

République Algérienne Démocratique Et Populaire

Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche
Scientifique



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

Ecole Nationale Polytechnique

Laboratoire de Recherche en science de l'eau



DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOM D'INGENIEUR D'ETAT EN HYDRAULIQUE

THEME

**Etude du réseau d'assainissement de
la zone inondable de Bordj El Kiffan**

Soutenu publiquement le 22-06-2013 devant le jury composé de :

Président : Mr S.BENZIADA

Etudié par :

Promoteurs : Dr S.BENMAMAR

BENMOKKADE.A.Zakaria

Mr A.BOUKHARI

BOUCHOUKH.Chouaib

Examineurs : Mr N.NEBBACHE

Mme A.RAHAI

Promotion: juin 2013

ENP 10, Avenue Hassen Badi, BP.186 El Harrach, ALGER

Dédicaces

Grâce au bon Dieu je dédie ce modeste travail :

À celle qui m'a mise au monde et m'a remplie de sa tendresse, qui s'est sacrifiée pour que cet heureux jour arrive. À celle qui a attendu avec patience les fruits de sa bonne éducation...

À ma très chère Mère.

À celui qui ne cesse toujours de me porter son soutien durant toute ma vie. À celui qui m'a indiqué la bonne voie en me rappelant que la volonté fait toujours les grands hommes...

À mon très cher Père.

À mes chers frère et sœurs : Mehdi, Khadîdja, Samira et Hadjer pour leurs soutiens et leurs sacrifices le long de ma formation.

À mes meilleurs amis en particulier Mohamed.R, Mohamed.B, Adem, Elhadi, Hamden, Adel, Sliman, Oussema, Amin, Fodil, Mouh, Déden, omar, Mustapha .

BENMOKKADEM A.Zakaria

Dédicaces

Grâce au bon Dieu je dédie ce modeste travail :

*À celle qui m'a élevé, qui m'a pris dans ses bras, et m'a remplie de joie
« Yemma La7biba »*

*À celle qui m'a mise au monde et m'a remplie de sa tendresse, qui s'est
sacrifiée pour que cet heureux jour arrive. À celle qui a attendu avec
patience les fruits de sa bonne éducation...
À ma très chère Mère.*

*À celui qui ne cesse toujours de me porter son soutien durant toute ma
vie. À celui qui m'a indiqué la bonne voie en me rappelant que la volonté
fait toujours les grands hommes...
À mon très cher Père , je suivrai toujours tes conseils.*

À mes chères sœurs : Oumnia , et Aya Sofia .

À mon unique frère : Ayoub Abdelmounim .

À tout mes proches : BOUCHOUKH et AFRIT ;

À Mon binôme Zaki avec qui j'ai partagé des moments difficile ;

À Hanéne qui m'a été très utile le long de ce travail ;

*À mes meilleurs amis en particulier Hamza, Lyes , Rached , Rafik , Taki ,
Malek , Hamada , Sid Ali , Dédine et Mouh , et tous mes amis d'enfance,
de Cub3, et de Polytech....*

BOUCHOUKH Chouaib

Remerciement

Cette thèse n'aurait jamais vu le jour sans l'aide de Dieu, le tout puissant, pour nous avoir donné la santé, le courage, la patience, la volonté et la force nécessaire, pour affronter toutes les difficultés et les obstacles à travers notre chemin d'étude.

De ce fait, remercier, c'est le plaisir de se souvenir de tous ceux qui, par leurs encouragements, leur disponibilité, leur amitié et leurs compétences, ont su créer un cadre de recherche nous ayant permis de finaliser notre étude.

Nous souhaitons exprimer nos plus profonds remerciements à notre promoteur Dr S.BENMAMAR, pour son suivi au quotidien, pour ses conseils, sa disponibilité, son travail constructif et pour toute la confiance qu'il a su nous témoigner au travers de l'autonomie qu'il nous a accordé durant cette étude.

On tient à remercier chaleureusement, Mr. A.BOUKHARI le Chef de Département de la Direction d'assainissement à la SEAAL qui a encadré notre travail, de sa confiance, sa patience, sa générosité et sa disponibilité durant ces trois derniers mois et son soutien qui ont permis de mener à bien notre travail au sein de la SEAAL

Nous tenons à remercier aussi Mr A.HAMIZI pour l'aide qu'il nous a apporté.

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux et celles de près ou de loin qui nous ont aidé d'une façon ou d'une autre à élaborer notre travail.

ملخص

مدينة برج الكيفان تعاني من الفيضانات المتكررة كل عام ، يتمحور مشروعنا على دراسة شبكة الصرف الصحي في المدينة (شرق برج الكيفان : باطوكاسي ، واسطنبول) والنقطة الأكثر أهمية هو إيجاد حل للمشكلة المذكورة أعلاه .

للقيام بذلك ، قمنا بالبحث عن وسيلة فعالة لصرف مياه الأمطار التي تكون بكمية ضخمة ، والبحث عن مخارج للتخلص منها لهذا قمنا بتشخيص الشبكة الحالية، حيث وجدنا أن بها نقص التحجيم، فقمنا باقتراح دراسة ثلاثة متغيرات :

- شبكة أحادية بالأنابيب الخراسانية
- شبكة أحادية بالأروقة ؛
- شبكة منفصلة (مجري صحية على شاكلة مزاريب) .

بعد مقارنة النتائج، اخترنا متغيرة المجري الصحية بالمزاريب لأنه هو الخيار الأفضل من الناحية التقنية والاقتصادية .

كلمات البحث: فيضان، تشخيص، شبكة، متغيرة، منفصلة، أحادي، مطر، ومزاريب .

Résumé

La ville de Bordj el Kiffan subit des inondations fréquentes chaque année, Notre projet porte sur l'étude du réseau d'assainissement cette ville (l'est de Bordj el kiffan : Bateau cassé, Stamboul) le point le plus important est de trouver une solution définitive au problème mentionné au-dessus.

Pour cela, nous avons cherché un moyen fiable d'évacuation des eaux pluviales qu'ils sont en quantités énormes, ainsi que la recherche des exutoires pour rejeter ces eaux. Pour cela, en premier nous avons diagnostiqué le réseau existant, d'où nous avons constaté son sous-dimensionnement, de là nous avons étudié la possibilité des trois variantes d'étude à savoir :

- réseau unitaire à conduites circulaires ;
- réseau unitaire à galeries ;
- réseau séparatif à caniveaux.

Après la comparaison des résultats obtenus, nous avons opté pour le réseau séparatif à caniveaux car c'est la meilleure variante sur le plan technique, ainsi que économique.

Mots Clé: inondation, diagnostic, réseau, variante, séparatif, unitaire, pluie, caniveaux.

Abstract

The city of Bordj el Kiffan suffers frequent floods every year , Our project focuses on the study of the city sewerage network (east of Bordj el kiffan: Broken boat, Istanbul) the most important point is to find a solution to the problem mentioned above.

To do this, we looked for a reliable means of storm water drainage which in huge quantities and looking for outlets to reject these waters ,

for this we diagnosed the existing network, where we found it under-sizing, there we explored the possibility of three variants of study include :

- unit network with circular concrete pipes;
- unit network with galleries;
- sanitary network with gutters.

After comparing the results, we opted for the sanitary sewer in gutters because it is the best variant technically and economically.

Keywords : Flood , diagnostic , network , variant , sanitary ,unit , storm ,gutters .

Liste des figures

Figure I.1: Plan de situation de la zone d'étude (Carte d'état- major).....	03
Figure II.1: Ajustement à la loi de Gumble.....	16
Figure II.2: Ajustement à la loi de Galton.....	18
Figure III.1 : Délimitation des sous-bassins.....	25
Figure V.1: Schéma de principe d'un réseau unitaire.....	43
Figure V.2: Schéma de principe d'un réseau séparatif.....	44
Figure V.3: Schéma de principe d'un réseau pseudo-séparatif.....	44
Figure V.4: Schéma des types de réseaux.....	47
Figure V.5 : Tracé en plan du réseau existant.....	48
Figure VI.1: Le cheminement de la 1ère galerie.....	59
Figure VI.2: Le cheminement de la 2ème galerie.....	59
Figure VI.3 : Tracé en plan des caniveaux.....	62
Figure VI.3: Le cheminement des caniveaux (1ère partie).....	63
Figure VI.4: Le cheminement des caniveaux (2ème partie).....	63
Figure VII.1: Exemples de collecteurs visitables.....	69
Figure VII.2: Exemples de caniveaux.....	74
Figure VII.3: Schéma de principe du déversoir d'orage.....	75
Figure VII.4: Exemple de déversoir d'orage.....	76
Figure VII.5: Exemples de déversoir frontal.....	77
Figure VII.6: Exemple de déversoir a seuil simple.....	78
Figure VII.7: Exemple de déversoir à seuil double.....	79
Figure VII.8: Graphe de la hauteur de la pluie en fonction du temps.....	84
Figure VIII.1: Puisard dans une poste de relevage.....	88

Figure VIII.2: Pompe centrifuge.....	90
Figure VIII.3: Exemple de la courbe caractéristique d'une pompe son point de fonctionnement.....	91
Figure VIII.4: Exemple d'une pompe volumétrique (à piston).....	93
Figure VIII.5: Le domaine d'utilisation des pompes suivant le débit et les pressions.....	94
Figure VIII.6: La pompe FLYGT 3400 choisie (à gauche lors de fonctionnement).....	99
Figure VIII.7: Les plages de performances de la gamme de produits FLYGT.....	101
Figure VIII.8: Les courbes caractéristiques de la conduite et des pompes.....	100
Figure VIII.9: Enveloppe piézométrique extrême.....	105
Figure IX.1: Coupe verticale d'un caniveau ayant une largeur dépassant 0.5m.....	109
Figure IX.2: Coupe verticale d'un caniveau ayant une largeur inférieur à 0.5 m.....	110

Listes Tableaux

Tableau N° I.1 : Températures moyennes mensuelles.....	04
Tableau N° I.2 : Humidités moyennes mensuelles.....	05
Tableau N° I.3 : Vitesses moyennes mensuelles des vents.....	05
Tableau N°I.4 : Répartition mensuelles de la pluviométrie moyenne de la série pluviométrique (1980-2009) station expérimentale du Barrage d’El Hamiz.....	05
Tableau N° I.5 : Evaluation de la population.....	06
Tableau N° I.6 : Etablissements scolaires.....	07
Tableau N° I.7 : Etablissements sanitaires.....	07
Tableau N° I.8 : Etablissements Socioculturels et sportifs.....	08
Tableau N° I.9 : Etablissements administratifs.....	08
Tableau N° I.10 : Etablissements commerciaux.....	08
Tableau N°II.1 : Récapitulation des caractéristiques statistiques.....	13
Tableau N°II.2 : Les paramètres de l’ajustement selon la loi de Gumbel.....	15
Tableau N°II.3 :Pluies journalières maximales fréquentielles.....	15
Tableau N°II.4 : Les paramètres de l’ajustement selon la loi de GALTON.....	17
Tableau N°II.5 : Pluies journalières maximales fréquentielles.....	17
Tableau N°II.6 : Test d’adéquation de Khi-Deux sur la loi de Gumbel.....	20
Tableau N°II.7 : Test d’adéquation de Khi-Deux sur la loi de Galton.....	21
Tableau N°II.8 : Intensités maximales.....	22
Tableau N° III.1 : Coefficient de ruissellement suivant des catégories d’urbanisations	27
Tableau N° III.2 : Coefficient de ruissellement suivant la densité de la population.....	27
Tableau N° III.3 : Coefficient de ruissellement de chaque sous bassin.....	28
Tableau N° III.4 : Les formules de raccordement des bassins.....	30
Tableau N° III.5 :Evaluation des débits actuels des eaux pluviales.....	31
Tableau N° III.6 : Evaluation des débits des eaux pluviales pour l’horizon futur.....	31
Tableau N° IV.1 : Détermination des besoins domestique.....	34

Tableau N° IV.2 : Détermination des besoins des équipements.....	34
Tableau N° IV.3 : Récapitulatif de la consommation moyenne totale.....	35
Tableau N° IV.4 : Estimation des eaux usées de pointe.....	39
Tableau N°V.1 : Avantages et inconvénients des différents systèmes.....	45
Tableau N° VI.1 : Récapitulatifs des résultats obtenus pour le collecteur principal (A)	55
Tableau N°VI.2 : Récapitulatifs des résultats obtenus pour le collecteur secondaire (B).....	56
Tableau N° VI.3 : Récapitulatifs des résultats obtenus pour le collecteur secondaire (C).....	55
Tableau N°VI.4 : Récapitulatifs des résultats obtenus pour le collecteur secondaire (D)	56
Tableau N° VI.5 : Récapitulatif de dimensionnement du collecteur principal (A).....	58
Tableau N° VI.6 : Tableau récapitulatif des galeries.....	62
Tableau N° VI.7 : Tableau récapitulatif des caniveaux.....	64
Tableau N° VII .1 : Les dimensions d'un regard.....	72
Tableau N° VII .2 : Les formules utilisées pour le dimensionnement de déversoir.....	79
Tableau N° VII .3 : Résultats des différents débits.....	80
Tableau N°VII .4 : Caractéristiques de la conduite de sortie.....	81
Tableau N° VII .5 : Récapitulatif de dimensionnement de déversoir d'orage.....	81
Tableau N°VIII.1 : Résultats de l'application de la formule Bonin Brest.....	97
Tableau N°VIII.2 : Récapitulation des résultats géométriques, et les débits refoulés...	97
Tableau N°VIII.3 : Récapitulation de pertes de charges, puissance de la pompe et H_{Mt}	99
Tableau N°VIII.4 : Nombre de pompes en marche en fonction de la hauteur d'eau.....	101
Tableau N°VIII.5 : Les pompes fonctionnelles en fonction de la hauteur d'eau (cas n°1).....	101
Tableau N°VIII.6 : Les pompes fonctionnelles en fonction de la hauteur d'eau (cas n°2).....	101
Tableau N°VIII.7 : Les pompes fonctionnelles en fonction de la hauteur d'eau (cas n°3).....	101

Tableau N°VIII.8: les pompes fonctionnelles en fonction de la hauteur d'eau (cas n°4).....	102
Tableau N°VIII.9 : Les pompes fonctionnelles en fonction de la hauteur d'eau (cas n°5).....	102
Tableau IX.1 : Devis quantitatif et estimatif des caniveaux.....	111
Tableau IX.2 : Devis quantitatif et estimatif du puisard.....	112
Tableau IX.3 : Devis quantitatif et estimatif des autres équipements du poste de relevage.....	113
Tableau IX.4 : Estimation du coût totale du projet.....	113

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre I : Présentation de la zone d'étude	2
I.1-Introduction.....	2
I.2-Situation géographique.....	2
I.3-Topographie de la zone d'étude.....	3
I.4-Géologie de la zone d'étude.....	3
I.5-Sismicité de la zone d'étude.....	4
I.6-Climat de la zone d'étude.....	4
I.7-Situation démographique.....	6
Conclusion.....	9
Chapitre II : Détermination de l'intensité de la pluie	10
II.1-Introduction.....	10
II.2-Choix de la période de retour.....	10
II.3-Calcul de l'intensité.....	10
II.3.1- Présentation de la série pluviométrique.....	11
II.3.2-Homoginité de la série pluviométrique.....	11
II.3.3-Analyse statistique des données pluviométriques.....	12
II.3.4- Choix de la loi d'ajustement.....	13
II.3.5- Comparaison des résultats entre (loi de Gumbel et Galton).....	18
II.3.6-Calcul de l'intensité maximale de courte durée.....	22
II.3.7-Choix de l'intensité maximale.....	22
Conclusion.....	23
Chapitre III : Estimation du débit des eaux pluviales	24
III.1-Introduction.....	24

III.2-Notion de bassin versant.....	24
III.3-Délimitation des sous bassins.....	24
III.4-Les méthodes utilisées pour l'estimation des eaux pluviales.....	25
III.5- Choix de la méthode.....	30
III.6-Calcul du débit des eaux pluviales.....	31
Conclusion.....	32
Chapitre IV : Calcul du débit des eaux usées.....	33
IV.1-Introduction.....	33
IV.2-Estimation des besoins en eau.....	33
IV.3-Notion d'équivalent habitant.....	35
IV.4-Densité d'occupation du sol.....	36
IV.5-Evaluation des eaux usées.....	36
Conclusion.....	40
Chapitre V : Choix du tracé.....	41
V.1-Introduction.....	41
V.2-Différents systèmes du réseau d'assainissement.....	41
V.3- Choix du système d'évacuation.....	46
V.4-Différents schémas d'évacuation.....	46
V.5- Conception du réseau d'assainissement.....	48
V.6-Principe du tracé du réseau.....	49
Conclusion	
Chapitre VI : Dimensionnement du réseau d'assainissement.....	50
VI.1-Introduction.....	50
VI.2-Condition d'écoulement et de dimensionnement.....	50

VI.3-Mode de calcul.....	51
VI.4-Vérification de la capacité du réseau existant.....	54
VI.5-Présentation des variantes étudiées.....	57
Conclusion.....	65
Chapitre VII : Eléments constitutifs du réseau.....	66
VII.1-Introduction.....	66
VII.2-Ouvrages principaux.....	66
VII.3-Ouvrages annexes.....	69
VII.3.1-Ouvrages normaux.....	70
VII.3.2-Ouvrages spéciaux.....	74
Conclusion.....	86
Chapitre VIII : Poste de relevage.....	87
VIII.1-Introduction.....	87
VIII.2-Les éléments constitutifs du poste de relevage.....	87
VIII.3-La hauteur manométrique et la puissance de la pompe.....	96
VIII.4-Récapitulatif des résultats.....	97
VIII.5-Choix et caractéristique des pompes.....	98
VIII.6-Automatisation des postes de relevage.....	100
VIII.7 -Protection de la conduite contre le coup de bélier.....	102
Conclusion.....	105
Chapitre XI : Etude technico-économique.....	106
XI.1-Introduction.....	106
XI.2-Type de réseau à réaliser.....	106

XI.3- Description des travaux.....	106
XI.4-Mode de calcul du devis quantitatif.....	106
IX.5- Devis estimatif et quantitatif.....	111
Conclusion.....	114
Conclusion générale	115

Références bibliographiques

Annexes

Introduction générale

L'assainissement des agglomérations, a pour objet d'assurer l'évacuation de l'ensemble des eaux pluviales et usées ainsi que leur rejet dans les exutoires naturels sous des modes compatibles avec les exigences de la santé publique et de l'environnement.

Actuellement, ce processus est parvenu à un point si critique qu'il doit être efficacement combattu. Si la plus part des collectivités ont un réseau d'eau potable, les taux de collecte et de dépollution sont beaucoup plus faibles.

L'assainissement revêt donc des aspects très complexes, à la fois techniques, sanitaires, écologiques, législatifs et économiques. Donc les préoccupations actuelles sont :

- ✓ Une maîtrise des fonctionnements des systèmes d'assainissement et de traitement qui doivent être perçue dans leur ensemble.
- ✓ Une maîtrise des pollutions domestiques et industrielles générées dans le temps et dans l'espace.

La nouvelle démarche consiste donc à aborder les problèmes dans leur ensemble en étudiant de façon permanente les relations entre le fonctionnement du système d'assainissement et le comportement du milieu récepteur.

On rappelle que chaque système d'assainissement est un cas particulier, cependant le développement rapide de la population en milieu urbain ainsi que l'évolution du mode de vie entraînent un accroissement rapide des structures urbaines parfois anarchique. Ce dernier constitue des difficultés majeures rencontrées très souvent en Algérie dans la réalisation des réseaux d'assainissement.

La commune de Bordj El kiffan est compétemment urbanisée, ainsi que c'est une zone inondable caractérisé par sa topographie basse (située presque au même niveau de la mer), son réseau d'assainissement actuel est profond ce qui donne après chaque averse une stagnation des eaux pluviales dans la ville

Le but de ce mémoire est de proposer une solution du problème d'inondation répétitives dans les zones Bateau casée, domaine Ali Sadek, Stamboul, de trouver un exutoire pour le rejet des eaux usées et pluviale et d'obtenir un réseau d'assainissement sur et fiables quel que soit le type de changement dans la quantité et la qualité des rejets.

Chapitre I

Présentation de la zone d'étude

I.1-Introduction

La connaissance du site constitue un volet très important et prépondérant dans le choix futur de la variante d'aménagement hydraulique de la commune de Bordj El Kiffan. Cette étude consiste à analyser les caractéristiques physiques de la commune (relief, climat, géologie....etc.)

I.2-Situation géographique

La zone d'étude est composée des quartiers : Bateau cassé, Stamboul et le domaine Ali Sadek, qui font partie de la commune Est de Bordj El Kiffan, ainsi ils sont situés sur le littoral longeant la côte Est d'Alger.

Il y a lieu de signaler que la ville de Bordj El Kiffan anciennement Fort-de-l 'Eau pendant la période coloniale est une commune de la wilaya d'Alger

Bordj El Kiffan est située à environ 15 km à l'est d'Alger, elle est limitée :

- Au Nord par la commune de Bordj El Bahri ;
- A l'Est par la commune de Rouïba ;
- A l'Ouest par la Mer Méditerranée ;
- Au Sud par la commune de Dar El Beida ;

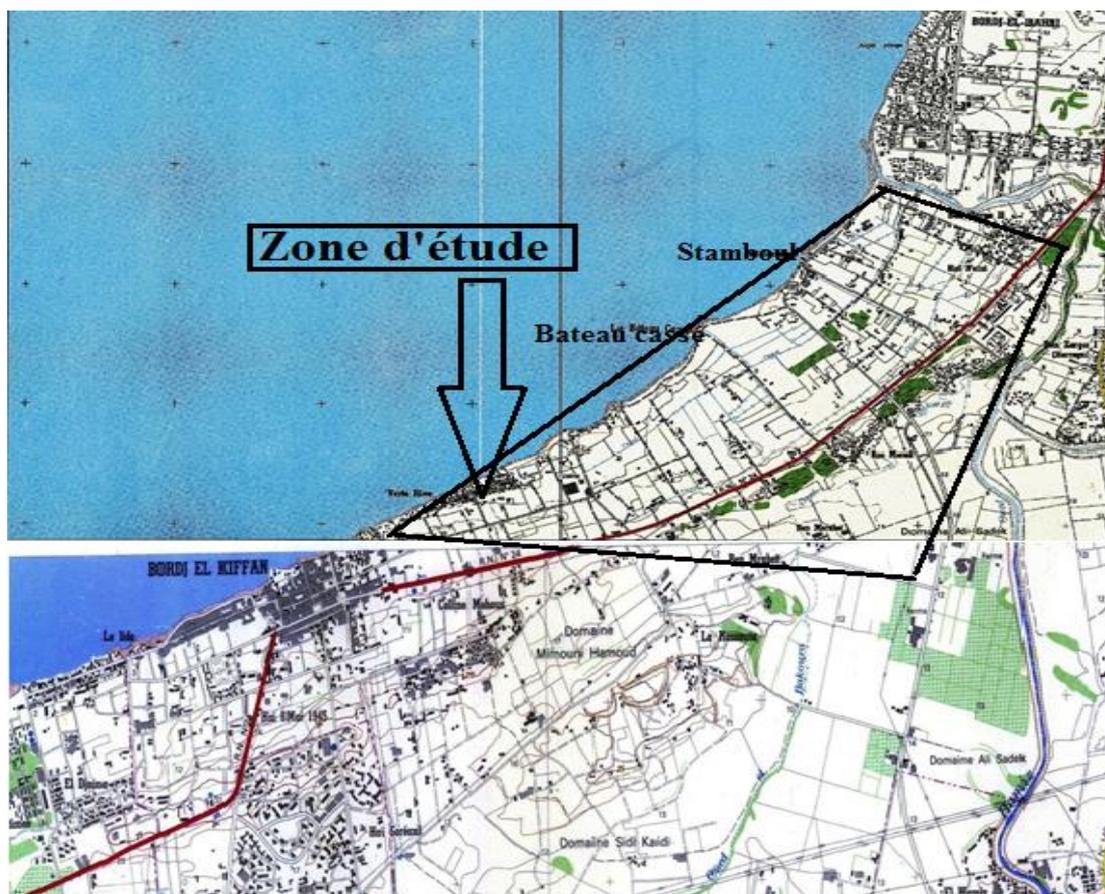


Figure I.1: Plan de situation de la zone d'étude (Carte d'état-major)

I.3-Topographie de la zone d'étude

La région concernée par notre étude constituée de plaines et de collines du Sahel algérois, avec un terrain généralement plat mis à part quelques hauteurs au niveau du domaine Ali Sadek. Les côtes de notre zone d'étude varient entre 4m et 17m NGA, qui donnent un terrain par fois accidenté mais avec des pentes considérablement faibles.

I.4-Géologie de la zone d'étude

Les terres de l'Est de Mitidja se composent principalement de matériaux alluviaux grossiers, à savoir des graviers et des galets et des limons ou argiles en quantités variables. Des variations de granulométries considérables se produisent dans le sens vertical. Les alluvions de cette formation proviennent principalement de l'Atlas dont l'épaisseur moyenne varie entre 100 m à 150 m).

La formation perd de son épaisseur en traversant le piémont en direction de son contact avec l'Atlas et vers le nord dans la Baie d'Alger où elle se trouve reliée à la

mer en traversant des dépôts dunaires et les sédiments marin leur étant associés (Bennie et Partners 1982).

I.5- Sismicité de la zone d'étude

Alger est une zone sismique sensible, menacée par plusieurs failles (Khaïr al Dine, Zemmouri, Sahel, Chenoua, Blida, Thenia).

Depuis le tremblement de terre du 29 Octobre 1989, cette région est étudiée avec attention et, la carte des isoséistes montre que tout le Sahel d'Est en Ouest possède une forte magnitude. Donc notre zone d'étude se trouve dans la zone territoriale où l'intensité sismique est non négligeable, car elle se situe au-dessus de la faille tectonique qui sépare le continent Africain du continent Européen.

I.6-Climat de la zone d'étude

Le climat se définit comme étant l'ensemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent l'état de l'atmosphère et de son évolution en un lieu donné.

Bordj El Kiffan à un climat méditerranéen qui se caractérise principalement par l'alternance d'une saison chaude et sèche, ainsi qu'une saison froide et humide.

I.6.1- Température

Le climat est caractérisé par des étés chauds et des hivers doux. Durant les saisons froides, la température minimale absolue est de 5,3°C, tandis que pour les saisons chaudes, la température maximale absolue varie entre 29,1 à 32,6°C.

La distribution de la température durant l'année apparaît dans le tableau N°01 :

Tableau N° I.1 : Températures moyennes mensuelles.

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Annuel
T _{max}	17,4	17,7	20,1	21,8	24,7	29,1	31,5	32,6	29,6	26,5	20,9	18,2	24,2
T _{moy}	11,7	11,5	13,5	15,2	18,7	22,8	25,2	26,5	23,7	20,4	15,4	12,7	18,1
T _{min}	6,1	5,3	7,0	8,6	12,6	16,4	18,9	20,4	17,6	14,2	9,9	7,2	12,1

Source : [ONM]

I.6.2- Humidité

L'humidité de l'air est donnée par le tableau suivant :

Tableau N° I.2 : Humidités moyennes mensuelles

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Annuel
Hum(%)	78	81	76	75	76	71	70	69	72	74	78	79	75

Source : [ONM]

I.6.3- Les vents

Le vent est un des éléments les plus caractéristiques du climat, malheureusement il est un de ceux dont l'observation et l'étude rencontre le plus de difficultés. Dans la région étudiée on ne possède pas de stations anémométriques. La station météorologique de Dar El Beida est la plus proche. Le tableau ci-dessous donne les vitesses moyennes des vents..

Tableau N° I.3 : Vitesses moyennes mensuelles des vents.

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Annuel
V(m/s)	2,5	2,1	2,2	2,7	2,7	2,8	2,7	2,4	2,5	2,0	2,5	2,5	2,5

Source : [ONM]

Les directions dominantes des vents sont celles de l'Ouest au Nord-est, les vitesses moyennes sont de 2,5m/s environ sans grande variation d'un mois à l'autre

I.6.4- Pluviométrie

Dans la zone d'étude, il existe une seule station pluviométrique de (code 020602). Elle est située au barrage d'El Hamiz avec les coordonnées suivantes :

X=558550 m

Y=367400 m

Z=130 m

On remarque que le mois le plus pluvieux est décembre avec une précipitation moyenne de 120,23mm, par contre le mois ou on enregistre le moins de pluies c'est le mois de juillet avec une précipitation de 2,85mm.

Tableau N° I.4 : Répartition mensuelles de la pluviométrie moyenne de la série pluviométrique (1980-2009) station expérimentale du Barrage d'El Hamiz.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------

P(mm)	36,97	53,42	93,5	120,23	94,8	80,31	62,41	66,6	48,45	9,4	2,85	5,21
-------	-------	-------	------	---------------	------	-------	-------	------	-------	-----	-------------	------

Source : [ANRH]

I.7- Situation démographique

L'étude démographique d'une agglomération est primordiale, elle nous permet de visualiser l'évaluation de la population au cours des années passées, ainsi qu'à l'horizon futur.

I.7.1- Evaluation de la population

En **2008**, la population de la ville Bordj El Kiffan a été estimée à **151950 habitants**, les prévisions seront établies pour l'horizon **2053 (Source APC)**.

Nous pouvons avoir une idée approchée sur la population future de la ville de Bordj El Kiffan par l'application de la relation suivante :

$$p_n = p_0 (1 + \alpha)^n$$

Avec,

P_n : population future prise à l'horizon 2053 ;

P₀ : population de l'année de référence (2008) ;

α : taux d'accroissement annuel de la population ; On prend le taux d'accroissement d'Alger, **α = 1,8 %**.

N : nombres d'années séparant l'année de référence (2008) de l'horizon considéré (2053).

Le tableau suivant présente le nombre d'habitants pour les différents horizons :

Tableau N° I.5 : Evaluation de la population.

Année	Evaluation de la population [hab.]
2008	151950
2013	166127
2053	339118

I.7.2- Catégories des Equipements

Les équipements à Bordj El Kiffan peuvent être catégorisables comme suit :

- Equipements scolaires ;
- Equipements sanitaires ;

- Equipements socioculturels et sportifs ;
- Equipements administratifs ;
- Equipements commerciaux ;

a. Les Equipements scolaires

Le tableau ci-dessous, résume les établissements scolaires ainsi que l'effectif dans chaque type d'établissement :

Tableau N° I.6 : Etablissements scolaires

Nature de l'établissement	Nombre	Type d'unité	Nombre d'unité
Crèche	8	Enfant	640
Ecoles primaires	38	élève	14485
CEM	12	élève	13235
Lycée	5	élève	3038
Centre de formation	1	étudiant	750

Source : [ONS et APC]

b. Les Equipements sanitaires

Le tableau ci-dessous résume les établissements sanitaires ainsi que leurs capacités d'accueil journalières :

Tableau N° I.7: Etablissements sanitaires

Nature de l'établissement	Nombre	Type d'unité	Nombre d'unités
Salle de soin	2	Patient	20
Polyclinique	3	Lit	30

Source : [ONS et APC]

c. Les Equipements Socioculturels et sportifs

Le tableau ci-dessous résume les établissements Socioculturels et sportifs

Tableau N° I.8 : Etablissements Socioculturels et sportifs

Désignation	Nombre	Type d'unité	Nombre d'unités
Mosquées	23	Fidèle	34500
Ecoles coranique	13	élève	650
Musée	1	m ²	200
Bibliothèques	3	Adhérent	300
Salle de cinéma	2	Télespectateur	200
Centre culturel	1	Adhérent	150
Salle de sport	1	Sportif	150

Source : [ONS et APC]

d. Les Equipements administratifs

Le tableau suivant résume les équipements administratifs présents à Bordj El Kiffan et l'effectif (employé) dans chaque type d'équipement :

Tableau N° I.9 : Etablissements administratifs.

Nature de l'établissement	Nombre	Nombre d'employés
Antenne administratifs	5	250
Bureau de poste	3	90

Source : [ONS et APC]

e. Les Equipements commerciaux

Le tableau suivant résume les équipements commerciaux présents à Bordj El Kiffan

Tableau N° I.10 : Etablissements commerciaux.

Type de besoins	Nombre	Type d'unité	Nombre d'unités
Hôtel	5	Lit	569

Marchés	2	m ²	1500
Commerce privé	79	m ²	790

Source : [ONS et APC]

Conclusion

La Présentation du site d'étude est une étape primordiale pour la connaissance pertinente de tous les détails météorologiques, topographiques, démographique, ainsi que le mode de vie des habitants ect. Aucun détails n'est négligeable afin d'affiner l'étude.

On peut conclure que le site d'étude est caractérisé par :

- Un terrain à très faible pente ce qui n'est pas favorable à la réalisation d'un réseau d'assainissement.
- Un accroissement important et anarchique de la population.
- Des pluies importantes (le débit des eaux pluviales important).

Chapitre II

Détermination de l'intensité de la pluie

II.1- Introduction

Pour l'analyse et le contrôle des phénomènes de ruissellement des eaux pluviales en zones urbaines, il faut faire appel à une étude hydrologique rigoureuse qui permettra l'estimation des débits de ruissellement pour une période de retour choisie.

Les données hydrologiques prises en considération dans les projets d'assainissement sont celles des averses.

Les averses sont constituées par l'ensemble des pluies associées à une même perturbation météorologique dont la durée, peut varier de quelques minutes à plusieurs dizaines d'heures.

II.2-Choix de la période de retour

La période de retour de suffisance du réseau d'assainissement est le résultat d'un compromis entre le coût de sa construction et celui de son entretien. Elle est généralement prise égale à 10 ans, cette période est prise comme base de calcul.

II.3- Calcul de l'intensité

Une averse est définie comme un épisode pluvieux continu, pouvant avoir plusieurs pointes d'intensité, L'intensité moyenne d'une averse s'exprime par le rapport entre la hauteur de pluie observée et la durée t de l'averse :

$$i_m = \frac{h}{t} \quad i_m : \text{Est l'intensité moyenne de la pluie (mm/h)}$$

Au cours d'une même averse, l'intensité des précipitations varie à chaque instant suivant les caractéristiques météorologiques de celle-ci, Plutôt que de considérer l'averse entière et son intensité moyenne, on peut 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,

$$i_{\max} = \frac{h_{\max}}{t} \quad i_{\max} : \text{est l'intensité maximale de la pluie (mm/h)}$$

Cette notion d'averse est très importante en milieu urbain pour la détermination des débits des eaux pluviales et des petits bassins versants pour l'évaluation des débits de crues.

Pour le calcul de l'intensité, on doit :

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

II.3.1- Présentation de la série pluviométrique

Les données pluviométriques ont été prélevées de la station de Hamiz Barrage et fournies par l'ARNH d'Alger.

Les coordonnées Lambert de la station sont :

$X = 558550\text{m}$, $Y = 367400\text{ m}$ et $Z = 130\text{ m}$ Code de la station : 020602.

Notre série pluviométrique est constituée de 102 valeurs de précipitation maximales journalières allant de 1907 jusqu'à 2009 (Annexe I.1).

Par ces données pluviométriques, on procède au calcul de l'intensité maximale de précipitation pour une durée "T" et de fréquence "F".

Donc il faudra :

- Analyser les données pluviométriques et faire le choix du type de la loi à laquelle s'ajuste nos valeurs.
- Calculer les quantiles à partir de la loi choisie et l'intervalle de confiance.
- Calculer la valeur de l'intensité moyenne de précipitation.

II.3.2- Homogénéité de la série pluviométrique

Une étude statistique d'une série représentant un événement permet de mieux le connaître et de faire des prévisions liées à ce phénomène. Toutefois, avant de procéder à l'étude statistique d'une série pluviométrique. La condition principale est l'Homogénéité de cette dernière, c'est-à-dire que tous les éléments de cette série proviennent de la même population. Plusieurs tests existent pour savoir si une série est homogène ou pas, parmi ces tests, il y a le test de Wilcoxon.

Le test d'homogénéité de Wilcoxon est un test non paramétrique qui utilise la série des rangs au lieu de la série d'observations. Ce test peut être appliqué comme suit :

- Deviser l'échantillon en deux sous échantillons X, Y de taille respective N_1 , N_2 Avec : $N_1 < N_2$ et $(N_1 + N_2 = N)$;
- Classer l'échantillon (X U Y) par ordre croissant en associant un rang à chaque valeur.
- Déterminer l'origine de chaque valeur de (X U Y) ;
- Calculer : $W_x = \sum \text{rang}(x)$.

- Calculer W_{\min} et W_{\max}

$$W_{\min} = \frac{(N_1 + N_2 + 1)N_1 - 1}{2} - Z_1 - \frac{\alpha}{2} \sqrt{\frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12}}$$

$$W_{\max} = (N_1 + N_2 + 1)N_1 - W_{\min}$$

- Vérifier que : $W_{\min} \leq W_X \leq W_{\max}$

Les paramètres calculés du test de Wilcoxon sont présentés sous forme de tableau (Annexe I.2)

- $W_x = \sum \text{rang}(x) = 2416$

$$\begin{aligned} \text{➤ } W_{\min} &= \frac{(N_1 + N_2 + 1)N_1 - 1}{2} - Z_1 - \frac{\alpha}{2} \sqrt{\frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12}} \\ &= \frac{(48+54+1) \times 48 - 1}{2} - 1,96 \sqrt{\frac{48 \times 54 \times (48+54+1)}{12}} = 2179,15 \end{aligned}$$

- $W_{\max} = (N_1 + N_2 + 1) \cdot N_1 - W_{\min}$

$$= (54+48+1) \cdot 48 - 2179,15 = 2620,85$$

$$W_{\min} = 2179,15 \leq W_X = 2416 \leq W_{\max} = 2620,85$$

La condition étant vérifiée, on peut conclure que la série est homogène.

II.3.3-Analyse statistique des données pluviométriques

L'analyse statistique des données pluviométrique consiste à calculer les caractéristiques empiriques d'un échantillon observé (Pluies maximales journalières).

- La moyenne de précipitation maximale journalière (\bar{X})

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n X_j}{N}$$

X_j : hauteur des pluies maximales journalières en (mm); N : taille de l'échantillon et \bar{X} : pluies journalières maximales interannuelles en (mm).

- Ecart type " σ "

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i)^2 - N \bar{X}^2}{N - 1}}$$

- Coefficient de variation :

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{X}}$$

On récapitule ces caractéristiques dans le tableau suivant :

Tableau N°II.1 : Récapitulation des caractéristiques statistiques

Caractéristiques statistiques	Résultats
Taille de l'échantillon	102,00
La moyenne	65,62
L'écart type	25,25
Coefficient de variation	0,38

II.3.4- Choix de la loi d'ajustement

Les lois d'ajustement sont nombreuses et ne peuvent être appliquées à un échantillon que si les conditions homogénéité - stationnarité sont réunies.

- loi de Galton ou loi log normale.
- Loi de Gumbel.

Les critères de choix d'une loi sont liés à un ajustement graphique d'abord et ensuite à un test de dispersion. L'allure des points sur du papier à probabilité permet à prime abord d'accepter ou de rejeter la loi (Toute sinuosité, mauvaise courbure ou cassure de pente est considérée comme un mauvais ajustement).

a- Ajustement des pluies journalières maximales à une loi de Gumbel

Cette loi a une fonction de répartition qui s'exprime selon la formule suivante :

$$F(x) = e^{-e^{-y}}$$

Tel que : $y = a (X - X_0)$

Avec, y : variable réduite de Gumbel ; X : Précipitation maximale journalière (mm) et X_0 : ordonnée à l'origine en (mm).

On peut écrire : $y_i = - \ln (- \ln (F (X_i)))$

Avant de procéder à l'ajustement, il faut suivre les étapes suivantes :

- Classer les valeurs des précipitations par ordre croissant avec attribution d'un rang 1, 2, 3,m.
- Calculer pour chaque valeur de précipitation la fréquence expérimentale par la formule de Hazen :

$$F(x) = \frac{m - 0,5}{n}$$

Où, m : rang de précipitation et n : nombre d'observations.

- Calculer la variable réduite de Gumbel donnée par la formule suivante :

$$y_i = - \ln (-\ln(F(X_i)))$$

- Calculer les paramètres d'ajustement « a » et « X₀ ».
- Représenter graphiquement les couples (X_i, y_i) sur papier Gumbel.

• Calcul des paramètres de l'ajustement de la loi de Gumbel

$$\bar{X} = (1/a) \bar{y} + X_0$$

Avec, $\frac{1}{a} = \left(\frac{\sqrt{6}}{\pi} \right) \sigma_x$

où, (1/a) : la pente de la droite de Gumbel

$$\frac{1}{a} = \left(\frac{\sqrt{6}}{\pi} \right) \sigma_x = 0,78*(25,25) = 19,70$$

$$1/a=19,70$$

Et X₀ représente l'ordonnée à l'origine

$$X_0 = \bar{X} - \frac{1}{a} \bar{y}$$

\bar{y} : Moyenne de la variable réduite de Gumbel :

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^{N=102} y_i}{N} = 0,575 \text{ mm}$$

$$\text{Ecart type} = \sigma_y = \sqrt{\frac{\sum (y_i)^2 - N\bar{y}^2}{N-1}} = 1,27$$

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{y}} = \frac{1,27}{0,575} = 2,20$$

$$X_0 = 65,62 - 19,70*(0,575) = 54,30$$

Donc la droite de Gumbel devient : $X = 19,70 y + 54,30$

D'où : $P_{\max,j} = 19,70 y + 54,30$

Tableau N°II.2 : Les paramètres de l'ajustement selon la loi de Gumbel

Caractéristiques statistiques	Série	
	X	Y
Moyenne	65,73	0,575
Ecart type	25,36	1,27
Coefficient de variation	0,38	2,20
Droite d'ajustement	$P_{\max,j} = 19,70 y + 54,30$	

Les résultats de l'ajustement de la loi de Gumbel sont présentés sous forme de tableau (Annexe I.3).

Le tableau ci-dessous représente l'estimation de la pluie journalière maximale fréquentielle pour différent période de retour suivant la loi de Gumbel.

Tableau N°II.3 : Pluies journalières maximales fréquentielles

Période de retour (an)	Fréquence au non dépassement(%)	Variable réduite de Gumbel	Pluie journalière maximale fréquentielle (mm)
2	50	0,36	61,481
10	90	2,25	98,592
20	95	2,97	112,772
50	98	3,90	131,126
100	99	4,60	144,881

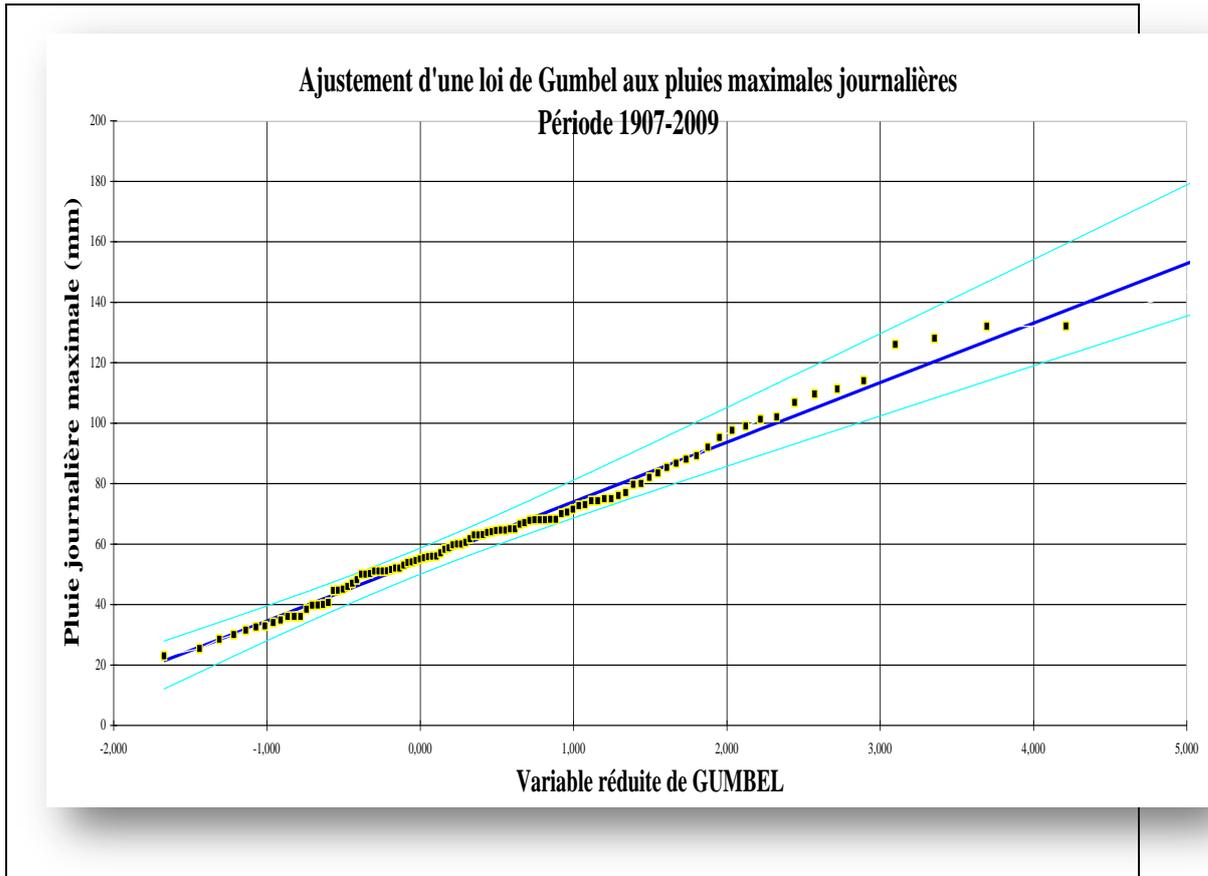


Figure N°II.1 : Ajustement à la loi de Gumbel

D'après le graphe on remarque que la droite d'ajustement passe par le maximum des points expérimentaux mis à part quelques points qui sont un peu éloignés de notre droite, mais ils ne dépassent pas les lignes de l'intervalle de confiance.

Donc on peut dire que notre échantillon s'ajuste à la loi de Gumbel, mais il reste à vérifier cela par un test d'adéquation (Khi-Deux).

b- ajustement des pluies journalières maximales à une loi de Galton (Log-Normal)

La loi de Galton a une fonction de répartition qui s'exprime selon la formule suivante :

$$F(X) = \frac{1}{\sqrt{2\Pi}} \int_u^{+\infty} e^{-\frac{1}{2}u^2} du$$

Où : $u = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma_x}$ (variable réduite de Gauss)

L'équation de la droite de Galton est la suivante :

$$\text{Log } X = \overline{\text{Log } X} + \sigma \text{Log } u$$

Tableau N°II.4 : Les paramètres de l'ajustement selon la loi de GALTON

Caractéristiques statistiques	Résultats
Moyenne	4,11
Ecart type	0,38
Coefficient de variation	0,090
L'équation de la droite de Galton	$P_{\max,j} = 10^{4,11+0,38(u)}$

Les résultats de l'ajustement de la loi de Galton sont présentés sous forme de tableau (Annexe I.4).

Le tableau ci-dessous représente l'estimation de la pluie journalière maximale fréquentielle pour différent période de retour suivant la loi de Galton.

Tableau N°II.5 : Pluies journalières maximales fréquentielles

Période de retour (an)	Fréquence au non dépassement (%)	Pluie journalière maximale fréquentielle (mm)
2	0,5	61,16
10	0,9	99,45
20	0,95	114,14
50	0,98	133,28
100	0,99	147,80

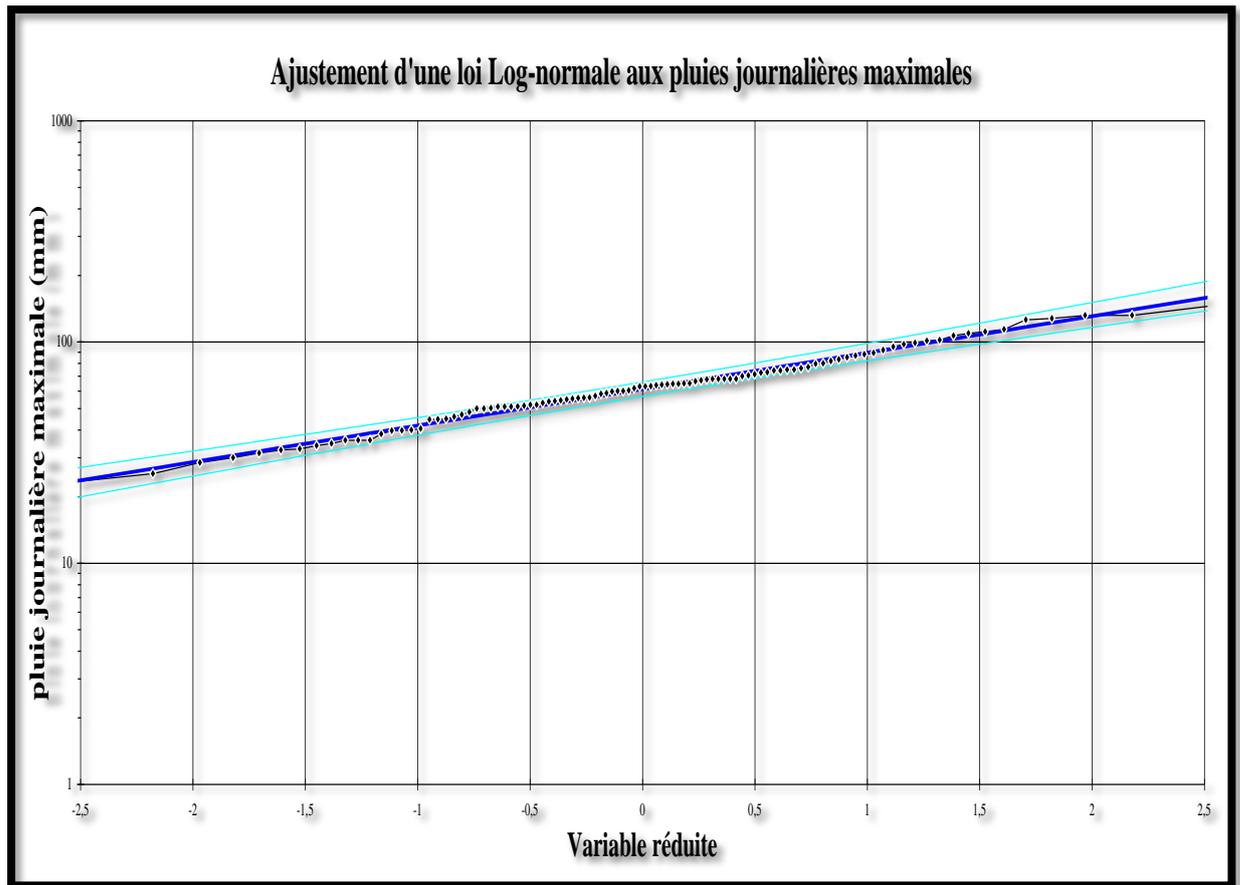


Figure N°III.2 : Ajustement à la loi de Galton.

D'après le graphe, on remarque que la droite d'ajustement passe par le maximum des points expérimentaux mis à part quelques points qui sont un peu éloignés de notre droite, mais ils ne dépassent pas les lignes de l'intervalle de confiance.

Donc nous pouvons dire que notre échantillon s'ajuste à la loi de Galton, mais il reste à vérifier cela par un test d'adéquation (Khi-Deux).

II.3.5- Comparaison des résultats entre (loi de Gumbel et Galton)

Pour pouvoir comparer entre les résultats des deux lois que nous avons utilisé (loi de Gumbel et Galton), il nous faut un test d'adéquation qui s'appelle Test du χ^2 (Khi-deux).

Ce test permet de juger la qualité de l'ajustement d'une distribution théorique à une distribution expérimentale.

La procédure d'utilisation de ce test est la suivante :

- On divise l'intervalle de variation en k classes de façon que chacune d'elles contienne au minimum 5 données expérimentales (généralement, on s'abstient d'analyser des échantillons de moins de 10 valeurs).
- On détermine la fréquence absolue observée ou l'effectif de chaque classe : $f_{o1}, f_{o2}, \dots, f_{ok}$ avec $\sum f_{oi} = N$; $N =$ taille de l'échantillon.
- On peut obtenir les fréquences théoriques : $f_{t1} = N.p_1, f_{t2} = N.p_2, \dots, f_{tk} = N.p_k$ où p_i représente la probabilité que la variable étudiée prenne une valeur appartenant à la classe i .
- Pour évaluer l'ampleur de l'écart entre les fréquences absolues observées et les fréquences théoriques f_{ti} obtenues à partir de la loi théorique que l'on suppose adéquate, on utilise la quantité :

$$\chi^2 = (f_{o1}-f_{t1})/f_{t1} + (f_{o2}-f_{t2})/f_{t2} + \dots + (f_{ok}-f_{tk})/f_{tk} = \sum (f_{oi}-f_{ti})^2/f_{ti}$$

- Une fois le χ_e^2 relatif à notre échantillon déterminé, on le compare au $\chi_{v,\alpha}^2$ donné par la table pour un degré de liberté connu v et une probabilité au dépassement α (seuil de signification fixé à l'avance, par exemple, $FD = \alpha = 0.05$).
- Deux cas peuvent se poser :
 - si χ_e^2 est plus petit que $\chi_{v,\alpha}^2$, l'on accepte l'hypothèse que le phénomène étudié suit la distribution théorique choisie et que les écarts entre les fréquences observées et les fréquences théoriques ne sont pas significatifs.
 - si χ_e^2 est plus grand que $\chi_{v,\alpha}^2$, l'on rejette l'hypothèse H_0 considérée car les écarts sont significatifs; ce qui veut dire que les données expérimentales suivent une loi autre que celle de notre hypothèse, et l'on essaye une autre loi d'ajustement (Cours ENP 4ème année- Hydrologie statistique).

a- Application du test sur la loi de Gumbel

Le tableau suivant indique les détails de calculs :

- La première colonne donne le numéro des classes i ;
- La seconde et les troisièmes colonnes indiquent respectivement la borne inférieure et la borne supérieure de chaque classe;
- la quatrième et les cinquièmes colonnes montrent respectivement les variables réduites correspondantes aux bornes inférieures et supérieures;
- La huitième colonne donne la fréquence observée dans chaque intervalle;
- La neuvième colonne donne la fréquence théorique dans chaque intervalle, $f_{ti} = N (FND_i - FND_{i-1})$;
- La dixième colonne indique les χ_i^2

Tableau N°II.6 : Test d'adéquation de Khi-Deux sur la loi de Gumbel

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
N ⁰	X _{i-1}	X _i	Y _{i-1}	Y _i	FND _{i-1}	FND _i	F _{0i}	F _{ti}	χ_i^2
1	23,0	34,8	-1,60	-0,98	0,007	0,068	8	6,169	0,542
2	34,8	44,6	-0,98	-0,49	0,068	0,194	9	12,897	1,177
3	44,6	50,2	-0,50	-0,20	0,194	0,291	9	9,867	0,076
4	50,2	53,0	-0,20	-0,06	0,291	0,342	8	5,253	1,436
5	53,0	58,2	-0,06	0,19	0,342	0,439	10	9,818	0,003
6	58,2	63,8	0,19	0,47	0,439	0,537	10	10,077	0,0005
7	63,8	65,0	0,47	0,53	0,537	0,557	6	2,039	7,689
8	65,0	70,0	0,53	0,79	0,557	0,635	9	7,923	0,146
9	70,0	77,0	0,79	1,14	0,635	0,727	10	9,377	0,041
10	77,0	89,2	1,14	1,76	0,727	0,842	8	11,704	1,172
11	89,2	106,8	1,76	2,65	0,842	0,931	7	9,147	0,504
12	106,8	148,0	2,65	4,73	0,931	0,991	8	6,054	0,625
Total									13,40

b- Application du test sur la loi de Galton

Le tableau suivant indique les détails de calculs :

- La première colonne donne le numéro des classes i ;
- La seconde et la troisième colonne indiquent respectivement la borne inférieure et la borne supérieure de chaque classe;
- la quatrième et la cinquième colonne montrent respectivement les logarithmes des bornes inférieures et supérieures ;
- La sixième et la septième colonne donnent les variables réduites correspondantes respectivement aux logarithmes des bornes inférieures et supérieures;
- La huitième et la neuvième colonne indiquent respectivement les FND correspondantes aux logarithmes des bornes inférieures et supérieures tirées à partir de la table de la loi normale;
- La dixième colonne donne les fréquences observées dans chaque intervalle;

- La onzième colonne donne les fréquences théoriques dans chaque intervalle,
 $f_{ti} = N (FND_i - FND_{i-1})$;
- La douzième colonne indique les χ_i^2 ;

Tableau N°II.7 : Test d'adéquation de Khi-Deux sur la loi de Galton

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
N	X_{i-1}	X_i	$\ln X_{i-1}$	$\ln X_i$	Z_{i-1}	Z_i	FND_{i-1}	FND_i	$F0_i$	F_{ti}	χ_i^2
1	23	34,8	3,13	3,55	-2,56	-1,47	0,005	0,070	8	6,630	0,283
2	34,8	44,6	3,55	3,80	-1,47	-0,82	0,070	0,206	9	13,872	1,711
3	44,6	50,2	3,80	3,91	-0,82	-0,51	0,206	0,305	9	10,098	0,119
4	50,2	53	3,91	3,97	-0,51	-0,367	0,305	0,359	8	5,508	1,127
5	53	58,2	3,97	4,06	-0,37	-0,12	0,359	0,452	10	9,486	0,027
6	58,2	63,8	4,06	4,15	-0,12	0,12	0,452	0,547	10	9,690	0,009
7	63,8	65	4,15	4,17	0,12	0,17	0,547	0,567	6	2,040	7,687
8	65	70	4,17	4,25	0,17	0,36	0,567	0,640	9	7,446	0,324
9	70	77	4,25	4,35	0,36	0,61	0,640	0,729	10	9,078	0,093
10	77	89,2	4,35	4,50	0,61	1,00	0,729	0,841	8	11,424	1,026
11	89,2	106,8	4,50	4,67	1,00	1,47	0,841	0,929	7	8,976	0,435
12	106,8	148	4,67	4,99	1,47	2,33	0,929	0,990	8	6,222	0,508
Total											13,35

On cherche sur la table du χ^2 , le $\chi_{v,\alpha}^2$ théorique où :

v = nombre de degrés de liberté = $k - 1 - r$;

k = nombre de classes = 12 ;

r = nombre de paramètres qui définissent exactement la loi théorique (loi log normale dans notre cas) = 2 .

D'où $v = 12 - 1 - 2 = 9$

Pour $v=9$ et $1-\alpha=0,95$, la table du $\chi^2_{12; 0,95}=16,92$

c- Interprétation des résultats

Pour la loi de Gumbel : Comme le χ^2 calculé = 13,40 < $\chi^2_{5;0,95} = 16,92$, on conclut que le χ^2 calculé est situé dans la zone favorable et qu'il y a 95% de chance que la loi de GUMBEL choisie représente notre échantillon.

Pour la loi de Galton : Comme le χ^2 calculé est plus petit que celui donné par la table, on conclut que le χ^2 est situé dans la zone favorable et qu'il y a 95% de chance que la loi Log normale choisie s'ajuste à notre échantillon.

Puisque les χ^2 calculés des deux lois sont presque égaux 13,40 et 13,35, donc on peut dire que la qualité de l'ajustement de ces deux théories est la même, pour cela on va choisir l'une de ces lois pour la suite de notre travail (loi de Galton).

II.3.6-Calcul de l'intensité maximale de courte durée

L'intensité des pluies de contre durée est exprimée par la formule de MONTANARI :

$$i(T) = \frac{P_{24}(\%)}{24} \left(\frac{t}{24} \right)^{b-1}$$

Avec :

t : durée de l'averse (min) ;

$P_{24}\%$: la pluie journalière maximale de fréquence donnée (mm) ;

b : exposant climatique.

Dans notre cas on prend :

t=15min

b=0,42 (donné par l'ANRH).

Les calculs ont donné les résultats présentés ci-après pour les périodes de retour (10 ans, 50ans) et pour une durée d'averse de 15min

Tableau N°II.8 : Intensités maximales

Période de retour (an)	10	50
Pluies journalières maximales	99,45	133,28
Durée de l'averse (heure)	Intensités maximales (mm/heurs)	
0.25	58,50	78,40
	Intensités maximales (l/s/ha)	
0,25	162,48	217,78

II.3.7-Choix de l'intensité maximale

Pour être en conformité avec la SEAAL, le choix de l'intensité maximale est basé sur les courbes Intensité-Durée-Fréquence.

Les courbes IDF retenues pour notre étude sont issues des mesures effectuées par la station de Birmandreis-Clairbois de l'ANRH (Agence nationale des ressources hydrauliques). En effet :

Le choix de cette station avait déjà été fait lors de l'étude de schéma directeur d'Alger.

Depuis 1975, la majorité des parties de dimensionnement de réseau neuf ont été réalisées en tenant compte des données de Clairbois.

Par rapport aux intensités résultant des courbes IDF calculées pour d'autres stations de mesure de la wilaya d'Alger (station de l'ANRH et de l'ONM), celles de la station de Clairbois sont les plus défavorables (intensité de pluie plus importante).

La station de Clairbois est celle qui dispose de données sur la plus longue période.

En 2008, l'ANRH a finalisé une étude d'actualisation des courbes IDF de ses pluviographes qui dans le cas de Clairbois, fournissait des résultats très sensiblement supérieurs à ceux de l'ancienne étude.

Donc ils ont trouvé que pour une période de retour de 10ans et durée d'averse de 30min, l'intensité maximale est **251 l/s/ha.**(source SEAAL).

Conclusion

L'intensité maximale de la pluie est une information très importante, car elle influe directement sur l'estimation des débits des eaux pluviales, donc sur le dimensionnement du réseau d'assainissement. c'est pour cela que nous avons consacré tout un chapitre pour l'étude de cette intensité , car si nous sous-estimons cette dernière , nous aurons sous-dimensionné le réseau , et nous aurons un mauvais fonctionnement (écoulement en charge , inondations ...) , par contre si nous surestimons l'intensité maximale de pluie , nous aurons surdimensionné le réseau, donc nous aurons pas respecté les règles technico-économiques.

Chapitre III

Estimation du débit des eaux pluviales

III.1-Introduction

Les ouvrages d'assainissement doivent assurer un degré de protection suffisant contre les inondations causées par la pluie, et pour dimensionner ces ouvrages il faut estimer le débit qui arrive à notre ouvrage (le débit des eaux pluviales ou bien débit de ruissellement).

Les eaux pluviales ou de ruissellement comprennent les eaux de pluies, les eaux de lavage des rues et les eaux de drainage.

III.2-Notion de bassin versant

Le bassin versant en une section d'un cours d'eau est défini comme la surface drainée par ce cours d'eau et ses affluents en amont de la section. Tout écoulement prenant naissance à l'intérieur de cette surface doit donc traverser la section considérée, appelée exutoire, pour poursuivre son trajet vers l'aval.

Un bassin versant se définit aussi comme une surface drainée par un réseau d'assainissement et délimité par la ligne fermée reliant tous les points les plus élevés (ligne de partage des eaux).

La surface du bassin versant est la première et la plus importante des caractéristiques, elle s'obtient par planimétrie sur une carte topographique après l'on y ait tracé les limites topographiques et éventuellement hydrogéologiques. La surface A d'un bassin s'exprime généralement en Km^2 (Laborde, J.P, Éléments d'hydrologie de surface).

III.3-Délimitation des sous-bassins

On peut considérer notre zone d'étude comme un sous bassin, situé dans le bassin versant Est de la wilaya d'Alger, ce dernier couvre une superficie de 13 000. Ha

Ce sous- bassin versant, situé en rive gauche de l'oued d'El Hamiz, couvre l'Est de la commune de Bordj El Kiffan et le Nord de Dar El Beida, ça superficie est de l'ordre de 1560 ha.

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

- Topographie du terrain.
- Les routes et voiries existantes.
- Nature d'occupation du sol, pour avoir des coefficients de ruissellement aussi proche que possible.
- Limites naturelles : oueds, talweg, collines,...etc.

Pour notre étude nous subdivisons le bassin en 16 sous bassins versant, en fonction des rejets localisés et suivant la nature d'occupation de sol (figure III.1).

III.4-Les méthodes utilisées pour l'estimation des eaux pluviales

Le problème de l'évaluation des débits pluviaux dans les bassins versants a fait depuis longtemps l'objet de nombreuses études théoriques, notamment en ce qui concerne les usages des ingénieurs en hydrologie urbaine. On peut citer deux méthodes essentielles les plus utilisées :

- Méthode rationnelle.
- Méthode superficielle

III.4.1-Méthode rationnelle

Pendant les épisodes pluvieux, les débits aux exutoires des réseaux d'assainissement semblent croître et décroître en liaison avec l'intensité de la pluie en différents endroits. Toutefois, une certaine durée est nécessaire pour qu'une baisse de l'intensité de la pluie se traduise par une baisse des débits à l'exutoire. Il y a donc une relation entre ces débits et ces pluies, mais aussi avec l'étendue du bassin versant drainé et le temps nécessaire aux crues pour apparaître et se maintenir. Ainsi, les niveaux de pluie pris en compte dans le dimensionnement des émissaires principaux doivent correspondre au temps nécessaire pour la concentration de l'ensemble des eaux de ruissellement du bassin versant. (Guide d'assainissement dans les agglomérations urbaines et rurales (tome 1)- GOMELLA, C., GUERREE, H).

Si l'on considère une averse de durée supérieure à t_c , si l'on considère un coefficient de ruissellement constant et propriété intrinsèque du bassin versant alors, le débit à l'exutoire s'écrit :

$$Q_{ep} = C. i_{max}(T; t_c). A(m^3/s) \quad (III.1)$$

Avec :

- Q_{ep} = débit maximal des eaux pluviales (m^3/s) ;
- $i_{max}(T ; t_c)$ = intensité moyenne maximale de période de retour T sur la durée du temps de concentration (mm/h) ;
- C = coefficient de ruissellement ;
- A = surface du bassin versant (ha).

a. Hypothèse de la méthode rationnelle

La méthode utilisée est fondée sur les hypothèses suivantes :

- Le débit de pointe Q_{ep} est observé à l'exutoire seulement si la durée de l'averse est supérieure à temps de concentration du bassin versant.
- Le débit de pointe à la même période de retour que l'intensité moyenne que le provoque.
- Le débit de pointe est proportionnel à l'intensité moyenne sur une durée égale au temps de concentration du BV.

b. Inconvénients de la méthode rationnelle

La méthode rationnelle a des inconvénients, on les résume dans les points suivants :

- Cette méthode est basée sur une estimation du temps de concentration qui s'avère être une opération très délicate et laborieuse ;
- Ne tient pas compte de l'effet de stockage ;
- Ne tient pas compte de la variabilité spatiale des pluies.

c. Définition et détermination du coefficient de ruissellement

L'action des précipitations commence par le mouillage en surface correspondant à environ 0,5 mm de pluie qui ne traduit pas d'écoulement. Dès que la pluie tombée dépasse le seuil de mouillage le ruissellement commence.

Le coefficient de ruissellement est défini comme étant le rapport du volume d'eau qui ruisselle sur le volume d'eau tombé sur le bassin considéré. Ce coefficient à la possibilité de faire varier le débit d'eau pluviale du simple au double, c'est pour cela que lors du découpage des sous bassins il faut que ces derniers soit aussi homogène que possible, pour que le coefficient de ruissellement pondéré du bassin ne soit pas trop erroné.

Sa valeur qui varie entre (0,5 à 0,9), dépend de plusieurs facteurs à savoir :

- Le type d'occupation du terrain ;

- La nature du sol ;
- De leur degré de saturation en eau ;
- La pente du terrain.

Les tableaux ci-après montrent les valeurs à choisir suivant la densité de la population et des catégories d'urbanisations.

Tableau N° III.1 : coefficient de ruissellement en fonction du type d'occupation du sol

Catégorie d'urbanisation	Coefficient de ruissellement
Habitations très denses	0,9
Habitations denses	0,6 – 0,7
Quartiers résidentiels	0,2 – 0,5
Zones cultivées	0,1- 0,3
Zones boisées	0 – 0,1

Source : cours d'assainissement ENSH.

Tableau N° III.2 : Coefficient de ruissellement suivant la densité de la population

Densité de la population par hectare	Coefficient de ruissellement
20	0 – 0,20
30 – 80	0,20 – 0,25
60 – 150	0,25 – 0,30
150 –200	0,30 – 0,45
200 – 300	0,45 – 0,60
300 – 400	0,60 – 0,80

Source : cours d'assainissement ENSH.

d. Choix de coefficient de ruissellement

Pour la vérification du réseau existant, nous prenons les coefficients donnés dans le tableau III.3 :

Tableau N° III.3 : Coefficient de ruissellement de chaque sous bassin.

Numéro de sous bassin	Surface [ha]	Coefficient de ruissellement
B1	64,99	0,6
B2	325,57	0,3
B3	17,20	0,4
B4	82,23	0,4
B5	32,27	0,3
B6	33,84	0,4
B7	41,76	0,4
B8	31,01	0,4
B9	33,11	0,5
B10	62,23	0,4
B11	31,67	0,6
B12	69,89	0,5
B13	19,99	0,5
B14	50,25	0,4
B15	66,23	0,6
B16	320,70	0,4

En ce qui concerne le dimensionnement du réseau d'assainissement nous allons prendre un coefficient de ruissellement égal à 0,9 du fait que le but de notre étude est d'atténuer les effets des inondations. Autrement dit, il faut prendre la valeur maximum de Cr pour ne pas se retourner dans le cas d'un sous-dimensionnement à l'horizon futur où la ville sera complètement urbanisée.

e. Temps de concentration

Pour chaque bassin, il est utile de définir le temps de concentration qu'est le temps mis par la pluie tombée au point le plus éloigné en durée d'écoulement pour atteindre l'entrée du collecteur qui doit évacuer l'apport de l'aire considérée.

Selon le cas et type de bassin à drainer, celui-ci peut être estimé par plusieurs formules, en ce qui concerne le bassin de notre zone d'étude, le temps de concentration T_c est calculé à l'aide de l'expression suivante :

$$T_c = T_1 + T_2 + T_3 \quad (III.2)$$

Avec :

- $T_1 = \frac{L}{60.V}$: C'est le temps mis par l'eau pour s'écouler dans les conduites. (Min)
- T_2 : Temps mis par l'eau pour atteindre le premier ouvrage d'engouffrement on l'estime compris entre 2 et 20 minutes.
- $T_3 = \frac{L}{11.\sqrt{I}}$: Temps de ruissellement sur un parcours ne comportant pas de canalisation.
 - Le bassin ne comporte pas de canalisation : $t_c = T_3$.
 - Le bassin comporte un parcours superficiel, puis une canalisation: $t_c = T_1 + T_3$.
 - Le bassin est urbanisé et comporte une canalisation : $t_c = T_1 + T_2$.

III.4.2-Méthode superficielle (Caquot)

La méthode de Caquot représente une évolution par rapport à la méthode rationnelle en évitant d'être limitée par l'estimation des temps de concentration d'une part et en prenant en compte les possibilités de stockage des eaux sur le bassin versant et dans les canalisations. (Instruction technique 1977).

$$Q_{ep} = K \frac{1}{U} * I^{\frac{V}{U}} * C \frac{1}{U} * A^{\frac{W}{U}} \quad (III.3)$$

Avec :

- Q_{ep} : débit pluvial en (m^3 / s).
- I : pente moyenne du collecteur du sous bassin considéré (m / m).
- C : coefficient de ruissellement.
- A : surface du bassin considéré (ha).
- K : coefficient d'expression.

$$K = \frac{[(0,5)^{b(f)} . a(f)]}{6,6}$$

- U : coefficient d'expression : $1 + 0,287 * b$ (f).

- V : coefficient d'expression : $- 0,41 * b (f)$.
- W : coefficient d'expression : $0,95 + (0,507 * b(f))$.

a. Evaluation des paramètres équivalents d'un groupement de bassins :

La formule superficielle développée ci-avant est valable pour un bassin de caractéristiques physiques homogènes. L'application du modèle à un groupement de sous-bassins hétérogènes de paramètres individuels A_k, C_k, I_k , nécessite l'emploi de formules d'équivalence pour les paramètres « A, C, I » du groupement. Ces formules qui diffèrent selon que les bassins constituant le groupement sont en « série » ou en « parallèle » sont exprimées ci-après :

Les formules de raccordement correspondant au deux cas sont consignées par le tableau suivant :

Tableau N° III.4 : les formules de raccordement des bassins

Mode d'assemblage	A équivalent	I équivalent	C équivalent
Bassins en séries	$\sum A_k$	$\left[\frac{\sum L_k}{\sum \left(\frac{L_k}{I_k^{0,5}} \right)} \right]^2$	$\frac{\sum C_{rk} \cdot A_k}{\sum A_k}$
Bassins en parallèle	$\sum A_k$	$\frac{\sum I_k \cdot Q_{pk}}{\sum Q_{pk}}$	$\frac{\sum C_{rk} \cdot A_k}{\sum A_k}$

b. Validité de la méthode superficielle

La méthode de Caquot est valable pour les limites d'application suivantes :

- En ce qui concerne la surface du bassin ou du groupement de bassins, la limite supérieure est fixée impérativement à 200 hectares;
- En ce qui concerne la pente, la valeur de « I » doit rester comprise entre 0,2% et 5%.
- En ce qui concerne le coefficient de ruissellement, la valeur de « C » doit rester comprise entre 0,2 et 1.

III.5- Choix de la méthode

En tenant compte des caractéristiques de notre agglomération du point de vue surface, pente, coefficient de ruissellement et en tenant compte de manque de données pour la détermination des paramètres de la relation de la méthode superficielle, nous avons opté pour la méthode rationnelle étant donné qu'elle est assez satisfaisante pour les aires limitées et particulièrement les zones dont $t_c < 20$ min.

III.6-Calcul du débit des eaux pluviales

La formule du débit des eaux pluviales à l'exutoire s'écrit :

$$Q_{ep} = C * i_{max}(T; t_c) * A \text{ (m}^3\text{/s)}$$

- Q_{ep} : débit des eaux pluviales [m^3/s]
- C : coefficient de ruissellement
- A_i : superficie de chaque sous bassin [ha].
- i_{max} : intensité maximale 251[l/s/ha].(source SEAAL)

Les débits des eaux pluviales pour l'horizon actuel et l'horizon futur pour chaque sous bassin sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau N° III.5: Evaluation des débits actuels des eaux pluviales

N0 de SB	Aire[ha]	C_{ri}	I[l/s/ha]	Q_{ep} [l/s]	Q_{ep} [m^3/s]
B1	64,99	0,6	251	9787,494	9,787
B2	325,57	0,3	251	24515,421	24,515
B3	17,20	0,4	251	1726,880	1,727
B4	82,23	0,4	251	8255,892	8,256
B5	32,27	0,3	251	2429,931	2,430
B6	33,84	0,4	251	3397,536	3,398
B7	41,76	0,4	251	4192,704	4,193
B8	31,01	0,4	251	3113,404	3,113
B9	33,11	0,5	251	4155,305	4,155
B10	62,23	0,4	251	6247,892	6,248
B11	31,67	0,6	251	4769,502	4,770
B12	69,89	0,5	251	8771,195	8,771

B13	19,99	0,5	251	2508,745	2,509
B14	50,25	0,4	251	5045,100	5,045
B15	66,23	0,6	251	9974,238	9,974
B16	320,7	0,4	251	32198,280	32,198

Tableau N° III.6 : Evaluation des débits des eaux pluviales pour l'horizon futur

N0 de SB	Aire[ha]	C _{ri}	I[l/s/ha]	Q _{ep} [l/s]	Q _{ep} [m3/s]
B1	64,99	0,9	251	14681,241	14,681
B2	325,57	0,9	251	73546,263	73,546
B3	17,2	0,9	251	3885,48	3,885
B4	82,23	0,9	251	18575,757	18,576
B5	32,27	0,9	251	7289,793	7,290
B6	33,84	0,9	251	7644,456	7,644
B7	41,76	0,9	251	9433,584	9,434
B8	31,01	0,9	251	7005,159	7,005
B9	33,11	0,9	251	7479,549	7,480
B10	62,23	0,9	251	14057,757	14,058
B11	31,67	0,9	251	7154,253	7,154
B12	69,89	0,9	251	15788,151	15,788
B13	19,99	0,9	251	4515,741	4,516
B14	50,25	0,9	251	11351,475	11,351
B15	66,23	0,9	251	14961,357	14,961
B16	320,7	0,9	251	72446,13	72,446

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différentes méthodes qui permettent d'estimer le débit des eaux pluviales, ainsi que la validité et les inconvénients de chacune de ces méthodes, pour notre cas, nous avons utilisé la méthode rationnelle pour estimer les débits actuels des eaux pluviales dans chaque sous bassin, ainsi que les débits à l'horizon futur, et nous constatons que le débit va largement augmenter, ce qui implique que la situation va sûrement s'empirer si on adapte pas une solution convenable.

Chapitre IV

Calcul du débit des eaux usées

IV.1-Introduction

Le but principal de l'évaluation des débits des eaux usées à considérer dans l'étude des réseaux d'assainissement correspond essentiellement :

- aux pointes des rejets qui conditionnent la détermination des sections des canalisations.
- aux flots minimaux actuels qui permettent d'apprécier les capacités d'auto curage des Canalisations.

IV.2- Estimation des besoins en eau

IV.2.1-Choix de la norme unitaire de la consommation (dotation)

La quantité d'eau nécessaire à l'alimentation d'une agglomération est généralement évaluée en litre par habitant et par 24 heures, par carré de surface de végétaux, par mètre cube, par tonne de productivité, par tête d'animal, par véhicule.....etc.

Cette quantité d'eau s'appelle **la norme de consommation** c'est à dire la norme moyenne journalière de la consommation en litre par jour et par usager qui dépend de certains critères dont les principaux sont :

- Le niveau de vie de la population ;
- Le nombre habitants ;
- Le développement urbain de la ville ;
- Ressources existantes.

Cette norme est fixée à **200 l/hab.** (Source SEAAL).

IV.2.2-La consommation en eau moyenne totale

Après l'étude détaillée des besoins en eau, dressons un tableau récapitulatif pour pouvoir calculer la consommation moyenne journalière total, afin de calculer les besoins domestiques et les besoins des équipements.

IV.2.2.1-Besoins domestiques

Le tableau N°IV.1 suivant présente les besoins domestiques.

Tableau N° IV.1: Détermination des besoins domestique.

Année	N ^{bre} d'habitants	Dotation moyenne [l/j/hab.]	Consommation moyenne journalière [m ³ /j]
2013	166127	200	33225,40
2053	339118	200	67823,60

IV.2.2.2-Besoins des équipements

Le tableau N° IV.2 suivant présente les besoins des équipements.

Tableau N° IV.2 : Détermination des besoins des équipements.

Secteur	Type d'établissement	Nombre	N° d'unité	Type d'unité	Dotation Unitaire	type d'unité	Consommation totale [m ³ /j]
Scolaire	Crèche	8	640	enfant	15	1 /enfant/ jr	96,00
	Ecole primaire	38	14485	élève	20	1 / élève / jr	289,70
	CEM	12	13235	élève	20	1 / élève / jr	264,70
	Lycée	5	3038	élève	20	1 / élève / jr	6,06
	Centre de formation	1	750	étudiant	20	l/étudiant /jr	15,00
Sanitaire	Salle de soin	2	20	patient	5	l/patient /jr	0,10
	polycliniques	3	30	lit	700	l/lit /jr	21,00
Socio-Culturelle	Mosquée	23	34500	fidèle	10	1 /fidèle / jr	345,00
	Ecole Coranique	13	650	élève	20	1 / élève / jr	13,00
	Musée	1	200	m ²	5	l/m ² /jr	1,00
	Bibliothèque	3	300	adhérent	5	l/adhérent /jr	1,50
	Salle de cinéma	2	200	client	5	l/client/jr	1,00
	Centre culturel	1	150	adhérent	5	l/adhérent/jr	0,75

	Salle de sport	1	150	adhérent	50	l/adhérent/jr	7,50
Administratif	Antenne Administrative	5	250	employé	10	l/employé /jr	2,50
	Bureau de poste	3	90	employé	10	l/employé/jr	0,90
Commercial	Hôtel	5	569	Lit	500	l/lit /jr	284,50
	Marché	2	1500	m ²	5	l/m ² /jr	7,50
	Kiosque multiservice	79	790	m ²	5	l/m ² /jr	3,95
							Total

IV.2.2.3-Récapitulation de la consommation en eau moyenne totale

Le tableau N° IV.3 suivant présente la récapitulation de la consommation en eau moyenne totale :

Tableau N° IV.3: Récapitulatif de la consommation moyenne totale

Nature de besoins	Consommation moyenne journalière [m ³ /j]
Besoins domestiques	67823,60
Besoins des équipements	1329,96
Total	69153,56

IV.3-Notion d'équivalent habitant

L'équivalent habitant est un paramètre permettant la conversion de la consommation moyenne journalière total des équipements d'une ville à un nombre d'habitant.

Le calcul de ce paramètre se fait par la division de la consommation moyenne journalière totale des équipements par la consommation d'un seul habitant (Dotation).

$$EH = \frac{\text{Consommation totale des équipements [l / s]}}{\text{Dotation pour 1 habitant [l / s / hab]}}$$

La consommation totale des équipements est égale à 1329960 [l/s]

La dotation pour un habitant est égale à [200l/s/hab], ce qui donne :

$$EH = (1329960 / 200) = 6650 \text{ habitants}$$

IV.4-Densité d'occupation du sol

La densité de population sert à mesurer l'importance de l'occupation d'un territoire par les hommes. Elle est représentée par un nombre d'habitants par kilomètre carré (le plus souvent, mais cela peut aussi être par hectare). Le nombre suppose que la population est répartie uniformément sur le territoire, ce qui n'est que rarement le cas (c'est donc une moyenne).

Méthode de calcul

On calcule la densité d'une population donnée en divisant le nombre d'habitants par la superficie exprimée en km^2 (ou en ha).

$$\text{Nombre d'habitants} \div \text{superficie (en Ha)} = \text{nombre d'hab. /Ha}$$

Dans le cas de la ville de Bordj El kiffan, on a :

$$\text{Nombre d'habitants} = \text{la population totale (2053)} + \text{EH(2053)} = 339118 + 6650 = \mathbf{345768\text{hab}}$$

$$\text{Superficie} = 21,7\text{Km}^2 = 2170[\text{ha}]$$

$$\text{DOS} = 345768/2170 = 160\text{hab/ha (DOS : densité d'occupation du sol)}$$

$$\mathbf{DOS = 160 \text{ hab. / [ha]}}$$

IV.5-Evaluation des eaux usées

IV.5.1- Nature des eaux usées à évacuer

La nature des matières polluantes contenues dans l'effluent dépend de l'origine de ces eaux usées.

On distingue:

- ✓ Les eaux usées d'origine domestique ;
- ✓ Les eaux usées d'origine industrielle.

IV.5.1.1- Les eaux usées d'origine 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.

1. *Qualité des eaux usées*

Les eaux usées constituent un effluent pollué et nocif. Leur étude doit s'effectuer sous le double point de vue physico-chimique et biologique.

2. *Quantité à évacuer*

La quantité des eaux à évacuer est, en seconde analyse à considérer sous l'angle des débits qui conditionnent le calcul des sections des canalisations d'égout. A cet effet, il y a lieu de distinguer entre les réseaux urbains courants et ceux desservant les agglomérations d'un type particulier telle que cités, casernes, etc. Elles dépendent des normes de consommation en eau potable et qui à leurs tours dépendent de l'évaluation de la consommation actuelle. Pour la quantification actuelle ou prévisible de la consommation en eau potable, on a les facteurs suivants qui interviennent :

- Type d'habitat et leur degré de confort.
- Dotation en eau potable.
- Conditions climatiques.
- Prise en compte forfaitaire des eaux publiques et industrielles.

IV.5.1.2- Eaux des services publics

Les eaux de lavage des espaces publics (cours, rue, ...) sont évacuées vers le réseau par l'intermédiaire de puisards munis d'une grille. Les eaux usées des services publics : éducatifs, sanitaires, touristiques, administratifs et différents autres services d'utilité publique seront pris en compte avec les besoins domestiques.

IV.5.1.3- Eaux usées industrielles

Lors de l'évaluation des débits des eaux usées industrielles à prendre en compte pour la détermination du réseau il conviendra de distinguer :

- D'une part, les industries existantes dont l'évaluation des débits doit résulter des mesures « in situ ».
- Que certaines industries traitent directement leurs effluents permettant ainsi le rejet dans le milieu naturel ou dans le réseau pluvial.

IV.5.2- Estimation des débits des eaux usées domestiques

Pour calculer le débit des eaux usées à évacuer, en tenant compte la nature de la zone d'étude (zone rurale). Donc nous prendrons comme base une dotation d'eau potable de 200 l/j hab (source SEAAL).

Nous considérons que les 80% d'eau consommée sont rejetée comme eaux usées dans le réseau d'évacuation.

IV.5.2.1-Evaluation du débit moyen journalier

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

$$Q_{\text{moy.j}} = \frac{N_i * \text{Dot} * K_r}{86400} \quad (\text{IV.1})$$

- $Q_{\text{moy.j}}$: débit moyen rejeté quotidiennement en (l/s).
- K_r : coefficient de rejet pris égale à 80% de la quantité d'eau potable consommé.
- Dot : dotation journalière pris égale à 120 (l/s/hab).
- N_i : nombre d'habitant du sous bassin i.

Le nombre d'habitant du sous bassin est calculé par la relation suivante :

$$N_i = \text{DOS} * A \quad (\text{hab.})$$

- DOS : densité d'occupation du sol
- A : la surface de l'agglomération (ha).

IV.5.2.2-Evaluation du débit de pointe

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

$$Q_{\text{pte}} = K_p \cdot Q_{\text{moy.j}}$$

IV.2)

K_p : Coefficient de pointe. Ce coefficient de pointe peut être calculé à partir du débit moyen journalier :

$$K_p = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{\text{moy.j}}}} \quad \text{si } Q_{\text{moy.j}} \geq 2,8 \text{ l/s}$$

(IV.3)

$$K_p = 3 \quad \text{si } Q_{\text{moy.j}} < 2,8 \text{ l/s}$$

Application numérique :

- La surface de l'agglomération est égale à : $A = 1550$ [ha] ;
- La densité d'occupation du sol est $DOS=160$ [hab. /ha] ,

La population du sous bassin est :

$$N_i = 160 * 1550 = \mathbf{248000 \text{ habitants}}$$

Nous obtenons un débit journalier moyen de :

$$Q_{\text{moy},j} = (248000 * 200 * 0,8) / 86400 = \mathbf{459,25 \text{ l/s}}$$

Le coefficient de pointe est égal : $K_p = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{459,25}}$

$$\mathbf{K_p = 1,61}$$

Les débits des eaux usées de pointe pour chaque sous bassin sont illustré dans le tableau ci-dessous :

Tableau N° IV.4 : Estimation des eaux usées de pointe.

N0 de SB	Air [ha]	DOS[hab/ha]	Nbrd'hab	Dot[l/j/hab]	Qmoy,j[l/s]	Kp	Q _{pt} [l/s]	Q _{EU} [m3/s]
B1	64,99	160	10398	200	19,256	1,61	31,003	0,031
B2	325,57	160	52091	200	96,465	1,61	155,309	0,155
B3	17,2	160	2752	200	5,096	1,61	8,205	0,008
B4	82,23	160	13157	200	24,364	1,61	39,227	0,039
B5	32,27	160	5163	200	9,561	1,61	15,394	0,015
B6	33,84	160	5414	200	10,027	1,61	16,143	0,016
B7	41,76	160	6681	200	12,373	1,61	19,921	0,020
B8	31,01	160	4961	200	9,188	1,61	14,793	0,015
B9	33,11	160	5297	200	9,810	1,61	15,795	0,016
B10	62,23	160	9956	200	18,439	1,61	29,686	0,030
B11	31,67	160	5067	200	9,384	1,61	15,108	0,015
B12	69,89	160	11182	200	20,708	1,61	33,340	0,033
B13	19,99	160	3198	200	5,923	1,61	9,536	0,010

B14	50,25	160	8040	200	14,889	1,61	23,971	0,024
B15	66,23	160	10596	200	19,624	1,61	31,594	0,032
B16	320,7	160	51312	200	95,022	1,61	152,986	0,153

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons évalué le débit des eaux usées pour chaque sous bassin à l'horizon futur, et on a remarqué que ce dernier est négligeable par rapport au débit des eaux pluviales calculé dans le chapitre précédent. Cette évaluation des débits nous ont permet de procédé au calcul hydraulique c'est à dire le dimensionnement du réseau.

Chapitre V

Choix du tracé du réseau

V.1-Introduction

Le choix du tracé du réseau (le cheminement, le système du réseau, ...) est un choix capitale que l'ingénieur concepteur doit faire suivant les différents données (urbanistiques, topographiques, météorologiques, technico-économiques...) dont il dispose, afin qu'il assure un fonctionnement le plus idéal possible du réseau d'assainissement.

Dans ce chapitre nous allons présenter les différents systèmes du réseau d'assainissement, les avantages et les inconvénients de chacun d'eux, ainsi nous expliquons les différents paramètres qui entre en jeu dans le tracé du réseau.

V.2-Différents systèmes du réseau d'assainissement

Habituellement, on considère trois catégories de systèmes d'évacuation, soit:

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

V.2.1-Système unitaire

Ce système permet d'évacuer en commun toutes les eaux usées et pluviales dans une même conduite. Ce système nécessite des ouvrages d'égout et station d'épuration relativement importants afin de pouvoir absorber les pointes de ruissellement. (FigureV.1). (Guide technique de l'assainissement dans les agglomérations urbaines et rurales- GOMELLA, C., GUERREE, H)

V.2.2-Système séparatif

Ce système comprend deux réseaux :

- Un réseau pour évacuer les eaux pluviales vers un milieu récepteur.
- Un réseau pour évacuer les eaux d'égout ménagères et certains effluents industriels après traitement.

Le tracé des collecteurs n'est obligatoirement pas le même, ce qui est le cas la plus part du temps.

Le tracé du réseau d'eaux usées 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. Le réseau prend fin obligatoirement à la station d'épuration qui se trouve en général à la sortie de l'agglomération.

Par contre le tracé du réseau d'eaux pluviales dépend de l'implantation des espaces producteurs du ruissellement des eaux pluviales sont rejetées directement dans le cours d'eau le plus proche naturel soit-il ou artificiel. (FigureV.2). (Guide technique de l'assainissement dans les agglomérations urbaines et rurale- Gomella.c & Guerree.H)

V.2.3-Système pseudo séparatif

Le système pseudo séparatif est un système dans lequel on divise les apports d'eaux pluviales en deux parties :

L'une provenant uniquement des surfaces de voirie qui s'écoule par des ouvrages particuliers des services de la voirie municipale : caniveaux aqueducs, fossés avec évacuation directe dans la nature.

L'autre 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. On recoupe ainsi les évacuations des eaux d'un même immeuble. (FigureV.3). (Guide technique de l'assainissement dans les agglomérations urbaines et rurales Gomella.c & Guerree.H).

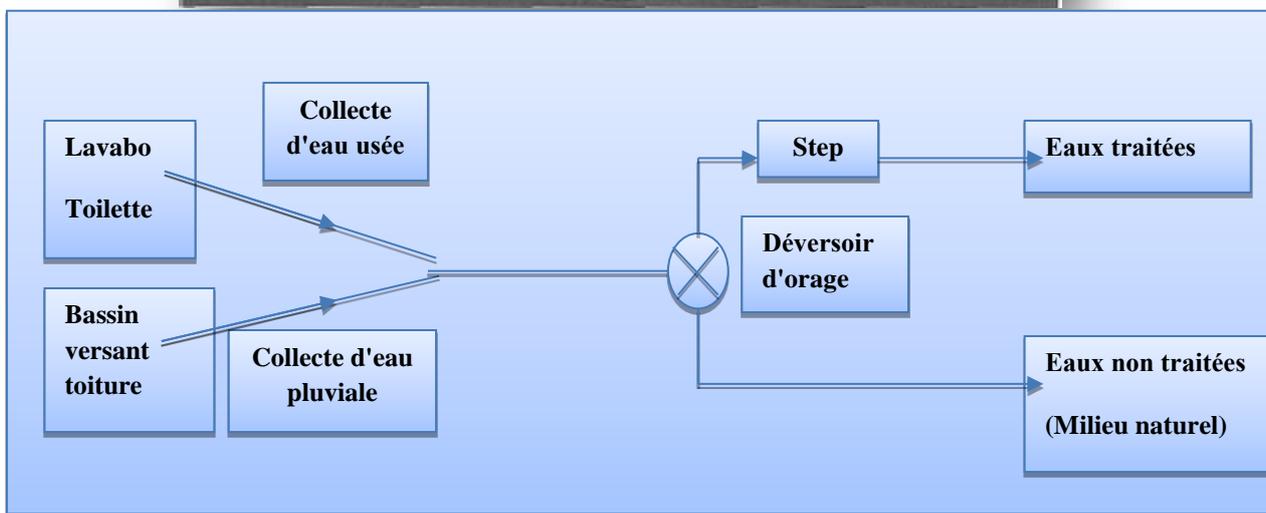
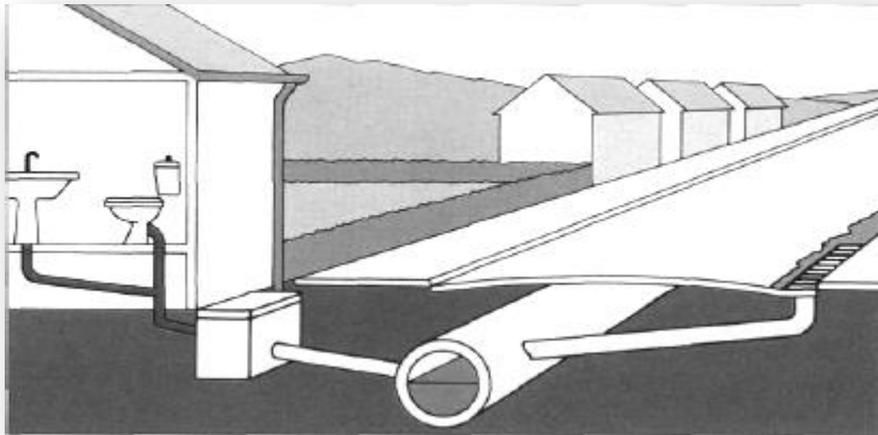


Figure N^o V.1: Schéma de principe d'un réseau unitaire

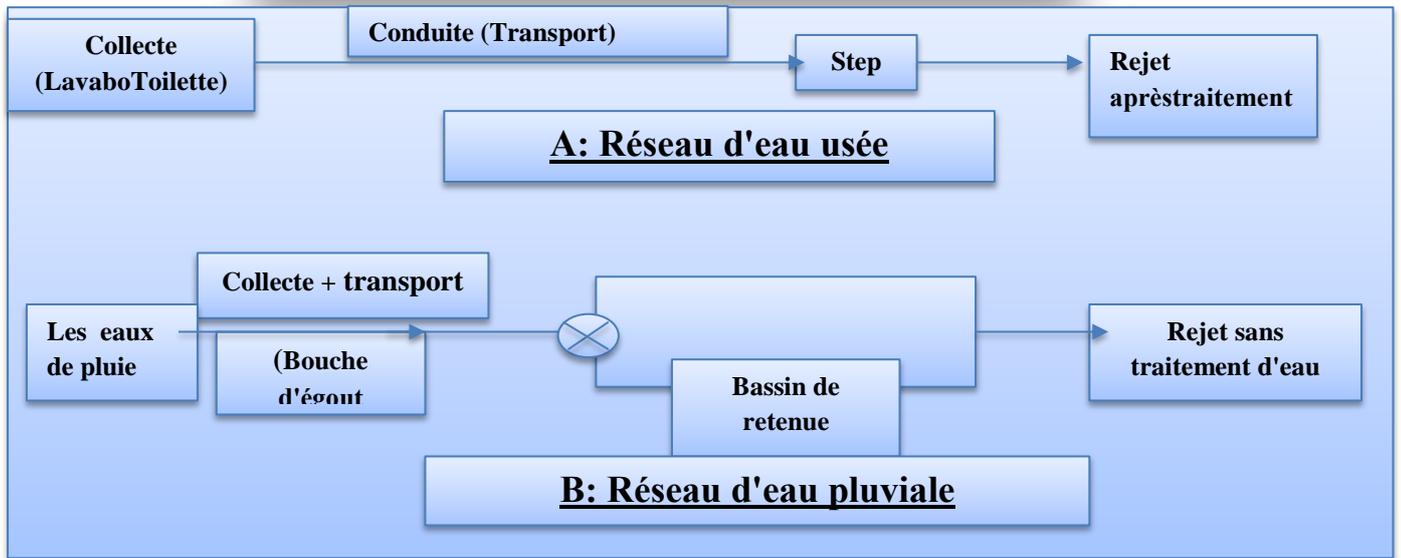
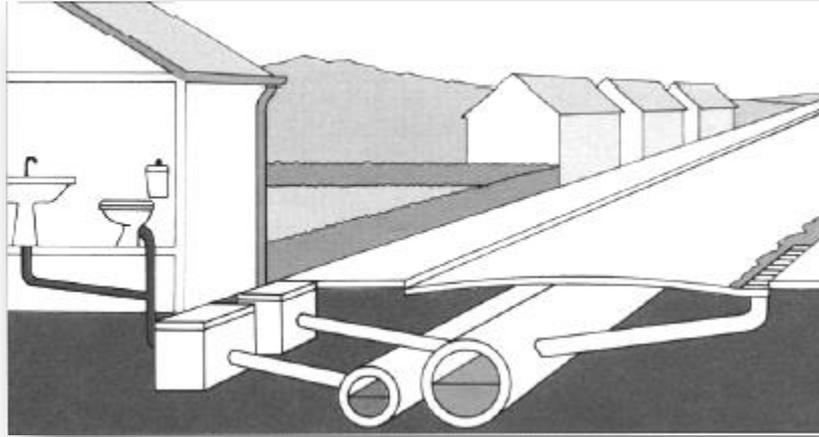


Figure N°V.2: schéma de principe d'un réseau séparatif

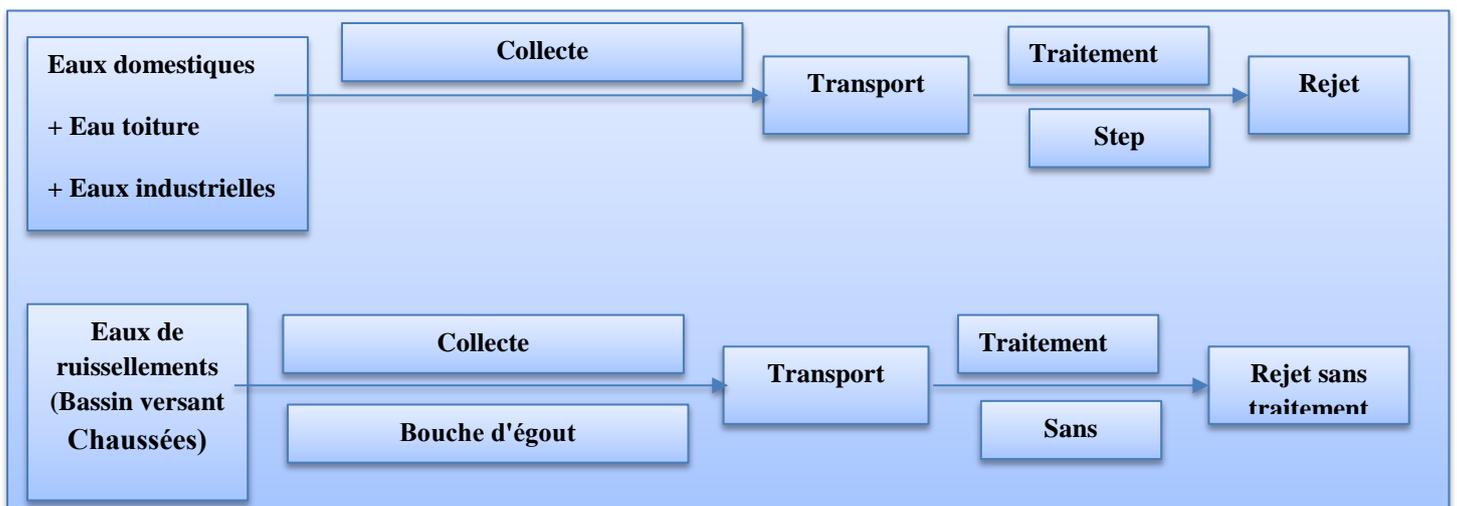


Figure N°V.3: schéma de principe d'un réseau pseudo-séparatif

On propose le tableau VI.1 qui récapitule les particularités de chaque système .

Tableau N^oV.1 : Avantages et inconvénients des différents systèmes.

Système	Domaine d'utilisation	Avantages	Inconvénients	Contraints d'exploitation
Unitaire	<ul style="list-style-type: none"> -Milieu récepteur éloigné des points de collecte -Topographie à faible relief -Débit d'étiage du cours d'eau récepteur important. 	<ul style="list-style-type: none"> -Conception simple -Encombrement réduit du sous-sol -à priori économique -Pas de risque d'inversion de branchement 	<ul style="list-style-type: none"> -Débit à la STEP très variable -La dilution des eaux usées est variable -Apport de sable important à la station d'épuration -Rejet direct vers le milieu récepteur du mélange "eaux usées eaux pluviales " au droit des déversoirs d'orage. 	<ul style="list-style-type: none"> -Entretien régulier des déversoirs d'orage et des bassins de stockage - Difficulté d'évaluation des rejets directs vers le milieu récepteur
Séparatif	<ul style="list-style-type: none"> - Petites et moyennes agglomérations; - Extension des villes ; - Faible débit d'étiage du cours d'eau récepteur 	<ul style="list-style-type: none"> -Diminution des sections des collecteurs -Exploitation plus facile de la STEP -Milieu naturel préservé 	<ul style="list-style-type: none"> -Encombrement important du sous-sol -Coût d'investissement élevé Risque important d'erreur de branchement. 	<ul style="list-style-type: none"> -Surveillance accrue des branchements -Entretien d'un linéaire important de collecteurs (eaux usées et pluviales)
Pseudo-séparatif	<ul style="list-style-type: none"> -Petits et moyennes agglomération. -Présence d'un Milieu récepteur Proche 	<ul style="list-style-type: none"> -Le problème des faux branchements est éliminé. 	<ul style="list-style-type: none"> -le fonctionnement de la station d'épuration est perturbé, la charge polluante est variable en qualité et en quantité 	<ul style="list-style-type: none"> -Entretien régulier des déversoirs d'orage et des bassins de stockage ; -Surveillance accrue des branchements.

Source :[office internationale de l'eau-Janvier]

V.3- Choix du système d'évacuation

Les paramètres prépondérants pour le choix du système en tenant compte:

- de l'urbanisation de l'agglomération et son encombrement.
- des ouvrages existants, encore utiles pour le projet.
- du cours d'eau récepteur.
- comparaison des variantes (système séparatif, unitaire).
- La topographie du terrain naturel.

V.4-Différents schéma d'évacuation

Le mode d'écoulement en assainissement est généralement gravitaire, donc dépendant du relief et de la topographie du terrain naturel, pour assurer cet écoulement gravitaire on a les différents schémas d'évacuations suivantes. (Guide technique de l'assainissement dans les agglomérations urbaines et rurales Gomella.c & Guerree.H).

V.4.1- Schéma perpendiculaire

Il est adopté pour les eaux pluviales des réseaux séparatifs s'il n'y a pas de traitement qui est prévue. L'écoulement se fait directement dans le cours d'eau le plus proche. Suivant la disposition des collecteurs par rapport au cours on distingue :

- Le schéma perpendiculaire simple.
- Le schéma perpendiculaire étagé.

V.4.2- Schéma par déplacement latéral

On adopte ce type de schéma quand il y a obligation de traitement des eaux usées. Ou toutes les eaux sont acheminées vers un seul point dans la mesure du possible.

V.4.3- Schéma de collecteur par zones étagées

C'est une transposition de schéma à déplacement latéral, mais avec une multiplication des collecteurs longitudinaux pour ne pas charger certains collecteurs.

V.4.4- Schéma radial

C'est un schéma adopté pour les terrains plat, ou les eaux sont collectées en un point bas, pour ensuite être relevées vers :

- Un cours d'eau récepteur.
- Une station d'épuration.

- Un collecteur fonctionnant à surface libre.

V.4.5- Schéma à collecte transversale oblique

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

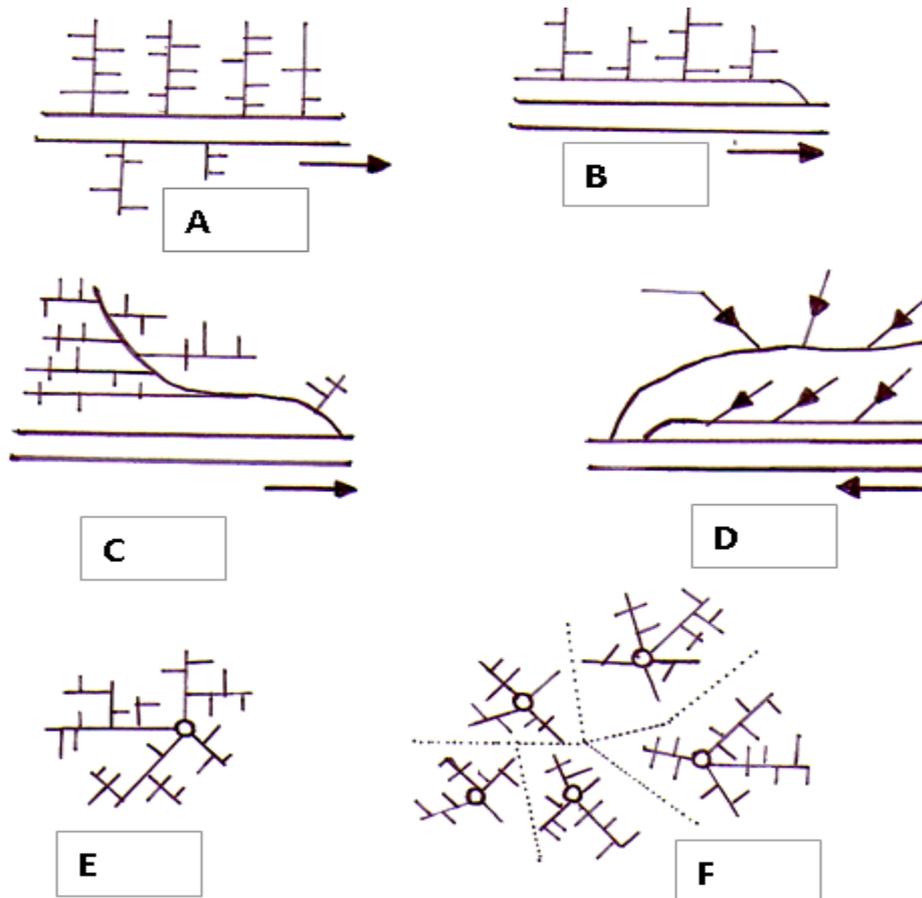


Figure N°V.4 : Schéma des types de réseaux.

- A- Schéma perpendiculaire.
- B- Schéma par déplacement latéral ou à collecteur latéral.
- C- Schéma à collecteur transversal ou oblique.
- D- Schéma par zone étagée ou par interception.
- E- Schéma radial unique.
- F- Schéma radial par zone.

V.5- Conception du réseau d'assainissement

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

- Les collecteurs sont définis par leur :
 - Emplacement (en plan).
 - Profondeur.
 - Diamètres (intérieur et extérieur).
 - Pente.
 - Leur joint et confection.
- Les regards de visite et de jonction sont également définis par leur.
 - Emplacement (en plan).
 - Profondeur.
 - Côtes.

V.6-Principe du tracé du réseau

Le tracé des différents collecteurs se fait en fonction des paramètres suivants :

- La topographie du site.
- Implantation des canalisations dans le domaine public.
- Les conditions de rejet.
- Emplacement du cours d'eau ou de la station d'épuration
- Vérifier que les pentes permettent l'auto-curage, (pente minimal=0,005m/m), car il n'est pas souhaitable d'aller en contre pente au cours du tracé du réseau.
- A priori, il faut tracer un réseau qui assure des profondeurs moins de 8 m.

Le tracé du réseau devra finalement comprendre un schéma à long terme tout en tenant compte de la réservation du terrain pour d'éventuelles implantations d'ouvrages.

Le tracé en plan de réseau existant unitaire a été effectué par Auto-cad (voir figure V.5).

Conclusion

Pour notre agglomération, nous constatons d'après les plans topographique et urbanistique que les pentes du terrain sont très faibles et parfois moyennes, ainsi, vu le problème d'inondations rencontré dans la ville, nous allons essayer par la suite deux types du réseau, le premier est le réseau unitaire par contre le deuxième est le réseau séparatif. En ce qui concerne les schémas d'évacuations, nous adoptons pour le réseau unitaire le schéma à collecteur latéral vu la structure des voiries et le levé topographique, par contre pour le réseau séparatifs des eaux pluviales on va utiliser le schéma perpendiculaire.

Chapitre VI

Dimensionnement du réseau d'assainissement

VI.1-Introduction

Dans ce chapitre, nous allons entamer le dimensionnement de notre réseau d'assainissement, et nous allons étudier trois variantes. Pour cela, il faut faire appel au calcul hydraulique.

Ce dernier constitue une étape clé puisqu'elle conditionne le bon fonctionnement du réseau, de manière durable. Ses objectifs principaux sont :

- d'anticiper au mieux les éventuelles extensions du réseau en amont ;
- d'appliquer les conditions d'auto-curage (vitesse minimale et pente minimale) permettant d'éviter les obstructions, la formation d' H_2S et leurs conséquences;
- d'éviter les mises en charge et les débordements en assurant la protection du milieu contre la pollution selon sa sensibilité.

Le calcul hydraulique du réseau consiste à dimensionner les ouvrages, en tenant compte des perspectives d'évolution de la collecte et du degré de protection contre les inondations.

VI.2-Condition d'écoulement et de dimensionnement

L'écoulement en assainissement doit être gravitaire dans la mesure du possible, donc tributaire de la topographie du terrain naturel. En plus cet écoulement doit avoir une vitesse qui permet l'auto curage, et ne détériore pas les conduites.

La vitesse d'auto curage : comme les eaux usées sont des eaux chargées, qui contiennent du sable, facilement décantable. Pour empêcher ce phénomène il faut avoir une vitesse d'écoulement qui satisfait les conditions suivantes :

- une vitesse minimale de 0,6m /s pour le (1/10) du débit de pleine section.
- une vitesse de 0,3m / s pour le (1/100) de ce même débit.
- Si ces vitesses ne sont pas respectées, il faut prévoir des chasses automatiques ou des curages périodiques.

A l'opposé des considérations relatives à l'auto curage, le souci de prévenir la dégradation des joints sur les canalisations circulaires et leur revêtement intérieur, nous conduit à poser des limites supérieures aux pentes admissibles.

Donc, il est déconseillé de dépasser des vitesses de l'ordre de 4 à 5 m / s. (Les réseaux d'assainissement, calculs application et perspective-Regis.B).

VI.3-Mode de calcul

Avant de procéder aux calculs hydrauliques du réseau d'assainissement gravitaire, on considère 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.
- Les canalisations d'égouts dimensionnées pour un débit en pleine section Q_{ps} ne débitent en réalité et dans la plupart du temps que des quantités d'eaux plus faibles que celles pour lesquelles elles ont été calculées.

VI.3.1-Calculs hydrauliques

Dans le cadre de l'assainissement, le dimensionnement d'un réseau de type unitaire doit permettre l'entraînement des sables par les débits pluviaux pour empêcher leur décantation et éviter les dépôts sans provoquer l'affouillement de la paroi de la conduite.

VI.3.1.1-Calcul du diamètre

Le calcul du diamètre est en fonction du débit total (Q) qui est la somme des eaux pluviales et usées. L'écoulement dans les collecteurs est un écoulement à surface libre régi par la formule suivante :

$$Q = V \cdot S$$

(VI.1)

Avec, Q : Débit (m^3/s) ; S : Section mouillée (m^2) ; V : Vitesse d'écoulement (m/s).

Cette vitesse se calcule par différentes formules.

Pour le cas de notre réseau, nous avons utilisés la formule Manning donnée par:

$$V = K_s \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

(VI.2)

Où:

K_s : Coefficient de rugosité de Manning-Strickler, la norme NF EN 752-A établie par des experts de 18 pays européens, qui préconise le choix de valeur comprise entre 70

et 90 pour K_s sans faire de distinction entre matériau, pour notre réseau nous prenons $K_s=80$).

I : pente du radier (m/ml), la pente minimale souhaitable en assainissement est du $3^0/00$;

R_h : rayon hydraulique qui est le rapport de la surface mouillée sur le périmètre mouillé

Pour une conduite circulaire :

$$R_h = \frac{S}{P} = \frac{\pi \cdot \phi^2 / 4}{\pi \cdot \phi} = \frac{\phi}{4}$$

(VI.3)

Où :

- Périmètre mouillé (P) : c'est la longueur du périmètre de la conduite qui est en contact avec l'eau en (m) ;
- Section mouillée (S) : c'est la section transversale de la conduite occupée par l'eau en (m^2) ;
- ϕ : diamètre calculé de la conduite (m) ;

Finalement le débit est donné par la relation :

$$Q = K_s \cdot S \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

(VI.4)

Dans le cas d'une conduite circulaire, on a :

$$\phi = \left[\frac{3,2 \cdot Q}{K_s \cdot \sqrt{I}} \right]^{3/8}$$

(VI.5)

Où : $Q = Q_t = Q_{eu} + Q_{pl}$

Q_t : Débit total [m^3] ; Q_{eu} : Débit des eaux usées [m^3] ; Q_{pl} : Débit des eaux pluviales [m^3].

VI.3.1.2-Calcul des paramètres hydrauliques

Etant donné que le diamètre choisi est différent du diamètre calculé , il est impératif de déterminer la vitesse d'écoulement et la hauteur de remplissage .

1. Vitesse pleine section V_{ps}

La vitesse pleine section est calculée à partir de les deux relation (VI.2) et (VI.3) :

$$V_{ps} = K_s \cdot \left(\frac{\emptyset_{nor}}{4} \right)^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (VI.6)$$

avec, V_{ps} : vitesse pleine section (m/s) ; K_s :coefficient de rugosité de Manning ;
 \emptyset_{nor} : Diamètre normalisé I: pente du radier (m/ml) ;

2. Debit pleine section Q_{ps}

C'est le débit qui est véhiculé dans la conduite à pleine section . Il est donné par la formule suivante :

$$Q_{ps} = V_{ps} \cdot S \quad (m^3/s) \quad (VI.7)$$

Avec, Q_{ps} : débit pleine section (m^3 / s) ; V_{ps} : vitesse pleine section (m/s) ; S :section de la conduite (m^2).

3. Vitesse d'Auto curage V_{aut}

Cette vitesse permet la vérification des conduites d'entraînement spontané des matières en suspension (MES) dans les eaux chargées et d'éviter la formation des dépôts qui conduisent au colmatage des conduites.La vitesse d'auto curage minimale doit être supérieure ou égale à 0,6m/s.

$$V_{aut} = 0,6 \cdot V_{ps} \quad (VI.8)$$

avec, V_{aut} : la vitesse d'auto-curage [m/s] ; V_{ps} : vitesse pleine section.

4. Vitesse d'écoulement V

Elle est déterminée à partir du rapport des vitesses r_v .

$$V = V_{ps} \cdot r_v \quad (VI.9)$$

Avec, V : vitesse d'écoulement (m/s) ; V_{ps} : vitesse pleine section (m/s) ; r_v : Rapport des vitesses tiré de l'abaque (Annexe II.1).

La vitesse d'écoulement maximale admissible ne doit pas dépasser 6 m/s pour éviter l'affouillement des parois.

5. Hauteur de remplissage H

Elle est déterminée à partir du degré de remplissage r_h telle que :

$$H = r_h \cdot \phi_{\text{nor}}$$

(VI.10)

Avec, H : hauteur de remplissage (m) ; r_h : degré de remplissage tiré à partir de l'abaque (Annexe II.1),

ϕ_{nor} : Diamètre normalisé de la conduite (m).

6. Rapport des débits

Le rapport du débit est donné par :

$$r_q = \frac{Q_t}{Q_{ps}}$$

(VI.11) Avec, r_q : Rapport des débits; Q_t : Débit total réel (m^3/s) ; Q_{ps} : Débit pleine section (m^3/s).

7. Rapport des vitesses

Le rapport des vitesses est donné par :

$$r_v = \frac{v}{v_{ps}}$$

(VI.12)

Avec, r_v : rapport des vitesses tiré de l'abaque (annexe II.1), v : vitesse d'écoulement (m/s) ; v_{ps} : diamètre normalisé de la conduite (m).

VI.4-Vérification de la capacité du réseau existant

La vérification de la capacité du réseau existant consiste à faire un diagnostic hydraulique pour pouvoir visualisé est ce que le réseau est sous dimensionner ou pas.

VI.4.1-Aperçu sur le réseau existant

Le collecteur principal qui la dessert (collecteur Bordj El Kiffan, ou collecteur Stamboul) suit un thalweg parallèle à la côte à quelques centaines de mètres de celle-ci jusqu'à l'oued El Hamiz.

En aval, il rejoint un poste de refoulement (PR79), qui refoule les eaux vers le poste de refoulement de Bordj El Bahri (PR67), situé sur l'autre rive de l'oued El Hamiz.

Le collecteur Bordj El Kiffan reçoit des apports de diverses antennes secondaires, la plus importante étant le collecteur Baccora 1. Celui-ci dessert le Nord de Dar El Beida, puis suit un tracé parallèle à l'oued El Hamiz avant de rejoindre le collecteur Bordj El Kiffan. Il sera complété prochainement par le collecteur Baccora 2 qui suivra un tracé parallèle à l'oued Baccora, affluent de l'oued El Hamiz.

Par temps de pluie, les eaux excédentaires du bassin versant peuvent être déversées vers l'oued El Hamiz, par un déversoir d'orage implanté sur le collecteur Baccora 1 et par le trop plein du poste de pompage PR79.

VI.4.2-La procédure de vérification

La procédure que nous avons suivie lors de notre étude pour la vérification du réseau existant est suivante :

- La collecte des données (profondeurs des regards, cote de radier des regards, les pentes de collecteur et les diamètres actuel) ;
- Estimation des débits des eaux usées et des eaux pluviales avec des coefficients de ruissèlement actuel ;
- Calcul de débit plein section (Q_{ps}) avec les diamètres actuels (les lois usitées sont mentionnées ci-dessous) ;
- Calcul de rapport des débits (r_q).

Donc :

Si $r_q > 1$ Le réseau est sous dimensionné ;

$r_q < 1$ Le réseau est bien dimensionné.

Les caractéristiques de profil en long et la vérification du réseau existant de collecteur principal (A) ainsi que les collecteurs des apports secondaires (B, C, D, E, F et G) sont présentées sous forme des tableaux (voir annexe II.2).

Un récapitulatif des résultats obtenus pour le collecteur principale (A), et quelques collecteurs secondaires (B, C, D), est montrées dans le tableau suivant :

Avec ;

- CTN : cote du terrain naturel [m] ;
- CFE_{am} : cote fil d'eau amont du regard [m] ;
- CFE_{av} : cote fil d'eau aval du regard [m] ;

- L : distance partielle entre deux regards [m] ;
- L_{cum} : distance cumulée [m] ;
- I : pente du collecteur (m/m) tel que :

$$I = \frac{CFE_{av} - CFE_{am}}{D}$$

(VI.13)

- P : profondeur aval du regard (m) ;
- ϕ : diamètre (mm).

Tableau VI.1 : Récapitulatifs des résultats obtenus pour le collecteur principal (A)

N Regard	Cote TN	CFE amont [m]	CFE aval [m]	Distance partielle [m]	Distance cumulée [m]	pente I [m/ml]	P[m]	Φ [mm]	Q cumulé [m ³ /s]	Q_{ps} [m ³ /s]	V_{ps} [m/s]	r_q
R1	16,44		13,19	0	0		3,25		7,39			
R22	11,48	9,97	9,97	805,3	805,3	0,0040	1,51	800	9,11	0,76	1,51	11,977
R51	5,99	4,56	4,56	1318,9	2124,2	0,0017	1,43	1000	29,02	0,92	1,17	31,683
R61	5,39	3,76	3,76	471,6	2595,8	0,0017	1,63	1000	32,22	0,92	1,17	35,180
R87	4,79	2,12	2,12	964,8	3560,6	0,0017	2,67	1000	41,09	0,92	1,17	44,865
R99	4,77	1,17	1,17	556,0	4116,6	0,0017	3,60	1000	49,25	0,92	1,17	53,774
R109	5,55	0,43	0,43	434,7	4551,3	0,0017	5,12	1000	63,93	0,92	1,17	69,795
R128	5,65	-0,95	-0,95	809,9	5361,2	0,0017	6,60	1000	79,61	0,92	1,17	86,916
STR	5,64	-0,96	-0,96	10,0	5371,2	0,0017	6,60	1000	89,64	0,92	1,17	97,867

Tableau VI.2 : Récapitulatifs des résultats obtenus pour le collecteur secondaire (B)

N Regard	Cote TN	CFE amont [m]	CFE aval [m]	Distance partielle [m]	Distance cumulée [m]	pente I [m/ml]	P[m]	Φ [mm]	Q cumulé [m ³ /s]	Q_{ps} [m ³ /s]	V_{ps} [m/s]	r_q
R129	11,85	/	8,35	0	0	/	3,50					
R134	7,81	5,71	5,71	213,9	213,9	0,0120	2,10	1000,00	2,18	2,44	3,10	0,895
R138	6,81	4,07	4,07	199,8	413,7	0,0082	2,74	1000,00	10,08	2,02	2,57	5,000
R142	6,55	2,41	2,41	201,7	615,4	0,0082	4,14	1000,00	12,13	2,02	2,57	6,020
R128	5,65	-0,85	/	395,4	1010,8	0,0082	6,50	1000,00	16,17	2,02	2,57	8,021

Tableau VI.3 : Récapitulatifs des résultats obtenus pour le collecteur secondaire (C)

N Regard	Cote TN	CFE amont [m]	CFE aval [m]	Distance partielle [m]	Distance cumulée [m]	pente I [m/ml]	P[m]	Φ [mm]	Q cumulé [m ³ /s]	Q _{ps} [m ³ /s]	V _{ps} [m/s]	r _q
R152	12,01	10,41	10,41	0	0	/	1,60					
R158	11,78	9,43	9,43	210,4	210,4	0,0047	2,35	1000,00	4,05	1,52	1,93	2,666
R163	11,79	8,47	8,47	205,7	416,1	0,0047	3,32	1000,00	4,98	1,52	1,93	3,283
R169	8,93	6,94	6,94	236,3	652,4	0,0100	1,99	1000,00	6,06	2,22	2,83	2,726
R174	6,62	4,67	4,67	226,9	879,3	0,0100	1,95	1000,00	7,09	2,22	2,83	3,190
R179	5,98	2,16	2,16	250,9	1130,2	0,0100	3,82	1000,00	8,23	2,22	2,83	3,704
R109	5,55	0,51	/	164,7	1294,9	0,0100	5,04	1000,00	8,98	2,22	2,83	4,041

Tableau VI.4 : Récapitulatifs des résultats obtenus pour le collecteur secondaire (D)

N Regard	Cote TN	CFE amont [m]	CFE aval [m]	Distance partielle [m]	Distance cumulée [m]	pente I [m/ml]	P[m]	Φ [mm]	Q cumulé [m ³ /s]	Q _{ps} [m ³ /s]	V _{ps} [m/s]	r _q
R183	13,18	/	10,44	0	0	/	2,74					
R189	13,36	9,79	9,79	219,3	219,3	0,0030	3,57	1000,00	7,25	1,22	1,55	5,958
R194	13,53	9,19	9,19	200,6	419,9	0,0030	4,34	1000,00	7,35	1,22	1,55	6,043
DVO	13,60	8,30	8,30	208,3	628,2	0,0460	5,30	1000,00	0,17	4,76	6,06	0,035
R201	13,50	8,27	8,27	32,5	660,7	0,0009	5,23	1000,00	0,40	0,67	0,86	0,592
R206	13,26	7,52	7,52	176	836,7	0,0049	5,74	1000,00	1,65	1,56	1,98	1,063
R212	13,68	6,40	6,40	228,5	1065,2	0,0049	7,28	1000,00	3,28	1,56	1,98	2,109
R218	8,34	5,40	5,40	203,2	1268,4	0,0049	2,94	1000,00	8,03	1,56	1,98	5,164
R224	6,87	3,96	3,96	293,2	1561,6	0,0049	2,91	1000,00	9,99	1,56	1,98	6,427
R99	4,77	1,23	/	322,1	1883,7	0,0010	3,54	1000,00	12,15	2,22	2,83	5,470

VI.4.3-Interprétation des résultats

Les résultats obtenus nous ont confirmé l'existence d'un débordement énorme dans tout le réseau existant ($r_q = 97,867$) et en particulier le collecteur principal (A) qui suit un thalweg parallèle à la cote et qui reçoit plusieurs apports de la partie amont de notre zone d'étude.

En ce qui concerne les collecteurs secondaires de la partie amont qui diversifie dans le collecteur principal, on a trouvé un sous-dimensionnement mais avec un degré faible par rapport au collecteur principal.

VI.5-Présentation des variantes étudiées

Vu l'état actuel du réseau d'assainissement existant, nous avons conclu que le problème d'inondation dans notre zone d'étude est provoqué par le sous dimensionnement de réseau existant, pour cela nous allons étudier plusieurs variantes dont le but est de solutionner ce problème.

VI.5.1-Première variante

La 1^{ère} variante consiste à redimensionner le réseau existant en particulier le collecteur principale A à l'horizon futur (2053), afin de garder le même cheminement du collecteur principal ainsi que les mêmes pentes et les mêmes profondeurs que l'actuel.

La procédure de calcul que nous avons suivie lors de dimensionnement est la suivante :

- Estimation des débits des eaux usées et des eaux pluviales à l'horizon futur et avec un coefficient de ruissellement maximum ($C=0,9$) ;
- Calcul des diamètres avec la formule mentionné ci-dessus (formule VI.5) ;
- Choix de diamètre normalisé ;
- Calcul des paramètres hydraulique ($V_{ps}, Q_{ps}, V_{aut},$).

Les résultats de calcul obtenus pour le collecteur principal (A), et les collecteurs secondaires (B, C, D, E, F, G) sont présentés de forme des tableaux (voir annexe II.3).

Le tableau suivant montre un récapitulatif des résultats obtenus pour le collecteur principal (A).

Tableau VI.5 : récapitulatif de dimensionnement du collecteur principal (A)

N Regard	Cote TN	CFE amont [m]	CFE aval [m]	Distance partielle [m]	Distance cumulée [m]	pente I [m/ml]	P[m]	Φ_{cal} [mm]	Φ_{nor} [mm]	Q cumulé [m ³ /s]	Q_{ps} [m ³ /s]	VPS [m/s]	rq
R1	16,440		13,19	0,0	0,0		3,25			9,86			
R22	11,480	9,97	9,97	805,3	805,3	0,0040	1,51	2167	2400	12,43	15,60	3,44	0,796
R51	5,990	4,56	4,56	1318,9	2124,2	0,0017	1,43	5166	5200	82,22	85,28	4,01	0,964
R61	5,390	3,76	3,76	471,6	2595,8	0,0017	1,63	5356	5400	90,51	94,61	4,13	0,956
R87	4,790	2,12	2,12	964,8	3560,6	0,0017	2,67	5870	6000	115,59	126,40	4,47	0,914
R99	4,770	1,17	1,17	556,0	4116,6	0,0017	3,60	6167	6200	131,86	138,33	4,58	0,953
R109	5,550	0,43	0,43	434,7	4551,3	0,0017	5,12	6812	6800	171,90	178,34	4,91	0,963
R128	5,650	-0,95	-0,95	809,9	5361,2	0,0017	6,60	7169	7200	196,96	208,70	5,12	0,943
STR	5,64	-0,96	-0,96	10,0	5371,2	0,0017	6,60	7306	7400	207,14	208,70	5,12	0,992

Interprétation des résultats

Après avoir redimensionné le réseau existant en particulier le collecteur principal (A), on a trouvé des diamètres immenses de l'ordre de 7200mm à l'exutoire. Ces diamètres trouvés peuvent nous solutionner le problème d'inondation mais du fait qu'ils soient, cette solution n'a pas été retenue, d'où nous avons proposé une deuxième variante.

VI.5.2-Deuxième variante

La deuxième variante consiste à projeter deux galeries rectangulaires pour renforcer le collecteur principal (A).

Ces deux galeries sont placées en parallèle au réseau existant, et pour réduire les dimensions de ces deux galeries, on les projette sur deux cheminements différents.

La première suivra le même cheminement que le collecteur principal (A) et elle s'arrêtera au point intermédiaire de notre réseau existant (bassin de retenue projeté par la suite), cette galerie collecte les eaux pluviales d'une partie de domaine Ali-Sadek. (Figure VI.1).



Figure VI.1 : le cheminement de la 1ère galerie.

La deuxième suivra le chemin contraire de ce collecteur principal (A) (de l'exutoire de collecteur principal vers le point milieu de notre réseau). Cette galerie collecte les eaux pluviales des quartiers Bateau cassé, Stamboule et le reste du domaine d'Ali-Sadek. (Figure V.2)



Figure VI.2 : le cheminement de la 2^{ème} galerie.

La projection de ces deux galeries nous a posé un problème d'exutoire, pour y remédier, nous avons proposé de projeter un bassin de retenue entre les deux galeries, le contenu de ce bassin sera déversé par la suite dans la mer par pompage.

VI.5.2.1-Dimensionnement des galeries

Pour le dimensionnement des galeries nous avons suivi la procédure suivante :

1. Paramètres hydrauliques

Pour le dimensionnement des galeries ,on utilise la formule de Mannig –Strickler (formule VI.2)

Pour une section rectangulaire :

Le rayon hydraulique est :

$$R_h = \frac{S}{P} = \frac{B \cdot h}{B + 2h}$$

(VI.14)

Avec :

- B : la largeur de la galerie [m] ;
- h : la hauteur de la galerie [m].

Pour notre étude on prend comme première approche la section avantageuse $B=2h$

$$R_h = \frac{2h \cdot h}{2h + 2h} = \frac{h}{2}$$

(VI.15)

En remplace (VI.15) dans (VI.2) on aura :

$$h = \left(\frac{2^{2/3} \cdot V}{K_s \cdot I^{1/2}} \right)^{3/2} \quad (VI.15)$$

Avec :

- h : la hauteur de la galerie [m] ;
- V : la vitesse d'écoulement [m/s] ;

Pour le calcul de débit véhiculé on utilise la formule suivante :

$$Q_{veh} = V \cdot S$$

(VI.16)

Avec :

- Q_{veh} : c'est le débit véhiculé dans la galerie à pleine section , c'est -à-dire la capacité de la galerie [m^3/s] ;
- S :section de la galerie [m^2] ;

2. Les paramètres de vérification du type d'écoulement

2.1 La vitesse

Il faut que :

$$V_{min} \leq V \leq V_{max}$$

Avec ;

- V_{min} : vitesse minimale généralement égale à 0,6m/s
- V_{max} : vitesse maximale comprise entre 4et 6m/s
- V : vitesse d'écoulement [m/s].

2.2 Le nombre de Froude

Pour que le régime d'écoulement reste fluvialil faut que le nombre de Froude doivent rester inférieur à 1.

$$F_r = \frac{V}{(g \cdot Y_n)^{1/2}} < 1 \quad (\text{VI.17})$$

Avec :

- Fr : le nombre de Froude ;
- V : vitesse de l'écoulement [m/s] ;
- Y_n : hauteur normale de l'eau dans la galerie [m] ;
- g : accélération de pesanteur, égal à 9.81 [m²/s].

2.3 La hauteur critique

La hauteur critique doit rester inférieure à la hauteur normale de l'eau, c'est -à-dire :

$$Y_c < Y_n$$

$$Y_c = \left(\frac{Q^2}{g \cdot B^2} \right)^{1/3} \quad (\text{VI.18})$$

Avec :

- Y_c : Hauteur critique de l'eau dans la galerie (m) ;
- Q : débit dans la galerie.
- B : c'est la largeur de la section.
- g : accélération de pesanteur, égal à 9.81 (m²/s).

Les caractéristiques de profil en long des deux galeries ainsi que leur dimensionnement sont présentées sous forme des tableaux (voir annexe II.4)

Le tableau suivant montre un récapitulatif des dimensions des galeries projetés :

Tableau VI.6 : tableau récapitulatif des galeries

		Hauteur[m]	Largeur [m]
Galerie1	(G1-G8)	1,8	2,0
	(G8-G15)	3,0	2,9
Galerie2	(H1-H8)	2,5	3,0
	(H8-H18)	3,5	3,5

VI.5.2.2-Interprétation des résultats

Après avoir dimensionné les galeries, nous avons trouvé le même problème qu'on a rencontré lors de l'étude de la première variante (grandes dimensions), donc nous avons conclu que leur réalisation est impossible à cause de plusieurs contraintes (difficulté de réalisation vu l'urbanisation anarchique, sur la plans financier sa sera trop couteux).

Donc on considère cette variante comme solution non retenue de notre problème, pour cela on va étudiée une 3ème variante.

VI.5.3-Troisième variante

La troisième variante consiste à faire un réseau séparatif par les caniveaux c'est-à-dire une évacuation superficiel des eaux pluviales, et en ce qui concerne les eaux usées, ils seront collecter dans le réseau existant afin de rejoindre le poster de relevage projeter par la suite.

Pour cela on va projeter 20 caniveaux dont le but est de collecter la totalité des eaux pluviales afin de rejeter une partie dans oued El hamiz et le reste dans la mer.

La délimitation des sous bassin pour les caniveaux ainsi que leurs tracés en plan ont été effectués par auto-cad (voir la figure VI.3)

Les figures suivantes montrent le cheminement des caniveaux :

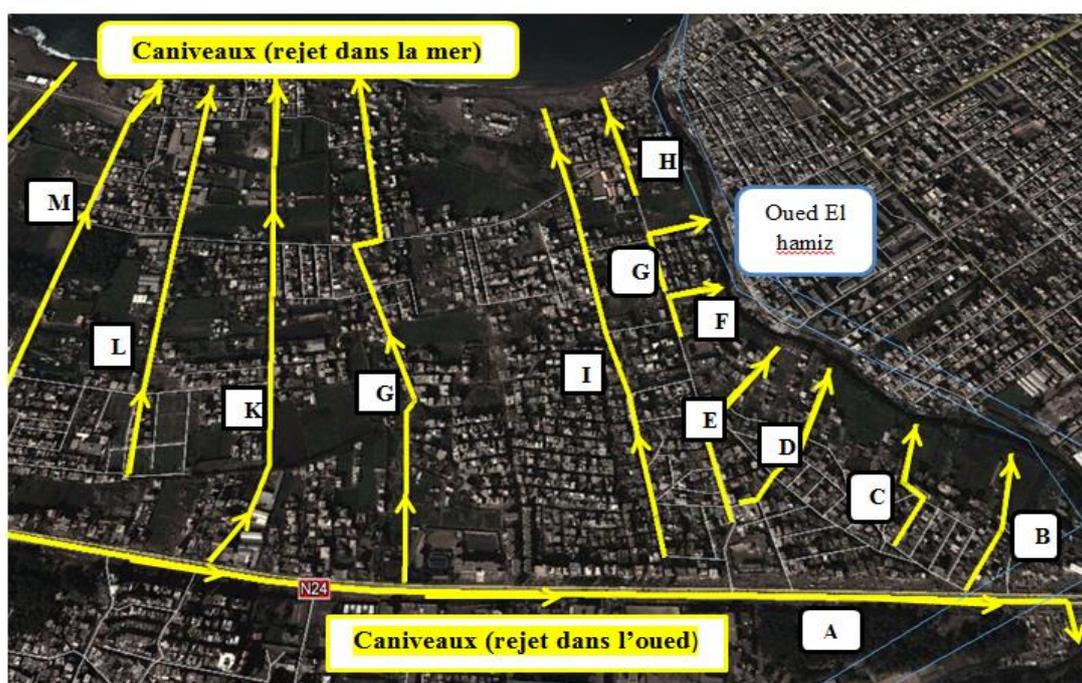


Figure VI.4 : le cheminement des caniveaux (1ère partie).

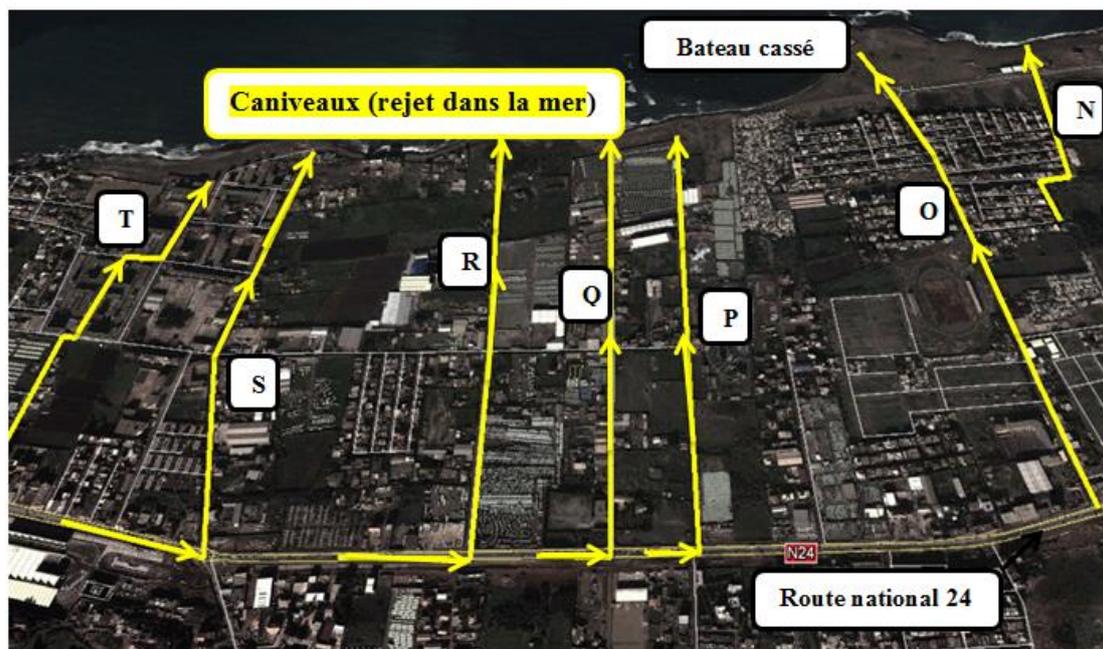


Figure VI.5 : le cheminement des caniveaux (2ème partie).

VI.5.3.1-Dimensionnement des caniveaux

Pour le dimensionnement des caniveaux on a suivi la procédure suivante :

- Délimitation des sous bassins pour chaque caniveau ;
- Calcul des débits des eaux pluviales collectées par chaque caniveau avec un coefficient de ruissellement varié entre 0,45 et 0,7 (voir annexe II.5) ;
- Le calcul des paramètres hydraulique a été effectué par les mêmes formules qu'on a utilisées pour le dimensionnement des galeries.

Remarque

Le coefficient de rugosité de Manning-Strickler utilisé lors de dimensionnement des caniveaux $K_s=110$ (cas de béton résine revêtue).

Les caractéristiques de profil en long ainsi que le calcul des paramètres hydraulique de chaque caniveau sont présenté sous forme des tableaux (voir annexe II.6).

Le tableau suivant montre un récapitulatif des dimensions générale trouvé pour quelques caniveaux :

Tableau VI.7 : Tableau récapitulatif des caniveaux

			Hauteur[m]	Largeur[m]
Rejet dans l'oued	Caniveau A	A1-A3	0,5	1,0
		A3-A9	1,1	1,0
		A9-A.Rj	1,4	1,5
	Caniveau B	B1-B.Rj	1,1	0,5
	Caniveau C	C1-C.Rj	1,2	0,5
	Caniveau D	D1-D.Rj	1,3	0,6
	Caniveau E	E1-E4	0,6	0,45
		E4-E.Rj	1,2	0,5
	Caniveau F	F1-F.Rj	0,8	0,5
Caniveau G	G1-G.Rj	0,8	0,5	
Rejet dans la mer	Caniveau I	I1-I4	1,0	0,8
		I4-I.Rj	1,5	1,1
	Caniveau J	I1-I8	1,0	1,1
		I8-I.Rj	1,7	1,1
	Caniveau K	K1-K6	0,9	1,0
		K6-K.Rj	1,6	1,3
	Caniveau L	L1-L.Rj	1,3	0,9
	Caniveau M	M1-M6	1,0	0,9
M6-M.Rj		1,5	1,0	

VI.5.3.2-Interprétation des résultats

Après le dimensionnement des caniveaux, nous avons constaté que les dimensions obtenues sont raisonnables et réalisables vu l'état des lieux de notre zone d'étude.

Ainsi, nous avons conclu que la totalité des eaux pluviales sera évacuée par les 18 caniveaux projetés, ces derniers nous ont réglé le problème d'exutoire rencontré dans la variante précédente par ce que l'évacuation est superficielle donc nous pouvons rejeter dans la mer ou bien l'oued sans aller en profondeur.

Conclusion

Après l'étude des trois variantes, nous allons opter pour la 3^{ème} (réseau séparatif eaux pluviales par les caniveaux), car elle nous a permis de résoudre le problème d'inondations répétitives dans notre zone d'étude, avec des dimensions réalisables. Et vu que l'évacuation sera à ciel ouvert, donc pour un bon fonctionnement du réseau il faut un entretien régulier des caniveaux.

Chapitre VII

Eléments constitutifs du réseau

VII.1-Introduction

Un réseau d'assainissement est un ensemble de canalisations et d'ouvrages. L'ensemble des canalisations est caractérisé par des conduites amont (égout), collecteurs et des émissaires. En ce qui concerne les ouvrages, il existe des annexes qui ont pour but d'améliorer le fonctionnement du réseau (déversoir d'orage, bassin de rétentionetc.), ainsi que des ouvrages principaux ayant pour effet de faire la liaison surface-réseau ainsi que la liaison réseau-milieu naturel.

VII.2-Ouvrages principaux

Les ouvrages principaux correspondant aux ouvrages d'évacuation des effluents vers le point de rejet ou vers la station d'épuration comprennent les conduites et les joints.

VII.2.1-Les canalisations

Elles se présentent sous plusieurs formes, cylindriques préfabriquées en usine, et sont désignées par leurs diamètres intérieurs, dit diamètres nominaux exprimés en millimètre; ou ovoïdes préfabriquées désignées par leur hauteur exprimée en centimètre. (Salah, 2007).

VII.2.2-Type de canalisation

Il existe plusieurs types de conduites qui sont différents selon leur matériau et leur destination.

VII.2.2.1-Conduites en béton non armé

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

VII.2.2.2-Conduites en béton armé

Les tuyaux en béton armé sont fabriqués mécaniquement par un procédé assurant une compacité élevée du béton (compression radiale, vibration, centrifugation). Les tuyaux comportent deux séries d'armatures, la première est formée des barres droites

appelées génératrices, la deuxième est formée des spires en hélice continues d'un pas régulier maximal de 1,5 m. La longueur utile ne doit pas être supérieure à 2m.

VII.2.2.3-Conduites en amiante – ciment

Les tuyaux et pièces de raccord en amiante - ciment se composent :

D'un mélange de ciment Portland et d'amiante en fibre fait en présence d'eau. Ce genre se fabrique en deux types selon le mode d'assemblage ; à emboîtement ou sans emboîtement avec deux bouts lisses. Les diamètres varient de 60 à 500 mm pour des longueurs variant de 4 à 5 m.

L'assemblage de cette conduite se fait par un joint roulant pour des tuyaux avec un emboîtement de diamètre variant entre 100 et 600 mm, il se fait aussi par un joint glissant pour des tuyaux sans emboîtement de diamètres variant entre 700 et 800 mm.

Ces conduites résistent bien à la corrosion électrochimique, mais l'inconvénient réside dans leur non disponibilité sur le marché pour des diamètres importants.

VII.2.2.4-Conduites en grès

Le grès servant à la fabrication des tuyaux est obtenu à parties égales d'argile contenant de silice, l'alumine et de sable argileux cuits entre 1200°C à 1300°C. Le matériau obtenu est très imperméable. Il est inattaquable aux agents chimiques, sauf l'acide fluorhydrique. L'utilisation de ce genre est recommandée dans les zones industrielles. La longueur minimale est de 1 m.

VII.2.2.5-Conduites en chlorure de polyvinyle (p.v.c) non plastifiées

Les tuyaux sont sensibles à l'effet de température au-dessous de 0°C. Ils présentent une certaine sensibilité aux chocs. L'influence de la dilatation est spécialement importante et il doit en être tenu compte au moment de la pose. La longueur minimale est 6 m. (Catalogue technique « tubes PVC et accessoires », Chiali).

VII.2.2.6-Les conduites ovoïdes

Ceux sont des conduites de forme parabolique évasées, fermées à leur partie supérieure. Cette forme de conduite a été mise au point afin d'obtenir une vitesse d'écoulement aussi constante que possible quel que soit le débit. Un autre intérêt de cette forme de conduites est de permettre un accès relativement facile au réseau.

Certains conduites possèdent des cuvettes uniquement (sorte de canaux à petite section) , d'autres, de section plus importante possèdent des cuvettes et banquettes. Généralement les conduites ovoïdes remplacent le profil circulaire quand celui-ci dépasse 800 mm de diamètres (problème d'auto-curage). La longueur utile de ces

conduites est au minimum de 1 m, et peuvent être présentés soit en béton ou en béton armé.

VII.2.3-Choix du type de canalisation

Dans la présente étude, les conduites en béton de forme circulaire sont les plus adaptées vue leurs avantages :

- Bonne étanchéité ;
- Pose et assemblage facile ;
- Bonne résistance mécanique ;
- Leur bonne stabilité dans les tranchées.

VII.2.2-Les canalisation visitables (hauteur Intérieure supérieure ou égale à 1,60 m)

Elles sont constituées par une cheminée de descente et une galerie d'accès sensiblement horizontale de dimensions suffisantes pour permettre, outre l'accès du personnel, l'intrusion des engins de curage. La cheminée de descente sera, en principe, située sous trottoir ou allée piétonnière accessible aux véhicules d'entretien.

Le radier de la galerie sera surélevé par rapport au radier de l'égout de façon que, par temps sec ou au moins aux faibles débits de temps de pluie, le radier ne soit pas recouvert par les eaux usées. Il sera légèrement incliné (environ 1 p. 100) en direction de l'égout afin que les eaux, qui occasionnellement le submergeraient, puissent s'écouler lorsque le niveau aura baissé.

La cheminée sera équipée soit d'échelons en matériau inaltérable soit d'une échelle amovible fixée sur quatre crochets scellés. Cette dernière disposition permet aisément le remplacement d'une échelle ou encore son enlèvement temporaire, pour faciliter le passage du matériel du curage ou d'entretien.

La cheminée sera équipée soit d'échelons en matériau inaltérable soit d'une échelle amovible fixée sur quatre crochets scellés. Cette dernière disposition permet aisément le remplacement d'une échelle ou encore son enlèvement temporaire, pour faciliter le passage du matériel du curage ou d'entretien (Instruction technique 1977).



Figure VII-1 : Exemples de collecteurs visitables (photo prise par les agents de la SEAAI)

Remarque

Vu l'importance des débits des eaux pluviales que nous avons estimé dans la zone d'étude, nous avons renforcé le réseau existant de type unitaire par des collecteurs visitables de hauteur supérieure à 1,5m (des galeries). Ces galeries sont de forme rectangulaire.

VII.3-Ouvrages annexes

Les ouvrages annexes ont une importance considérable dans l'exploitation rationnelle des réseaux d'égout. Ils sont nombreux et obéissent à une hiérarchie de fonction très diversifiée : fonction de recette des effluents, de fenêtres ouvertes sur le réseau pour en faciliter l'entretien, du système en raison de leur rôle économique en agissant sur les surdimensionnements et en permettant l'optimisation des coûts.

Les ouvrages annexes sont considérés selon deux groupes :

- Les ouvrages normaux ;
- Les ouvrages spéciaux.

VII.3.1-Ouvrages normaux

Les ouvrages normaux sont les ouvrages courants. On les trouve aussi bien en amont ou le long des réseaux. Ils assurent généralement la fonction de recette des effluents ou d'accès au réseau.

VII.3.1.1-Branchements

Les branchements doivent assurer les meilleures conditions d'hygiène pour l'habitation tout en sauvegardant le bon fonctionnement du réseau de collecte.

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

Un branchement particulier comporte :

- le raccordement à l'immeuble avec éventuellement, si la longueur et la pente du branchement le justifient, un ouvrage dit « regard de façade » situé sous le domaine public.
- une canalisation;
- le raccordement à l'égout public.

Le raccordement du branchement à l'égout public se fera :

- soit directement (sur un égout visitable ou sur un regard);
- soit par l'intermédiaire d'une « culotte de raccordement (dite aussi « tulipe ») adaptée à la nature de la canalisation lorsque les diamètres respectifs de la canalisation et du branchement le permettent;
- soit par l'intermédiaire d'une boîte de branchement.

VII.3.1.2-Bouches d'égout

Ce sont des ouvrages destinés à collecter en surface les eaux de ruissellement. Ils permettent par l'intermédiaire d'une canalisation d'acheminer ces eaux jusqu'à l'égout.

Elles peuvent être classées d'après deux critères principaux :

La façon dont on recueille les eaux :

- bouches à accès latéral aménagées au bord des trottoirs;
- bouches à accès par le dessus situées sous les promenades, parcs de stationnement ou sous caniveaux dans le cas de trottoirs étroits ou

particulièrement encombrés de câbles et de canalisations diverses ou en bordure des voies à forte pente.

La façon dont les déchets sont retenus :

- avec décantation;
- sans décantation (dans ce cas les bouches doivent être sélectives, c'est-à-dire comporter un panier amovible permettant d'arrêter les déchets).

1. Bouches d'égout à accès latéral (ou avaloirs)

Ce sont des ouvrages à ouverture latérale largement dimensionnée. Ils sont préférables aux grilles de caniveaux assez fragiles, souvent glissantes, que l'apport des feuilles et déchets divers risque d'obstruer au début du ruissellement et de les rendre par suite inefficaces.

2. Bouches d'égout à accès sur le dessus (bouches à grilles)

Ces ouvrages collectent les eaux de ruissellement au niveau du sol, en général en dehors de celles rassemblées dans les caniveaux de trottoirs.

Elles pourront dans les mêmes conditions que les bouches à avaloir être munies de puisards de décantation. Ceux-ci sont d'autant plus indispensables que le sol environnant est recouvert de sable ou de gravillons.

Il sera judicieux de placer ces bouches à grille en des points accessibles aux engins de curage et d'orienter les barreaux de grille perpendiculairement au sens de circulation.

VII.3.1.3-Regards

1. Notion et rôle

Les regards sont des ouvrages maçonnés constitués par un puits vertical surmonté d'un couvercle mobile. Leur conception doit leur permettre de résister tout en demeurant étanches à la poussée des terres et à celles engendrées par le passage des charges roulantes.

Leur rôle est de permettre :

- Pour les ouvrages visitables, l'accès au personnel pour les travaux d'entretien et de curage (regards visitables) ;
- Pour les ouvrages non visitables l'accès à ceux-ci par les engins de curage ou par des caméras ;
- Les ventilations des ouvrages.

Un regard doit être installé sur les canalisations :

- Au début de tout réseau ;
- A tout changement de direction ;

- A tous les points de jonction ;
- A tout changement de pentes ;
- A tout point de chute ;
- A tout changement de diamètre.

2. Type de regard

2.1 Regard de tête

Il est impératifs que le réseau d'assainissement débute par un regard qu'on appelle regard de tête, qui sert pour :

- Un éventuel curage mécanique ;
- Un éventuel branchement.

2.2 Regard de jonction

Il est prévu dans le but de joindre plusieurs conduites ou plusieurs réseaux quels que soient leurs diamètres.

2.3 Regard de visite

Il convient de prévoir des regards de visite à des distances assez rapprochées pour pouvoir accéder à l'entretien et au régulier des canalisations, de plus ils assurent la ventilation des égouts.

2.4 Regard de chute

Les regards de chute sont installés dans le cas des terrains à forte pente, celle-ci va être diminuée en remontant l'aval du tronçon au maximum possible et on approfondi l'amont qu'il y'ait des tronçons qui précèdent et qui crée une dénivelée entre la cote de la conduite d'entrée et celle de sortie provoquant ainsi une chute.

2.5 Regard intermédiaire

Il est installé dans le cas où la distance entre deux regards dépasse la norme, même si la pente du collecteur est régulière.

3. Dimensionnement du regard

Le dimensionnement d'un regard dépend des diamètres des conduites. Chaque regard a une profondeur différente d'un autre.

Les dimensions d'un regard sont données dans le tableau suivant :

Tableau VII .1 : Dimensions d'un regard

Diamètres des conduites [mm]	Dimension du regard [m x m]
------------------------------	-----------------------------

300	1,1x1,1
400	1,1x1,1
500	1,2 x 1,2
600	1,2x1, 2
800	1,6 x1, 6
1000	2,0 x2,0
1200	2,2x2,2
1500	2,5x2,5
1800	3,0 x3,0

VII.3.1.4-Les caniveaux

Ce sont des ouvrages annexes de voirie destinés à la collecte des eaux pluviales provenant de la chaussée et éventuellement du trottoir s'il y en a un.

Dans le cas de trottoir, ils sont constitués par une surface pavée ou une dalle préfabriquée et une bordure.

A noter que s'il n'est pas indispensable de réaliser des chaussées avec bordures cela reste cependant souhaitable.

Dans les petites agglomérations à caractère rural ou sur les voies de desserte secondaires on pourra se contenter d'accotements dérasés et de fossés latéraux pour la collecte des eaux pluviales. Mais, dès que la zone concernée devient plus considérable, le volume des eaux pluviales à évacuer nécessite des fossés importants, parfois bétonnés, entraînant l'établissement de ponceaux aux entrées cochères avec bien souvent des pertes de terrain utilisable, si bien que l'intérêt économique diminue beaucoup. Il y a également plus de risque aux dégradations des bords de la chaussée et des accotements.



Figure VII-2 : Exemples de caniveaux

Remarque

Dans la présente étude, la conception des caniveaux est essentielle et considérée comme solution de problème d'inondation qu'on a.

Les caniveaux dimensionnés dans notre projet ont pour but d'évacuer la totalité des eaux pluviales, (Les résultats de dimensionnement sont présentés dans le chapitre N^o VI).

Nous optons pour les caniveaux en béton, et vu les résultats obtenus (dimensions importantes), il est impératif de faire la réalisation sur place et ne pas utiliser les caniveaux préfabriqués.

VII.3.2-Ouvrages spéciaux

VII.3.2.1-Déversoir d'orage

Généralement, on désigne par le terme « déversoir » des ouvrages de dérivation conçus pour les flux et limiter le débit dirigé par temps de pluie vers l'aval du réseau

et donc vers la STEP (station d'épuration). Ce terme générique de déversoir peut être précisé par différents aspects (Vazquez, 2006) :

- Sur un réseau unitaire, on désigne par déversoir d'orage l'ensemble du dispositif dont la fonction est d'évacuer vers le milieu naturel les pointes de ruissellement de manière à décharger le réseau aval. Une deuxième fonction du déversoir est d'assurer un partage des flux polluants entre le milieu naturel et le collecteur aval.
- Le déversoir d'orage est un ouvrage permettant le rejet direct d'une partie des effluents au milieu naturel lorsque le débit à l'amont dépasse une certaine valeur. Les déversoirs d'orage sont généralement installés sur les réseaux unitaires dans le but de limiter les apports au réseau aval et en particulier dans la STEP (station d'épuration) en cas de pluie.

Un déversoir d'orage est donc un ouvrage de contrôle permettant une régulation hydraulique des effluents en réseau d'assainissement (**Figure VII-3**). Il dérive une partie des effluents lorsque le débit à l'amont dépasse une certaine valeur que l'on appelle "débit de référence". Le débit dérivé peut sortir complètement du système d'assainissement, soit y être réinjecté après stockage dans le bassin (Vazquez, 2006).

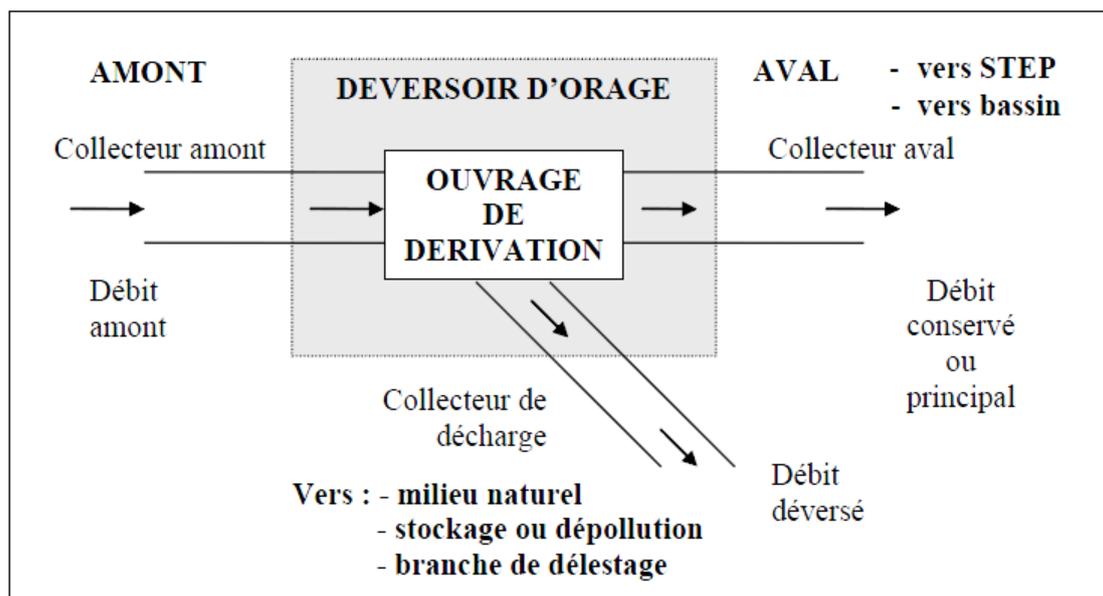


Figure VII-3 :Schéma de principe du déversoir d'orage.

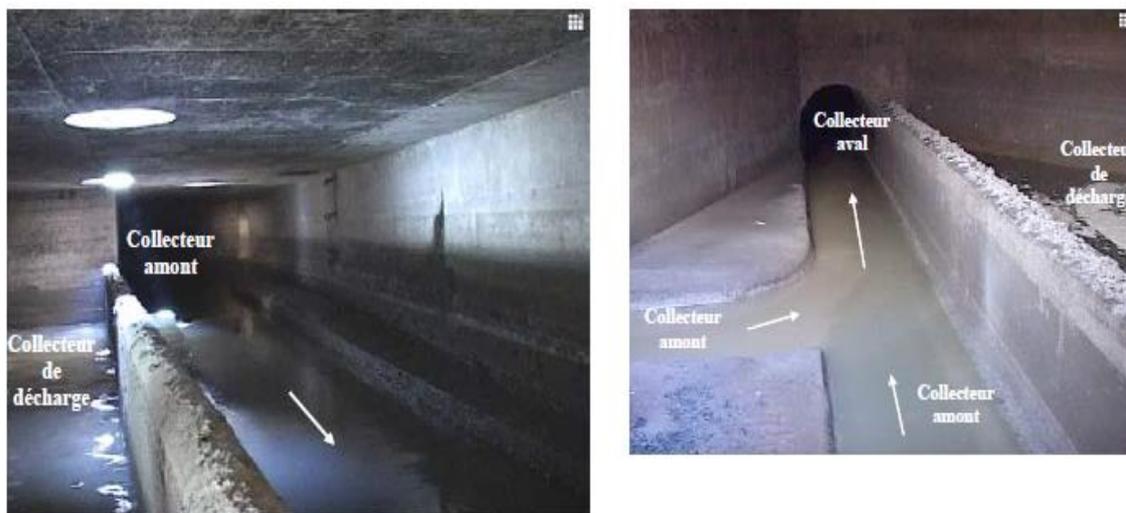


Figure VII-4 : Exemple de déversoir d'orage.

1. Emplacement des déversoirs 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 lâchers 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. (Salah, 2007).

2. Les types des déversoirs

2.1 Déversoir à seuil frontal

Le déversement s'effectue en face du collecteur d'amenée ou dans un changement de direction.

Dans cette disposition, le seuil ne doit pas être élevé pour ne pas trop réduire la section d'écoulement.

Pour calculer le débit déversé, la formule la plus utilisée est celle de Bazin, dont l'expression est la suivante :

$$Q = \mu * L * H * \sqrt{2 * g * H}$$

(VII.1)

Dans laquelle :

Q : Débit au niveau du seuil déversoir (m³/s) ; μ : Coefficient expérimental dont la valeur est fonction du type de seuil ; L : Longueur de la lame déversant (m) et g : Accélération de la pesanteur (9,81m/s²).

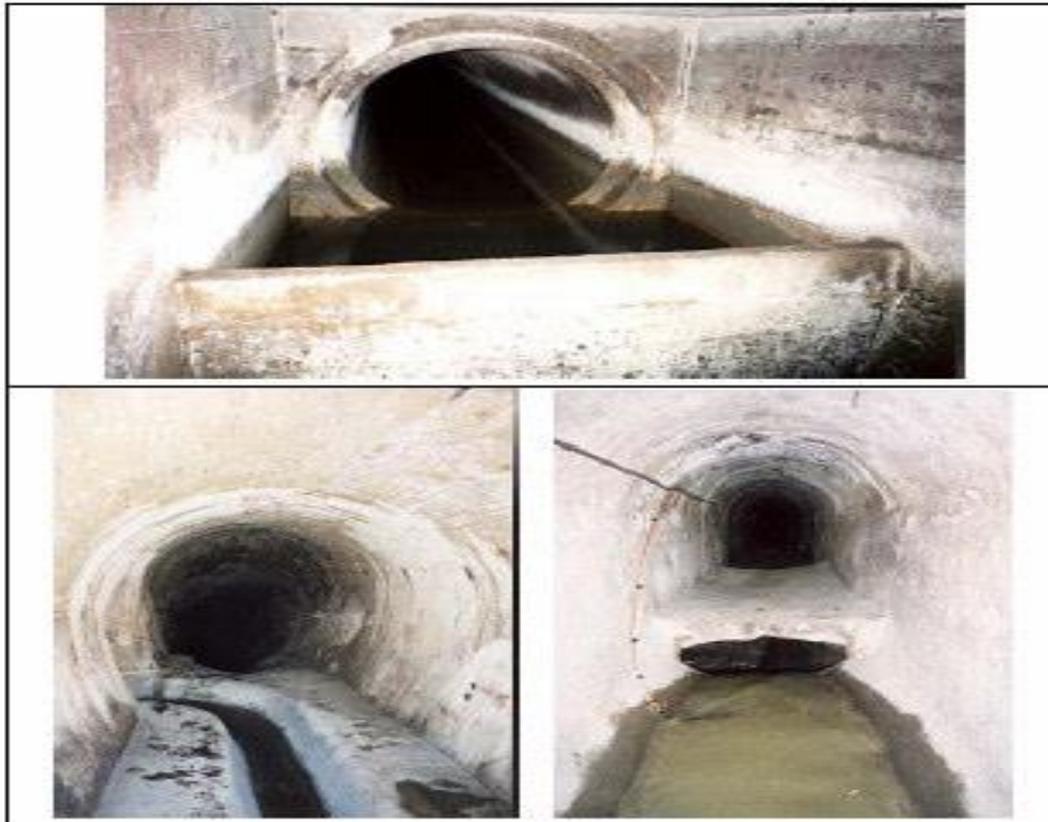


Figure VII-5:Exemples de déversoir frontal

2.2 Déversoir à seuil latéral

Le déversoir classique à seuil latéral ou de dimension standard à seuil haut ou bas peut être partialisé et équipé de dispositifs de vannage.

Il présente l'intérêt majeur de permettre la conception de seuil long sans occuper beaucoup de place. On notera, à ce propos, que la longueur de crête déversante d'un déversoir latéral, calculée selon la formule d'Engels, est de 3 à 4 fois plus importante que celle d'un déversoir frontal.

Cette longueur de la lame de déversoir calculée est donnée par la même expression :

$$L = \left[\frac{Q}{\frac{2}{3} \mu \sqrt{2g} H^{1,67}} \right]^{\frac{1}{0,83}} \quad (\text{VII.1})$$

Dans laquelle :

Q : Débit déversé (m³/s) ; μ : Coefficient de débit exprimé, d'après la formule de Bazin (μ moyen = 0,40) et H : Hauteur de charge (m) mesurée dans les conditions définies précédemment.

- S'il s'agit d'un seuil latéral bas (le rapport entre le diamètre du collecteur d'entrée et la hauteur du seuil étant important), il n'est pas possible de mettre en place un orifice calibré réglable, tout au plus un masque sur la partie du collecteur de sortie ;
- Au contraire, s'il s'agit d'un seuil latéral haut (le rapport entre la hauteur du seuil et le diamètre du collecteur de sortie étant supérieur ou égal à 2), il est obligatoire de mettre en place une vanne réglable pour ajuster le calibrage du débit conservé.

2.3 Déversoirs à seuil simple

Le seuil est placé d'un seul côté de l'ouvrage. Ce type de déversoirs représente environ 85% des déversoirs à seuil.



Figure VII-6 : Exemple de déversoir à seuil simple.

2.4 Déversoirs à seuil double

Le seuil est placé de chaque côté de l'ouvrage. Ce type de déversoir représente environ 15% des déversoirs à seuil. Ce sont des déversoirs suspendus.



FigureVII-7 : Exemple de déversoir à seuil double

3. Dimensionnement de déversoir d'orage

Pour notre cas, nous optons pour la double dilution, c'est à dire, une partie d'eau usée domestique pour une partie d'eau pluviale. Donc, le débit qui se dirige vers le poste de relevage par l'intermédiaire du déversoir d'orage est égal à deux fois le débit de temps sec. Le débit restant sera rejeté vers l'exutoire par des caniveaux ou par des conduites. Le déversoir sera placé dans la région haute de la zone d'étude à coté du domaine d'Ali Sadek sur le collecteur principal **D** au niveau du tronçon 200-201.

Cet endroit permet l'évacuation rapide vers Oued el Hamiz qui est distant de 320 m du déversoir d'orage.

Remarque

Dans notre projet, nous opterons pour le déversoir d'orage à seuil latéral, car notre terrain est caractérisé par une faible pente, et ce genre de déversoir d'orage présente une facilité d'entretien et d'exploitation.

Pour le dimensionnement du déversoir d'orage, nous appliquons les formules représentées dans le tableau suivant :

Tableau VII .2 : Formules utilisées pour le dimensionnement de déversoir

$Q_{tot} = Q_{ts} + Q_{tp} \dots \dots \dots$ <p style="text-align: center;">(VII.3)</p>	Q_{tot} : débit total entrant [m^3/s] ; Q_{ts} : débit de temps sec [m^3/s] ; Q_{tp} : débit de temps pluvieux [m^3/s].
	Q_{dev} : débit déversé [m^3/s] ;

$Q_{dev} = Q_{tot} - Q_{st} \dots \dots \dots (VII.4)$ $Q_{st} = (n + 1) * Q_{ts} \dots \dots \dots (VII.5)$	Q_{st} :débit allant vers l'aval du réseau sec [m ³ /s] ; n : coefficient de dilution généralement pris égal à 1.
$H_e = r_h * D \dots \dots \dots (VII.6)$	H_e : hauteur d'eau à l'entrée du déversoir (conduite d'amenée)[m] ; r_h : degré de remplissage.
$H_{dev} = [H_e - H_s] / 2 \dots \dots \dots (VII.7)$ $L = \frac{3}{2} * \frac{Q_d}{\mu \sqrt{2 * g} (H_d)^{(3/2)}} \dots \dots \dots (VII.8)$ (formule de Bazin)	H_{dev} : hauteur déversée (charge sur le seuil du déversoir)[m] ; L : longueur du seuil déversant[m] ; μ : coefficient expérimental dépendant de la nature du déversoir d'orage; il est généralement pris égale à 0,485. g : accélération de la pesanteur égale à 9,81m ² /s
$H_s = r_h * D \dots \dots \dots (VII.9)$	H_s : hauteur d'eau à la sortie du déversoir[m] ; r_h ; degré de remplissage.

Source : [guide technique sur le fonctionnement des déversoirs d'orage, José VAZQUEZ]

Les résultats de dimensionnement de déversoir d'orage sont présentés sur les tableaux qui suivent :

Tableau VII.3 : Résultats des différents débits

Q_{ts} [m ³ /s]	Q_{st} [m ³ /s]	Q_{tot} [m ³ /s]	Q_{dev} [m ³ /s]
0,0082	0,1650	27,5900	27,4250

- Pour la conduite d'amenée qui est le collecteur de Baccora existant déjà, on a la hauteur d'entrée H_e du déversoir qui est égale à la hauteur d'eau dans ce collecteur (Tiré du tableau de dimensionnement).

$$H_e = 1,144 \text{ m et } I_1 = 0,046 \text{ m/ml}$$

- Pour la conduite de sortie :

Les caractéristiques de la conduite de sortie ($Q_{st}, I_2, \Phi, Q_{ps}$) sont tirées à partir de tableau de dimensionnement.

Tableau VII .4 :Caractéristiques de la conduite de sortie.

Q_{st} [m ³ /s]	I_2 [m/ml]	Φ (mm)	Q_{ps} [m ³ /s]	r_q	r_h	H_s (m)
0,165	0,0049	800	0,381	0,432	0,46	0,368

- r_q :Rapport des débits (Q/Q_{ps}) ;
- r_h : Degré de remplissage.

Ces deux paramètres sont présentés sur l'abaque (voir annexe).

Tableau VII .5 :Récapitulatif de dimensionnement de déversoir d'orage.

H_e (m)	H_s (m)	H_{dev} (m)	L(m)
1,144	0,368	0,776	28,03

Donc nous prenons la longueur de notre déversoir d'orage est égale à 28m.

VII.3.2.2-Bassin de retenue d'eau pluviale

A cet égard, l'économie des projets, qui reposait jusqu'ici essentiellement sur les nécessités d'évacuer le plus rapidement possible les effluents vers le milieu naturel (récepteur) le plus proche peut-elle être remise en cause et modifiée en conséquence ?

En effet, on peut naturellement transposer, en invitant les concepteurs à rechercher des solutions a priori plus économiques, moyennant l'interposition d'ouvrages de retenue d'un type nouveau.

1. L'objectif des bassins

Les bassins de retenue sont des réservoirs d'accumulation d'eau pluviale. La technique actuelle s'oriente vers la réalisation des bassins de retenue, destinés à régulariser les débits d'eaux météoriques et réduire les dimensions des collecteurs d'évacuation, et en fonction d'objectifs parmi lesquels on peut éviter :

- L'adaptation du tissu urbain dans lequel se situe le bassin ;
- L'objectif de qualité pour l'utilisation prévue ;
- L'objectif de qualité pour le milieu récepteur aval.

2. Type de bassins

Les bassins de retenue sont essentiellement constitués par :

- Un corps de bassin (fond et berge).
- Un ouvrage aval, généralement constitué par une digue avec dispositif d'évacuation des eaux ;

Ils se divisent en deux types :

- Les bassins secs ;
- Les bassins en eau.

2.1 Les bassins secs

Ils sont généralement vides sauf pendant la période consécutive à un orage, laquelle ne doit pas excéder quelques jours. Le fond doit avoir une pente minimale de 0,05 m/m afin d'éviter la formation des zones marécageuses. Les pentes de berges doivent être au maximum de :

- 1/6 si les apports du bassin sont accessibles au public ;
- 1/2 dans le cas contraire.

Pour les bassins « à sec » par contre, afin de s'assurer que des zones marécageuses ne risquent pas de se former, il conviendra de considérer, indépendamment du niveau maximum de la nappe en périodes pluvieuses, la fréquence probable d'utilisation de la retenue.

Ce type de bassin plutôt réservé aux zones rurales est généralement plus économique que le type en eau. (Instruction technique 1977).

2.2 Les bassins en eau

Ces bassins présentent un plan d'eau permanent, même en période sèche de longue durée.

Dans le cas d'un bassin en eau, choisi comme un parti désirable pour des considérations d'intégration à un aménagement paysager, une étude du bilan hydrologique devra être faite avec un soin particulier compte tenu des éventuels risques de dégradation (abaissement anormal du plan d'eau, ensablement, fermentations malodorantes, aspect désagréable par suite de l'irisation de surface provoquée par des déversements d'hydrocarbures, etc.). La consultation du géologue officiel est vivement recommandée.

Il convient de noter à ce propos que les réalisations de bassins de retenue « en eau » sont encore trop récentes pour que l'on puisse déterminer leur comportement avec certitude - il n'est donc possible, actuellement, que d'énoncer des principes généraux en attendant une amélioration des connaissances relatives à la pollution des eaux pluviales et à la réaction des bassins en eau à la pollution qui leur est apportée.

3. Méthode de calcul du volume d'un bassin

Deux méthodes pour le calcul du volume d'un bassin existent et qui sont la méthode, dite des pluies et la méthode dite des volumes. Dans ces deux méthodes supposent que le débit sortant est constant.

Le calcul du volume d'un bassin, tient compte de certains paramètres qui ne sont pas négligés :

- La quantité d'eau de pluie tombée directement sur la surface du bassin
- Des apports d'eau de ruissellement recueillis en amont pendant une précipitation.
- Les sources alimentant de manière continue la retenue.

Tous ces facteurs permettent le remplissage de la retenue, parallèlement d'autres paramètres tendent à vidanger la retenue à savoir :

- Le débit d'évacuation destiné à d'autres utilisations (irrigation, station d'épuration).
- Les pertes d'eau par évaporation qui sont faibles et peuvent être négligées.
- Les pertes d'eau par infiltration. (Instruction technique 1977).

3.1 Méthode dite des pluies

Cette méthode se base essentiellement sur un principe hydraulique, et par conséquent, nous citons uniquement les étapes à suivre pour la détermination du volume.

- Il faut connaître la fréquence de pluie et la valeur du débit demandé.

(Q) : C'est à dire le débit qui sort du bassin de retenue.

Détermination du volume

$$V_1 = 3600 * Q * t \text{ (m}^3\text{)} \text{ (VII.10)}$$

Avec, V_1 : volume en (m^3), Q : débit de vidange en (m^3/s) et t : en heure.

Le volume correspondant par hectare de surface active du bassin urbanisé est donc :

$$V_2 = \frac{V_1}{S} * C_a = 3600 * Q * \frac{T}{S} * C_a \quad \text{(VII.20)}$$

Correspondant à une hauteur d'eau :

$$h = 3600 * Q * \frac{T}{S} * C_a \quad \text{(VII.21)}$$

avec, h : en mm ; Q : en m^3/s ; S : surface totale du bassin à drainer en ha ; T : temps en h et C_a : coefficient d'apport compris entre 0,05 et 0,6

On peut alors reporter sur le graphique de la droite $h(t)$ OB donnant, en fonction du temps, la hauteur d'eau évacuée (Figure VII-6). A partir d'une loi statistique, nous avons établi pour chaque intervalle de temps une courbe donnant les hauteurs de pluie correspondant à différentes durées moyennes de retour.

La différence d'ordonnée entre cette droite et la courbe enveloppe choisie donne à chaque instant la hauteur de pluie à stocker. L'écart maximal Δh obtenu en menant la tangente à la courbe enveloppe parallèle à OB correspond à la hauteur d'eau de pluie à stocker et le volume du bassin est donné par la formule :

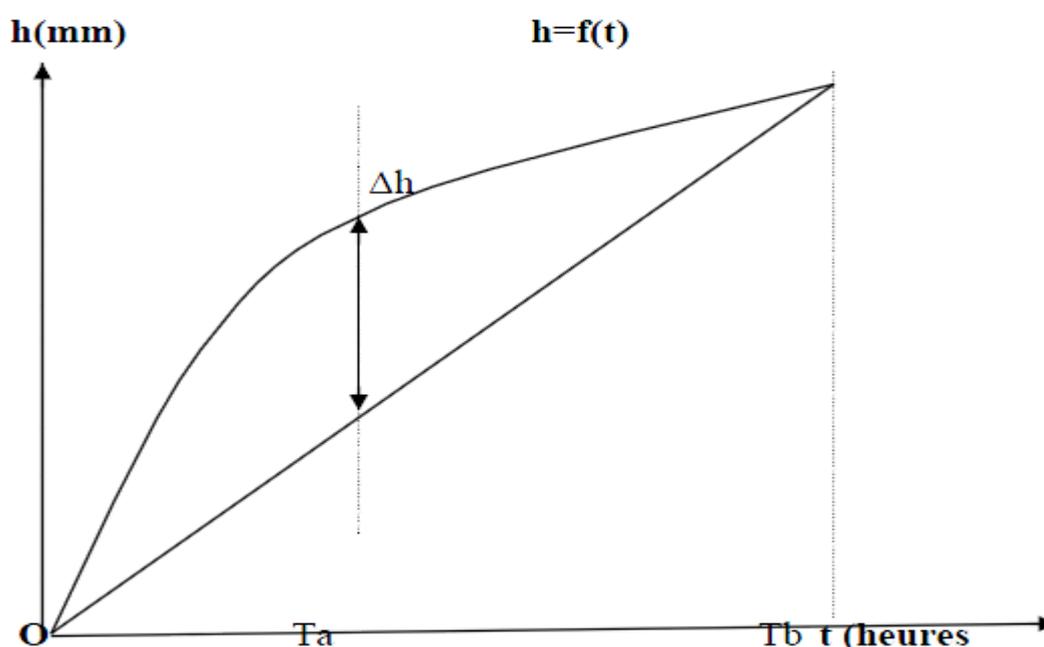


Figure VII-6 : Graphe de la hauteur de la pluie en fonction du temps.

$$V = 10 * \Delta h * S * C_a \quad (\text{VII.22})$$

- T_a : le temps de remplissage ;
- $T_b - T_a$: le temps de vidange.

3.2 Méthode dite des volumes

La détermination du volume d'un bassin peut s'effectuer selon le processus général exposé précédemment mais en l'appliquant, cette fois, non à la courbe enveloppe mais à chaque épisode pluvieux particulier. En ajustant les résultats trouvés à une loi statistique, on a obtenu, pour chaque débit de vidange, une courbe donnant la hauteur à stocker en fonction de la durée de retour

Cette méthode suppose le débit (Q) demandé sensiblement constant :

$$Q = C_a * S * \frac{q}{360} \quad (\text{VII.23})$$

Avec, Q: débit de fuite en (m³/s), C_a: coefficient d'apport (C_a=S_a/S), S: surface totale en (ha), S_a: surface active en (ha) et q : débit de fonctionnement de bassin en (mm/h)

On détermine le débit q d'après la relation suivante :

$$q\left(\frac{\text{mm}}{\text{h}}\right) = 360 * \frac{Q}{S_a} \quad (\text{VII.24})$$

Par un abaque spécial, en fonction de la période de retour choisie et le débit de fuite de q (mm/h), on détermine la hauteur d'eau h_a (mm) qui est la capacité spécifique de stockage moyennant les principes hydrologiques

On détermine le volume V moyennant, la relation :

$$V(\text{m}^3) = 10 * h_a * S_a \quad (\text{VII.23})$$

4. Dimensionnement de bassin de retenue

Vu l'absence d'exutoire qu'on a constaté lors de notre étude (variante n^o3), donc il est nécessaire de dimensionner un bassin de retenue entre les deux galeries de renforcement, a pour but de stocker tous les eaux pluviale collecter par ces deux dernière.

Le bassin retient la totalité d'un volume d'une pluie de 15 min, et sera évacué dans 24h par pompage, ce qui changera réellement la vocation de ce bassin, qui sera un bassin de stockage, donc le débit de sortie (débit de fuite) est négligeable devant le débit d'entrée, et vu que le débit de fuite est un paramètre nécessaire pour la détermination de volume du bassin, donc on ne peut pas appliquer les deux méthodes présentées ci-dessus.

Pour cela, ces contraintes nous mets dans l'obligation d'utiliser la formule suivante :

$$V = Q_t * t \quad (\text{m}^3) \quad (\text{VII.26})$$

Avec, V : Volume de bassin (m³) ; Q_t :Le débit total d'entrée (m³/s) et t : durée de la pluie (s).

Pour notre étude, nous avons :

- Le débit total d'entrée est égal à 88,72 m³/s ;
- On prend 15 min comme durée de pluie donc t= 900 seconde.
- Ce qui donne V=88,72*900=79848m³

Donc le volume de bassin est égal à 80000m^3

Pour les dimensions de ce bassin, on fixe la hauteur à 4m donc il nous faut une surface de 2ha.

➤ $H=4\text{m}$

➤ $S=2\text{ha}$

Conclusion

Pour une exploitation rationnelle de notre réseau d'assainissement, il est nécessaire de faire un bon choix des conduites qui le constituent.

Ainsi dans notre cas et après avoir exposé les divers types de conduites, on a opté pour des conduites circulaires en béton et béton armé pour le réseau unitaire, ainsi que pour le renforcement on a opté pour des collecteurs visitable en béton armé, et en ce qui concerne le réseau séparatif nous avons choisi les caniveaux en béton pour l'évacuation des eaux pluviales.

D'autre part, pour faciliter les opérations de curage et assurer une meilleure sécurité à notre réseau. Nous avons procédé à l'implantation et au dimensionnement des divers éléments constitutifs du réseau d'égouts à savoir :

- un déversoir d'orage de types latéral ;
- Un bassin de retenue.

Chapitre VIII

Le poste de relevage

VIII.1-Introduction

Un réseau d'assainissement de type séparatif doit transiter les eaux pluviales vers le milieu naturel, et les eaux usées vers leurs exutoire (la station d'épuration), parfois, les compagnies d'exploitation rencontrent un problème dans l'évacuation des eaux usées d'une manière gravitaire vers la STEP, c'est dans le cas où la côte du dernier point de ce réseau d'assainissement est inférieur à la côte de l'exutoire, alors ils optent à la conception de " poste de relevage" comme solution.

Dans ce chapitre nous allons développer tous détails sur les stations de pompage, ainsi les raisons de la conception de la poste de relevage de Bordj el Kiffan, et tous les détails techniques.

VIII.2-Les éléments constitutifs de la poste de relevage

Principalement, et dans le cadre de notre étude, nous pouvons citer comme éléments constitutifs de la poste de relevage ce qui suit :

- Le puisard ;
- Le système de relevage ;
- Les conduites ;
- Equipements électriques (câblage, groupe électrogène,...);
- Les systèmes de régulation (les automates,...) ;
- Les ouvrages annexes (ouvrages de sécurité, dégrillage, dessablage, ...).

Nous développerons dans ce qui va suivre les trois premiers points ainsi que les ouvrages annexes, c'est-à-dire les éléments hydraulique du poste de relevage, les autres points n'entrent pas dans le cadre de notre étude (mécanique, électrotechnique, automatique ...)

VIII.2.1- Le puisard

VIII.2.1.1- Définition

Le puisard est un puits conçu pour la réception des eaux résiduelles (usées) avant qu'elles soient évacuées vers leur exutoire qui est la station d'épuration.



Figure VIII-1 : Puisard dans un poste de relevage.

VIII.2.1.2- Dimensionnement du puisard

Le puisard est caractérisé par sa capacité (volume en m^3) dont on explicite le volume total d'un puisard comme suit :

$$(VIII.1) \quad V_T = V_0 + V_u$$

Avec , V_T : volume total du puisard [m^3]; V_0 : volume mort du puisard [m^3] il correspond à une hauteur H_0 à partir de la base du puisard pour que la pompe soit toujours immergée, cela pour éviter le phénomène de cavitation ; V_u : volume utile du puisard [m^3], il correspond à un nombre de démarrages de la pompe donné par la formule suivante :

$$(VIII.2) \quad V_u = Q/4 * m$$

Avec , Q : c'est le double de débit des eaux usées de notre aire d'étude à l'horizon futur [2053] qui est égale à $1.469 m^3/s$; m : nombre de démarrage de la pompe par heure, c'est un choix technico-économique, nous prenons pour notre cas $m = 4$.

– Détermination de la hauteur du puisard

Dans le dimensionnement d'un puisard, nous nous focalisons surtout sur la coordonnée géométrique (hauteur) car suivant cette dernière qu'on a plus de contraintes (station proche de la mer, et côte fil d'eau inférieur à 00 m).

Une fois la hauteur du puisard est déterminée, nous aurons une surface de puisard à trouver (largeur*longueur), suivant ces deux paramètres nous avons plus de liberté dans le dimensionnement.

$$H_u = V_u / A_{\text{puisard}} \quad (VIII.3)$$

Avec, H_u : hauteur du puisard pour le volume utile et A_{puisard} : section horizontale du puisard.

Et enfin pour avoir la hauteur totale du puisard :

$$H_{\text{puisard}} = H_0 + H_u$$

(VIII.4) Avec, H_0 : hauteur du puisard pour le volume mort.

Nous donnons les résultats de l'application des quatre dernières formules dans le tableau qui suit :

Q[m ³ /h]	m	H ₀ [m]	V _u [m ³]	H _u [m]	A _{puisard} [m ²]	V ₀ [m ³]	V _T [m ³]	H _{puisard} [m]
5288,40	4	0,50	330,57	2,50	121,00	32,43	363,00	3,00

VIII.2.2- Le système de relevage

Dans le système de relevage les pompes constituent l'élément essentiel, sur lequel tout ou presque va se greffer.

VIII.2.2.1- Définition de la pompe

Les pompes sont des machines hydrauliques qui déplacent un fluide d'un endroit à un autre en augmentant sa pression entre les tubulures d'entrée et de sortie.

La pression donnée au liquide après son passage dans la pompe permet de vaincre les pertes de charges et aussi d'élever ce liquide à une certaine hauteur.

Suivant les conditions d'utilisation, ces machines communiquent au fluide, de l'énergie potentielle (par accroissement de la pression en aval) soit de l'énergie cinétique par la mise en mouvement du fluide.

Ainsi, on peut vouloir augmenter le débit (accroissement d'énergie cinétique) ou/et augmenter la pression (accroissement d'énergie potentielle) pour des fluides gazeux, liquides, visqueux, très visqueux,... C'est pourquoi la diversité des pompes est très grande.

VIII.2.2.2- Types et classification des pompes

On distingue deux grandes familles de pompes :

- les pompes **centrifuges** où le mouvement du fluide est générée par la force centrifuge.
- les pompes **volumétriques** dont l'écoulement résulte d'une variation de volume de l'espace occupé par le liquide

1. Pompes centrifuges

1.1. Principe de fonctionnement

Les pompes centrifuges sont composées d'une roue à aubes qui tourne autour de son axe, d'un stator constitué au centre d'un distributeur qui dirige le fluide de manière adéquate à l'entrée de la roue, et d'un collecteur en forme de spirale disposé en sortie de la roue appelé volute.

Le fluide arrivant par l'ouïe est dirigé vers la roue en rotation qui sous l'effet de la force Centrifuge lui communique de l'énergie cinétique. Cette énergie cinétique est transformée en énergie de pression dans la volute.

Un diffuseur à la périphérie de la roue permet d'optimiser le flux sortant est ainsi de limiter les pertes d'énergie.

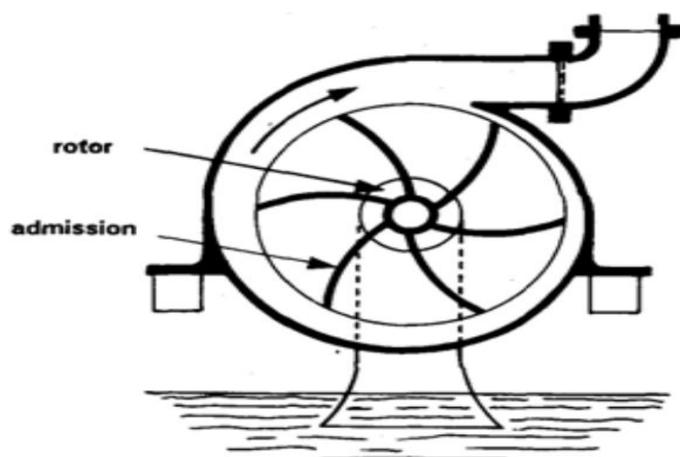


Figure VIII-2 : Pompe centrifuge.

1.2. Caractéristique

D'un point de vue hydraulique, les trois principaux paramètres qui caractérisent une pompe que nous pouvons représenter graphiquement :

- le débit volumique Q ;
- la hauteur manométrique H ;
- le rendement η .

Afin de caractériser une pompe, la hauteur manométrique et le rendement sont tracés en fonction du débit.

Le point de fonctionnement se situe à l'intersection de la caractéristique de la pompe et de celle du réseau $H_{pompe} = \Delta H_{réseau}(Q)$ Idéalement, la caractéristique du circuit coupe la courbe de la pompe pour un débit qui correspond à son rendement maximal. Une dispersion de 25% autour de ce point est cependant acceptable.

Les pertes de charges du réseau étant de la forme $\Delta H_{réseau} = \alpha \frac{V^2}{2g}$

alors le point d'intersection sera défini par :

$$\Delta H_{\text{réseau}} = H_{\text{géo}} + RQ^2$$

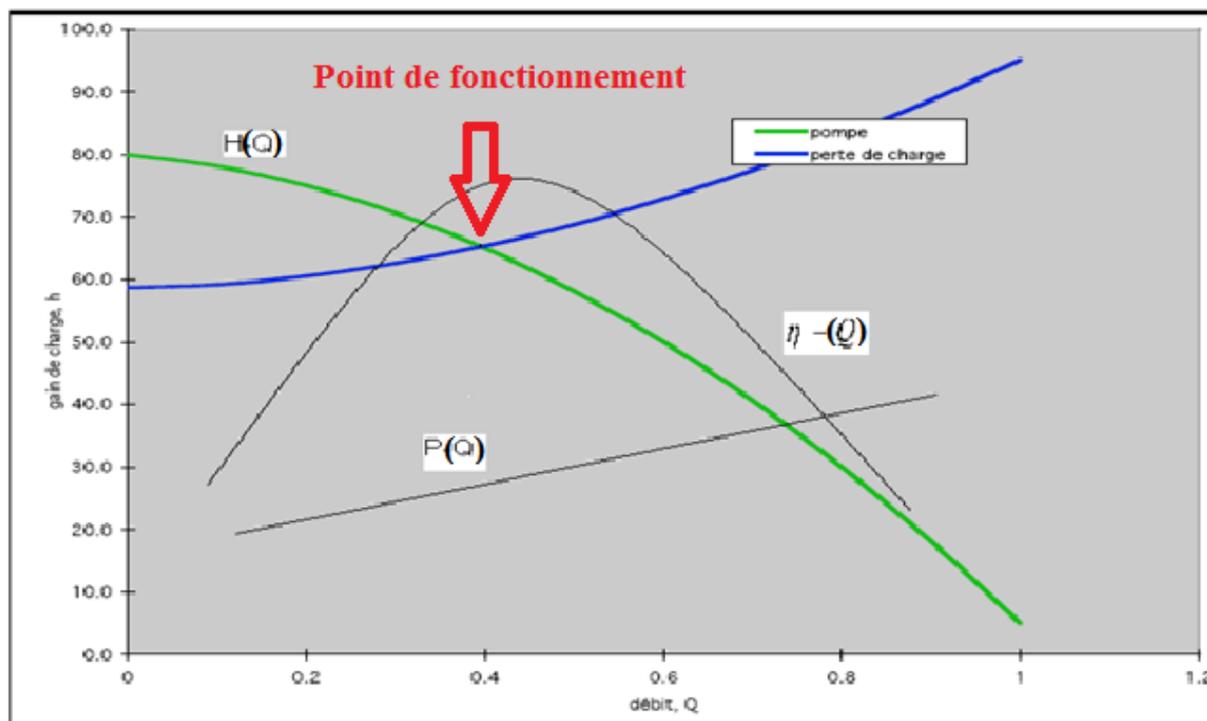


Figure VIII-3 : Exemple de la courbe caractéristique d'une pompe et son point de fonctionnement.

1.3. Amorçage

Les pompes centrifuges ne peuvent s'amorcer seules, sauf dans le cas de pompe submersible. L'air contenu nécessite d'être préalablement chassé. On peut utiliser un réservoir annexe placé en charge sur la pompe pour réaliser cet amorçage par gravité.

Pour éviter de désamorcer la pompe à chaque redémarrage il peut être intéressant d'utiliser un clapet anti-retour au pied de la canalisation d'aspiration.

1.4. Classement des pompes centrifuges

Nous pouvons classer les pompes centrifuges selon les critères suivants :

- le nombre d'étages ou de cellule (monocellulaire / multicellulaire) ;
- la position de l'arbre (horizontal ou vertical) ;
- le corps (radial ou axial) ;
- le nombre de flux d'aspiration de la roue (simple flux ou double flux) ;
- l'immersion du moteur (moteur à sec /moteur submersible/moteur à rotor noyé).

Ces caractéristiques, qui en général définissent une gamme de pompes, d'autres caractéristiques d'une pompe centrifuge sont en outre :

- le type d'installation ;
- le diamètre nominal (pour la taille, en fonction du débit) ;
- la pression nominale (pour l'épaisseur des parois et des brides) ;
- la température (pour le refroidissement des étanchéités d'arbre par exemple) ;
- le fluide transporté (abrasif, agressif, nocif) ;
- le type de roue (radial / axial, en fonction de la vitesse de rotation spécifique) ;
- l'amorçage automatique (pour les pompes submersible ou à rotor noyé) ;
- le joint de corps, la disposition des brides, un corps barrel.

1.5. Utilisation

Ce sont les pompes les plus utilisées dans le domaine industriel à cause de la large gamme d'utilisation qu'elles peuvent couvrir, de leur simplicité et de leur faible coût.

Néanmoins, il existe des applications pour lesquelles elles ne conviennent pas:

- Utilisation de liquides trop visqueux (pétrole par exemple) : la pompe centrifuge nécessaire serait énorme par rapport aux débits possibles.
- utilisation de liquides "susceptibles" c'est-à-dire ne supportant pas la très forte agitation dans la pompe (liquides alimentaires tels que le vin, le lait et la bière).- utilisation comme pompe doseuse : la nécessité de réaliser des dosages Précis instantanés risque d'entraîner la pompe en dehors de ses caractéristiques optimales.

Ces types d'application nécessitent l'utilisation de pompes volumétriques.

Par contre contrairement à la plupart des pompes volumétriques, les pompes centrifuges admettent les suspensions chargées de solides.

2. Les pompes volumétriques

2.1. Principe de fonctionnement

Une pompe volumétrique se compose d'un corps de pompe parfaitement clos à l'intérieur duquel se déplace un élément mobile rigoureusement ajusté. Leur fonctionnement repose sur le principe suivant:

- exécution d'un mouvement cyclique.
- pendant un cycle, un volume déterminé de liquide pénètre dans un compartiment avant d'être refoulé à la fin.

Ce mouvement permet le déplacement du liquide entre l'orifice d'aspiration et l'orifice de refoulement.

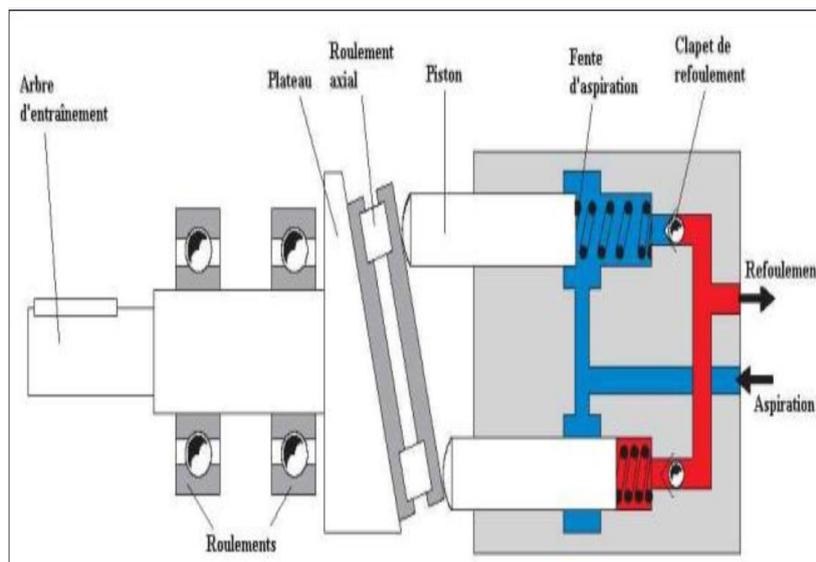


Figure VIII-4 : Exemple d'une pompe volumétrique (à piston).

2.2. Types de pompes volumétriques

On distingue généralement les deux classes suivantes :

- **les pompes volumétriques rotatives** : Ces pompes sont constituées par une pièce mobile animée d'un mouvement de rotation autour d'un axe, qui tourne dans le corps de pompe et crée le mouvement du liquide pompé par déplacement d'un volume depuis l'aspiration jusqu'au refoulement, on distingue :
 - pompe à palettes libres ;
 - pompe à engrenages extérieurs ;
 - pompe à rotor hélicoïdal excentré ;
 - pompe péristaltique.
- **les pompes volumétriques alternatives**: la pièce mobile est animée d'un mouvement alternatif.

Les pompes volumétriques sont généralement auto - amorçantes. Dès leur mise en route, elles provoquent une diminution de pression en amont qui permet l'aspiration du liquide. Il est nécessaire néanmoins d'examiner la notice du fabricant.

Les pompes volumétriques permettent d'obtenir des hauteurs manométriques totales beaucoup plus élevées que les pompes centrifuges. La pression au refoulement est ainsi plus importante. Le débit est par contre généralement plus faible mais il ne dépend pratiquement pas des caractéristiques du réseau.

Le rendement est souvent voisin de 90 %.

On distingue comme types de pompes volumétriques alternatives ce qui suit :

- pompe doseuse ;
- pompe à piston.

VIII.2.2.1-Le Choix de l'appareillage de refoulement

D'après le débit des eaux usées dont nous disposons ($Q = 5289 \text{ m}^3/\text{s}$), et vu que nous avons une pression peu importante ($< 10 \text{ bars}$), nous avons fait notre choix sur les pompes centrifuges à rotor noyé (immergées) qui sont auto-amorcées, et ne nécessitent pas une conduite d'aspiration (il n'y a pas de risque de cavitation).

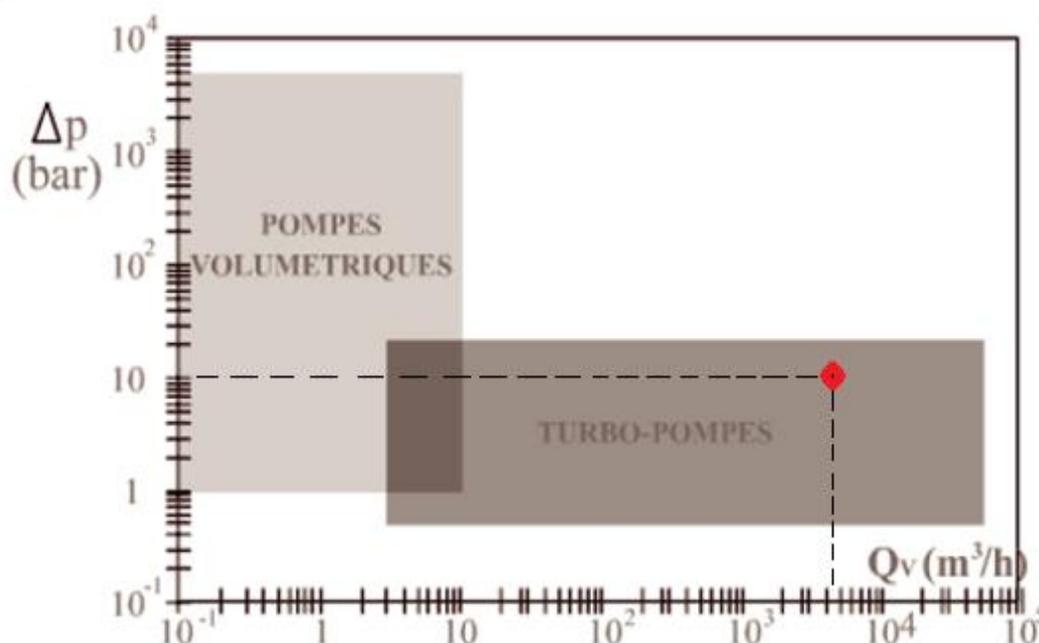


Figure VIII-5 : Le domaine d'utilisation des pompes suivant le débit et les pressions.

VIII.2.3. Les Conduite

Il existe deux types de conduites pour une poste de relevage, une conduite d'aspiration en amont de la pompe et une conduite de refoulement en aval.

VIII.2.3.1-La Conduite d'aspiration

On s'intéresse dans le cadre de notre étude qu'à la conduite de refoulement, vu que dans on ne dispose pas de conduite d'aspiration (pompe centrifuge immergée).

VIII.2.3.2.La Conduite de refoulement :

1. Type de conduite

Le choix de la conduite du point de vu matériau est conditionné par :

- le type du sol en vue de protéger la conduite contre la corrosion et les tassement du sol ;
- les pressions à supporter ;
- la nature des eaux à refouler (protection des parois de la conduite).

Pour les eaux usées les conduites de refoulement utilisées sont :

- **conduite en amiante ciment** de classe 20 qui supporte une pression 10 bars et de classe 30 qui supporte 15 bars ;
- **conduite en acier** supportant une pression allant jusqu'à 25 bars.

Pour les eaux usées de notre région d'étude, la conduite de refoulement choisie est en fonte qui est caractérisée par sa résistance.

2. Choix du diamètre de la conduite de refoulement

D'après Bonin et Bress , les diamètres pour avoir une vitesse moyenne d'écoulement comprise entre 1m/s et 1.5 m/s sont donnés par :

$$\sqrt{Q} < D < 1,5 * \sqrt{Q} \quad (\text{VIII.5})$$

Nous obtenons un palier de diamètres, nous choisissons quelques diamètres normalisés dans ce palier ; et nous calculerons pour chaque variante (diamètre) le coût, et nous sélectionnerons celui qui nous garantira les plus faibles dépenses, on l'appelle diamètre économique.

Après nous aurons à calculer la vitesse d'écoulement du fluide dans la conduite de refoulement, d'après la relation du débit – vitesse :

$$Q = V \cdot S_{\text{conduite}} \quad (\text{VIII.6})$$

Avec, Q : débit de refoulement [m³/s] ; V : vitesse d'écoulement [m/s] et S_{conduite} : section de conduite [m²].

La conduite est de géométrie circulaire, alors nous aurons :

$$S_{\text{conduite}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (\text{VIII.7})$$

Avec, D : diamètre de la conduite de refoulement [m];

Enfin la vitesse d'écoulement est donnée par :

$$V = \frac{4.Q}{\pi.D^2}$$

(VIII.8)

3. Les pertes de charges

Les pertes de charges totales sont la somme des pertes de charges linéaires et singulières

$$\Delta H_s = \Delta H_L +$$

(VIII.9)

3.1. Les pertes de charges linéaires

C'est le frottement du fluide contre les parois modélisé par la formule de Darcy-Weisbach :

$$\Delta H_L = \lambda \frac{L V^2}{D 2g}$$

(VIII.10)

Avec,

λ : coefficient de pertes de charges linéaires, donné par la formule de COLEBROOK :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -0,86 \ln \left(\frac{\varepsilon}{3,7 D} + \frac{2,51}{R_e \sqrt{\lambda}} \right)$$

(VIII.11)

Avec, V : la vitesse du fluide dans la conduite (m/ s) ; g : l'accélération de la pesanteur (m/ s²) ; L : la longueur de la conduite de refoulement (m) ; ε : rugosité de la conduite ;

ν : viscosité cinématique [m²/s] ; D : Diamètre de la conduite de refoulement (m) et R_e : nombre adimensionnel de Reynolds :

$$R_e = \frac{V.D}{\nu}$$

(VIII.12)

Et la première valeur de λ est exprimée comme suit :

$$\lambda = \sqrt{[1.14 - 0.86 * \ln(\frac{\varepsilon}{D})]}$$

(VIII.13)

3.2. Pertes de charges singulières

C'est le frottement du fluide sur les singularités du circuit hydraulique

$$(VIII.14) \quad \Delta H_s = \alpha \frac{V^2}{2g}$$

α : est un paramètre qui varie selon la singularité (coude, té,...).

Dans le cadre de notre étude, et vu qu'on ne dispose pas de toutes les singularités de notre partie alors on l'estime par 15 % de pertes de charges linéaires.

Alors les pertes de charges totales sont exprimées :

$$(VIII.15) \quad \Delta H = 1.15 * \Delta H_L$$

VIII.3-La hauteur manométrique et la puissance de la pompe

VIII.3.1- La hauteur manométrique

La hauteur manométrique est égale à la hauteur géométrique plus les pertes de charges totales, c'est la hauteur dont elle caractérise la pompe et non pas la hauteur géométrique.

$$(VIII.16) \quad H_{MT} = H_g + \Delta H$$

- ΔH : la somme des pertes de charge singulières et linéaires ;
- H_{MT} : la hauteur manométrique [m] ;
- H_g : la hauteur géométrique [m].

Tel que :

$$(VIII.17) \quad H_g = Z_{\text{refoul}} - Z_{\text{pompe}}$$

Z_{refoul} : la côte du point le plus loin à considérer lors de refoulement [m] ;

Z_{pompe} : la côte fil d'eau à l'intérieur du puisard [m] ;

Pour que nous soyons rigoureux, nous devons assurer une pression de service minimale à la fin de refoulement, nous l'estimons à 2,5 m ;, alors :

$$(VIII.18) \quad H_{MT} = H_g + \Delta H + 2,5$$

VIII.3.2 Puissance de la pompe

Après avoir déterminé la hauteur manométrique, nous pouvons calculer la puissance de la pompe

$$(VIII.19) \quad P = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H_{mt}}{\eta}$$

Avec , P : Puissance de la pompe [W] ; Q : le débit pompé [m^3/s] ;
 ρ : la masse volumique des eaux et η : rendement de la pompe, nous le prenons égal à 0,75
(Poulain).

VIII.4-Récapitulatif des résultats

Dans le tableau N° VIII.1 sont donnés les résultats

Tableau N°VIII.1 : Résultats de l'application de la formule Bonin Bress

D ₁ [mm]	1194
D ₂ [mm]	1818

Avec, D₁ : correspond à la limite inférieure de diamètre de la formule Bonin Bress et
D₂ : correspond à la limite supérieure de diamètre de la formule Bonin Bress.

Tableau N°VIII.2 : Récapitulation des résultats géométriques, et les débits refoulés.

Z _{pompe} [m]	-3,96
Z _{refoul} [m]	36,00
H _g [m]	39,96
L [m]	3375
Q [m^3/j]	105783
m	4
t _{pompage} (h)	20
Q [m^3/h]	5289,2
Q [m^3/s]	1,469

Remarque : Nous avons pris comme destination finale des eaux usées la STEP de Reghaia, alors le poste de relevage Bordj El Kiffan a changé de vocation, d'où le redimensionnement est nécessaire.
Le pompage se fait jusqu'à un point où l'écoulement devient gravitaire, le changement de phase se fait via une jonction (regard).

Nous choisissons quelques diamètres commerciaux dans le palier des diamètres [D₁ ;D₂] et nous utilisons les résultats trouvés au-dessus pour dresser le tableau suivant :

Tableau N°VIII.3 : Récapitulation de pertes de charges, puissance de la pompe et H_{MT}

D (mm)	1200	1400	1500	1600	1800
V [m/s]	1,300	0,950	0,830	0,730	0,580
Re	1190051	1020503	952041	892538	793367
λ	0,008479836	0,00849892	0,00851919	0,00854384	0,00860336

ΔH_L [m]	2,050	0,950	0,680	0,490	0,270
ΔH [m]	2,360	1,100	0,780	0,560	0,320
H_{MT} [m]	44,820	43,560	43,204	43,020	40,280
P_{pompe} [kW]	0,813	0,789	0,783	0,779	0,774
P_{moteur} [kW]	0,895	0,868	0,861	0,857	0,851

Nous optons pour le diamètre le plus économique (la consommation la moins importante) tout en considérant les conditions techniques qui sont : $1,0 \text{ m/s} < V < 1,5 \text{ m/s}$.

alors le diamètre choisi pour la conduite de refoulement est **D =1200 mm**, car elle est la seule qui satisfait les conditions techniques.

VIII.5 –Choix et caractéristique des pompes

Les débits de refoulement et la hauteur de relevage nous imposent de choisir des pompes centrifuges immergées comme on l'a montré précédemment, on peut citer les 2 marques :

- Pompes FLYGT - France (Plus utilisées) ;
- Pompe EMU – Allemagne.

Alors nous allons voir dans la gamme des produits des pompes centrifuges immergées FLYGT de type N, celle qui convient pour notre cas ;

On a : $H_{MT} = 44,82 \text{ m}$ et $Q = 1469 \text{ l/s}$.

D'après les courbes caractéristiques de la gamme de produits, nous avons opté pour la configuration suivante :

$$Q_{/pompe} = \frac{1469}{5} \cong 293,81 / \text{s}$$

Avec , $Q_{/pompe}$: débit refoulé par une seule pompe [l/s].

nous utilisons 5 pompes de type FLYGT 3400, car pour le cas de notre débit , il est impossible de trouver une seule pompe avec cette capacité sur le marché alors si les 5 pompes partageront le débit, pour la même hauteur manométrique, nous aurons les 5 pompes en parallèle (si elles sont en série , ils partageront la hauteur manométrique entre eux).

par mesure de sécurité nous prenons une sixième pompe, comme secours.



Figure VIII-6 : La pompe FLYGT 3400 choisie (à gauche lors de fonctionnement).

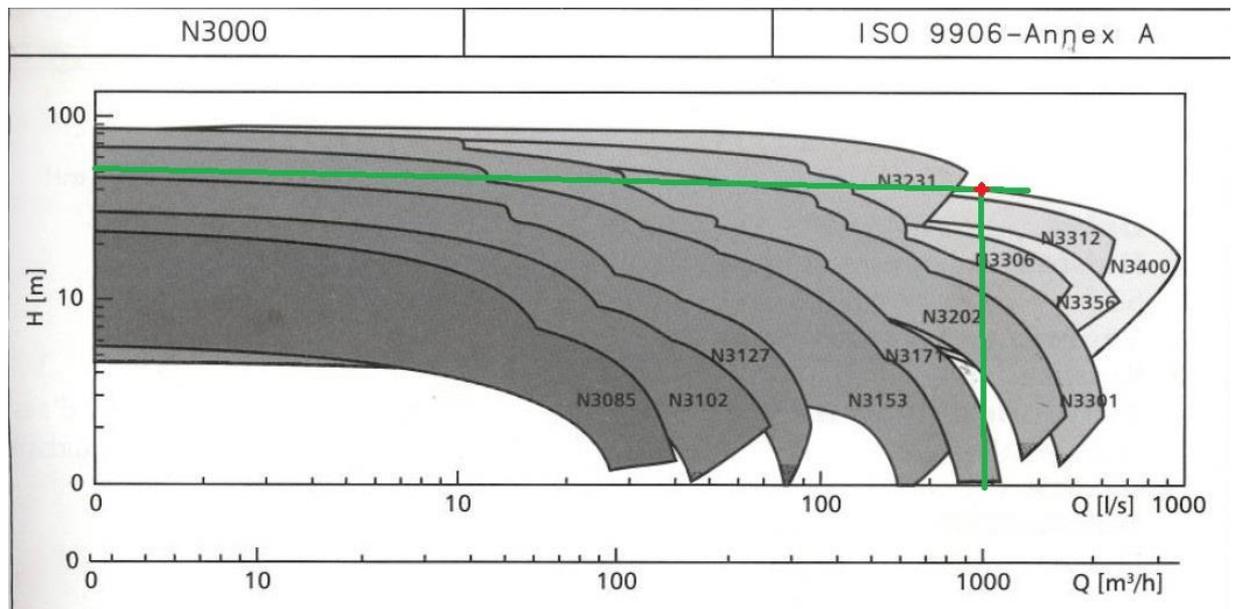


Figure VIII-7 : Les plages de performances de la gamme de produits FLYGT.

VIII.5.1.1-Le point de fonctionnement

La courbe caractéristique de la conduite est définie comme suit : $(H(Q) = H_{géo} + RQ^2)$

$$\text{avec : } R = \frac{4\lambda L}{2gD^5} = 0,0084798$$

$$H(Q) = 39,96 + 0,746 Q^2,$$

Nous aurons le point de fonctionnement par l'intersection de la courbe caractéristique des cinq pompes en parallèle et celle de la conduite

Le point de fonctionnement a les coordonnées suivantes ($H = 42,1\text{m}$ et $Q = 1700\text{ l/s}$)

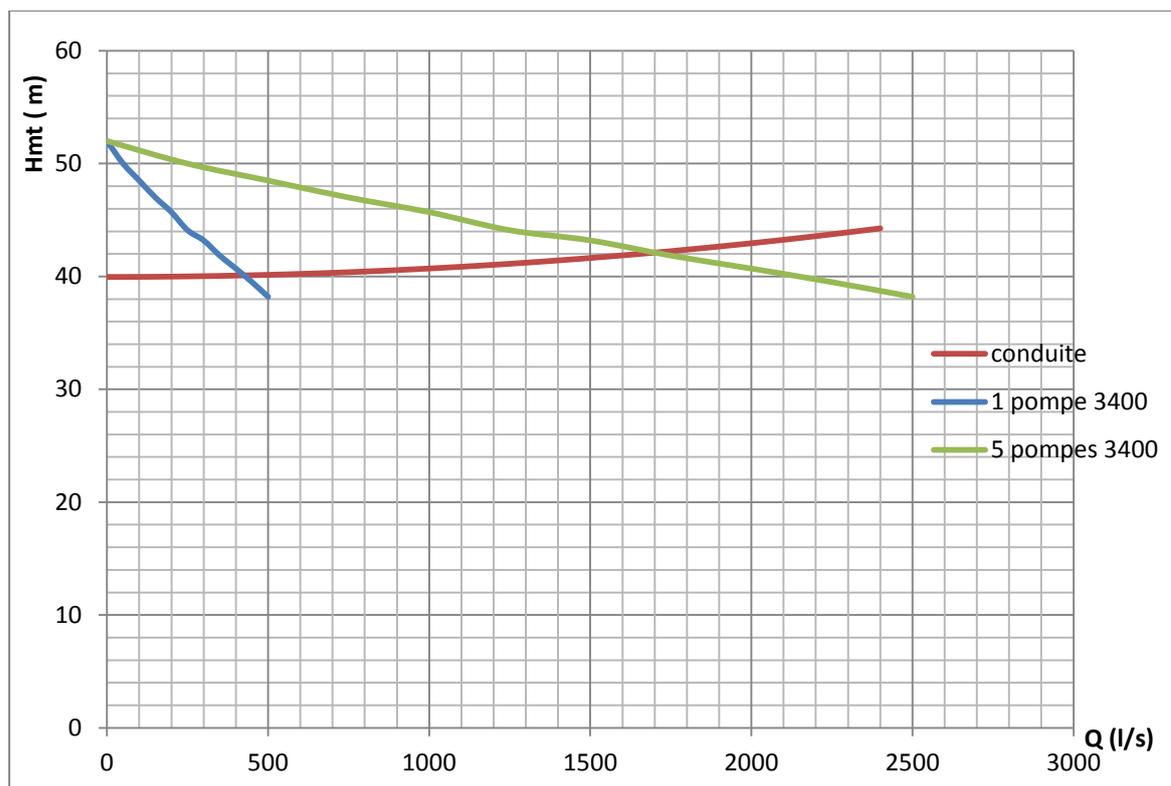


Figure VIII-8 : Courbes caractéristiques de la conduite et des pompes.

Le point de fonctionnement est celui qui fait marcher les pompes avec le meilleur rendement. Pour notre cas, ce point a une hauteur de fonctionnement inférieure à la hauteur manométrique nécessaire mais un débit de refoulement supérieur au débit refoulé nécessaire alors nous n'allons prendre en considération ce point de fonctionnement, mais celui qui satisfait :

$$H_{MT} = 44,82 \text{ m et } Q = 1469 \text{ l/s.}$$

VIII.6-Automatisation des postes de relevage

Les postes de relevage modernes sont équipés d'automates qui contrôlent le fonctionnement et l'arrêt des pompes, cela a pour but optimisation de fonctionnement et l'augmentation de la durée de vie des machines hydrauliques (éviter le grippage de la pompe de secours, ou la détérioration dans le cas d'une pompe surmenée), et l'économisassions en terme d'énergie.

Le principe de fonctionnement de ces automates est simple :

- déclenchement des pompes par palier de niveau d'eaux usées dans le puisard.
- l'alternance des pompes fonctionnelles c'est-à-dire les pompes fonctionnent à tour de rôle en fonction de la quantité des eaux usées disponibles dans la station caractérisée par la

hauteur d'eau qui est une information transmise aux automates via des capteurs installés suivant la hauteur du puisard, dans notre cas le nombre de pompes en marche en fonction de la hauteur d'eau est comme suit :

Tableau N°VIII.4 : Nombre de pompes en marche en fonction de la hauteur d'eau.

Côte niveau d'eau	Nombre de pompes en marche
[-3,46] à [-2,96]	1
[-2,96] à [-2,46]	2
[-2,46] à [-1,96]	3
[-1,96] à [-1,46]	4
[-1,46] à [-0,96]	5

Et on programme l'automate pour qu'il fonctionne suivant la hauteur d'eau. Plusieurs cas se présentent :

Premier cas

Tableau N°VIII.5 : Les pompes fonctionnelles en fonction de la hauteur d'eau (cas n°1)

Niveau d'eau	Nbre de pompe	P1
[-3,46] à [-2,96]	1	P(i)

Deuxième cas

Tableau N°VIII.6 : Les pompes fonctionnelles en fonction de la hauteur d'eau (cas n°2)

Niveau d'eau	Nbre de pompe	P1	P2
[-3,46] à [-2,96]	1	P(i)	
[-2,96] à [-2,46]	2	P(i)	P (i+1)
[-3,46] à [-2,96]	1	P (i+2)	

Troisième cas

Tableau N°VIII.7 : Les pompes fonctionnelles en fonction de la hauteur d'eau (cas n°3)

Niveau d'eau	Nbre de pompe	P1	P2	P3
[-3,46] à [-2,96]	1	P(i)		
[-2,96] à [-2,46]	2	P(i)	P (i+1)	

[-2,46] à [-1,96]	3	P(i)	P (i+1)	P (i+2)
[-2,96] à [-2,46]	2	P (i+3)	P (i+4)	
[-3,46] à [-2,96]	1	P (i+4)		

Quatrième cas**Tableau N°VIII.8:** Les pompes fonctionnelles en fonction de la hauteur d'eau (cas n°4)

Niveau d'eau	Nbre de pompe	P1	P2	P3	P4
[-3,46] à [-2,96]	1	P(i)			
[-2,96] à [-2,46]	2	P(i)	P (i+1)		
[-2,46] à [-1,96]	3	P(i)	P (i+1)	P (i+2)	
[-1,96] à [-1,46]	4	P(i)	P (i+1)	P (i+2)	P (i+3)
[-2,46] à [-1,96]	3	P (i+5)	P (i+4)	P (i+3)	
[-2,96] à [-2,46]	2	P (i+5)	P (i+4)		
[-3,46] à [-2,96]	1	P(i+5)			

Cinquième cas**Tableau N°VIII.9 :** Les pompes fonctionnelles en fonction de la hauteur d'eau (cas n°5)

Niveau d'eau	Nbre de pompe	P1	P2	P3	P4	P5
[-3,46] à [-2,96]	1	P(i)				
[-2,96] à [-2,46]	2	P(i)	P (i+1)			
[-2,46] à [-1,96]	3	P(i)	P (i+1)	P (i+2)		
[-1,96] à [-1,46]	4	P(i)	P (i+1)	P (i+2)	P (i+3)	
[-1,46] à [-0,96]	5	P(i)	P (i+1)	P (i+2)	P (i+3)	P (i+4)
[-1,96] à [-1,46]	4	P (i+5)	P (i+4)	P (i+3)	P (i+2)	
[-2,46] à [-1,96]	3	P (i+5)	P (i+4)	P (i+3)		
[-2,96] à [-2,46]	2	P (i+5)	P (i+4)			
[-3,46] à [-2,96]	1	P (i+5)				

VIII.7 -Protection de la conduite contre le coup de bélier

VIII.7.1-Définition

Le coup de bélier est un phénomène oscillatoire rapide qui résulte des variations de pressions dans la conduite.

Ce choc hydraulique provoqué par un changement brusque du régime s'accompagne d'une déformation élastique de la conduite et du liquide

VIII.7.2-Les causes et les effets du coup de bélier

1. Les causes

- L'arrêt brutal par disjonction d'un groupe électropompes alimentant une canalisation.
- fermeture ou ouverture instantanée ou rapide d'une vanne.

2. les effets

- éclatement de la conduite dû à une forte dépression.
- aplatissement de la conduite dû à une forte surpression.

VIII.7.3-Vérification du coup de bélier

Comme le matériau de la conduite est la fonte, la conduite est assurée à la pression minimale de 16bars.

VIII.7.3.1 -Mode de calcul

1. La célérité

Le phénomène du coup de bélier se propage sous forme d'une onde de célérité qui dépend du diamètre et de l'épaisseur de la paroi de la conduite, elle est donnée par la formule d'ALLIEVE :

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + (K * D / e)}}$$

(VIII.20)

Avec, a : Célérité [m] ; e : épaisseur de la conduite (e = 15 mm) ; K : coefficient dépendant du matériau (K=1) et D : diamètre de la conduite égal à 1200 mm.

2. La vitesse initiale

la vitesse de l'eau dans la conduite est calculée comme suit :

Avec,

$$V_0 = \frac{4 * Q}{\pi D^2}$$

(VIII.21)

V_0 : vitesse de l'écoulement [m/s] ; D : diamètre de la conduite égale à 1200mm et Q : débit de refoulement [m³/s].

3. Valeur du coup de bélier

Elle est donnée par la formule suivante :

$$(VIII.22) \quad b = \frac{a * V_0}{g}$$

Avec, b : le maximum du coup de bélier [m/s] ; g : l'accélération de la pesanteur $9,81 \text{ m}^2/\text{s}$ et V_0 : vitesse de l'écoulement [m/s].

4. La surpression

elle est calculée à partir de la formule suivante :

$$(VIII.23) \quad H_s = H_g + b$$

Avec, H_s : surpression [m] ; H_g : hauteur géométrique [m] et b : le maximum du coup de bélier [m/s].

5. La dépression

Elle est calculée à partir de la formule suivante :

$$(VIII.24) \quad H_d = H_g - b$$

Avec, H_d : dépression [m] ; H_g : hauteur géométrique [m] et b : le maximum du coup de bélier [m/s]. (Launay & Porrotin).

Pour ne pas avoir un coup de bélier, nous devons établir un profil piézométrique (surpression et dépression) où le profil en long de la conduite doit toujours être sous la courbe de la dépression (un minimum de 1 mètre afin d'éviter l'aplatissement de la conduite), et sous la courbe de la surpression avec une valeur maximale qui ne dépasse pas pour une conduite en fonte 160 mètres (fonte PN16).

Pour notre cas, nous allons installer un anti-bélier avec un volume minimal qui permet de satisfaire les conditions précédentes.

VIII.7.3.2 –Résultats d'application

Toutes les applications de formules précédentes avec une simulation par le logiciel WINRAM, permet d'avoir un anti bélier ayant les caractéristiques suivantes :

Type d'anti bélier : Ballon hydropneumatique avec vessie ;

Volume d'air initial dans le ballon : 13500 litres ;

Côte du plan pompes en service :

Volume maximum de l'air dans le ballon : 29099 litres

Capacité calculée avec sécurité de 20% : 34919 litres

Pression de prégonflage du ballon : 0,9 bars

Nous optons pour un volume commercial d'un anti-bélier de 35000 l (Catalogue des anti-bélier de la marque CHARLATTE).

Nous présentons le profil piézométrique, et nous expliquerons le mode de travail de ce logiciel à (*annexe II.7*)

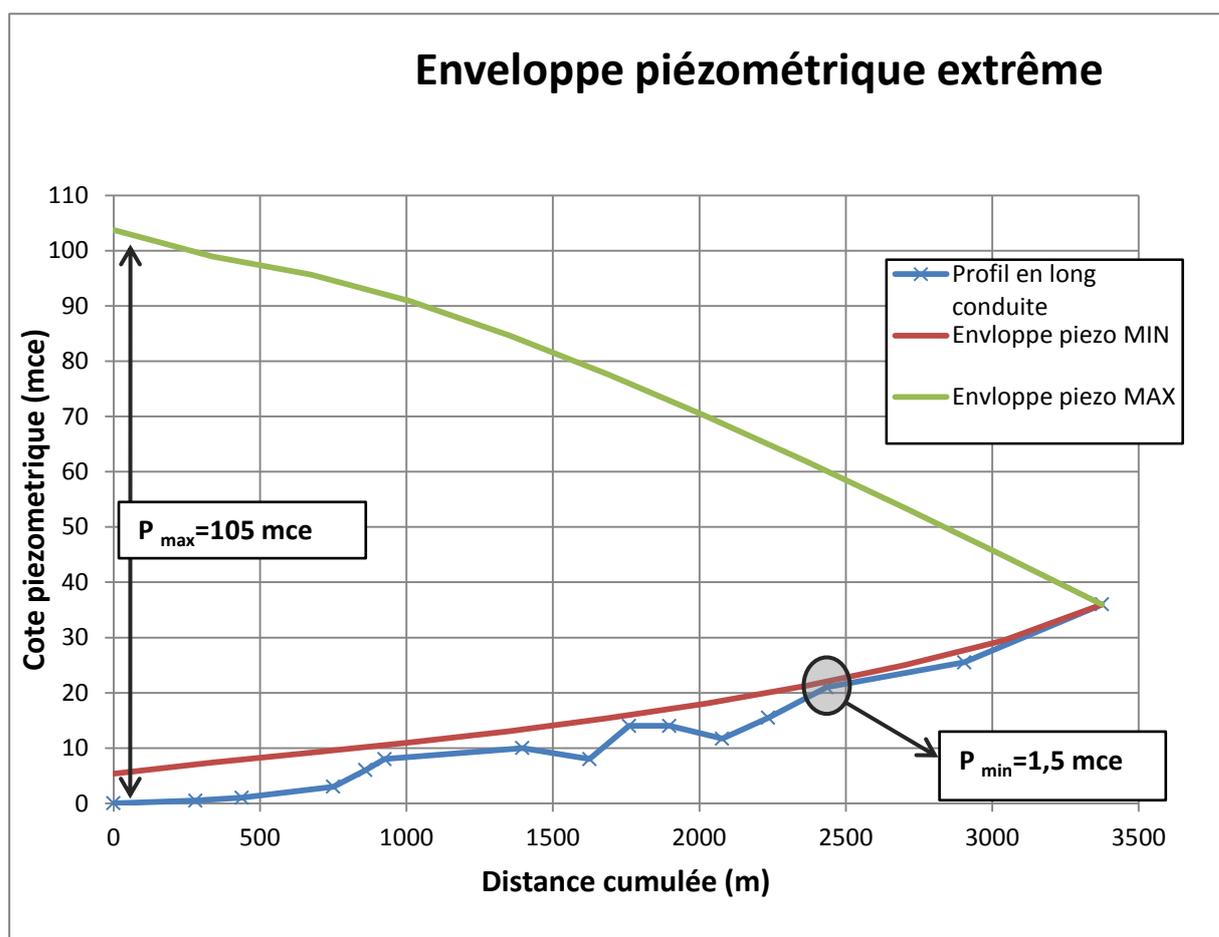


Figure VIII.9 : enveloppe piézométrique extrême.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié le poste de relevage d'un côté hydraulique d'une manière un peu profonde, car si les eaux usées sont moins importantes par rapport aux eaux pluviales d'un point de vue quantitatif, elles ne le sont pas d'un point de vue qualitatif, car elles sont connues par leurs degrés de pollution, et un bien dimensionné sert à bien évacuer les eaux usées alors la pollution et tous ce qu'elles engendrent.

Chapitre IX

Etude technico-économique

IX.1-Introduction

Afin d'avoir une idée sur le coût de réalisation de notre projet, il faut passer par le calcul du devis quantitatif et estimatif.

Ce calcul consiste à déterminer les quantités de toutes les opérations effectuées sur le terrain pour la réalisation du projet, ensuite les multiplier par le prix unitaire correspondant.

IX.2-Type de réseau à réaliser

Pour notre projet, la variante que nous allons estimer le coût de la réalisation est la 3ème variante, c'est-à-dire celle du réseau séparatif (évacuation des eaux pluviales par des caniveaux) , car c'est la seule variante facilement réalisable .

IX.2-Description des travaux

Les différents travaux à réaliser pour un réseau des eaux pluviales à caniveaux sont :

- Comme la zone d'étude est urbanisée, nous procédons par une démolition de la chaussée goudronnée ;
- Le terrassement des tranchées des caniveaux projetés ;
- Le nivellement de fond de fouille ;
- La construction des caniveaux en béton (béton de propreté et béton armée) ;
- L'exécution des remblais après la construction des caniveaux ;
- La réfection de la chaussée démolie ;
- La pose des grillages ;
- Evacuation des terres excédentaires vers la décharge publique.

IX.3-Mode de Calcul du devis quantitatif

Afin d'estimer le coût de réalisation des travaux, nous devons avoir les prix unitaires (prix par unité de longueur ou de surface ou de volume) ainsi que les quantités nécessaires pour l'exécution de chaque processus.

IX.3.1- la surface de la chaussée goudronnée à démolir

Comme les caniveaux vont être réalisés à l'accotement de la route, la démolition de la chaussée goudronnée le long de caniveaux est une étape essentielle, alors nous estimons la surface dont cette opération sera appliquée par :

$$S_{cd} = L * (B + 2e + 2e_l)$$

(IX.1)

Avec :

- S_{cd} : Surface de la chaussée goudronnée à démolir [m²];
- B : La largeur de caniveau [m] ;
- e : l'épaisseur de la couche de béton armé (qui sera pris 0.2 m) ;
- e_l : l'espacement latéral à droite et à gauche du caniveau (qui sera pris 0.2 m) ;

IX.3.2- le volume de déblai (volume à excaver)

le volume total à excaver est estimé par :

$$V_d = L * (H + e + e_p) * (B + 2e + 2e_l)$$

(IX.2)

Avec :

- V_d : le volume du déblai [m³] ;
- e_p : l'épaisseur de la couche de béton de propreté (qui sera pris 0,1 m);

IX.3.3-surface de fond de fouille à niveler

Avant de mettre en œuvre le béton de propreté nous devons niveler le fond de fouille, la surface à niveler est estimé par :

$$S_{fn} = L * (B + 2e + 2e_l)$$

Avec :

(IX.3)

- S_{fn} : La surface de fond de fouille à niveler [m²];

IX.3.4- le volume de béton de propreté

Avant de construire le caniveau, une couche de béton de propreté doit être construite, le volume de cette dernière est estimé par

Avec :

(IX.4)

- V_{bp} : volume de la couche du béton de propreté [m³] ;

IX.3.5- le volume de béton armé

Le volume totale du béton armé qui sera mis en œuvre sera égale à la somme de volume du radier est des pieds droits et la dalle lorsque il est nécessaire (lorsque la largeur de caniveau dépasse 0.5 m) :

$$V_{ba} = V_{br} + V_{bpd} + V_{bd}$$

(IX.5)

- V_{ba} : volume totale du béton armé nécessaire pour la construction du caniveau [m³] ;
- V_{bpd} : Volume du béton armé nécessaire pour la construction des pieds droits [m³] ;
- V_{bd} : Volume du béton armé nécessaire pour la construction de la dalle [m³] ;
- V_{br} : Volume du béton armé nécessaire pour la construction du radier [m³].

- **Le volume du Radier**

$$V_{br} = L * e * (B + 2e)$$

(IX.6)

- **le volume des Pieds droits**

$$V_{bpd} = 2L * e * H$$

(IX.7)

- **Le volume de la dalle**

$$V_{bd} = L * e * (B - 0,5)$$

(IX.8)

IX.3.6- le volume de remblai

Le volume des terres à remettre dans après avoir construire le caniveau (remplir le volume occupé par l'espace latéral) est estimé par :

$$V_r = L * 2e_l * (H + e)$$

(IX.9)

- V_r : volume de remblai [m^3].

IX.3.7- la surface de la chaussée démolie à réfectionner

Après avoir construire le caniveau, l'entreprise de réalisation doit remettre en état la route alors la surface de la chaussée démolie à réfectionner est estimée par :

$$S_{cr} = (L * 2e_l) + S_d$$

(IX.10)

- S_{cr} : la surface de la chaussée démolie à réfectionner [m^2].
- S_d : la surface de la dalle construite dans le cas où la largeur de caniveau dépasse 0.5m son unité est [m^2], lorsque cette largeur est inférieure à 0.5 m , nous prenons la surface de la dalle égale à zéro.

IX.3.8- la surface des grilles à poser

Si la largeur du caniveau ne dépasse pas 0.5 m la surface des grille à poser est définie par :

$$S_g = L * (0,5 + 0,1)$$

(IX.11)

Sinon la surface des grilles à poser sera :

$$S_g = L * (B + 0.1)$$

(IX.12)

- S_g : la surface de la grille à poser [m^2].

IX.3.9- le volume des terres excédentaire à envoyer vers la décharge

C'est la différence entre le volume des déblais et le volume de remblai qui va être évacuer vers la décharge, le volume est définie par :

$$V_{te} = V_d - V_r$$

(IX.13)

- V_{te} : le volume des terres excédentaire à envoyer ver la décharge [m^3] ;

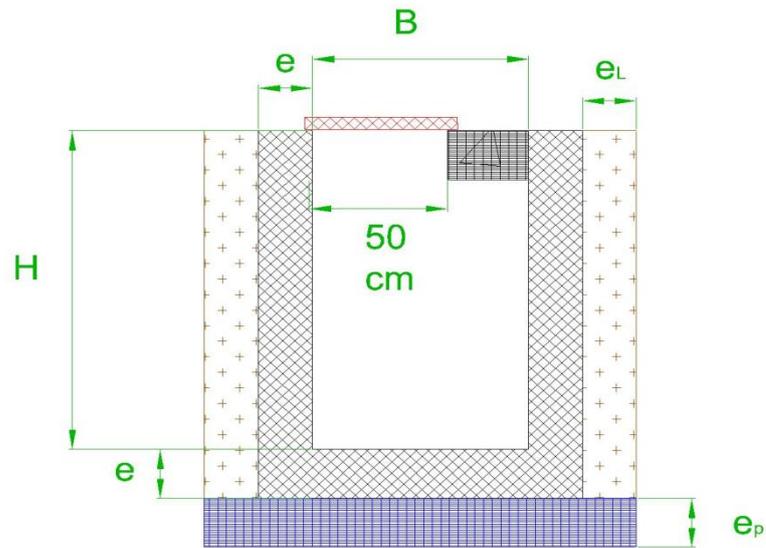


Figure VIII.1 : Coupe verticale d'un caniveau ayant une largeur dépassant 0,5m.

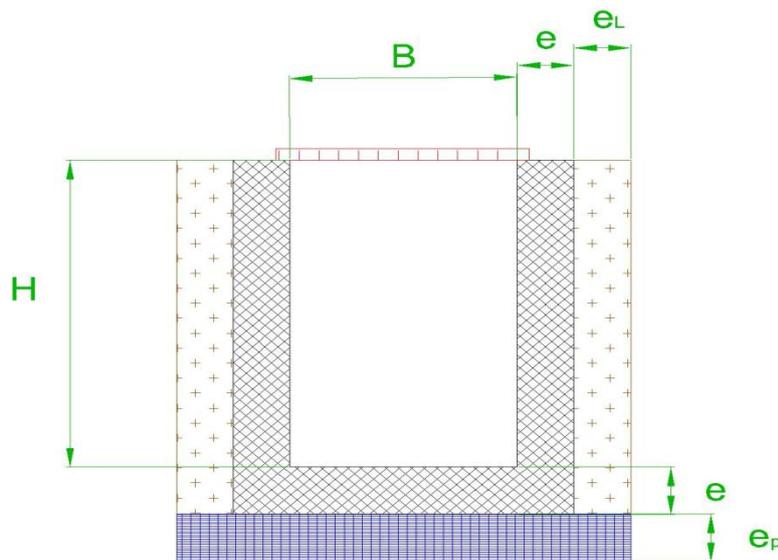


Figure VIII.2 : Coupe verticale d'un caniveau ayant une largeur inférieure à 0,5 m.

IX.4- le devis estimatif et quanti tif

IX.4.1- Caniveaux

Tableau IX.1 : Devis quantitatif et estimatif des caniveaux.

N°	Désignation des travaux	Unité	Quantité	P.U (DA)	Montant (DA)
Travaux de terrassement					
01	Démolition de la chaussée goudronnée	m ²	32072,79	460,00	14753483,40
02	Réfection de la chaussée démolie	m ²	15290,92	1750,00	26759110,00
03	Nivellement du fond de fouille	m ²	32072,79	180,00	5773102,20
04	Déblai	m ³	47530,64	300,00	1425919,00
05	Remblai	m ³	10128,50	160,00	1620560,00
06	Volume des terres excédentaires à évacuer vers la décharge	m ³	37402,15	200,00	7480430,00
Construction en béton armé					
01	Fourniture et mise en œuvre d'un lit en béton de propreté dosé à 150 kg/m ³	m ³	3207,28	8 500,00	27261880,00
02	Fourniture et mise en œuvre de béton armé (radier) dosé a 400 kg/m ³	m ³	4920,23	20 000,00	98404600,00
03	Fourniture et mise en œuvre de béton armé (pieds droits) dosé a 400 kg/m ³	m ³	8634,17	20 000,00	172683400,00
04	Fourniture et mise en œuvre de béton armé (dalle) dosé a 400 kg/m ³	m ³	1563,85	20 000,00	31277000,00
05	Fourniture et pose des grilles	m ²	11178,11	10 000 ,00	111781100,00
Sous totale H.T					512053857,60

IX.4.2 – poste de relevage

Afin d'établir le devis quantitatif et estimatif de poste de relevage, nous devons établir tout d'abord celui du puisard, avant de le rajouter aux autres équipements de poste de relevage.

IX.4.2.1 – estimation du coût de puisard*Tableau IX.2 : Devis quantitatif et estimatif du puisard*

N°	Désignation des travaux	Unité	Quantité	P.U (DA)	Montant (DA)
Travaux de terrassement					
01	Déblai	m ³	515,10	300,00	154530,00
02	Remblai	m ³	76,16	160,00	12185.60
03	Volume des terres excédentaires à évacuer vers la décharge	m ³	438,94	200,00	87788,00
Construction en béton armé					
01	Fourniture + mise en œuvre d'un lit en béton de propreté dosé à 150 kg/m ³	m ³	23,07	8 500,00	196095,00
02	Fourniture + mise en œuvre de béton armé (radier) dosé a 400 kg/m ³	m ³	25,99	20 000,00	519800,00
03	Fourniture + mise en œuvre de béton armé (pieds droits) dosé a 400 kg/m ³	m ³	26,88	20 000,00	537600,00
Sous totale H.T					1507998,60

IX.4.2.2- les autres équipements

Tableau IX.3 : Devis quantitatif et estimatif des autres équipements du poste de relevage.

N°	Désignation des travaux	Unité	Quantité	P.U (DA)	Montant (DA)
Frais station de relevage					
01	Fourniture et pose des pompes FLYGT N3400 submersibles	U	5+1	6500000,00	3900000,00
02	Fourniture et pose de la conduite de refoulement diamètre 1200 mm en fonte	ml	3375	47500,00	160312500,00
03	Chambre de vanne	U	1	200000,00	200000,00
04	Fourniture et pose d'Anti-bélier	U	1	10000000,00	10000000,00
05	Différents accessoires	/	/	/	1300000,00
Sous totale H.T					222312500,00

IX.4.4- le coût totale du projet

Tableau IX.4 : Estimation du coût totale du projet.

N°	Désignation des travaux	Montant (DA)
01	Les caniveaux	512053857,60
02	Le puisard	1507998,60
03	Le Poste de relevage	222312500,00
Totale HT		735874356,20
T.V.A (17%)		125098640.60
Totale TTC		860972996.80

Conclusion

L'estimation quantitative et estimative de la réalisation de notre projet d'assainissement, nous a permis d'avoir une idée sur le coût des projets d'assainissement, qui est trop élevé,

Le montant total de la réalisation de notre projet est à peu près 86.1 milliard centime, qui est trop important, mais il résout un grand problème qui est les inondations.

Conclusion générale

L'objectif de notre étude est l'élimination des inondations de Bordj El kiffan causé par un débordement du réseau d'assainissement afin d'évacuer tous les eaux usées et les eaux pluviales dans des conditions favorables, et éviter les problèmes qui menacent la santé publique et le milieu naturel.

Vu le problème d'inondations que nous avons dans notre zone d'étude, nous avons établi un plan de travail qui consiste en premier lieu d'examiner les différents données de notre zone d'étude afin de trouver une solution à long terme.

La topographie de notre zone d'étude constitue une contrainte très importante (pente très faible, zone basse), donc le changement de cheminement du réseau existant ne ferai que aggraver la situation, nous avons alors décidé de trouver une solution toute en gardant le réseau existant qui suit un thalweg parallèle à la côte à quelques centaines de mètres de celle-ci jusqu'à l'oued El Hamiz., et pour cela nous avons établi trois variantes.

La première variante consiste à projeter un réseau unitaire à l'horizon futur (2050), dont le but est de renforcer le réseau existant, mais après le calcul de dimensionnement, nous avons conclu que les sections des canalisations qu'il faut mettre en place sont irréalisables.

La deuxième variante consiste à projeter deux galeries avec deux cheminements différents afin de rejeter les eaux pluviales collectées par ces deux derniers dans un bassin de retenue situé entre les deux galeries.

En ce qui concerne la troisième variante, nous avons projeté 20 caniveaux dont le but est de collecter la totalité des eaux pluviales de notre zone d'étude afin de les rejeter dans la mer et oued El Hamiz, et pour les eaux usées, ils sont collectés au niveaux du réseau existant (collecteur principal A) afin de rejoindre le poste de refoulement (PR79).

Après la comparaison des trois variantes, nous avons opté pour la troisième car il nous a solutionnés le problème d'inondations répétitives dans notre zone d'étude, ainsi qu'il nous a régler le problème du manque d'exutoire rencontré dans les deux autre variantes avec des dimensions raisonnables et réalisables.

Pour assurer la durabilité et le bon fonctionnement de nos ouvrages, il est recommandé de faire régulièrement des travaux d'entretien et de maintenance surtout au niveau des caniveaux.

Enfin, nous espérons que cette étude pourra faire l'objet d'un avant-projet détaillé pour l'élaboration d'un réseau d'assainissement de cette zone inondable dans les meilleures conditions.

Bibliographie

Dr.Bermad,A, 2011, « Cours hydrologie statistique ,Ecole Nationale Polytechnique »

Laborde, J.P, « Éléments d'hydrologie de surface ».

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

GUERREE. H et GOMELLA. C « Les eaux usées dans les agglomérations urbaines et rurales»

SALAH, B., 1993 « polycop d'assainissement », école nationale supérieure de l'hydraulique, BLIDA.

Instruction technique relative aux réseaux d'assainissement des agglomérations, 1977.

Office internationale de l'eau-Janvier.

REGIS, B., 1984 «les réseaux d'assainissement, calculs application et perspective », Paris.

Catalogue technique « tubes PVC et accessoires », Chiali.

Bourrier, R.; 1997-Les réseaux d'assainissement (calcul-applications perspectives). 4^{ème} édition. Ed. Paris. 810p.

José VAZQUEZ, 2006, « Guide technique sur le fonctionnement des déversoirs d'orage ».

J.Launay , G.Porrotin, « Technique de l'ingénieur, liquide à pression moyenne-les station de pompage ».

J.Poulin, « Techniques de l'ingénieur- Choix des pompes et conception du circuit ».

Catalogue des anti-béliers, charlatte- Group FAYAT.

Canalisation en fonte ductile pour l'assainissement, Saint **Gobain.**

Annexe I

Annexe I.1 : Série d'observation de précipitations mensuelles et maximales journalières

Année/mois	spt	oct	nov	déc	jan	fév	mar	avr	mai	jui	juil	aout	Max.j
1907/1908	14	37	29	64	64	25	18	6	14	43	0,3	0	64,0
1908/1909	27	39	22	12	27	19	35	20	75	6	0	0	75,0
1909/1910	2	0	15	42	20	5	37	36	70	15	2	0	70,0
1910/1911	7	74	80	25	45	9	19	13	5	28	2	1,5	80,0
1911/1912	15	65	18	20,5	17	18	26	32	5	15	0	0	65,0
1912/1913	0	31	24	31	34	26	52	12	24,5	20	0	8,5	52,0
1913/1914	0	67,5	32	39	37	82	27	10	14	5	0	6	82,0
1914/1915	34,5	44	70,5	22	25	68	68	13	18	73	2	1	73,0
1915/1916	17	3	148	21	30,5	26	24	12	20	10	0	0	148
1916/1917	1	32	42	44	31	17	20	88	25	28	0	0	88,0
1917/1918	42	60	34	58	39	48	15	32	6	8	0	0	60,0
1918/1919	30	25	10	28	19	17	24	13	17	18	0	0	30,0
1919/1920	20	30	56	42	21	44	25	48	92	20	0	1	92,0
1920/1921	13	21	68	66	44	24	9	4	8	6	0	2	68,0
1921/1922	17	10	12	42	51	34	19	18	32	21	0	0	51,0
1922/1923	23	30	64	68	22	40	11	21	1	0	0	0	68,0
1923/1924	2	18	27	31	7	36	34	9	18	0	5	0	36,0
1924/1925	16	52	42	68	11	23	17	28	24	0	2	0	68,0
1925/1926	8	3	25	52	40	31	12	6	8	0	0	0	52,0
1926/1927	7	15	49	46	46	27	22	16	50	7	1	3	50,0
1927/1928	9	46	26	30	35	49	40	6	55	9	0	0	55,0
1928/1929	26	20	32	36	21	25	22	27	22	17	2	0	36,0

Annexes

1929/1930	15	5	5	78	114	28	17	56	2	1	0	0	114
1930/1931	38	24	30	53	35	23	20	20	12	11	0	0	53,0
1931/1932	12	22	17	32	36	35	27	7	3	3	0	0	36,0
1932/1933	18	8	30	68	65	76	34	9	35	3	0	22	76,0
1933/1934	34	50	6	17	38	39	44	47	18	2	0	5	50,0
1934/1935	8	49	128	19	20	23	52	18	32	19	0	0	128
1935/1936	18	18	46	67	8	19	31	25	15	7	0	0	67,0
1936/1937	13	17	47	35	37	12	14	9	23	1	2	21	47,0
1937/1938	15	19	26	44	11	132	26	65	9	10	0	11	132
1938/1939	5	31	28	19	51	10	15	23	27	16	2	6	51,0
1939/1940	2	17	26	21,2	18,5	23,7	28,5	20,3	8	0	0	5,9	28,5
1940/1941	30	21,6	24,3	26,4	68,1	32,9	47,7	9,7	8,6	9,5	0	0	68,1
1941/1942	5	6,2	51,6	70,5	27,6	11,8	45	13,7	23,4	3	0	0	70,5
1942/1943	5	44,6	18,1	37,1	4,3	29,4	18	62	5,7	2,4	0,1	0	44,6
1943/1944	19,1	25,4	13,9	44,7	33,5	2	32,2	4	8,3	3	4,3	7,7	44,7
1944/1945	6	11,8	56,9	19,8	59,7	11,6	28	49,3	51,1	6,2	0	2	59,7
1945/1946	1,3	13,1	20,1	30,2	38,2	40,6	7,2	7,6	37,9	0	0,8	4,3	40,6
1946/1947	1,5	26	5,1	21,5	37,8	36,1	17,3	14,8	55,4	27,3	22,3	2,3	55,4
1947/1948	2,7	20,4	9,1	23,5	59,6	31,5	23,8	32,8	79,7	3,1	0	0	79,7
1948/1949	1,5	11,4	15,7	26,1	39,3	11,9	86,7	33	8,7	1,8	0	0,4	86,7
1949/1950	22,6	16,8	13,5	40,8	64,4	21,8	25,3	21,2	18,6	4,9	2,9	0,6	64,4
1950/1951	14	67,8	49,9	28,4	36,7	18,1	10,2	32,3	23,9	2,1	7,8	19,2	67,8
1951/1952	22,8	5,2	26,4	26,2	29,8	17,4	38,1	30,6	55,9	27,7	0	10,2	55,9
1952/1953	16	35	10,4	23,5	51,4	19,5	20,4	126	13,2	15,2	0	0	126
1953/1954	0	14,6	58,7	12,4	30	52	43,2	30,7	4	5	0	30,1	58,7
1954/1955	31	17,6	26,6	12,5	18,6	31,5	11,4	26,2	3,2	6,7	0	1,7	31,5
1955/1956	4,8	36,8	15,2	27,1	39,8	0,2	6,9	36,2	15	15,2	0	0	39,8
1956/1957	5,4	132,1	91,2	82,8	55,3	34,5	20,2	26,3	0	8,5	3,2	0	132,1

Annexes

1957/1958	4,6	15,8	40,6	15	8,7	24,5	13,8	19,4	49,4	72,7	0	2,5	72,7
1958/1959	28,8	111,3	47,2	44,1	37,7	26,8	21,2	108,3	95,3	3,9	0	5,2	111,3
1959/1960	19,3	13,5	15,4	30,3	63	3,4	5,8	18,9	2	5,4	0,7	0	63,0
1960/1961	26,5	61,7	20	20,5	46,4	36,7	65,9	95,2	16,2	32,4	0	0	95,2
1961/1962	26,5	61,7	22,6	20,5	27,2	19,1	10,2	15,5	10	15	3	6	61,7
1962/1963	18	25,2	22,6	63,8	25,1	20,1	45,4	45	0	8,9	0	0,8	63,8
1963/1964	0,8	43,5	71,5	21,7	8	20,5	8	45,2	26,8	10,4	2	2	71,5
1964/1965	7,5	25	19,4	39,5	15	5	52	21	77	1	6	0	77,0
1965/1966	28	35,8	22,5	24,5	15	63	10,5	43	10	0	0	4,1	63,0
1966/1967	6	0	69	83,5	13,5	35	52	22,5	12	9,5	0	0	83,5
1967/1968	0	0	33,5	50	23,5	30	27,5	66,5	5	2,6	0,3	0,2	66,5
1968/1969	72,5	25,7	18,3	34,5	14,4	20,5	16	74,3	73,5	1,7	0,4	1,5	74,3
1969/1970	0,3	56	17	21	55	11,5	23	20	10,5	6,5	0	0	56,0
1970/1971	67,5	19	75	37,6	69,6	27	24	16,3	42,2	11,2	0	5,5	75,0
1971/1972	31,1	20	0	54	68	101,2	12	0	0	16,1	12	0	101,2
1972/1973	48,1	22	6	40	12	42	99	6	0	0	0	0	99,0
1973/1974	15	22,4	10,5	7	21,5	25,7	27	5,7	23	32,9	0	18,2	32,9
1974/1975	54	7	37,5	32,3	38,7	41,7	8,9	12	17,1	7,9	8,5	3	54,0
1975/1976	4	33,5	24	45	15,6	7,8	9	32	11,5	4	0	2	45,0
1976/1977	6,1	4,6	24	3,5	24,2	10,5	15,3	34,8	30,4	8,3	0	0	34,8
1977/1978	6,1	19,5	14,2	15,4	18,3	28,3	38,4	14,1	5,5	1,6	0	2,2	38,4
1978/1979	33	23,1	35,6	60,5	46,5	19	15,4	48,3	37,9	0,9	0,4	0	60,5
1979/1980	0	14,6	30	60	28,6	16	24,6	18,2	37,5	0	0	21,8	60,0
1980/1981	2,7	14,5	6	51,5	37,4	28,2	5,5	10	23	41,8	0	0,5	51,5
1981/1982	33,4	37,5	54,5	27,8	1,2	25,5	13,5	9	0	0	5,5	8	54,5
1982/1983	0	22	13	27,7	35,6	25,2	32	15,2	39,7	8,3	0	0	39,7
1983/1984	7	65	8,5	37	28,7	19,6	34	4	40	1,3	2	2,7	65,0
1984/1985	40,8	18,9	36,1	10,6	20,3	37,3	106,8	12,5	6	23,3	6,2	0	106,8
1985/1986	9,2	32	13,1	109,6	11,8	24,5	3,3	0	7,2	21	0,4	0	109,6

Annexes

1986/1987	41	15,7	25,6	21,1	13,1	11,4	45,9	16,6	25,3	16	0	0	45,9
1987/1988	38	8,1	18,5	40	16,3	15	24	17,5	7,9	3,1	2,5	4,7	40,0
1988/1989	15,1	10,4	10,8	16,2	12,5	0	11,9	10,8	25,4	10,8	17,5	0	25,4
1989/1990	4,9	13	24,8	35,3	32,5	85,3	26,9	14	18,8	1,7	0	4,2	85,3
1990/1991	12,1	55	20,9	3,2	102	12	30,9	38	38,3	5,5	2,5	0	102
1991/1992	15,3	45	97,6	19,1	19,8	37,5	10,6	19,8	25,6	0	1,5	1,1	97,6
1992/1993	18,9	48,5	25	43,7	74,3	9,7	1,7	22	4,2	0	0	0	74,3
1993/1994	30,5	19	18	49,4	57	18,5	30	7	0,6	8,6	0	10,2	57,0
1994/1995	14,3	16,2	17,4	22,6	43,6	64,9	29	89,2	9,5	22,6	3,4	3,5	89,2
1995/1996	32,0	19,0	15,2	10,1	9,6	18,3	4,1	34	9,7	3,1	1,9	7,6	34,0
1996/1997	16,1	53,0	68,1	28,8	14,6	37,7	15,7	52,1	57,0	2,0	0,0	3,8	68,1
1997/1998	16,4	21,6	48,2	45,2	46,5	40,0	24,5	10,5	0,0	1,5	0,0	7,0	48,2
1998/1999	6,0	22,0	21,5	28,0	3,5	3,0	13,0	22,0	32,5	0,0	3,0	0,0	32,5
1999/2000	2,0	14,0	40,0	24,0	51,0	20,5	0,0	14,5	5,0	0,0	0,0	0,0	51,0
2000/2001	17,0	0,5	18,0	20,0	19,0	8,0	19,0	23,0	11,5	0,0	4,5	19,5	23,0
2001/2002	13,5	15,2	48,0	54,8	33,1	53,9	6,5	58,2	18,7	0,0	0,0	3,6	58,2
2002/2003	14,9	18,6	32,3	23,5	49,8	32,0	34,0	37,4	64,6	26,7	0,0	0,0	64,6
2003/2004	4,0	33,2	63,1	43,8	50,2	21,6	14,9	20,0	2,5	0,0	0,0	1,3	63,1
2004/2005	22,5	29,9	22,5	30,4	27,2	32,7	20,2	4,1	55,8	1,8	0,0	2,0	55,8
2005/2006	6,5	7,8	34,5	37,7	3,3	12,7	51,1	38,4	18,1	2,4	4,2	2,9	51,1
2006/2007	63,5	54,2	64,6	20,1	4,2	10,0	33,0	40,6	30	2,2	4,0	0,0	64,6
2007/2008	18,0	53,8	36,0	31,4	25,0	6,9	15,4	23,0	15,5	1,0	0,0	1,5	53,8
2008/2009	50,2	13,5	20,7	41,5	30,5	10,7	38,5	17,8	14	7,3	00,	16,3	50,2

Annexe I.2 : les paramètres du test de Wilcoxon

Pluie (mm)		Valeur classé		rang		Echantillon x (N1)	Echantillon y (N2)	Echantillon d'origine		Rang de X	
64,0	111,3	23	63	1	52	64,0	132,1	Y	Y		
75,0	63,0	25,4	63,1	2	53	75,0	72,7	Y	Y		
70,0	95,2	28,5	63,8	3	54	70,0	111,3	X	Y	3	
80,0	61,7	30	64	4	55	80,0	63	X	X	4	55
65,0	63,8	31,5	64,4	5	56	65	95,2	X	X	5	56
52,0	71,5	32,5	64,6	6	57	52	61,7	Y	Y		
82,0	77,0	32,9	64,6	7	58	82	63,8	Y	Y		
73,0	63,0	34	65	8	59	73	71,5	Y	X		59
148	83,5	34,8	65	9	60	148	77	Y	Y		
88,0	66,5	36	66,5	10	61	88	63	X	Y	10	
60,0	74,3	36	67	11	62	60	83,5	X	X	11	62
30,0	56,0	36	67,8	12	63	30	66,5	X	X	12	63
92,0	75,0	38,4	68	13	64	92	74,3	Y	X		64
68,0	101,2	39,7	68	14	65	68	56	Y	X		65
51,0	99,0	39,8	68	15	66	51	75	Y	X		66
68,0	32,9	40	68,1	16	67	68	101,2	Y	X		67
36,0	54,0	40,6	68,1	17	68	36	99	X	Y	17	
68,0	45,0	44,6	70	18	69	68	32,9	X	X	18	69
52,0	34,8	44,7	70,5	19	70	52	54	X	X	19	70
50,0	38,4	45	71,5	20	71	50	45	Y	Y		
55,0	60,5	45,9	72,7	21	72	55,0	34,8	Y	Y		
36,0	60,0	47	73	22	73	36	38,4	X	X	22	73
114	51,5	48,2	74,3	23	74	114	60,5	Y	Y		

Annexes

53,0	54,5	50	74,3	24	75	53	60	X	Y	24	
36,0	39,7	50	75	25	76	36	51,5	X	X	25	76
76,0	65,0	50,2	75	26	77	76	54,5	Y	Y		
50,0	106,8	51	76	27	78	50	39,7	X	X	27	78
128	109,6	51	77	28	79	128	65	Y	Y		
67,0	45,9	51	79,7	29	80	67	106,8	X	X	29	80
47,0	40,0	51,1	80	30	81	47	109,6	Y	X		81
132	25,4	51,5	82	31	82	132	45,9	Y	X		82
51,0	85,3	52	83,5	32	83	51	40	X	Y	32	
28,5	102	52	85,3	33	84	28,5	25,4	X	Y	33	
68,1	97,6	53	86,7	34	85	68,1	85,3	Y	X		85
70,5	74,3	53,8	88	35	86	70,5	102	Y	X		86
44,6	57,0	54	89,2	36	87	44,6	97,6	Y	Y		
44,7	89,2	54,5	92	37	88	44,7	74,3	Y	X		88
59,7	34,0	55	95,2	38	89	59,7	57	X	Y	38	
40,6	68,1	55,4	97,6	39	90	40,6	89,2	X	Y	39	
55,4	48,2	55,8	99	40	91	55,4	34	Y	Y		
79,7	32,5	55,9	101,2	41	92	79,7	68,1	X	Y	41	
86,7	51,0	56	102	42	93	86,7	48,2	Y	Y		
64,4	23,0	57	106,8	43	94	64,4	32,5	Y	Y		
67,8	58,2	58,2	109,6	44	95	67,8	51	Y	Y		
55,9	64,6	58,7	111,3	45	96	55,9	23	X	Y	45	
126	63,1	59,7	114	46	97	126	58,2	X	X	46	97
58,7	55,8	60	126	47	98	58,7	64,6	X	X	47	98
31,5	51,1	60	128	48	99	31,5	63,1	X	X	48	99
39,8	64,6	60,5	132	49	100		55,8	Y	Y		
132,1	53,8	61,7	132,1	50	101		51,1	Y	Y		
72,7	50,2	63	148	51	102		64,6	Y	X		102
							53,8				

Annexes

							50,2			
--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--

Annexe I.3 : Ajustement à la loi de GUMBEL

Valeurs Classes	Ordre de classement	Fréquence experimental	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
23	1	0,005	-1,671	23	21,34	12,05	27,92
25,4	2	0,015	-1,440	25,4	25,90	17,60	31,88
28,5	3	0,025	-1,311	28,5	28,44	20,68	34,11
30	4	0,034	-1,216	30	30,31	22,93	35,76
31,5	5	0,044	-1,138	31,5	31,84	24,76	37,12
32,5	6	0,054	-1,072	32,5	33,15	26,32	38,29
32,9	7	0,064	-1,013	32,9	34,31	27,70	39,33
34	8	0,074	-0,959	34	35,36	28,94	40,28
34,8	9	0,083	-0,910	34,8	36,32	30,09	41,16
36	10	0,093	-0,864	36	37,23	31,15	41,98
36	11	0,103	-0,821	36	38,08	32,14	42,76
36	12	0,113	-0,781	36	38,88	33,08	43,50
38,4	13	0,123	-0,742	38,4	39,65	33,97	44,21
39,7	14	0,132	-0,704	39,7	40,38	34,82	44,89
39,8	15	0,142	-0,668	39,8	41,09	35,63	45,56
40	16	0,152	-0,633	40	41,78	36,42	46,20
40,6	17	0,162	-0,600	40,6	42,44	37,18	46,83
44,6	18	0,172	-0,567	44,6	43,09	37,91	47,44
44,7	19	0,181	-0,535	44,7	43,72	38,63	48,05
45	20	0,191	-0,504	45	44,34	39,32	48,64
45,9	21	0,201	-0,473	45,9	44,94	40,00	49,22
47	22	0,211	-0,443	47	45,53	40,66	49,80

Annexes

48,2	23	0,221	-0,413	48,2	46,12	41,31	50,37
50	24	0,230	-0,384	50	46,69	41,95	50,93
50	25	0,240	-0,355	50	47,26	42,57	51,49
50,2	26	0,250	-0,327	50,2	47,82	43,19	52,05
51	27	0,260	-0,298	51	48,38	43,79	52,60
51	28	0,270	-0,271	51	48,92	44,39	53,15
51	29	0,279	-0,243	51	49,47	44,97	53,70
51,1	30	0,289	-0,216	51,1	50,01	45,55	54,24
51,5	31	0,299	-0,188	51,5	50,55	46,13	54,79
52	32	0,309	-0,161	52	51,08	46,69	55,34
52	33	0,319	-0,134	52	51,61	47,26	55,88
53	34	0,328	-0,107	53	52,14	47,81	56,43
53,8	35	0,338	-0,081	53,8	52,67	48,36	56,98
54	36	0,348	-0,054	54	53,19	48,91	57,53
54,5	37	0,358	-0,027	54,5	53,72	49,45	58,08
55	38	0,368	-0,001	55	54,24	50,00	58,64
55,4	39	0,377	0,026	55,4	54,77	50,53	59,20
55,8	40	0,387	0,053	55,8	55,29	51,07	59,76
55,9	41	0,397	0,079	55,9	55,82	51,60	60,32
56	42	0,407	0,106	56	56,35	52,13	60,89
57	43	0,417	0,133	57	56,88	52,66	61,46
58,2	44	0,426	0,160	58,2	57,41	53,19	62,04
58,7	45	0,436	0,187	58,7	57,94	53,72	62,62
59,7	46	0,446	0,214	59,7	58,47	54,25	63,21
60	47	0,456	0,241	60	59,01	54,78	63,81
60	48	0,466	0,269	60	59,55	55,31	64,41
60,5	49	0,475	0,297	60,5	60,10	55,83	65,01
61,7	50	0,485	0,324	61,7	60,65	56,37	65,63
63	51	0,495	0,352	63	61,202	56,90	66,25

Annexes

63	52	0,505	0,381	63	61,76	57,43	66,87
63,1	53	0,515	0,409	63,1	62,32	57,97	67,51
63,8	54	0,525	0,438	63,8	62,89	58,51	68,16
64	55	0,534	0,467	64	63,46	59,05	68,81
64,4	56	0,544	0,497	64,4	64,04	59,60	69,48
64,6	57	0,554	0,526	64,6	64,63	60,15	70,15
64,6	58	0,564	0,557	64,6	65,22	60,70	70,84
65	59	0,574	0,587	65	65,82	61,26	71,53
65	60	0,583	0,618	65	66,43	61,82	72,24
66,5	61	0,593	0,649	66,5	67,05	62,40	72,96
67	62	0,603	0,681	67	67,68	62,97	73,69
67,8	63	0,613	0,714	67,8	68,32	63,55	74,44
68	64	0,623	0,747	68	68,97	64,15	75,20
68	65	0,632	0,780	68	69,63	64,75	75,98
68	66	0,642	0,814	68	70,30	65,36	76,78
68,1	67	0,652	0,849	68,1	70,98	65,97	77,59
68,1	68	0,662	0,885	68,1	71,68	66,60	78,42
70	69	0,672	0,921	70	72,40	67,24	79,27
70,5	70	0,681	0,958	70,5	73,13	67,90	80,14
71,5	71	0,691	0,996	71,5	73,88	68,56	81,04
72,7	72	0,701	1,035	72,7	74,64	69,24	81,95
73	73	0,711	1,075	73	75,43	69,94	82,90
74,3	74	0,721	1,116	74,3	76,23	70,65	83,87
74,3	75	0,730	1,158	74,3	77,06	71,38	84,87
75	76	0,740	1,201	75	77,92	72,13	85,90
75	77	0,750	1,246	75	78,80	72,90	86,97
76	78	0,760	1,292	76	79,71	73,70	88,07
77	79	0,770	1,340	77	80,65	74,52	89,21
79,7	80	0,779	1,389	79,7	81,63	75,37	90,40

Annexes

80	81	0,789	1,441	80	82,64	76,25	91,64
82	82	0,799	1,494	82	83,70	77,16	92,92
83,5	83	0,809	1,550	83,5	84,80	78,12	94,27
85,3	84	0,819	1,609	85,3	85,95	79,11	95,68
86,7	85	0,828	1,670	86,7	87,16	80,15	97,16
88	86	0,838	1,735	88	88,43	81,24	98,72
89,2	87	0,848	1,803	89,2	89,77	82,39	100,37
92	88	0,858	1,875	92	91,19	83,61	102,12
95,2	89	0,868	1,952	95,2	92,71	84,91	103,99
97,6	90	0,877	2,035	97,6	94,34	86,29	106,00
99	91	0,887	2,123	99	96,09	87,78	108,16
101,2	92	0,897	2,220	101,2	97,98	89,39	110,51
102	93	0,907	2,325	102	100,06	91,16	113,084
106,8	94	0,917	2,442	106,8	102,36	93,10	115,92
109,6	95	0,926	2,572	109,6	104,93	95,27	119,11
111,3	96	0,936	2,720	111,3	107,85	97,74	122,74
114	97	0,946	2,893	114	111,24	100,60	126,96
126	98	0,956	3,098	126	115,29	104,01	132,01
128	99	0,966	3,355	128	120,34	108,26	138,30
132	100	0,975	3,696	132	127,07	113,90	146,69
132,1	101	0,985	4,212	132,1	137,23	122,40	159,39
148	102	0,995	5,316	148	158,97	140,56	186,59

Annexe I.3 : Ajustement à la loi de GALTON

Valeurs Classes	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
23	1	0,005	-2,583	23	22,97	19,28	26,35
25,4	2	0,015	-2,178	25,4	26,77	22,96	30,27
28,5	3	0,025	-1,969	28,5	28,99	25,13	32,57
30	4	0,034	-1,821	30	30,66	26,77	34,19
31,5	5	0,044	-1,705	31,5	32,04	28,13	35,59
32,5	6	0,054	-1,608	32,5	33,24	29,32	36,80
32,9	7	0,064	-1,525	32,9	34,31	30,39	37,89
34	8	0,074	-1,450	34	35,29	31,36	38,88
34,8	9	0,083	-1,383	34,8	36,20	32,27	39,80
36	10	0,093	-1,322	36	37,05	33,11	40,66
36	11	0,103	-1,265	36	37,86	33,92	41,48
36	12	0,113	-1,212	36	38,62	34,68	42,26
38,4	13	0,123	-1,162	38,4	39,36	35,42	43,01
39,7	14	0,132	-1,115	39,7	40,07	36,12	43,73
39,8	15	0,142	-1,071	39,8	40,75	36,80	44,43
40	16	0,152	-1,028	40	41,42	37,47	45,10
40,6	17	0,162	-0,987	40,6	42,06	38,11	45,76
44,6	18	0,172	-0,948	44,6	42,70	38,74	46,41
44,7	19	0,181	-0,910	44,7	43,31	39,35	47,04
45	20	0,191	-0,873	45	43,92	39,96	47,66
45,9	21	0,201	-0,838	45,9	44,51	40,55	48,27
47	22	0,211	-0,804	47	45,10	41,13	48,88
48,2	23	0,221	-0,770	48,2	45,68	41,70	49,47
50	24	0,230	-0,737	50	46,24	42,27	50,06
50	25	0,240	-0,705	50	46,81	42,82	50,64

Annexes

50,2	26	0,250	-0,674	50,2	47,37	43,37	51,22
51	27	0,260	-0,644	51	47,92	43,92	51,79
51	28	0,270	-0,614	51	48,46	44,46	52,36
51	29	0,279	-0,584	51	49,01	45,00	52,93
51,1	30	0,289	-0,555	51,1	49,55	45,53	53,49
51,5	31	0,299	-0,527	51,5	50,09	46,06	54,05
52	32	0,309	-0,499	52	50,62	46,58	54,62
52	33	0,319	-0,471	52	51,16	47,11	55,18
53	34	0,328	-0,444	53	51,69	47,63	55,74
53,8	35	0,338	-0,417	53,8	52,22	48,15	56,30
54	36	0,348	-0,390	54	52,75	48,66	56,86
54,5	37	0,358	-0,364	54,5	53,28	49,18	57,42
55	38	0,368	-0,338	55	53,82	49,70	57,98
55,4	39	0,377	-0,312	55,4	54,34	50,21	58,55
55,8	40	0,387	-0,286	55,8	54,88	50,73	59,12
55,9	41	0,397	-0,261	55,9	55,41	51,24	59,69
56	42	0,407	-0,235	56	55,94	51,76	60,26
57	43	0,417	-0,210	57	56,48	52,28	60,84
58,2	44	0,426	-0,185	58,2	57,02	52,79	61,42
58,7	45	0,436	-0,160	58,7	57,56	53,31	62,00
59,7	46	0,446	-0,135	59,7	58,10	53,83	62,59
60	47	0,456	-0,111	60	58,65	54,36	63,18
60	48	0,466	-0,086	60	59,20	54,88	63,78
60,5	49	0,475	-0,061	60,5	59,76	55,41	64,39
61,7	50	0,485	-0,037	61,7	60,32	55,94	65,00
63	51	0,495	-0,012	63	60,88	56,47	65,62
63	52	0,505	0,012	63	61,45	57,01	66,24
63,1	53	0,515	0,037	63,1	62,02	57,55	66,87
63,8	54	0,525	0,061	63,8	62,60	58,10	67,51

Annexes

64	55	0,534	0,086	64	63,19	58,65	68,16
64,4	56	0,544	0,111	64,4	63,78	59,21	68,82
64,6	57	0,554	0,135	64,6	64,38	59,77	69,49
64,6	58	0,564	0,160	64,6	64,99	60,34	70,17
65	59	0,574	0,185	65	65,61	60,91	70,86
65	60	0,583	0,210	65	66,23	61,49	71,56
66,5	61	0,593	0,235	66,5	66,87	62,08	72,28
67	62	0,603	0,261	67	67,51	62,67	73,00
67,8	63	0,613	0,286	67,8	68,17	63,28	73,75
68	64	0,623	0,312	68	68,84	63,89	74,50
68	65	0,632	0,338	68	69,52	64,52	75,28
68	66	0,642	0,364	68	70,21	65,15	76,07
68,1	67	0,652	0,390	68,1	70,92	65,79	76,87
68,1	68	0,662	0,417	68,1	71,64	66,45	77,70
70	69	0,672	0,444	70	72,37	67,12	78,55
70,5	70	0,681	0,471	70,5	73,13	67,80	79,42
71,5	71	0,691	0,499	71,5	73,90	68,50	80,37
72,7	72	0,701	0,527	72,7	74,69	69,21	81,22
73	73	0,711	0,555	73	75,50	69,93	82,17
74,3	74	0,721	0,584	74,3	76,33	70,68	83,14
74,3	75	0,730	0,614	74,3	77,19	71,45	84,14
75	76	0,740	0,644	75	78,07	72,23	85,18
75	77	0,750	0,674	75	78,98	73,04	86,25
76	78	0,760	0,705	76	79,92	73,80	87,36
77	79	0,770	0,737	77	80,89	74,73	88,51
79,7	80	0,779	0,770	79,7	81,90	75,62	89,71
80	81	0,789	0,804	80	82,95	76,54	90,96
82	82	0,799	0,838	82	84,04	77,49	92,26
83,5	83	0,809	0,873	83,5	85,18	78,49	93,62

Annexes

85,3	84	0,819	0,910	85,3	86,37	79,52	95,06
86,7	85	0,828	0,948	86,7	87,62	80,61	96,56
88	86	0,838	0,987	88	88,93	81,74	98,16
89,2	87	0,848	1,028	89,2	90,32	82,94	99,84
92	88	0,858	1,071	92	91,79	84,21	101,64
95,2	89	0,868	1,115	95,2	93,36	85,55	103,56
97,6	90	0,877	1,162	97,6	95,04	86,98	105,63
99	91	0,887	1,212	99	96,85	88,52	107,86
101,2	92	0,897	1,265	101,2	98,82	90,18	110,26
102	93	0,907	1,322	102	100,97	92,00	112,97
106,8	94	0,917	1,383	106,8	103,34	93,99	115,94
109,6	95	0,926	1,450	109,6	106,01	96,22	119,28
111,3	96	0,936	1,525	111,3	109,03	98,73	123,11
114	97	0,946	1,608	114	112,55	101,65	127,58
126	98	0,956	1,705	126	116,76	105,11	132,96
128	99	0,966	1,821	128	122,02	109,41	139,73
132	100	0,975	1,969	132	129,04	115,11	148,87
132,1	101	0,985	2,178	132,1	139,71	123,68	162,91
148	102	0,995	2,583	148	162,88	141,97	194,04

Annexe II

Annexe II.1 : Abaque

CANALISATIONS CIRCULAIRES PARTIELLEMENT REMPLIES							
H/D	TETA	D/DFS	V/VFS	S/SFS	L/D	RH/D	RFR
0.02	0.2838	0.001	0.14	0.005	0.280	0.013	0.151
0.04	0.4027	0.003	0.22	0.013	0.392	0.026	0.187
0.06	0.4949	0.007	0.29	0.024	0.475	0.039	0.210
0.08	0.5735	0.013	0.35	0.037	0.543	0.051	0.228
0.10	0.6435	0.021	0.40	0.052	0.600	0.064	0.241
0.12	0.7075	0.031	0.45	0.068	0.650	0.075	0.251
0.14	0.7670	0.042	0.50	0.085	0.694	0.087	0.260
0.16	0.8230	0.056	0.54	0.103	0.733	0.099	0.266
0.18	0.8763	0.071	0.58	0.122	0.768	0.110	0.272
0.20	0.9273	0.088	0.62	0.142	0.800	0.121	0.275
0.22	0.9764	0.106	0.65	0.163	0.828	0.131	0.279
0.24	1.0239	0.126	0.68	0.185	0.854	0.142	0.281
0.26	1.0701	0.148	0.72	0.207	0.877	0.152	0.283
0.28	1.1152	0.171	0.75	0.229	0.898	0.161	0.284
0.30	1.1593	0.196	0.78	0.252	0.917	0.171	0.284
0.32	1.2025	0.222	0.80	0.276	0.933	0.180	0.284
0.34	1.2451	0.249	0.83	0.300	0.947	0.189	0.283
0.36	1.2870	0.277	0.86	0.324	0.960	0.198	0.281
0.38	1.3284	0.307	0.88	0.349	0.971	0.206	0.279
0.40	1.3694	0.337	0.90	0.374	0.980	0.214	0.277
0.42	1.4101	0.368	0.92	0.399	0.987	0.222	0.274
0.44	1.4505	0.400	0.94	0.424	0.993	0.229	0.271
0.46	1.4907	0.433	0.96	0.449	0.997	0.237	0.268
0.48	1.5308	0.466	0.98	0.475	0.999	0.243	0.264
0.50	1.5708	0.500	1.00	0.500	1.000	0.250	0.260
0.52	1.6108	0.534	1.02	0.525	0.999	0.256	0.255
0.54	1.6509	0.568	1.03	0.551	0.997	0.262	0.250
0.56	1.6911	0.603	1.05	0.576	0.993	0.268	0.245
0.58	1.7315	0.637	1.06	0.601	0.987	0.273	0.239
0.60	1.7722	0.672	1.07	0.626	0.980	0.278	0.233
0.62	1.8132	0.706	1.06	0.651	0.971	0.282	0.227
0.64	1.8546	0.740	1.09	0.676	0.960	0.286	0.221
0.66	1.8965	0.773	1.10	0.700	0.947	0.290	0.214
0.68	1.9391	0.806	1.11	0.724	0.933	0.293	0.207
0.70	1.9823	0.837	1.12	0.748	0.917	0.296	0.200
0.72	2.0264	0.868	1.13	0.771	0.898	0.299	0.192
0.74	2.0715	0.898	1.13	0.793	0.877	0.301	0.184
0.76	2.1176	0.926	1.14	0.815	0.854	0.302	0.175
0.78	2.1652	0.953	1.14	0.837	0.828	0.304	0.166
0.80	2.2143	0.977	1.14	0.858	0.800	0.304	0.157
0.82	2.2653	1.000	1.14	0.878	0.768	0.304	0.148
0.84	2.3186	1.021	1.14	0.897	0.733	0.304	0.138
0.86	2.3746	1.039	1.14	0.915	0.694	0.303	0.127
0.88	2.4341	1.054	1.13	0.932	0.650	0.301	0.116
0.90	2.4981	1.066	1.12	0.948	0.600	0.298	0.104
0.92	2.5681	1.073	1.12	0.963	0.543	0.294	0.091
0.94	2.6467	1.076	1.10	0.976	0.475	0.289	0.077
0.96	2.7389	1.071	1.09	0.987	0.392	0.283	0.061

Annexe II.2 : vérification de la capacité du collecteur principal A et les collecteurs secondaires (B, C, D, E, F, G).

N Regard	Cote TN	CFE amont [m]	CFE aval[m]	Distance partielle [m]	Distance cumulée [m]	penne I [m/ml]	P[m]	Φ [mm]	Q cumulé [m ³ /s]	Qps [m ³ /s]	VPS [m ² /s]	rq	Vauto-curage [m ² /s]
R1	16,440		13,190	0,000	0,000		3,250		7,393				
R2	16,480	13,040	13,040	37,600	37,600	0,004	3,440	800	7,406	0,796	1,584	9,300	0,951
R3	16,500	12,902	12,902	34,300	71,900	0,004	3,598	800	7,420	0,761	1,513	9,755	0,908
R4	16,560	12,768	12,768	33,700	105,600	0,004	3,792	800	7,433	0,761	1,513	9,773	0,908
R5	16,630	12,649	12,649	29,600	135,200	0,004	3,981	800	7,447	0,761	1,513	9,790	0,908
R6	16,710	12,515	12,515	33,600	168,800	0,004	4,195	800	7,460	0,761	1,513	9,808	0,908
R7	16,570	12,377	12,377	34,400	203,200	0,004	4,193	800	7,473	0,761	1,513	9,825	0,908
R8	16,290	12,235	12,235	35,500	238,700	0,004	4,055	800	7,487	0,761	1,513	9,843	0,908
R9	15,990	12,080	12,080	38,700	277,400	0,004	3,910	800	7,500	0,761	1,513	9,861	0,908
R10	15,700	11,912	11,912	42,200	319,600	0,004	3,788	800	8,183	0,761	1,513	10,758	0,908
R11	15,470	11,752	11,752	39,900	359,500	0,004	3,718	800	8,258	0,761	1,513	10,857	0,908
R12	15,280	11,562	11,562	47,400	406,900	0,004	3,718	800	8,346	0,761	1,513	10,973	0,908
R13	14,940	11,419	11,419	35,900	442,800	0,004	3,521	800	8,413	0,761	1,513	11,061	0,908
R14	14,660	11,293	11,293	31,500	474,300	0,004	3,367	800	8,472	0,761	1,513	11,139	0,908
R15	14,760	11,157	11,157	33,900	508,200	0,004	3,603	800	8,536	0,761	1,513	11,222	0,908
R16	14,230	10,964	10,964	48,300	556,500	0,004	3,266	800	8,626	0,761	1,513	11,341	0,908
R17	13,740	10,784	10,784	45,000	601,500	0,004	2,956	800	8,710	0,761	1,513	11,452	0,908
R18	13,250	10,603	10,603	45,200	646,700	0,004	2,647	800	8,795	0,761	1,513	11,563	0,908
R19	12,840	10,449	10,449	38,500	685,200	0,004	2,391	800	8,885	0,761	1,513	11,682	0,908
R20	12,410	10,286	10,286	40,800	726,000	0,004	2,124	800	8,962	0,761	1,513	11,782	0,908

Annexes

R21	12,180	10,106	10,106	44,900	770,900	0,004	2,074	800	9,046	0,761	1,513	11,893	0,908
R22	11,480	9,969	9,969	34,400	805,300	0,004	1,511	800	9,110	0,761	1,513	11,977	0,908
R23	11,110	9,823	9,823	36,500	841,800	0,004	1,287	1000	9,178	1,405	1,789	6,533	1,073
R24	10,780	9,688	9,688	33,700	875,500	0,004	1,092	1000	9,241	1,405	1,789	6,578	1,073
R25	10,510	9,485	9,485	50,700	926,200	0,004	1,025	1000	10,388	1,405	1,789	7,394	1,073
R26	10,560	9,286	9,286	49,900	976,100	0,004	1,274	1000	10,561	1,405	1,789	7,517	1,073
R27	10,830	9,086	9,086	50,000	1026,100	0,004	1,744	1000	10,733	1,405	1,789	7,640	1,073
R28	11,340	8,901	8,901	46,100	1072,200	0,004	2,439	1000	10,892	1,405	1,789	7,753	1,073
R29	11,190	8,707	8,707	48,500	1120,700	0,004	2,483	1000	10,993	1,405	1,789	7,825	1,073
R30	11,380	8,509	8,509	49,500	1170,200	0,004	2,871	1000	11,468	1,405	1,789	8,162	1,073
R31	10,400	8,306	8,306	50,800	1221,000	0,004	2,094	1000	11,573	1,405	1,789	8,238	1,073
R32	10,460	8,104	8,104	50,500	1271,500	0,004	2,356	1000	11,678	1,405	1,789	8,312	1,073
R33	10,640	7,906	7,906	49,600	1321,100	0,004	2,734	1000	11,781	1,405	1,789	8,386	1,073
R34	10,930	7,704	7,704	50,500	1371,600	0,004	3,226	1000	11,886	1,405	1,789	8,460	1,073
R35	10,800	7,503	7,503	50,200	1421,800	0,004	3,297	1000	11,990	1,405	1,789	8,534	1,073
R36	10,640	7,302	7,302	50,300	1472,100	0,004	3,338	1000	12,095	1,405	1,789	8,609	1,073
R37	11,070	7,100	7,100	50,400	1522,500	0,004	3,970	1000	12,200	1,405	1,789	8,683	1,073
R38	11,540	7,064	7,060	11,900	1534,400	0,003	4,480	1000	12,224	1,217	1,549	10,047	0,930
R39	10,590	6,907	6,156	51,000	1585,400	0,003	4,434	1000	27,900	1,217	1,549	22,930	0,930
R40	10,000	6,005	6,005	50,600	1636,000	0,003	3,995	1000	28,005	1,217	1,549	23,017	0,930
R41	9,590	5,853	5,853	50,400	1686,400	0,003	3,737	1000	28,110	1,217	1,549	23,103	0,930
R42	8,950	5,700	5,700	51,100	1737,500	0,003	3,250	1000	28,216	1,217	1,549	23,190	0,930
R43	8,560	5,548	5,548	50,600	1788,100	0,003	3,012	1000	28,321	1,217	1,549	23,276	0,930
R44	7,950	5,399	5,399	49,800	1837,900	0,003	2,551	1000	28,424	1,217	1,549	23,361	0,930
R45	7,400	5,245	5,245	51,300	1889,200	0,003	2,155	1000	28,531	1,217	1,549	23,449	0,930
R46	7,070	5,137	5,137	36,000	1925,200	0,003	1,933	1000	28,606	1,217	1,549	23,510	0,930

Annexes

R47	6,820	4,982	4,982	51,600	1976,800	0,003	1,838	1000	28,713	1,217	1,549	23,598	0,930
R48	6,380	4,834	4,834	49,500	2026,300	0,003	1,546	1000	28,816	1,217	1,549	23,683	0,930
R49	6,140	4,682	4,682	50,600	2076,900	0,003	1,458	1000	28,921	1,217	1,549	23,769	0,930
R50	6,110	4,580	4,580	33,900	2110,800	0,003	1,530	1000	28,991	1,217	1,549	23,827	0,930
R51	5,990	4,557	4,557	13,400	2124,200	0,002	1,433	1000	29,019	0,916	1,166	31,683	0,700
R52	5,920	4,467	4,467	53,100	2177,300	0,002	1,453	1000	30,977	0,916	1,166	33,820	0,700
R53	5,810	4,381	4,381	50,500	2227,800	0,002	1,429	1000	31,127	0,916	1,166	33,984	0,700
R54	5,720	4,297	4,297	49,500	2277,300	0,002	1,423	1000	31,274	0,916	1,166	34,145	0,700
R55	5,600	4,212	4,212	50,200	2327,500	0,002	1,388	1000	31,424	0,916	1,166	34,308	0,700
R56	5,510	4,126	4,126	50,400	2377,900	0,002	1,384	1000	31,574	0,916	1,166	34,472	0,700
R57	5,440	4,041	4,041	50,200	2428,100	0,002	1,399	1000	31,723	0,916	1,166	34,635	0,700
R58	5,260	3,952	3,952	52,200	2480,300	0,002	1,308	1000	31,878	0,916	1,166	34,804	0,700
R59	5,380	3,867	3,867	50,100	2530,400	0,002	1,513	1000	32,027	0,916	1,166	34,967	0,700
R60	5,380	3,808	3,808	34,400	2564,800	0,002	1,572	1000	32,130	0,916	1,166	35,079	0,700
R61	5,390	3,756	3,756	31,000	2595,800	0,002	1,634	1000	32,222	0,916	1,166	35,180	0,700
R62	5,420	3,665	3,665	53,600	2649,400	0,002	1,755	1000	34,579	0,916	1,166	37,753	0,700
R63	5,370	3,578	3,578	51,100	2700,500	0,002	1,792	1000	34,800	0,916	1,166	37,995	0,700
R64	5,330	3,515	3,515	36,900	2737,400	0,002	1,815	1000	34,960	0,916	1,166	38,169	0,700
R65	5,290	3,457	3,457	34,100	2771,500	0,002	1,833	1000	35,108	0,916	1,166	38,330	0,700
R66	5,270	3,406	3,406	29,800	2801,300	0,002	1,864	1000	35,237	0,916	1,166	38,471	0,700
R67	5,270	3,352	3,352	31,800	2833,100	0,002	1,918	1000	35,374	0,916	1,166	38,622	0,700
R68	5,120	3,292	3,292	35,600	2868,700	0,002	1,828	1000	37,662	0,916	1,166	41,119	0,700
R69	4,960	3,229	3,229	36,900	2905,600	0,002	1,731	1000	37,821	0,916	1,166	41,293	0,700
R70	5,010	3,146	3,146	49,000	2954,600	0,002	1,864	1000	38,033	0,916	1,166	41,525	0,700
R71	5,030	3,096	3,096	29,200	2983,800	0,002	1,934	1000	38,160	0,916	1,166	41,663	0,700

Annexes

R72	5,050	3,050	3,050	27,300	3011,100	0,002	2,000	1000	38,278	0,916	1,166	41,792	0,700
R73	5,250	2,950	2,950	58,900	3070,000	0,002	2,300	1000	38,533	0,916	1,166	42,070	0,700
R74	5,180	2,883	2,883	39,300	3109,300	0,002	2,297	1000	38,703	0,916	1,166	42,256	0,700
R75	5,120	2,826	2,826	33,200	3142,500	0,002	2,294	1000	38,847	0,916	1,166	42,413	0,700
R76	5,040	2,762	2,762	38,100	3180,600	0,002	2,278	1000	39,012	0,916	1,166	42,593	0,700
R77	4,980	2,694	2,694	39,500	3220,100	0,002	2,286	1000	39,183	0,916	1,166	42,780	0,700
R78	4,920	2,642	2,642	31,000	3251,100	0,002	2,278	1000	39,317	0,916	1,166	42,926	0,700
R79	4,890	2,600	2,600	24,500	3275,600	0,002	2,290	1000	39,423	0,916	1,166	43,042	0,700
R80	5,005	2,536	2,536	37,600	3313,200	0,002	2,469	1000	39,586	0,916	1,166	43,220	0,700
R81	5,200	2,478	2,478	33,900	3347,100	0,002	2,722	1000	39,733	0,916	1,166	43,380	0,700
R82	5,250	2,426	2,426	31,000	3378,100	0,002	2,824	1000	39,867	0,916	1,166	43,527	0,700
R83	5,310	2,368	2,368	34,000	3412,100	0,002	2,942	1000	40,015	0,916	1,166	43,688	0,700
R84	5,260	2,310	2,310	34,300	3446,400	0,002	2,950	1000	40,163	0,916	1,166	43,850	0,700
R85	5,220	2,253	2,253	33,600	3480,000	0,002	2,967	1000	40,309	0,916	1,166	44,009	0,700
R86	5,000	2,183	2,183	41,000	3521,000	0,002	2,817	1000	40,921	0,916	1,166	44,677	0,700
R87	4,790	2,116	2,116	39,600	3560,600	0,002	2,674	1000	41,093	0,916	1,166	44,865	0,700
R88	4,790	2,041	2,041	43,800	3604,400	0,002	2,749	1000	47,723	0,916	1,166	52,104	0,700
R89	4,790	1,976	1,976	38,500	3642,900	0,002	2,814	1000	47,838	0,916	1,166	52,230	0,700
R90	4,770	1,892	1,892	49,100	3692,000	0,002	2,878	1000	47,985	0,916	1,166	52,390	0,700
R91	4,840	1,807	1,807	50,000	3742,000	0,002	3,033	1000	48,134	0,916	1,166	52,553	0,700
R92	4,940	1,728	1,728	46,800	3788,800	0,002	3,212	1000	48,274	0,916	1,166	52,705	0,700
R93	4,940	1,644	1,644	49,300	3838,100	0,002	3,296	1000	48,421	0,916	1,166	52,866	0,700
R94	4,860	1,559	1,559	49,900	3888,000	0,002	3,301	1000	48,570	0,916	1,166	53,029	0,700
R95	4,780	1,477	1,477	48,200	3936,200	0,002	3,303	1000	48,714	0,916	1,166	53,186	0,700
R96	5,070	1,391	1,391	50,600	3986,800	0,002	3,679	1000	48,865	0,916	1,166	53,351	0,700

Annexes

R97	5,037	1,315	1,315	44,600	4031,400	0,002	3,722	1000	48,998	0,916	1,166	53,496	0,700
R98	5,600	1,243	1,243	42,600	4074,000	0,002	4,357	1000	49,126	0,916	1,166	53,635	0,700
R99	4,770	1,170	1,170	42,600	4116,600	0,002	3,600	1000	49,253	0,916	1,166	53,774	0,700
R100	4,770	1,105	1,105	38,200	4154,800	0,002	3,665	1000	61,625	0,916	1,166	67,281	0,700
R101	4,630	1,026	1,026	46,800	4201,600	0,002	3,604	1000	61,896	0,916	1,166	67,578	0,700
R102	4,580	0,940	0,940	50,700	4252,300	0,002	3,640	1000	62,191	0,916	1,166	67,900	0,700
R103	4,530	0,865	0,865	43,700	4296,000	0,002	3,665	1000	62,445	0,916	1,166	68,177	0,700
R104	4,800	0,773	0,773	54,300	4350,300	0,002	4,027	1000	62,760	0,916	1,166	68,521	0,700
R105	5,010	0,708	0,708	38,400	4388,700	0,002	4,302	1000	62,983	0,916	1,166	68,764	0,700
R106	5,190	0,653	0,653	32,300	4421,000	0,002	4,537	1000	63,171	0,916	1,166	68,969	0,700
R107	5,360	0,587	0,587	38,900	4459,900	0,002	4,773	1000	63,397	0,916	1,166	69,216	0,700
R108	5,570	0,511	0,511	44,500	4504,400	0,002	5,059	1000	63,655	0,916	1,166	69,498	0,700
R109	5,550	0,431	0,431	46,900	4551,300	0,002	5,119	1000	63,927	0,916	1,166	69,795	0,700
R110	5,330	0,401	0,401	17,600	4568,900	0,002	4,929	1000	73,043	0,916	1,166	79,748	0,700
R111	5,420	0,326	0,326	44,100	4613,000	0,002	5,094	1000	73,409	0,916	1,166	80,147	0,700
R112	5,520	0,255	0,255	42,200	4655,200	0,002	5,265	1000	73,758	0,916	1,166	80,529	0,700
R113	5,520	0,170	0,170	50,100	4705,300	0,002	5,350	1000	74,173	0,916	1,166	80,982	0,700
R114	5,460	0,072	0,072	57,600	4762,900	0,002	5,388	1000	74,651	0,916	1,166	81,503	0,700
R115	5,400	-0,001	-0,001	42,700	4805,600	0,002	5,401	1000	75,005	0,916	1,166	81,890	0,700
R116	5,440	-0,082	-0,082	47,400	4853,000	0,002	5,522	1000	75,397	0,916	1,166	82,318	0,700
R117	5,480	-0,172	-0,172	53,100	4906,100	0,002	5,652	1000	75,837	0,916	1,166	82,799	0,700
R118	5,480	-0,223	-0,223	30,000	4936,100	0,002	5,703	1000	76,086	0,916	1,166	83,070	0,700
R119	5,480	-0,280	-0,280	33,500	4969,600	0,002	5,760	1000	76,364	0,916	1,166	83,373	0,700
R120	5,480	-0,378	-0,378	57,800	5027,400	0,002	5,858	1000	76,843	0,916	1,166	83,896	0,700
R121	5,550	-0,474	-0,474	56,300	5083,700	0,002	6,024	1000	77,309	0,916	1,166	84,406	0,700

Annexes

R122	5,580	-0,532	-0,532	34,200	5117,900	0,002	6,112	1000	77,592	0,916	1,166	84,715	0,700
R123	5,620	-0,575	-0,575	25,400	5143,300	0,002	6,195	1000	77,803	0,916	1,166	84,945	0,700
R124	5,350	-0,666	-0,666	53,600	5196,900	0,002	6,016	1000	78,247	0,916	1,166	85,430	0,700
R125	5,220	-0,718	-0,718	30,700	5227,600	0,002	5,938	1000	78,501	0,916	1,166	85,707	0,700
R126	5,110	-0,769	-0,769	29,600	5257,200	0,002	5,879	1000	78,747	0,916	1,166	85,975	0,700
R127	5,340	-0,858	-0,858	52,300	5309,500	0,002	6,198	1000	79,180	0,916	1,166	86,448	0,700
R128	5,650	-0,945	-0,945	51,700	5361,200	0,002	6,595	1000	79,609	0,916	1,166	86,916	0,700
STR	5,640	-0,962	-0,962	10,000	5371,200	0,002	6,602	1000	89,639	0,916	1,166	97,867	0,700

Collecteur B													
N Regard	Cote TN	CFE amont [m]	CFE aval [m]	Distance partielle [m]	Distance cumulée [m]	pente I [m/ml]	P[m]	Φ [mm]	Q cumulé [m ³ /s]	Q _{ps} [m ³ /s]	VPS [m/s]	rq	Vauto-curage [m/s]
R129	11,850	/	8,350	0,000	0,000	/	3,500						
R130	10,690	7,914	7,914	36,200	36,200	0,012	2,776	1000	0,369	2,437	3,103	0,151	1,862
R131	9,880	7,499	7,499	34,500	70,700	0,012	2,381	1000	0,721	2,437	3,103	0,296	1,862
R132	9,300	6,925	6,925	47,700	118,400	0,012	2,375	1000	1,207	2,437	3,103	0,495	1,862
R133	8,150	6,320	6,320	44,800	163,200	0,014	1,830	1000	1,664	2,582	3,288	0,645	1,973
R134	7,810	5,710	5,710	50,700	213,900	0,012	2,100	1000	2,181	2,437	3,103	0,895	1,862
R135	7,810	5,300	5,300	49,800	263,700	0,008	2,510	1000	2,689	2,015	2,566	1,334	1,540
R136	7,680	4,884	4,884	50,600	314,300	0,008	2,796	1000	3,205	2,015	2,566	1,590	1,540
R137	7,680	4,476	4,476	49,500	363,800	0,008	3,204	1000	3,710	2,015	2,566	1,841	1,540
R138	6,810	4,065	4,065	49,900	413,700	0,008	2,745	1000	10,077	2,015	2,566	5,000	1,540
R139	6,810	3,649	3,649	50,600	464,300	0,008	3,161	1000	10,593	2,015	2,566	5,256	1,540
R140	6,890	3,233	3,233	50,500	514,800	0,008	3,657	1000	11,108	2,015	2,566	5,511	1,540
R141	6,850	2,827	2,827	49,400	564,200	0,008	4,023	1000	11,611	2,015	2,566	5,761	1,540

Annexes

R142	6,550	2,405	2,405	51,200	615,400	0,008	4,145	1000	12,133	2,015	2,566	6,020	1,540
R143	6,330	2,000	2,000	49,200	664,600	0,008	4,330	1000	12,635	2,015	2,566	6,269	1,540
R144	6,120	1,593	1,593	49,500	714,100	0,008	4,527	1000	13,140	2,015	2,566	6,520	1,540
R145	5,960	1,339	1,339	30,800	744,900	0,008	4,621	1000	13,454	2,015	2,566	6,676	1,540
R146	5,860	0,925	0,925	50,300	795,200	0,008	4,935	1000	13,967	2,015	2,566	6,930	1,540
R147	6,050	0,520	0,520	49,300	844,500	0,008	5,530	1000	14,470	2,015	2,566	7,180	1,540
R148	5,910	0,106	0,106	50,300	894,800	0,008	5,804	1000	14,983	2,015	2,566	7,434	1,540
R149	5,870	-0,308	-0,308	50,200	945,000	0,008	6,178	1000	15,494	2,015	2,566	7,688	1,540
R150	5,720	-0,541	-0,541	28,400	973,400	0,008	6,261	1000	15,784	2,015	2,566	7,832	1,540
R151	5,670	-0,775	-0,775	28,400	1001,800	0,008	6,445	1000	16,074	2,015	2,566	7,975	1,540
R128	5,650	-0,849	/	9,000	1010,800	0,008	6,499	1000	16,165	2,015	2,566	8,021	1,540

Collecteur C													
R152	12,010	10,410	10,410	0,000	0,000	/	1,600						0,000
R153	11,970	10,265	10,265	31,100	31,100	0,005	1,705	1000	3,231	1,518	1,932	2,129	1,159
R154	11,930	10,121	10,121	30,800	61,900	0,005	1,809	1000	3,371	1,518	1,932	2,222	1,159
R155	11,890	9,949	9,949	36,900	98,800	0,005	1,941	1000	3,539	1,518	1,932	2,332	1,159
R156	11,850	9,773	9,773	37,700	136,500	0,005	2,077	1000	3,711	1,518	1,932	2,445	1,159
R157	11,820	9,598	9,598	37,500	174,000	0,005	2,222	1000	3,881	1,518	1,932	2,557	1,159
R158	11,780	9,428	9,428	36,400	210,400	0,005	2,352	1000	4,046	1,518	1,932	2,666	1,159
R159	11,740	9,255	9,255	37,100	247,500	0,005	2,485	1000	4,215	1,518	1,932	2,777	1,159
R160	11,690	9,059	9,059	41,900	289,400	0,005	2,631	1000	4,406	1,518	1,932	2,903	1,159
R161	11,650	8,889	8,889	36,400	325,800	0,005	2,761	1000	4,571	1,518	1,932	3,012	1,159
R162	11,620	8,724	8,724	35,500	361,300	0,005	2,896	1000	4,732	1,518	1,932	3,118	1,159
R163	11,790	8,468	8,468	54,800	416,100	0,005	3,322	1000	4,982	1,518	1,932	3,283	1,159

Annexes

R164	11,880	8,225	8,225	52,000	468,100	0,005	3,655	1000	5,218	1,518	1,932	3,438	1,159
R165	12,220	7,993	7,993	49,700	517,800	0,005	4,227	1000	5,444	1,518	1,932	3,587	1,159
R166	12,820	7,791	7,791	43,400	561,200	0,005	5,029	1000	5,641	1,518	1,932	3,717	1,159
R167	12,820	7,740	7,740	10,800	572,000	0,005	5,080	1000	5,690	1,518	1,932	3,749	1,159
R168	10,850	7,343	7,343	39,700	611,700	0,010	3,507	1000	5,871	2,221	2,828	2,643	1,697
R169	8,930	6,936	6,936	40,700	652,400	0,010	1,994	1000	6,056	2,221	2,828	2,726	1,697
R170	8,160	6,629	6,629	30,700	683,100	0,010	1,531	1000	6,195	2,221	2,828	2,789	1,697
R171	7,340	6,072	6,072	55,700	738,800	0,010	1,268	1000	6,448	2,221	2,828	2,903	1,697
R172	7,000	5,679	5,679	39,300	778,100	0,010	1,321	1000	6,627	2,221	2,828	2,983	1,697
R173	6,540	5,171	5,171	50,800	828,900	0,010	1,369	1000	6,858	2,221	2,828	3,087	1,697
R174	6,620	4,667	4,667	50,400	879,300	0,010	1,953	1000	7,087	2,221	2,828	3,190	1,697
R175	6,860	4,164	4,164	50,300	929,600	0,010	2,696	1000	7,316	2,221	2,828	3,293	1,697
R176	6,660	3,662	3,662	50,200	979,800	0,010	2,998	1000	7,544	2,221	2,828	3,396	1,697
R177	6,550	3,154	3,154	50,800	1030,600	0,010	3,396	1000	7,775	2,221	2,828	3,500	1,697
R178	6,720	2,666	2,665	48,800	1079,400	0,010	4,054	1000	7,997	2,221	2,828	3,600	1,697
R179	5,980	2,157	2,157	50,800	1130,200	0,010	3,823	1000	8,228	2,221	2,828	3,704	1,697
R180	6,570	1,666	1,666	49,100	1179,300	0,010	4,904	1000	8,451	2,221	2,828	3,804	1,697
R181	5,530	1,160	1,160	50,600	1229,900	0,010	4,370	1000	8,681	2,221	2,828	3,908	1,697
R182	5,540	0,862	0,862	29,800	1259,700	0,010	4,678	1000	8,816	2,221	2,828	3,969	1,697
R109	5,550	0,510	/	35,200	1294,900	0,010	5,040	1000	8,976	2,221	2,828	4,041	1,697

Collecteur D													
R183	13,180	/	10,440	0,000	0,000	/	2,740						0,000
R184	13,230	10,267	10,267	57,700	57,700	0,003	2,963	1000	2,730	1,217	1,549	2,244	0,929
R185	13,270	10,110	10,115	52,300	110,000	0,003	3,160	1000	7,194	1,217	1,549	5,912	0,930

Annexes

R186	13,290	10,045	10,045	23,200	133,200	0,003	3,245	1000	7,205	1,217	1,549	5,922	0,930
R187	13,310	9,967	9,967	26,000	159,200	0,003	3,343	1000	7,219	1,217	1,549	5,933	0,930
R188	13,330	9,878	9,878	29,800	189,000	0,003	3,452	1000	7,234	1,217	1,549	5,946	0,930
R189	13,360	9,787	9,787	30,300	219,300	0,003	3,573	1000	7,250	1,217	1,549	5,958	0,930
R190	13,390	9,662	9,662	41,800	261,100	0,003	3,728	1000	7,271	1,217	1,549	5,976	0,930
R191	13,430	9,532	9,532	43,200	304,300	0,003	3,898	1000	7,293	1,217	1,549	5,994	0,930
R192	13,470	9,403	9,403	43,000	347,300	0,003	4,067	1000	7,316	1,217	1,549	6,012	0,930
R193	13,500	9,289	9,289	38,100	385,400	0,003	4,211	1000	7,335	1,217	1,549	6,029	0,930
R194	13,530	9,185	9,185	34,500	419,900	0,003	4,345	1000	7,353	1,217	1,549	6,043	0,930
R195	13,560	9,085	9,085	33,400	453,300	0,003	4,475	1000	7,370	1,217	1,549	6,057	0,930
R196	13,590	8,985	8,985	33,300	486,600	0,003	4,605	1000	7,387	1,217	1,549	6,071	0,930
R197	13,620	8,874	8,870	37,000	523,600	0,003	4,746	1000	7,406	1,217	1,549	6,087	0,930
R198	13,650	8,733	8,733	45,600	569,200	0,003	4,917	1000	7,430	1,217	1,549	6,106	0,930
R199	13,680	8,609	8,609	41,300	610,500	0,003	5,071	1000	7,451	1,217	1,549	6,124	0,930
R200	13,700	8,574	8,576	11,700	622,200	0,003	5,126	1000	7,457	1,217	1,549	6,129	0,930
DVO	13,600	8,300	8,300	6,000	628,200	0,046	5,300	1000	0,168	4,762	6,063	0,035	3,638
R201	13,500	8,270	8,270	32,500	660,700	0,001	5,230	1000	0,400	0,675	0,859	0,592	0,516
R202	13,450	8,200	8,197	38,600	699,300	0,002	5,250	1000	0,674	0,946	1,204	0,713	0,723
R203	13,170	8,007	8,007	38,600	737,900	0,005	5,163	1000	0,949	1,555	1,980	0,611	1,188
R204	13,210	7,844	7,843	33,200	771,100	0,005	5,366	1000	1,186	1,555	1,980	0,763	1,188
R205	13,060	7,683	7,682	32,800	803,900	0,005	5,377	1000	1,419	1,555	1,980	0,913	1,188
R206	13,260	7,521	7,521	32,800	836,700	0,005	5,739	1000	1,653	1,555	1,980	1,063	1,188
R207	13,400	7,346	7,346	35,600	872,300	0,005	6,054	1000	1,906	1,555	1,980	1,226	1,188
R208	13,380	7,164	7,164	37,100	909,400	0,005	6,216	1000	2,171	1,555	1,980	1,396	1,188
R209	14,360	7,013	7,011	30,900	940,300	0,005	7,347	1000	2,391	1,555	1,980	1,537	1,188
R210	14,880	6,808	6,807	41,600	981,900	0,005	8,072	1000	2,687	1,555	1,980	1,728	1,188

Annexes

R211	14,240	6,590	6,590	44,300	1026,200	0,005	7,650	1000	3,003	1,555	1,980	1,931	1,188
R212	13,680	6,399	6,399	39,000	1065,200	0,005	7,281	1000	3,280	1,555	1,980	2,109	1,188
R213	13,110	6,204	6,204	39,800	1105,000	0,005	6,906	1000	3,564	1,555	1,980	2,292	1,188
R214	12,490	5,990	5,990	43,500	1148,500	0,005	6,500	1000	3,874	1,555	1,980	2,491	1,188
R215	11,590	5,819	5,819	34,800	1183,300	0,005	5,771	1000	4,121	1,555	1,980	2,650	1,188
R216	10,710	5,652	5,651	34,200	1217,500	0,005	5,058	1000	4,365	1,555	1,980	2,807	1,188
R217	11,240	5,602	5,602	9,900	1227,400	0,005	5,638	1000	4,435	1,555	1,980	2,852	1,188
R218	8,340	5,401	5,400	41,000	1268,400	0,005	2,939	1000	8,030	1,555	1,980	5,164	1,188
R219	7,520	5,153	5,153	50,400	1318,800	0,005	2,367	1000	8,368	1,555	1,980	5,381	1,188
R220	7,280	4,906	4,905	50,300	1369,100	0,005	2,374	1000	8,705	1,555	1,980	5,598	1,188
R221	7,240	4,655	4,654	51,100	1420,200	0,005	2,585	1000	9,047	1,555	1,980	5,818	1,188
R222	7,310	4,409	4,408	50,000	1470,200	0,005	2,901	1000	9,382	1,555	1,980	6,033	1,188
R223	7,270	4,202	4,201	42,000	1512,200	0,005	3,068	1000	9,663	1,555	1,980	6,214	1,188
R224	6,870	3,959	3,958	49,400	1561,600	0,005	2,911	1000	9,994	1,555	1,980	6,427	1,188
R225	6,190	3,720	3,719	48,700	1610,300	0,005	2,470	1000	10,320	1,555	1,980	6,637	1,188
R226	5,780	3,481	3,480	48,600	1658,900	0,005	2,299	1000	10,646	1,555	1,980	6,846	1,188
R227	5,460	2,979	2,979	50,100	1709,000	0,010	2,481	1000	10,982	2,222	2,829	4,943	1,697
R228	5,200	2,489	2,489	49,000	1758,000	0,010	2,711	1000	11,310	2,222	2,829	5,090	1,697
R229	5,140	2,006	2,006	48,300	1806,300	0,010	3,134	1000	11,633	2,222	2,829	5,236	1,697
R230	5,210	1,510	1,510	49,500	1855,800	0,010	3,700	1000	11,965	2,222	2,829	5,385	1,697
R99	4,770	1,231	/	27,900	1883,700	0,010	3,539	1000	12,152	2,221	2,828	5,470	1,697
Collecteur E													
R231	10,430	7,530	7,530	0,000	0,000	/	2,900						0,000
R232	8,790	6,790	6,790	49,900	49,900	0,015	2,000	800	0,200	1,465	2,914	0,069	1,748
R233	8,240	6,454	6,454	49,800	99,700	0,007	1,786	800	0,400	0,988	1,966	0,203	1,180
R234	7,960	6,118	6,118	49,700	149,400	0,007	1,842	800	0,599	0,988	1,966	0,305	1,180

Annexes

R235	7,760	5,775	5,775	50,800	200,200	0,007	1,985	800	0,803	0,988	1,966	0,408	1,180
R236	7,530	5,437	5,437	50,100	250,300	0,007	2,093	800	1,004	0,988	1,966	0,511	1,180
R237	7,150	5,082	5,082	52,600	302,900	0,007	2,068	800	1,215	0,988	1,966	0,618	1,180
R238	7,040	4,755	4,755	48,400	351,300	0,007	2,285	800	1,409	0,988	1,966	0,717	1,180
R239	6,890	4,413	4,413	50,700	402,000	0,007	2,477	800	1,613	0,988	1,966	0,820	1,180
R240	6,590	4,076	4,076	49,800	451,800	0,007	2,514	800	1,812	0,988	1,966	0,922	1,180
R241	6,110	3,802	3,802	40,600	492,400	0,007	2,308	800	1,975	0,988	1,966	1,005	1,180
R242	5,600	3,474	3,474	48,600	541,000	0,007	2,126	800	2,170	0,988	1,966	1,104	1,180
R243	5,320	3,144	3,144	48,900	589,900	0,007	2,176	800	2,366	0,988	1,966	1,204	1,180
R244	5,270	2,811	2,811	49,300	639,200	0,007	2,459	800	2,564	0,988	1,966	1,304	1,180
R245	5,190	2,484	2,484	48,500	687,700	0,007	2,706	800	2,759	0,988	1,966	1,403	1,180
R246	5,190	2,310	2,310	25,700	713,400	0,007	2,880	800	2,862	0,988	1,966	1,456	1,180
R87	4,790	2,155	/	23,000	736,400	0,007	2,635	800	2,954	0,988	1,966	1,503	1,180
Collecteur F													
R247	10,330	/	8,730	0,000	0,000	/	1,600						0,000
R248	9,560	8,183	8,183	50,000	50,000	0,011	1,377	800	0,207	1,258	2,503	0,164	1,502
R249	9,140	7,628	7,628	50,700	100,700	0,011	1,512	800	0,209	1,258	2,503	0,166	1,502
R250	8,830	7,074	7,074	50,600	151,300	0,011	1,756	800	0,209	1,258	2,503	0,166	1,502
R251	8,620	6,514	6,514	51,100	202,400	0,011	2,106	800	0,211	1,258	2,503	0,168	1,502
R252	8,280	5,971	5,971	49,600	252,000	0,011	2,309	800	0,205	1,258	2,503	0,163	1,502
R253	7,370	5,420	5,420	50,400	302,400	0,011	1,950	800	0,208	1,258	2,503	0,165	1,502
R254	6,220	4,870	4,870	50,200	352,600	0,011	1,350	800	0,207	1,258	2,503	0,165	1,502
R255	6,100	4,795	4,795	19,000	371,600	0,004	1,305	800	0,078	0,753	1,498	0,104	0,899
R256	5,970	4,672	4,672	31,500	403,100	0,004	1,298	800	1,163	0,753	1,498	1,544	0,899
R257	5,790	4,487	4,487	33,500	436,600	0,006	1,303	800	1,301	0,894	1,779	1,455	1,067
R258	5,660	4,363	4,363	31,500	468,100	0,004	1,297	800	1,431	0,753	1,498	1,900	0,899

Annexes

R259	5,540	4,291	4,291	32,200	500,300	0,002	1,249	800	1,564	0,571	1,136	2,740	0,681
R260	5,410	4,095	4,095	50,000	550,300	0,004	1,315	800	1,771	0,753	1,498	2,351	0,899
R261	5,310	3,898	3,898	50,000	600,300	0,004	1,412	800	1,977	0,753	1,498	2,625	0,899
R262	5,370	3,796	3,796	26,000	626,300	0,004	1,574	800	2,084	0,753	1,498	2,767	0,899
R61	7,400	3,757	/	10,000	636,300	0,004	3,643	800	2,126	0,753	1,498	2,822	0,899
Collecteur G													
R263	10,760	/	8,960	0,000	0,000	/	1,800						0,000
R264	11,020	8,760	8,760	36,200	36,200	0,006	2,260	1000	0,202	1,651	2,102	0,122	1,261
R265	11,280	8,479	8,479	49,500	85,700	0,006	2,801	1000	0,478	1,674	2,132	0,286	1,279
R266	11,360	8,306	8,306	30,800	116,500	0,006	3,054	1000	0,650	1,665	2,119	0,391	1,272
R267	11,490	8,030	8,030	49,200	165,700	0,006	3,460	1000	0,925	1,665	2,119	0,555	1,272
R268	11,700	7,746	7,746	50,500	216,200	0,006	3,954	1000	1,206	1,665	2,119	0,725	1,272
R269	11,560	7,464	7,464	50,200	266,400	0,006	4,096	1000	1,487	1,665	2,119	0,893	1,272
R270	11,560	7,176	7,176	50,000	316,400	0,006	4,384	1000	1,766	1,688	2,149	1,046	1,289
R271	11,600	6,892	6,892	50,600	367,000	0,006	4,708	1000	2,048	1,665	2,119	1,230	1,272
R272	11,440	6,613	6,613	49,600	416,600	0,006	4,827	1000	2,325	1,665	2,119	1,397	1,272
R273	11,400	6,435	6,435	31,800	448,400	0,006	4,965	1000	2,502	1,665	2,119	1,503	1,272
R274	11,360	6,268	6,268	29,700	478,100	0,006	5,092	1000	2,668	1,665	2,119	1,603	1,272
R275	11,270	5,996	5,996	48,500	526,600	0,006	5,274	1000	2,939	1,665	2,119	1,765	1,272
R276	11,240	5,685	5,685	55,400	582,000	0,006	5,555	1000	3,248	1,665	2,119	1,951	1,272
R217	11,240	5,602	/	14,700	596,700	0,006	5,638	1000	3,330	1,662	2,117	2,003	1,270

Annexe II.3 : Caractéristiques de profil en long et le dimensionnement du collecteur principal A et les collecteurs secondaires

N Regard	Cote TN	CFE amont [m]	CFE aval [m]	Distance partielle [m]	Distance cumulée [m]	penne I [m/ml]	P[m]	Φ_{cal} [mm]	Φ_{nor} [mm]	Q cumulé [m ³ /s]	Qps [m ³ /s]	VPS [m/s]	rq	Vauto-courage [m/s]
Collecteur principale A														
R1	16,440		13,190	0,000	0,000		3,250			9,860				
R2	16,480	13,040	13,040	37,600	37,600	0,004	3,440	2157,168	2200,000	9,878	12,284	3,231	0,804	1,939
R3	16,500	12,902	12,902	34,300	71,900	0,004	3,598	2157,168	2200,000	9,896	12,284	3,231	0,806	1,939
R4	16,560	12,768	12,768	33,700	105,600	0,004	3,792	2157,168	2200,000	9,913	12,284	3,231	0,807	1,939
R5	16,630	12,649	12,649	29,600	135,200	0,004	3,981	2157,168	2200,000	9,931	12,284	3,231	0,808	1,939
R6	16,710	12,515	12,515	33,600	168,800	0,004	4,195	2157,168	2200,000	9,949	12,284	3,231	0,810	1,939
R7	16,570	12,377	12,377	34,400	203,200	0,004	4,193	2157,168	2200,000	9,967	12,284	3,231	0,811	1,939
R8	16,290	12,235	12,235	35,500	238,700	0,004	4,055	2157,168	2200,000	9,985	12,284	3,231	0,813	1,939
R9	15,990	12,080	12,080	38,700	277,400	0,004	3,910	2157,168	2200,000	10,003	12,284	3,231	0,814	1,939
R10	15,700	11,912	11,912	42,200	319,600	0,004	3,788	2157,168	2200,000	10,949	12,284	3,231	0,891	1,939
R11	15,470	11,752	11,752	39,900	359,500	0,004	3,718	2157,168	2200,000	11,068	12,284	3,231	0,901	1,939
R12	15,280	11,562	11,562	47,400	406,900	0,004	3,718	2157,168	2200,000	11,210	12,284	3,231	0,913	1,939
R13	14,940	11,419	11,419	35,900	442,800	0,004	3,521	2157,168	2200,000	11,317	12,284	3,231	0,921	1,939
R14	14,660	11,293	11,293	31,500	474,300	0,004	3,367	2157,168	2200,000	11,411	12,284	3,231	0,929	1,939
R15	14,760	11,157	11,157	33,900	508,200	0,004	3,603	2157,168	2200,000	11,512	12,284	3,231	0,937	1,939
R16	14,230	10,964	10,964	48,300	556,500	0,004	3,266	2157,168	2200,000	11,657	12,284	3,231	0,949	1,939
R17	13,740	10,784	10,784	45,000	601,500	0,004	2,956	2157,168	2200,000	11,791	12,284	3,231	0,960	1,939
R18	13,250	10,603	10,603	45,200	646,700	0,004	2,647	2157,168	2200,000	11,926	12,284	3,231	0,971	1,939
R19	12,840	10,449	10,449	38,500	685,200	0,004	2,391	2157,168	2200,000	12,071	12,284	3,231	0,983	1,939
R20	12,410	10,286	10,286	40,800	726,000	0,004	2,124	2157,168	2200,000	12,193	12,284	3,231	0,993	1,939

Annexes

R21	12,180	10,106	10,106	44,900	770,900	0,004	2,074	2157,168	2200,000	12,327	12,284	3,231	1,004	1,939
R22	11,480	9,969	9,969	34,400	805,300	0,004	1,511	2359,682	2400,000	12,430	15,604	3,449	0,797	2,070
R23	11,110	9,823	9,823	36,500	841,800	0,004	1,287	2359,682	2400,000	12,539	15,604	3,449	0,804	2,070
R24	10,780	9,688	9,688	33,700	875,500	0,004	1,092	2359,682	2400,000	12,640	15,604	3,449	0,810	2,070
R25	10,510	9,485	9,485	50,700	926,200	0,004	1,025	2359,682	2400,000	15,580	15,604	3,449	0,998	2,070
R26	10,560	9,286	9,286	49,900	976,100	0,004	1,274	2562,724	2600,000	15,855	19,447	3,663	0,815	2,198
R27	10,830	9,086	9,086	50,000	1026,100	0,004	1,744	2562,724	2600,000	16,131	19,447	3,663	0,829	2,198
R28	11,340	8,901	8,901	46,100	1072,200	0,004	2,439	2562,724	2600,000	16,385	19,447	3,663	0,843	2,198
R29	11,190	8,707	8,707	48,500	1120,700	0,004	2,483	2562,724	2600,000	16,652	19,447	3,663	0,856	2,198
R30	11,380	8,509	8,509	49,500	1170,200	0,004	2,871	2562,724	2600,000	17,915	19,447	3,663	0,921	2,198
R31	10,400	8,306	8,306	50,800	1221,000	0,004	2,094	2562,724	2600,000	18,196	19,447	3,663	0,936	2,198
R32	10,460	8,104	8,104	50,500	1271,500	0,004	2,356	2562,724	2600,000	18,474	19,447	3,663	0,950	2,198
R33	10,640	7,906	7,906	49,600	1321,100	0,004	2,734	2562,724	2600,000	18,748	19,447	3,663	0,964	2,198
R34	10,930	7,704	7,704	50,500	1371,600	0,004	3,226	2562,724	2600,000	19,026	19,447	3,663	0,978	2,198
R35	10,800	7,503	7,503	50,200	1421,800	0,004	3,297	2562,724	2600,000	19,303	19,447	3,663	0,993	2,198
R36	10,640	7,302	7,302	50,300	1472,100	0,004	3,338	2766,256	2800,000	19,581	23,842	3,872	0,821	2,323
R37	11,070	7,100	7,100	50,400	1522,500	0,004	3,970	2766,256	2800,000	19,859	23,842	3,872	0,833	2,323
R38	11,540	7,064	7,060	11,900	1534,400	0,003	4,480	2766,256	2800,000	19,924	20,648	3,353	0,965	2,012
R39	10,590	6,907	6,156	51,000	1585,400	0,003	4,434	4615,615	4600,000	46,106	80,869	4,866	0,570	2,920
R40	10,000	6,005	6,005	50,600	1636,000	0,003	3,995	4615,615	4600,000	46,385	80,869	4,866	0,574	2,920
R41	9,590	5,853	5,853	50,400	1686,400	0,003	3,737	4615,615	4600,000	46,663	80,869	4,866	0,577	2,920
R42	8,950	5,700	5,700	51,100	1737,500	0,003	3,250	4615,615	4600,000	46,944	80,869	4,866	0,581	2,920
R43	8,560	5,548	5,548	50,600	1788,100	0,003	3,012	4615,615	4600,000	47,224	80,869	4,866	0,584	2,920
R44	7,950	5,399	5,399	49,800	1837,900	0,003	2,551	4615,615	4600,000	47,498	80,869	4,866	0,587	2,920
R45	7,400	5,245	5,245	51,300	1889,200	0,003	2,155	4615,615	4600,000	47,781	80,869	4,866	0,591	2,920
R46	7,070	5,137	5,137	36,000	1925,200	0,003	1,933	4615,615	4600,000	47,980	80,869	4,866	0,593	2,920

Annexes

R47	6,820	4,982	4,982	51,600	1976,800	0,003	1,838	4615,615	4600,000	48,264	80,869	4,866	0,597	2,920
R48	6,380	4,834	4,834	49,500	2026,300	0,003	1,546	4822,704	4800,000	48,537	90,909	5,024	0,534	3,014
R49	6,140	4,682	4,682	50,600	2076,900	0,003	1,458	4822,704	4800,000	48,817	90,909	5,024	0,537	3,014
R50	6,110	4,580	4,580	33,900	2110,800	0,003	1,530	4822,704	4800,000	49,003	90,909	5,024	0,539	3,014
R51	5,990	4,557	4,557	13,400	2124,200	0,002	1,433	5237,681	5200,000	49,077	85,284	4,016	0,575	2,409
R52	5,920	4,470	4,470	53,100	2177,300	0,002	1,450	5445,549	5400,000	54,261	93,106	4,065	0,583	2,439
R53	5,810	4,380	4,380	50,500	2227,800	0,002	1,430	5445,549	5400,000	54,635	96,871	4,230	0,564	2,538
R54	5,720	4,300	4,300	49,500	2277,300	0,002	1,420	5445,549	5400,000	55,002	92,249	4,028	0,596	2,417
R55	5,600	4,215	4,215	50,200	2327,500	0,002	1,385	5445,549	5400,000	55,374	94,611	4,131	0,585	2,479
R56	5,510	4,129	4,129	50,400	2377,900	0,002	1,381	5445,549	5400,000	55,748	94,611	4,131	0,589	2,479
R57	5,440	4,044	4,044	50,200	2428,100	0,002	1,396	5445,549	5400,000	56,120	94,611	4,131	0,593	2,479
R58	5,260	3,955	3,955	52,200	2480,300	0,002	1,305	5445,549	5400,000	56,506	94,611	4,131	0,597	2,479
R59	5,380	3,870	3,870	50,100	2530,400	0,002	1,510	5445,549	5400,000	56,878	94,611	4,131	0,601	2,479
R60	5,380	3,811	3,811	34,400	2564,800	0,002	1,569	5445,549	5400,000	57,133	94,611	4,131	0,604	2,479
R61	5,390	3,759	3,759	31,000	2595,800	0,002	1,631	5445,549	5400,000	57,362	94,611	4,131	0,606	2,479
R62	5,420	3,667	3,667	53,600	2649,400	0,002	1,753	5861,998	5800,000	65,128	115,156	4,359	0,566	2,615
R63	5,370	3,581	3,581	51,100	2700,500	0,002	1,789	5861,998	5800,000	65,716	115,156	4,359	0,571	2,615
R64	5,330	3,518	3,518	36,900	2737,400	0,002	1,812	5861,998	5800,000	66,141	115,156	4,359	0,574	2,615
R65	5,290	3,460	3,460	34,100	2771,500	0,002	1,830	5861,998	5800,000	66,533	115,156	4,359	0,578	2,615
R66	5,270	3,409	3,409	29,800	2801,300	0,002	1,861	5861,998	5800,000	66,876	115,156	4,359	0,581	2,615
R67	5,270	3,355	3,355	31,800	2833,100	0,002	1,915	5861,998	5800,000	67,241	115,156	4,359	0,584	2,615
R68	5,120	3,295	3,295	35,600	2868,700	0,002	1,825	5861,998	5800,000	73,334	115,156	4,359	0,637	2,615
R69	4,960	3,232	3,232	36,900	2905,600	0,002	1,728	5861,998	5800,000	73,758	115,156	4,359	0,641	2,615
R70	5,010	3,149	3,149	49,000	2954,600	0,002	1,861	5861,998	5800,000	74,322	115,156	4,359	0,645	2,615
R71	5,030	3,099	3,099	29,200	2983,800	0,002	1,931	5861,998	5800,000	74,658	115,156	4,359	0,648	2,615

Annexes

R72	5,050	3,053	3,053	27,300	3011,100	0,002	1,997	5861,998	5800,000	74,972	115,156	4,359	0,651	2,615
R73	5,250	2,952	2,952	58,900	3070,000	0,002	2,298	5861,998	5800,000	75,649	115,156	4,359	0,657	2,615
R74	5,180	2,886	2,886	39,300	3109,300	0,002	2,294	5861,998	5800,000	76,101	115,156	4,359	0,661	2,615
R75	5,120	2,829	2,829	33,200	3142,500	0,002	2,291	5861,998	5800,000	76,483	115,156	4,359	0,664	2,615
R76	5,040	2,764	2,764	38,100	3180,600	0,002	2,276	5861,998	5800,000	76,921	115,156	4,359	0,668	2,615
R77	4,980	2,697	2,697	39,500	3220,100	0,002	2,283	5861,998	5800,000	77,376	115,156	4,359	0,672	2,615
R78	4,920	2,645	2,645	31,000	3251,100	0,002	2,275	5861,998	5800,000	77,732	115,156	4,359	0,675	2,615
R79	4,890	2,603	2,603	24,500	3275,600	0,002	2,287	5861,998	5800,000	78,014	115,156	4,359	0,677	2,615
R80	5,005	2,539	2,539	37,600	3313,200	0,002	2,466	5861,998	5800,000	78,446	115,156	4,359	0,681	2,615
R81	5,200	2,481	2,481	33,900	3347,100	0,002	2,719	5861,998	5800,000	78,836	115,156	4,359	0,685	2,615
R82	5,250	2,429	2,429	31,000	3378,100	0,002	2,821	5861,998	5800,000	79,193	115,156	4,359	0,688	2,615
R83	5,310	2,371	2,371	34,000	3412,100	0,002	2,939	5861,998	5800,000	79,584	115,156	4,359	0,691	2,615
R84	5,260	2,313	2,313	34,300	3446,400	0,002	2,947	5861,998	5800,000	79,978	115,156	4,359	0,695	2,615
R85	5,220	2,255	2,255	33,600	3480,000	0,002	2,965	5861,998	5800,000	80,365	115,156	4,359	0,698	2,615
R86	5,000	2,186	2,186	41,000	3521,000	0,002	2,814	5861,998	5800,000	81,994	115,156	4,359	0,712	2,615
R87	4,790	2,118	2,118	39,600	3560,600	0,002	2,672	6279,347	6200,000	82,449	138,336	4,582	0,596	2,749
R88	4,790	2,044	2,044	43,800	3604,400	0,002	2,746	6279,347	6200,000	95,660	138,336	4,582	0,692	2,749
R89	4,790	1,978	1,978	38,500	3642,900	0,002	2,812	6279,347	6200,000	95,890	138,336	4,582	0,693	2,749
R90	4,770	1,895	1,895	49,100	3692,000	0,002	2,875	6279,347	6200,000	96,182	138,336	4,582	0,695	2,749
R91	4,840	1,810	1,810	50,000	3742,000	0,002	3,030	6279,347	6200,000	96,480	138,336	4,582	0,697	2,749
R92	4,940	1,730	1,730	46,800	3788,800	0,002	3,210	6279,347	6200,000	96,759	138,336	4,582	0,699	2,749
R93	4,940	1,647	1,647	49,300	3838,100	0,002	3,293	6279,347	6200,000	97,053	138,336	4,582	0,702	2,749
R94	4,860	1,562	1,562	49,900	3888,000	0,002	3,298	6279,347	6200,000	97,350	138,336	4,582	0,704	2,749
R95	4,780	1,480	1,480	48,200	3936,200	0,002	3,300	6279,347	6200,000	97,637	138,336	4,582	0,706	2,749
R96	5,070	1,394	1,394	50,600	3986,800	0,002	3,676	6279,347	6200,000	97,939	138,336	4,582	0,708	2,749

Annexes

R97	5,037	1,318	1,318	44,600	4031,400	0,002	3,719	6279,347	6200,000	98,204	138,336	4,582	0,710	2,749
R98	5,600	1,246	1,246	42,600	4074,000	0,002	4,354	6279,347	6200,000	98,458	138,336	4,582	0,712	2,749
R99	4,770	1,173	1,173	42,600	4116,600	0,002	3,597	6279,347	6200,000	98,712	138,336	4,582	0,714	2,749
R100	4,770	1,108	1,108	38,200	4154,800	0,002	3,662	6906,935	6800,000	119,586	178,344	4,911	0,671	2,946
R101	4,630	1,029	1,029	46,800	4201,600	0,002	3,601	6906,935	6800,000	120,021	178,344	4,911	0,673	2,946
R102	4,580	0,942	0,942	50,700	4252,300	0,002	3,638	6906,935	6800,000	120,491	178,344	4,911	0,676	2,946
R103	4,530	0,868	0,868	43,700	4296,000	0,002	3,662	6906,935	6800,000	120,897	178,344	4,911	0,678	2,946
R104	4,800	0,776	0,776	54,300	4350,300	0,002	4,024	6906,935	6800,000	121,400	178,344	4,911	0,681	2,946
R105	5,010	0,711	0,711	38,400	4388,700	0,002	4,299	6906,935	6800,000	121,757	178,344	4,911	0,683	2,946
R106	5,190	0,656	0,656	32,300	4421,000	0,002	4,534	6906,935	6800,000	122,056	178,344	4,911	0,684	2,946
R107	5,360	0,590	0,590	38,900	4459,900	0,002	4,770	6906,935	6800,000	122,417	178,344	4,911	0,686	2,946
R108	5,570	0,514	0,514	44,500	4504,400	0,002	5,056	6906,935	6800,000	122,830	178,344	4,911	0,689	2,946
R109	5,550	0,434	0,434	46,900	4551,300	0,002	5,116	6906,935	6800,000	123,266	178,344	4,911	0,691	2,946
R110	5,330	0,404	0,404	17,600	4568,900	0,002	4,926	7116,524	7000,000	137,834	193,143	5,019	0,714	3,011
R111	5,420	0,329	0,329	44,100	4613,000	0,002	5,091	7116,524	7000,000	138,417	193,143	5,019	0,717	3,011
R112	5,520	0,258	0,258	42,200	4655,200	0,002	5,262	7116,524	7000,000	138,976	193,143	5,019	0,720	3,011
R113	5,520	0,172	0,172	50,100	4705,300	0,002	5,348	7116,524	7000,000	139,639	193,143	5,019	0,723	3,011
R114	5,460	0,074	0,074	57,600	4762,900	0,002	5,386	7116,524	7000,000	140,402	193,143	5,019	0,727	3,011
R115	5,400	0,002	0,002	42,700	4805,600	0,002	5,398	7116,524	7000,000	140,967	193,143	5,019	0,730	3,011
R116	5,440	-0,079	-0,079	47,400	4853,000	0,002	5,519	7116,524	7000,000	141,595	193,143	5,019	0,733	3,011
R117	5,480	-0,169	-0,169	53,100	4906,100	0,002	5,649	7116,524	7000,000	142,298	193,143	5,019	0,737	3,011
R118	5,480	-0,220	-0,220	30,000	4936,100	0,002	5,700	7116,524	7000,000	142,695	193,143	5,019	0,739	3,011
R119	5,480	-0,277	-0,277	33,500	4969,600	0,002	5,757	7116,524	7000,000	143,139	193,143	5,019	0,741	3,011
R120	5,480	-0,375	-0,375	57,800	5027,400	0,002	5,855	7116,524	7000,000	143,904	193,143	5,019	0,745	3,011
R121	5,550	-0,471	-0,471	56,300	5083,700	0,002	6,021	7326,300	7200,000	144,649	208,701	5,126	0,693	3,076

Annexes

R122	5,580	-0,529	-0,529	34,200	5117,900	0,002	6,109	7326,300	7200,000	145,102	208,701	5,126	0,695	3,076
R123	5,620	-0,572	-0,572	25,400	5143,300	0,002	6,192	7326,300	7200,000	145,439	208,701	5,126	0,697	3,076
R124	5,350	-0,663	-0,663	53,600	5196,900	0,002	6,013	7326,300	7200,000	146,148	208,701	5,126	0,700	3,076
R125	5,220	-0,716	-0,716	30,700	5227,600	0,002	5,936	7326,300	7200,000	146,555	208,701	5,126	0,702	3,076
R126	5,110	-0,766	-0,766	29,600	5257,200	0,002	5,876	7326,300	7200,000	146,947	208,701	5,126	0,704	3,076
R127	5,340	-0,855	-0,855	52,300	5309,500	0,002	6,195	7326,300	7200,000	147,639	208,701	5,126	0,707	3,076
R128	5,650	-0,943	-0,943	51,700	5361,200	0,002	6,593	7326,300	7200,000	148,324	208,701	5,126	0,711	3,076
Collecteur secondaire B														
R129	11,850	/	8,350	0,000	0,000	/	3,500		1000,000					
R130	10,690	7,914	7,914	36,200	36,200	0,012	2,776	956,667	1000,000	0,369	2,437	3,103	0,151	1,862
R131	9,880	7,499	7,499	34,500	70,700	0,012	2,381	956,667	1000,000	0,721	2,437	3,103	0,296	1,862
R132	9,300	6,925	6,925	47,700	118,400	0,012	2,375	956,667	1000,000	1,207	2,437	3,103	0,495	1,862
R133	8,150	6,320	6,320	44,800	163,200	0,014	1,830	956,667	1000,000	1,664	2,582	3,288	0,645	1,973
R134	7,810	5,710	5,710	50,700	213,900	0,012	2,100	956,667	1000,000	2,181	2,437	3,103	0,895	1,862
R135	7,810	5,300	5,300	49,800	263,700	0,008	2,510	1353,490	1400,000	2,689	5,084	3,303	0,529	1,982
R136	7,680	4,884	4,884	50,600	314,300	0,008	2,796	1353,490	1400,000	3,205	5,084	3,303	0,630	1,982
R137	7,680	4,476	4,476	49,500	363,800	0,008	3,204	1353,490	1400,000	3,710	5,084	3,303	0,730	1,982
R138	6,810	4,065	4,065	49,900	413,700	0,008	2,745	1955,230	2000,000	10,077	13,558	4,316	0,743	2,589
R139	6,810	3,649	3,649	50,600	464,300	0,008	3,161	1955,230	2000,000	10,593	13,558	4,316	0,781	2,589
R140	6,890	3,233	3,233	50,500	514,800	0,008	3,657	1955,230	2000,000	11,108	13,558	4,316	0,819	2,589
R141	6,850	2,827	2,827	49,400	564,200	0,008	4,023	1955,230	2000,000	11,611	13,558	4,316	0,856	2,589
R142	6,550	2,405	2,405	51,200	615,400	0,008	4,145	1955,230	2000,000	12,133	13,558	4,316	0,895	2,589
R143	6,330	2,000	2,000	49,200	664,600	0,008	4,330	1955,230	2000,000	12,635	13,558	4,316	0,932	2,589
R144	6,120	1,593	1,593	49,500	714,100	0,008	4,527	1955,230	2000,000	13,140	13,558	4,316	0,969	2,589
R145	5,960	1,339	1,339	30,800	744,900	0,008	4,621	1955,230	2000,000	13,454	13,558	4,316	0,992	2,589
R146	5,860	0,925	0,925	50,300	795,200	0,008	4,935	2157,168	2200,000	13,967	17,621	4,635	0,793	2,781

Annexes

R147	6,050	0,520	0,520	49,300	844,500	0,008	5,530	2157,168	2200,000	14,470	17,621	4,635	0,821	2,781
R148	5,910	0,106	0,106	50,300	894,800	0,008	5,804	2157,168	2200,000	14,983	17,621	4,635	0,850	2,781
R149	5,870	-0,308	-0,308	50,200	945,000	0,008	6,178	2157,168	2200,000	15,494	17,621	4,635	0,879	2,781
R150	5,720	-0,541	-0,541	28,400	973,400	0,008	6,261	2157,168	2200,000	15,784	17,621	4,635	0,896	2,781
R151	5,670	-0,775	-0,775	28,400	1001,800	0,008	6,445	2157,168	2200,000	16,074	17,621	4,635	0,912	2,781
R128	5,650	-0,849	/	9,000	1010,800	0,008	6,499	2157,168	2200,000	16,165	17,621	4,635	0,917	2,781
Collecteur secondaire C														
R152	12,010	10,410	10,410	0,000	0,000	/	1,600	#VALEUR!						0,000
R153	11,970	10,265	10,265	31,100	31,100	0,005	1,705	1753,922	1800,000	5,156	7,641	3,003	0,675	1,802
R154	11,930	10,121	10,121	30,800	61,900	0,005	1,809	1753,922	1800,000	5,380	7,641	3,003	0,704	1,802
R155	11,890	9,949	9,949	36,900	98,800	0,005	1,941	1753,922	1800,000	5,648	7,641	3,003	0,739	1,802
R156	11,850	9,773	9,773	37,700	136,500	0,005	2,077	1753,922	1800,000	5,921	7,641	3,003	0,775	1,802
R157	11,820	9,598	9,598	37,500	174,000	0,005	2,222	1753,922	1800,000	6,194	7,641	3,003	0,811	1,802
R158	11,780	9,428	9,428	36,400	210,400	0,005	2,352	1753,922	1800,000	6,458	7,641	3,003	0,845	1,802
R159	11,740	9,255	9,255	37,100	247,500	0,005	2,485	1753,922	1800,000	6,728	7,641	3,003	0,880	1,802
R160	11,690	9,059	9,059	41,900	289,400	0,005	2,631	1753,922	1800,000	7,032	7,641	3,003	0,920	1,802
R161	11,650	8,889	8,889	36,400	325,800	0,005	2,761	1753,922	1800,000	7,296	7,641	3,003	0,955	1,802
R162	11,620	8,724	8,724	35,500	361,300	0,005	2,896	1753,922	1800,000	7,554	7,641	3,003	0,989	1,802
R163	11,790	8,468	8,468	54,800	416,100	0,005	3,322	1955,230	2000,000	7,952	10,209	3,250	0,779	1,950
R164	11,880	8,225	8,225	52,000	468,100	0,005	3,655	1955,230	2000,000	8,330	10,209	3,250	0,816	1,950
R165	12,220	7,993	7,993	49,700	517,800	0,005	4,227	1955,230	2000,000	8,691	10,209	3,250	0,851	1,950
R166	12,820	7,791	7,791	43,400	561,200	0,005	5,029	1955,230	2000,000	9,006	10,209	3,250	0,882	1,950
R167	12,820	7,740	7,740	10,800	572,000	0,005	5,080	1955,230	2000,000	9,084	10,209	3,250	0,890	1,950
R168	10,850	7,343	7,343	39,700	611,700	0,010	3,507	1955,230	2000,000	9,373	14,944	4,757	0,627	2,854
R169	8,930	6,936	6,936	40,700	652,400	0,010	1,994	1955,230	2000,000	9,668	14,944	4,757	0,647	2,854

Annexes

R170	8,160	6,629	6,629	30,700	683,100	0,010	1,531	1955,230	2000,000	9,891	14,944	4,757	0,662	2,854
R171	7,340	6,072	6,072	55,700	738,800	0,010	1,268	1955,230	2000,000	10,296	14,944	4,757	0,689	2,854
R172	7,000	5,679	5,679	39,300	778,100	0,010	1,321	1955,230	2000,000	10,581	14,944	4,757	0,708	2,854
R173	6,540	5,171	5,171	50,800	828,900	0,010	1,369	1955,230	2000,000	10,950	14,944	4,757	0,733	2,854
R174	6,620	4,667	4,667	50,400	879,300	0,010	1,953	1955,230	2000,000	11,316	14,944	4,757	0,757	2,854
R175	6,860	4,164	4,164	50,300	929,600	0,010	2,696	1955,230	2000,000	11,682	14,944	4,757	0,782	2,854
R176	6,660	3,662	3,662	50,200	979,800	0,010	2,998	1955,230	2000,000	12,046	14,944	4,757	0,806	2,854
R177	6,550	3,154	3,154	50,800	1030,600	0,010	3,396	1955,230	2000,000	12,415	14,944	4,757	0,831	2,854
R178	6,720	2,666	2,665	48,800	1079,400	0,010	4,054	1955,230	2000,000	12,770	14,944	4,757	0,855	2,854
R179	5,980	2,157	2,157	50,800	1130,200	0,010	3,823	1955,230	2000,000	13,139	14,944	4,757	0,879	2,854
R180	6,570	1,666	1,666	49,100	1179,300	0,010	4,904	1955,230	2000,000	13,495	14,944	4,757	0,903	2,854
R181	5,530	1,160	1,160	50,600	1229,900	0,010	4,370	1955,230	2000,000	13,863	14,944	4,757	0,928	2,854
R182	5,540	0,862	0,862	29,800	1259,700	0,010	4,678	1955,230	2000,000	14,079	14,944	4,757	0,942	2,854
R109	5,550	0,510	/	35,200	1294,900	0,010	5,040	1955,230	2000,000	14,335	14,944	4,757	0,959	2,854
Collecteur secondaire D														
R183	13,180	/	10,440	0,000	0,000	/	2,740							0,000
R184	13,230	10,267	10,267	57,700	57,700	0,003	2,963	2562,724	2600,000	14,274	16,839	3,172	0,848	1,903
R185	13,270	10,110	10,115	52,300	110,000	0,003	3,160	2562,724	2600,000	14,317	16,841	3,172	0,850	1,903
R186	13,290	10,045	10,045	23,200	133,200	0,003	3,245	2562,724	2600,000	14,336	16,841	3,172	0,851	1,903
R187	13,310	9,967	9,967	26,000	159,200	0,003	3,343	2562,724	2600,000	14,358	16,841	3,172	0,853	1,903
R188	13,330	9,878	9,878	29,800	189,000	0,003	3,452	2562,724	2600,000	14,382	16,841	3,172	0,854	1,903
R189	13,360	9,787	9,787	30,300	219,300	0,003	3,573	2562,724	2600,000	14,407	16,841	3,172	0,855	1,903
R190	13,390	9,662	9,662	41,800	261,100	0,003	3,728	2562,724	2600,000	14,442	16,841	3,172	0,858	1,903
R191	13,430	9,532	9,532	43,200	304,300	0,003	3,898	2562,724	2600,000	14,477	16,841	3,172	0,860	1,903
R192	13,470	9,403	9,403	43,000	347,300	0,003	4,067	2562,724	2600,000	14,512	16,841	3,172	0,862	1,903
R193	13,500	9,289	9,289	38,100	385,400	0,003	4,211	2562,724	2600,000	14,544	16,841	3,172	0,864	1,903

Annexes

R194	13,530	9,185	9,185	34,500	419,900	0,003	4,345	2562,724	2600,000	14,572	16,841	3,172	0,865	1,903
R195	13,560	9,085	9,085	33,400	453,300	0,003	4,475	2562,724	2600,000	14,599	16,841	3,172	0,867	1,903
R196	13,590	8,985	8,985	33,300	486,600	0,003	4,605	2562,724	2600,000	14,627	16,841	3,172	0,869	1,903
R197	13,620	8,874	8,870	37,000	523,600	0,003	4,746	2562,724	2600,000	14,657	16,841	3,172	0,870	1,903
R198	13,650	8,733	8,733	45,600	569,200	0,003	4,917	2562,724	2600,000	14,695	16,841	3,172	0,873	1,903
R199	13,680	8,609	8,609	41,300	610,500	0,003	5,071	2562,724	2600,000	14,729	16,841	3,172	0,875	1,903
R200	13,700	8,500	8,500	11,700	622,200	0,009	5,200	2562,724	2600,000	27,522	29,712	5,596	0,926	3,358
DVO	13,600	8,332	8,332	6,000	628,200	0,028	5,268	2562,724	2600,000	27,590	51,451	9,691	0,536	5,814
R201	13,500	8,300	8,300	32,500	660,700	0,001	5,200	564,910	600,000	0,165	0,171	0,605	0,964	0,363
R202	13,450	8,200	8,200	38,600	699,300	0,003	5,250	760,015	800,000	0,604	0,612	1,218	0,987	0,731
R203	13,170	8,011	8,011	38,600	737,900	0,005	5,159	2562,724	2600,000	1,043	21,523	4,054	0,048	2,432
R204	13,210	7,848	7,843	33,200	771,100	0,005	5,362	2562,724	2600,000	1,421	21,523	4,054	0,066	2,432
R205	13,060	7,683	7,682	32,800	803,900	0,005	5,377	2562,724	2600,000	1,794	21,523	4,054	0,083	2,432
R206	13,260	7,521	7,521	32,800	836,700	0,005	5,739	2562,724	2600,000	2,168	21,523	4,054	0,101	2,432
R207	13,400	7,346	7,346	35,600	872,300	0,005	6,054	2562,724	2600,000	2,573	21,523	4,054	0,120	2,432
R208	13,380	7,164	7,164	37,100	909,400	0,005	6,216	2562,724	2600,000	2,995	21,523	4,054	0,139	2,432
R209	14,360	7,013	7,011	30,900	940,300	0,005	7,347	2562,724	2600,000	3,346	21,523	4,054	0,155	2,432
R210	14,880	6,808	6,807	41,600	981,900	0,005	8,072	2562,724	2600,000	3,820	21,523	4,054	0,177	2,432
R211	14,240	6,590	6,590	44,300	1026,200	0,005	7,650	2562,724	2600,000	4,324	21,523	4,054	0,201	2,432
R212	13,680	6,399	6,399	39,000	1065,200	0,005	7,281	2562,724	2600,000	4,768	21,523	4,054	0,222	2,432
R213	13,110	6,204	6,204	39,800	1105,000	0,005	6,906	2562,724	2600,000	5,220	21,523	4,054	0,243	2,432
R214	12,490	5,990	5,990	43,500	1148,500	0,005	6,500	2562,724	2600,000	5,715	21,523	4,054	0,266	2,432
R215	11,590	5,819	5,819	34,800	1183,300	0,005	5,771	2766,256	2800,000	6,111	26,389	4,286	0,232	2,571
R216	10,710	5,652	5,651	34,200	1217,500	0,005	5,058	2766,256	2800,000	6,501	26,389	4,286	0,246	2,571
R217	11,240	5,602	5,602	9,900	1227,400	0,005	5,638	2766,256	2800,000	6,613	26,389	4,286	0,251	2,571
R218	8,340	5,401	5,400	41,000	1268,400	0,005	2,939	2970,242	3000,000	13,935	31,902	4,513	0,437	2,708

Annexes

R219	7,520	5,153	5,153	50,400	1318,800	0,005	2,367	2970,242	3000,000	14,475	31,902	4,513	0,454	2,708
R220	7,280	4,906	4,905	50,300	1369,100	0,005	2,374	2970,242	3000,000	15,013	31,902	4,513	0,471	2,708
R221	7,240	4,655	4,654	51,100	1420,200	0,005	2,585	2970,242	3000,000	15,560	31,902	4,513	0,488	2,708
R222	7,310	4,409	4,408	50,000	1470,200	0,005	2,901	2970,242	3000,000	16,095	31,902	4,513	0,505	2,708
R223	7,270	4,202	4,201	42,000	1512,200	0,005	3,068	2970,242	3000,000	16,545	31,902	4,513	0,519	2,708
R224	6,870	3,959	3,958	49,400	1561,600	0,005	2,911	2970,242	3000,000	17,073	31,902	4,513	0,535	2,708
R225	6,190	3,720	3,719	48,700	1610,300	0,005	2,470	2970,242	3000,000	17,595	31,902	4,513	0,552	2,708
R226	5,780	3,481	3,480	48,600	1658,900	0,005	2,299	2970,242	3000,000	18,115	31,902	4,513	0,568	2,708
R227	5,460	2,979	2,979	50,100	1709,000	0,010	2,481	2970,242	3000,000	18,651	45,581	6,448	0,409	3,869
R228	5,200	2,489	2,489	49,000	1758,000	0,010	2,711	2970,242	3000,000	19,175	45,581	6,448	0,421	3,869
R229	5,140	2,006	2,006	48,300	1806,300	0,010	3,134	2970,242	3000,000	19,692	45,581	6,448	0,432	3,869
R230	5,210	1,510	1,510	49,500	1855,800	0,010	3,700	2970,242	3000,000	20,222	45,581	6,448	0,444	3,869
R99	4,770	1,231	/	27,900	1883,700	0,010	3,539	2970,242	3000,000	20,521	45,574	6,447	0,450	3,868
Collecteur secondaire E														
R231	10,430	7,530	7,530	0,000	0,000	/	2,900							0,000
R232	8,790	6,790	6,790	49,900	49,900	0,015	2,000	760,015	800,000	0,399	1,465	2,914	0,137	1,748
R233	8,240	6,454	6,454	49,800	99,700	0,007	1,786	760,015	800,000	0,798	0,988	1,966	0,406	1,180
R234	7,960	6,118	6,118	49,700	149,400	0,007	1,842	760,015	800,000	1,196	0,988	1,966	0,608	1,180
R235	7,760	5,775	5,775	50,800	200,200	0,007	1,985	760,015	800,000	1,602	0,988	1,966	0,815	1,180
R236	7,530	5,437	5,437	50,100	250,300	0,007	2,093	956,667	1000,000	2,003	1,825	2,324	0,862	1,394
R237	7,150	5,082	5,082	52,600	302,900	0,007	2,068	1154,559	1200,000	2,424	3,014	2,665	0,910	1,599
R238	7,040	4,755	4,755	48,400	351,300	0,007	2,285	1353,490	1400,000	2,812	4,605	2,991	0,940	1,795
R239	6,890	4,413	4,413	50,700	402,000	0,007	2,477	1553,314	1600,000	3,217	6,648	3,306	0,973	1,984
R240	6,590	4,076	4,076	49,800	451,800	0,007	2,514	1955,230	2000,000	3,616	12,280	3,909	0,925	2,345
R241	6,110	3,802	3,802	40,600	492,400	0,007	2,308	2157,168	2200,000	3,941	15,959	4,198	0,939	2,519
R242	5,600	3,474	3,474	48,600	541,000	0,007	2,126	2359,682	2400,000	4,330	20,274	4,481	0,966	2,689

Annexes

R243	5,320	3,144	3,144	48,900	589,900	0,007	2,176	2562,724	2600,000	4,721	25,265	4,759	0,992	2,855
R244	5,270	2,811	2,811	49,300	639,200	0,007	2,459	2970,242	3000,000	5,116	37,448	5,298	0,966	3,179
R245	5,190	2,484	2,484	48,500	687,700	0,007	2,706	3174,655	3200,000	5,504	44,721	5,561	0,990	3,336
R246	5,190	2,310	2,310	25,700	713,400	0,007	2,880	3379,467	3400,000	5,710	52,835	5,819	0,981	3,492
R87	4,790	2,155	/	23,000	736,400	0,007	2,635	3584,656	3600,000	5,894	61,828	6,074	0,970	3,645
Collecteur secondaire F														
R247	10,330	/	8,730	0,000	0,000	/	1,600							0,000
R248	9,560	8,183	8,183	50,000	50,000	0,011	1,377	1154,559	1200,000	0,412	3,837	3,393	0,107	2,036
R249	9,140	7,628	7,628	50,700	100,700	0,011	1,512	1154,559	1200,000	0,830	3,837	3,393	0,216	2,036
R250	8,830	7,074	7,074	50,600	151,300	0,011	1,756	1154,559	1200,000	1,247	3,837	3,393	0,325	2,036
R251	8,620	6,514	6,514	51,100	202,400	0,011	2,106	1154,559	1200,000	1,668	3,837	3,393	0,435	2,036
R252	8,280	5,971	5,971	49,600	252,000	0,011	2,309	1154,559	1200,000	2,077	3,837	3,393	0,541	2,036
R253	7,370	5,420	5,420	50,400	302,400	0,011	1,950	1154,559	1200,000	2,492	3,837	3,393	0,649	2,036
R254	6,220	4,870	4,870	50,200	352,600	0,011	1,350	1154,559	1200,000	2,906	3,837	3,393	0,757	2,036
R255	6,100	4,795	4,795	19,000	371,600	0,004	1,305	1753,922	1800,000	3,063	7,005	2,753	0,437	1,652
R256	5,970	4,672	4,672	31,500	403,100	0,004	1,298	1753,922	1800,000	5,228	7,005	2,753	0,746	1,652
R257	5,790	4,487	4,487	33,500	436,600	0,006	1,303	1753,922	1800,000	5,504	8,315	3,268	0,662	1,961
R258	5,660	4,363	4,363	31,500	468,100	0,004	1,297	1753,922	1800,000	5,763	7,005	2,753	0,823	1,652
R259	5,540	4,291	4,291	32,200	500,300	0,002	1,249	1955,230	2000,000	6,029	7,094	2,258	0,850	1,355
R260	5,410	4,095	4,095	50,000	550,300	0,004	1,315	1955,230	2000,000	6,441	9,359	2,979	0,688	1,787
R261	5,310	3,898	3,898	50,000	600,300	0,004	1,412	1955,230	2000,000	6,853	9,359	2,979	0,732	1,787
R262	5,370	3,796	3,796	26,000	626,300	0,004	1,574	1955,230	2000,000	7,067	9,359	2,979	0,755	1,787
R61	7,400	3,757	/	10,000	636,300	0,004	3,643	1955,230	2000,000	7,150	9,359	2,979	0,764	1,787
Collecteur secondaire G														
R263	10,760	/	8,960	0,000	0,000	/	1,800							0,000
R264	11,020	8,760	8,760	36,200	36,200	0,006	2,260	956,667	1000,000	0,403	1,651	2,102	0,244	1,261

Annexes

R265	11,280	8,479	8,479	49,500	85,700	0,006	2,801	956,667	1000,000	0,806	1,674	2,132	0,481	1,279
R266	11,360	8,306	8,306	30,800	116,500	0,006	3,054	956,667	1000,000	1,357	1,665	2,119	0,815	1,272
R267	11,490	8,030	8,030	49,200	165,700	0,006	3,460	1753,922	1800,000	1,700	8,381	3,293	0,203	1,976
R268	11,700	7,746	7,746	50,500	216,200	0,006	3,954	1753,922	1800,000	2,248	8,381	3,293	0,268	1,976
R269	11,560	7,464	7,464	50,200	266,400	0,006	4,096	1753,922	1800,000	2,810	8,381	3,293	0,335	1,976
R270	11,560	7,176	7,176	50,000	316,400	0,006	4,384	1753,922	1800,000	3,369	8,497	3,339	0,396	2,004
R271	11,600	6,892	6,892	50,600	367,000	0,006	4,708	1753,922	1800,000	3,926	8,381	3,293	0,468	1,976
R272	11,440	6,613	6,613	49,600	416,600	0,006	4,827	1753,922	1800,000	4,489	8,381	3,293	0,536	1,976
R273	11,400	6,435	6,435	31,800	448,400	0,006	4,965	1753,922	1800,000	5,042	8,381	3,293	0,602	1,976
R274	11,360	6,268	6,268	29,700	478,100	0,006	5,092	1753,922	1800,000	5,396	8,381	3,293	0,644	1,976
R275	11,270	5,996	5,996	48,500	526,600	0,006	5,274	1753,922	1800,000	5,726	8,381	3,293	0,683	1,976
R276	11,240	5,685	5,685	55,400	582,000	0,006	5,555	1753,922	1800,000	6,266	8,381	3,293	0,748	1,976
R217	11,240	5,602	/	14,700	596,700	0,006	5,638	1753,922	1800,000	6,883	8,370	3,289	0,822	1,974

Annexe II.4 : Caractéristiques du profil en long des deux galeries ainsi que leur dimensionnement

N Regard	Cote TN	CFE [m]	Distance partielle [m]	Distance cumulée [m]	pente I [m/ml]	Qvehiculé [m ³ /s]	yn=h [m]	B [m]	Smouillé [m ²]	Pmouillé [m]	Rh	V [m/s]	Yc [m]	Fr	H[m]
Galerie 1															
G1	16,440		0	0											
G2	16,48	9,99	37,6	37,6	0,0035	7,418	1,123	2	2,246	4,246	0,53	3,30	1,119	0,995	1,8
G3	16,63	9,65	97,6	135,2	0,0035	7,462	1,128	2	2,256	4,256	0,53	3,31	1,123	0,994	1,8
G4	15,700	9,00	181,4	319,6	0,0035	8,238	1,214	2	2,428	4,428	0,55	3,39	1,200	0,983	1,8
G5	14,760	8,34	188,6	508,2	0,0035	8,657	1,260	2	2,52	4,52	0,56	3,44	1,240	0,977	1,8
G6	12,410	7,58	217,8	726	0,0035	9,162	1,315	2	2,63	4,63	0,57	3,48	1,289	0,970	1,8

Annexes

G7	10,510	6,88	200,2	926,2	0,0035	11,705	1,586	2	3,172	5,172	0,61	3,69	1,517	0,936	1,8
G8	11,380	6,02	244	1170,2	0,0035	13,452	1,768	2	3,536	5,536	0,64	3,80	1,664	0,913	1,8
G9	10,800	5,14	251,6	1421,8	0,0035	14,490	1,875	2	3,75	5,75	0,65	3,86	1,749	0,901	1,8
G10	10,590	4,57	163,6	1585,4	0,0035	34,593	2,413	2,9	6,9977	7,726	0,91	4,94	2,438	1,016	3,0
G11	7,950	3,69	252,4	1837,9	0,0035	35,623	2,469	2,9	7,1601	7,838	0,91	4,98	2,487	1,011	3,0
G12	6,140	2,85	239	2076,9	0,0035	36,620	2,523	2,9	7,3167	7,946	0,92	5,00	2,533	1,006	3,0
G13	5,920	2,50	100,4	2177,3	0,0035	40,691	2,742	2,9	7,9518	8,384	0,95	5,12	2,717	0,987	3,0
G14	5,600	1,97	150,2	2327,5	0,0035	41,533	2,787	2,9	8,0823	8,474	0,95	5,14	2,754	0,983	3,0
G15	5,260	1,44	152,8	2480,3	0,0035	42,377	2,832	2,9	8,2128	8,564	0,96	5,16	2,792	0,979	3,0
G16	5,390	0,96	53,6	2618,4	0,0035	43,147	2,873	2,9	8,3317	8,646	0,96	5,18	2,825	0,975	3,0

Galerie 2

H1	5,650	3,400	/		/										
H2	5,340	3,297	51,700	51,700	0,002	12,615	1,350	3,000	4,050	5,700	0,711	3,115	1,217	0,856	2,5
H3	5,580	2,913	191,600	243,300	0,002	14,517	1,494	3,000	4,482	5,988	0,748	3,239	1,336	0,846	2,5
H4	5,480	2,550	181,800	425,100	0,002	16,313	1,627	3,000	4,881	6,254	0,780	3,342	1,444	0,837	2,5
H5	5,460	2,203	173,200	598,300	0,002	18,059	1,754	3,000	5,262	6,508	0,809	3,432	1,544	0,827	2,5
H6	5,330	1,815	194,000	792,300	0,002	19,957	1,890	3,000	5,670	6,780	0,836	3,520	1,652	0,817	2,5
H7	5,190	1,520	148,000	940,200	0,002	31,972	2,285	3,000	7,998	8,070	0,991	3,998	2,041	0,844	2,5
H8	4,580	1,182	168,700	1108,900	0,002	33,535	2,369	3,500	8,292	8,238	1,006	4,045	2,107	0,839	2,5
H9	5,600	0,826	178,300	1287,200	0,002	52,076	3,334	3,500	11,669	10,168	1,148	4,463	2,764	0,780	3,5
H10	4,860	0,454	186,000	1473,200	0,002	52,076	3,334	3,500	11,669	10,168	1,148	4,463	2,794	0,780	3,5
H11	4,770	0,062	196,000	1669,200	0,002	52,076	3,334	3,500	11,669	10,168	1,148	4,463	2,826	0,780	3,5
H12	5,000	-0,320	171,000	1840,200	0,003	63,780	3,334	3,500	11,669	10,168	1,148	5,466	2,858	0,956	3,5

Annexes

H13	5,250	-0,749	142,900	1983,100	0,003	63,780	3,334	3,500	11,669	10,168	1,148	5,466	2,929	0,956	3,5
H14	4,920	-1,130	127,00	2110,100	0,003	63,780	3,334	3,500	11,669	10,168	1,148	5,466	2,965	0,956	3,5
H15	5,180	-1,555	141,800	2251,900	0,003	63,780	3,334	3,500	11,669	10,168	1,148	5,466	3,004	0,956	3,5
H16	5,010	-2,019	154,700	2406,600	0,003	63,780	3,334	3,500	11,669	10,168	1,148	5,466	3,047	0,956	3,5
H17	5,270	-2,479	153,300	2559,900	0,003	63,780	3,334	3,500	11,669	10,168	1,148	5,466	3,235	0,956	3,5
H18	5,390	-3,096	205,500	2765,400	0,003	65,395	3,401	3,500	11,904	10,302	1,155	5,494	3,289	0,951	3,5

Annexe II.5 : Estimation du débit des eaux pluviales pour les caniveaux

N° sous bassin	Aire [ha]	I[l/s/ha]	Cr	Q[l/s]	Q[m ³ /s]
1	67,410	251	0,400	6767,964	6,768
2	6,100	251	0,600	918,660	0,919
3	7,360	251	0,600	1108,416	1,108
4	8,870	251	0,600	1335,822	1,336
5	7,300	251	0,600	1099,380	1,099
6	3,300	251	0,600	496,980	0,497
7	3,800	251	0,600	572,280	0,572
8	8,600	251	0,600	1295,160	1,295
9	34,630	251	0,700	6084,491	6,084
10	39,760	251	0,700	6985,832	6,986
11	48,200	251	0,600	7258,920	7,259
12	18,200	251	0,600	2740,920	2,741
13	29,600	251	0,700	5200,720	5,201
14	18,100	251	0,600	2725,860	2,726
15	62,130	251	0,650	10136,510	10,137
16	39,500	251	0,650	6444,425	6,444
17	27,870	251	0,650	4546,991	4,547
18	50,130	251	0,650	8178,710	8,179
19	100,300	251	0,650	16363,945	16,364
20	117,580	251	0,450	13280,661	13,281

Annexe II.6 : Caractéristiques du profil en long et le dimensionnement des caniveaux

n° point	Côte T.N [m]	CFE [m]	D partielle [m]	D cumul [m]	Pente [m/ml]	Q cumulé [m3/s]	yn=h [m]	B [m]	Smouillé [m2]	Pmouillé [m]	Rh	V [m/s]	Fr	Yc [m]
Caniveau A														
1	14,95	14,45	-											
2	14,8	14,10	115,7	115,7	0,0030	0,333	0,224	1	0,22	1,45	0,15	1,49	1,00	0,22
3	14,57	13,62	162,4	278,1	0,0030	0,801	0,408	1	0,41	1,82	0,22	1,97	0,98	0,40
4	13,88	12,93	229,5	507,6	0,0030	1,462	0,632	1	0,63	2,26	0,28	2,31	0,93	0,60
5	13,55	12,59	112,4	620	0,0030	1,786	0,736	1	0,74	2,47	0,30	2,43	0,90	0,69
6	13,03	12,17	140,1	760,1	0,0030	2,189	0,861	1	0,86	2,72	0,32	2,54	0,87	0,79
7	12,79	11,82	115	875,1	0,0030	2,520	0,963	1	0,96	2,93	0,33	2,62	0,85	0,87
8	12,65	11,60	73,3	948,4	0,0030	2,731	1,027	1	1,03	3,05	0,34	2,66	0,84	0,91
9	12,48	11,38	76	1024,4	0,0030	2,950	1,092	1	1,09	3,18	0,34	2,70	0,82	0,96
10	12,35	11,19	60,8	1085,2	0,0030	3,125	1,145	1	1,15	3,29	0,35	2,73	0,81	1,00
11	12,25	11,04	50,5	1135,7	0,0030	3,271	1,188	1	1,19	3,38	0,35	2,75	0,81	1,03
12	12,1	10,86	59,7	1195,4	0,0030	3,443	1,239	1	1,24	3,48	0,36	2,78	0,80	1,07
13	11,97	10,69	58,5	1253,9	0,0030	3,611	1,289	1	1,29	3,58	0,36	2,80	0,79	1,10
14	11,8	10,49	66,1	1320	0,0030	3,802	1,289	1,1	1,42	3,68	0,39	2,95	0,83	1,07
15	11,6	10,27	73,4	1393,4	0,0030	4,013	1,289	1,2	1,55	3,78	0,41	3,08	0,87	1,04
16	11,42	10,07	65,4	1458,8	0,0030	4,202	1,289	1,2	1,55	3,78	0,41	3,08	0,87	1,08
17	11,11	9,81	87,7	1546,5	0,0030	4,454	1,289	1,2	1,55	3,78	0,41	3,08	0,87	1,12
18	10,69	9,38	144,4	1690,9	0,0030	4,870	1,289	1,3	1,68	3,88	0,43	3,21	0,90	1,13
19	10,4	9,06	105,7	1796,6	0,0030	5,174	1,289	1,3	1,68	3,88	0,43	3,21	0,90	1,17

Annexes

20	9,92	8,53	176,1	1972,7	0,0030	5,682	1,289	1,35	1,74	3,93	0,44	3,27	0,92	1,22
21	9,5	8,18	118,2	2090,9	0,0030	6,022	1,291	1,4	1,81	3,98	0,45	3,33	0,94	1,24
22	9,2	7,84	111,7	2202,6	0,0030	6,344	1,291	1,45	1,87	4,03	0,46	3,39	0,95	1,25
RJ-A	8,75	7,40	147,3	2349,9	0,0030	6,768	1,306	1,5	1,96	4,11	0,48	3,45	0,97	1,28
Caniveau B														
23	10,59	10,00	-											
24	10,18	9,41	118,2	118,2	0,005	0,451	0,77	0,5	0,39	2,04	0,19	2,23	0,81	0,44
25	10,04	9,27	27,2	145,4	0,005	0,555	0,77	0,5	0,39	2,04	0,19	2,23	0,81	0,50
RJ-B	9,73	8,70	95,2	240,6	0,006	0,919	1,03	0,5	0,52	2,56	0,20	2,56	0,81	0,70
Caniveau C														
26	9,68	9,10	-											
27	9,24	8,40	116,8	116,8	0,006	0,430	0,96	0,5	0,48	2,42	0,20	2,53	0,83	0,42
28	8,63	8,11	47,6	164,4	0,006	0,605	0,52	0,5	0,26	1,54	0,17	2,24	0,99	0,53
RJ-C	8,42	7,29	136,6	301	0,006	1,108	1,13	0,5	0,57	2,76	0,20	2,59	0,78	0,79
Caniveau D														
29	8,35	8,05	-											
30	8,3	7,93	24,1	24,1	0,005	0,080	0,37	0,45	0,17	1,19	0,14	1,78	0,93	0,15
31	8,3	7,63	60,3	84,4	0,005	0,281	0,67	0,45	0,30	1,79	0,17	2,05	0,80	0,34
32	7,77	7,22	62,4	146,8	0,0065	0,489	0,55	0,45	0,25	1,55	0,16	2,24	0,96	0,49
33	7,59	6,98	37,7	184,5	0,0065	0,614	0,61	0,45	0,27	1,67	0,16	2,29	0,94	0,58
34	7,59	6,72	63,4	247,9	0,004	0,825	0,87	0,6	0,52	2,34	0,22	2,26	0,77	0,58
RJ-D	7,34	6,11	153,3	401,2	0,004	1,336	1,23	0,6	0,74	3,06	0,24	2,39	0,69	0,80
Caniveau E														
35	8,7	8,10	-											
36	8,15	7,73	66,4	66,4	0,0055	0,133	0,42	0,45	0,19	1,29	0,15	1,93	0,95	0,21

Annexes

37	7,81	7,49	48,2	114,6	0,005	0,230	0,32	0,45	0,14	1,09	0,13	1,70	0,96	0,30
38	7,81	7,22	50,1	164,7	0,0055	0,330	0,59	0,45	0,27	1,63	0,16	2,09	0,87	0,38
39	7,68	6,93	48,8	213,5	0,006	0,428	0,75	0,45	0,34	1,95	0,17	2,29	0,84	0,45
40	7,3	6,70	44,2	257,7	0,005	0,517	0,60	0,45	0,27	1,65	0,16	2,00	0,82	0,51
41	6,81	6,10	75,5	333,2	0,008	0,668	0,71	0,45	0,32	1,87	0,17	2,61	0,99	0,61
42	6,32	5,54	70,6	403,8	0,008	0,810	0,78	0,45	0,35	2,01	0,17	2,66	0,96	0,69
43	6,21	5,22	79,3	483,1	0,004	0,969	0,99	0,5	0,50	2,48	0,20	2,08	0,67	0,73
RJ-E	6,03	4,89	65	548,1	0,005	1,099	1,14	0,5	0,57	2,78	0,21	2,37	0,71	0,79
Caniveau F														
44	6,89	6,20	-											
45	6,85	6,04	52	52	0,003	0,092	0,81	0,5	0,41	2,12	0,19	1,74	0,62	0,15
46	6,55	5,76	95,8	147,8	0,003	0,261	0,79	0,5	0,40	2,08	0,19	1,73	0,62	0,30
RJ-F	6,13	5,36	133,2	281	0,003	0,497	0,77	0,5	0,39	2,04	0,19	1,73	0,63	0,47
Caniveau G														
47	6,33	5,80	-											
48	6,12	5,49	77,4	77,4	0,004	0,157	0,63	0,5	0,32	1,76	0,18	1,91	0,77	0,22
49	5,86	5,20	73,4	150,8	0,004	0,305	0,66	0,5	0,33	1,82	0,18	1,93	0,76	0,34
RJ-G	5,42	4,67	132	282,8	0,004	0,572	0,75	0,5	0,38	2,00	0,19	1,98	0,73	0,51
Caniveau H														
50	6,05	5,20	-											
51	5,91	5,00	58,3	58,3	0,0035	0,193	0,91	0,6	0,55	2,42	0,23	2,13	0,71	0,22
52	5,72	4,67	92,3	150,6	0,0035	0,497	1,05	0,6	0,63	2,70	0,23	2,18	0,68	0,41
53	5,67	4,46	61,8	212,4	0,0035	0,701	1,21	0,6	0,73	3,02	0,24	2,23	0,65	0,52
54	5,43	4,22	66,9	279,3	0,0035	0,922	1,21	0,6	0,73	3,02	0,24	2,23	0,65	0,62
55	5,32	3,99	65,4	344,7	0,0035	1,138	1,33	0,6	0,80	3,26	0,24	2,26	0,63	0,72
RJ-H	5,12	3,83	47,5	392,2	0,0035	1,295	1,29	0,6	0,77	3,18	0,24	2,26	0,63	0,78

Annexes

Caniveau I														
56	7,85	7,20	-											
57	7,25	6,70	125,7	125,7	0,004	0,657	0,55	0,7	0,39	1,80	0,21	2,188	0,94	0,45
58	7,00	6,05	161,8	287,5	0,004	1,502	0,95	0,7	0,67	2,60	0,26	2,502	0,82	0,78
59	6,60	5,55	125,2	412,7	0,004	2,156	1,05	0,8	0,84	2,90	0,29	2,747	0,86	0,90
60	6,41	5,26	71,4	484,1	0,004	2,529	1,15	0,8	0,92	3,10	0,30	2,797	0,83	1,01
61	6,19	4,96	76,6	560,7	0,004	2,929	1,23	0,85	1,05	3,31	0,32	2,931	0,84	1,07
62	5,98	4,64	79,8	640,5	0,004	3,346	1,34	0,85	1,14	3,53	0,32	2,978	0,82	1,16
63	5,43	4,18	115,1	755,6	0,004	3,948	1,25	1	1,25	3,50	0,36	3,214	0,92	1,17
64	5,25	3,90	70,3	825,9	0,004	4,315	1,35	1	1,35	3,70	0,36	3,266	0,90	1,24
65	5,09	3,69	50,8	876,7	0,004	4,580	1,40	1	1,40	3,80	0,37	3,290	0,89	1,29
66	5,01	3,53	41,6	918,3	0,004	4,798	1,48	1	1,48	3,96	0,37	3,325	0,87	1,33
67	4,60	3,15	95,4	1013,7	0,004	5,296	1,45	1,1	1,60	4,00	0,40	3,491	0,93	1,33
68	4,29	2,81	73,7	1087,4	0,0045	5,681	1,48	1,1	1,63	4,06	0,40	3,718	0,98	1,40
RJ-I	3,97	2,47	77,2	1164,6	0,0045	6,084	1,50	1,1	1,65	4,10	0,40	3,728	0,97	1,46
Caniveau J														
69	7,85		-						0,00	0,00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
70	8,10	7,78	125,9	125,9	0,0045	0,662	0,310	1,000	0,31	1,62	0,19	2,13	1,22	0,36
71	7,65	7,21	99,1	225	0,0045	1,183	0,426	1,100	0,47	1,95	0,24	2,53	1,24	0,49
72	7,30	6,77	102	327	0,0045	1,720	0,556	1,100	0,61	2,21	0,28	2,81	1,20	0,63
73	7,00	6,31	37,5	364,5	0,0045	1,917	0,602	1,100	0,66	2,30	0,29	2,90	1,19	0,68
47	6,90	6,14	104,4	468,9	0,0045	2,466	0,726	1,100	0,80	2,55	0,31	3,09	1,16	0,80
75	6,65	5,67	115,7	584,6	0,0045	3,075	0,859	1,100	0,94	2,82	0,34	3,25	1,12	0,93
76	6,10	5,15	87,7	672,3	0,0045	3,536	0,959	1,100	1,05	3,02	0,35	3,35	1,09	1,02
77	5,85	4,76	81	753,3	0,0045	3,962	1,049	1,100	1,15	3,20	0,36	3,44	1,07	1,10
78	5,55	4,39	58	811,3	0,0045	4,267	1,113	1,100	1,22	3,33	0,37	3,49	1,06	1,15

Annexes

79	5,32	4,13	78,9	890,2	0,0045	4,682	1,199	1,100	1,32	3,50	0,38	3,55	1,04	1,23
80	5,10	3,77	91,5	981,7	0,0045	5,163	1,298	1,100	1,43	3,70	0,39	3,62	1,01	1,31
81	4,80	3,36	90,3	1072	0,0045	5,638	1,396	1,100	1,54	3,89	0,39	3,67	0,99	1,39
82	4,50	2,96	86,4	1158,4	0,0045	6,093	1,488	1,100	1,64	4,08	0,40	3,72	0,97	1,46
83	4,2	2,57	95,1	1253,5	0,0045	6,593	1,589	1,100	1,75	4,28	0,41	3,77	0,96	1,54
RJ-J	3,79	2,14	74,7	1328,2	0,0045	6,986	1,669	1,100	1,84	4,44	0,41	3,81	0,94	1,60
Caniveau K														
84	11,08	9,70	-											
85	10,09	9,47	59,7	59,7	0,004	0,364	0,62	0,8	0,50	2,04	0,24	2,35	0,95	0,28
86	9,87	9,22	62,9	122,6	0,004	0,747	0,65	0,8	0,52	2,10	0,25	2,44	0,97	0,45
87	9,65	9,00	55,3	177,9	0,004	1,084	0,65	0,8	0,52	2,10	0,25	2,44	0,97	0,57
88	9,41	8,57	106,9	284,8	0,004	1,735	0,84	0,95	0,80	2,63	0,30	2,84	0,99	0,70
89	9,06	8,17	100,3	385,1	0,004	2,346	0,89	0,95	0,85	2,73	0,31	2,89	0,98	0,85
90	8,69	7,57	151,1	536,2	0,004	3,267	1,12	1	1,12	3,24	0,35	3,14	0,95	1,03
91	8,40	7,08	121	657,2	0,004	4,004	1,32	1	1,32	3,64	0,36	3,25	0,90	1,18
92	8,12	6,83	62,4	719,6	0,004	4,384	1,29	1,1	1,42	3,68	0,39	3,40	0,96	1,17
93	7,97	6,56	67,2	786,8	0,004	4,793	1,41	1,1	1,55	3,92	0,40	3,47	0,93	1,25
94	7,73	6,29	68,2	855	0,004	5,209	1,44	1,1	1,58	3,98	0,40	3,49	0,93	1,32
95	7,42	6,03	66,1	921,1	0,004	5,612	1,39	1,2	1,67	3,98	0,42	3,62	0,98	1,31
96	7,21	5,73	75	996,1	0,004	6,068	1,48	1,2	1,78	4,16	0,43	3,67	0,96	1,38
97	6,92	5,43	74,7	1070,8	0,004	6,524	1,49	1,2	1,79	4,18	0,43	3,68	0,96	1,44
98	6,63	5,10	82,4	1153,2	0,004	7,026	1,53	1,25	1,91	4,31	0,44	3,78	0,98	1,48
RJ-K	6,51	4,95	38,3	1191,5	0,004	7,259	1,56	1,25	1,95	4,37	0,45	3,80	0,97	1,51
Caniveau L														
99	12,10	11,88	-						0,00	0,00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
100	11,50	11,15	131,3	131,3	0,0055	0,338	0,329	0,7	0,23	1,36	0,17	2,16	1,20	0,29

Annexes

101	11,12	10,43	107,8	239,1	0,0055	0,616	0,600	0,7	0,42	1,90	0,22	2,63	1,08	0,43
102	10,53	9,84	61,6	300,7	0,0055	0,774	0,613	0,7	0,43	1,93	0,22	2,65	1,08	0,50
103	10,25	9,50	65,1	365,8	0,0055	0,942	0,717	0,7	0,50	2,13	0,24	2,76	1,04	0,57
104	9,96	9,14	65,6	431,4	0,0055	1,111	0,819	0,7	0,57	2,34	0,25	2,84	1,00	0,64
105	9,75	8,78	74,1	505,5	0,0055	1,302	0,933	0,7	0,65	2,57	0,25	2,92	0,97	0,71
106	9,30	8,37	102,4	607,9	0,0055	1,565	0,933	0,7	0,65	2,57	0,25	2,92	0,97	0,80
107	8,80	7,81	62,7	670,6	0,0055	1,727	0,933	0,7	0,65	2,57	0,25	2,92	0,97	0,85
108	8,45	7,47	61,3	731,9	0,0055	1,885	0,933	0,9	0,84	2,77	0,30	3,34	1,10	0,76
109	8,12	7,13	55,5	787,4	0,0055	2,028	0,979	0,9	0,88	2,86	0,31	3,38	1,09	0,80
110	7,90	6,82	56,6	844	0,0055	2,173	1,036	0,9	0,93	2,97	0,31	3,42	1,07	0,84
111	7,60	6,51	51,1	895,1	0,0055	2,305	1,087	0,9	0,98	3,07	0,32	3,46	1,06	0,87
112	7,38	6,23	55,5	950,6	0,0055	2,448	1,142	0,9	1,03	3,18	0,32	3,49	1,04	0,91
113	7,15	5,93	75,7	1026,3	0,0055	2,643	1,217	0,9	1,10	3,33	0,33	3,54	1,02	0,96
RJ-L	6,85	5,51	38,1	1064,4	0,0055	2,741	1,255	0,9	1,13	3,41	0,33	3,56	1,02	0,98
Caniveau M														
114	8,34	7,90	-											
115	8,10	7,50	100,6	100,6	0,004	0,486	0,60	0,8	0,48	2,00	0,24	2,39	0,98	0,34
116	7,66	7,10	100,6	201,2	0,004	0,973	0,56	0,8	0,45	1,92	0,23	2,34	1,00	0,53
117	7,47	6,73	90,7	291,9	0,004	1,411	0,74	0,8	0,59	2,28	0,26	2,53	0,94	0,68
118	7,24	6,35	96,1	388	0,004	1,876	0,89	0,8	0,71	2,58	0,28	2,65	0,90	0,82
119	6,89	5,95	99,7	487,7	0,004	2,358	0,94	0,9	0,85	2,78	0,30	2,85	0,94	0,89
120	6,76	5,56	97,7	585,4	0,004	2,830	1,20	0,9	1,08	3,30	0,33	3,01	0,88	1,00
121	6,49	5,25	76,6	662	0,004	3,201	1,24	0,9	1,12	3,38	0,33	3,03	0,87	1,09
122	6,21	4,94	77,2	739,2	0,004	3,574	1,27	0,95	1,21	3,49	0,35	3,14	0,89	1,13
123	6,03	4,66	70,1	809,3	0,004	3,913	1,37	0,95	1,30	3,69	0,35	3,18	0,87	1,20
124	5,86	4,40	65	874,3	0,004	4,227	1,46	0,95	1,39	3,87	0,36	3,22	0,85	1,26

Annexes

125	5,62	4,17	50,8	925,1	0,0045	4,473	1,45	0,95	1,38	3,85	0,36	3,41	0,91	1,31
126	5,40	4,02	34,6	959,7	0,0045	4,640	1,38	1	1,38	3,76	0,37	3,48	0,95	1,30
127	5,19	3,73	64,6	1024,3	0,0045	4,952	1,46	1	1,46	3,92	0,37	3,52	0,93	1,36
RJ-M	4,98	3,50	51,4	1075,7	0,0045	5,201	1,48	1	1,48	3,96	0,37	3,53	0,93	1,40
Caniveau N														
128	5,05	4,50	-						0,00	0,00				
129	4,94	4,10	134,5	134,5	0,003	0,599	0,84	0,5	0,42	2,18	0,19	1,75	0,61	0,53
130	4,94	3,88	73,1	207,6	0,003	0,925	1,06	0,5	0,53	2,62	0,20	1,82	0,56	0,70
131	4,22	3,39	151,4	359	0,003	1,599	0,83	0,85	0,71	2,51	0,28	2,40	0,84	0,71
132	4,15	2,93	153	512	0,003	2,281	1,22	0,85	1,04	3,29	0,32	2,53	0,73	0,90
RJ-N	4,09	2,66	99,9	611,9	0,003	2,726	1,43	0,85	1,22	3,71	0,33	2,48	0,66	1,02
Caniveau O														
133	10,43	9,20	-											
134	9,96	8,76	72,9	72,9	0,0060	0,585	1,20	0,7	0,84	3,09	0,27	3,20	0,93	0,41
135	9,45	8,16	100,2	173,1	0,0060	1,388	1,29	0,7	0,90	3,28	0,28	3,24	0,91	0,74
136	8,85	7,55	102,2	275,3	0,0060	2,208	1,30	0,7	0,91	3,30	0,28	3,24	0,91	1,00
137	8,45	7,15	99,2	374,5	0,0040	3,003	1,30	1	1,30	3,60	0,36	3,24	0,91	0,97
138	7,98	6,75	99,9	474,4	0,0040	3,805	1,23	1	1,23	3,46	0,36	3,20	0,92	1,14
139	7,65	6,40	89,2	563,6	0,0040	4,520	1,26	1,15	1,44	3,66	0,39	3,46	0,99	1,16
140	7,35	6,00	99,6	663,2	0,0040	5,319	1,35	1,15	1,56	3,86	0,40	3,52	0,97	1,30
141	7,08	5,70	73,6	736,8	0,0040	5,909	1,38	1,2	1,65	3,96	0,42	3,62	0,98	1,35
142	6,86	5,36	84,7	821,5	0,0040	6,588	1,50	1,2	1,80	4,19	0,43	3,68	0,96	1,45
143	6,64	5,14	56,1	877,6	0,0040	7,038	1,50	1,3	1,95	4,30	0,45	3,85	1,00	1,44
144	6,4	4,88	64,1	941,7	0,0040	7,552	1,52	1,3	1,97	4,33	0,46	3,85	1,00	1,51
145	6,09	4,54	85,1	1026,8	0,0040	8,235	1,55	1,4	2,17	4,50	0,48	4,02	1,03	1,52
146	5,55	4,07	95,3	1122,1	0,0050	8,999	1,48	1,4	2,08	4,37	0,48	4,46	1,17	1,61

Annexes

147	5,12	3,56	101,5	1223,6	0,0050	9,813	1,56	1,4	2,19	4,52	0,48	4,51	1,15	1,71
RJ-O	4,96	3,36	40,3	1263,9	0,0050	10,137	1,60	1,4	2,24	4,61	0,49	4,54	1,14	1,75
Caniveau P														
148	7,62	6,95	-											
149	7,42	6,72	58,3	58,3	0,004	1,182	0,70	0,9	0,63	2,31	0,27	2,64	1,00	0,56
150	7,42	6,48	58,6	116,9	0,004	2,370	0,94	0,9	0,84	2,78	0,30	2,85	0,94	0,89
151	7,12	6,09	98,5	98,5	0,004	2,771	1,03	0,95	0,98	3,01	0,33	3,00	0,94	0,95
152	7,03	5,73	89,1	187,6	0,004	3,133	1,30	0,95	1,23	3,55	0,35	3,15	0,88	1,03
153	6,75	5,33	101,7	289,3	0,004	3,547	1,42	0,95	1,35	3,80	0,36	3,21	0,86	1,12
154	6,42	4,96	91,1	380,4	0,004	3,917	1,46	0,95	1,39	3,87	0,36	3,22	0,85	1,20
155	5,95	4,47	122,2	502,6	0,004	4,414	1,48	1	1,48	3,96	0,37	3,32	0,87	1,26
156	6,07	4,08	97,1	599,7	0,004	4,809	1,99	1	1,99	4,97	0,40	3,50	0,79	1,33
157	5,15	3,73	89,6	689,3	0,004	5,174	1,42	1,2	1,71	4,05	0,42	3,64	0,97	1,24
158	4,8	3,35	93,7	783	0,004	5,555	1,45	1,2	1,74	4,10	0,42	3,66	0,97	1,30
159	4,5	3,00	88,3	871,3	0,004	5,914	1,50	1,2	1,80	4,21	0,43	3,69	0,96	1,35
160	4,15	2,65	86,2	957,5	0,004	6,264	1,50	1,2	1,80	4,20	0,43	3,68	0,96	1,41
RJ-P	3,95	2,48	43,3	1000,8	0,004	6,441	1,47	1,2	1,76	4,14	0,43	3,67	0,97	1,43
Caniveau Q														
161	11,21	10,30	-											
162	10,75	9,96	84,6	84,6	0,004	0,600	0,79	0,75	0,59	2,33	0,25	2,49	0,90	0,40
163	10,5	9,65	76,9	161,5	0,004	1,146	0,85	0,75	0,63	2,44	0,26	2,53	0,88	0,62
164	10,28	9,53	30,2	191,7	0,004	1,360	0,75	0,75	0,56	2,24	0,25	2,46	0,91	0,69
165	10,09	9,27	65,4	65,4	0,004	1,575	0,82	0,8	0,65	2,44	0,27	2,60	0,92	0,73
166	9,85	8,94	82,2	147,6	0,004	1,845	0,91	0,8	0,73	2,61	0,28	2,66	0,89	0,82
167	9,62	8,58	91	238,6	0,004	2,144	1,04	0,8	0,83	2,88	0,29	2,74	0,86	0,90
168	9,4	8,30	70,1	308,7	0,004	2,375	1,10	0,8	0,88	3,00	0,29	2,77	0,84	0,96

Annexes

169	9,06	7,96	84,9	393,6	0,004	2,654	1,10	0,85	0,94	3,05	0,31	2,87	0,87	1,00
170	8,7	7,46	125,3	518,9	0,004	3,066	1,24	0,85	1,06	3,33	0,32	2,94	0,84	1,10
171	8,32	7,09	74,5	593,4	0,005	3,311	1,23	0,85	1,05	3,32	0,32	3,28	0,94	1,16
172	7,98	6,70	76,3	669,7	0,005	3,561	1,28	0,85	1,08	3,40	0,32	3,30	0,93	1,21
173	7,74	6,35	70,1	739,8	0,005	3,792	1,39	0,85	1,18	3,62	0,33	3,35	0,91	1,27
174	7,25	5,88	94,9	834,7	0,005	4,104	1,37	0,95	1,30	3,69	0,35	3,56	0,97	1,24
175	7,02	5,52	89,7	924,4	0,004	4,399	1,50	0,95	1,43	3,95	0,36	3,24	0,84	1,30
RJ-Q	6,83	5,35	43,4	967,8	0,004	4,541	1,48	0,95	1,41	3,92	0,36	3,23	0,85	1,33
Caniveau R														
176	10,74	10,20	-											
177	10,62	9,68	129,5	129,5	0,004	0,787	0,94	0,6	0,56	2,48	0,23	2,29	0,75	0,56
178	10,51	9,16	149,4	278,9	0,0035	1,695	1,35	0,6	0,81	3,30	0,25	2,27	0,62	0,93
179	10,33	8,95	60,4	339,3	0,0035	2,062	1,38	0,7	0,97	3,46	0,28	2,50	0,68	0,96
180	9,84	8,49	70,3	70,3	0,0065	2,481	1,35	0,7	0,94	3,40	0,28	3,39	0,93	1,09
181	9,3	7,83	101,7	172	0,0065	3,087	1,47	0,7	1,03	3,64	0,28	3,44	0,91	1,26
182	8,75	7,38	99	271	0,0045	3,677	1,37	0,9	1,23	3,63	0,34	3,27	0,89	1,19
183	8,46	7,04	99,3	370,3	0,0035	4,268	1,42	1,1	1,57	3,95	0,40	3,25	0,87	1,15
184	8,19	6,85	53,4	423,7	0,0035	4,587	1,34	1,1	1,47	3,78	0,39	3,21	0,89	1,21
185	8,05	6,63	63,3	487	0,0035	4,964	1,42	1,1	1,56	3,94	0,40	3,25	0,87	1,28
186	7,61	6,34	82,4	569,4	0,0035	5,455	1,27	1,35	1,71	3,89	0,44	3,52	1,00	1,18
187	7,33	5,85	140	709,4	0,0035	6,289	1,48	1,35	2,00	4,31	0,46	3,66	0,96	1,30
188	6,98	5,55	85,1	794,5	0,0035	6,796	1,43	1,35	1,93	4,21	0,46	3,63	0,97	1,37
189	6,81	5,28	78,9	873,4	0,0035	7,266	1,53	1,35	2,07	4,42	0,47	3,69	0,95	1,43
190	6,59	5,05	63,2	936,6	0,0035	7,643	1,54	1,35	2,07	4,42	0,47	3,69	0,95	1,48
191	6,47	4,86	54,5	991,1	0,0035	7,967	1,61	1,35	2,17	4,56	0,48	3,73	0,94	1,52
RJ-R	6,4	4,78	25,3	1016,4	0,0035	8,118	1,62	1,35	2,19	4,60	0,48	3,73	0,94	1,54

Annexes

Caniveau S														
192	11,38	10,80	-											
193	11,49	10,19	102,5	102,5	0,006	1,867	0,699	0,85	0,59	2,25	0,26	3,14	1,20	0,79
194	11,12	9,59	98,9	201,4	0,006	3,669	1,207	0,85	1,03	3,26	0,31	3,58	1,04	1,24
195	10,86	8,99	101	302,4	0,006	5,509	1,579	0,9	1,42	4,06	0,35	3,88	0,99	1,56
196	10,45	8,70	47,3	349,7	0,006	6,370	1,789	0,9	1,61	4,48	0,36	3,96	0,94	1,72
197	10,29	8,61	14,8	364,5	0,006	6,640	1,855	0,9	1,67	4,61	0,36	3,98	0,93	1,77
198	10,05	7,98	104,7	104,7	0,0060	6,806	1,855	0,95	1,76	4,66	0,38	4,11	0,96	1,73
199	9,67	7,38	100,8	205,5	0,0060	6,965	1,855	0,95	1,76	4,66	0,38	4,11	0,96	1,76
200	9,15	6,77	102,2	307,7	0,0060	7,126	1,871	0,95	1,78	4,69	0,38	4,11	0,96	1,79
201	8,84	6,30	78	385,7	0,0060	7,250	1,909	0,95	1,81	4,77	0,38	4,13	0,95	1,81
202	8,3	5,64	109,2	494,9	0,0060	7,422	1,962	0,95	1,86	4,87	0,38	4,14	0,94	1,84
203	7,94	5,13	85,4	580,3	0,0060	7,557	1,962	1	1,96	4,92	0,40	4,27	0,97	1,80
204	7,56	4,76	61,4	641,7	0,0060	7,654	1,962	1	1,96	4,92	0,40	4,27	0,97	1,81
205	7,25	4,30	77,8	719,5	0,0060	7,777	1,962	1	1,96	4,92	0,40	4,27	0,97	1,83
206	6,75	3,45	140,2	859,7	0,0060	7,999	1,962	1	1,96	4,92	0,40	4,27	0,97	1,87
207	6,48	3,02	72,8	932,5	0,0060	8,114	2,022	1	2,02	5,04	0,40	4,29	0,96	1,89
RJ-S	6,28	2,76	42,8	975,3	0,0060	8,182	2,042	1	2,04	5,08	0,40	4,30	0,96	1,90
Caniveau T														
208	11,89	10,39	-											
209	11,67	10,15	49	49	0,005	0,279	0,262	0,6	0,16	1,12	0,14	1,78	1,11	0,28
210	11,46	9,89	51,7	100,7	0,005	0,573	0,446	0,6	0,27	1,49	0,18	2,14	1,02	0,45
211	11,29	9,66	45,4	146,1	0,005	0,831	0,596	0,6	0,36	1,79	0,20	2,32	0,96	0,58
212	11,03	9,42	48,1	194,2	0,005	1,105	0,752	0,6	0,45	2,10	0,21	2,45	0,90	0,70
213	10,95	9,29	25,4	219,6	0,005	1,249	0,831	0,6	0,50	2,26	0,22	2,50	0,88	0,76
214	10,46	8,84	91,4	91,4	0,005	1,769	1,117	0,6	0,67	2,83	0,24	2,64	0,80	0,96

Annexes

215	9,85	8,44	78,8	170,2	0,005	2,217	0,927	0,8	0,74	2,65	0,28	2,99	0,99	0,92
216	9,5	7,99	90,2	260,4	0,005	2,730	1,020	0,85	0,87	2,89	0,30	3,15	1,00	1,02
217	8,95	7,59	79,9	340,3	0,005	3,184	1,157	0,85	0,98	3,16	0,31	3,24	0,96	1,13
218	8,62	7,18	82,6	422,9	0,005	3,654	1,206	0,9	1,09	3,31	0,33	3,37	0,98	1,19
219	8,42	6,98	39,2	462,1	0,005	3,877	1,266	0,9	1,14	3,43	0,33	3,40	0,97	1,24
220	8,14	6,68	60,7	522,8	0,005	4,222	1,268	0,95	1,20	3,49	0,35	3,51	0,99	1,26
221	7,72	6,31	73,4	596,2	0,005	4,640	1,372	0,95	1,30	3,69	0,35	3,56	0,97	1,34
222	7,45	5,97	68,2	664,4	0,005	5,028	1,468	0,95	1,39	3,89	0,36	3,61	0,95	1,42
223	7,06	5,56	81,9	746,3	0,005	5,494	1,478	1	1,48	3,96	0,37	3,72	0,98	1,45
224	6,77	5,22	67,5	813,8	0,005	5,877	1,564	1	1,56	4,13	0,38	3,76	0,96	1,52
225	6,61	4,97	50,3	864,1	0,005	6,163	1,629	1	1,63	4,26	0,38	3,78	0,95	1,57
226	6,24	4,51	92,4	956,5	0,005	6,689	1,747	1	1,75	4,49	0,39	3,83	0,92	1,66
RJ-T	6,06	4,34	33,4	989,9	0,005	6,879	1,790	1	1,79	4,58	0,39	3,84	0,92	1,69

Annexe II.7: Explicatif du mode d'utilisation de WINRAM .

Winram est un logiciel de simulation, son principe de fonctionnement est expliqué dans ce qui suit:

on commencera par l'introduction des coordonnées des différents points particuliers de profil de la conduite, c'est-à-dire les points les plus hauts et les plus bas. Le logiciel calcule par la suite la dépression et les surpressions à ces points d'après la relation d'ALLIEVI.

L'ingénieur doit choisir un type précis d'anti-bélier, ainsi que sa position (verticale ou horizontale), après cela il doit introduire un volume initial d'air, Winram fait les calculs avec la relation d'ALLIEVI, et on aura l'enveloppe piézométrique comme sortie, on vérifie que la dépression doit être inférieure à 6m au risque d'avoir un phénomène de cavitation dans le cas contraire la mise en place de ventouse est envisagée et que la surpression ne doit pas dépasser la pression nominale de la conduite.

Si ces dernières ne sont pas satisfaites, nous devons augmenter le volume d'air du ballon jusqu'à ce que nous ayons une bonne enveloppe piézométrique et nous choisissons d'après le catalogue un volume commercial le plus proche à ce volume.

Si malgré le changement de volume, une dépression subsiste toujours, il faudra envisager une autre protection.