme des pertes de charge linéaires qui sont calculées par la formule suivante :

$$\sum H_{pl} = \frac{Q^2 * L_{ref} * 8}{g * D^5 * \pi^2} \lambda \quad (VI.18)$$

$$\Delta H_{pl} = 0.235$$

D'où :

- Q : le débit véhiculé par la conduite en m³/s
- L_{ref} : la longueur de refoulement en m
- D : diamètre de la conduite de refoulement en m
- λ : le coefficient de frottement ; qui est calculé par la formule de Nikuradze

$$\lambda = (1.14 - 0.86 \ln \frac{\varepsilon}{D})^{-2} \quad (VI.19)$$

Tel que :

- D : diamètre de refoulement en mm
- ε : le coefficient de rugosité qui dépend de type de matériaux dans notre cas ε=

Calcul de HMT :

$$H_g = C_{r_{aval}} - C_{r_{amont}} = 363.66 - 349.387$$

$$H_g = 14.273 \text{ m}$$

D'où :

$$HMT = 14.53 \text{ m}$$

VI-3-3 choix de nombre et de type de pompes :

La station de pompage doit être équipée de nombre de pompe suffisante tel que

$$N = N_p + N_{ps}$$

D'où on a :

- N : le nombre de pompes installées
- N_p : le nombre de pompe de fonctionnement
- N_{ps} : le nombre de pompe de secours

Il est conseillé de projeter un minimum de pompe possible dans la station pour que le dimensionnement soit plus raisonnable.

Les pompes choisies doivent répondre aux conditions suivantes :

- ✚ Nombre de pompe minimale.

- ✚ Meilleure rendement.
- ✚ (NPSH) r minimale.
- ✚ Vitesse de rotation minimale.
- ✚ Puissance absorbé minimale.
- ✚ Assurer le débit et la hauteur

Le type de pompe choisi est une pompe submersible puisque elles sont réservées aux faibles débits. On utilise le logiciel Caprarie pour trouver le type de pompe a utilisé les résultats sont présenté dans le tableau suivant :

Tableau VI-4 : caractéristique de la pompe selon la variante

N pompes	Caractéristique requises		Caractéristique de la pompe					
	Qp(l/s)	Hmt(m)	Qp(l/s)	Hmt(m)	N(tr/min)	η(%)	Pab(kw)	NPSH Dr(m)
1	4.968	14.53	5.7	14.6	2900	54.1		0
2	2.484	14.53	2.99	14.6	2900	41.4		0
3	1.656	14.53	2.71	15	2900	38.9		0

Dans notre cas on a choisi une seul pompe submersible avec une pompe de secours de type KCM065FD+001821N1 parce que c'est la seul qui nous assure le débit et la hauteur manométrique avec un meilleure rendement

VI-3-4 : Dimensionnement de la bêche de refoulement :

a) Volume de la bêche :

Le volume du réservoir de stockage est définit par la relation suivante :

$$Vu = \frac{Q \cdot \left(\frac{1}{n}\right)}{4 \cdot (N-1)} \quad (\text{VI.20})$$

D'où on a :

- Vu : le volume utile de la bêche en m³
- Q : le débit des eaux usées en m³/h
- n : le nombre maximal de démarrages par heure qu'il dépend de la puissance de la pompe dans notre cas on prend 2
- N : le nombre de pompe identique (une pompe de fonctionnement +une pompe de secours) dans notre cas N=2

b) Surface de la bêche :

La surface de la bêche est déterminée avec la formule suivante :

$$S=V/H \quad (\text{VI.21})$$

D'où on a :

- S : surface de la bêche
- V : le volume de la bêche

- H : la hauteur de la bache qui est fixe à 1.2m

c) Cote de la chambre :

La cote de la chambre est calculée avec la formule : $B = \sqrt{S}$ (VI.22)

Tableau VI-5 : dimension de la bache d'aspiration :

Dimension	V(m ³)	H(m)	S(m ²)	B(m)
Valeur	2.235	1.2	1.863	1.364

Conclusion :

Pour ce chapitre nous avons entamé les différents ouvrages constituant notre réseau d'assainissement ces ouvrages ont comme rôle d'assurer une meilleur sécurité et facilité les options de curage de notre réseau. Sans oublier la forme des sections et les matériaux sont choisis de façon à s'adapter à des contraintes internes et externes exercées sur la canalisation.

Chapitre VII
Estimation du cout de projet

Introduction :

L'organisation de chantier consiste à déterminer et à coordonner la mise en œuvre des moyens nécessaires pour accomplir dans les meilleures conditions possibles les travaux à exécuter avant d'aller sur le chantier et avant le commencement de la réalisation. Aussi la recherche de la rapidité, la qualité et l'économie dans la réalisation de notre projet.

VII-1 : les étapes de réalisation du projet :**VII-1-1 : Avant –projet sommaire :**

Il contient les éléments suivants :

- Le plan de la trace de projet
- Les profils en long
- Le type de sol
- Le plan des réseaux existants (GAZ, AEP, TELEPHON...);

VII-1-2 :L'avant –projet détaillé :

L'avant-projet détaillé a pour but, l'étude détaillée du projet en prenant compte de toutes les anomalies rencontrées dans l'avant-projet sommaire en tenant compte des difficultés qu'on doit trouver pendant la réalisation.

VII-2 : Le plan d'exécution du projet :

Les principales étapes à exécuter pour la pose des canalisations sont :

- Manutention et stockage des conduites ;
- Décapage de la couche de terre végétale ;
- Emplacement des jalons des piquets ;
- Exécution des tranchées et des fouilles pour les regards ;
- Aménagement du lit de pose ;
- La mise en place des canalisations en tranchée
- Remblai des tranchées ;
- Construction des regards ;

VII-2-1 : Décapage de la couche de terre végétale :

Avant d'entamer l'excavation des tranchées, on doit tout d'abord commencer par l'opération de décapage des terres végétales sur des faibles profondeurs,

Le volume de la couche à décaper est :

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

Avec :

B : largeur de la couche végétale (m) ;

h : hauteur de la couche (h=0.1m) ;

L : longueur totale des tranchées (m) ;

VII-2-2 : Manutention et stockage des conduites :

Les produits préfabriqués font l'objet sur le chantier de vérification portant sur :

- Les quantités ;
- L'aspect du contrôle d'intégrité ;
- Le marquage en cas de défaut

VII-2-3 : Emplacement des jalons des piquets :

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

VII-2-4 : Exécution des tranchées et des fouilles pour les regards :

La largeur de la tranchée, doit être au moins égale au diamètre extérieur de la conduite avec des sur largeurs de 30 cm de part et d'autre.

➤ **Largeur de la tranchée :**

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

$$B = d + (2 \times 0,3)$$

B : largeur de la tranchée en (m) ;

D : diamètre de la conduite en (m) ;

➤ **profondeur de la tranchée :**

La profondeur est donnée par la formule suivante :

$$H = e + d + h$$

H : profondeur de la tranchée en (m) ;

e : épaisseur de lit 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-2-5 : Aménagement du lit de pose :

Les tubes ne doivent pas être posés à même fond de fouille mais sur un lit de pose, d'une hauteur de 10cm au minimum, constitué de sable propre contenant

Moins de 12% de fines (particules inférieures à 80 μ). Le lit de pose doit être soigneusement compacté.

Si le terrain est instable, des travaux spéciaux se révèlent nécessaire : exécution d'un béton de propreté, de berceaux ou même de dalles de répétition.

Le volume du sable est calculé par la formule suivante :

$$V_s = L. B. e$$

V_s = volume du sable en (m³) ;

L : Longueur de la tranchée en (m) ;

B : Largeur de la tranchée en (m) ;

e : épaisseur du sable, e = 20 cm ;

VII-2-6 : La mise en place de la canalisation :

La mise en place des conduites répond aux opérations suivantes :

- Les éléments sont posés à partir de l'avale et l'emboiture des tuyaux est dirigée vers l'amont ;
- Chaque élément doit être posé avec précaution dans la tranchée et présenté l'axe de l'élément précédemment posé
- Les tuyaux sont posés avec une pente régulière entre deux regards
- Avant la mise en place, il faut nettoyer le lit des tranchées
- Le calage soit définitif par remblai partiel, soit provisoire à l'aide des cales

VII-2-7 : Assemblage des conduites :

Les joints des conduites circulaires à emboitement sont effectués à l'aide d'une bague en renforcée d'une armature et coulée sur place à l'intérieur d'un moule.

VII-2-8 : Remblaiement des tranchées :

Après avoir effectué la pose des canalisations dans les tranchées, on procède au remblaiement par la méthode suivante :

- L'enrobage de (10-15cm) au-dessus de la génératrice supérieure de la conduite ;
- A l'aide des engins, on continue à remblayer par des couches successives de 0.25m compactées l'une après l'autre.

VII-2-9 : Réalisation des regards :

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

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

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

VII-2-10 : Exécution des déversoirs d'orages :

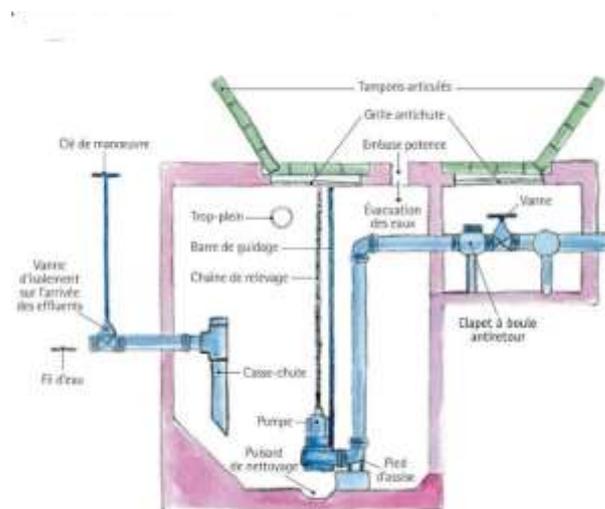
Après avoir décapé la courbe végétale, une opération de piquetage est indispensable avant de commencer les travaux.

Il est nécessaire que les coffrages aient une raideur suffisante pour résister à la pression de béton, surtout au cours de la vibration. Le démontage des coffrages doit se faire sans destruction du béton.

VII-2-11 : Bâtiment de la station de pompage :

Le bâtiment de la station de pompage est généralement construit sous forme rectangulaire et comporte des salles de machines, plus une plateforme de montage et démontage, une salle annexe (pour le bureau d'exploitation, toilette, salle de stockage, salle des armoires électriques).

Pour notre cas on a on a le bâtiment de notre station de pompage qui est de type bache mouillé avec une pompe noyée. Sachant que pour ces pompes les travaux de génie civil et conception sont simple à réaliser et qui sont adapté aux postes de petite capacité.



FigureVII-1 : Installation d'une pompe dans une bache

VII-3 : Choix des engins :

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

- ✓ **Les engins de chargement :**
 - Les chargeuses.
 - Les pelles hydrauliques.

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

Concernant notre projet, on a utilisé les engins suivants :

❖ **Pour le décapage :**

Pour le décapage de la terre végétale on utilise le bulldozer pour notre terrain qui est difficile, Malgré son caractère massif et sa faible mobilité, le bulldozer est extrêmement polyvalent. Sa grande puissance lui permet d'être efficace pour de nombreux usages, notamment pour :

- ✓ Le terrassement et le nivellement des terrains
- ✓ Le décapage des sols
- ✓ Le déboisement et le défrichage

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

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

❖ **Pour le remblaiement des tranchées :**

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

❖ **Pour le compactage :**

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

VII-4 : Détermination des différents volumes des travaux :

VII-4-1 : Volume du décapage de la couche végétale :

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

Tel que :

- $V_{\text{déc}}$: volume de la couche végétale décapée (m³).
- H_{vc} : profondeur de la couche végétale (m)
- L : longueur totale de la tranchée (m).
- B_{cv} : largeur de la couche végétale (m).

VII-4-2 : Volume du déblai des tranchées :

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

Tel que :

- V_{d} : volume du déblai des tranchées (m³).
- B : largeur de la tranchée (m).
- H : profondeur de la tranchée (m).
- L : longueur totale de la tranchée (m).

VII-4-3 : Volume occupé par le lit de sable :

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

Avec :

- V_{ls} : volume du lit de sable (m³).
- e : épaisseur de la couche de sable (m).
- B : largeur de la tranchée (m).
- L : longueur totale de la tranchée (m).

VII-4-4 : Volume occupé par les conduites :

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

Avec :

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

- Dext : diamètre extérieur de la conduite (m).
- L : longueur totale de la tranchée (m).

VII-4-5 : Volume du remblai de protection :

$$V_{rem} = V_d - (V_{cond} + V_{déc} + V_{ls}) \quad (VII-5)$$

Avec :

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

VII-4-6 : Volume excédentaire :

$$V_{exc} = V_f - V_{rem} \quad (VII-6)$$

Tel que :

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

Sachant que :

$$V_f = V_d \times K_f \quad (VII-7)$$

Avec :

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

VII-5 : Devis quantitatif et estimatif :**Tableau VII-1 : devis quantitatif et estimatif**

N°	désignation des travaux	unités	quantités	prix unitaire DA	montant (DA)
travaux de terrassement					
1	Décapage de la tranchée	m ³	3964.444191	500.00	1982222.095
2	Déblai	m ³	23941.44643	1000	23941446.43
3	Pose du lit de sable	m ³	2378.666514	1000	2378666.514
4	Remblai de la tranchée	m ³	16218.99875	700	11353299.13
5	Evacuation des déblaies excédentaires	m ³	13707.80929	200.00	2741561.858
6	Grillage	ml	400	40.00	16000
canalisation					
1	PVC 315	ML	1952.066	868.21	1694803.22
2	PVC 400	ML	764.47	1654.089	1264501.418
3	PVC 500	ML	1174.260	1801.45	2115370.677
4	PVC 630	ML	460	1809.25	832255
5	PVC 800	ML	579.199	1951.128	1130091.386
6	PVC 1000	ML	417.803	2423.096	1012376.778
7	Béton 1200	ML	102.000	10922.5	1114095
8	PEHD 110	ML	206.259	822,24	169594.4
Construction de la bache					
1	Décapage de la terre végétal	m ³	1.125	500	562.5
2	déblai	m ³	2.7	1000	2700
3	remblai	m ³	2.14	700	1498
4	Béton de propreté sous radier	m ³	0.558	10000	5580
Construction					
1	regard	U	191	30000	5730000
2	Exécution des DO	U	2	27576279.06	5515254.12
				THT	63001878.53
				TVA	19%
				TTC	74972235.45

Conclusion :

Ce chapitre nous a montré l'importance de l'organisation de chantier dans l'étude d'un projet pour l'assurance du bon déroulement de la mise en œuvre.

Aussi elle nous a permis d'évaluer le cout de notre projet qui est estimé à 74972235.45 DA

Conclusion générale

Le réseau d'assainissement de la localité TAKAATZ a connue plusieurs problèmes de dysfonctionnement comme la pollution qui risque de touché la santé publique et aussi l'insuffisance hydraulique qui est due au mal fonctionnement et à la vétusté du réseau. Donc un diagnostic était nécessaire pour la détermination de tous ces problèmes mais dans notre cas le diagnostic était théorique en raison de l'absence de l'ancien réseau et des données nécessaires sur les regards.

Après l'étude approfondie et à partir du diagnostic on a abouti à plusieurs solutions pour assurer le bon fonctionnement du système tel que :

- ✚ Changer le matériau des canalisations en PVC qui est plus résistant aux grandes vitesses qui sont causé par les pentes très élevé du terrain.
- ✚ Le système d'évacuation qui est de type unitaire qui est le moins encombrant puisque il s'agit d'une petite localité.
- ✚ Le terrain de notre localité est très accidenté ce qui nous a poussé à installer plusieurs regards de chutes de différentes profondeurs
- ✚ On a éliminé le rejet direct vers le ravin de TAKAATZ avec l'installation d'une station de pompage qui refoule les eaux usées vers le collecteur principal et l'installation d'un déversoir d'orage latéral qui évacue les eaux pluviales vers le ravin
- ✚ Les diamètres de nos collecteurs varient de 315mm jusqu'à 1200mm
- ✚ On a installé deux déversoirs d'orages de types latéraux et cela selon l'emplacement de notre point de rejet
- ✚ Notre projet a était estimer avec un prix de 74972235.45 DA.

Enfin, en espère que toutes les études d'assainissement prendront en compte les différents aspects : économiques, techniques, sans oublier le respect de l'environnement qui est le plus important non seulement pour la préservation de la nature mais aussi la protection de la santé publique.

Référence bibliographique :

1. **TOUAIBIA.B, 2004**, « manuel pratique d'hydrologie », ENSH, Blida.
2. **SALAH.B, 2017**, « polycopie d'assainissement », ENSH, Blida.
3. **KERLOC'H Bruno et MAELSTAF Damien**. Le dimensionnement des réseaux d'assainissement d'agglomérations
4. Catalogue technique « tubes PVC et accessoires », Chiali.
5. Mémoire de fin d'étude BENHACINE Kamillia : diagnostic et réhabilitation du réseau d'assainissement de la ville de seddouk (w. Bejaia) 2019
6. Institut FORHOM. hydraulique urbaine et hydraulique rural disponible sur le site < <http://www.adds.dj/wp-content/uploads/2014/04/105-Hydraulique.pdf>>
7. Mémoire de fin d'étude DOUKHANE Elhadj Mohammed Nabil, BENSALISSA M'hamed Amir Amar : étude du réseau d'assainissement de village EL DBIL (Wilaya de M'Sila)
8. Cours de station de pompage Polycop Mme Mokrane ENSH/ 2017
9. Mémoire de fin d'étude KADI Bahia : diagnostic et réhabilitation du réseau d'assainissement de la localité LAAZIB TASLEENT ET LAAZIB THANOUDHA commune d'AKBOU wilaya de Bejaia
10. Site internet : <https://www.greentechjournal.fr/differents-types-dispositifs-assainissement/>
11. Site internet : < <http://hydrauliqueformation.blogspot.com/2013/06/systeme-pseudo-separatif.html>>
12. Manuel de calcul des conduites d'évacuation des eaux disponible sur le site < <http://www.cpsedit.ma/phocadownload/1030-0.pdf>>

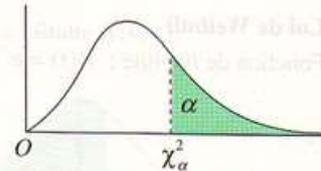
Annexe :

Annexe 01 : table de χ^2

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

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

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



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

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

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

Annexe 2 : tableaux des cotes des regards et du terrain naturel

collecteur 1	regards	Z terrain	Z fil d'eau entrée	Z fil d'eau sortie	Profondeur des regards	Longueur 2D	Pente (%)
collecteur 1	R112	408.512532	407.012532	407.012532	1.5		
						31.0577906	- 6.60254305
	R113	406.461928	404.961928	404.961928	1.5		
						30.9769476	- 7.21322574
	R114	404.227491	402.727491	402.727491	1.5		
						31.4274044	- 7.39722834
	R115	401.902734	400.402734	400.402734	1.5		
						30.8657339	- 7.07340543
	R116	399.719475	398.219475	398.219475	1.5		
						26.5327728	- 5.05929209
	R75	398.377105	396.877105	396.877105	2.95		
						30.4858113	- 4.32295171
	R117	397.059218	395.559218	395.559218	1.5		
						30.89174	- -3.5
	R118	395.755946	394.478007	394.478007	1.3		
						30.5876828	- 4.71417185
	R119	394.236051	393.036051	392.436051	1.8		
						30.2966343	- 3.90605281
	R120	392.752649	391.252649	390.252649	2.5		
						30.7479612	- 3.40019803
R121	390.707157	389.207157	388.207157	2.5			
					30.4020995	- 2.11822341	
R122	388.563173	387.563173	385.563173	3			
					30.1024555	- 2.81347286	
R123	386.216248	384.716248	383.716248	2.5			
					21.7973072	- 2.28131974	
R94	384.718982	383.218982	382.218982	2.5			

					30.6837771	- 1.65857692
R124	383.210068	381.710068	381.710068	1.5		
					29.8902913	- 3.19071212
R125	382.256355	380.756355	380.756355	1.5		
					31.081726	- 2.65486916
R126	381.431176	379.931176	379.931176	1.5		
					29.9427037	- 3.94651568
R127	380.249482	378.749482	377.949482	2.3		
					31.3743496	- 2.25573531
R6	378.74176	377.24176	376.44176	3		
					30.8473369	- 1.70181825
R128	377.116794	375.916794	374.416794	2.7		
					30.2812363	- 2.90453213
R129	375.037266	373.537266	372.037266	3		
					38.4621791	- 2.00527107
R26	372.765995	371.265995	369.765995	3		
					30.7572509	- 2.28746034
R130	370.562435	369.062435	368.062435	2.5		
					30.4882711	- 2.18585357
R131	368.896006	367.396006	366.396006	2.5		
					30.3555992	- 1.93484553
R132	367.308672	365.808672	365.808672	1.5		
					30.1926446	- -2.428756
R133	366.575367	365.075367	364.275367	2.3		
					30.5237453	- 1.41872359
R134	365.342319	363.842319	362.842319	2.5		
					20.9705823	- 3.23732969
R20	363.663432	362.163432	360.163432	3.5		
					24.7601836	- 1.24419949
R60	361.355366	359.855366	357.855366	3.5		
					29.7427567	- 2.30558831
R135	358.66962	357.16962	355.16962	3.5		

					29.8280502	2.43696644	-
R136	356.327721	354.442721	352.627721	3.7			
					30.7318751	2.84160576	-
R137	353.639442	351.754442	350.139442	3.5			
					30.6449606	1.78795058	-
R138	351.091525	349.591525	348.091525	3			
					33.3701248	1.70145887	-
R71	349.023746	347.523746	346.523746	2.5			
					30.2101999	2.20779963	-
R139	347.356766	345.856766	345.056766	2.3			
					30.131207	1.64074332	-
R140	346.06239	344.56239	343.56239	2.5			
					29.6690767	1.07201703	-
R141	344.744332	343.244332	342.744332	2			
					30.7846879	1.59862394	-
R142	343.752201	342.252201	341.752201	2			
					30.8437245	1.78940444	-
R143	342.700282	341.200282	341.200282	1.5			
					30.4418638	2.54575406	-
R144	341.925307	340.425307	340.425307	1.5			
					29.8782707	2.50865197	-
R145	341.175765	339.675765	339.675765	1.5			
					32.5550799	2.95913757	-
R146	340.212416	338.712416	338.212416	2			
					30.3243677	2.41186797	-
R147	338.981032	337.481032	336.981032	2			
					30.4070812	1.75301918	-
R148	337.94799	336.44799	335.14799	2.8			
					30.8313143	1.49940456	-
R149	336.185704	334.685704	334.285704	1.9			
					31.1395136	2.05188316	-
R150	335.146757	333.646757	333.646757	1.5			

					29.2739113	2.29649858	-
R151	334.474482	332.974482	332.974482	1.5			
					28.6636581	2.24491715	-
R152	333.831007	332.331007	332.331007	1.5			
					27.346842	2.27909883	-
R153	333.207746	331.707746	331.707746	1.5			
					31.4631719	1.95092204	-
R154	332.593924	331.093924	330.093924	2.5			
					31.4177637	1.66926141	-
R155	331.069479	329.569479	328.769479	2.3			
					31.4357454	2.63310784	-
R156	329.926742	327.941742	327.941742	1.985			
					31.5962286	-1	
R157	330.432637	327.62578	326.768761	3			
					31.3496213	1.61942493	-
R158	327.761077	326.261077	325.761077	2			
					38.1331295	1.54597247	-
R159	326.671549	325.171549	325.171549	1.5			
					32.6681042	1.63023518	-
R160	326.138983	324.638983	324.638983	1.5			
					32.7758235	-0.5	
R161	329.749109	324.475103	324.475103	5.3			
					30.4034495	-0.5	
R162	329.539988	324.323086	324.323086	5.2			
					30.7157151	-0.5	
R163	329.563189	324.169508	324.169508	5.4			
					30.673194	-0.5	
R164	329.429159	324.016142	324.016142	5.4			
					30.8661699	-0.5	
R165	328.632657	323.861811	323.861811	4.8			
					30.2445102	-0.5	
R166	328.068273	323.710588	323.710588	4.4			
					30.6090755	-0.5	
R167	327.88477	323.557543	323.557543	4.3			
					30.1816076	-0.5	
R168	327.178949	323.406635	323.406635	3.8			
					30.5475198	-0.5	
R169	326.078364	323.253897	323.253897	2.8			

						30.3082795	-0.5
	R170	325.059266	323.102356	323.102356	2.0		
						42.4188626	2.24239574
	R171	323.051157	322.151157	322.151157	1.5		

collecteur	regards	Z terrain	Z fil d'eau entrée	Z fil d'eau sortie	Profondeur max	Longueur 2D	Pente (%)
collecteur 2	R97	452.389712	450.889712	450.889712	1.5		
						28.5378388	-6
	R98	451.752758	449.177442	449.177442	2.6		
						14.4899537	-5.5
	R99	451.29528	448.383361	442.29528	3		
						40.663968	-6
	R100	442.066796	439.855442	438.266796	3		
						5.9854264	-6
	R101	440.556525	437.90767	436.556525	3		
						6.82170677	-6
	R102	438.957221	436.147223	436.147223	2.8		
						8.87523869	-6
	R103	438.547054	435.614708	435.047054	3		
						13.0366256	-6
	R104	435.948357	434.264856	432.448357	3		
						24.6003809	-6
	R105	433.510736	430.972335	429.010736	3		
						20.3549247	-6
	R106	429.700535	427.789441	425.700535	3		
						53.3930583	-6
R107	423.522346	422.496951	421.022346	2.5			
					12.8851909	-6	
R108	422.881805	420.249234	416.881805	3			
					19.4597482	-6	
R109	418.245186	415.71422	411.745186	3			
					41.086903	-6	
R110	410.5932	409.279972	405.279972	3			
					24.2860266	-6.6	
R111	405.185851	403.685851	399.185851	3			
					33.7421479	-3	
R75	398.377105	398.173586	396.877105	2.9			

collecteur	regard	Z terrain	Z fil d'eau entrée	Z fil d'eau sortie	Profondeur max	Longueur 2D	Pente (%)
collecteur3	R76	444.287841	442.287841	442.287841	2		
						29.9504232	-1.3
R77	445.115496	442.19799	442.115496	3			

					15.6303671	4.96315992	-
R78	443.339736	441.339736	440.339736	3			
					8.87318735	6.83466877	-
R79	441.733283	439.733283	435.733283	3			
					12.5542483	2.18158214	-
R80	437.459402	435.459402	432.959402	3			
					15.880055	5.76617321	-
R81	434.04373	432.04373	431.04373	3			
					9.6564585	5.97248592	-
R82	432.466999	430.466999	429.966999	2.5			
					9.89642689	4.90003034	-
R83	431.482072	429.482072	428.482072	3			
					16.2860075	6.69466982	-
R84	429.391777	427.391777	423.891777	3			
					22.2702129	6.00299689	-
R85	424.554897	422.554897	421.054897	3			
					20.9580886	6.13872904	-
R86	421.768337	419.768337	417.268337	3			
					22.3604705	-6	
R87	417.646469	415.926708	411.646469	3			
					31.4909813	6.59090171	-
R88	411.570929	409.570929	407.070929	3			
					38.6306574	6.80359151	-
R89	406.442657	404.442657	403.442657	3			
					27.2399387	6.31851256	-
R90	403.721498	401.721498	398.721498	3			
					26.9984149	6.38313391	-
R91	398.998153	396.998153	393.998153	3			
					30.70526	-6	
R92	393.742663	392.155838	388.742663	3			
					34.5189672	5.44913486	-
R93	388.861678	386.861678	385.326336	3			
					37.9795263	5.75414758	-

	R94	384.718982	383.140938	382.218982	2.5		
--	-----	------------	------------	------------	-----	--	--

collecteur	regard	Z terrain	Z fil d'eau entrée	Z fil d'eau sortie	Profondeur max	Longueur 2D	Pente (%)
collecteur4	R95	434.017526	427.017526	427.017526	2.5		
						20.0795877	3.85968788
	R96	429.242516	426.242516	419.242516	2.5		
						27.681544	1.71298048
	R86	421.768337	418.768337	417.268337	2.5		

collecteur	regard	Z terrain	Z fil d'eau entrée	Z fil d'eau sortie	Profondeur max	Longueur 2D	Pente (%)
collecteur 5	R34	438.701079	436.201079	436.201079	2.5		
						17.6995635	-6
	R35	438.998275	435.139105	435.139105	3		
						12.3133591	-6
	R36	438.723775	434.400303	434.400303	3		
						8.22404016	-6
	R37	437.987137	433.906861	433.906861	3		
						9.00682374	-6
	R38	437.129992	433.366452	433.366452	3		
						13.5265992	-6
	R39	434.263745	432.554856	432.554856	2		
						5.20140651	-6
	R40	433.183676	432.242771	432.242771	1.5		
						6.90928222	-6
	R41	433.437372	431.828214	431.828214	1.6		
						10.2089334	-6
	R42	432.990156	431.215678	431.215678	1.6		
						17.0354327	-6
	R43	432.761359	430.193552	430.193552	2.5		
						7.70149588	-6
R44	431.293613	429.731463	427.231463	3			
					14.7529756	5.07061481	
R45	427.483396	426.483396	418.983396	3			
					25.5320591	-5.4164523	
R46	418.600464	417.600464	409.600464	3			
					32.092409	5.62600744	
R47	408.794943	407.794943	404.294943	3			
					18.6435745	5.26047003	

R48	404.314203	403.314203	399.814203	3		
					30.1241941	5.89804049
R49	399.037466	398.037466	396.037466	3		
					20.0345095	5.81332576
R50	395.872795	394.872795	394.372795	1.5		
					27.6966669	6.54573064
R14	393.559845	392.559845	388.059845	3		

collecteur	regards	Z terrain	Z fil d'eau entrée	Z fil d'eau sortie	Profondeur max	Longueur 2D	Pente (%)
collecteur6	R27	429.694941	422.391047	422.391047	3		
						16.8549144	-4
	R28	424.71685	421.71685	419.167984	2.5		
						9.78111058	-4
	R29	421.77674	418.77674	416.150792	2.5		
						11.6237027	-4
	R30	418.685844	415.685844	414.431587	3		
						6.0593075	-4
	R31	417.189215	414.189215	408.631453	3		
						25.6496754	-4
	R32	410.605466	407.605466	405.223494	2.5		
						9.81578336	-4
R33	407.830863	404.830863	399.122808	3			
					24.7433164	-4	
R12	401.133075	398.133075	396.633075	3			

collecteur	regard	Z terrain	Z fil d'eau entrée	Z fil d'eau sortie	Profondeur max	Longueur 2D	Pente (%)
collecteur7	R7	417.136172	414.68191	414.68191	2.5		
						18.6690724	-6
	R8	414.591126	413.561765	410.591126	3		
						18.6690724	5.87562512
	R9	411.494201	409.494201	407.494201	3		
						22.2364251	4.84218855
	R10	408.417472	406.417472	403.417472	3		
					30.0086683	5.95838488	
R11	403.62944	401.62944	399.62944	3			

						13.9801688	3.55049067	-
R12	401.133075	399.133075	396.633075	3				
						15.1812337	3.80790096	-
R13	398.054989	396.054989	392.554989	3				
						18.3335449	5.42799245	-
R14	393.559845	391.559845	388.059845	3				
						30.0675905	5.90932253	-
R15	388.283055	386.283055	381.783055	3				
						43.7639154	6.95214119	-
R16	380.740525	378.740525	376.240525	3				
						49.7657511	6.51275152	-
R17	374.999406	372.999406	371.499406	3				
						36.3838583	6.51451056	-
R18	371.129175	369.129175	368.629175	2.5				
						48.7386353	6.85505678	-
R19	366.788114	365.288114	365.288114	1.5				
						40.6056999	6.95636877	-
R20	363.663432	362.463432	360.163432	3				

collecteur	regard	Z terrain	Z fil d'eau entrée	Z fil d'eau sortie	Profondeur max	Longueur 2D	Pente (%)
collecteur8	R21	407.544456	396.767155	396.767155	2.5		
						47.7466974	6.79851901
	R22	396.696851	393.521086	388.521086	2.5		
						49.6684469	6.67496896
	R23	387.826713	385.205733	383.705733	2.5		
						24.4338539	5.43365102
	R24	384.218847	382.378083	379.878083	2.5		
						28.0067515	5.63011158
	R25	380.05453	378.301271	375.801271	2.5		
						59.5620007	-2.5
R26	372.765995	374.312221	369.765995	2			

R56	369.390322	367.390322	367.390322	2		
					15.0144581	6.36593909
R57	368.434511	366.434511	365.39994	2.5		
					38.1560646	3.26444934
R58	366.154355	364.154355	364.154355	2		
					31.8897505	6.32864099
R59	364.136167	362.136167	361.136167	2.5		
					29.1368649	-6.1118491
R60	361.355366	359.355366	357.855366	2.5		

collecteur	regard	Z terrain	Z fil d'eau entrée	Z fil d'eau sortie	Profondeur max	Longueur 2D	Pente (%)
collecteur12	R72	399.561375	397.561375	397.561375	2		
						28.5389951	5.92027663
	R73	397.871787	395.871787	395.871787	2		
						19.7892967	1.73702312
	R74	397.528043	395.528043	395.528043	2		
						33.1464156	-0.3
R75	398.377105	395.428603	396.877105	2			

collecteur	regard	Z terrain	Z fil d'eau entrée	Z fil d'eau sortie	Profondeur max	Longueur 2D	Pente (%)
collecteur13	R172	360.144731	356.483955	356.483955	3		
						49.4051614	-4
	R173	357.507748	354.507748	352.981503	3		
						49.1443805	-4
	R174	354.015728	351.015728	348.52749	3		
						64.4354484	-4
	R175	348.950072	345.950072	345.950072	3		
						16.2909383	-0.5
R176	349.35453	345.93541	347.289771	3			

collecteur	regard	Z terrain	Z fil d'eau entrée	Z fil d'eau sortie	Profondeur max	Longueur 2D	Pente (%)
collecteur14	R177	380.555654	378.525359	378.525359	2		
						48.3039159	-6.5
	R178	375.761195	374.350139	372.350139	3		
					46.8323809	6.90900059	

R179	371.591646	369.114489	368.114489	3		
					18.9299551	1.57599751
R180	370.816154	367.816154	367.816154	3		
					26.2039358	-6.547267
R181	370.08178	366.100512	366.100512	3		
					22.3491854	5.41155176
R182	368.982949	364.891074	364.891074	3		
					42.0542592	5.29822316
R183	366.522946	362.662946	362.662946	3		
					42.4645093	4.35896622
R184	365.254242	360.811932	360.811932	3		
					36.9201008	2.59838553
R185	364.159804	359.852605	359.852605	3		
					48.8556976	2.09854611
R186	363.443513	358.827346	358.827346	3		
					47.7447794	-4.7995037
R187	361.12193	356.535834	356.535834	3		
					45.2316372	3.66654079
R188	358.4452	354.877397	354.877397	3		
					49.7628205	4.87351199
R189	355.826677	352.4522	352.4522	3		
					41.8353215	5.33816238
R190	353.739074	350.218963	350.218963	3		
					46.4910199	6.30055461
R176	349.35453	347.289771	347.289771	3		

collecteur	regard	Z terrain	Z fil d'eau entrée	Z fil d'eau sortie	Profondeur max	Longueur 2D	Pente (%)
collecteur15	R191	373.894263	370.857018	370.857018	3		
						47.4267892	-4
	R192	371.959946	368.959946	367.731724	3		
						50.3133783	-4
	R193	368.719189	365.719189	363.459757	3		
						57.4988403	-4
	R185	364.159804	361.159804	359.852605	3		

Annexe 3 : tableaux de calcul hydraulique

collecteur	tonçon	Qt(m3/s)	I(%)	Ks m(1/3) s-1	Dcal (mm)	Dno r (mm)	Vps (m/s)	Qps (m3/s)	Rq	Rv	Rh	Vec (m/s)	Rv0.1	Rv0.01	V0.1(m/s)	V0.01	Hcal(m)	condition
Collecteur principal	R112 - R113	0.0448	6.60	100	142.93802	315	4.7209	0.3677	0.1218	0.7073	0.2467	3.3389	0.4421	0.2517	2.0872	1.1883	77.7047	OK
	R113 - R114	0.0625	7.21	100	159.28324	315	4.9344	0.3843	0.1626	0.7673	0.2825	3.7864	0.4501	0.2528	2.2207	1.2476	88.9885	OK
	R114 - R115	0.0804	7.40	100	174.23481	315	4.9969	0.3892	0.2066	0.8088	0.3139	4.0415	0.4524	0.2532	2.2604	1.2651	98.8716	OK
	R115 - R116	0.0988	7.07	100	189.82039	315	4.8863	0.3806	0.2596	0.8439	0.3477	4.1236	0.4483	0.2526	2.1905	1.2342	109.5228	OK
	R116 - R75	0.0988	5.06	100	202.13028	315	4.1325	0.3219	0.3069	0.8716	0.3773	3.6017	0.4195	0.2486	1.7336	1.0273	118.8651	OK
	R75 - R117	0.5926	3.30	100	428.7248	500	4.5415	0.8913	0.6649	1.0789	0.5960	4.8997	0.6340	0.2863	2.8791	1.3003	298.0078	OK
	R117 - R118	0.5949	3.40	100	426.9515	500	4.6098	0.9047	0.6576	1.0767	0.5922	4.9633	0.6375	0.2872	2.9389	1.3238	296.1022	OK
	R118 - R119	0.6129	3.40	100	431.75082	500	4.6098	0.9047	0.6775	1.0824	0.6026	4.9895	0.6375	0.2872	2.9389	1.3238	301.2841	OK
	R119 - R120	0.6374	3.30	100	440.60307	500	4.5415	0.8913	0.7152	1.0909	0.6223	4.9541	0.6340	0.2863	2.8791	1.3003	311.1677	OK
	R120 - R121	0.665	3.40	100	445.15928	500	4.6099	0.9047	0.7351	1.0943	0.6331	5.0448	0.6375	0.2872	2.9390	1.3239	316.5315	OK
	R121 - R122	0.6936	2.12	100	494.2089	500	3.6385	0.7141	0.9713	1.1223	0.8199	4.0835	0.5811	0.2748	2.1143	0.9999	409.9703	OK
	R122 - R123	0.7	2.81	100	470.21135	500	4.1934	0.8229	0.8506	1.1086	0.7068	4.6488	0.6148	0.2819	2.5782	1.1821	353.4000	OK
	R123 - R94	0.707	2.28	100	490.89288	500	3.7760	0.7410	0.9541	1.1212	0.8013	4.2337	0.5898	0.2766	2.2272	1.0443	400.6360	OK

R94 - R124	0.811	1.66	100	548.651 72	630	3.75 60	1.17 02	0.69 30	1.08 62	0.61 07	4.07 97	0.69 82	0.30 40	2.622 2	1.14 19	384.72 18	OK
R124 - R125	0.819 3	3.19	100	487.165 51	500	4.46 56	0.87 64	0.93 49	1.11 93	0.78 14	4.99 82	0.62 99	0.28 54	2.813 0	1.27 43	390.70 69	OK
R125 - R126	0.825 8	2.65	100	505.748 21	630	4.75 20	1.48 06	0.55 78	1.03 37	0.53 76	4.91 20	0.74 90	0.32 31	3.559 2	1.53 55	338.68 95	OK
R126 - R127	0.832 8	3.20	100	489.893 31	500	4.47 21	0.87 77	0.94 89	1.12 07	0.79 58	5.01 21	0.63 03	0.28 54	2.818 6	1.27 65	397.91 30	OK
R127 - R6	0.833	2.26	100	523.136 12	630	4.38 02	1.36 47	0.61 04	1.05 94	0.56 71	4.64 05	0.73 21	0.31 61	3.206 8	1.38 44	357.30 24	OK
R6 - R128	0.988 8	1.70	100	588.144 19	630	3.80 46	1.18 54	0.83 42	1.10 67	0.69 46	4.21 05	0.70 11	0.30 50	2.667 3	1.16 03	437.59 31	OK
R128 - R129	0.993 6	2.50	100	548.220 09	630	4.61 13	1.43 67	0.69 16	1.08 59	0.60 99	5.00 72	0.74 29	0.32 05	3.425 5	1.47 77	384.24 34	OK
R129 - R26	0.999	2.01	100	572.524 35	630	4.12 99	1.28 67	0.77 64	1.10 01	0.65 67	4.54 32	0.71 94	0.31 13	2.971 0	1.28 55	413.70 47	OK
R26 - R130	1.167 7	2.29	100	592.222 35	630	4.41 09	1.37 43	0.84 97	1.10 85	0.70 61	4.88 95	0.73 36	0.31 66	3.235 8	1.39 67	444.83 54	OK
R130 - R131	1.168	2.19	100	597.346 71	630	4.31 19	1.34 34	0.86 94	1.11 09	0.72 17	4.79 01	0.72 87	0.31 48	3.142 2	1.35 72	454.64 79	OK
R131 - R132	1.175 4	1.93	100	612.615 26	630	4.05 67	1.26 39	0.92 99	1.11 87	0.77 65	4.53 82	0.71 55	0.30 98	2.902 4	1.25 70	489.18 65	OK
R132 - R133	1.185	2.43	100	588.842 65	630	4.54 51	1.41 61	0.83 68	1.10 70	0.69 65	5.03 14	0.73 99	0.31 92	3.362 8	1.45 08	438.79 98	OK
R133 - R134	1.194 9	1.42	100	653.330 38	800	4.07 35	2.04 65	0.58 39	1.04 73	0.55 25	4.26 61	0.80 73	0.35 64	3.288 6	1.45 19	442.01 74	OK
R134 - R20	1.2	3.24	100	560.592 49	630	5.24 74	1.63 49	0.73 40	1.09 42	0.63 25	5.74 15	0.76 84	0.33 24	4.032 0	1.74 43	398.45 87	OK
R20 - R60	1.345 9	1.24	100	700.168 03	800	3.81 47	1.91 65	0.70 23	1.08 82	0.61 55	4.15 14	0.79 66	0.34 90	3.038 8	1.33 12	492.40 90	OK
R60 - R135	1.494 2	1.90	100	672.591 43	800	4.71 41	2.36 84	0.63 09	1.06 76	0.57 82	5.03 28	0.82 99	0.37 45	3.912 3	1.76 56	462.53 16	OK

R135 - R136	1.642 5	1.80	100	703.988 04	800	4.58 83	2.30 52	0.71 25	1.09 03	0.62 09	5.00 29	0.82 58	0.37 10	3.789 1	1.70 24	496.74 59	OK
R136 - R137	1.661 2	1.70	100	714.600 65	800	4.45 91	2.24 02	0.74 15	1.09 54	0.63 66	4.88 43	0.82 15	0.36 74	3.662 9	1.63 83	509.30 14	OK
R137 - R138	1.681 5	1.79	100	711.105 48	800	4.57 30	2.29 75	0.73 19	1.09 38	0.63 13	5.00 20	0.82 53	0.37 06	3.774 1	1.69 47	505.07 07	OK
R138 - R71	1.694 6	1.70	100	719.839 27	800	4.46 10	2.24 12	0.75 61	1.09 75	0.64 48	4.89 58	0.82 15	0.36 75	3.664 8	1.63 92	515.85 75	OK
R71 - R139	1.846 3	2.21	100	707.921 78	800	5.08 16	2.55 30	0.72 32	1.09 23	0.62 66	5.55 08	0.84 13	0.38 46	4.275 4	1.95 46	501.30 30	OK
R139 - R140	1.874 7	1.64	100	752.737 67	800	4.38 07	2.20 08	0.85 18	1.10 87	0.70 77	4.85 71	0.81 87	0.36 52	3.586 6	1.59 98	566.17 82	OK
R140 - R141	1.91	1.50	100	770.876 41	800	4.18 86	2.10 43	0.90 76	1.11 59	0.75 50	4.67 39	0.81 17	0.35 97	3.400 0	1.50 68	604.02 38	OK
R141 - R142	1.951 5	1.60	100	767.891 98	800	4.32 41	2.17 24	0.89 83	1.11 46	0.74 65	4.81 98	0.81 67	0.36 36	3.531 5	1.57 22	597.18 23	OK
R142 - R143	1.998 5	1.60	100	774.650 7	800	4.32 59	2.17 33	0.91 95	1.11 74	0.76 63	4.83 38	0.81 68	0.36 36	3.533 3	1.57 31	613.03 93	OK
R143 - R144	2.044 4	1.50	100	790.786 87	800	4.18 86	2.10 43	0.97 15	1.12 23	0.82 01	4.70 09	0.81 17	0.35 97	3.400 0	1.50 68	656.10 41	OK
R144 - R145	2.089 6	1.50	100	797.298 47	800	4.18 86	2.10 43	0.99 30	1.12 23	0.84 42	4.70 07	0.81 17	0.35 97	3.400 0	1.50 68	675.35 66	OK
R145 - R146	2.144 2	1.60	100	795.364 76	800	4.32 59	2.17 33	0.98 66	1.12 25	0.83 69	4.85 58	0.81 68	0.36 36	3.533 3	1.57 31	669.54 45	OK
R146 - R147	2.192 5	2.41	100	742.635 01	800	5.31 13	2.66 84	0.82 17	1.10 53	0.68 58	5.87 04	0.84 82	0.39 09	4.505 0	2.07 59	548.62 05	OK
R147 - R148	2.242 2	2.00	100	775.664 85	800	4.83 65	2.42 99	0.92 28	1.11 78	0.76 94	5.40 63	0.83 38	0.37 79	4.032 8	1.82 78	615.53 14	OK
R148 - R149	2.289 6	1.50	100	825.162 4	100 0	4.85 94	3.81 47	0.60 02	1.05 50	0.56 16	5.12 66	0.91 80	0.44 87	4.461 1	2.18 04	561.59 74	OK
R149 - R150	2.340 6	1.40	100	842.777 73	100 0	4.69 56	3.68 60	0.63 50	1.06 91	0.58 03	5.02 01	0.90 96	0.44 25	4.271 1	2.07 80	580.33 22	OK

R150 - R151	2.387 1	1.40	100	849.017 87	100 0	4.69 56	3.68 60	0.64 76	1.07 35	0.58 70	5.04 07	0.90 96	0.44 25	4.271 1	2.07 80	586.97 95	OK
R151 - R152	2.357 2	1.60	100	824.120 13	100 0	5.01 98	3.94 05	0.59 82	1.05 41	0.56 05	5.29 12	0.92 64	0.45 46	4.650 6	2.28 21	560.48 64	OK
R152 - R153	2.589 8	1.60	100	853.722 44	100 0	5.01 98	3.94 05	0.65 72	1.07 66	0.59 20	5.40 42	0.92 64	0.45 46	4.650 6	2.28 21	592.01 08	OK
R153 - R154	2.589 8	1.40	100	875.367 03	100 0	4.69 56	3.68 60	0.70 26	1.08 83	0.61 57	5.11 03	0.90 96	0.44 25	4.271 1	2.07 80	615.68 80	OK
R154 - R155	2.590 6	1.20	100	901.141 54	100 0	4.34 73	3.41 26	0.75 91	1.09 79	0.64 65	4.77 28	0.89 22	0.42 92	3.878 8	1.86 59	646.54 65	OK
R155 - R156	2.594 6	1.40	100	875.975 09	100 0	4.69 56	3.68 60	0.70 39	1.08 86	0.61 64	5.11 16	0.90 96	0.44 25	4.271 1	2.07 80	616.37 33	OK
R156 - R157	2.604 6	1.00	100	934.366 47	100 0	3.96 85	3.11 53	0.83 61	1.10 69	0.69 60	4.39 28	0.87 43	0.41 42	3.469 5	1.64 39	695.97 95	OK
R157 - R158	2.635 8	1.40	100	881.165 57	100 0	4.69 56	3.68 60	0.71 51	1.09 08	0.62 23	5.12 21	0.90 96	0.44 25	4.271 1	2.07 80	622.28 86	OK
R158 - R159	2.678	1.40	100	886.429 73	100 0	4.69 56	3.68 60	0.72 65	1.09 29	0.62 84	5.13 19	0.90 96	0.44 25	4.271 1	2.07 80	628.42 51	OK
R159 - R160	2.717 2	1.20	100	917.410 01	100 0	4.34 73	3.41 26	0.79 62	1.10 24	0.66 89	4.79 25	0.89 22	0.42 92	3.878 8	1.86 59	668.92 53	OK
R160 - R161	2.756 7	0.50	100	1086.93 49	120 0	3.16 88	3.58 20	0.76 96	1.09 92	0.65 26	3.48 33	0.90 29	0.43 75	2.861 1	1.38 64	783.16 13	OK
R161 - R162	2.798 2	0.50	100	1093.04 24	120 0	3.16 88	3.58 20	0.78 12	1.10 07	0.65 96	3.48 78	0.90 29	0.43 75	2.861 1	1.38 64	791.48 37	OK
R162 - R163	2.841 3	0.50	100	1099.32 57	120 0	3.16 88	3.58 20	0.79 32	1.10 21	0.66 70	3.49 23	0.90 29	0.43 75	2.861 1	1.38 64	800.41 90	OK
R163 - R164	2.883 8	0.50	100	1105.46 35	120 0	3.16 88	3.58 20	0.80 51	1.10 34	0.67 46	3.49 65	0.90 29	0.43 75	2.861 1	1.38 64	809.55 44	OK
R164 - R165	2.930 5	0.50	100	1112.14 3	120 0	3.16 88	3.58 20	0.81 81	1.10 49	0.68 33	3.50 11	0.90 29	0.43 75	2.861 1	1.38 64	820.00 26	OK
R165 - R166	2.975 9	0.50	100	1118.57 31	120 0	3.16 88	3.58 20	0.83 08	1.10 63	0.69 22	3.50 57	0.90 29	0.43 75	2.861 1	1.38 64	830.60 81	OK

R166 - R167	3.0156	0.50	100	1124.1458	1200	3.1688	3.5820	0.8419	1.1076	0.7002	3.5097	0.9029	0.4375	2.8611	1.3864	840.2712	OK
R167 - R168	3.053	0.50	100	1129.3538	1200	3.1688	3.5820	0.8523	1.1088	0.7081	3.5136	0.9029	0.4375	2.8611	1.3864	849.7259	OK
R168 - R169	3.0946	0.50	100	1135.1001	1200	3.1688	3.5820	0.8639	1.1102	0.7172	3.5181	0.9029	0.4375	2.8611	1.3864	860.6612	OK
R169 - R170	3.1311	0.50	100	1140.1023	1200	3.1688	3.5820	0.8741	1.1115	0.7255	3.5222	0.9029	0.4375	2.8611	1.3864	870.6325	OK
R170 - DO2	3.1311	1.20	100	967.50724	1000	4.3473	3.4126	0.9175	1.1171	0.7643	4.8565	0.8922	0.4292	3.8788	1.8659	764.3374	OK

collecteur	tonçon	Qt(m3/s)	I(%)	Ks m(1/3) s-1	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m3/s)	Rq	Rv	Rh	Vec (m/s)	Rv0.1	Rv0.01	V0.1(m/s)	V0.01	Hcal(m)	condition
collecteur2	R97 - R98	0.0333	6.00	100	130.20498	315	4.5003	0.3505	0.0950	0.6492	0.2170	2.9218	0.4338	0.2505	1.9521	1.1275	68.3591	OK
	R98 - R99	0.0411	5.48	100	143.31133	315	4.3010	0.3350	0.1227	0.7088	0.2475	3.0487	0.4261	0.2495	1.8326	1.0731	77.9715	OK
	R99 - R100	0.0584	6.00	100	160.73698	315	4.5003	0.3505	0.1666	0.7719	0.2856	3.4738	0.4338	0.2505	1.9521	1.1275	89.9587	OK
	R100 - R101	0.059	6.00	100	161.35428	315	4.5003	0.3505	0.1683	0.7738	0.2869	3.4823	0.4338	0.2505	1.9521	1.1275	90.3696	OK
	R101 - R102	0.063	6.00	100	165.37266	315	4.5003	0.3505	0.1797	0.7856	0.2953	3.5354	0.4338	0.2505	1.9521	1.1275	93.0306	OK
	R102 - R103	0.0664	6.00	100	168.66463	315	4.5003	0.3505	0.1894	0.7946	0.3022	3.5760	0.4338	0.2505	1.9521	1.1275	95.1996	OK
	R103 - R104	0.0704	6.00	100	172.40535	315	4.5003	0.3505	0.2008	0.8043	0.3100	3.6195	0.4338	0.2505	1.9521	1.1275	97.6633	OK
	R104 - R105	0.0786	6.00	100	179.67781	315	4.5003	0.3505	0.2242	0.8216	0.3254	3.6974	0.4338	0.2505	1.9521	1.1275	102.4995	OK

R105 - R106	0.1	6.00	100	196.65772	315	4.5003	0.3505	0.2853	0.8589	0.3637	3.8655	0.4338	0.2505	1.9521	1.1275	114.5742	OK
R106 - R107	0.1604	6.00	100	234.78083	315	4.5003	0.3505	0.4576	0.9701	0.4755	4.3658	0.4338	0.2505	1.9521	1.1275	149.7980	OK
R107 - R108	0.1718	6.00	100	240.90437	315	4.5003	0.3505	0.4901	0.9922	0.4964	4.4650	0.4338	0.2505	1.9521	1.1275	156.3748	OK
R108 - R109	0.1906	6.00	100	250.47079	315	4.5003	0.3505	0.5437	1.0257	0.5294	4.6162	0.4338	0.2505	1.9521	1.1275	166.7484	OK
R109 - R110	0.2157	6.00	100	262.36434	315	4.5003	0.3505	0.6153	1.0615	0.5698	4.7771	0.4338	0.2505	1.9521	1.1275	179.4980	OK
R110 - R111	0.2314	6.00	100	269.36878	315	4.5003	0.3505	0.6601	1.0775	0.5935	4.8489	0.4338	0.2505	1.9521	1.1275	186.9621	OK
R111 - R75	0.2486	5.95	100	277.11576	315	4.4827	0.3492	0.7120	1.0902	0.6206	4.8872	0.4331	0.2505	1.9415	1.1227	195.5026	OK

collecteur	tonçon	Qt(m3/s)	I(%)	Ks m(1/3) s-1	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m3/s)	Rq	Rv	Rh	Vec (m/s)	Rv0.1	Rv0.01	V0.1(m/s)	V0.01	Hcal(m)	conditi on
------------	--------	----------	------	---------------	-----------	-----------	-----------	------------	----	----	----	-----------	-------	--------	-----------	-------	---------	------------

collect eur3	R76 - R77	0.05 54	1.30	100	209.9 2596	315	2.09 48	0.16 32	0.33 95	0.8 912	0.3 982	1.866 8	0.279 4	0.231 8	0.600 0	0.480 0	125.4 204	OK
	R77 - R78	0.06 81	4.96	100	176.4 3707	315	4.09 30	0.31 88	0.21 36	0.8 141	0.3 185	3.332 1	0.418 0	0.248 4	1.710 7	1.016 7	100.3 322	OK
	R78 - R79	0.07 35	6.83	100	170.9 868	315	4.80 31	0.37 41	0.19 65	0.8 007	0.3 071	3.845 8	0.445 2	0.252 1	2.138 3	1.211 1	96.72 84	OK
	R79 - R80	0.07 61	2.18	100	214.5 922	315	2.71 36	0.21 14	0.36 00	0.9 041	0.4 115	2.453 3	0.360 3	0.241 0	0.977 6	0.654 1	129.6 092	OK
	R80 - R81	0.07 79	5.77	100	180.4 1576	315	4.41 17	0.34 36	0.22 67	0.8 233	0.3 270	3.632 0	0.430 4	0.250 1	1.898 7	1.103 3	102.9 969	OK
	R81 - R82	0.07 96	5.97	100	180.6 8732	315	4.49 00	0.34 97	0.22 76	0.8 239	0.3 276	3.699 2	0.433 4	0.250 5	1.945 9	1.124 7	103.1 803	OK
	R82 - R83	0.08 08	4.90	100	188.5 738	315	4.06 69	0.31 68	0.25 51	0.8 412	0.3 449	3.421 1	0.416 9	0.248 2	1.695 6	1.009 6	108.6 334	OK
	R83 - R84	0.08 25	6.69	100	179.2 505	315	4.75 37	0.37 03	0.22 28	0.8 206	0.3 245	3.901 0	0.443 4	0.251 9	2.107 6	1.197 4	102.2 122	OK
	R84 - R85	0.11 87	6.00	100	209.6 9562	315	4.50 14	0.35 06	0.33 85	0.8 905	0.3 975	4.008 8	0.433 8	0.250 6	1.952 8	1.127 9	125.2 189	OK
	R85 - R86	0.12 03	6.14	100	209.8 6946	315	4.55 20	0.35 46	0.33 93	0.8 910	0.3 980	4.055 9	0.435 7	0.250 8	1.983 5	1.141 8	125.3 709	OK
	R86 - R87	0.12 23	6.00	100	212.0 7815	315	4.50 03	0.35 05	0.34 89	0.8 970	0.4 042	4.036 8	0.433 8	0.250 5	1.952 1	1.127 5	127.3 275	OK
	R87 - R88	0.13 09	6.59	100	213.7 5416	315	4.71 67	0.36 74	0.35 63	0.9 017	0.4 090	4.252 9	0.442 0	0.251 7	2.084 6	1.187 2	128.8 422	OK
	R88 - R89	0.14 93	6.80	100	223.2 2784	315	4.79 22	0.37 33	0.40 00	0.9 304	0.4 377	4.458 9	0.444 8	0.252 1	2.131 5	1.208 1	137.8 741	OK
	R89 - R90	0.16 22	6.32	100	233.4 8992	315	4.61 82	0.35 97	0.45 09	0.9 655	0.4 712	4.458 9	0.438 3	0.251 2	2.024 0	1.160 0	148.4 282	OK
	R90 - R91	0.17 94	6.38	100	242.0 2148	315	4.64 18	0.36 16	0.49 62	0.9 962	0.5 003	4.624 0	0.439 1	0.251 3	2.038 4	1.166 5	157.5 841	OK
R91 - R92	0.19 59	6.00	100	253.0 6024	315	4.50 03	0.35 05	0.55 89	1.0 343	0.5 382	4.654 6	0.433 8	0.250 5	1.952 1	1.127 5	169.5 454	OK	

	R92 - R93	0.2114	5.45	100	265.13515	315	4.2888	0.3341	0.6328	1.0683	0.5792	4.5818	0.4256	0.2494	1.8254	1.0697	182.4432	OK
	R93 - R94	0.2288	6.00	100	268.22979	315	4.5003	0.3505	0.6527	1.0752	0.5897	4.8386	0.4338	0.2505	1.9521	1.1275	185.7416	OK
collecteur4	R95 - R96	0.0123	3.86	100	97.353202	315	3.6095	0.2811	0.0437	0.4745	0.1383	1.7127	0.3985	0.2458	1.4382	0.8873	43.5748	OK
	R96 - R86	0.0249	1.71	100	147.69321	315	2.4046	0.1873	0.1329	0.7265	0.2574	1.7469	0.3464	0.2394	0.8330	0.5756	81.0690	OK

collecteur	tonçon	Qt(m3/s)	I(%)	Ksm(1/3)s-1	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m3/s)	Rq	Rv	Rh	Vec (m/s)	Rv0.1	Rv0.01	V0.1(m/s)	V0.01	Hcal(m)	condition
collecteur5	R34 - R35	0.0135	6.00	100	92.80816	315	4.5003	0.3505	0.0385	0.4504	0.1281	2.0271	0.4338	0.2505	1.9521	1.1275	40.3525	OK
	R35 - R36	0.0202	6.00	100	107.94879	315	4.5003	0.3505	0.0576	0.5320	0.1632	2.3943	0.4338	0.2505	1.9521	1.1275	51.4152	OK
	R36 - R37	0.0249	6.00	100	116.75776	315	4.5003	0.3505	0.0710	0.5799	0.1845	2.6096	0.4338	0.2505	1.9521	1.1275	58.1277	OK
	R37 - R38	0.0302	6.00	100	125.52019	315	4.5003	0.3505	0.0862	0.6258	0.2058	2.8164	0.4338	0.2505	1.9521	1.1275	64.8201	OK
	R38 - R39	0.031	6.00	100	126.75691	315	4.5003	0.3505	0.0884	0.6321	0.2088	2.8446	0.4338	0.2505	1.9521	1.1275	65.7582	OK
	R39 - R40	0.0337	6.00	100	130.7893	315	4.5003	0.3505	0.0961	0.6521	0.2184	2.9346	0.4338	0.2505	1.9521	1.1275	68.7974	OK
	R40 - R41	0.0373	6.00	100	135.86319	315	4.5003	0.3505	0.1064	0.6761	0.2304	3.0428	0.4338	0.2505	1.9521	1.1275	72.5685	OK
	R41 - R42	0.0409	6.00	100	140.63948	315	4.5003	0.3505	0.1167	0.6975	0.2414	3.1389	0.4338	0.2505	1.9521	1.1275	76.0529	OK
	R42 - R43	0.0467	6.00	100	147.81034	315	4.5003	0.3505	0.1332	0.7269	0.2576	3.2715	0.4338	0.2505	1.9521	1.1275	81.1509	OK

R43 - R44	0.04 82	6.00	100	149.57 315	315	4.500 3	0.35 05	0.137 5	0.73 37	0.26 15	3.30 18	0.43 38	0.25 05	1.952 1	1.127 5	82.37 94	OK
R44 - R45	0.04 89	5.07	100	155.20 522	315	4.137 1	0.32 22	0.151 7	0.75 39	0.27 38	3.11 91	0.41 97	0.24 86	1.736 3	1.028 6	86.24 27	OK
R45 - R46	0.06 14	5.42	100	166.95 751	315	4.275 9	0.33 31	0.184 4	0.79 00	0.29 87	3.37 79	0.42 51	0.24 94	1.817 8	1.066 2	94.07 55	OK
R46 - R47	0.08 42	5.63	100	186.61 383	315	4.357 8	0.33 94	0.248 1	0.83 70	0.34 05	3.64 73	0.42 83	0.24 98	1.866 4	1.088 5	107.2 520	OK
R47 - R48	0.09 92	5.26	100	200.96 209	315	4.213 9	0.32 82	0.302 2	0.86 88	0.37 44	3.66 10	0.42 27	0.24 90	1.781 2	1.049 4	117.9 287	OK
R48 - R49	0.11 48	5.90	100	207.77 097	315	4.461 9	0.34 75	0.330 3	0.88 55	0.39 22	3.95 11	0.43 23	0.25 03	1.928 9	1.117 0	123.5 536	OK
R49 - R50	0.12 14	5.81	100	212.74 861	315	4.429 8	0.34 50	0.351 8	0.89 89	0.40 61	3.98 17	0.43 11	0.25 02	1.909 5	1.108 2	127.9 303	OK
R50 - R14	0.12 4	6.55	100	209.72 748	315	4.700 5	0.36 61	0.338 7	0.89 06	0.39 76	4.18 64	0.44 14	0.25 16	2.074 6	1.182 7	125.2 467	OK

collecteur	tonçon	Qt(m 3/s)	I(%)	Ks m(1/3)s-1	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m3/s)	Rq	Rv	Rh	Vec (m/s)	Rv0.1	Rv0. 01	V0.1(m/s)	V0.01	Hcal(mm)	conditio n
collecteur6	R27 - R28	0.01 39	4.00	100	101.24 152	315	3.674 5	0.28 62	0.048 6	0.49 55	0.14 73	1.82 06	0.40 11	0.24 62	1.473 9	0.904 5	46.40 69	OK
	R28 - R29	0.02 09	4.00	100	117.97 309	315	3.674 5	0.28 62	0.073 0	0.58 64	0.18 75	2.15 46	0.40 11	0.24 62	1.473 9	0.904 5	59.05 82	OK
	R29 - R30	0.02 86	4.00	100	132.69 83	315	3.674 5	0.28 62	0.099 9	0.66 13	0.22 29	2.42 99	0.40 11	0.24 62	1.473 9	0.904 5	70.22 39	OK
	R30 - R31	0.03 17	4.00	100	137.91 939	315	3.674 5	0.28 62	0.110 8	0.68 55	0.23 52	2.51 88	0.40 11	0.24 62	1.473 9	0.904 5	74.07 68	OK
	R31 - R32	0.04 25	4.00	100	153.94 797	315	3.674 5	0.28 62	0.148 5	0.74 96	0.27 11	2.75 43	0.40 11	0.24 62	1.473 9	0.904 5	85.38 79	OK

	R32 - R33	0.0453	4.00	100	157.67576	315	3.6745	0.2862	0.1583	0.7622	0.2791	2.8006	0.4011	0.2462	1.4739	0.9045	87.9107	OK
	R33 - R12	0.0519	4.00	100	165.92654	315	3.6745	0.2862	0.1813	0.7871	0.2965	2.8923	0.4011	0.2462	1.4739	0.9045	93.3960	OK

collecteur	tonçon	Qt(m3/s)	I(%)	Ks m(1/3) s-1	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m3/s)	Rq	Rv	Rh	Vec (m/s)	Rv0.1	Rv0.01	V0.1(m/s)	V0.01	Hcal(m)	condition
collecteur7	R7 - R8	0.0099	6.00	100	82.617908	315	4.5003	0.3505	0.0282	0.3991	0.1066	1.7962	0.4338	0.2505	1.9521	1.1275	33.5722	OK
	R8 - R9	0.01	5.88	100	83.256225	315	4.4534	0.3469	0.0288	0.4022	0.1079	1.7912	0.4320	0.2503	1.9238	1.1147	33.9761	OK
	R9 - R10	0.0169	4.84	100	105.10577	315	4.0429	0.3149	0.0537	0.5165	0.1564	2.0881	0.4160	0.2481	1.6817	1.0031	49.2766	OK
	R10 - R11	0.021	5.96	100	109.67559	315	4.4847	0.3493	0.0601	0.5415	0.1674	2.4283	0.4332	0.2505	1.9427	1.1233	52.7229	OK
	R11 - R12	0.0214	3.55	100	121.71398	315	3.4619	0.2697	0.0794	0.6061	0.1966	2.0984	0.3924	0.2450	1.3583	0.8483	61.9200	OK
	R12 - R13	0.0733	3.81	100	190.6118	315	3.5852	0.2793	0.2625	0.8456	0.3495	3.0317	0.3975	0.2457	1.4250	0.8808	110.0920	OK
	R13 - R14	0.0752	5.43	100	180.07407	315	4.2804	0.3334	0.2255	0.8225	0.3262	3.5206	0.4253	0.2494	1.8204	1.0675	102.7664	OK
	R14 - R15	0.211	5.00	100	269.25477	315	4.1082	0.3200	0.6594	1.0772	0.5931	4.4255	0.4185	0.2485	1.7195	1.0208	186.8397	OK
	R15 - R16	0.3184	5.00	100	314.17555	400	4.8175	0.6051	0.5262	1.0153	0.5188	4.8911	0.5429	0.2676	2.6155	1.2893	207.5361	OK
	R16 - R17	0.4527	2.00	100	425.69659	500	3.5355	0.6938	0.6524	1.0751	0.5895	3.8010	0.5744	0.2735	2.0307	0.9669	294.7585	OK
	R17 - R18	0.6138	2.00	100	477.17899	500	3.5355	0.6938	0.8846	1.1128	0.7344	3.9345	0.5744	0.2735	2.0307	0.9669	367.2119	OK
	R18 - R19	0.8033	2.00	100	527.83769	630	4.1245	1.2850	0.6251	1.0654	0.5751	4.3942	0.7191	0.3112	2.9659	1.2834	362.3005	OK

	R19 - R20	1.01 14	2.50	100	551.88 261	630	4.611 3	1.43 67	0.704 0	1.08 86	0.61 64	5.01 99	0.74 29	0.32 05	3.425 5	1.477 7	388.3 358	OK
--	--------------	------------	------	-----	---------------	-----	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	--------------	----

collecteur	tonçon	Qt(m 3/s)	I(%)	Ks m(1/3)s-1	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m3/s)	Rq	Rv	Rh	Vec (m/s)	Rv0.1	Rv0. 01	V0.1(m /s)	V0.01	Hcal(m m)	conditio n
collecteur8	R21 - R22	0.03 55	6.80	100	130.27 837	315	4.790 4	0.37 31	0.095 1	0.64 96	0.21 72	3.11 18	0.44 47	0.25 21	2.130 4	1.207 6	68.41 42	OK
	R22 - R23	0.06 87	6.67	100	167.45 144	315	4.746 7	0.36 97	0.185 8	0.79 14	0.29 97	3.75 63	0.44 31	0.25 19	2.103 2	1.195 5	94.40 08	OK
	R23 - R24	0.08 69	5.43	100	190.07 153	315	4.282 7	0.33 36	0.260 5	0.84 45	0.34 83	3.61 65	0.42 54	0.24 94	1.821 8	1.068 1	109.7 030	OK
	R24 - R25	0.10 86	5.63	100	205.27 148	315	4.359 4	0.33 96	0.319 8	0.87 92	0.38 55	3.83 27	0.42 84	0.24 98	1.867 4	1.089 0	121.4 412	OK
	R25 - R26	0.16 52	6.44	100	234.29 238	315	4.660 8	0.36 30	0.455 0	0.96 84	0.47 39	4.51 33	0.43 99	0.25 14	2.050 1	1.171 7	149.2 789	OK

collecteur	tonçon	Qt(m 3/s)	I(%)	Ks m(1/3)s-1	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m3/s)	Rq	Rv	Rh	Vec (m/s)	Rv0.1	Rv0.01	V0.1(m /s)	V0.01	Hcal(m m)	conditio n
collecteur9	R1 - R2	0.01 02	4.00	100	90.14 7393	315	3.67 45	0.28 62	0.03 56	0.4 366	0.1 223	1.604 4	0.401 1	0.246 2	1.473 9	0.904 5	38.51 79	OK
	R2 - R3	0.03 81	4.00	100	147.7 6616	315	3.67 45	0.28 62	0.13 31	0.7 268	0.2 575	2.670 5	0.401 1	0.246 2	1.473 9	0.904 5	81.12 00	OK
	R3 - R4	0.07 71	4.00	100	192.4 7463	315	3.67 45	0.28 62	0.26 94	0.8 497	0.3 538	3.122 2	0.401 1	0.246 2	1.473 9	0.904 5	111.4 470	OK
	R4 - R5	0.11 82	4.00	100	225.9 2259	315	3.67 45	0.28 62	0.41 30	0.9 393	0.4 463	3.451 5	0.401 1	0.246 2	1.473 9	0.904 5	140.5 781	OK

	R5 - R6	0.12 97	4.00	100	233.9 2713	315	3.67 45	0.28 62	0.45 32	0.9 671	0.4 727	3.553 5	0.401 1	0.246 2	1.473 9	0.904 5	148.8 913	OK
--	------------	------------	------	-----	---------------	-----	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	--------------	----

collecteur	tonçon	Qt(m 3/s)	I(%)	Ks m(1/3) s-1	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m3/s)	Rq	Rv	Rh	Vec (m/s)	Rv0.1	Rv0.01	V0.1(m /s)	V0.01	Hcal(m m)	conditi on
collecteur10	R61 - R62	0.04 25	5.90	100	143.1 4255	315	4.46 15	0.34 75	0.12 23	0.7 081	0.2 471	3.159 3	0.432 3	0.250 3	1.928 6	1.116 9	77.85 09	OK
	R62 - R63	0.04 84	4.71	100	156.7 7439	315	3.98 64	0.31 05	0.15 59	0.7 592	0.2 772	3.026 5	0.413 7	0.247 8	1.649 3	0.987 9	87.30 38	OK
	R63 - R64	0.05 29	0.39	100	259.2 0081	315	1.14 00	0.08 88	0.59 58	1.0 529	0.5 591	1.200 3	0.286 1	0.232 5	0.326 2	0.265 1	176.1 298	OK
	R64 - R57	0.05 41	3.48	100	172.9 4897	315	3.42 94	0.26 71	0.20 25	0.8 056	0.3 112	2.762 9	0.391 0	0.244 9	1.340 9	0.839 7	98.02 20	OK

collecteur	tonçon	Qt(m 3/s)	I(%)	Ks m(1/3) s-1	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m3/s)	Rq	Rv	Rh	Vec (m/s)	Rv0.1	Rv0.01	V0.1(m /s)	V0.01	Hcal(m m)	conditi on
collecteur11	R51 - R52	0.00 846	2.82	100	89.73 2916	315	3.08 53	0.24 03	0.03 52	0.4 345	0.1 214	1.340 6	0.376 5	0.243 0	1.161 5	0.749 8	38.23 59	OK
	R52 - R53	0.02 15	5.30	100	113.0 9931	315	4.23 01	0.32 95	0.06 53	0.5 601	0.1 757	2.369 3	0.423 3	0.249 1	1.790 7	1.053 8	55.32 98	OK
	R53 - R54	0.03 36	5.36	100	133.4 4656	315	4.25 26	0.33 12	0.10 14	0.6 648	0.2 247	2.827 4	0.424 2	0.249 2	1.804 0	1.059 9	70.78 06	OK
	R54 - R55	0.04 39	4.90	100	150.0 2497	315	4.06 60	0.31 67	0.13 86	0.7 354	0.2 625	2.990 1	0.416 9	0.248 2	1.695 0	1.009 4	82.69 27	OK
	R55 - R56	0.05 44	5.41	100	159.5 8385	315	4.27 33	0.33 29	0.16 34	0.7 683	0.2 831	3.283 2	0.425 0	0.249 3	1.816 3	1.065 5	89.18 94	OK

	R56 - R57	0.0583	6.37	100	158.86047	315	4.6355	0.3611	0.1615	0.7660	0.2816	3.5508	0.4389	0.2513	2.0346	1.1647	88.7055	OK
	R57 - R58	0.1194	3.26	100	235.58716	315	3.3195	0.2586	0.4618	0.9730	0.4783	3.2299	0.3864	0.2443	1.2827	0.8108	150.6571	OK
	R58 - R59	0.1312	6.33	100	215.57274	315	4.6219	0.3600	0.3644	0.9069	0.4143	4.1916	0.4384	0.2512	2.0262	1.1610	130.5148	OK
	R59 - R60	0.1411	6.11	100	222.98704	315	4.5421	0.3538	0.3988	0.9297	0.4369	4.2226	0.4354	0.2508	1.9775	1.1390	137.6352	OK

collecteur	tonçon	Qt(m3/s)	I(%)	Ks m(1/3) s-1	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m3/s)	Rq	Rv	Rh	Vec (m/s)	Rv0.1	Rv0.01	V0.1(m/s)	V0.01	Hcal(m)	condition
collecteur12	R72 - R73	0.2377	5.92	100	272.77915	315	4.4703	0.3482	0.6827	1.0837	0.6053	4.8445	0.4326	0.2504	1.9340	1.1193	190.6565	OK
	R73 - R74	0.2377	1.74	100	343.29047	400	2.8395	0.3566	0.6665	1.0793	0.5969	3.0648	0.4368	0.2510	1.2401	0.7126	238.7410	OK
	R74 - R75	0.2377	1.00	100	380.73719	500	2.5000	0.4906	0.4845	0.9884	0.4929	2.4710	0.4976	0.2600	1.2439	0.6500	246.4299	OK

collecteur	tonçon	Qt(m3/s)	I(%)	Ks m(1/3) s-1	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m3/s)	Rq	Rv	Rh	Vec (m/s)	Rv0.1	Rv0.01	V0.1(m/s)	V0.01	Hcal(m)	condition
collecteur13	R172 - R173	0.0336	4.00	100	140.96307	315	3.6745	0.2862	0.1174	0.6989	0.2422	2.5680	0.4011	0.2462	1.4739	0.9045	76.2864	OK
	R173 - R174	0.0899	4.00	100	203.88628	315	3.6745	0.2862	0.3141	0.8758	0.3819	3.2181	0.4011	0.2462	1.4739	0.9045	120.2946	OK

	R174 - R175	0.18 57	4.00	100	267.6 2863	315	3.67 45	0.28 62	0.64 88	1.0 739	0.5 876	3.946 0	0.401 1	0.246 2	1.473 9	0.904 5	185.0 992	OK
	R175 - DO1	0.19 2	1.00	100	351.4 4091	400	2.15 44	0.27 06	0.70 95	1.0 898	0.6 194	2.347 8	0.392 9	0.245 1	0.846 4	0.528 0	247.7 409	OK

collecteur	tonçon	Qt(m 3/s)	I(%)	Ks m(1/3) s-1	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m3/s)	Rq	Rv	Rh	Vec (m/s)	Rv0.1	Rv0.01	V0.1(m /s)	V0.01	Hcal(m m)	conditi on
collecteur14	R177 - R178	0.04 78	8.64	100	139.2 4164	315	5.40 15	0.42 07	0.11 36	0.6 914	0.2 382	3.734 4	0.466 9	0.255 3	2.522 2	1.379 0	75.04 02	OK
	R178 - R179	0.08 32	6.91	100	178.7 5996	315	4.82 92	0.37 62	0.22 12	0.8 195	0.3 234	3.957 5	0.446 2	0.252 3	2.154 6	1.218 3	101.8 830	OK
	R179 - R180	0.09 5	1.58	100	247.8 6719	315	2.30 65	0.17 97	0.52 88	1.0 169	0.5 204	2.345 4	0.342 0	0.238 8	0.788 7	0.550 9	163.9 272	OK
	R180 - R181	0.13 58	6.55	100	216.9 904	315	4.70 11	0.36 62	0.37 09	0.9 111	0.4 185	4.283 0	0.441 4	0.251 6	2.074 9	1.182 8	131.8 394	OK
	R181 - R182	0.15 36	5.41	100	235.5 121	315	4.27 39	0.33 29	0.46 14	0.9 727	0.4 780	4.157 4	0.425 0	0.249 3	1.816 6	1.065 7	150.5 770	OK
	R182 - R183	0.16 61	5.30	100	243.4 8855	315	4.22 89	0.32 94	0.50 43	1.0 014	0.5 053	4.235 0	0.423 3	0.249 1	1.790 1	1.053 5	159.1 747	OK
	R183 - R184	0.17 86	4.36	100	259.5 2876	315	3.83 58	0.29 88	0.59 78	1.0 539	0.5 603	4.042 4	0.407 7	0.247 0	1.563 8	0.947 5	176.4 796	OK
	R184 - R185	0.33 56	2.60	100	362.2 7692	400	3.47 28	0.43 62	0.76 94	1.0 992	0.6 525	3.817 4	0.473 9	0.256 3	1.645 8	0.890 2	261.0 074	OK

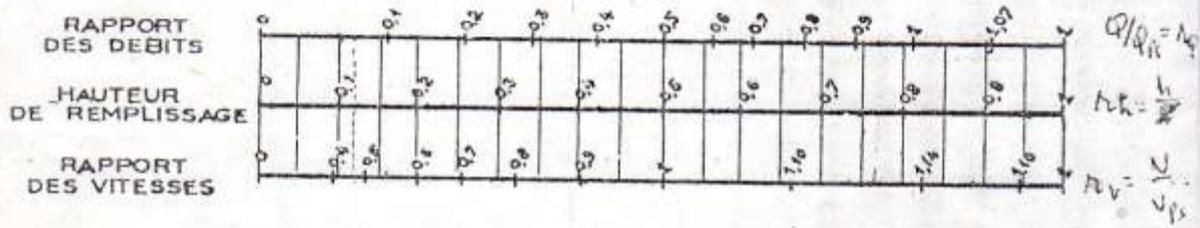
	R185 - R186	0.33 57	2.10	100	377.1 2592	400	3.12 10	0.39 20	0.85 64	1.1 093	0.7 113	3.462 1	0.453 7	0.253 4	1.415 9	0.790 7	284.5 053	OK
	R186 - R187	0.33 58	4.80	100	322.9 7604	400	4.71 99	0.59 28	0.56 64	1.0 384	0.5 426	4.901 0	0.538 3	0.266 8	2.540 9	1.259 3	217.0 507	OK
	R187 - R188	0.33 6	3.67	100	339.7 7662	400	4.12 54	0.51 81	0.64 85	1.0 738	0.5 874	4.429 7	0.509 0	0.261 8	2.099 8	1.080 2	234.9 727	OK
	R188 - R189	0.33 7	4.87	100	322.4 8178	400	4.75 61	0.59 74	0.56 41	1.0 371	0.5 413	4.932 8	0.540 0	0.267 1	2.568 5	1.270 4	216.5 189	OK
	R189 - R190	0.33 7	5.00	100	320.9 3619	400	4.81 75	0.60 51	0.55 70	1.0 332	0.5 371	4.977 6	0.542 9	0.267 6	2.615 5	1.289 3	214.8 535	OK
	R190 - DO1	0.33 79	5.00	100	321.2 5734	400	4.81 75	0.60 51	0.55 84	1.0 341	0.5 380	4.981 5	0.542 9	0.267 6	2.615 5	1.289 3	215.1 998	OK
collect eur15	R191 - R192	0.09 03	4.00	100	204.2 2599	315	3.67 45	0.28 62	0.31 55	0.8 766	0.3 828	3.221 1	0.401 1	0.246 2	1.473 9	0.904 5	120.5 742	OK
	R192 - R193	0.13 16	4.00	100	235.2 0636	315	3.67 45	0.28 62	0.45 98	0.9 716	0.4 770	3.570 3	0.401 1	0.246 2	1.473 9	0.904 5	150.2 511	OK
	R193 - R185	0.15 7	4.00	100	251.2 9884	315	3.67 45	0.28 62	0.54 85	1.0 285	0.5 322	3.779 3	0.401 1	0.246 2	1.473 9	0.904 5	167.6 440	OK

Annexe 04 : Abaque de variation des débits et des vitesses en fonction de la hauteur de remplissage (D'après la formule de Bazin)

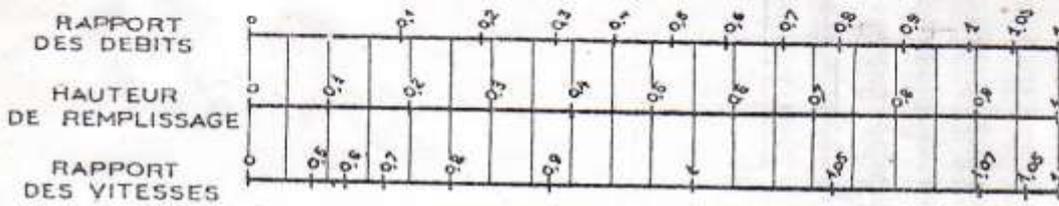
ANNEXE X

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

a) Ouvrages circulaires



b) Ouvrages ovoïdes normalisés



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

Annexe 05: fiche technique de la pompe

KCM065FD+001821N1	
Caractéristiques requises	
Débit	4.97 l/s
Hauteur de refoulement	14.5 m
Fluide	Eaux usées
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1
Caractéristiques de la pompe	
Débit	5.7 l/s
Hauteur de refoulement	14.6 m
Puissance absorbée	1.51 kW
Rendement	54.1%
Hauteur manométrique H(Q=0)	22 m
Orif. de refoulement	65 mm
Installation	Installation fixe immergée DN80/PN10
Roue	Monocanal
Passage libre	40 mm
Caractéristiques moteur	
Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	2900 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance P2	1.8 kW
Intensité nominale	4 A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 68
Limites opérationnelles	
Démarrages / h max.	20
Température maxi. du liquide pompé	40 °C
Densité max.	998 kg/m³
Viscosité maxi.	1 mm²/s
Caractéristiques générales	
Poids	51 kg
Matériaux	
Corps de pompe	Fonte grise
Roue	Fonte grise
Corps d'aspiration	Fonte grise
Arbre	Acier inox
Garniture méc. côté pompe	Carbure de silicium/ Cérami
Enveloppe du moteur	Fonte grise
Sondes thermiques	Disponible sur demande
Sonde de conductivité	Disponible sur demande
Garniture méc. coté moteur	Graphite/Céramique
Vis et écrous	Acier inox
Manille (sur demande)	Acier inox
Câble d'alimentation	10m

