

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

BADJI MOKHTAR-ANNABA UNIVERSITY
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA



جامعة باجي مختار - عنابة

Faculté des Sciences de l'Ingénierat
Département d'Hydraulique

MEMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences et Technique

Filière : Hydraulique

Option : Hydraulique

THEME

**SIMULATION D'UN RÉSEAU D'EAU PLUVIALE DE LA VILLE
OUED ZIAD À L'AIDE DU LOGICIEL SWMM**

Présenté par Dirigé par

BOUAITA Fouad

Mr. CHABI Moncef

MOUMEN BEKKOUCHE Salah eddine

Devant le jury de soutenance

Président :	Pr	HAMMAR	Yahia	U - Badji Mokhtar – Annaba
Encadreur :	MAA	CHABI	Moncef	U - Badji Mokhtar – Annaba
Examineur :	MCB	LAOUACHERIA	Fares	U - Badji Mokhtar – Annaba
Examineur :	MAA	KECHIDA	Said	U - Badji Mokhtar – Annaba
Examineur :	MAB	KHERFANE	Wahida	U - Badji Mokhtar – Annaba

Promotion: Juin 2018

Dédicace

Je dédie ce mémoire simplement à :

Ma très chère mère, à celle qui mon tout donne afin de bien vivre, et je dis la réalisation de ce travail n'aurait pas été possible sans le sous le soutien, sans faille, moral et effectif. Je le remercie de m'avoir donné un environnement (familial) idéal et de m'avoir enseigné les valeurs essentiels (humilité, honnêteté et passion) avec lesquelles j'ai toujours essayé d'aborder mon travail scientifique, Merci mama

Je dédie ce modeste travail à mon père et je dis, chère père, ce n'est qu'un grain de ta récolte au tu as trop souffert à semer, Merci beaucoup papa

A la femme le très importante dans ma vie, merci beaucoup : rania om

Merci mes parents, merci mes chères frères foudil ; boudjmaa ; jamal ; said et abd arrzek, merci mes chères sœurs daoua ; roukia ; hayat merci de m'avoir toujours fait confiance. Sacher que je vous aime et je vous serai toujours très reconnaissante.

A mes chers neveux : TAKI, ADEM

A mon amis : idris ; chouaib

A tout ma belle famille

Et tous les étudiants de la promotion d'hydraulique

Et tous mes amies et mes connaissances sans exception.

BOUAITA fouad

Dédicace

Pour m'avoir permis d'accéder au savoir et d'être ce que je suis devenue aujourd'hui, je voudrais remercier DIEU le tout puissant et miséricordieux, qui m'a donné la force, la patience et la persévérance pour accomplir ce Modeste travail.

Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère, ma confidente et mon amie.

A mon cher père pour l'éducation qu'il m'a prodigué; avec tous les moyens et au prix de tous les sacrifices qu'il a consenti à mon égard, pour m'inculper le sens du devoir depuis mon enfance.

A mes chères sœurs, et mes frères que j'aime tant. A toute ma famille.

A tous mes amis avec lesquels j'ai partagé des moments de joie et de bonheur, à tous ceux qui ont été à mes côtés jusqu'à aujourd'hui.

A tous les honorables enseignants qui ont contribué à ma formation.

Enfin, toute personne m'ayant aidé de près ou de loin dans ce travail laborieux et de longue haleine, trouve ici l'expression de mes vives reconnaissances et remerciement.

MOUMEN BEKKOUCHE Salah Eddine

Remerciements

Je pr ésent mon profond respect et mes remerciements à mon directeur de th èse Mr. CHABI Moncef pour sa précieuse aide et ses orientations continues.

Je désire exprimer toute ma gratitude à mes enseignants qui ont accepté d'être

Membre du jury de soutenance de ma th èse :

Pr ésident :	Pr	HAMMAR	Yahia
Encadreur :	MAA	CHABI	Moncef
Examineur :	MCB	LAOUACHERIA	Fares
Examineur :	MAA	KECHIDA	Said
Examineur :	MAB	KHERFANE	Wahida

ملخص

شهدت شبكة تصريف مياه الأمطار من مدينة واد زياد المشاكل الرئيسية التي عقدت مؤخرا مع الاعتماد على إخلاء أحجار مياه الأمطار. ونظرا لحالة فشل الشبكة، ويخصص عملنا لدراسة هذه الشبكة من أجل تحسين أدائها. وذلك، من خلال تحديد الاختلالات الهيكلية المختلفة من الشبكة. باستخدام نموذج عددي فإ إطار برنامج SWMM-EPA 05 لتحديد نقاط الخلل الهيدروليكي اعتمادا على الاختلاف من العديد من المعلمات وتحقيق أهدافنا التي تتمثل في إجراء المحاكاة العديدة للاستجابة الشبكة. تم إجراء سلسلة من عمليات المحاكاة باستخدام النماذج الحسابية المتاحة التي هي البرامج SWMM-EPA من خلال تغيير القطر، وبدو عمق وخرائط المنحدرات، أضلاع المنبع والمصب الأرض الطبيعية والسواحل عكس ذلك.

كلمات البحث

SWMM-EPA: البرمجيات، والتخلص من مياه الأمطار، والمحاكاة، وسواحل الأرض الطبّعة، وساحل طوف

R ésum é

Le Réseau d'eau pluvial de la ville de Oued Ziad de la wilaya d'Annaba a connu, dernièrement des grands problèmes liés à la fiabilité de l'évacuation des eaux pluviales surtout. Vu l'état de défaillance du réseau, notre travail est consacré à une étude de ce réseau, dans le but d'améliorer son fonctionnement. Et cela, en identifiant les différents dysfonctionnements structureaux du réseau. En utilisant un modèle numérique sous le logiciel EPA-SWMM 05, afin de déterminer les différents points de dysfonctionnements hydrauliques en fonction de la variation de plusieurs paramètres et atteindre nos objectifs qui est d'effectuer une simulation numérique de la réponse du réseau. La série de simulations a été réalisée en utilisant l'un des modèles de calcul disponible qui est le logiciel EPA-SWMM en variant la diamètre, Profondeur des regards et des conduites, les pentes, les côtes du terrain naturelle amont et aval et les côtes du radier,.

Mots clés :

Le logiciel EPA-SWMM, l'évacuation des eaux pluviales, une simulation, les côtes du terrain naturelle, les côtes du radier

Abstract

The Storm Water Network of the town of Oued Ziad of the wilaya of Annaba has recently experienced major problems related to the reliability of the evacuation of rainwater mainly. Given the state of failure of the network, our work is devoted to a study of this network, with the aim of improving its functioning. And this, by identifying the various structural dysfunctions of the network. By using a numerical model under the EPA-SWMM 05 software, in order to determine the different points of hydraulic dysfunctions according to the variation of several parameters and to reach our objectives which is to perform a numerical simulation of the network response. The series of simulations was carried out using one of the available calculation models which is the EPA-SWMM software, varying the diameter, the depth of the

manholes and the pipes, the slopes, the ribs of the upstream and downstream natural terrain and the ribs Of the raft ,.

Keywords:

The EPA-SWMM software, rainwater drainage, simulation, natural terrain ribs, raft ribs

Liste des figures

Figure I.1 : zone d'étude oued zied	3
Figure I.2 : diagramme des Pluies mensuelles	5
Figure I.3 : températures moyennes mensuelles.....	6
Figure II.1 : Modèle double triangle.....	16
Figure II.2 : Les courbes IDF.	18
Figure II.3 : pluie double triangle de la période de retour 10 ans.....	19
Figure II.4: pluie double triangle de la période de retour 20 ans.....	19
Figure II.5: pluie double triangle de la période de retour 50 ans.....	20
Figure II.6: pluie double triangle de la période de retour 100 ans.....	20
Figure III.1 Exemple d'un regard simple	25
Figure IV.1. schéma du réseau	35
Figure IV.2: Étiquetage des objets	37
Figure IV.3: Options de simulation	43
Figure IV.4: Définition du profil en long	49
Figure IV.5: Un exemple d'affichage des résultats à code couleur de la zone 'étude	52
Figure V.1 : Editeur de propriétés pour Rain Gage.....	53
Figure V.02 : Editeur de propriétés pour Time Séries	54
Figure V.03 Editeur de propriétés pour Subcatchment	55
Figure V.04 : Le tracé du sous bassin.....	57
Figure V.05 : Editeur de propriétés pour Links.....	58
Figure V.06 : Le tracé de la conduite (Links)	59
Figure V.07 Editeur de propriétés pour Node	60
Figure V.08 : Editeur de propriétés pour Inflows.....	60
Figure V.09 : Editeur de propriétés pour Tim pattern	61
Figure V.11 : Editeur de propriétés pour Outfall	63
Figure V.12 : Variation de la profondeur d'un tronçon.....	63
Figure V.13 : Numérotation des nœuds et des conduites du réseau modélisé.	65
Figure V.14 : Pentés des conduites du réseau avec leur numérotation.	65
Figure V.15: Capacités des tronçons de réseau au bout de 02 h.	67
Figure V.16 : Variations des débits dans les deux tronçons 23 et 111.	67
Figure V.17: Débits de pointe dans le réseau au bout de 02 h.	68

Figure V.18 : Vitesses maximales dans le r éseau au bout de 03h 15 min.....	69
Figure V.19 : Nombre de Froude dans le r éseau au bout de 02 h.	69
Figure V.20: Ligne d'eau (cas de pointe) en toutes les conduites 22, 23, 24, 25, 26 et 27	70
Figure V.21 : Hyetogramme à l'entrée du sous bassin.....	71
Figure V.22 : Hydrogramme de ruissellement sur le sous bassin.	71

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I :Présentation la zonede oued zied

Tableau I.1 :Répartition mensuelles de la pluviométrie :..... 5

Tableau I.2 :Les températures mensuelles 5

Chapitre II : L'étude hydrologique

Tableau II.2 : moyenne et écart type :13

Tableau II.3 : paramètres d'ajustement :.....14

Tableau II.4 : hauteur maximale de pluie pour différentes période de retour :15

Tableau II. 5 : intensitémoyenne pour différentes périodes de retour :17

Tableau II.6 : les paramètres de la loi de MONTANA :.....17

Tableau II. 7 : intensitéde pluie pour différentes périodes de retour17

Tableau II.8 : intensitéde pluie de projet double triangle :18

Chapitre III : réseau d'assainissement de oued zied

Tableau III-1 : Caractéristiques de chaque groupement de sous bassin23

Tableau III.2 : détermination du coefficient des talus (m)29

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION GÉNÉRAL.....	1
---------------------------	---

Chapitre I :Présentation la zonede oued zied

I.1. INTRODUCTION.....	2
I.2. SITUATION GÉOGRAPHIQUE.....	2
I.3. CARACTERISTIQUES PHYSIQUE DU SITE.....	3
I.4. CLIMATOLOGIE.....	4
I.4.1. Pluies mensuelles :.....	5
I.4.2. Les temp ératures :.....	5
I.5. HYDROGRAPHIE.....	6
I.6. LES PENTES.....	7
I.6.1.La partie Sud-ouest :.....	7
I.6.2.La partie Nord-est :.....	7
I.7. LA GEOTECHNIQUE.....	8
I.8. CONCLUSION.....	8

Chapitre II : L'étude hydrologique

II.1. INTRODUCTION :.....	9
II.2. PRESENTATION DES ANALYSES DES DONNEES PLUVIOMETRIQUE :.....	9
II.2.1. Donn ées à échelle mensuelle :.....	9
II.2.2. Donn ées à échelle annuelle :.....	9
II.3. COURBES : INTENSITE-DUREE-FREQUENCE (IDF) :.....	9
II.4. ANALYSE ANALYTIQUE DES PLUIES :.....	10
II.4.1. Dur ée :.....	10
II.4.2. Fr équence :.....	10
II.4.3. Intensit é:.....	11
II.5. LES PLUIES DE COURTES DUREES :.....	11
II.6. ANALYSE DES DONNEES STATISTIQUES :.....	13
II.7. CALCUL DES PARAMETRES D'AJUSTEMENT DE LA SERIE PLUVIOMETRIQUE :.....	14
II.8. PLUIE DE PROJET DOUBLE TRIANGLE :.....	15

II.8.1. Calcul des paramètres de la formule de MONTANA :.....	17
II.8.2. Estimation des paramètres de la formule de MONTANA :.....	17
II.8.3. Courbe IDF :	17
II.8.4. Les courbes doubles triangles :	18
II.9. CONCLUSIONS :	20

Chapitre III : réseau d'assainissement de oued zied

III.1. SYSTEME D'EVACUATION DES EAUX PLUVIALES.....	21
III.2. CHOIX DU SYSTEME D'EVACUATION	21
III.2.1.Système unitaire	21
III.2.2.Système séparatif	21
III.2.3.Système pseudo séparatif	22
III.3. LES BASSINS	22
III.3.1.Choix de la limite des sous bassins.....	22
III.3.2.Pente moyenne des sous bassins.....	22
III.3.3. Validité de la méthode superficielle	23
III.4. LES REGARDS.....	24
III.4.1. Types des regards	25
III.4.1.1. Regard de visite	25
III.4.1.2. Regard de ventilation	25
III.4.1.3. Regard de jonction	26
III.4.1.4. Regard de chute	26
III.5. LES CONDUITES	26
III.5.1. Exécution des travaux.....	27
III.5.2. Décapage de la couche de terre végétale	27
III.5.3.Largeur de la tranchée	28
III.5.4.Section transversale proposée.....	28
III.5.5.Choix des engins de terrassement	29
III.5.6.Aménagement du lit de pose.....	29
III.5.7.La mise en place de la canalisation.....	30
III.5.8.Construction des regards	30
III.6. CONCLUSION	31

Chapitre IV : Présentation et Analyse de modèle SWMM 5

IV. 1. INTRODUCTION.....	33
IV.2. HISTORIQUE :.....	33
IV.3. OBJECTIF.....	34
IV.4. UTILITES	34
IV.5. LIMITE	35
IV.6. PRESENTATION DE L'EXEMPLE	35
IV.6.1. Les étapes de la modélisation seront :.....	36
IV.6.2. Création d'un nouveau projet :.....	36
IV.7. REALISER UNE SIMULATION.....	42
IV.7.1. Options de simulation	42
IV.7.2. Lancer une simulation	42
IV.7.3. Consulter le rapport de simulation	47
IV.7.4. Représenter les résultats sur le plan	47
IV.7.5. Visualiser les résultats sous forme de graphes temporels	48
IV.7.6. Créer un profil en long	49
IV.7.7. Réaliser une simulation avec le modèle de l'onde dynamique	50
IV.8. CONCLUSION	52

Chapitre V : simulation de réseau oued zied

V .1. INTRODUCTION.....	53
V.2. ACQUISITION DES DONNEES DU LOGICIEL «EPASWMM ».....	53
V.2.1. Le Bassin Versant ou sous bassin versant (Subcatchment) :.....	54
V.2.2. La conduite (Links)	58
V.2.3. Le nœud (Node).....	60
V.2.4. L'exutoire (Outfall)	63
V.3. SIMULATION HYDRAULIQUE	64
V.3.1. Résultats de la simulation.....	64
V.3.1.1 Réseau modélisé:	64
V.3.1.2 Capacité du réseau	66
V.3.1.3 Hydrogrammes des débits dans les conduites.....	67
V.3.1.4 Débits de pointe dans le réseau.....	68
V.3.1.5 Vitesses d'écoulement	68
V.3.1.6 Régime d'écoulement.....	69

V.3.1.7 Ligne d'eau dans les conduites :	69
V.3.1.8 Ruissellement sur les sous bassins :	70
V.4 CONCLUSION :	71
CONCLUSION GÉNÉRAL.....	72

L'INTRODUCTION GENERALE

La gestion de l'espace urbain est le souci majeur et l'une des priorités des collectivités locales. Le développement d'une cité doit être maîtrisé à l'aide d'outils juridiques élaborés dans un cadre réglementaire.

L'objet de cette étude est l'élaboration d'un instrument d'urbanisme destiné à améliorer la qualité de l'espace urbain et de son fonctionnement, Cette préoccupation est le résultat d'un constat que nos quartiers et nos villes n'offrent pas une bonne qualité visuelle ou fonctionnelle à un paysage urbain aux nombreuses potentialités.

Les pouvoirs publics ont trouvé au moyen du plan d'occupation du sol l'outil de contrôle et de maîtrise du phénomène urbain et son extension future. Il s'agit de promouvoir un cadre de vie harmonieux en établissant des normes et des règles se conformant à toutes les créations urbanistiques nouvelles.

L'espace urbain, ainsi que sa périphérie, sont livrés à des décisions ponctuelles qui s'avèrent dépassées sous l'effet d'opérations spontanées et volontaristes.

L'étalement urbain remet en cause toute une cohésion morphologique et spatiale, due à des décisions politiques.

Les études de Plans d'occupation des Sols sont encore plus indispensables du fait du désordre urbain remarqué dans nos villes qui se trouvent perturbées par la prolifération des constructions insalubres.

Chapitre I

Présentation la zone
de oued zied

I.1. INTRODUCTION

Avant tout projet d'assainissement, l'étude du site est nécessaire pour connaître les caractéristiques physiques du lieu et les facteurs influençables sur la conception d'un projet, qui peuvent se répartir en (04) classes:

- Les données relatives à l'agglomération ;
- Les données naturelles du site;
- Les données relatives au développement futur de l'agglomération
- Les données propres à l'assainissement.

I.2. SITUATION GÉOGRAPHIQUE

Le site Oued Zied représente l'articulation de plusieurs agglomérations (Berka-Zarga, Ain Djebara, Kharaza), Il se trouve à l'intersection de la route nationale 44 et le chemin de wilaya 108. Il occupe une localisation bien déterminée.

L'intérêt porté à cette agglomération, d'une part, par le chef-lieu Annaba et, d'autre part par le chef-lieu de Daïra Berrahal est certainement dû au manque d'infrastructures de base (école, santé sport, administrative...).

À travers son territoire, nous retrouvons aussi bien de la terre agricole, côté Ouest, du terrain forestier massif Eddough, côté Nord et EST.

Le site Oued Zied est composé de deux unités urbaines bien distinctes :

- **Oued Zied I**: Khelfaali.
- **Oued Zied II** : Satha.

Ce site fait face aux suivantes :

- La présence de l'habitat anarchique.
- Le passage de lignes électriques.
- La formation géologique du terrain.
- Le déficit en équipements.
- Accessibilité du site et la liaison entre Oued Zied I et II.

La réorganisation de ce site passe obligatoirement par un aménagement approprié au moyen d'un réseau viaire efficace, donc une meilleure accessibilité et par des réseaux divers qui feront parties intégrantes de cet aménagement (VRD), il s'agit aussi d'avoir à organiser le centre urbain de ce site.



Figure I.1 :zone d'étude ouedzied

I.3. CARACTERISTIQUES PHYSIQUE DU SITE

Aspect Morphologique :

L'aire d'étude de l'Oued Zied fait partie du Sud Est de la commune d'Oued El Aneb, qui se situe au Sud-ouest de la ville d'Annaba dans la wilaya d'Annaba qu'elle gère administrativement.

L'agglomération d'Oued Zied est partiellement urbanisée et elle s'étend sur une superficie approximative de 157,80 ha.

Le terrain d'Oued Zied est un terrain de morphologie irrégulière. Il se situe géologiquement dans le massif de l'Edough qui fait partie de l'Atlas Tellien. Ce massif est limité au Nord, par la mer méditerranée et, au Sud, par la plaine d'Annaba et la dépression du lac Fezzara.

Pour la géomorphologie, le terrain est décomposé en deux parties ; La partie haute, dont le point culminant atteint 102m d'altitude à partir de réservoir d'eau existant, est dominée par différents seuils de pentes qui dépassent, par endroit, les 35%. Par contre, sa partie basse, dont l'altitude descend jusqu'à 8m à proximité de la route nationale N°= 44, est pratiquement plate.

Sur le plan hydrographique, le terrain est drainé par l'Oued Zied et une série de chaâbats à écoulement torrentiel dont le tracé aval naturel a été plus ou moins, modifié par l'urbanisation du site.

Etant donné la brutalité des bassins versants, le peu de végétation dense qui les protège, et les importants déblais effectués lors des travaux de terrassement, l'Oued Zied et les chaâbats ont une grande action érosive par les eaux de ruissellement qui se manifeste par l'arrachement et le transport d'importantes quantités de matière solide.

I.4. CLIMATOLOGIE

L'étude climatologique permet de déterminer les processus en action dans le milieu physique et de conditionner les activités humaines, particulièrement l'agriculture et les plantations arbustives.

Le massif de l'Edough jouit d'un climat méditerranéen très influencé par la proximité immédiate de la mer ; c'est une des régions les plus humides d'Algérie.

La zone d'étude appartient au climat méditerranéen subhumide, frais en altitude et subhumide chaud dans les parties basses.

Elle est caractérisée par une période humide et fraîche qui s'étend en moyenne du mois de novembre à avril et une saison sèche et chaude le reste de l'année. Le taux moyen d'humidité est de 74.62%.

La pluviométrie moyenne se situe autour de 800 mm (relevé à la station météorologique la plus proche, soit celle se situent à Berrahal). La pluviométrie augmente avec l'altitude et la région nord reçoit plus de 1000 mm en moyenne, alors que la zone de OUED ZIED a une moyenne pluviométrique d'environ 800 mm

❖ Répartition des précipitations moyennes mensuelles :

Les pluies sont abondantes et irrégulières. Elles se répartissent sur une centaine de jours entre Octobre et Mai. Le nombre de jours de pluies torrentielles est de 10 jours en moyenne par an. Ces pluies provoquent une forte érosion et des inondations en aval des cours d'eaux de la région.

Le mois qui enregistre le maximum de précipitation est le mois de décembre (158 mm) et le minimum est celui de juillet (4 mm).

Les précipitations mensuelles montrent de variations des précipitations d'un mois à l'autre :

I.4.1. Pluies mensuelles :

Les moyennes mensuelles des hauteurs pluviométriques enregistrées de 2013 à 2017, sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau I.1 : Répartition mensuelles de la pluviométrie :

mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
PLUIE (mm)	33	74	101	116	122	87	66	50	37	16	3	7	712

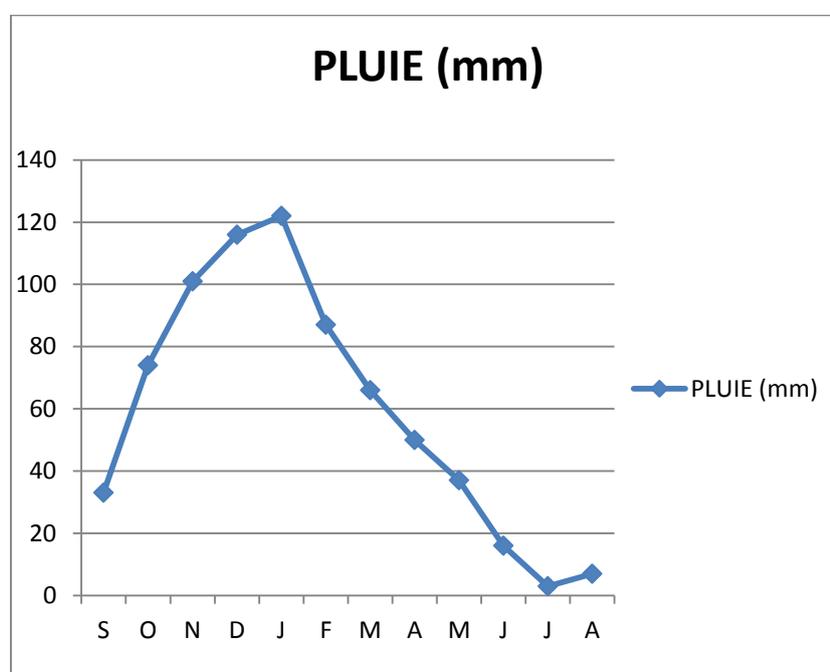


Figure I.2 : diagramme des Pluies mensuelles

I.4.2. Les températures :

Les moyennes mensuelles des températures de l'air enregistrées de 2013 à 2017 sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau I.2 : Les températures mensuelles

mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moyenne
T(C°)	20.2	15.15	10.6	6.8	5.8	6.8	9.3	11.5	18.5	18.7	21.5	22.4	13.96

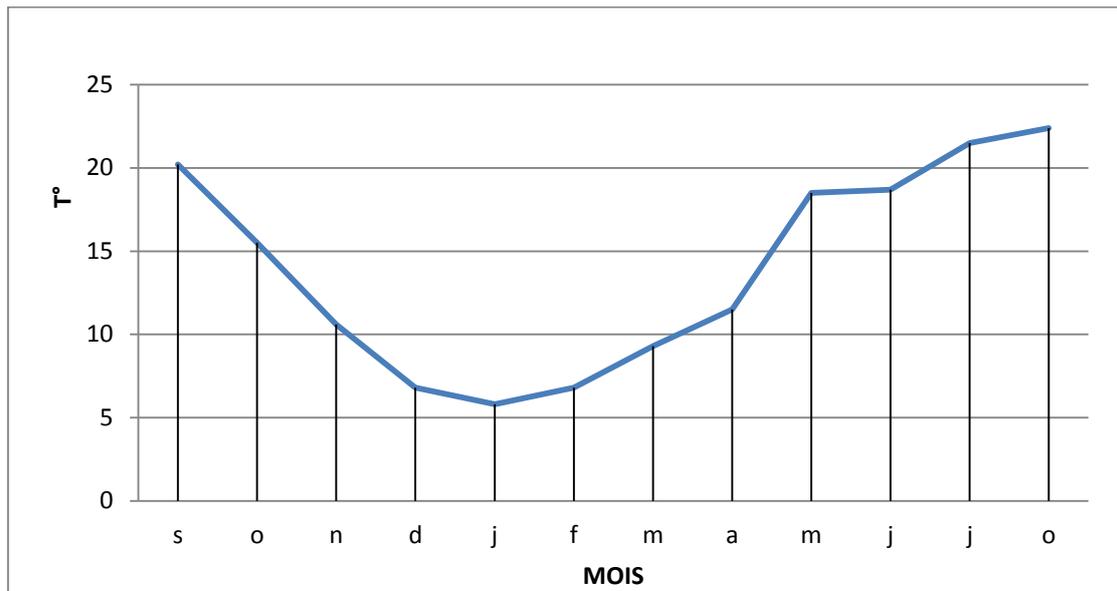


Figure I.3 :temp ératures moyennes mensuelles

Le mois le plus chaud est celui d'aout avec une moyenne mensuelle de 22.4 °C. Le plus froid est celui de janvier avec une moyenne mensuelle de 5.8°C.L'humidité de l'air est très élevée au cours des mois chauds à cause de la présence de lac Fetzara et de la proximité de la mer.

Les vents dominants sont ceux du Nord-Ouest qui soufflent pendant les saisons d'hiver et d'automne avec une fréquence moyenne de 42%, tandis que pour ceux du Sud, il s'agit alors de vents chauds et secs qui se manifestent pendant le printemps et l'été.

I.5. HYDROGRAPHIE

Les principaux facteurs physiques d'éterminant les caractéristiques de réseau hydrographique sont :

- La géomorphologie
- La nature géologique
- Le climat et la végétation

Cette région procure un climat de type méditerranéen avec deux tendances bioclimatiques liés à la topographie, la mer et la végétation. Le principale cours d'eau de l'aire d'étude est présent épar Oued Zied et ses affluent.

Oued Zied qui à l'origine avait un écoulement endoréique tributaire du lac FEZARA, rejoint actuellement la mer par le biais du canal de dessèchement de cette GARAA. Ce dernier est

relié à l'Oued MEBOUDDJA qui débouche actuellement dans l'Oued SEYBOUSE à environ 3Km au Nord d'El HADJAR.

La région présente une nappe phréatique superficielle, en bordure du massif métamorphique dans les alluvions récentes, elle est exploitée par des puits domestique de quelque mètre de profondeur dans les points les plus bas.

D'une manière générale, le caractère hydrographique et hydrologique résultant de la structure géomorphologique des terrains de l'aire d'étude est dominé par des chaâbats dont l'écoulement est souvent torrentiel en période de pluie convergent en aval pour alimenter OuedZied.

I.6. LES PENTES

La mise en forme d'une carte des pentes dans le cadre de l'étude d'urbanisation est d'une grande importance, car elle permet de mettre en valeur le relief de la zone étudiée. On peut dire que le site D'OUED ZIED est divisé en deux parties :

I.6.1.La partie Sud-ouest :

Comportant des terrains avec pentes plus ou moins douces qui ne posent aucune difficulté d'implantations de constructions et facilitent l'ouverture des voies de circulation.

I.6.2. Les parties Nord-est :

Correspond au bas piémont et collines de 15 à 25%

D'autre part, on trouve des terrains avec pentes de 25 à 35 % qui se localisent dans la partie Nord. Les collines se succèdent et les thalwegs aussi. Ce sont des terrains à pentes plus fortes où les constructions doivent être bien adaptées aux contraintes topographiques du terrain en limitant au maximum les terrassements (constructions étagées en gradins).

Les talus créés par les terrassements doivent être stabilisés par des murs de soutènement, équipés d'un système de drainage des eaux d'infiltration afin d'éviter le déséquilibre de la couche de recouvrement colluvion-aire ou par la plantation de végétations appropriées selon l'état et l'humidité des sols et l'inclinaison des couches schisteuses.

I.7. LA GEOTECHNIQUE

La géotechnique est l'étude de l'adaptation des ouvrages humains aux sols et roches formant le terrain naturel. Elle traite de l'interaction sol / structures et fait appel à des bases de géologie, de mécanique des sols, de mécanique des roches et de structures.

En parallèle à la mécanique des sols qui traite des matériaux meubles, la mécanique des roches traite des matériaux rigides, et les géo-matériaux cimentés traitent d'une catégorie de matériaux intermédiaires entre les sols et les roches.

Les études géotechniques ont pour principal objet les études du sous-sol pour la construction d'ouvrages (pavillons, immeubles, voiries, ouvrages d'art...), et notamment la définition des fondations, mais aussi dans le cadre de diagnostics pour des ouvrages sinistrés.

Elles traitent également des phénomènes de mouvement du sol (glissement, affaissement et autres), de déformation (tassements sous charges) et résistance mécanique.

Pour approcher le problème de la constructibilité des sols on s'est basé uniquement sur la nature géologique du terrain définie par les observations du site et l'étude de sol du L.T. P Est Annaba.

I.8. CONCLUSION

Ayant achevé la définition des données concernant notre ville du point de vue, géologie, topographie, géographie, hydrogéologie, hydrographie, climatologie.

Chapitre II

L'étude hydrologique

II.1. INTRODUCTION :

L'hydrologie est une discipline complexe qui s'appuie sur des méthodes mathématiques statistiques pour tenter d'évaluer l'intensité des précipitations et leur période de retour. À partir de relevés pluviométrique effectués à certains endroits et pendant un certain temps on essaye d'extrapoler dans le temps et d'interpoler dans l'espace afin d'obtenir une idée des débits à évacuer. On détermine donc des événements (crues ou averses) à fréquence décennale, centennale, millénaire, déca-millénaire. Étant donné que le réseau d'assainissement doit pouvoir évacuer aussi bien les eaux domestiques que pluviales, il est important de connaître les quantités d'une manière assez rigoureuse. Si les eaux usées sont directement conséquentes de la quantité consommée, les eaux pluviales ne sont connues qu'après avoir fait une étude hydrologique appropriée qui permettra d'estimer les débits de ruissellement dans ce contexte, il y a lieu de définir certains paramètres qui sont les suivants :

II.2. PRESENTATION DES ANALYSES DES DONNEES PLUVIOMETRIQUE :

L'ensemble des données pluviométrique journalières mensuelles ou annuelles forme une vaste série de chiffres assez peu facile à utiliser à l'état brut. Données à échelle journalière : Cette étude n'implique aucune réduction préalable des données, on peut seulement estimer la pluie moyenne journalière.

$$P_{moyj} = \frac{\sum P_i}{n} \dots \dots \dots (III.1)$$

II.2.1. Données à échelle mensuelle :

Afin de réduire les données pluviométriques journalières on calcule en peut aussi pour caractériser le régime des précipitations tracer la courbe des hauteurs moyennes mensuelles pour chaque mois et la courbe des hauteurs maximale ou minimale mensuelle.

$$P_{moy m} = \frac{\sum P_{moy j}}{\text{nombre de jour du mois considéré}} \dots \dots \dots (III.2)$$

II.2.2. Données à échelle annuelle :

C'est le module pluviométrique moyen ou la hauteur moyenne des pluies tombées annuelles pris sur une série d'années. Statistiquement cela revient à calculer la moyenne arithmétique comme valeur centrale de la série d'observation.

$$P_{moy an} = \frac{\sum P_{moy mensuel}}{12 \text{ mois}} = \frac{\sum P_{moy journalière}}{365} \dots \dots \dots (III.3)$$

II.3 : COURBES : INTENSITE-DUREE-FREQUENCE (IDF) :

Il est bien connu que l'intensité de la pluie est très variable. Aux profanes cette variabilité peut sembler totalement aléatoire. Pour celui qui s'y intéresse d'un peu plus près, même s'il

n'est pas météorologue. Il apparaît toutefois qu'il y a certaines règles observables que régit le phénomène :

La chaos n'est pas totale de l'observation on déduit que , en moyenne ,plus la durée analysée (le D d'IDF) augmente , plus l'intensité diminue : les averses les plus brèves sont souvent les plus violentes, au contraire les longues pluies, d'automne par exemple ,sont généralement assez tranquilles (de faible intensité).cette tendance à l'augmentation de l'intensité lorsque la durée diminue ,ou inversement à la diminution de l'intensité lorsque la durée augmente , n'est toutefois qu'une moyenne .finalement ,pour mieux caractériser le phénomène on associe à chaque événement une probabilité d'apparition . Pratiquement les ingénieurs et les hydrologues parlent de temps de retour : tel événement se produit, en moyenne sur une longue période, toute les X années .on parle de fréquence.

D'apparition (le F d'IDF), Ainsi donc, par l'observation soigneuse des précipitation et l'analyse statistique des résultats il est possible d'établir une loi de comportement qui lie l'intensité, la durée et la fréquence : C'est une courbe IDF.

A quoi servent les IDF : l'information sur la pluviométrie est de première importance pour la vie quotidienne. Plus spécifiquement les ingénieurs (ingénieurs civils et génie rural en particulier) ont besoin de connaître les paramètres de la pluie probable afin de dimensionner les ouvrages qu'ils projettent ou qu'ils entretiennent. Les autorités ont, elles besoins de ces même paramètres pour décider des objectifs de protection.

II.4.ANALYSE ANALYTIQUE DES PLUIES :

L'intensité, la durée et la fréquence sont les caractéristiques essentielles d'une pluie.

II.4.1. Durée :

C'est l'intervalle de temps $\langle\langle\Delta t\rangle\rangle$ qui s'écoule entre le début et la fin d'une pluie, elle est souvent mesurée en minute.

II.4.2. Fréquence :

Soit une averse (pluie) de durée $\langle\langle t\rangle\rangle$ et de hauteur $\langle\langle h\rangle\rangle$ si au cours d'une période de $\langle\langle n\rangle\rangle$ années on a enregistré $\langle\langle N\rangle\rangle$ fois cette averse, on dira que la fréquence de cette averse est :

$$F = \frac{N}{n} = \frac{n}{N + 1} \dots \dots \dots (III.4)$$

N : nombre d'enregistrement.

N : nombre d'année d'observation

On appelle aussi période de retour $\langle\langle T\rangle\rangle$ ou intervalle de récurrence d'une pluie l'inverse de la fréquence

$$T = \frac{1}{F} \dots \dots \dots (III.5)$$

C'est –à-dire la période de retour est le nombre d'années au cours duquel, en moyenne l'averse considérée surviendra seulement une fois

II.4.3. Intensité :

La hauteur de pluie tombée dans l'unité du temps, comme l'intensité d'une pluie n'est pas constante pendant toute sa durée, on peut ainsi définir l'intensité instantanées, l'intensité maximale et l'intensité moyenne.

En réalité l'intensité varie à chaque instant, représente cette variation en pratique par deux courbes que l'on déduit des informations données par les pluviographes.

$$I = \frac{h}{t} \text{ (mm/min) } \dots \dots \dots (III.6)$$

II.5. LES PLUIES DE COURTES DUREES :

L'application de la loi de MONTANA reste satisfaisante pour de longue durée. Mais en matière d'hydrologie, nous avons affaire dans la plupart des cas à des petits bassins versants allongés et dont l'hydrogramme de crue correspond à un rectangle (Gasper, 1971).

Les pluies de courtes durées, en l'absence de l'hétérogramme, ne peuvent être déterminées que par les procédés statistiques. Suivant le type de données pluviométriques existant, les pluies maximales journalières de fréquence voulue peuvent être déterminées : lorsque les données pluviométriques concernant les pluies maximales journalières existent.

Une fois déterminer les pluies de courte durée en fonction des pluies maximales calculées précédemment, $P_j\%$ de la durée $\ll t \gg$ et d'un exposant climatique $\ll b \gg$ de la zone d'étude. De ce fait, la pluie de durée $\ll t \gg$ et de fréquence voulue, devient :

$$P_t \% = P_j \text{ max } \% \left(\frac{t}{24} \right)^b \dots \dots \dots (III.7)$$

Avec : P_t :averse tombé pendant le temps (t).

$P_j \text{ max } \%$: précipitation maximale journalière de différentes fréquences.

b : exposant climatique.

Tableau III .1 : les résultats des paramètres statistique d'une série pluviométrique de la période de(1976-2004).

Hauteur maximale de pluie (mm)	Durée									
	(h)									
	0	0,25	0,5	0,75	1	2	3	6	12	24
1976	0	26,0	30,9	34,2	36,8	43,7	48,4	57,6	68,4	81,4
1977	0	15,6	18,6	20,6	22,1	26,3	29,1	34,6	41,1	48,9
1978	0	18,4	21,9	24,3	26,1	31,0	34,3	40,8	48,5	57,7
1979	0	10,9	12,9	14,3	15,4	18,3	20,2	24,0	28,6	34
1980	0	11,5	13,7	15,1	16,3	19,3	21,4	25,5	30,3	36
1981	0	12,3	14,6	16,1	17,3	20,6	22,8	27,2	32,3	38,4
1982	0	36,6	43,5	48,2	51,8	61,6	68,1	81,0	96,4	114,6
1983	0	36,6	43,5	48,2	51,8	61,6	68,1	81,0	96,4	114,6
1984	0	26,7	31,8	35,2	37,8	45,0	49,8	59,2	70,4	83,7
1985	0	9,2	10,9	12,1	13,0	15,5	17,1	20,4	24,2	28,8
1986	0	7,5	9,0	9,9	10,7	12,7	14,0	16,7	19,8	23,6
1987	0	8,4	10,0	11,0	11,8	14,1	15,6	18,5	22,0	26,2
1988	0	15,1	18,0	19,9	21,4	25,5	28,2	33,5	39,9	47,4
1989	0	17,3	20,5	22,7	24,4	29,0	32,1	38,2	45,4	54
1990	0	14,4	17,1	18,9	20,3	24,2	26,8	31,8	37,8	45
1991	0	18,5	22,0	24,4	26,2	31,2	34,5	41,0	48,8	58
1992	0	22,7	27,0	29,9	32,1	38,1	42,2	50,2	59,7	71
1993	0	10,5	12,5	13,8	14,8	17,6	19,5	23,2	27,6	32,8
1994	0	10,5	12,5	13,8	14,8	17,6	19,5	23,2	27,6	32,8
1995	0	13,7	16,3	18,1	19,4	23,1	25,6	30,4	36,2	43
1996	0	11,0	13,1	14,5	15,5	18,5	20,5	24,3	28,9	34,4

1997	0	15,1	17,9	19,8	21,3	25,4	28,1	33,4	39,7	47,2
1998	0	19,2	22,8	25,2	27,1	32,2	35,7	42,4	50,5	60
1999	0	26,5	31,5	34,8	37,4	44,5	49,2	58,5	69,6	82,8
2000	0	9,2	10,9	12,1	13,0	15,4	17,1	20,3	24,1	28,7
2001	0	12,5	14,8	16,4	17,6	21,0	23,2	27,6	32,8	39
2002	0	32,3	38,4	42,5	45,6	54,3	60,1	71,4	84,9	101
2003	0	12,4	14,7	16,3	17,5	20,8	23,0	27,4	32,5	38,7
2004	0	26,5	31,5	34,9	37,5	44,5	49,3	58,6	69,7	82,9

II.6. ANALYSE DES DONNEES STATISTIQUES :

La moyenne <<μmoy>> :

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n pi}{n} \dots \dots \dots (III.8)$$

n : le nombre d'années d'observations (n=20 ans).

L'écart type <<δp >> ;

Pour n inférieur à 30 ans on a :

$$\delta\mu = \left[\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (pi - \mu)^2}{n - 1}} \right] \dots \dots \dots (III.9)$$

Tableau II.2 : moyenne et écart type :

Moments de H max de pluie (mm)	Dur é									
	(h)									
	0	0,25	0,5	0,75	1	2	3	6	12	24
Moyenne (mm)	0	17,48	20,79	23,00	24,7	29,4	32,5	38,7	46,0	54,7
Ecart-type (mm)	0	8,36	9,95	11,01	11,83	14,07	15,57	18,51	22,01	26,18

II.7. CALCUL DES PARAMETRES D'AJUSTEMENT DE LA SERIE PLUVIOMETRIQUE :

De nombreuses lois sont proposées pour extrêmes. Dans la pratique, celle qui est la plus utilisée et qui est aussi admise universellement en tant que règle des extrêmes (précipitation, débit, températures) est la loi de Gumbel.

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

$$F(x) = e^{-e^{-y}} \dots \dots \dots (III. 10)$$

Tel que :

$$y = a(x - x_0) \dots \dots \dots (III. 11)$$

Avec : y : variable réduite de Gumbel

X : précipitation maximale journalière (mm)

X0 : cordonnée à l'origine en (mm)

La droite de Gumbel est donnée par la formule :

$$x = \left(\frac{1}{a}\right) * y + x_0 \dots \dots \dots (III. 12)$$

Avec :

$$\frac{1}{a} = \left(\frac{\sqrt{6}}{\pi}\right) \delta x \dots \dots \dots (III. 13)$$

Et X0 représente l'ordonnée à l'origine :

$$x_0 = \mu - \frac{1}{a} * y' \dots \dots \dots (III. 14)$$

Les deux tableaux suivants présentent les différents paramètres d'ajustement :

Tableau II.3 : paramètres d'ajustement :

Moments de H max de pluie (mm)	Durée									
	(h)									
	0	0,25	0,5	0,75	1	2	3	6	12	24
1/a (mm)	0	6,52	7,76	8,59	9,23	10,97	12,14	14,44	17,17	20,42
u (mm)	0	13,71	16,31	18,05	19,39	23,06	25,53	30,35	36,10	42,93

Tableau II.4 : hauteur maximale de pluie pour différentes période de retour :

Hauteur maximale de pluie (mm)	Durée									
	(h)									
	0	0,25	0,5	0,75	1	2	3	6	12	24
10 ans	0	28,39	33,76	37,37	40,15	47,75	52,84	62,84	74,73	88,87
20 ans	0	34,52	41,06	45,44	48,83	58,06	64,26	76,42	90,87	108,07
50 ans	0	39,16	46,57	51,53	55,38	65,85	72,88	86,67	103,07	122,57
100 ans	0	43,72	52,00	57,54	61,83	73,53	81,38	96,78	115,09	136,86

II.8. PLUIE DE PROJET DOUBLE TRIANGLE :

Le modèle de pluie utilisé est le modèle type double triangle. C'est une forme particulière d'hétérogramme synthétique souvent utilisée en hydrologie pour dimensionner les réseaux d'assainissement. Le concept de pluie de projet double triangle a été développé par débordes en (1976) à partir de l'analyse statistique d'une série chronologique de pluies réelles.

L'élaboration de ce concept repose sur un double constat :

Les événements pluvieux réels qui provoquent des désordres dans les réseaux d'assainissement pluvial sont généralement constitués d'une période de pluie intense relativement courte située à l'intérieur d'une séquence de pluie de quelques heures.

La détermination de la forme de pluie en double triangle est issue d'une analyse de sensibilité, qui a permis à débordes de montrer qu'une forme simple, doublement triangulaire, fournissait des hydrogrammes peu sensibles au paramètre principal de construction d'une pluie représentée par un double triangle. La figure 1 illustre l'hétérogramme associé à ce type de précipitation. La nomenclature est la suivante :

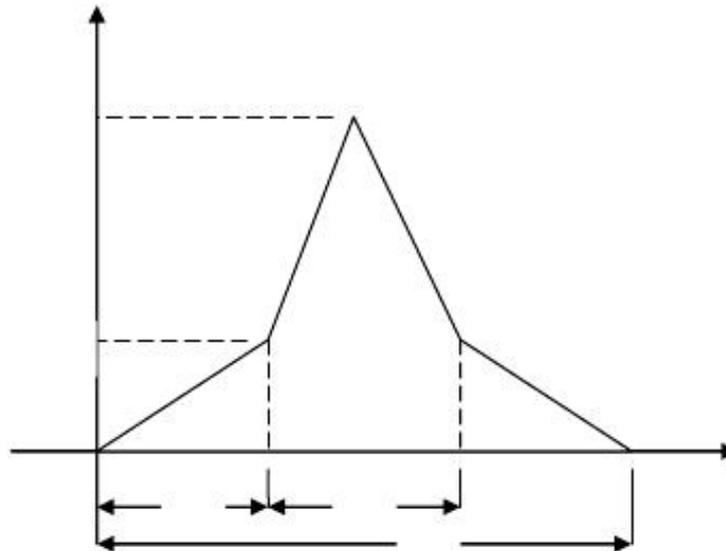


Figure II.1 : Mod èle de double triangle

Cette pluie de projet est enti èrement d éfinie par cinq param ètres :

- La dur ée totale t_3 (quelques heures)
- La dur ée de la pluie intense t_1 (quelques dizaines de minutes)
- La position de la pointe d'intensité par rapport au début de la pluie : rapport t_2/t_3
- L'intensité atteinte au début de la période intense : I_1
- L'intensité maximale atteinte pendant la période intense : I_2

Des formules permettent de calculer directement les param ètres précédents. La pluie est suppos ée sym étrique, le calcul des autres coefficients s'effectue à partir des coefficients a et b d'un ajustement type MONTANA de la pluviométrie locale et d'une estimation grossière du LAGTIME (K) du bassin versant étudi é

$$(t_1=0.5K \quad ; \quad t_2=2.25K \quad ; \quad t_3=5K).....(II.15)$$

$$i_1 = (t_1)^b \frac{1 - (0.1)^{b+1}}{0.9 \times 0.1^b} \times 120 \times a \times 2^b (III. 16)$$

$$i_2 = (t_1)^b \frac{(0.1)^b - 1}{0.9 \times 0.1^b} \times 120 \times a \times 2^b (III. 17)$$

II.8.1. Calcul des paramètres de la formule de MONTANA :**Tableau II. 5 :** intensité moyenne pour différentes périodes de retour :

Durée de la pluie	intensité moyenne	intensité moyenne	intensité moyenne	intensité moyenne
[h]	[mm/h]	[mm/h]	[mm/h]	[mm/h]
	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
0,25	113,56	138,08	156,64	174,88
0,50	67,52	82,12	93,14	104,00
0,75	49,83	60,59	68,71	76,72
1,00	40,15	48,83	55,38	61,83
1,25	33,97	41,30	46,84	52,31
1,50	29,62	36,02	40,86	45,62
1,75	26,39	32,09	36,39	40,64
2,00	23,88	29,03	32,93	36,77

II.8.2. Estimation des paramètres de la formule de MONTANA :**Tableau II.6 :** les paramètres de la loi de MONTANA :

paramètre "pente" =	-0,75	-0,75	-0,75	-0,75
paramètre "ordonnée à l'origine" =	3,69	3,89	4,01	4,12

paramètre "b" de Montana =	0,75	0,75	0,75	0,75
paramètre "a" de Montana =	40,15	48,82	55,38	61,83

II.8.3. Courbe IDF :**Tableau II. 7 :** intensité de pluie pour différentes périodes de retour

durée de la pluie	Intensité(T=10)	Intensité(T=20)	Intensité(T=50)	Intensité(T=100)
[h]	[mm/h]	[mm/h]	[mm/h]	[mm/h]
0,25	113,557	138,081	156,646	174,884
0,50	67,525	82,108	93,138	103,990
0,75	49,821	60,581	68,714	76,724
1,00	40,153	48,825	55,377	61,835
1,25	33,966	41,302	46,843	52,306
1,50	29,626	36,024	40,855	45,622
1,75	26,391	32,091	36,394	40,641
2,00	23,877	29,033	32,926	36,768

**Représentation des courbe IDF (formule de Montana)
Station pluviométrique de Pont Bouche- Période 1976 - 2004**

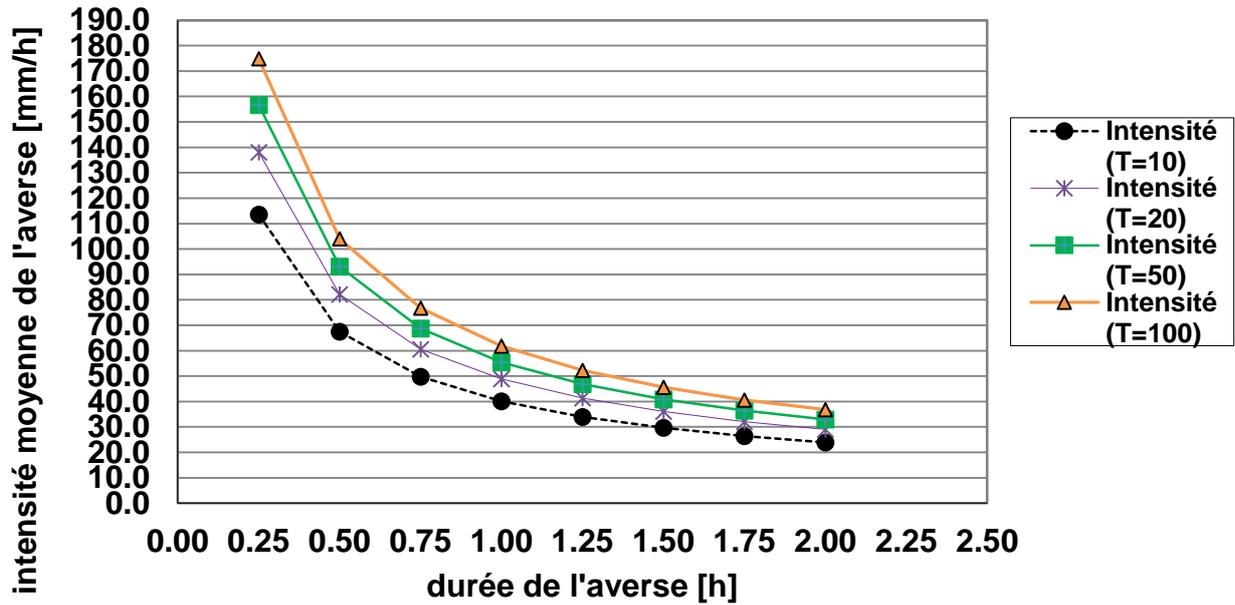


Figure II.2 : Les courbes IDF.

II.8.4. Les courbes doubles triangles :

A partir des calculs précédents des paramètres de la formule de MONTANA, il y a une possibilité pour tracer les courbes doubles triangles de différentes périodes de retour (10 ans, 20 ans, 50 ans, 100 ans), mais pour les projets d'assainissement, on opte généralement pour la période de retour de 10 ans.

Tableau II.8 : intensité de pluie de projet double triangle :

	temps	0	0	10	20	50	100
t0	0.00	0.00	0	0	0	0	0
T2	81.00	0.00	0.00	8.78	9.24	9.53	9.80
T3/2	90.00	0.00	0.00	83.89	88.33	91.16	93.69
T2+T1	99.00	0.00	0	8.78	9.24	9.53	9.80
T3	180.00	0.00	0	0	0	0	0

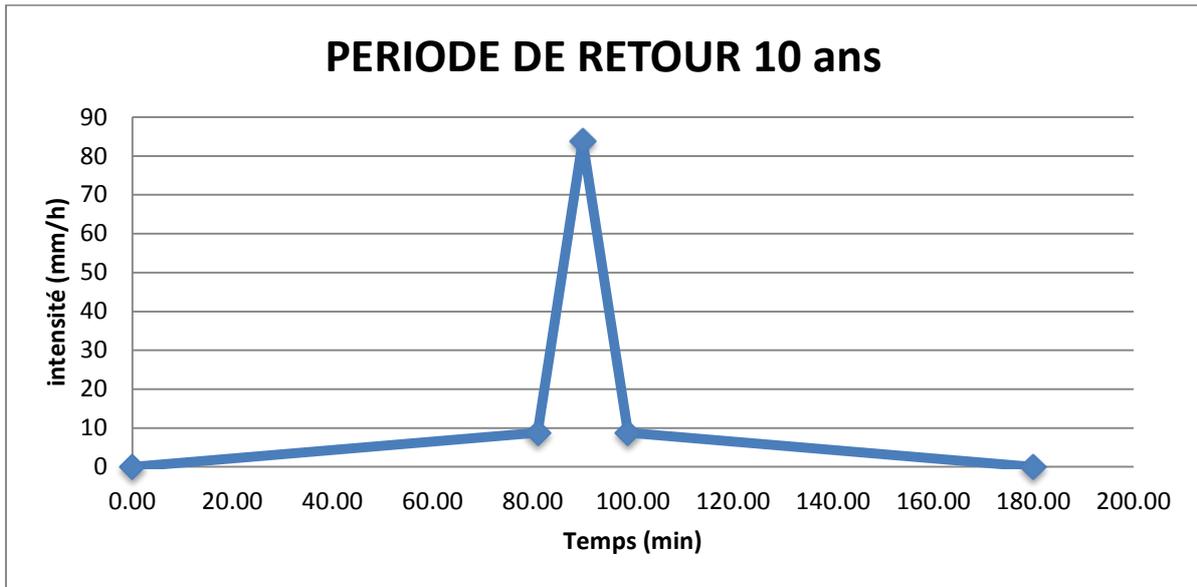


Figure II.3 : pluie double triangle de la période de retour 10 ans.

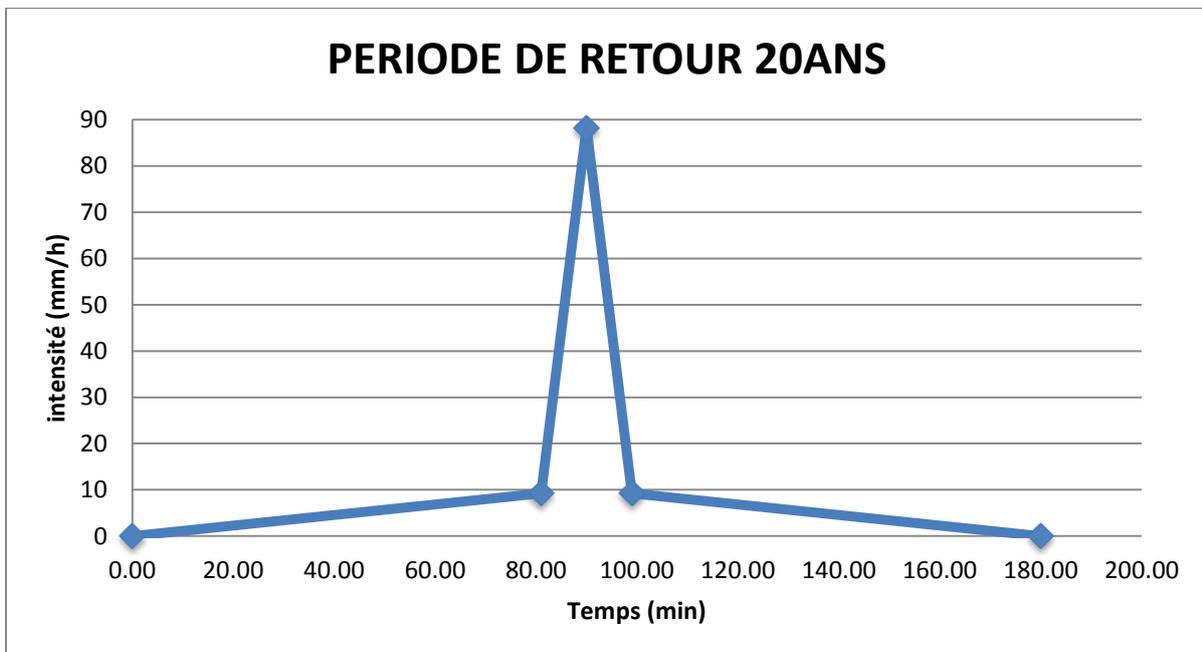


Figure II.4: pluie double triangle de la période de retour 20 ans.

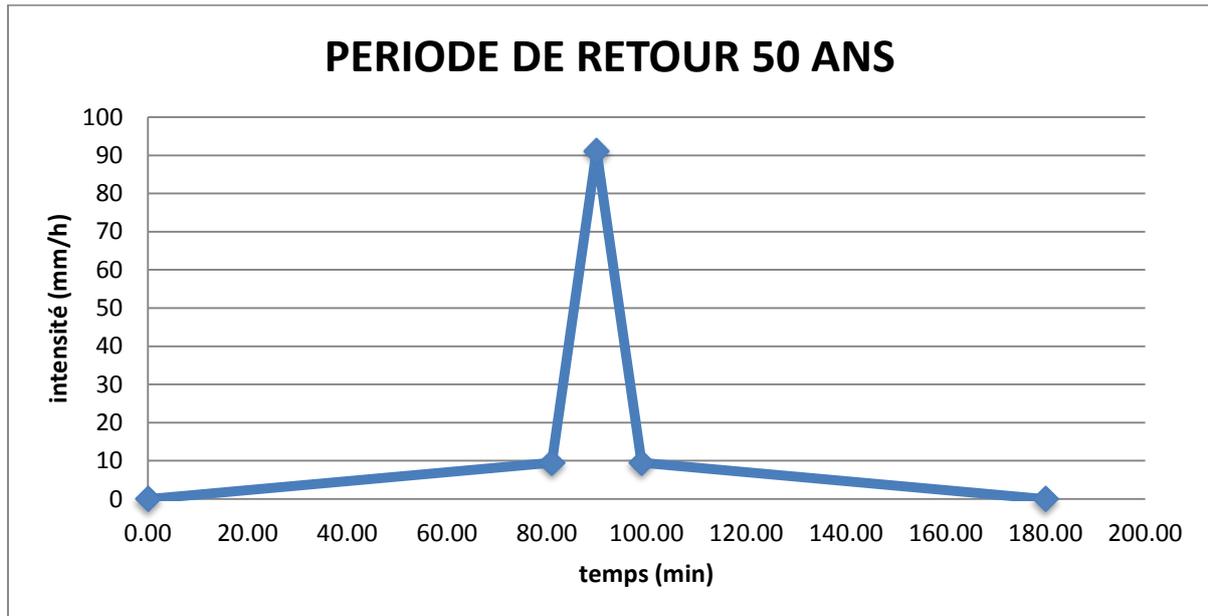


Figure II.5: pluie double triangle de la période de retour 50 ans.

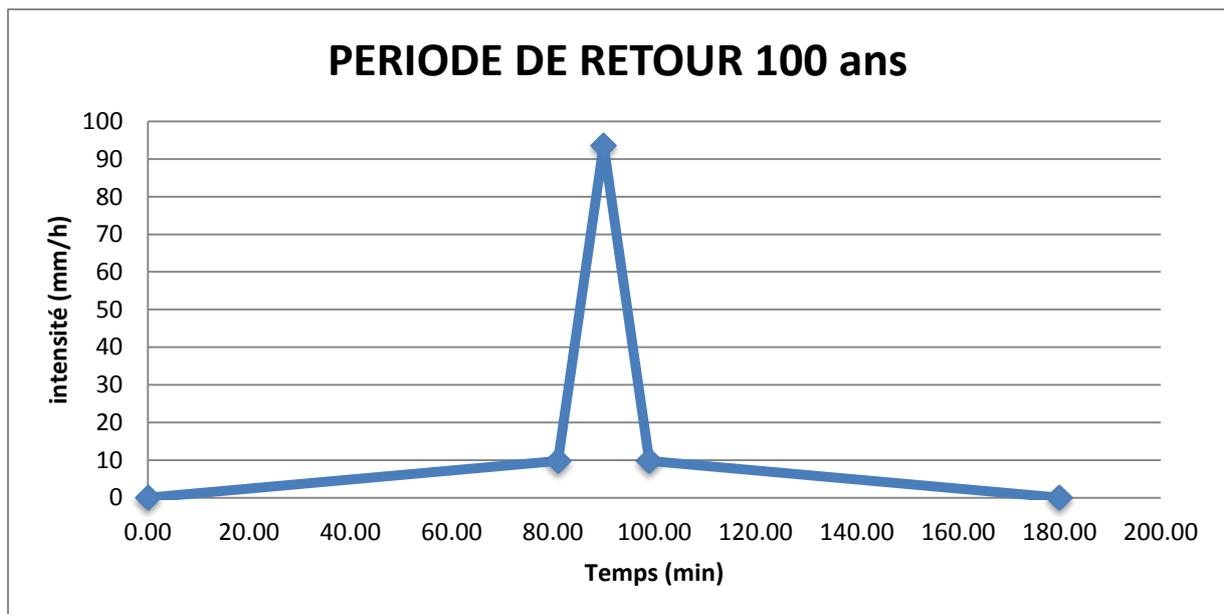


Figure II.6: pluie double triangle de la période de retour 100 ans.

II.9. CONCLUSIONS :

Nous concluons que la modélisation hydrologique est une activité en Hydrologie, et le modèle hydrologique est un outil incontournable dans la compréhension de la dynamique d'un bassin versant, dans l'utilisation rationnelle des ressources en eau de ce bassin et dans la lutte contre les catastrophes naturelles liées aux crues.

Chapitre III

réseau d'assainissement
de oued zied

III.1. SYSTEME D'EVACUATION DES EAUX PLUVIALES

L'eau distribuée pour l'alimentation en eau potable n'est pas réellement consommée, elle est rejetée en qualité dégradée (eaux usées), elle est polluée, son rejet sans précaution risque bien souvent de provoquer des contaminations préjudiciable à la santé publique et à l'environnement.

Il est donc indispensable de l'évacuer par un réseau spécial de canalisation.

III.2. CHOIX DU SYSTEME D'EVACUATION

L'évacuation des eaux usées domestiques, pluviales et industrielles rejetées par l'agglomération, peut être assurée au moyen des systèmes d'évacuation suivants :

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

III.2.1. Système unitaire

Son principe consiste à utiliser une seule conduite pour évacuer les eaux pluviales et usées. L'avantage de ce système est la réduction du coût de réalisation, l'absence des faux branchements.

Les inconvénients de ce système sont le partage des eaux qui vont vers la station d'épuration ou vers le milieu récepteur (ouvrage d'orage), la gêne de fonctionnement de la station d'épuration par l'arrivée d'un mélange d'eau de diverses origines et ayant une composition différentes, le milieu naturel peut être pollué par le mélange d'eau pluviale et usée.

III.2.2. Système séparatif

Ce système comprend deux réseaux : un réseau pluvial et un réseau pour les eaux usées.

Dans ce cas, les immeubles doivent disposer d'un double système d'évacuation, l'un destiné à l'écoulement des eaux de toitures, l'autre à celui des eaux usées proprement dites.

Ce système est plus favorable si la population est dispersée et lorsque les eaux de ruissellement peuvent être évacuées dans une large mesure, par voie superficielle.

L'inconvénient de ce système est qu'en milieu rural les eaux de ruissellement des voiries sont fortement polluées, on a un risque de contamination des cours d'eau et aussi le coût de réalisation est très élevé.

III.2.3. Système pseudo séparatif

Ce système reçoit les eaux usées et une partie des eaux de ruissellement en provenance directe des habitations, tandis que les eaux de chaussées ruissellent dans des caniveaux, avec les eaux de toitures pour être déversées dans le milieu récepteur naturel le plus proche.

Ce système est bien adapté à la desserte des communes rurales.

Dans la pratique, l'évacuation de l'ensemble des eaux usées par un réseau d'assainissement collectif ne peut malheureusement pas toujours se réaliser dans des conditions acceptables.

III.3. LES BASSINS

Le bassin est un secteur géographique qui est limité par les lignes de partage des eaux.

Dans un bassin, toutes les eaux qui ruisselant en surface sont recueillies pour être évacuées vers un point de rejet.

III.3.1. Choix de la limite des sous bassins

Pour procéder au choix du découpage d'un bassin en sous bassins élémentaires, on prend en considération ce qui suit:

- Les courbes de niveau
- Les limites naturelles (talweg, oued, etc....)
- Les pentes et les contre pentes
- Les routes et les voiries
- La nature du sol
- La densité des habitants

III.3.2. Pente moyenne des sous bassins

Elle est calculée comme étant le rapport entre la différence des cotes des niveaux amont et aval et la longueur du collecteur.

$$I = \frac{C_{am} - C_{av}}{L}$$

Où:

C_{am} : cote amont du collecteur (m)

C_{av} : cote aval du collecteur (m)

L : longueur du collecteur (m)

Dans le cas où le tracé présente des déclivités, on divise le parcours « L » du collecteur en tronçons, on détermine la longueur et la pente moyenne de chacun séparément, puis on détermine la pente équivalente à des tronçons placés en série, en utilisant la formule suivante :

$$I_{\text{éq}} = \left[\frac{\sum_{i=1}^N L_i}{\sum_{i=1}^N \left(\frac{L_i}{\sqrt{I_i}} \right)} \right]^2$$

Formule d'équivalence

Lorsqu'on a affaire à un groupement de bassins liés à un même collecteur, nous déterminons les caractéristiques de chaque groupement de sous bassins, à l'aide des formules suivantes :

Tableau III-1 : Caractéristiques de chaque groupement de sous bassin

Assemblage en séries	Assemblage en parallèle
$A = \sum_{i=1}^N A_i$	$A = \sum_{i=1}^N A_i$
$C_{req} = \frac{\sum_{i=1}^N C_{ri}.A_i}{\sum_{i=1}^N A_i}$	$C_{req} = \frac{\sum_{i=1}^N C_{ri}.A_i}{\sum_{i=1}^N A_i}$
$I_{\text{éq}} = \left[\frac{\sum_{i=1}^N L_i}{\sum_{i=1}^N \left(\frac{L_i}{\sqrt{I_i}} \right)} \right]^2$	$I_{\text{éq}} = \left[\frac{\sum_{i=1}^N L_i Q_i}{\sum_{i=1}^N Q_i} \right]^2$
$M = \frac{L}{\sqrt{A}}$	$M = \frac{L}{\sqrt{A}} (Q_{\text{max}})$

III.3.3. Validité de la méthode superficielle

- La limite supérieure de la surface du bassin est fixée à 200ha.
- La valeur de la pente est comprise entre 0.2% et 5%

- Le coefficient de ruissellement : $0.2 \leq Cr \leq 1$
- Le coefficient d'allongement : $A_L \geq 0.8$.

III.4. LES REGARDS

Les regards sont en fait des fenêtres par lesquelles le personnel d'entretien pénètre pour "assurer le service et la surveillance du réseau. Ce regard varie en fonction de l'encombrement et de la pente du terrain ainsi que du système d'évacuation.

- **Regard simple:** pour raccordement des collecteurs de mêmes diamètres ou de diamètres différents.
- **Regard latéral:** en cas d'encombrement du V.R.D ou collecteurs de diamètre important.
- **Regard double:** pour un système séparatif
- **Regard toboggan:** en cas d'exhaussement de remous
- **Regard de chute:** à forte pente

La distance entre deux regards est variable :

A) 35 à 50 m en terrain accidenté

B) 50 à 80 m en terrain plat.

Sur les canalisations les regards doivent être installés :

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

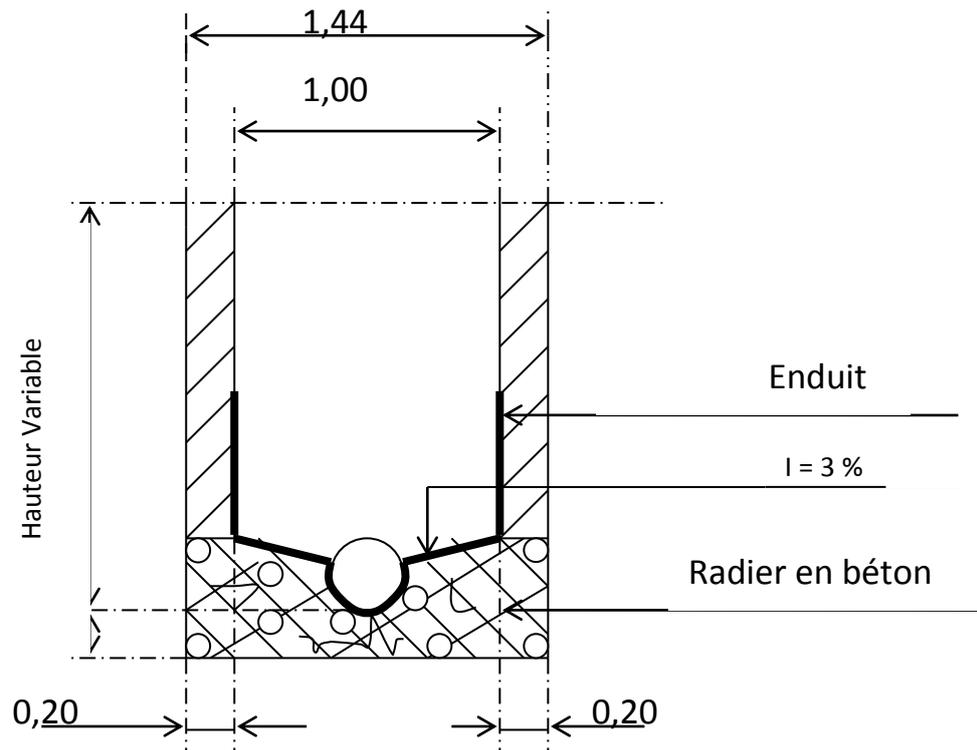


Figure III.1 Exemple d'un regard simple

III.4.1. Types des regards

On distingue différents types qui sont :

III.4.1.1. Regard de visite

Ces regards sont destinés à l'entretien courant et le curage régulier des canalisations tout en assurant une bonne ventilation de ces dernières ; l'intervalle d'espacement est de 35 à 80m

Pour notre agglomération, les regards de visite doivent être placés Avec un espacement de 35m à 45m. Les dimensions minimales de ces regards sont les suivantes :

- Profondeur inférieure à 1.5m diamètre 80cm.
- Profondeur supérieure à 1.5m diamètre 1.00m avec
- échelon d'accès
- L'épaisseur des parois est de 8cm en béton préfabriqué en usine, 12cm en béton coulé sur place avec un enduit étanche de 2cm.

III.4.1.2. Regard de ventilation

La présence d'air dans les égouts est la meilleure garantie contre la fermentation et la production du sulfure d'hydrogène gazeux la ventilation s'opère par :

- Les tampons des regards munis d'orifices appropriés.
- Les tuyaux de chute qui doivent être prolongés jusqu'à l'air libre.
- Les cheminées placées sur l'axe de la canalisation.

III.4.1.3. Regard de jonction

Ils servent à unir deux collecteurs de même ou de différentes sections ils sont construits de telle manière à avoir :

- Une bonne aération des collecteurs en jonction (regard).
- Les dénivelés entre les radiers des collecteurs.
- Une absence de reflux d'eau par temps sec.
- Les niveaux d'eau des conduites doivent être à la même hauteur.

III.4.1.4. Regard de chute

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

- **La chute verticale profonde** : Utilisée pour un diamètre faible et un débit important leur but est de réduire la vitesse.
- **La chute toboggan** : Cette chute est utilisée pour des diamètres assez importants, elle assure la continuité d'écoulement et permet d'éviter le remous
 - Pour notre localité les regards de chute sont indispensables, ce sont les plus répandus, car le terrain est accidenté, ainsi les pistes existantes suivent plusieurs directions d'où, l'utilité de projeter des regards de chute.

III.5. LES CONDUITES

Les conduites des réseaux d'évacuation des eaux usées et pluviales sont dans la plupart des cas enterrées, mais parfois le relief exige qu'elles soient aériennes (traversées d'oueds chaabats).

Les réseaux d'évacuation des eaux usées sont constitués de conduites soumises à de nombreuses contraintes dont on cite :

- Les chocs lors de la mise en œuvre.
- L'action des racines des arbres
- Les tassements différentiels du sol.
- L'agressivité du terrain
- Les charges fixes et mobiles au-dessus de la canalisation.
- Le poids propre du remblai.

- Le poids du liquide.
- les variations du niveau des nappes phréatiques.

La canalisation doit être enterrée sous une couverture d'au moins 80 cm.

III.5.1. Exécution des travaux

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

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

III.5.2. Décapage de la couche de terre végétale

Le décapage de cette couche se fait par un niveleuse.

Le volume de la couche décapée est :

$$V = b.h.L(m^3)$$

Avec b : largeur de la couche de terre végétale (m)

h : hauteur de la couche (m)

L : longueur total des tranchées (m)

Si la tranchée est ouverte sous les voies publiques, le décapage est fait avec soin sans dégradation des parties voisines.

- **Implantation des regards et des axes des tranchées sur le terrain**

Pour faire l'exécution d'un fond de fouille on doit tenir compte de la pente du profil en long. L'angle de talutage est en fonction de la nature du terrain et de son degré de consolidation.

Profondeur de la tranchée:

La profondeur de la conduite doit permettre la réalisation correcte des branchements particuliers, empêcher toute intercommunication avec les autres conduites.

La profondeur de la tranchée est :

$$H = e + d + h \quad (\text{m})$$

Avec :

H : profondeur de la tranchée. (m)

e : hauteur de lit de pose. (m)

d : diamètre de la conduite. (m)

h : la hauteur du remblai au dessus de la conduite.

III.5.3. Largeur de la tranchée

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

$$B = d + 0,5(\text{m})$$

B : largeur de la tranchée (m)

d : diamètre de la conduite (m)

0,50m: sur largeur (c'est à dire 0,25m de part et d'autre de la conduite).

III.5.4. Section transversale proposée

Deux sections principales sont considérées dans notre projet

-rectangulaire si la profondeur de la tranchée est inférieure ou égale à 2m

$$2\text{m}) \leq (\text{Htr}$$

-Trapézoïdale si la profondeur de la tranchée est supérieure à 2m

$$(\text{Htr} > 2\text{m}).$$

Ce choix a été fait en se basant sur le tableau suivant, qui donne le Coefficient du talus en fonction du terrain.

Tableau III.1 : détermination du coefficient des talus (m)

	Profondeur de la tranchée (Htr)		
	$1,5m \leq Htr$	$\leq 3m$ $1,5m < Htr$	$\leq 6m$ $3m < Htr$
Sable Gravier	0,50	1,00	1,00
Limon Sableux	0,25	0,67	0,85
Limon Argileux	0,00	0,50	0,75

Notre sol est de nature sable- Gravier donc on prendra un profil trapézoïdal avec un coefficient de talus $m = 1$

III.5.5.Choix des engins de terrassement

Pour l'excavation des tranchées et des fouilles des regards de notre réseau, on optera pour la pelle rétro.

Les aptitudes de la pelle équipée rétro sont :

- -creuser au-dessous de la surface d'appui
- -creuser rapidement et précisément les tranchées à talus vertical
- -creuser à une profondeur importante
- -creuser dans la direction de la machine.

III.5.6.Aménagement du lit de pose

Les conduites doivent être posées sur un lit de pose de 0,2 m d'épaisseur qui se compose également de gravier bien nivelé suivant les côtes du profil en long.

Mais si les terrains sont peu consistants, le fond des tranchées sera consolidé. Chaque tuyau repose sur deux briques placées sur ce fond, le vide doit être rempli de sable.

Pour les mauvais terrains on opte pour des dalles en béton.

- **Pose dans un terrain ordinaire**

-La canalisation est posée dans une tranchée ayant une largeur minimale de 60 cm et une profondeur de façon à recevoir le lit de pose, la conduite et l'épaisseur du remblai (80cm minimum), le fond de la tranchée est recouverte d'un lit de gravier d'une épaisseur de 15 à 20cm, convenablement nivelé

-Dans le cas d'un soudage de joints, cette tâche doit être faite de préférence en fond de tranchée

-Pour plus de sécurité l'essai de pression de conduites et des joints doit toujours avoir avec remblaiement, l'essai consiste en un remplissage de la conduite en eau sous une pression de 1,5 fois la pression de service à laquelle sera soumise la conduite en cours de fonctionnement.

-Le remblaiement doit être fait par couche de 20 à 30cm.

- **Pose dans un mauvais terrain**

Si le terrain est de mauvaise qualité on peut envisager les solutions suivantes :

- ❖ **Cas d'un terrain peut consistant**

Pour éviter tout mouvement de canalisation ultérieurement celle-ci doit être posée sur une semelle, en béton armé ou non avec interposition d'un lit de sable.

Dans le cas où la canalisation repose sur des tasseaux, ceux-ci doivent être placés plus proche des joints et soutenus par des pieux enfoncés jusqu'au bon sol.

- ❖ **Cas d'un terrain mouillé**

Il est prévu dans la tranchée un moyen pour le drainage couvert d'un lit de gravier de gros calibre, par la suite un lit en béton armé sur lequel repose la canalisation.

III.5.7. La mise en place de la canalisation

La mise en place des conduites répond aux opérations suivantes :

- Les éléments sont posés à partir de l'aval et l'emboîture des tuyaux est dirigée vers l'amont
- Chaque élément doit être posé avec précaution dans la tranchée et présenté dans l'axe de l'élément précédemment posé
- Les tuyaux sont posés avec une pente régulière entre deux regards
- Avant la mise en place, il faut nettoyer le lit des tranchées
- Le calage soit définitif par remblai partiel, soit provisoire à l'aide des cales
- A chaque arrêt de travail, les extrémités des tuyaux non visitables sont provisoirement obturés pour éviter l'introduction des corps étrangers

III.5.8. Construction des regards

Les regards sont généralement de forme carrée dont les dimensions varient en fonction des collecteurs. La profondeur et l'épaisseur varient d'un regard à un autre

Les différentes opérations pour l'exécution d'un regard sont les suivantes :

- Réglage du fond du regard
- Exécution de la couche de béton de propreté
- Ferrailage du radier de regard
- Bétonnage du radier

- Ferrailage des parois
- Coffrage des parois
- B étonnage des parois
- Décoffrage des parois
- Ferrailage de la dalle
- Coffrage de la dalle de couverture
- B étonnage de la dalle de couverture
- Décoffrage de la dalle de couverture

III.5.9. Remblai des tranchés

On procède, après la mise en place des tuyaux, à la réalisation du remplissage (remblaiement) du tranché en trois phases :

L'enrobage des tuyaux jusqu'à la hauteur du diamètre horizontale, l'assise et l'enrobage conditionne la bonne tenue de la canalisation. Il faut insister sur le bourrage des deux triangles de coin.

On utilise les terres des déblais expurgés des pierres grossières. A ce stade on effectue les essais

-On poursuit le remblaiement et le dosage par couche successive jusqu'à une hauteur de 0,10 à 0,20 m au-dessus de la génératrice supérieure de l'assemblage.

A partir de (0,1 à 0,2) m de hauteur le remblai peut être poursuivi (à l'aide d'engin) avec la terre des déblais purgés des éléments, pierres supérieures à 30 mm, l'ensemble est légèrement damé

III.6. CONCLUSION

Pour une exploitation rationnelle de notre réseau d'assainissement, il est nécessaire de faire un bon choix des conduites qui le constituent et ceci selon la forme et le matériau par lequel elles sont construites.

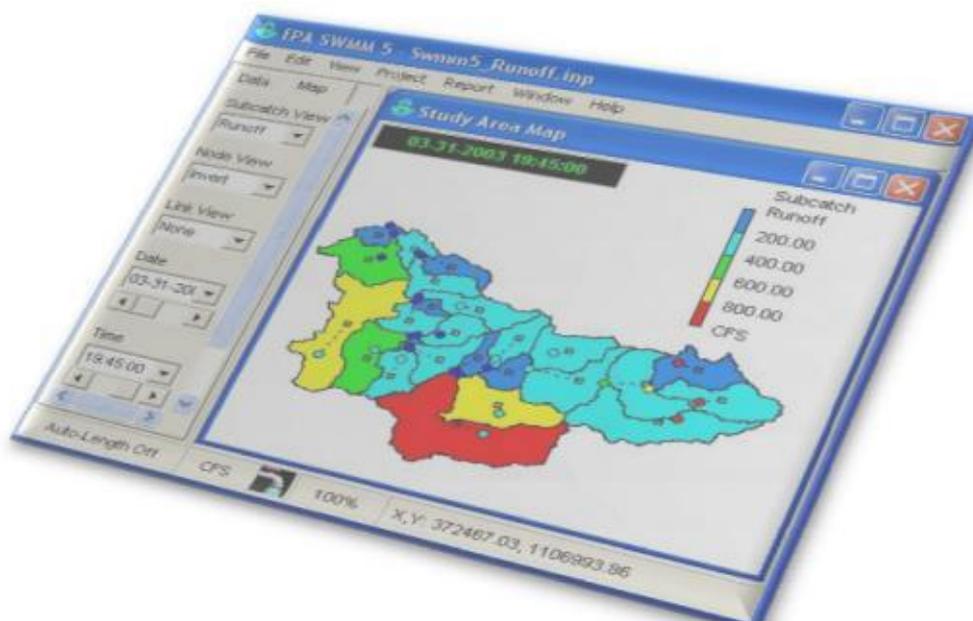
Ainsi dans notre cas et après avoir exposé les divers types de conduites, on a opté pour des conduites circulaires en béton armé car elles sont satisfaisantes aux conditions de notre projet.

Chapitre IV

Présentation et Analyse de modèle SWMM 5

IV. 1. INTRODUCTION

EPA SWMM 5 est un logiciel orienté sur les précipitations et les égouts, soit par simulation de précipitation et d'écoulement lors d'un événement ponctuel, soit par simulation continue de la quantité et de la qualité d'écoulement, principalement dans les zones urbaines.



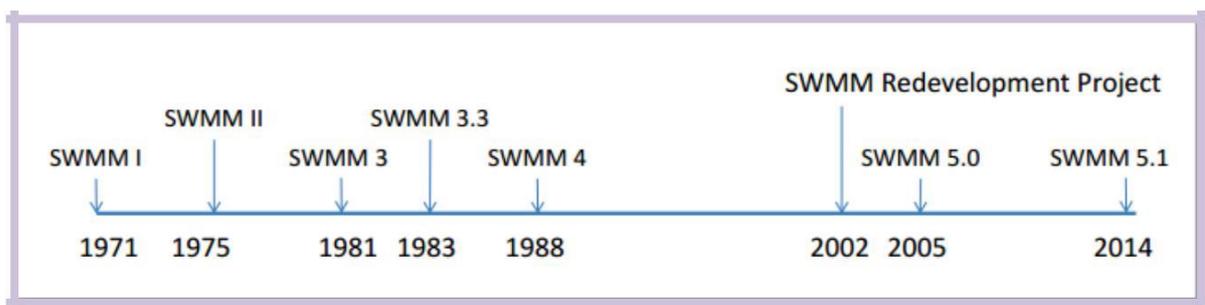
IV.2. HISTORIQUE :

Le SWMM (Storm Water Management Model) est un logiciel de modélisation hydraulique développé par l'agence gouvernementale des Etats-Unis EPA (Environmental Protection Agency), pour l'environnement et très largement utilisé dans le monde entier. Il permet de simuler le fonctionnement de réseaux d'assainissement, unitaires ou séparatifs. EPASWMM a été initialement développé en 1971, de nombreuses mises à jour et améliorations ont été apportées depuis.

Basé sur un module hydrologique et un module hydraulique, le logiciel EPASWMM permet de :

- Dessiner et modifier les bassins versants et sous bassins versants élémentaires de la zone étudiée ;
- Dessiner et modéliser le réseau d'assainissement en conduites ou en surface, ainsi que l'ensemble des ouvrages hydrauliques ;
- Réaliser un diagnostic hydraulique du réseau ;
- Etudier les flux de polluants dans le réseau.

Son interface ergonomique permet de visualiser facilement les résultats des calculs et de les exporter vers tous types de supports informatiques (tableurs, base de données, SIG).



IV.3. OBJECTIF

Être capable d'utiliser le logiciel de modélisation des réseaux d'assainissement pluvial ou unitaire SWMM 5 pour le diagnostic et le dimensionnement des réseaux ;

Savoir modéliser un réseau de d'assainissement urbain et ses évolutions éventuelles futures et connaître les étapes et les limites d'une telle modélisation;

Pouvoir simuler le fonctionnement d'un réseau d'assainissement urbain pour réduire le débit de ruissellement qui atteint les conduites d'assainissement.

IV.4. UTILITES

SWMM est capable d'évaluer les caractéristiques quantitatifs et qualitatifs, ruissellement au sein de chaque sous bassin, le débit, la profondeur du courant et de la qualité de l'eau dans chaque tube et le canal

IV.5. LIMITE

Les avantages et les limites du l'EPASWMM :

- Intégration dans Auto CAD
- Exportation vers Google Earth
- La gestion des scenarios
- Estimation de la population
- Les données hydrauliques avancées
- Pas de version Française...

IV.6 .PRESENTATION DE L'EXEMPLE

Le but est de modéliser le fonctionnement du réseau d'assainissement pluvial d'une zone résidentielle de 4,86 ha. Ce réseau schématisé sur la figure 1 ci-dessous comprend les objets suivants :

- 3 sous bassins versants (**Subcatchments**) S1 à S3,
- 4 collecteurs (**Conduits**) C1 à C4
- 4 nœuds de jonction (**Junctions**) J1 à J4
- 1 exutoire (**Outfalls**) Out1

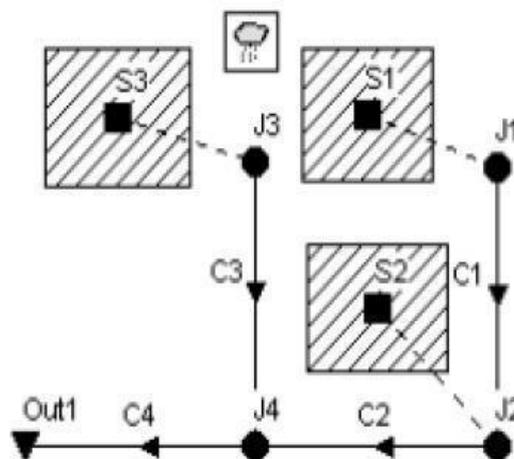


Figure IV. 1. schéma du réseau

IV.6.1. Les étapes de la modélisation seront :

- Création des objets sur le plan (**Study Area Map**) et entrée des données de chaque objet (**proprietés**) ;
- Simulation de la réponse quantitative du système à un événement pluvieux ponctuel de 76,2 mm en 6 heures

IV.6. 2. Création d'un nouveau projet :

La première tâche consiste à créer un nouveau projet SWMM, lui donner un titre et à l'enregistrer dans un fichier de sauvegarde. Pour cela :

- Exécuter EPA SWMM et sélectionner **File >> New** dans la barre de menu principal pour créer un nouveau projet
- Sélectionner la rubrique "**Title / Notes**" dans l'explorateur de données à gauche de l'écran
- Dans la fenêtre qui apparaîtra alors, taper "**Exercice d'initiation**" comme titre de projet.
- Dans le menu, sélectionner **File >> Saves as**
- Dans la boîte de dialogue, sélectionner un dossier et un nom de fichier sous lequel enregistrer le projet
- Enregistrer le projet dans le fichier.

Au fur et à mesure de la saisie des données, il faudra penser à enregistrer régulièrement les modifications.

Ensuite, nous allons choisir et renseigner certaines options par défaut. En effet l'utilisation de ces options par défaut nous simplifiera plus tard le travail.

- Sélectionner **Project >> Defaults** pour ouvrir la boîte de dialogue des options par défaut du projet.
- Dans le tableau de l'onglet **ID Label**, renseigner la colonne **ID Prefixes** comme indiqué sur la figure 2. Cela aura pour effet d'étiqueter chaque objet avec un Identifiant composé d'un préfixe et d'un numéro automatique.

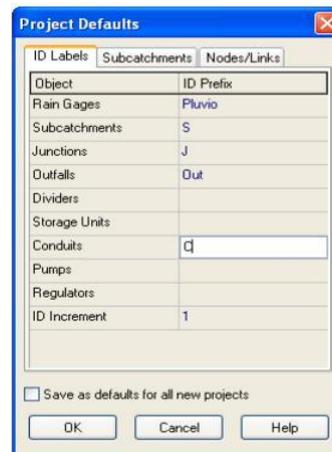


Figure IV.2: Étiquetage des objets

1. Dans l'onglet **Subcatchments**, entrer les valeurs suivantes :

Property	Unit é SI	Signification	Valeur à rentrer
Area	ha	Surface du bassin versant	1.62
Width	m	<p>Param ètre du mod èle de ruissellement (mod èle de l'onde cin ématique1) : largeur du canal rectangulaire auquel est assimil é la surface du BV pour y calculer la vitesse de ruissellement selon la formule de Manning-Strickler. C'est le rapport de la surface du BV à la longueur du BV. Cette longueur est obtenue en consid érant la moyenne de plusieurs parcours hydrauliques sur la surface du BV. Elle doit refl èter, davantage les écoulements lents sur les surfaces perm éables que les écoulements</p>	122

		rapides sur les surfaces imperméables. C'est un paramètre de calage	
% Slope	%	Pente moyenne du bassin versant	0.5
% Imperv	%	Pourcentage de surface imperméable sur le BV	50
N imperv		Coefficient de Manning- Strickler ² pour les surfaces imperméables	0.01
N-perv		Coefficient de Manning- Strickler pour les surfaces perméables	0.1
Dstore- Imperv	mm	Hauteur d'eau stockée sur les surfaces imperméables du BV (dépressions du sol, interception par la végétation, mouillage des surfaces)	1.3
%Zero-	%	Pourcentage de la surface imperméable dépourvue de stockage	25

Imperv		dans les dépressions du sol	
Infil. Model		<p>Modèle d'infiltration : Trois modèles sont disponibles :</p> <p>Horton</p> <p>Green Ampt</p> <p>courbes SCS</p>	Green-Ampt
- Suction Head	mm	<p>Potentiel de succion ou potentiel matriciel capillaire au niveau du front d'humidification (cf.explication Green-Ampt en Annexe)</p>	89
Conductivity		Conductivité hydraulique en milieu saturé	12.7
Initial Deficit	fraction	<p>Déficit Initial : variation de la teneur en eau du sol ($\theta_f - \theta_i$) :</p> <p>teneur en eau finale (à saturation) - teneur en eau initiale</p>	0.26

Dans l'onglet **Nodes / Links**, entrer les valeurs suivantes :

Property	Unité SI	Signification	Valeur à Rentre
Node Invert	m	Cote inférieure du nœud (cote du radier du regard de jonction)	0
Node Max. Depth	m	Profondeur Maximale du Nœud : distance verticale entre le radier du regard de jonction et le terrain naturel	0
Node Poded Area	m ²	Surface d'eau stocké au dessus du nœud après débordement. Si l'option de calcul correspondante est activé, le volume de débordement est stocké puis évacué par le réseau lorsque celui-ci en a retrouvé la capacité	0
Conduit Length	m	Longueur de la conduite	120
Conduit Geometry		Géométrie de la conduite	
- Barrels		Nombre de conduites en parallèle	
- Shape		Forme de la section	CIRCULAR
- Max. Depth	m	Hauteur d'eau maximale dans la section (diamètre pour une section)	0.3
Conduit Roughness		Rugosité de la conduite au sens de Manning-Strickler	0.01

Flow Units		Unités de débit. Choisir une unité métrique (CMS : m ³ /s, LPS : MLD : 1000 m ³ /j) implique que toutes les autres grandeurs du logiciel sont exprimées en unités métriques. Les valeurs déjà rentrées ne sont pas automatiquement converties lorsque l'on change de système d'unités.	CMS
------------	--	--	-----

Link Offsets		<p>Décalage du collecteur par rapport au fond du regard. La position du radier du collecteur peut être indiquée sous forme d'une hauteur au dessus du fond du regard (DEPTH) = distance entre les points 1 et 2) ou sous forme d'une cote absolue (ELEVATION) = cote absolue du point 1</p>		DEPTH
Routing Model		<p>Modèle de transfert. Trois modèles sont disponibles :</p> <p>Steady Flow : Écoulement permanent et uniforme dans chaque tronçon et à chaque pas de temps (Translation simple des hydrogrammes)</p> <p>Kinematic Wave : Modèle de l'onde cinématique</p> <p>Dynamic Wave : Modèle de l'onde dynamique (Résolution des équations de Barré de Saint Venant)</p>		Kinematic Wave

Cliquer sur **OK** pour accepter ces choix et fermer la boîte de dialogue. Pour appliquer ces choix à tous les futurs projets, cocher la case "Save as defaults for all new project".

IV.7. REALISER UNE SIMULATION

IV.7 .1. Options de simulation

Avant de simuler le fonctionnement du réseau, il faut fixer un certain nombre de paramètres qui détermineront la façon dont sera conduite la simulation. Pour cela :

Sélectionner la rubrique "Options" dans l'explorateur de données à gauche de l'écran et cliquer sur le bouton  ;

Dans l'onglet "**General**" de la fenêtre qui apparaît, vérifier que les cases "**Rainfall/Runoff**" et "**Flow Routing**" de la rubrique "**Process Models**" sont cochées (pour réaliser respectivement la transformation pluie/débit sur les bassins versants et pour modéliser l'écoulement dans le

réseau). Dans la rubrique "**Routing Model**", cocher la case "**Kinematic Wave**" pour simuler l'écoulement dans le réseau selon le modèle de transfert de l'onde cinématique. Dans la rubrique "**Infiltration Model**", la case "**Green Ampt**" doit être cochée et dans la rubrique "**Miscellaneous**", toutes les cases doivent être décochées.

Figure IV.3: Options de simulation

Options de la Rubrique Routing Model	Signification
Steady Flow	<p>Modèle de la translation simple en régime permanent uniforme</p> <p>Modèle le plus simple possible qui considère à chaque pas de temps de calcul, que l'écoulement est permanent et uniforme. Les hydrogrammes entre l'entrée et la sortie des conduites, ne subissent alors ni décalage dans le temps, ni amortissement.</p> <p>Ne peut représenter ni les effets de stockage de l'eau dans les réseaux, ni les phénomènes d'influences aval, ni les inversions du sens de l'écoulement, ni les écoulements en charge. Son utilisation est restreinte aux réseaux ramifiés (non maillés). Il n'est réellement utile que pour une analyse primaire d'écoulements variant peu dans le temps.</p>
Kinematic Wave	<p>Modèle de l'onde cinématique</p> <p>Il résout les deux équations de Barré de Saint Venant en négligeant, dans l'équation de conservation de la quantité de mouvement, les deux termes d'inertie et en faisant l'approximation que la pente de la surface libre est égale à la pente du radier.</p> <p>Dès que le débit à l'entrée d'un collecteur est supérieur au débit à pleine section du collecteur, l'excédent est soit perdu, soit stocké au-dessus du nœud d'entrée puis réinjecté dans le collecteur lorsque celui-ci a retrouvé sa capacité d'évacuation. Permet de représenter des écoulements variant à la fois dans le temps et dans l'espace, ce qui se traduit par un décalage temporel ainsi qu'un amortissement des hydrogrammes entre l'entrée et la sortie d'un collecteur.</p> <p>Ne prend en compte ni les influences aval, ni les inversions du sens d'écoulement, ni les écoulements en charge et son utilisation se limite aux réseaux ramifiés (non maillés).</p>

Dynamic Wave	<p>Modèle de l'onde dynamique</p> <p>Résout les équations complètes de Barré de Saint Venant et produit donc théoriquement les résultats les plus précis.</p> <p>Permet de représenter les écoulements en charge dans les collecteurs, lorsque le débit y excède le débit à pleine section. Lorsqu'en un nœud, la cote piézométrique dépasse la cote du terrain naturel, il y a débordement et le débit en excès est alors, soit perdu soit stocké au dessus du nœud et réinjecté dans le réseau en fonction de ses capacités d'évacuation.</p> <p>Permet de représenter les effets de stockage dans le réseau, les phénomènes d'influence aval, l'inversion du sens de l'écoulement et les écoulements en charge. Il peut être appliqué à n'importe quel réseau, y compris les réseaux maillés et/ou comportant des fluences.</p> <p>Modèle à choisir quand on peut s'attendre à des influences aval significatives, notamment lorsque le réseau comporte des limitations de débit à l'aval ou des systèmes de régulation tels que déversoirs ou orifices calibrés.</p> <p>Requiert cependant des pas de temps de calcul beaucoup plus courts, de l'ordre de la minute, ou moins. (SWMM réduit automatiquement la durée du pas de temps choisie par l'utilisateur, afin de garantir la stabilité numérique du calcul)</p>
--------------	--

Options de la rubrique Miscellaneous	Signification
Allow Ponding	Autorise le modèle à prendre en compte le stockage en surface des volumes excédentaires lorsque la capacité de transit des collecteurs est dépassée.
Report Control Actions	Inclut dans le rapport de simulation, la liste des actions de contrôle ponctuelles (discrète control action) qui se produisent selon les règles de contrôle (Control Rules) définies dans projet.
Report Input Summary	Inclut dans le rapport de simulation, un résumé des données du projet.
Skip Steady Periods	Utilise, lorsque l'écoulement est permanent, les résultats du dernier calcul au lieu de procéder à un nouveau calcul. L'écoulement est jugé permanent sur un pas de temps si le débit externe sur chaque nœud est inférieur à 15 L/s et si la différence relative entre les débits entrant et sortant du système n'excède pas 5%.
Minimum Conduit slope	Valeur minimale autorisée pour la pente des conduites (%). Si aucune valeur n'est imposée, SWMM utilisera la valeur par défaut de 0.00035.

- Dans l'onglet "**Dates**", fixer la fin de la simulation (**End Analysis**) à 12:00.
- Dans l'onglet "**Time Steps**", fixer le pas de temps de calcul (**Routing**) à 60s.

Onglet	Signification
"Time Steps"	
Reporting	Pas de temps pour la présentation des résultats de calculs.
Runoff : DryWeather	Pas de temps de calcul des débits ruisselés à l'exutoire des bassins versants.
RunOff : WetWeather	Pas de temps de calcul de l'accumulation des polluants à la surface des bassins versants en temps sec (modèles de qualité).
Routing	Pas de temps de calcul pour la modélisation des écoulements dans le réseau.

- Cliquer sur **OK** pour fermer la fenêtre des options de simulation.

IV.7.2. Lancer une simulation

Pour lancer une simulation, sélectionner **Project>>Run Simulation** dans le menu

principal ou cliquer sur le bouton . En cas de problèmes lors de la simulation, un rapport de simulation apparaîtra à l'écran, décrivant les erreurs rencontrées. Une fois que la simulation s'est effectuée avec succès, il y a plusieurs manières d'en visualiser les résultats:

IV.7.3. Consulter le rapport de simulation

Le rapport de simulation (Status Report) contient des informations importantes sur les résultats de la simulation. Pour le consulter, sélectionner **Report>>Status** dans le menu principal. Le rapport affiché indique principalement :

- Une bonne qualité de la simulation puisque les erreurs sur la conservation de la masse (**Continuity Errors**) sont négligeables, pour le modèle de ruissellement comme pour le modèle de transfert (Runoff Quantity Continuity Error = -0,04 % et Flow Routing Continuity Error = -0,032%).
- Sur les 76,2 mm de pluie précipitée, 44,5 mm se sont infiltrés et 31,4 mm ont ruisselé
- La rubrique des débordements aux nœuds (**Node Flooding Summary**) signale un débordement au nœud J2.
- La rubrique des surcharges des conduites (**Conduit Surcharging Summary**) signale que la conduite C2, juste à l'aval du nœud J2 a été surchargée et donc apparaît comme sous dimensionnée.

IV.7.4. Représenter les résultats sur le plan

Les résultats de simulation (comme certains paramètres descriptifs du réseau tels que les surfaces de bassins versants, les cotes radier des regards et les diamètres des collecteurs) peuvent être représentés sur la carte avec des couleurs fonction de leurs valeurs :

- Sélectionner l'onglet "**Map**" dans l'explorateur à gauche de l'écran
- Dans la catégorie "**Thèmes**", sélectionner les variables à visualiser pour les bassins versants, les nœuds et les conduites. Par exemple, les débits ruisselés (Runoff) pour les bassins versants (Subcatchments) et les débits (Flow) dans les collecteurs (Links).
- Les légendes des couleurs s'affichent alors sur la carte. Pour supprimer ou faire apparaître ces légendes, sélectionner **View>>Legend**.
- Les cadres des légendes sont déplaçables vers une autre position en maintenant le bouton gauche de la souris enfoncé

- Pour modifier une légende (couleurs et amplitude des différentes classes), sélectionner **View>>Legend>>Modify** puis la légende à modifier ou faire simplement un clic droit sur le cadre de légende. Pour voir les valeurs numériques des variables s'afficher sur la carte, sélectionner **Tools>>Map Display Option** et sélectionner la rubrique "**Annotation**". Cocher alors les cases "**Subcatchment Values**", "**Node Values**" et "**Link Values**" selon les annotations désirées.
- Dans l'explorateur à gauche de l'écran, les boutons de la rubrique "**Time Period**" permettent de consulter les résultats de la simulation à différents instants.
- Les boutons "**magnétoscope**" de la rubrique "**Animator**" permettent de contrôler une animation de la carte en fonction du temps.

IV.7.5. Visualiser les résultats sous forme de graphes temporels

Pour créer un graphe temporel à partir d'un résultat de simulation :

- Sélectionner **Report>>Graph>>Time Séries** ou cliquer sur le bouton  dans la barre d'outils standard.
- La boîte de dialogue qui apparaît, permet de choisir les variables à représenter en fonction du temps.

Pour notre exemple, la boîte de dialogue **Times Séries Plot** peut être utilisée pour représenter le débit dans les collecteurs C1 et C2 :

- Sélectionner "Links" dans "**Object Category**"
- Cocher "**Flow**" comme variable à représenter
- Cliquer sur la conduite C1 (soit sur la carte soit dans l'explorateur d'objet) et cliquer sur

le bouton  pour ajouter cette conduite à la liste des conduites concernées par le graphe. Faire de même avec la conduite C2.

- Cliquer sur **OK** pour créer le graphique.

Une fois le graphique créé, il est possible de :

- ❖ Modifier son apparence en sélectionnant **Report>>Customize** ou en faisant un clic droit sur le graphique.
- ❖ Le copier dans le presse papier et de le coller dans un autre logiciel en sélectionnant **Edit>>Copy** ou en cliquant sur le bouton dans la barre d'outils standard.
- ❖ L'imprimer en sélectionnant **File>>Print**  ou **File>>Print Preview** (utiliser au préalable **File>>Page Setup** pour définir les marges, l'orientation de la page, etc.).

IV.7.6. Créer un profil en long

SWMM permet de générer des profils en long montrant comment varie la ligne d'eau dans une succession de tronçons du réseau. Créons par exemple un tel profil pour les collecteurs reliant le nœud J1 à l'exutoire général du réseau (Out1).

- Sélectionner **Report>>Graph>>Profile** ou cliquer sur le bouton  de la barre d'outils standard ;
- Dans la fenêtre qui apparaît (cf. figure 8), entrez J1 dans le champ "Start Node" pour indiquer le point de départ du profil, ou bien cliquer sur le nœud J1 sur la carte ou dans l'explorateur d'objets et cliquer sur le bouton .



Figure IV.4: Définition du profil en long

- Faire de même avec le nœud Out1 dans le champ "**End Node**"
- Cliquer sur "**Find Path**". Une liste ordonnée des conduites reliant le nœud de départ au nœud d'arrivée s'affiche alors dans la rubrique "**Links in Profile**". Il est possible si nécessaire d'éditer cette liste pour la modifier.
- Cliquer sur **OK** pour créer le profil montrant la position de la ligne d'eau à l'instant indiqué dans l'onglet "**Map**" de l'explorateur, à gauche de l'écran.

Lorsque que l'on évolue dans le temps en utilisant les boutons de contrôles de l'onglet "**Map**" de l'explorateur, ou en lançant une animation avec l "**Animator**", on voit évoluer la forme et la position de la ligne d'eau. On observe notamment qu'il y a débordement au nœud J2 pendant une heure, deux heures après le début de la pluie.

L'apparence du profil en long peut être modifiée et il peut être copié et imprimé selon les mêmes procédures que pour les graphes temporels.

IV.7.7. Réaliser une simulation avec le modèle de l'onde dynamique

Ce modèle est plus précis que celui de l'onde cinématique mais il requiert un temps de calcul supérieur car les pas de temps doivent être beaucoup plus courts pour garantir la stabilité numérique du modèle.

Dans notre exemple, le modèle de l'onde cinématique a montré que la conduite C2 était surchargée au cours de l'épisode pluvieux. Il est donc probable qu'en se mettant en charge, elle puisse faire transiter un débit supérieur à son débit à pleine section. Le modèle de l'onde dynamique est capable de représenter cette mise en charge.

Pour réaliser une simulation selon le modèle de l'onde dynamique :

- Dans l'explorateur d'objets, sélectionner la catégorie "**Options**" et cliquer sur le bouton .
- Dans la rubrique "**Routing Model**" de l'onglet "**General**", cocher "**Dynamic Wave**"
- Dans l'onglet "**Dynamic Wave**" reproduire les choix :

Options du modèle de l'onde dynamique	Signification
Inertial Terms	<p>Choix du mode de traitement des termes d'inertie de l'équation de Barré de Saint Venant :</p> <p>KEEP : les termes d'inertie sont pleinement conservés partout et à tout instant.</p> <p>DAMPEN : les termes d'inertie sont réduits lorsque l'écoulement s'approche du régime critique et sont ignorés lorsque l'écoulement devient torrentiel.</p> <p>IGNORE : les termes d'inertie sont ignorés partout et à tout instant, ce qui revient au modèle de l'onde diffusante.</p>
Define SuperCritical Flow by	<p>Choix du critère permettant de savoir que l'écoulement devient torrentiel :</p> <p>SLOPE : pente de la surface libre supérieure à la pente du radier</p> <p>FROUDE N° : nombre de Froude supérieur à 1</p> <p>BOTH : l'une ou l'autre des deux conditions précédentes (recommandé)</p>
Force Main Equation	Equation utilisée pour calculer la perte de charge unitaire dans les écoulements en charge.
	USE : Utilisation ou non d'un pas de temps variable, calculé automatiquement.

Variable	ADJUSTMENT FACTOR : valeur du facteur d'ajustement (ou facteur de sécurité)
Time	applicable à ce pas de temps (75% recommandé).
Step	Le pas de temps variable ne doit pas être inférieur à 0,5s ni excéder le pas de temps fixe de calcul choisi par l'utilisateur.
Conduit Lengthening Time Step	
Minimum Surface Area	Section minimale des nœuds de jonction utilisée pour le calcul des évolutions de la hauteur d'eau dans les regards. La valeur par défaut est 1,167 m ² , ce qui correspond à un regard de 4 feet de diamètre.

- Cliquer sur **OK** et lancer la simulation.

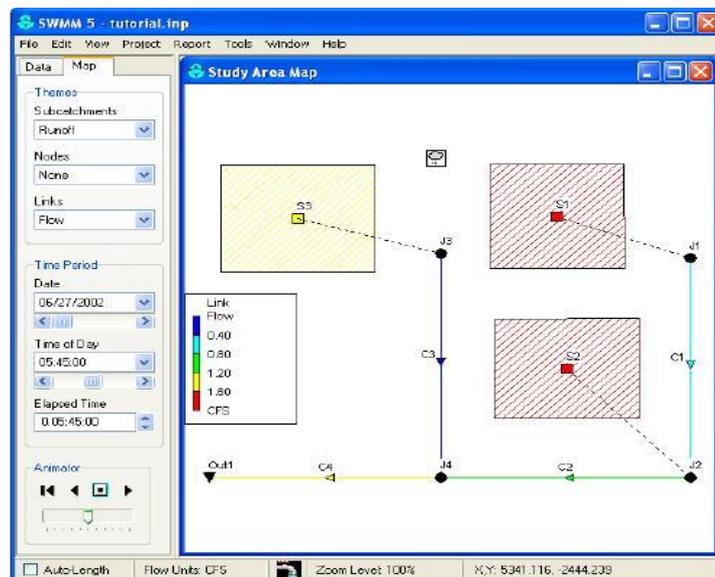


Figure IV.5: Un exemple d'affichage des résultats à code couleur de la zone étudiée

IV.8. CONCLUSION

EPA SWMM 5 est une solution de modélisation des réseaux d'assainissement performante et complète qui peut être personnalisée avec des plateformes et modules de modélisation additionnels au fur et à mesure de l'évolution des besoins des ingénieurs.

Chapitre V

simulation de réseau
oued zied

V.1. INTRODUCTION

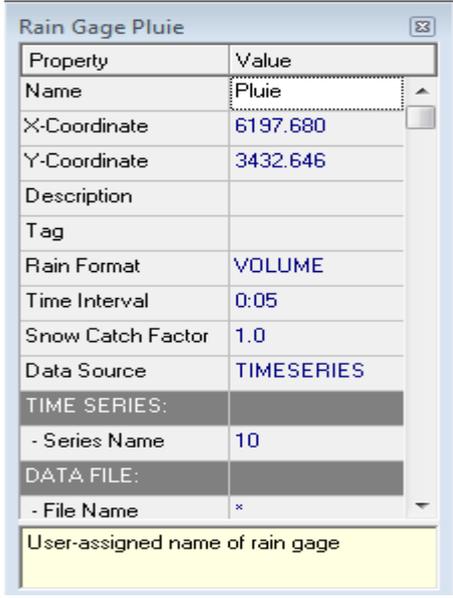
Les r éseaux d'assainissement urbains constituent des syst èmes complexes regroupant des bassins versants et diff érents éléments structurels permettant l'évacuation des charges hydrauliques g éné rées (eaux de ruissellement, eaux us ées, infiltration).

V.2. ACQUISITION DES DONNEES DU LOGICIEL «EPASWMM »

Le logiciel EPASWMM a principalement besoin de cinq (5) composants qui ont tous « Nom ; les coordonn ées X, Y ; la description » en commun.

Pour chaque étapes d'acquisition des donn ées elle est présente ci-dessous :

1) Les donn ées pluviométriques (Rain gage) : repr ésent é par 



Property	Value
Name	Pluie
X-Coordinate	6197.680
Y-Coordinate	3432.646
Description	
Tag	
Rain Format	VOLUME
Time Interval	0:05
Snow Catch Factor	1.0
Data Source	TIMESERIES
TIME SERIES:	
- Series Name	10
DATA FILE:	
- File Name	*
User-assigned name of rain gage	

Figure V.1 : Editeur de propri ét és pour Rain Gage

Dans cette étapes on peut introduire les donn ées pluviométrique pour chaque bassin sous forme lame d'eau précipité (mm ou on in), ou bien sous forme intensité.

La station pluviométrique de Oued zied est utilis ée dans nos études, elle a pour (Source de Annaba). Cette station est affect ée à tous les bassins ou sous bassins de notre surface d'études.

On introduit l'intensité de pluie (Time séries) de la zone d'étude.

Les donn ées pluviométriques (Time s éries) :

Comme mentionné précédemment, nous allons simuler le fonctionnement du r éseau pour une pluie de projet de 39.54 mm sur 6 heures. Les valeurs horaires de l'intensité de pluie vont constituer la s érie temporelle nommée pluvio1. Pour cela il faut créer un objet «Time S éries »et y rentrer les donn ées.

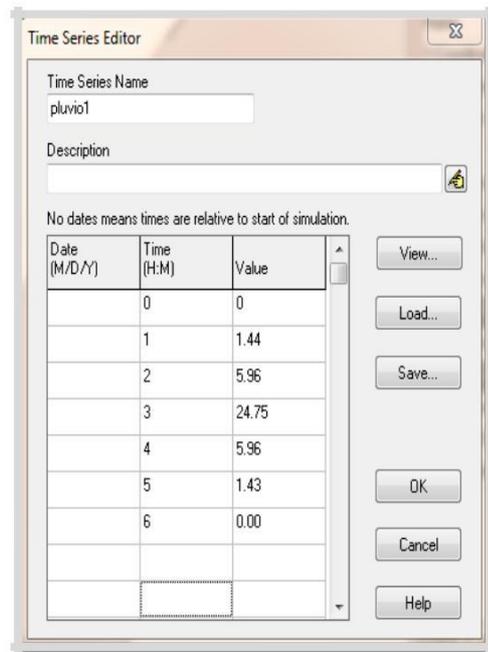


Figure V.02 : Editeur de propri étés pour Time S éries

V.2.1. Le Bassin Versant ou sous bassin versant (Subcathment) :

Le bassin regroupe les param ètres morphologiques, hydrologiques et hydrog éologiques tels que :

Property	Value
Name	B1
X-Coordinate	6355.300
Y-Coordinate	3422.147
Description	
Tag	
Rain Gage	Pluie
Outlet	R1
Area	20.23
Width	500
% Slope	0.5
% Imperv	25
N-Imperv	0.01
N-Perv	0.1

User-assigned name of subcatchment

Figure V.03 Editeur de propri é s pour Subcatchment

Nous avons subdivisé la ville en 4 sous bassins différents avec leurs propres propriétés.

Dans notre étude, nous allons étudier 1 sous bassin composé

- **La station pluviométrique (Rain Gage)**

On choisit la station à affecter au bassin versant (**580** pour Oued zied).

- **Le nœud receveur (Outlet)**

On y introduit le nom de nœud (Regard) qui recevra les précipitations (les eaux pluviales).

- **La surface du bassin (Area)**

Elle représente la surface du bassin versant drainé. Elle est exprimée en hectare (Ha). La surface de Oued zied est approximativement égale à

29.68 Ha.

- **La largeur du bassin (Width)**

C'est la largeur équivalente, déterminé en fonction de la surface et le périmètre avec la formule du coefficient de compacité:

$$Kc=0.282*\left(\frac{P}{\sqrt{S}}\right) \text{ et la largeur : } l=\frac{Kc\sqrt{S}}{1.12}\left(1-\sqrt{1-\left(\frac{1.12}{Kc}\right)^2}\right)$$

l : largeur du rectangle équivalent (km) ;

Kc : Indice de compacité de Gravelleuse ;

S : l'aire du bassin en (km²) ;

P : le p érim ètre du bassin en (km)

Avec un p érim ètre de 1681.40 m, le largeur équivalent du bassin versant est **230 m**.

• **La pente (% Slope)**

C'est la Pente moyenne du bassin versant en (%). La pente moyenne d'Oued zied est **0.16 %**.

• **Pourcentage de surface imperméable (% Imperv)**

Exprim é en (%), la ville de Oued zied étant une ville qui tend vers sa saturation, son pourcentage de surface imperméable varie de **60 %** (parties Nord) à **40%** (Sud).

• **Infiltration (Infil. Model)**

C'est la mod èle d'infiltration choisie. Nous avons trois choix : Horton, Green Ampt ou courbes SCS. Notre choix : **Green Ampt**.

Le tracé du sous bassin est donné sur la figure suivante :

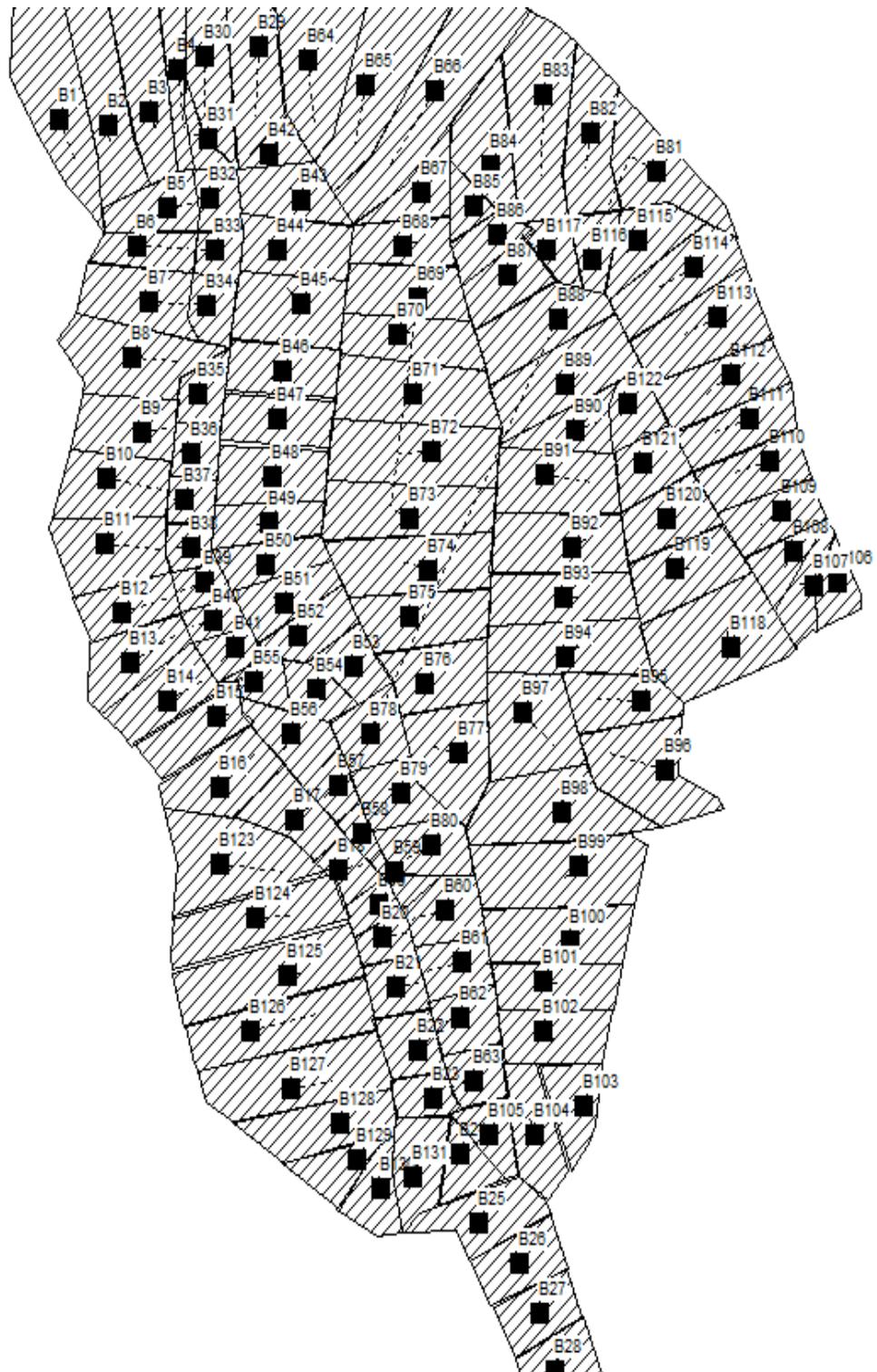
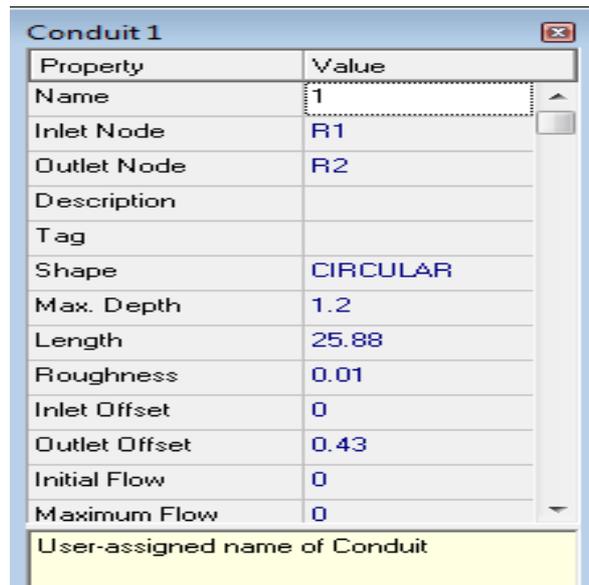


Figure V.04 : Le tracé du sous bassin

V.2. 2. La conduite (Links)



Property	Value
Name	1
Inlet Node	R1
Outlet Node	R2
Description	
Tag	
Shape	CIRCULAR
Max. Depth	1.2
Length	25.88
Roughness	0.01
Inlet Offset	0
Outlet Offset	0.43
Initial Flow	0
Maximum Flow	0
User-assigned name of Conduit	

Figure V.05 : Editeur de propri ét és pour Links

La conduite ou tronçon, compris entre deux nœuds, est composée de plusieurs données importantes :

- **Longueur (Length)**

Sur le logiciel, la longueur est directement rentrée par l'utilisateur car elle est mesurée sur le terrain. Nous avons utilisé les données de la méthode classique. La longueur est exprimée en m.

- **La forme de conduite (Shape)**

Le logiciel EPASWMM propose des formes rectangulaires ouvertes, circulaire, rectangulaire fermée, trapézoïdale etc. La forme est **Circulaire** dans notre projet.

- **Le Diamètre des conduites (Max. Depth)**

Le diamètre varie selon le type de réseau d'assainissement dans notre cas, le réseau étant unitaire, le diamètre est de **40 mm** à

150 mm.

- **Rugosité des conduites (Roughness)**

Conseillant le PVC (Polychlorure de vinyle) pour ce projet, nous avons utilisé la rugosité lui correspondant, (**0.01** à **0.015** s/m^{1/3})

Le trac édu La conduite (Links) est donn ésur la figure suivante

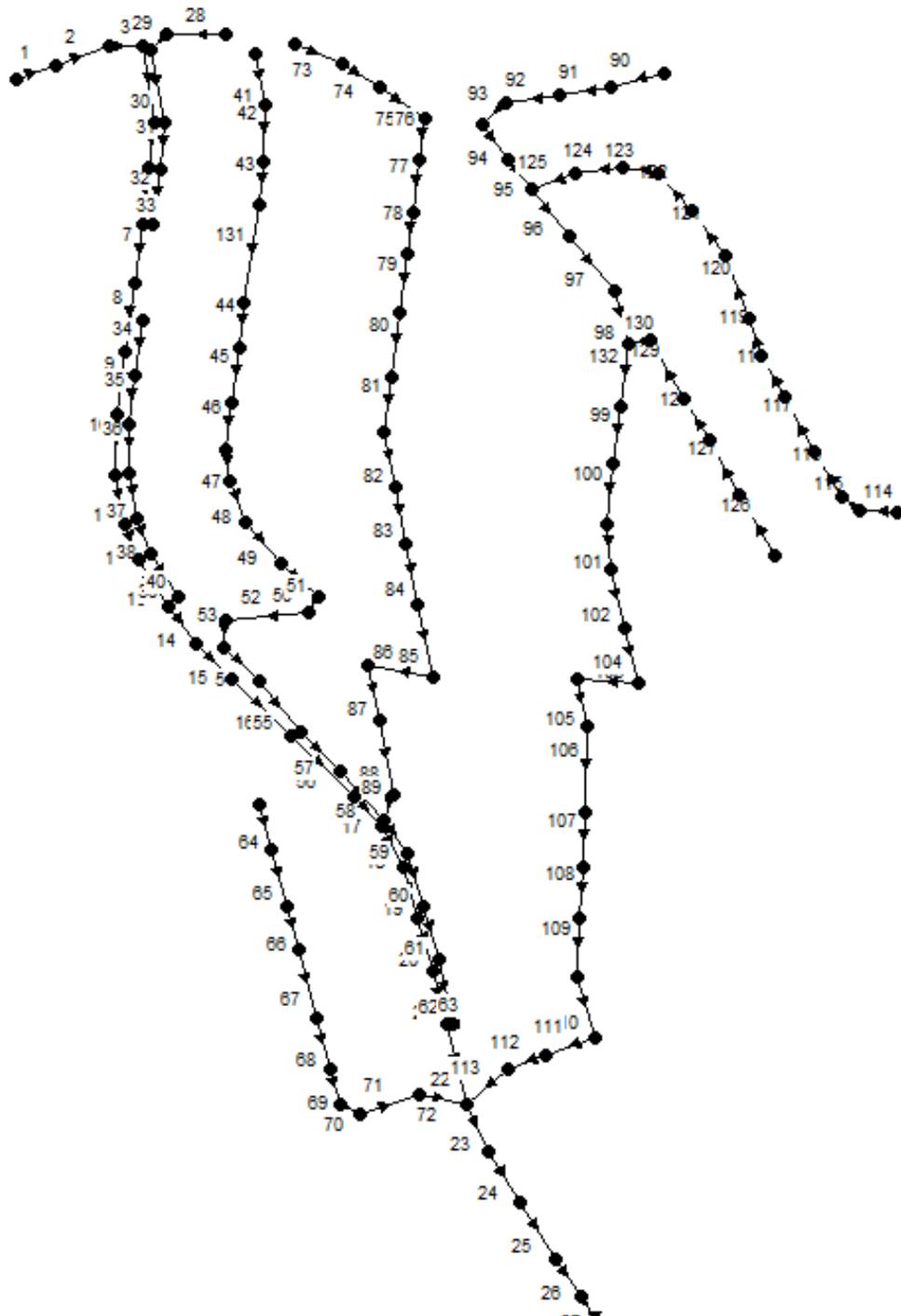
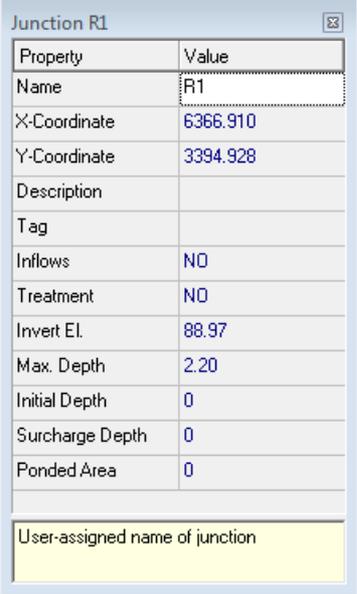


Figure V.06 : Le trac édu La conduite (Links)

V.2.3. Le nœud (Node)

Le nœud est la liaison entre deux conduites, le début d'une conduite ou sa fin.



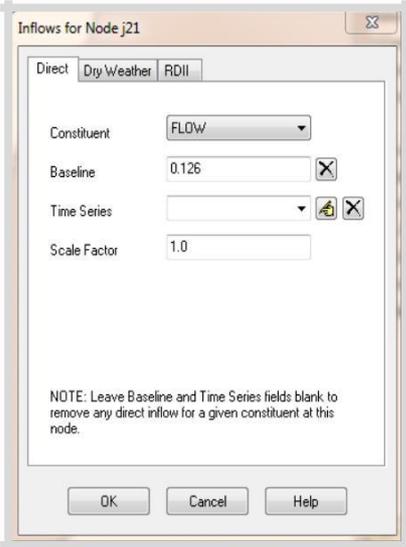
Property	Value
Name	R1
X-Coordinate	6366.910
Y-Coordinate	3394.928
Description	
Tag	
Inflows	NO
Treatment	NO
Invert El.	88.97
Max. Depth	2.20
Initial Depth	0
Surcharge Depth	0
Ponded Area	0

User-assigned name of junction

Figure V.07 Editeur de propriétés pour Node

Les débits nodaux (Inflows)

Il permet d'introduire le débit domestique usée (débit nodal Q_i) dans le logiciel après les avoir calculés avec ci-dessous.



Inflows for Node j21

Direct Dry Weather RDII

Constituent: FLOW

Baseline: 0.126

Time Series: [blank]

Scale Factor: 1.0

NOTE: Leave Baseline and Time Series fields blank to remove any direct inflow for a given constituent at this node.

OK Cancel Help

Figure V.08 : Editeur de propriétés pour Inflows

Les débits aux nœuds sont calculés sur la base du débit spécifique linéaire. On l'éjecte dans les nœuds.

$$Q_i = L_i * Q_{sp} \text{ avec } Q_{sp} = \frac{Q_{pass}}{\sum L_i}$$

Q_i : Débit nodal (l/s) ;

Q_{pass} : Débit de pointe (l/s) ;

L_i : La longueur du tronçon (m) ;

Q_{sp} : Le débit spécifique (l/s).

Le coefficient d'usage domestique (Time patterns) : Nous avons choisis l'option du jour et conserver le coefficient par défaut **0.1**

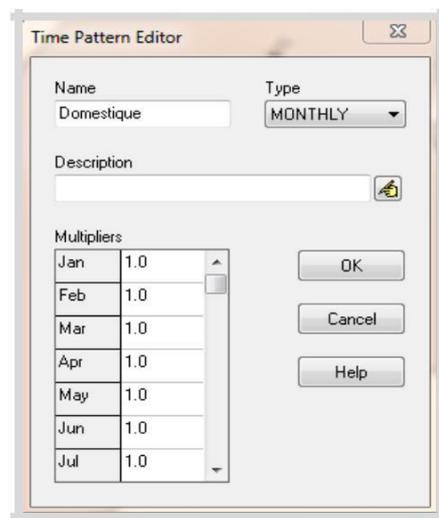


Figure V.09 : Editeur de propriétés pour Tim pattern

L'altitude cote du terrain naturel (Invert EL.)

C'est la cote du radier du regard de jonction. Elle est exprimée en m. Les altitudes utilisées dans notre calcul sont ceux obtenues à l'aide de plan des levées topographie de la zone d'étude.

La profondeur (Max. Depth)

C'est la profondeur du regard dans le projet, proposée par l'ingénieur et la valeur doit être comprise entre 2 m et 4.5 m

Le trac édu **Le nœud (Node)** est donn é sur la figure suivante



Figure V.10 : Le tracé du Le nœud (Node)

V.2. 4. L'exutoire (Outfall)

C'est le point de rejet des eaux usées ou pluviales. Il peut être un oued ou une STEP ou **une station de pompage** comme dans notre projet. Il a les mêmes composants qu'un nœud en plus de quelques autres composants :

Property	Value
Name	Rejet
X-Coordinate	6729.886
Y-Coordinate	2613.688
Description	
Tag	
Inflows	NO ...
Treatment	NO
Invert El.	17.90
Tide Gate	NO
Type	FREE
Fixed Outfall	
Fixed Stage	0
Tidal Outfall	

Click to specify any external inflows received at the outfall

Figure V.11 : Editeur de propriétés pour Outfall

Type (Type) : C'est le type d'exutoire. Nous avons choisi **NORMAL**.

Remarque : Quelques points importants sont à noter :

Pour modifier la pente ou la vitesse d'une conduite, nous pouvons varier sa profondeur au niveau du nœud d'aveale (**Inlet Offset**) ou à l'amont de la conduite (**Outlet Offset**) sur la fenêtre «Editeur de propriétés des links ».

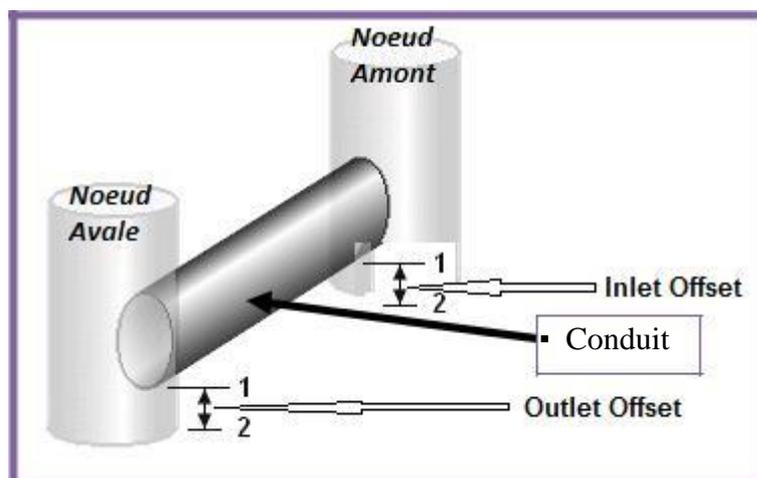


Figure V.12 : Variation de la profondeur d'un tronçon

Nous avons aussi les possibilités d'utiliser « Nombre de conduites en parallèle : (Barrels) » dans la partie La forme de conduite (Shape) de la fenêtre « Editeur de propriétés des links », lorsque la quantité d'eau est importante pour une seule conduite.

Pour observer toutes les données introduites dans le logiciel, il faut aller sur la barre de menu puis sélectionner **Project >> Détails** et une fenêtre apparaîtra **Project Data** . Il faudra seulement sélectionner l'objet dont on veut voir les données introduites.

V.3. SIMULATION HYDRAULIQUE

Après avoir introduit toutes les données appropriées aux nœuds, aux bassins et aux tronçons, l'étape suivante est la validation du modèle hydraulique. Pour lancer la simulation, sélectionner **Project>>Run Simulation** dans le menu principal. En cas de problèmes lors de la simulation, un rapport de simulation apparaîtra à l'écran, décrivant les erreurs rencontrées, sinon la simulation sera déclarée réussie et il ne reste que de changer les diamètres des tuyaux préalablement insérés pour ceux qui sont en dehors des normes de vitesses et de pentes.

V.3.1. Résultats de la simulation

a) Réseau modélisé :

Nous présentons en dernier, le réseau modélisé sous le logiciel SWMM 5.

La figure suivante présente les valeurs des pentes associées aux conduites du r éseau avec leur symbole.

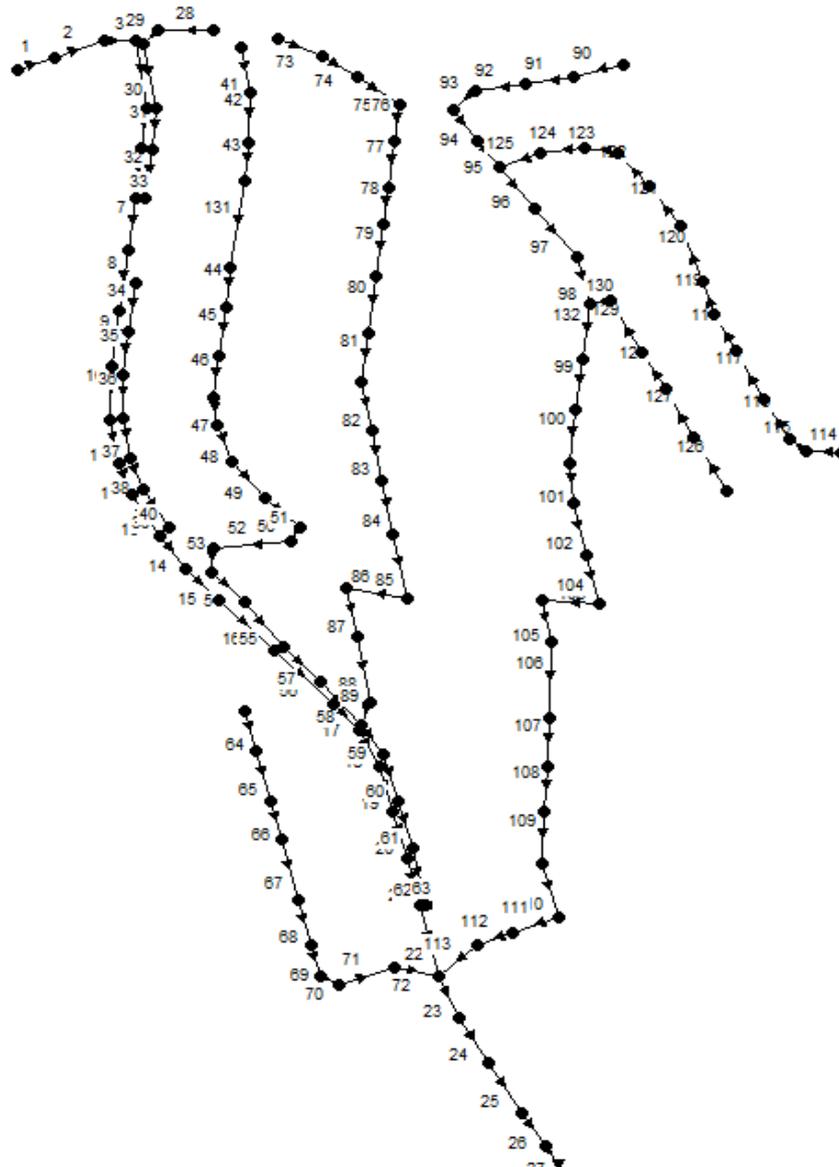


Figure V.14 : Pentes des conduites du r éseau avec leur num érotation.

b) Capacité du r éseau

En premier lieu, le critère principal d'analyse du réseau d'assainissement est bien de vérifier sa capacité hydraulique en fonction de l'averse par laquelle il est sollicité.

La capacit é de transf ère de flux de chaque tron çons du r éseau est traduite par le rapport du d ébit véhiculé au d ébit admissible de celui-ci. La figure suivante illustre la capacit é maximale du r éseau atteinte lors de l'événement pluvieux.

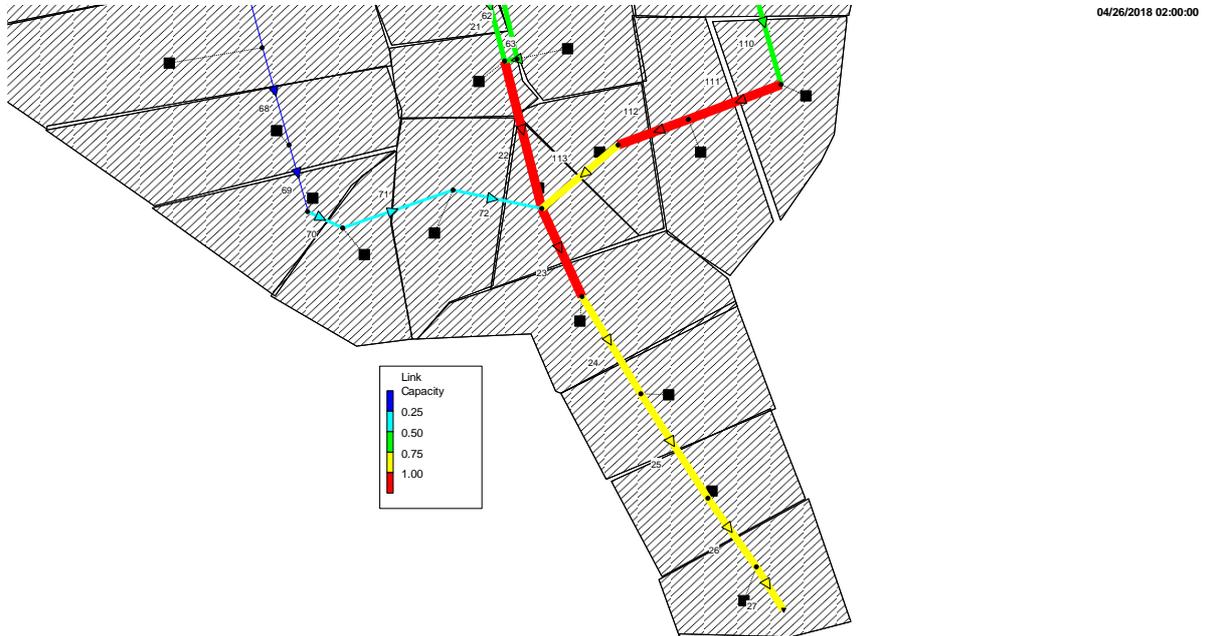


Figure V.15: Capacit é des tron çons de r éseau au bout de 02 h.

c) Hydrogrammes des d ébits dans les conduites

A titre repr ésentatif, nous choisissons les deux Tron çons de la derni ère confluence précédant l'exutoire pour repr ésenter les hydrogrammes des d ébits :

Tron çon 22 : R25-R26;

Tron çon 23 : R26-R27.

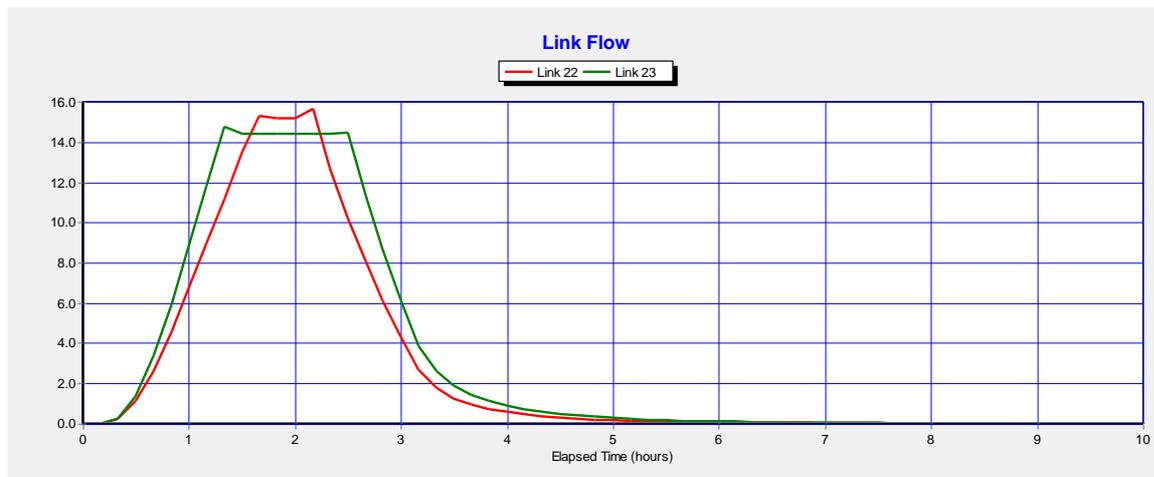


Figure V.16 : Variation des d ébits dans les deux tron çons 23 et 111.

Le d ébit de pointe dans 23 est moins par rapport au d ébit dans 22 donc il y'a une perte quelque part (en marque d ébordement).

Les d ébits de pointe des deux conduites 22 et 23 sont respectivement de $15.19 \text{ m}^3/\text{s}$ et $14.38 \text{ m}^3/\text{s}$.

d) D ébits de pointe dans le r éseau

Les d ébits des pointes dans les conduites atteintes lors de l'averse sont donn és en image fig ée de simulation de la figure suivante :

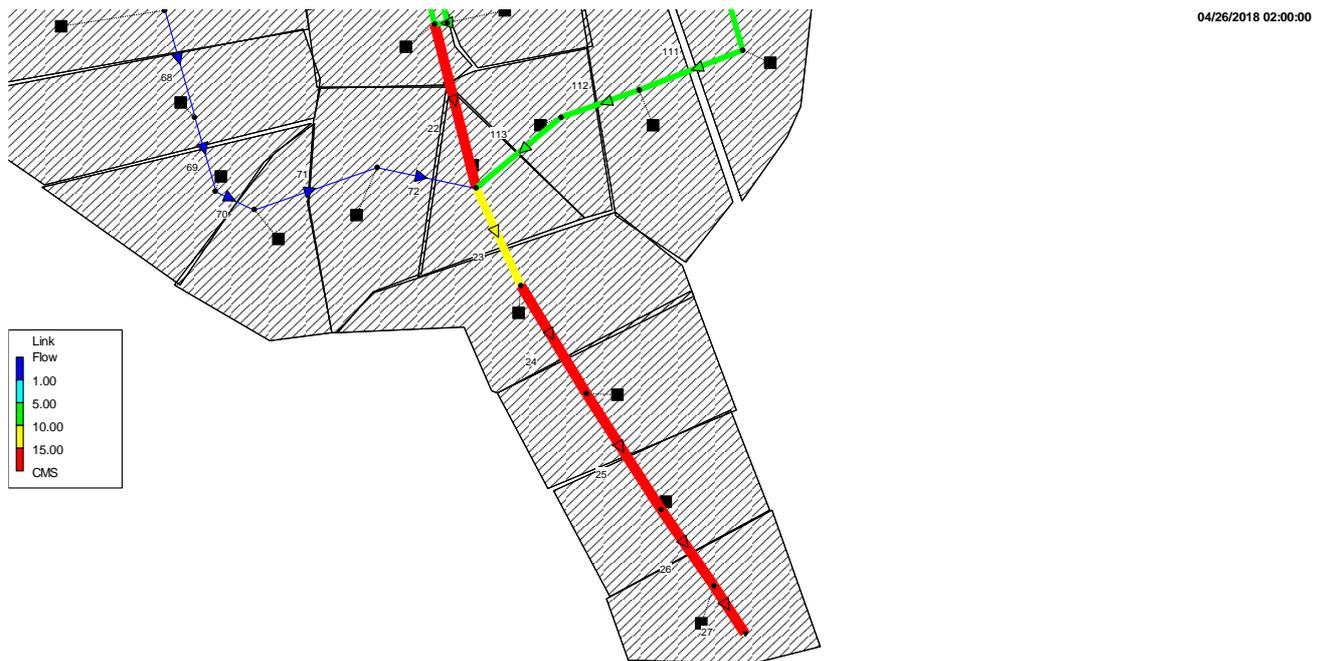


Figure V.17: D ébits de pointe dans le r éseau au bout de 02 h.

e) Vitesses d'écoulement

Il est nécessaire de vérifier les vitesses d'écoulement maximal atteint lors de l'événement pluvieux. Donc la vitesse limite est de l'ordre 10.83 m/s .

Les vitesses atteintes dans le r éseau au bout de 02 h. sont donn ées sur la figure(18).

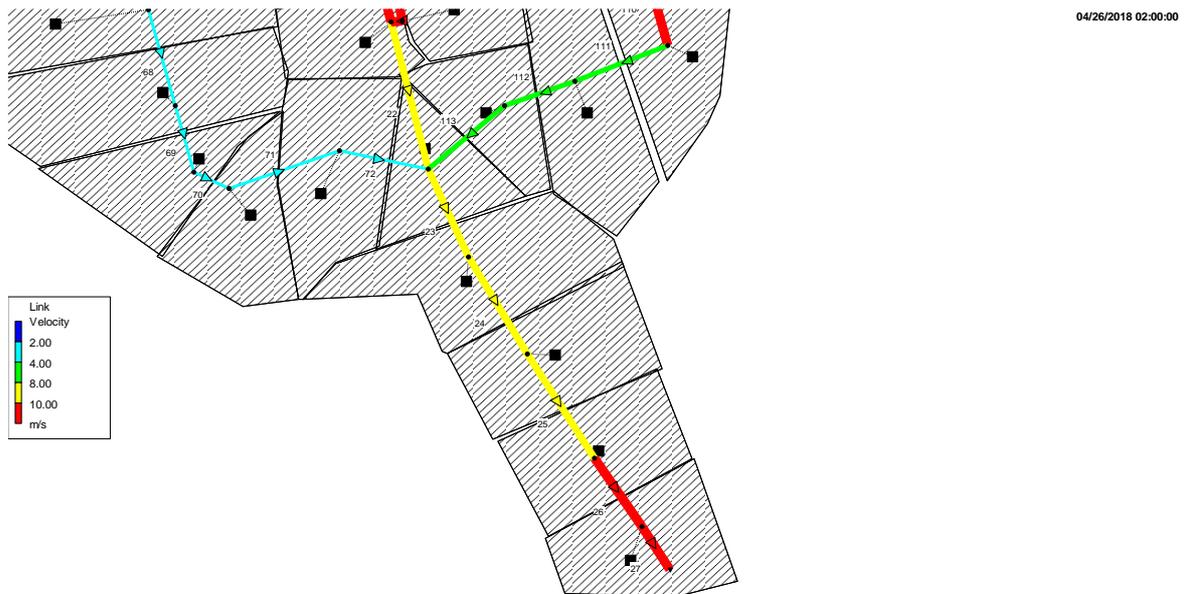


Figure V.18 : Vitesses maximales dans le r éseau au bout de 03h 15 min.

f) Régime d'écoulement

Le régime d'écoulement se distingue en fonction du nombre de Froude. Ceci permet de localiser les tronçons travaillants en régime torrentiel ou fluvial (Figure 19).

On constate alors que la plupart des tronçons sont le siège d'un régime fluvial ($F < 1$), sauf le tronçon **C3** qui port une valeur de nombre de Froude supérieure à **1** (régime torrentiel). Le passage du torrentiel au fluvial peut se manifester par un ressaut hydraulique, par conséquent des écoulements diphasiques à entraînement d'air peuvent avoir lieu, et provoquer même un dégagement des gaz dissous dans les regards de visite des eaux usées évacuées. Ces phénomènes suscitent à prévoir des dispositifs d'aération dans ces regards pour la bonne aération de l'écoulement par des événements par exemple. Donc on proposera de maintenir un dispositif d'aération aux regards surtout pour faciliter le dégagement des gaz toxiques

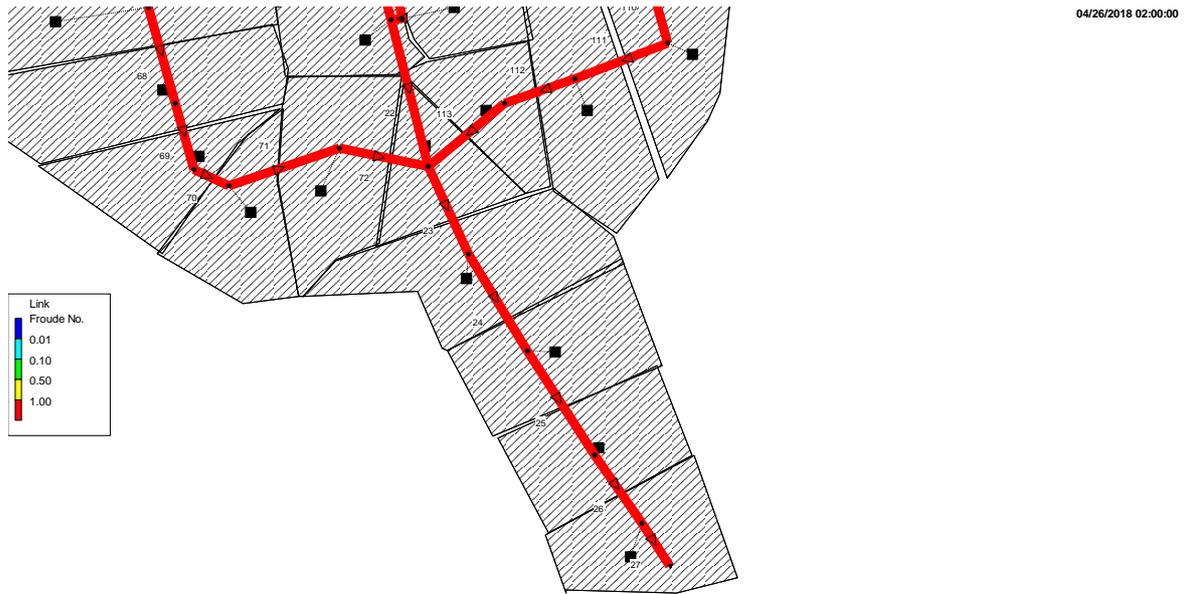


Figure V.19 : Nombre de Froude dans le r éseau au bout de 02 h.

g) Ligne d’eau dans les conduites :

La simulation est effectu ée par le mod èle complet de Saint-Venant, ceci permet une visualisation réaliste et anim ée de l’évolution de la ligne d’eau dans les conduites avec prise en compte de l’influence aval.

La ligne d’eau sur la conduite R25- Rejet est donn ée sur la figure (20).

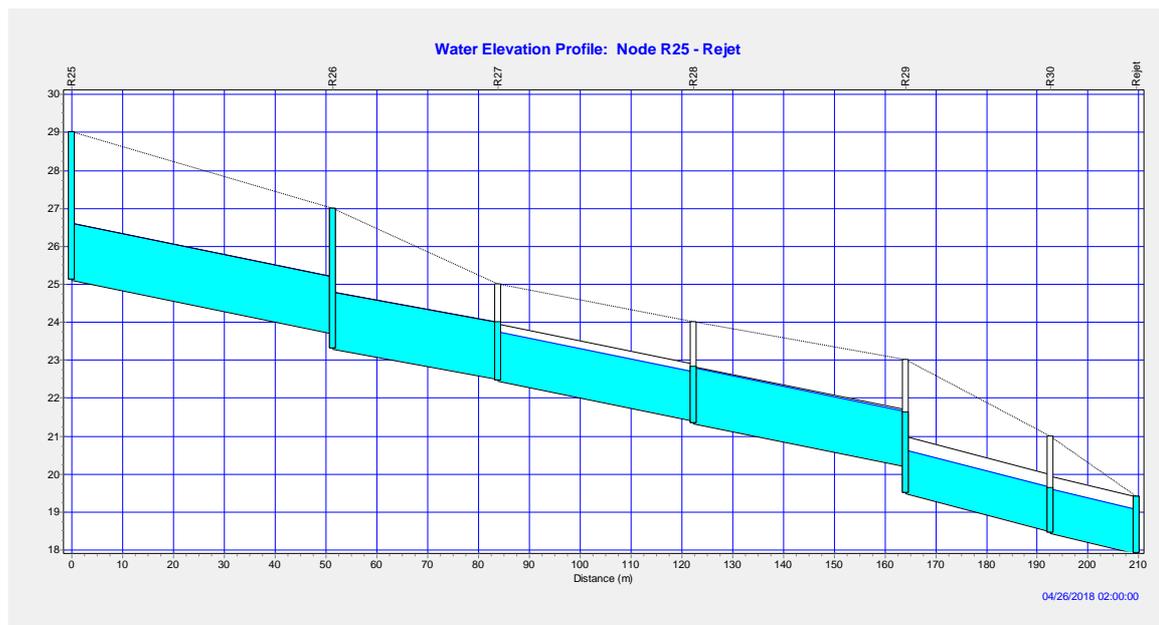


Figure V.20: Ligne d’eau (cas de pointe) en toutes les conduites 22, 23, 24, 25, 26 et 27

Pour une durée totale de pluie de 6 h, la réponse hydraulique du réseau n'est pas parfaite le logiciel SWMM5 a fait ressortir certain nombre d'insuffisance de capacité, donc débordement dans toutes les nœuds qui est provoqué par la surcharge des conduites.

f) Ruissellement sur les sous bassins :

La simulation dynamique du réseau permet de visualiser les différentes transformations et les pertes sur le bassin.

On visualiser le hystogramme à l'entrée (Figure V.21), l'hydrogramme du ruissellement (Figure V.22)

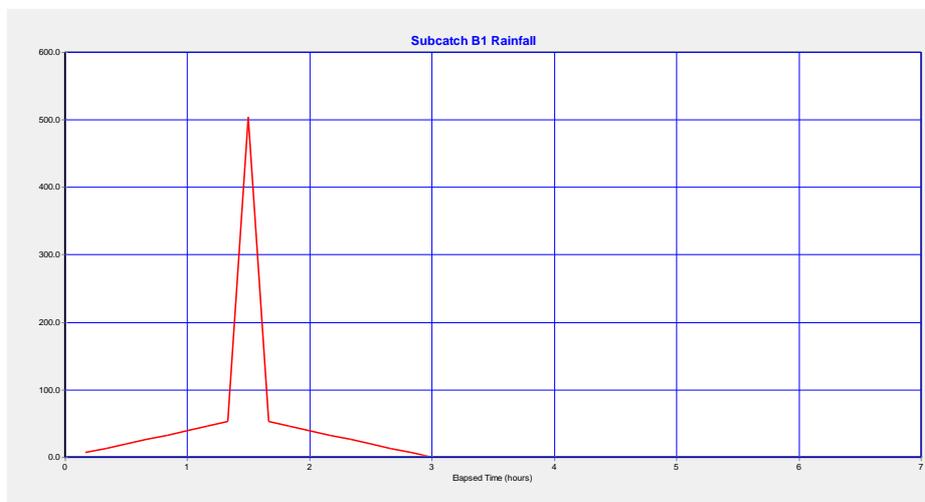


Figure V.21 : Hystogramme à l'entrée du sous bassin.

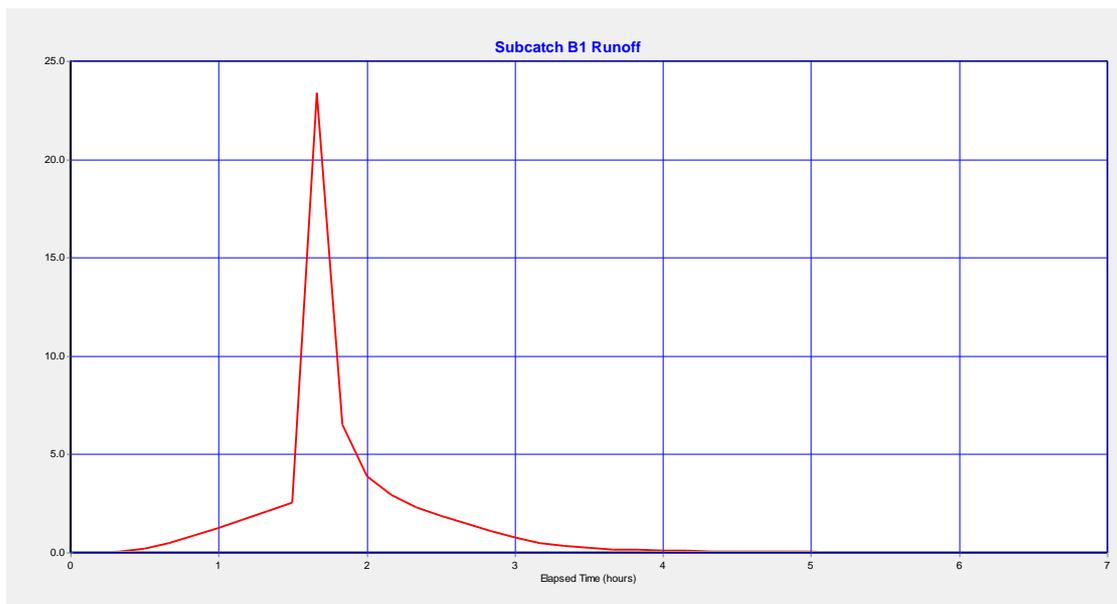


Figure V.22 : Hydrogramme de ruissellement sur le sous bassin.

V.4. CONCLUSION :

A travers ce travail, on a envisagé d'évaluer les résultats de la modélisation dans les études du réseau d'assainissement en utilisant le logiciel SWMM 5.

La simulation du réseau d'assainissement a révélé les points suivants : Le réseau en question ne répond pas aux exigences d'évacuation.

- On des eaux usées avec pluviales ;
- Dans le temps humide, on a un risque de débordement remarquable sur le réseau ;
- La rugosité des conduites augmente en fonction des dépôts, ce qui influe gravement sur l'état du réseau, en augmentant considérablement des nœuds débordés ;
- Vu le nombre important des points de débordement dans le réseau (pour la simulation dynamique), pour la même pluie, toutes les conduites sont sous dimensionnées, alors elles nécessitent l'augmentation de leurs diamètres ;
- Dans le dimensionnement des réseaux, on doit prendre en considération non seulement la population à l'horizon mais aussi le changement des surfaces perméables (diminution d'infiltration) qui provoque un excès de volume ruisselé qu'il faut l'évacuer.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Au terme de ce travail, dans lequel nous avons étudié le fonctionnement du collecteur d'assainissement de (oued zied)-wilaya de annaba a, le but était d'effectuer une modélisation et simulation numérique de la réponse du réseau. La série de simulations a été réalisée en utilisant l'un des modèles de calcul disponible qui est le logiciel EPA-SWMM. Après avoir effectué la modélisation physique du réseau en introduisant manuellement tous objets physiques nécessaires à sa caractérisation patrimoniale. La modélisation hydrologique de la transformation pluie-débit a impliqué l'utilisation des fonctions de production et de transfert appropriés dans le but de la fiabilité des résultats, ce qui n'est pas le cas pour les modèles globaux. La simulation du fonctionnement du réseau a fait ressortir les grands points suivants :

- Le réseau actuel est mal dimensionné et ne répond aux exigences hydrauliques assurant son bon fonctionnement
- Le risque de débordement est très courant, les aménagements de la zone sont mal protégés contre les désordres causés par les averses orageuses ;
- Pour un scénario de fonctionnement avec augmentation de la rugosité ($d\phi\hat{\alpha}$), le dysfonctionnement hydraulique du réseau est aggravé Ceci a provoqué plusieurs mises en charge et débordements en plus. Nous recommandons donc un curage du réseau de manière à ne pas atteindre des valeurs critiques de la rugosité pouvant causer des dégâts néfastes suite à l'insuffisance du réseau. Notre choix s'est porté sur le logiciel EPA-SWMM basé sur le modèle SWMM (*Huber et al*, 1988). EPA-SWMM est une des nombreuses interfaces qui ont été créées pour rendre l'entrée des données et l'utilisation plus conviviales. On trouve une description détaillée dans les manuels d'utilisation.

Le logiciel EPA-SWMM a été principalement choisi pour deux raisons :

- Sa puissance et sa rapidité de convergence. La propagation de l'écoulement dans les conduites est représenté par le système complet des équations de Barré De Saint Venant et des schémas de calcul performants sont utilisés ;

- Sa popularité Une large proportion des municipalités et des consultants est très familière avec EPA- SWMM ou l'une de ses interfaces.

EPA-SWMM est un modèle sophistiqué pouvant simuler qualitativement et quantitativement les écoulements dans les bassins de drainage et dans les réseaux d'assainissement, que ce soit dans les conduites, les canaux, les bassins de détention ou autres.

Suite à la conclusion de ce travail, Il est recommandé que les différentes études de réhabilitation du réseau soient faites par la simulation numérique, au lieu de la méthode classique, utilisé en générale actuellement.

Malgré que la modélisation est plus fiable et donne des résultats optimaux par rapport à la méthode classique, elle reste difficile à appliquer dans un grand nombre de réseaux urbains Algérien à cause de l'absence ou de la non fiabilité des données, surtout avec le manque des enregistrements météorologique (les pluies), et les débits émanant des averses dans le réseau, ce qui constitue une grande difficulté au concepteur pour réaliser l calage des modèles.