

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université Badji Mokhtar-Annaba



جامعة باجي مختار-عنابة

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'INGENIORAT
DÉPARTEMENT D'HYDRAULIQUE

MEMOIRE DE MASTER

DOMAINE : SCIENCE ET TECHNOLOGIE

FILIÈRE : HYDRAULIQUE

OPTION : HYDRAULIQUE URBAINE

Thème

Conception et dimensionnement d'un réseau
d'assainissement de Draa Erich et la simulation
à l'aide du logiciel Sewer-Cad

Présenté par

ZEBIRI MOHAMED AMINE

SAADANE ABDE RAHIM

Dirigé par

Dr. CHABI MONCEF

Jury de soutenance:

Nom	Prénom	Grade	Qualité	Université
Mr.LAOUACHERIA	Fares	MCA	Président	Badji Mokhtar Annaba
Mr.CHABI	Moncef	MAA	Encadreur	Badji Mokhtar Annaba
Mr.KECHIDA	Said	MCB	Examineur	Badji Mokhtar Annaba

Promotion : Juin 2019

Remerciements

Nous adressons nos plus sincères sentiments de reconnaissance et de remerciement envers le bon Dieu, le Clément et le Miséricordieux, celui qui nous a donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

*Nous exprimons toutes nos profondes reconnaissances à notre encadreur
Mr Chabi Moncef*

Pour le temps qu'il nous a accordé, sont aident scientifique, ainsi que ces précieux conseils.

Nous remercions également tous nos enseignants durant tout notre cursus et spécialement les professeurs d'hydraulique

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury qui nous font l'honneur de présider et d'examiner ce travail.

Enfin nos remerciements vont à toutes les personnes qui ont, de près ou de loin, apporté aide et encouragement.

Dédicace

*Je souhaite dédier ce travail à mon père rabi yarhmou et que dieu le bénisse dans son vaste paradis, ma mère et ma sœur qui m'ont toujours soutenus et encouragés à aller de l'avant, si aujourd'hui, je suis arrivé à achever mon parcours universitaire c'est bien grâce à eux. Je tiens également à dédicacer ce travail à tous mes enseignants qui ont assuré ma formation et en particulier à mon encadreur Mr. **Chabi Moncef** pour tout l'effort et le support qu'il m'a fourni tout au long de cette année. Et en dernier, à tous ceux qui m'ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de ce travail qu'ils trouvent ici la traduction de ma gratitude et de ma reconnaissance.*

Dédicace

*C'est grâce à Allah, seul, que j'ai pu achever ce travail. Je le dédie
à:*

*Mes très chers parents pour leur soutien et leur aide durant toute ma
période d'études, et a ami Nacer Allah yarhmou qui fessai aussi partie de
ma famille et a Rania dont je leurs doit toute ma reconnaissance et mon
respect.*

Que Dieu le tout puissant les garde en bonne santé.

ملخص

تتكون هذه الدراسة من إعطاء المراحل النظرية المختلفة ، وكذلك حسابات أبعاد المنطقة أ من درعة إريخ ، بلدية ولاية براحيل بولاية عنابة أولاً ، قدمنا دراسة عامة للدراسة المتوسطة متنوعة بتقييم لتدفق مياه الأمطار من المنطقة. بعد تحجيم شبكة الصرف الصحي التي تغطي المنطقة المدروسة ، وللحسابات الهيدروليكية وتبرير الأقطار ، يستخدم برنامج Covadis. بعد تصميم الشبكة من خلال طريقتين عقلانية وسطحية لكاكوت قدمنا معاينة على سلوك أنابيب الشبكة باستخدام برنامج المحاكاة الدورية ، باستخدام SewerCad.

كلمات البحث: شبكة الصرف الصحي ، والنمذجة الهيدروليكية ، SewerCAD

Résumé

Cette étude consiste à donner les différentes étapes théorique, aussi les calculs de dimensionnement de la zone A de Draa Erich la commune de Berrahel wilaya d'Annaba premièrement nous avons donné un aperçue générale du milieu étude suivi d'une évaluation des débite eaux pluviales de la zone. Après le dimensionnement du réseau d'assainissement qui couvre la zone étudié, et pour les calculs hydraulique et justifier les diamètres en utilise le logiciel Covadis. Après dimensionnement du réseau par les deux méthodes rationnelle et superficielle de Caquot nous avant donné un aperçu sur le comportement des canalisations du réseau à l'aide du logiciel de simulation périodique, en utilise SewerCad.

Mots clés: Réseau d'assainissement, modélisation hydraulique, SewerCAD

Abstract

This study consists in giving the different theoretical stages, also the calculations of dimensioning of the zone A of Draa Erich the commune of Berrahel wilaya of Annaba firstly we gave a general survey of the medium study followed by an evaluation of the flow of rainwater from The area. After the sizing of the sewerage network that covers the area studied, and for hydraulic calculations and justify the diameters uses Covadis software. After design of the network by the two rational and superficial methods of Caquot we gave a preview on the behavior of the mains of the network using the periodic simulation software, using SewerCad.

Keywords: Sewerage Network, Hydraulic Modeling, SewerCAD

Liste des figures

Figure I.1 : Structures fonctionnelles des réseaux et ouvrages	4
Figure I.2 : Schéma des systèmes d'évacuation du réseau d'assainissement	8
Figure I.3 : Schéma perpendiculaire	9
Figure I.4 : Schéma à déplacement latéral	10
Figure I.5 : Schéma collecteur transversal ou oblique	10
Figure I.6 : Schéma à collecteur étagé	11
Figure I.7 : Schéma de type radial	11
Figure I.8 : Boîte de branchement eaux usées	14
Figure I.9 : Schéma de passage en siphon	16
Figure I.10 : Un déversoir d'orage	17
Figure I.11 : Coupe type d'un tuyau ovoïde préfabriqué	19
Figure II.1 : Situation géographique de la ville de Draa Erich	30
Figure II.2 : Répartition mensuelle de la précipitation (en %) à la station de Berrahal	31
Figure II.3 : Direction dominante du vent et sa vitesse 3-8m/s à l'échelle horaire	32
Figure II.4 : Graphes d'ensoleillement à Annaba, El Hadjar, Berrahal	33
Figure II.5 : Localisation du périmètre de la ville nouvelle de Draa Erich	34
Figure III.1 : Représentation des courbes IDF (formule de Montana)	42
Figure IV.1 : Menu Covadis	43
Figure IV.2 : Délimitation du bassin versant avec Covadis	45
Figure IV.3 : Limite du bassin versant	45

Figure IV.4 : Construction des polygones de THIESSEN	47
Figure IV.5 : Délimitation des sous bassins versants	48
Figure IV.6 : Définition des lignes isochrones	52
Figure IV.7 : Tracé du réseau	61
Figure IV.8 : Répartition linéaire du réseau en fonction des diamètres	62
Figure IV.9 : Répartition linéaire du réseau en fonction du collecteur	62
Figure IV.10 : Répartition linéaire du réseau en fonction du diamètre	63
Figure IV.11 : Répartition linéaire du réseau en fonction du collecteur	63
Figure IV.12 : répartitions linéaire des diamètres entre les deux méthodes	64
Figure V.1 : Réseau d'assainissement sous SewerCad	65
Figure V.2 : Menu éléments	66
Figure V.2 : Menu éléments	66
Figure V.4 : Menu View	67
Figure V.5 : Menu Outil	68
Figure V.6 : Menu Rapport	68
Figure V.6 : Regard du réseau d'étude	69
Figure V.7 : Conduite du réseau d'étude	69
Figure V.7 : Sous bassin de la zone d'étude	70
Figure V.8 : le débit de ruissellement dans le Sous Bassin 1	70
Figure V.9 : Le débit, la vitesse et la hauteur au niveau du tronçon de rejet	71

Figure V.10 : Le débit, la hauteur de charge et la hauteur au niveau du rejet	71
Figure V.11 : Profile en long du R1 vers le Rejet (temps = 1h25 min)	72
Figure V.12 : Profile en long du R46-R4 (temps = 1h 25 min)	72
Figure V.13 : Profile en long du R55-R9 (temps = 1h 25 min)	72
Figure V.14 : Profile en long du R58-R11 (temps = 1h 25 min)	73
Figure V.15 : Profile en long du R67-R30 (temps=1h 25 min)	73
Figure V.16 : Profile en long du R92-R64 (temps=1h 25 min)	73
Figure V.17 : Profile en long du R94-R79 (temps=1h 25 min)	74
Figure V.18 : le débit de ruissellement dans le Sous Bassin 1	74
Figure V.19 : Le débit, la vitesse et la hauteur au niveau du tronçon de rejet	75
Figure V.20 : Le débit, la hauteur de charge et la hauteur au niveau du rejet	75
Figure V.21 : Profile en long du R1 vers le Rejet (temps=1h 25 min)	76
Figure V.22 : Profile en long du R46-R4 (temps = 1h 25 min)	76
Figure V.23 : Profile en long du R55-R9 (temps = 1h 25 min)	76
Figure V.24 : Profile en long du R58-R11 (temps=1h 25 min)	77
Figure V.25 : Profile en long du R67-R30 (temps=1h 25 min)	77
Figure V.26 : Profile en long du R92-R64 (temps=1h 25 min)	77
Figure V.27 : Profile en long du R94-R79 (temps=1h 25 min)	78

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Avantages et inconvénient de système unitaire	6
Tableau I.2 : Avantages et inconvénient de système séparatif	7
Tableau I.3 : Anomalies ponctuelles pouvant survenir au niveau des réseaux d'assainissements	22
Tableau II.1: Températures moyennes (station de Annaba: ONM-Période: 1990–2005) [Urbain]	32
Tableau III.1 : les résultats des paramètres statistique d'une série pluviométrique de la Période de (1979-2008)	38
Tableau II.2 : moyenne et écart type	39
Tableau II.3 : Paramètres d'ajustement	40
Tableau III.4 : hauteur maximale de pluie pour différentes période de retour	41
Tableau II.5 : les paramètres de la loi de MONTANA	41
Tableau II. 6 : Intensité de pluie pour différentes périodes de retour	41
Tableau IV.1 : Caractéristiques des sous bassins	49
Tableau IV.2 : caractéristiques des collecteurs	60

Liste des abréviations

A	: Surface du bassin versant, en hectares ou surface imperméabilisée brute
AUTOCAD	: logiciel de dessin
C	: Coefficient de ruissellement
Dn	: Diamètre normalisé
H	: Hauteur de pluie à l'épicentre de l'averse, en millimètres
I	: Intensité d'une averse
ONA	: Office National de l'Assainissement
PVC	: Chlorure de Polyvinyle
Q	: Débit maximal en m ³ /s au point considéré
SGBDR	: Système de Gestion de Base de Données Relationnelle
SIG	: Système d'Information Géographique
URBAN	: Centre d'Etudes et de Réalisation en Urbanisme d'Annaba
UTM	: Universal Transverse Mercator
WGS	: World Geodetic System
3D	: Trois dimensions
R.N	: Route nationale.
POS	: Plan d'occupation de sol.
ONM	: Office national de la météorologie.
Tc	: Tempe de concentration.
I	: La Pente
l/s	: litre par seconde.

Table des matières

Introduction générale.....	1
-----------------------------------	----------

Chapitre I

I.1. Introduction.....	3
I.2. Définition d'un réseau d'assainissement	3
I.2.1. Eaux usées domestiques	3
I.2.2. Eaux usées industrielles	3
I.2.3. Eaux pluviales	3
I.3. Types d'assainissement	4
I.3.1. Assainissement non collectif.....	4
I.3.2. Assainissement collectif.....	4
I.4. Systèmes d'évacuation du réseau d'assainissement.....	5
I.4.1. Les réseaux unitaires	5
I.4.2. Les réseaux séparatifs.....	6
I.4.3. Les réseaux mixtes	7
I.4.4. Les réseaux pseudo-séparatif	7
I.4.5. Choix d'un système d'évacuation	8
I.5. Choix de configuration	9
I.5.1. Schémas perpendiculaire au cours d'eau	9
I.5.2. Schémas par déplacement latéral ou à collecteur latéral.....	9
I.5.3. Schémas à collecteur transversal ou de collecte oblique.....	10
I.5.4. Schémas par zones étagées ou par intercepteur.....	10
I.5.5. Schémas à centre collecteur unique et le schéma radial.....	11
I.6. Les ouvrage de réseaux d'assainissement.....	11
I.6.1. Ouvrages principaux	12
I.6.2. Ouvrages annexes.....	12
I.6.2.1. Ouvrages de collecte en surface	12
I.6.2.2. Boîtes de branchements	13
I.6.2.3. Les regards.....	14
I.6.2.4. Bouches d'engouffrement.....	15
I.6.2.5. Passage en siphon :	15
I.6.2.6. Déversoirs d'orages :	16

I.6.2.7. Ouvrages de stockage	17
I.6.2.8 Stations de pompages/ relevage.....	17
I.7. Type de canalisations.....	18
I.7.1. En béton non armé.....	18
I.7.2. En béton armé.....	18
I.7.3. Tuyaux ovoïdes préfabriqués	18
I.7.4. Canalisations en béton à section elliptique	19
I.7.5. Dalots et conduits rectangulaires.....	20
I.7.6. Collecteurs visitables de sections particulières	20
I.7.7. Autre types de tuyaux.....	20
I.7.8. Choix de type de conduite à utiliser	22
I.8. Anomalies et dysfonctionnements du réseau.....	22
Tableau I.3 : Anomalies ponctuelles pouvant survenir au niveau des réseaux d'assainissements.....	22
I.9. Gestion des réseaux d'assainissement	24
I.9.1. Gestion et exploitation de réseau	25
I.9.1.1. La connaissance du réseau.....	25
I.9.1.2. La surveillance du réseau.....	25
I.9.1.3. Les travaux d'entretien	26
I.9.1.4. Enlèvement des dépôts	26
I.9.1.5. Détection des fuites.....	26
I.9.1.6. Détection des eaux parasites	26
I.9.1.7. Rénovation des joints et des conduites défectueuses.....	26
I.9.2. Gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement.....	27
I.9.3. Gestion informatisée des réseaux	29
I.10. Conclusion	29

Chapitre II

II.1. Introduction	30
II.2. situation géographique.....	30
II.3. Situation climatique	31
II.3.1. Climat:.....	31
II.3.2. pluviométrie:	31
II.3.3. Températures:	32

II.3.4. Les vents	32
II.3.5. Ensoleillement.....	33
II.4. Géologies	34
II.5. Conclusion.....	34

Chapitre III

III.1. Introduction	35
III.2. Présentation Des Analyses Des Données Pluviométrique	35
III.2.1. Données à échelle mensuelle	35
III.2.2. Données à échelle annuelle.....	35
III.3. Courbes –Intensité-Durée-Fréquence (IDF)	36
III.4. Analyse Analytique Des Pluies	36
III.4.1. Durée	36
III.4.2. Fréquence.....	37
III.4.3. Intensité	37
III.5. Les Pluies De Courtes Durées.....	37
III.6. Analyse Des Données Statistiques	39
III.7. Calcul Des Paramètres D’ajustement De La Série Pluviométrique.....	39
III.8. Calcul des paramètres de la formule de MONTANA	41
III.8.1. Courbe IDF	41
III.9. Conclusion	42

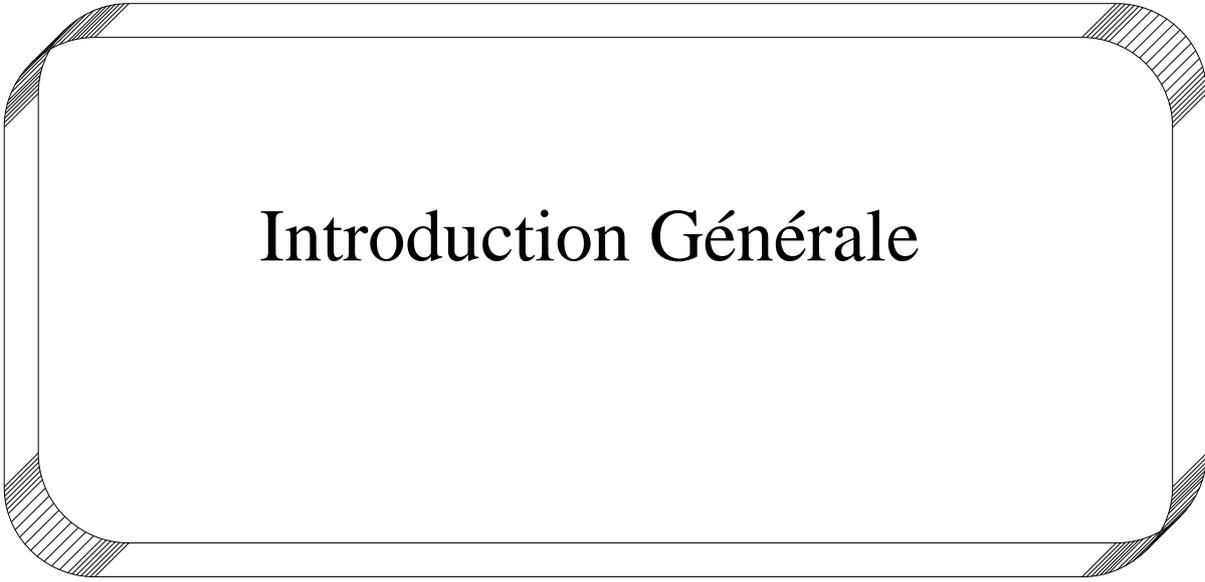
Chapitre IV

IV.1. Introduction.....	43
IV.1.2. Logiciel Covadis.....	43
IV.1.3. Etude d’assainissement avec COVADIS	44
IV.2. Le bassin versant.....	44
IV.2.1. Définition.....	44
IV.2.2. Délimitation du bassin versant [Mamoudou B et al, 2008].....	44
.....	45
IV.2.3. Calcul des paramètres du bassin versant	45
IV.2.3.1. Surface du bassin	45
IV.2.3.2. Périmètre du bassin.....	46
IV.2.3.3. La forme.....	46
IV.3. Les sous bassins versants.....	47

IV.3.1. Définition.....	47
IV.3.2. Délimitation des sous bassins versants.....	47
IV.3.2.1. Méthode des polygones de Thiessen	47
IV.3.3. Longueur et pente moyenne du bassin versant.....	48
IV.3.4. Coefficient de ruissellement	49
IV.4. Méthodologie de dimensionnement	51
IV.4.1. la méthode rationnelle	51
IV.4.1.1. hypothèse	53
IV.4.1.2. Utilisation de la formule rationnelle	54
IV.4.2. La méthode superficielle	54
IV.4.2.1. Temps de concentration	56
IV.4.2.2. Formule générale d'expression du débit maximal [Satin.M et all, 2006]	57
IV.4.2.3. Limites d'application.....	57
IV.5. Dimensionnement de la canalisation principale.....	60
IV.5.1. Tracé du réseau.....	60
IV.5.2. Résultats de dimensionnement	61
IV.5.2.1. Calculé par la méthode rationnelle	61
IV.5.2.2. Calculé par la méthode superficielle de Caquot	62
IV.6. Conclusion	63

Chapitre V

V.1. Logiciel SewerCAD	65
V.1.1. Menus SewerCad.....	65
V.1.2. Eléments hydraulique de réseau d'assainissement.....	68
V.2. Résultats de simulation	70
V.2.1. 1 ^{er} résultat (Rationnelle)	70
V.2.2. 2 ^{ème} résultat (Caquot).....	74
V.3. Conclusion	77
Conclusion générale	79



Introduction Générale

Introduction générale

L'eau sur la terre c'est la vie. C'est un bien commun à toute la population, mais, aussi il est du devoir de chacun de protéger et de veiller à une utilisation plus rationnelle de cette ressource dans l'intérêt de tout le monde.

Depuis l'antiquité l'homme a toujours chercher des méthodes pour son évaluation pour mieux vivre et bien organiser sa vie .parmi ces méthodes d'évaluation les technique d'urbanisation dont l'assainissement sont les plus remarquable.

En effet en Algérie le problème de l'assainissement se pose dans toutes les régions, à savoir l'étendu de la surface et la dispersion des tissus urbain.

L'assainissement d'une agglomération a pour but de garantir l'évacuation des eaux usées et pluviales dans des conditions favorables afin d'éviter les problèmes de santé et d'hygiène, les inondations et les menaces sur les nappes phréatiques ensuite de procéder à leur traitement avant leur rejet dans le milieu naturel par des modes compatibles avec les exigences de la santé publique et de l'environnement.

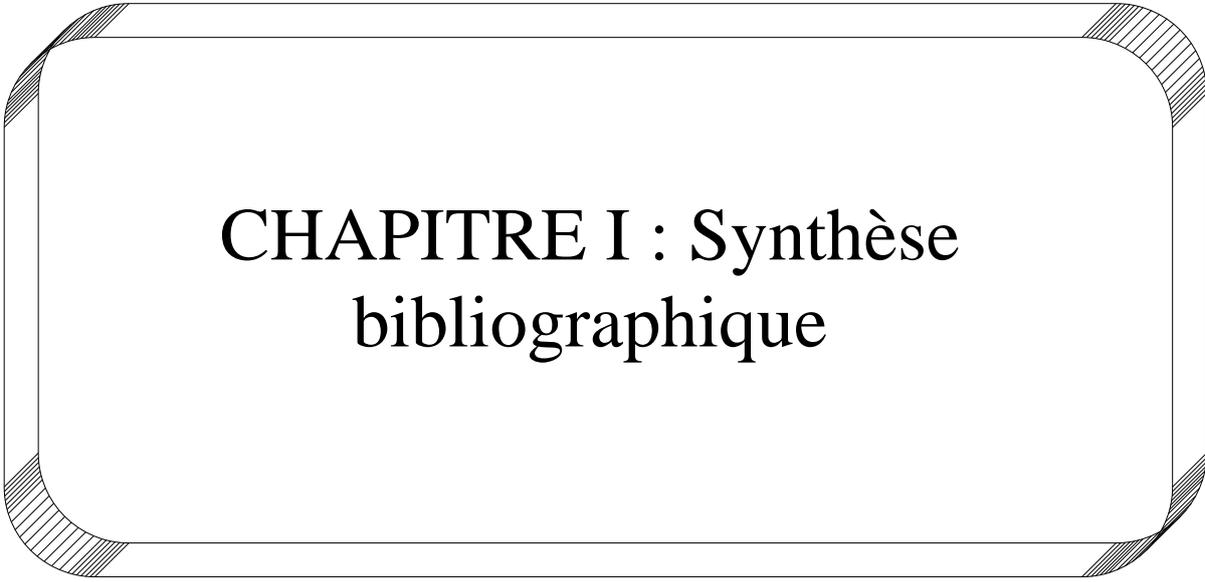
En fonction du plan d'occupation du sol de la zone citée, une étude d'un réseau d'assainissement sera projeté ; elle fera appel à une démarche permettant d'entreprendre la conception et le dimensionnement du réseau avec tous les calculs hydrauliques nécessaires afin d'assurer un fonctionnement hydraulique sans défaillances à court et à long terme.

Les calcule hydrauliques du réseau projetée sont exécutés à l'aide des logiciels Covadis, et pour une simulation d'une pluie on utilisant le logiciel SewerCad.

Notre étude est répartie en 05 chapitres présentant toutes les étapes d'élaboration d'un projet d'assainissement urbain. L'algorithmme suivi a consisté :

- Une synthèse bibliographique sur les types de réseaux d'assainissement, ainsi les différents schémas d'évacuation et enfin les ouvrages constituant le réseau ;
- la reconnaissance du site d'après les plans d'occupation du sol à long terme de notre agglomération, ce qui a permis la collecte de données ;

- l'étude hydrologiques de la série pluviométrique d'une station métrologique ce qui a permis de déterminer les paramètres climatiques de notre région et l'intensité des eaux pluviales ;
- l'étude des caractéristiques physiques des sous bassin et la quantification du débit des eaux pluviales à évacuer par la méthode rationnelle et superficielle de Caout ce qui permet de dimensionner les diamètres du réseau.
- La simulation à l'aide du logiciel Sewercad d'une pluie de 20 ans sur une durée de 2 heures a présenté les variations des hauteurs d'eau au niveau des collecteurs dimensionnés par les deux méthodes précédentes.



**CHAPITRE I : Synthèse
bibliographique**

I.1. Introduction

L'assainissement comprend l'évacuation et le traitement des eaux et des solides usagers. Ces matières incluent les eaux de pluies, de drainage, de lavage, les eaux usées et /ou provenant de toilettes, les excréments, et les déchets solides ; ces derniers ont différentes origines (domestique, agricole, industrielle, médicale ...) Ce chapitre synthétise les notions fondamentales relatives aux réseaux d'assainissement et leur gestion en milieu urbain.

I.2. Définition d'un réseau d'assainissement

Le réseau d'assainissement est l'ensemble des ouvrages qui permettent d'évacuer les eaux usées vers les stations d'épuration afin de subir un traitement, avant leur rejet dans le milieu récepteur Les eaux usées peuvent être subdivisées en trois catégories (figure I.1)

I.2.1. Eaux usées domestiques

Elles se répartissent en : eaux ménagères (provenant des douches et de cuisine. De par leur provenance, ces eaux sont chargées de détergents, graisses, solvants, débris organiques, etc.) Et eaux vannes ou de W.C. qui sont chargées de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux.

I.2.2. Eaux usées industrielles

Leurs caractéristiques varient d'une unité industrielle à l'autre. En plus de matières organiques azotées ou phosphorées, ces eaux peuvent contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des hydrocarbures, etc. Elles peuvent être mélangées aux eaux domestiques lorsqu'elles ne présentent pas de dangers pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des usines de dépollution.

I.2.3. Eaux pluviales

Elles peuvent être contaminées par les polluants atmosphériques (dioxyde de soufre, oxyde d'azote, etc.) dû aux activités anthropogéniques. Par ailleurs, en ruisselant, ces eaux se chargent de résidus des toits et chaussées (huile de vidange, carburants, etc.).

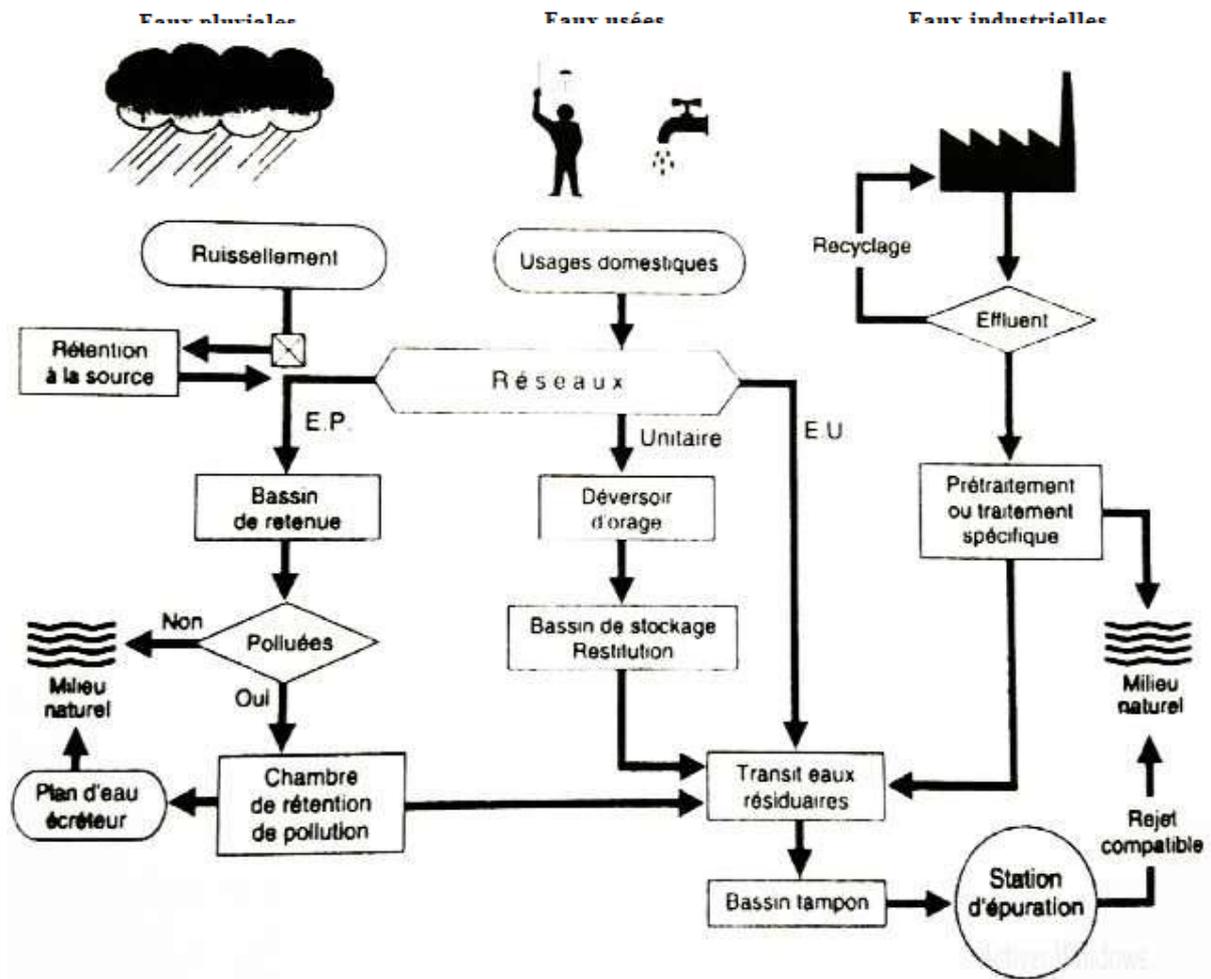


Figure I.1 : Structures fonctionnelles des réseaux et ouvrages.

I.3. Types d'assainissement

Selon la nature de l'habitat et le choix de la collectivité, on distingue deux types d'assainissement : Assainissement non collectif et assainissement collectif.

I.3.1. Assainissement non collectif

Pour une zone d'habitats dispersés, des systèmes d'assainissement sont mis en place pour chaque habitat (assainissement individuel) ou pour un groupe d'habitations

(Assainissement Autonome).

I.3.2. Assainissement collectif

L'assainissement collectif désigne le système d'assainissement dans lequel les eaux usées sont collectées et acheminées vers une station d'épuration pour y être traitées avant d'être

rejetées dans le milieu naturel. Ce type d'assainissement comprend les réseaux de collecte et les équipements de traitement (la station d'épuration).

En zone urbaine ou d'habitats regroupés, les eaux usées sont collectées dans un réseau d'assainissement et drainées vers une station d'épuration où elles sont traitées avant tout rejet dans l'environnement.

I.4. Systèmes d'évacuation du réseau d'assainissement

S'il est relativement facile de prévoir et de contrôler les volumes d'eaux usées domestiques, il en va tout autrement des eaux pluviales. Il existe deux types fondamentaux de réseaux de collecte (figure I.2) :

-Les réseaux unitaires ;

- Les réseaux séparatifs ;

En outre, il existe aussi des systèmes intermédiaires appelés pseudo-séparatif, système spécial et le système mixte.

I.4.1. Les réseaux unitaires

C'est-à-dire l'évacuation de l'ensemble des eaux usées et pluviales par un unique réseau, généralement équipé de déversoirs d'orage, de vannages, etc., permettant, en cas de pluies intenses, le rejet par surverse d'une partie des eaux, dirigées par un évacuateur vers le milieu naturel soit directement, soit après un traitement spécifique.

Le système unitaire s'impose de fait lorsqu'il n'y a plus de possibilité de concevoir économiquement un réseau séparatif et une reprise des branchements particuliers. Il serait également souhaitable lorsque l'urbanisation d'un secteur est en perpétuelle transformation.

Tableau I.1 : Avantages et inconvénient de système unitaire

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">-conception simple : un seul collecteur, un seul branchement par immeuble.- encombrement réduit du sous-sol.- à priori économique (dimensionnement moyen imposé par les seules eaux pluviales).- aspect traditionnel, dans l'évolution historique des cités.- pas de risque d'inversion de branchement.	<ul style="list-style-type: none">- débit à la station d'épuration très variable.- lors d'un orage, les eaux usées sont diluées par les eaux pluviales.- apport de sable important à la station d'épuration.- acheminement d'un flot de pollution assez important lors des premières pluies après une période sèche.- rejet direct vers le milieu récepteur du mélange " eaux usées

I.4.2. Les réseaux séparatifs

Le réseau séparatif consiste à spécialiser chaque réseau selon la nature des effluents.

Un réseau est affecté à l'évacuation des eaux usées domestiques (eaux vannes et eaux ménagères) et des effluents industriels, sous la condition qu'ils aient des caractéristiques analogues à celles des eaux domestiques. Un autre réseau assure l'évacuation des eaux pluviales directement rejetées dans le milieu récepteur. L'origine du système séparatif est liée à la création des stations d'épuration : l'on pensait alors les alimenter avec les seules eaux usées domestiques, sans eaux parasites et sans mauvais branchements.

Tableau I.2 : Avantages et inconvénient de système séparatif

Avantages	Inconvénients
- diminution du diamètre moyen du réseau de collecte des eaux usées. - exploitation plus facile de la station d'épuration. - meilleure préservation de l'environnement des flux polluants domestiques. - certains coûts d'exploitation sont limités (relevage des effluents notamment).	- encombrement important du sous-sol. - coût d'investissement élevé. - risque important d'erreur de branchement.

I.4.3. Les réseaux mixtes

Désignant communément des réseaux constitués, selon les zones d'habitation, en partie en système unitaire et en partie en système séparatif.

I.4.4. Les réseaux pseudo-séparatif

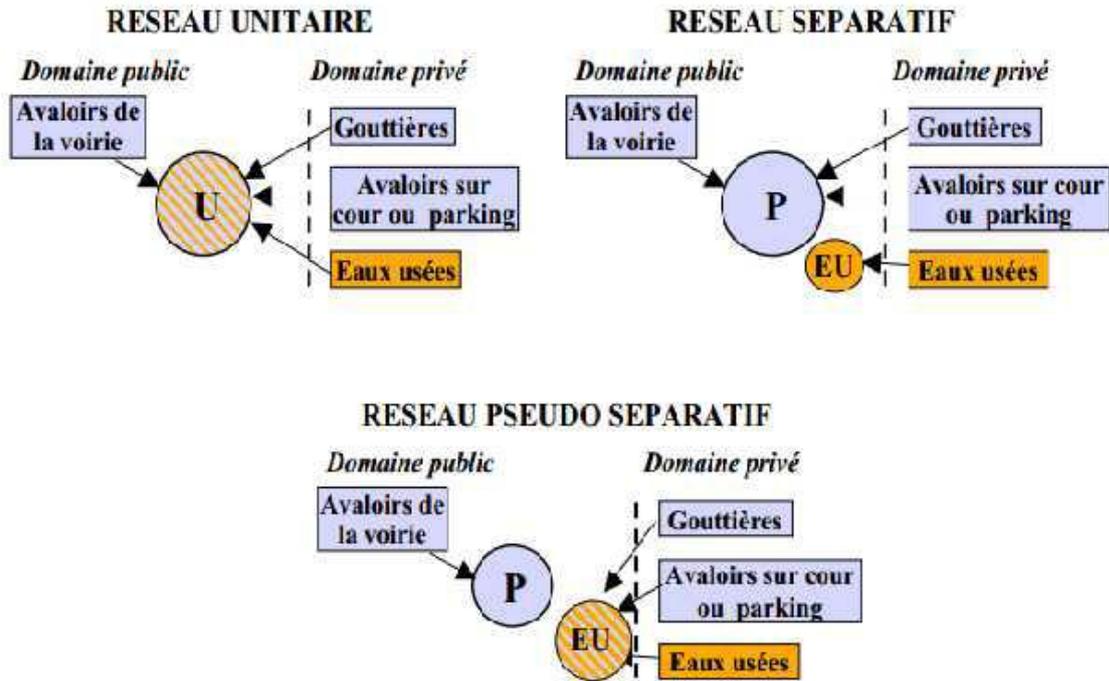
C'est un système dans lequel on divise les apports d'eaux pluviales en deux parties :

- L'une provenant uniquement des surfaces de voirie, et qui s'écoule par des ouvrages particuliers déjà conçus pour cet objet par les services de la voirie municipale

(Caniveaux, Aqueducs, Fossés avec évacuations directes dans la nature).

- L'autre provenant des toitures et cours intérieures qui sont raccordées au réseau d'assainissement, à l'aide des mêmes branchements que ceux des eaux usées domestiques. On regroupe ainsi les évacuations des eaux d'un même immeuble.

Ce système a été retenu dans de nombreuses zones suburbaines ou les habitations sont relativement proches les unes des autres (centres d'agglomérations implantées en secteur rural, par exemple)



U : unitaire, P : eaux pluviales, EU : eaux usées

Figure I.2 : Schéma des systèmes d'évacuation du réseau d'assainissement

I.4.5. Choix d'un système d'évacuation

On pourra établir un réseau en système séparatif ou pseudo-séparatif dans les cas suivants :

- La topographie impose de très faibles pentes (diminution, voire suppression des postes de relèvement) ;
- La densité de l'habitat permet de laisser, au moins provisoirement, les eaux pluviales ruisseler sur la chaussée sur de grandes longueurs (zones d'extension), ou bien de nombreux cours d'eau sillonnent l'agglomération (réduction et même suppression du réseau pluvial).
- L'existence d'un ancien réseau non utilisable en système unitaire (manque d'étanchéité, par exemple) diminue l'importance du réseau pluvial ou, mieux, le supprime.

En revanche, le système unitaire peut être admis dans les cas suivants :

- L'agglomération dense dispose de fortes pentes et le milieu récepteur admet les eaux de déversoirs d'orage ;

- Le milieu récepteur est sensible à la pollution par les premiers débits pluviaux ; dans ce cas, même les déversoirs devraient être limités, et un bassin d'orage serait nécessaire à la station d'épuration.

I.5. Choix de configuration

Bien que les réseaux d'évacuation revêtent des dispositions très diverses selon le système choisi et les contraintes, leur schéma se rapproche le plus souvent de l'un des cinq types suivants.

I.5.1. Schémas perpendiculaire au cours d'eau

Avec ses multiples débouchés, transversalement à la rivière, et l'orientation de ses artères dans le sens des pentes, il représente le prototype des réseaux pluviaux en système séparatif. C'est aussi trop souvent celui des villes et des communes rurales qui ne se préoccupent que de l'évacuation par les voies les plus économiques et les plus rapides, sans avoir le souci d'un assainissement efficace des eaux rejetées (figure I.3).

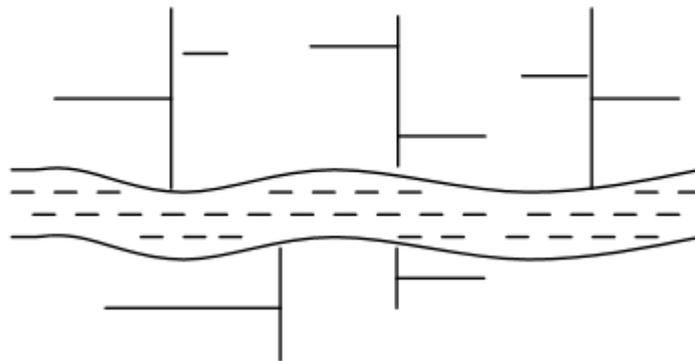


Figure I.3 : Schéma perpendiculaire

I.5.2. Schémas par déplacement latéral ou à collecteur latéral

Il est le plus simple par rapport aux systèmes qui reportent le déversement de l'effluent à l'aval de l'agglomération. Dans ce but, il reprend l'ensemble des eaux débouchant par les artères perpendiculaires au moyen d'un collecteur de berge. Mais ce dispositif, par son défaut de pente, peut entraver le recours à l'écoulement gravitaire (figure I.4).

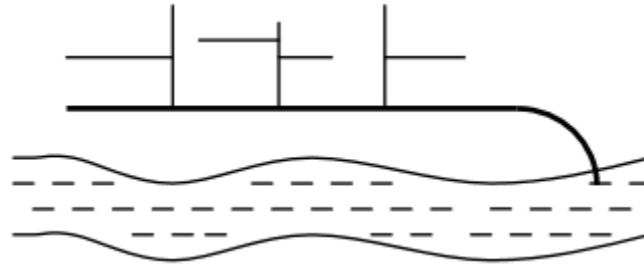


Figure I.4 : Schéma à déplacement latéral

I.5.3. Schémas à collecteur transversal ou de collecte oblique

Il comporte des réseaux secondaires ramifiés sur le ou les collecteurs principaux. Ceux-ci disposent ainsi d'une pente plus forte et permettent de reporter facilement, par simple gravité, l'ensemble des effluents plus loin à l'aval que dans le dispositif précédent (figure I.5).

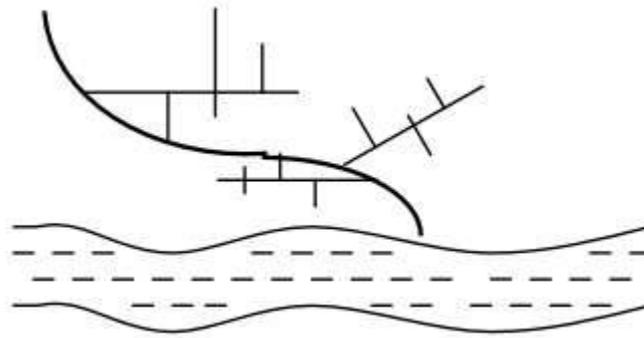


Figure I.5 : Schéma collecteur transversal ou oblique

I.5.4. Schémas par zones étagées ou par intercepteur

Il s'apparente au schéma par déplacement latéral avec une multiplication des collecteurs longitudinaux ou obliques dans la rivière. Chacun des bassins de collecte de l'agglomération dispose ainsi d'un collecteur principal indépendant. Les collecteurs bas, qui sont généralement à faible pente et dont l'effluent doit souvent faire l'objet de relèvement, se trouvent alors soulagés des apports des bassins en amont. Les collecteurs à mi-hauteur du versant, appelés intercepteurs, peuvent être réalisés initialement ou a posteriori, dans le cadre d'une restructuration, et sont au contraire plus faciles à projeter parce que la pente du terrain est plus forte (figure I.6).

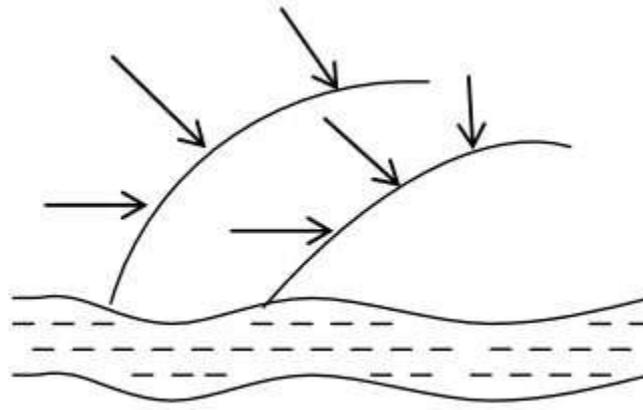


Figure I.6 : Schéma à collecteur étagé

I.5.5. Schémas à centre collecteur unique et le schéma radial

Selon que le réseau converge sur un ou plusieurs points bas de l'agglomération, où il est possible de reprendre l'effluent pour le relever ou le refouler dans des émissaires importants de transport à distance, ces schémas s'appliquent plus particulièrement aux zones uniformément plates. Ils permettent de donner artificiellement la pente suffisante aux canalisations. Le système séparatif s'y révèle tout indiqué, ne serait-ce qu'en raison de l'importance ou de la multiplicité des relèvements que ces schémas nécessitent, sous réserve toutefois que l'évacuation des eaux pluviales n'implique pas elle-même des sujétions semblables (figure I.7).

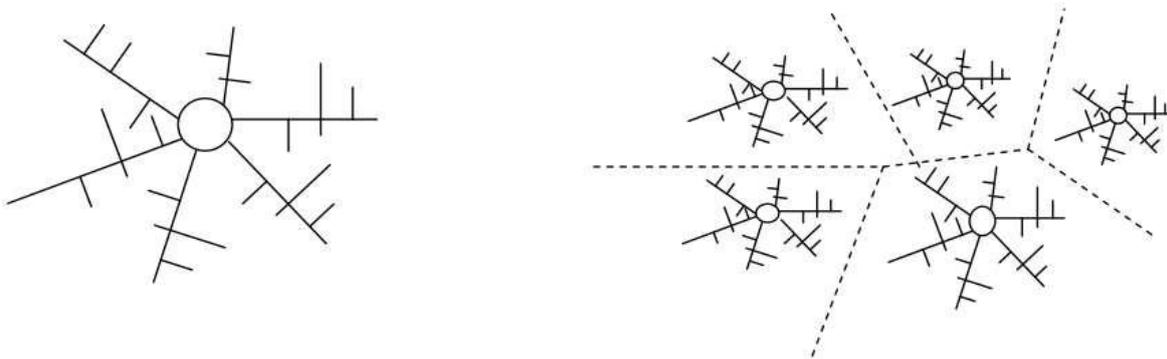


Figure I.7 : Schéma de type radial

I.6. Les ouvrages de réseaux d'assainissement

Le réseau d'assainissement se subdivise en deux ouvrages :

- Ouvrages principaux ;

- Ouvrages annexes.

I.6.1. Ouvrages principaux

Les ouvrages principaux correspondent au développement de l'ensemble du réseau jusqu'à l'évacuation à l'exutoire et l'entrée des effluents dans la station d'épuration ; ces tuyaux se présentent par tronçons de diamètre croissant de l'amont vers l'aval ; suivant la grandeur de leur section, on les classe ainsi :

- Collecteur principal, pour les grands diamètres supérieurs à $\varnothing 800$;
- Collecteur secondaire, pour les diamètres compris entre $\varnothing 400$ et $\varnothing 800$;
- Collecteur tertiaire, pour les diamètres inférieurs ou égaux à $\varnothing 300$.

I.6.2. Ouvrages annexes

Pour raisons constructives et d'entretiens, et pour l'exploitation rationnelles des réseaux d'égout, les ouvrages annexes le long des collecteurs y sont indispensables (bouche d'égout, regard de visite, branchement...etc.).

I.6.2.1. Ouvrages de collecte en surface

Les ouvrages de collecte en surface sont destinés, en général, aux eaux pluviales. On en distingue deux catégories : les ouvrages de collecte et de transport tels que les fossés, gargouilles, caniveaux ; les ouvrages d'engouffrement, en tête et sur le cours du réseau principal tels que les bouches, avaloirs, grilles.

- **Fossés :**

Les fossés étaient principalement destinés à la collecte des eaux provenant des chaussées en milieu rural qui, depuis peu, rentrent dans les dispositions dites alternatives à la solution par tuyaux. Suivant les caractéristiques du relief, ils sont soit des ouvrages de transport à faible pente, soit des ouvrages de retenue, soit des ouvrages de stockage des eaux.

Il faut procéder à un entretien périodique, afin de les débarrasser des produits décantés qui peuvent s'y accumuler et provoquer, notamment, des odeurs de fermentation.

- **Gargouille :**

Ont une fonction de liaison entre les descentes de gouttières et les caniveaux, évitant ainsi les ruissellements désordonnés sur les trottoirs.

Les gargouilles sont envisageables avec un système qui fait appel au drainage en surface. Ces eaux pluviales des toitures, cours intérieures, etc., sont évacuées vers le caniveau jusqu'à la bouche d'engouffrement ; on obtient ainsi une séparation contrôlée des sorties eaux pluviales et, par ailleurs, eaux usées.

- **Caniveaux :**

Les caniveaux, annexes de la voirie en bordure du trottoir, sont destinés à recevoir les eaux de ruissellement et de gouttières via des gargouilles, et assurent le transport en surface des eaux pluviales jusqu'aux bouches et avaloir. Leur utilisation est également nécessaire aux ruptures de pentes des espaces revêtus (parking ...) ; selon l'importance, ils peuvent être constitués d'ouvrages longitudinal équipé de grilles ou de fente type Saujon, plus économique et bien adaptée aux voies urbaines express, à la fragilité des grilles...

I.6.2.2. Boîtes de branchements

Les boîtes de branchements qui sont en fait des mini-regards, qui permettent le raccordement des canalisations intérieures collectant les eaux vannes et ménagères avec le branchement au réseau (figure I.8). De même, en ce qui concerne les boîtes de pied de chute d'eaux pluviales. Ces boîtes de branchement assurent également un accès de contrôle et d'évacuation.

On appelle généralement boîte de branchement le regard borgne sur le réseau de collecte non visitable qui reçoit un branchement d'immeuble.

Les techniques précédentes conduisaient à des ouvrages de toutes dimensions, avec accordement en cunette, culotte, boîte hermétique, siphon disconnecteur... de toute nature, le plus souvent coulés en place, et jointoiment au mortier de ciment. Les techniques actuelles visent à une standardisation de ces ouvrages et à l'utilisation plus importante d'éléments constitutifs industrialisés à joints souples.

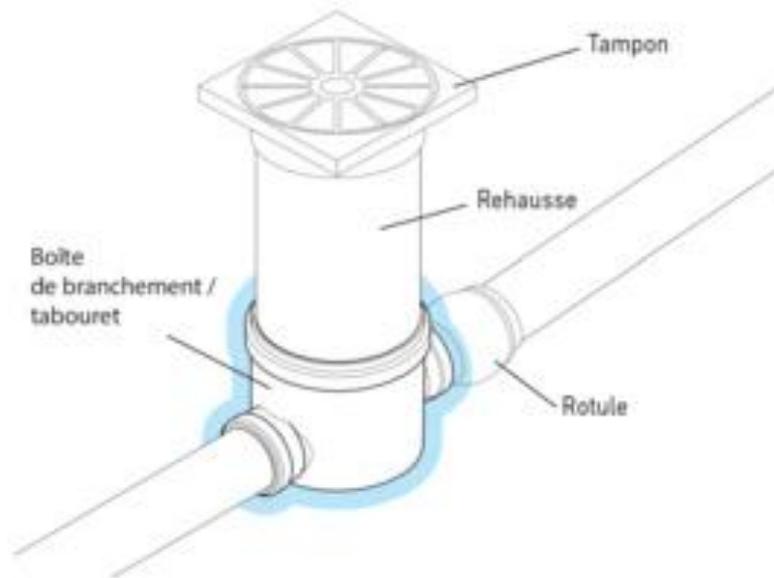


Figure I.8 : Boîte de branchement eaux usées

I.6.2.3. Les regards

Les regards sont les ouvrages d'accès au réseau, qui permettent d'assurer l'entretien et la surveillance, ils assurent aussi l'aération du réseau, ils comportent en partie supérieure, un dispositif de fermeture constitué d'un cadre et d'un tampon.

Différents types de regards. On peut citer :

- **Regards de visite**

Pour pouvoir effectuer l'entretien et le curage régulier des canalisations, on prévoit les regards de visite assez rapprochés, ils permettent l'accès à l'ouvrage l'installation d'appareil de ramonage et d'extraction, la cuvette à un diamètre égale à celui de collecteur, c'est le type de regard le plus fréquemment construite.

- **Regards de jonction**

Destiner à éviter le raccordement à angle droit d'une canalisation latérale pour favorisé les écoulements en diminuons les pertes de charge. Il sert à unir de conduite de même ou de différents diamètres.

- **Regards de chasse :**

Ceux-ci jouent le rôle des réservoirs périodiques. Ils envoient un volume d'eau important dans la canalisation pour entraîner tous les éléments qui sont disposés et qui risquent d'obturés la conduite lorsque la pente d'écoulement n'est pas suffisante.

- **Regards de chute :**

Les regards de chute sont très utilisés dans le cas où le terrain d'une agglomération est trop accidenté. Ils servent à créer un décrochement dans le profil on long du collecteur de tronçon et à éviter les grandes excavations, donc les grandes profondeurs d'ouvrage, ceci en respectant les pentes motrices. On distingue deux types de chute :

- La chute verticale profonde.

- La chute Toboggan

I.6.2.4. Bouches d'engouffrement

Les bouches d'engouffrement sont destinées exclusivement à collecter les eaux en surface. Elles sont généralement disposées aux points bas des aires revêtues (parkings, espaces minéralisés) ou réparties sur les tronçons de voiries ou aux carrefours. En bordure, elles sont placées soit sous les trottoirs si celles-ci ont des dimensions suffisantes, soit sous les caniveaux et bords de chaussée dans le cas contraire.

Elles peuvent être classées selon deux critères principaux : la manière de recueillir les eaux et la manière dont les matières sont retenues.

La classification en deux groupes principaux, adoptée dans le fascicule 70 relatif aux travaux d'assainissement, est à prendre en compte

I.6.2.5. Passage en siphon :

Le passage en siphon se réalise dans le cas de franchissement d'obstacles : cours d'eau, routes ou voies ferrées encaissées avec des puits verticaux ou inclinés ou mixtes

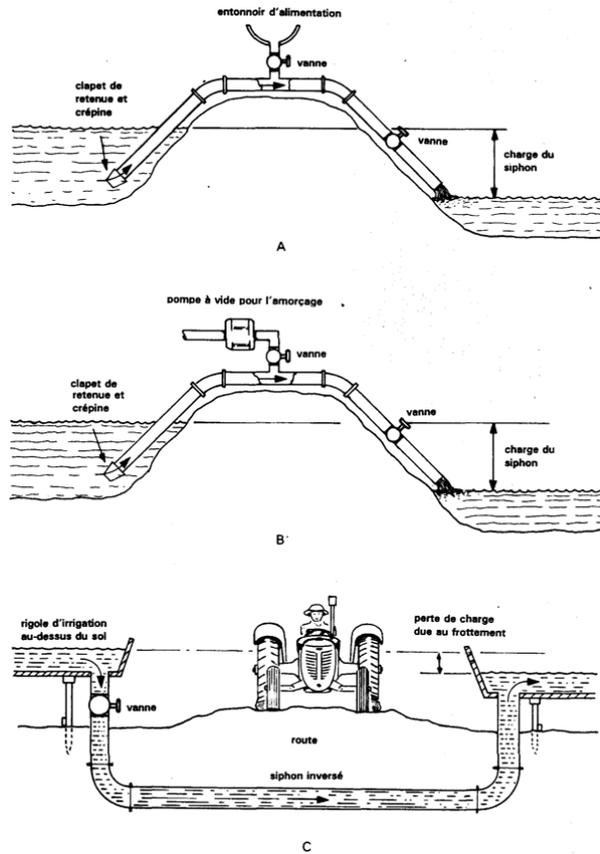


Figure I.9 : Schéma de passage en siphon

I.6.2.6. Déversoirs d'orages :

Les déversoirs d'orages sont destinés à évacuer, en cas d'orages, le débit supplémentaire transitant dans les collecteurs, ces ouvrages acheminent directement les eaux vers le milieu naturel. En outre, la station d'épuration ne peut accepter qu'un débit d'eau concentré équivalent aux maximums de 3 à 4 fois par temps sec (figure I.10).

Un déversoir est par conséquent, un ouvrage conçu à décharger le réseau d'une certaine quantité d'eau pluviale de façon à réagir sur l'économie des projets en réduisant les dimensions du réseau aval. On distingue plusieurs types des déversoirs :

- Les déversoirs à seuil latéral.
- Les déversoirs à seuil frontal.
- Les déversoirs avec ouverture du fond.
- Les déversoirs siphonoïdes.
- Les déversoirs automatiques.



Figure I.10 : Un déversoir d'orage

I.6.2.7. Ouvrages de stockage

- **Bassin d'orage ou bassin de pollution**

Ouvrage intercalé sur le réseau ayant pour objectif de limiter les rejets en polluants dans le milieu récepteur. Il répond à un objectif de qualité du milieu récepteur.

- **Bassin de retenue**

Ouvrage intercalé sur le réseau ayant pour objectif d'empêcher en cas de forte pluie le débordement du réseau et les inondations des propriétés riveraines. Il répond à un objectif purement hydraulique.

I.6.2.8 Stations de pompages/ relevage

Les stations de pompage sont destinées en assainissement, à élever les eaux d'un niveau à un autre, soit pour le franchissement d'un obstacle, soit pour modifier des tracés devenus économiquement inacceptables en réseau gravitaire, ou en raison de conditions incompatibles avec les données d'aval.

- Une bêche de stockage temporaire ou de reprise des effluents, équipée, normalement, en amont, d'un dégrillage et d'une chambre de dessablement, ce qui est souhaitable pour limiter les effets abrasifs et assurer la pérennité des matériels hydroélectriques ;
- Un ensemble hydroélectrique constitué d'une ou de plusieurs motopompes, immergées ou non, des tuyauteries et appareillages nécessaires à l'exhaure des effluents.

I.7. Type de canalisations

Il existe plusieurs types de conduites qui diffèrent suivant leur matériau constitutif et leur destination.

I.7.1. En béton non armé

Les tuyaux en béton non armé sont fabriqués mécaniquement par un procédé assurant une compacité élevée du béton. La longueur utile ne doit pas dépasser 2,50 m.

Les industriels en maintenant l'homogénéité de leur fabrication, produisent actuellement des tuyaux en béton non armé dans trois classes : 60 B, 90 B et 135 B, correspondant à une charge minimale à l'écrasement rapportée à la surface diamétrale intérieure de 60, 90 ou 135 KN/m².

I.7.2. En béton armé

Les tuyaux en béton armé sont fabriqués mécaniquement par un procédé assurant une compacité élevée du béton.

Pour pouvoir être dit « armé », un tuyau doit comporter deux séries d'armatures :

- Des barres droites, appelées génératrices ;
- Des spires en hélice continues, d'un pas régulier maximal de 15 cm.

I.7.3. Tuyaux ovoïdes préfabriqués

Cette forme de conduite (Figure I.11) a été mise en point afin d'obtenir une vitesse d'écoulement en fonction du remplissage la moins variable possible. La longueur utile est d'au moins 1 m. Ils sont à joint à emboîtement mi- épaisseur ou à tulipe.

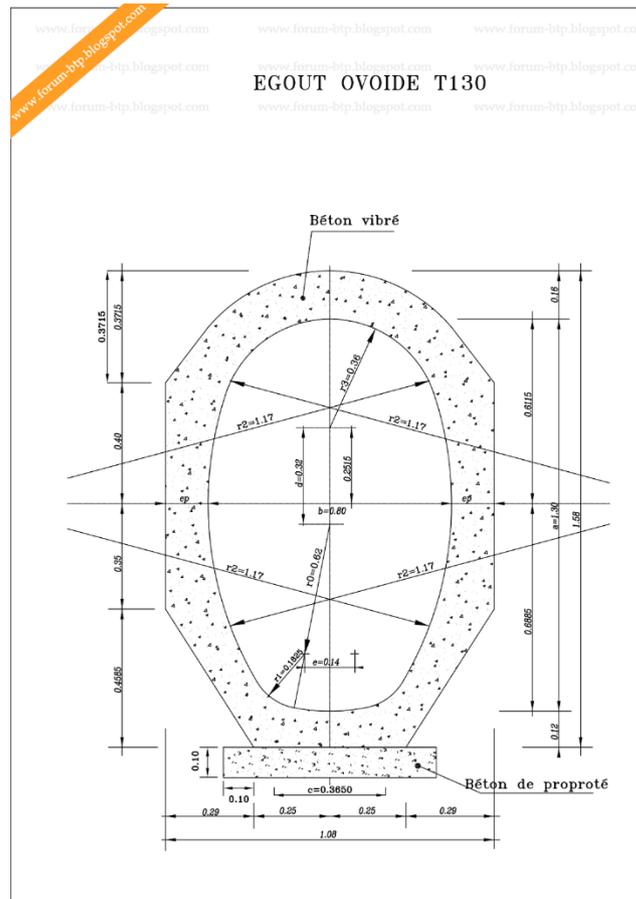


Figure I.11 : Coupe type d'un tuyau ovoïde préfabriqué

S'ils sont armés, ils sont pourvus d'une armature répondant aux sollicitations particulières propres à la forme de la canalisation. La section des armatures, mesurée dans les sections les plus sollicitées en service, abstraction faite éventuellement de la présence d'un béton de forme, ne doit pas être inférieure aux 4/1000 de la section longitudinale du béton.

L'essai d'étanchéité est effectué sous une pression de 0.5 bar maintenue pendant 1 heure, sur deux ovoïdes assemblés.

I.7.4. Canalisations en béton à section elliptique

- Élément auto stable.
- Pose verticale ou horizontale à définir
- Joint incorporé

I.7.5. Dalots et conduits rectangulaires

L'utilisation des éléments préfabriqués de section carrée ou rectangulaire de classe A, posés sous chaussée, pouvant affleurer le sol et recevant directement les surcharges roulantes (sans dalle de répartition), constitue une solution intéressante : elle évite, dans certains cas, le recours à des tranchées profondes ou à un passage en siphon. Ces conduits rectangulaires peuvent aussi être utilisés pour du stockage linéaire sous chaussée.

I.7.6. Collecteurs visitables de sections particulières

Ces collecteurs sont réalisés dans les centres urbains où le système d'assainissement est du type unitaire.

Ils peuvent se classer en deux catégories :

-Les ouvrages ordinaires à cunette, conçus de telle sorte que les écoulements de temps sec, à faible débit, puissent s'effectuer à vitesse suffisante pour que l'auto curage soit assuré et que l'ouvrage soit visitable dans les meilleures conditions possibles, d'où leur forme à « rayon hydraulique » maximal pour l'écoulement des petits flots.

I.7.7. Autre types de tuyaux

- **PVC** :(Chlorure de Polyvinyle)

Parmi les matières plastiques qui font partie intégrante de notre vie quotidienne, le

PVC a permis de réaliser des produits d'une qualité et d'une durabilité remarquables, ce qui justifie son succès. Les canalisations en PVC, utilisées depuis plus de 50 ans, occupent une place prépondérante dans le milieu du bâtiment et des travaux publics.

Caractéristiques :

Classe de rigidité de CR2 à CR16 : classe mini à retenir CR8

Emboitement avec joint, pas de collage

- **PEHD** :

Caractéristiques :

- Diamètre nominal = diamètre externe

- Dn : de 63mm à 1200mm
- Classe de pression : jusqu'à PN25
- Assemblage par électro soudure ou pièces spéciales

Domaines application :

- Adduction d'eau potable,
- Refoulement des eaux usées,
- Réseaux d'irrigation,
- Réseaux sous pressions,
- Transport de produits chimiques

- **PEHD gravitaire annelé :**

Caractéristiques :

- Classe de rigidité : CR8
- Diamètre nominal = diamètre interne
- Dn : de 160mm à 1200mm
- Double peau pour une meilleure rugosité

- **PEHD ondulé renforcé (PEOR) :**

Caractéristique :

- Diamètre : 400 – 2 500 mm (assainissement).
- Assainissement à grandes profondeurs jusqu'à 9 m.
- Pression : jusqu'à 04 bars.
- En utilisant le tube PE ondulé renforcé, économie jusqu'à 65% du poids.
- comparé à des tubes à parois lisses avec la même capacité statique.
- Durée de vie > 100 ans.

- Poids : 1/10 du poids du tube équivalent en béton.

I.7.8. Choix de type de conduite à utiliser

Le choix de type de conduite à utiliser doit être fait en tenant compte des données suivantes :

- Nature de sol traversé.
- Les volumes des effluents, qui véhiculent des eaux usées et pluviales.
- Les diamètres utilisés.
- Les efforts extérieurs dus au remblai.
- La nature chimique des eaux usées.
- Nature de sol traversé.

I.8. Anomalies et dysfonctionnements du réseau

Le réseau d'assainissement est sujet à plusieurs dysfonctionnements qui remettent en cause sa fiabilité comme c'est illustré dans le (tableau I.3).

Tableau I.3 : Anomalies ponctuelles pouvant survenir au niveau des réseaux d'assainissements

Typologies	Définition/description	Caractéristiques	Conséquences
Intrusion	Pénétration dans l'ouvrage (ou traversée) d'un élément extérieur : racines, tuyaux, gaines...	L'élément extérieur n'a aucun rapport avec l'ouvrage et constitue un obstacle à l'écoulement par réduction de la section hydraulique utile et création de turbulences. Les racines pénètrent préférentiellement au travers de défauts de structure.	<input type="checkbox"/> Apparition de défauts d'étanchéité et de fissures, avec infiltrations et exfiltrations. <input type="checkbox"/> Accumulation de matériaux divers. <input type="checkbox"/> Croissance et extension des

Raccordement défectueux	Raccordement qui n'a pas été réalisé selon les règles de l'art. C'est le cas, par exemple, d'un branchement pénétrant, c'est-à-dire débordant le parement interne de l'ouvrage, et où le raccordement n'est pas étanche.	Le débordement du branchement à l'intrados est un obstacle à l'écoulement par réduction de la section hydraulique et création de turbulences. Un branchement défectueux facilite également l'intrusion de racines.	intrusions de racines qui trouvent dans les conduites des éléments nutritifs.
Perforation	Percement localisé de la conduite avec disparition d'une partie de la structure.	La perforation, généralement accidentelle (impact d'un élément dur extérieur) est caractérisée par un trou de dimension réduite affectant la structure.	Le défaut localisé d'étanchéité (infiltrations et exfiltrations) entraîne les matériaux du terrain et perturbe les écoulements si ces matériaux s'accumulent.
Poinçonnement	Déformation ponctuelle non traversant de la conduite.	Le poinçonnement s'apparente à une perforation non aboutie, c'est-à-dire sans percement ni perte d'étanchéité. Il se manifeste localement par une déformation du matériau constitutif de la conduite sous l'effet de la poussée d'un élément dur extérieur.	<input type="checkbox"/> Décompression du terrain au droit du poinçonnement. <input type="checkbox"/> Apparition de microfissures à l'intrados. <input type="checkbox"/> Evolution souvent rapide vers une perforation avec perte d'étanchéité.
Assemblage défectueux	Un assemblage défectueux isolé, entre deux éléments	Un assemblage défectueux s'accompagne fréquemment	Elles se manifestent très localement par une perte

	<p>préfabriqués, est considéré comme une anomalie ponctuelle, des assemblages défectueux répété constituant une déformation. Une défaillance de joint, un déboîtement, une déviation angulaire, un emboîtement désaxé, une épaufrure... peuvent chacun seul, ou en association avec un (des) autre(s), constituer un assemblage défectueux.</p>	<p>d'une fissuration locale, plus ou moins visible, de la structure. Il constitue un passage préférentiel à l'intrusion des racines. La continuité mécanique et fonctionnelle n'est que localement, et faiblement, perturbée.</p>	<p>ponctuelle d'étanchéité, des infiltrations et exfiltrations, la pénétration des racines, des affouillements et entraînements de terrain dans l'ouvrage.</p>
--	---	---	--

I.9. Gestion des réseaux d'assainissement

La gestion d'un réseau d'assainissement a pour principale mission d'assurer les fonctions suivantes :

- **Collecte** : C'est un système de canalisation qui recueille et achemine les eaux urbaines résiduaires composé des eaux usées et des eaux de pluie. Un système de collecte comprend également tous les équipements nécessaires au bon fonctionnement du réseau d'assainissement : déversoir d'orage, station de relevage, bassin de rétention....

- **Traitement** : Le système de traitement comprend la station d'épuration et le déversoir en tête de la station. La définition indique cette dernière est un ouvrage de dépollution des eaux usées par des procédés divers : biologiques, physico-chimique..., localisé sur un espace géographique continu et homogène.

Après le traitement des eaux usées par procédés d'épuration se déverse directement au milieu récepteur. La gestion classique des réseaux présente beaucoup d'inconvénients. Les supports cartographiques sur lesquels sont portés les objets représentant les réseaux sont difficilement manipulables.

I.9.1. Gestion et exploitation de réseau

Comme d'autre réseau d'infrastructure (transport, eau potable), le système d'assainissement fait partie d'un patrimoine collectif indispensable au développement économique de la cité, en plus c'est un système qui aide à préserver le patrimoine le plus précieux qui nous été donné ; le milieu naturel.

La sauvegarde du système d'assainissement se fait par une gestion rigoureuse et rationnelle de celui-ci.

Les travaux principaux pour munir à bien cette tache sont :

- La connaissance du réseau.
- La surveillance du réseau.
- Les travaux d'entretiens.
- Les travaux spécifiques.
- Une gestion informatisée.

I.9.1.1. La connaissance du réseau

La première condition pour une exploitation rationnelle du système d'assainissement est de connaître le tracé exact de celui-ci et toutes ces caractéristiques hydrauliques (débit, vitesse...etc.). Toutes ces caractéristiques topographiques (pente, côte...etc.).

I.9.1.2. La surveillance du réseau

La surveillance du réseau se fait en continu par des opérations d'inspections périodique, et qu'on double après chaque événement exceptionnel « inondation, pluies torrentielles »

Dans tous les domaines il vaut mieux prévenir que guérir, cela conduit naturellement le gestionnaire à établir un véritable programme d'entretien se rapportant à l'ensemble des équipements, et qui s'accroît sur les pièces les plus vénérables (déversoir d'orage, les tronçons de conduite ou les vitesses d'eau sont susceptible d'engendrer de dépôts).

I.9.1.3. Les travaux d'entretien

Ces travaux ne se font pas d'une manière anarchique mais suivant un programme établi au préalable, et en mettant les moyens nécessaires.

I.9.1.4. Enlèvement des dépôts

L'ennemie première des réseaux d'assainissement est le dépôt des matières en suspension, surtout, le sable. Le curage peut se faire automatiquement par des regards de chasse, mais ces derniers ont monté leur limite d'utilisation, donc il vaut mieux prévoir des chasses hydrodynamiques ou faire un curage à la main.

I.9.1.5. Détection des fuites

Les causes principales des fuites sont :

Les fissures au niveau des collecteurs ou au niveau des regards. Les joints qui ne remplissent plus leur rôle.

I.9.1.6. Détection des eaux parasites

Les eaux parasites proviennent des nappes ou du réseau d'alimentation en eaux potable, la détection se fait la nuit et on reconnaît les eaux parasites par leur clarté.

I.9.1.7. Rénovation des joints et des conduites défectueuses

Dans la majeure partie des cas lorsqu'on détecte un élément défectueux on le répare, mais l'expérience a montré qu'il est préférable de le changer. Pour travailler à sec lors de la réparation du réseau on utilise un coussin gonflable qui sert d'obturateur.

Cette gestion manuelle est également très limitée. Les informations caractérisant les réseaux représentés sont portées sur le support en même temps que les projets graphiques eux-mêmes.

Ceci peut provoquer une surcharge du support pouvant rendre illisibles certaines informations.

Cette gestion présente les problèmes suivants :

- l'archivage des documents cartographiques et les fiches techniques du réseau.
- La perte de temps pour la recherche d'une information bien déterminée.

- La difficulté de la mise à jour.

- La facilité de perdre des informations à cause de la mémorisation et l'archivage.

I.9.2. Gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement

La politique de réhabilitation / renouvellement des réseaux d'assainissement reste encore parfois une politique minimum, qui consiste à pallier les défaillances les plus évidentes des réseaux d'assainissement, y compris au sein des grands centres urbains.

Cette approche prend cependant des formes de plus en plus élaborées. La plus élaborée et la plus souhaitable étant la gestion patrimoniale du réseau.

Le but principal de cette approche est de limiter la dévalorisation du patrimoine que constitue le réseau d'assainissement. Du fait de son caractère prévisionnel marqué, c'est également une démarche allant dans le sens d'une meilleure lutte :

- Contre la présence d'eaux parasites dans les réseaux ;
- Contre la pollution des eaux souterraines dues aux exfiltrations.

Il s'agit de programmer régulièrement le renouvellement de parties vétustes de l'infrastructure.

Une gestion patrimoniale n'interdit en rien de faire appel aux techniques de réparations ponctuelles ou de rénovation sur de grandes longueurs de conduite, bien au contraire. Ces techniques permettent, en effet, d'augmenter, parfois considérablement, la durée de vie d'une conduite et sont utiles pour obtenir un étalement dans le temps des investissements nécessaires au remplacement des infrastructures.

La démarche patrimoniale est parfois engagée sur la base d'une analyse du seul âge des équipements. Nous avons vu, dans la première partie, que le vieillissement du matériau et l'affaiblissement structurel qui peut en résulter, ne sont que des facteurs de défaillance parmi bien d'autres. Une gestion patrimoniale doit donc s'appuyer sur une connaissance la plus fine possible des infrastructures, accompagnée d'une analyse détaillée de toutes ces défaillances.

Un inventaire exhaustif des équipements, complété par un recensement précis de tous les incidents (localisation, description...) doit donc être mené.

Cet inventaire devra comprendre, au minimum, par tronçon :

- Le diamètre de la conduite ;
- Sa profondeur ;
- Son matériau ;
- Le type des joints ;
- La période de pose ;
- La nature du sol ;
- Les conditions d'implantation (sous chaussée, sous trottoir...).

La meilleure pratique dans ce domaine est de reporter ces renseignements sur un système d'information géographique qui, de plus, est mis à jour de manière permanente.

En effet, à chaque intervention sur le réseau, on peut compléter les informations citées juste avant si elles font défaut et on peut y adjoindre :

- Le type de dommage (ruine structurelle, fissure...)
- La cause du dommage (défaut de mise en œuvre, défaut du matériau, cause liée à l'environnement...)
- Les mesures prises (réparation, rénovation, remplacement...).

Pour une meilleure connaissance des coûts d'intervention, il est utile d'intégrer :

- Le type de revêtement de chaussée ;
- Les dommages causés aux autres réseaux ;
- Les dommages causés aux domaines publics et privés ;
- Des indications concernant la gêne par rapport aux activités de surface...
- La gestion d'une banque de données ainsi obtenue sera complétée par une cartographie des défaillances constatées (par une inspection télévisée, par exemple).

L'utilisation d'un système d'information géographique est en particulier d'une grande utilité pour localiser les secteurs posant problème, comprendre les causes et aider à la décision.

I.9.3. Gestion informatisée des réseaux

La complexité des réseaux d'assainissement et la difficulté éprouvée par les gestionnaires de prévoir les phénomènes hydrauliques qui s'y déroulent, fait de la gestion informatisée une opération indispensable, rendue possible grâce aux progrès de l'informatique.

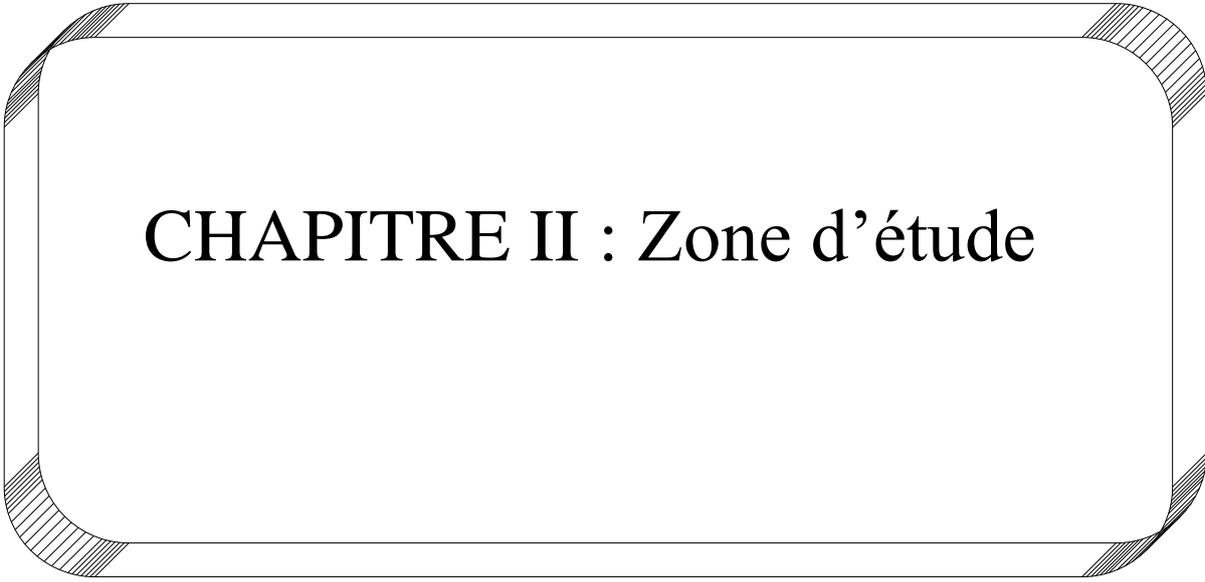
Elle permet en effet :

- D'améliorer la connaissance des réseaux faisant l'objet d'une telle étude ;
- De détecter et de comprendre les désordres pouvant se produire sur le réseau : on peut par exemple localiser les zones d'inondation et découvrir d'autres indices qui témoignent de dysfonctionnement ;
- Géo localiser les différents ouvrages constituant le réseau.

I.10. Conclusion

On a étudié les différents types et schémas d'assainissement ainsi que la conception des réseaux d'assainissement dans ce chapitre.

La réalisation des systèmes d'assainissement a une très grande importance pour sauvegarder et préserver l'environnement contre toute pollution, et pour une meilleure gestion de ces réseaux, il est indispensable d'utiliser des outils d'aide à la décision tels que les systèmes d'information géographique.



CHAPITRE II : Zone d'étude

II.1. Introduction

La nouvelle ville de Draa Erich a été mise en place par l'état de Annaba pour l'extension urbaine, cette ville est répartie en 4 zones (zone A, B, C, D), d'où on présente ses caractéristiques : géographiques, climatiques et situation socio-économique.

II.2. situation géographique

La nouvelle ville de Draa Erich est située dans la commune d'Oued ElAneb, Daïra de Berrahal. La ville aura une délimitation plus ou moins régulière et une superficie totale de **1446 ha**, Une vision globale est requise pour un aménagement plus cohérent et une délimitation claire avec des frontières physiques (artificielles) plus visibles tels que les chemins de la wilaya n°12 et 20.

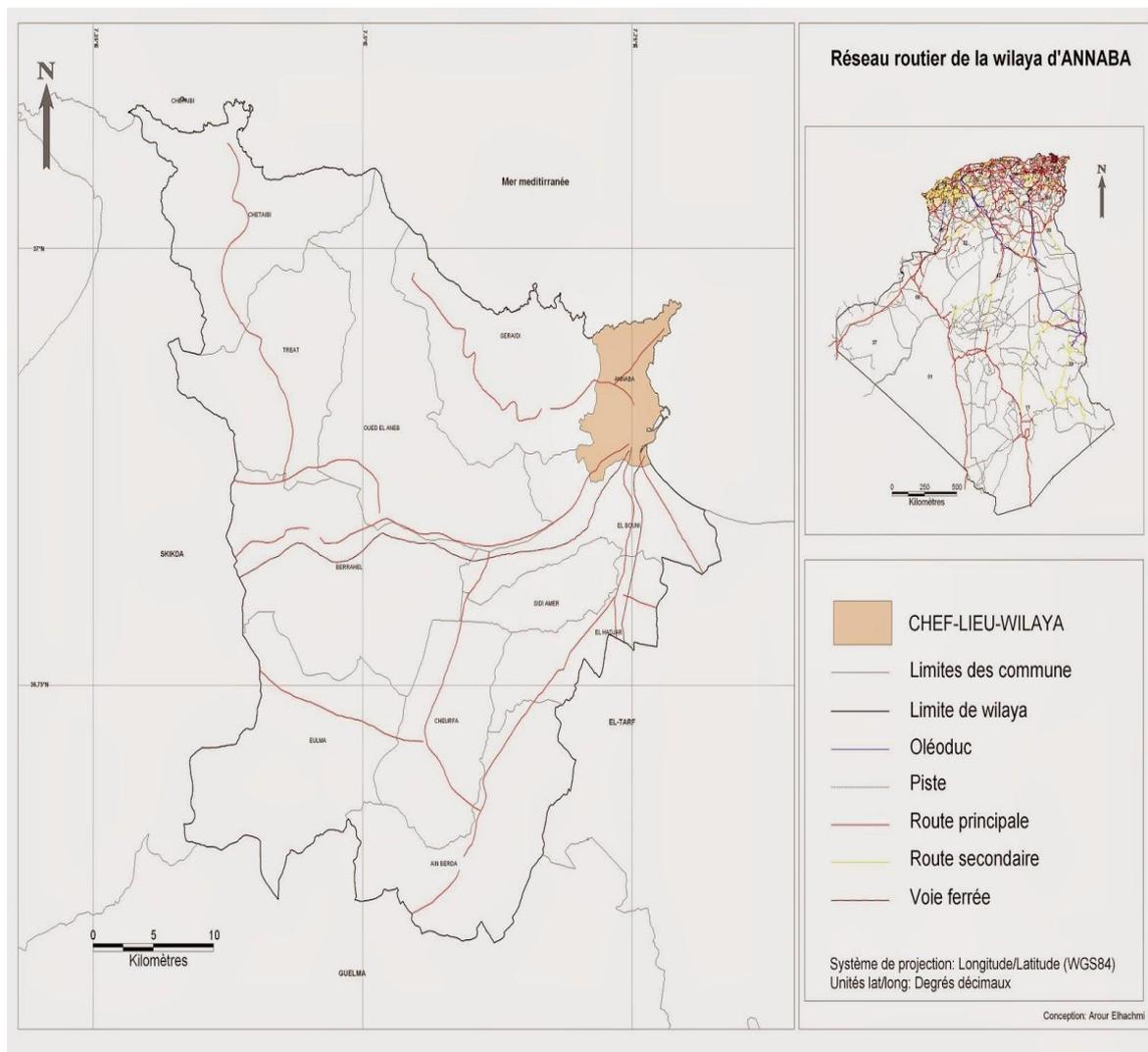


Figure II.1: Situation géographique de la ville de Draa Erich

II.3. Situation climatique

II.3.1. Climat:

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, elle est également très indispensable pour la construction et son étude architecturale.

Le périmètre de POS (agglomération secondaire de DRAA ERICH) est concerné par le climat dominant le massif de l'Edough, c'est un climat typiquement méditerranéen très influencé par la proximité immédiate de la mer.

La zone d'étude appartient au climat méditerranéen subhumide Chaud, caractérisé par une période humide et fraîche qui s'étale, du mois de Novembre au mois d'Avril et une saison sèche et chaude le reste de l'année

II.3.2. pluviométrie:

Le régime pluviométrique de la wilaya d'Annaba, est de type méditerranéen, caractérisé par deux saisons l'une chaude et sèche (Mai à Octobre), et l'autre humide et douce (Novembre à Avril).

Il est observé des pluies abondantes en hiver qui diminuent presque régulièrement au printemps et parfois quelques millimètres par mois pendant la période d'été

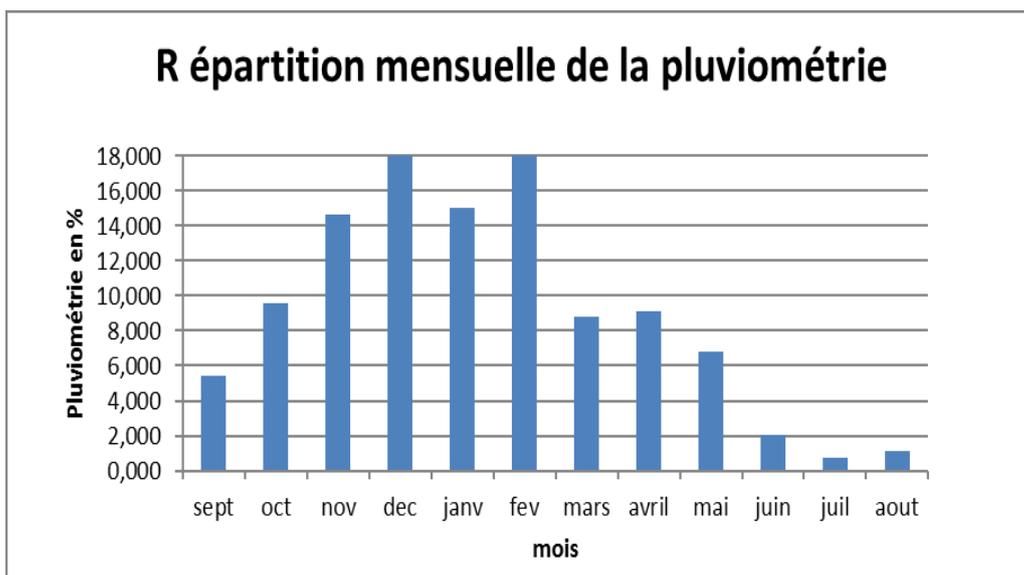


Figure II.2: Répartition mensuelle de la précipitation (en %) à la station de Berrahal.

II.3.3. Températures:

La température est un facteur important régissant le phénomène d'évapotranspiration et d'onde déficit d'écoulement annuel et saisonnier.

Cette zone d'étude connaît aussi une variation dans les températures selon les deux saisons (saison de pluie et saison sèche), avec des températures moyennes allant de 11c° au mois de Janvier à 25.2c° au mois d'Aout pouvant atteindre un maximum de 30.9c°.

Tableau II.1: Températures moyennes (station de Annaba: ONM-Période: 1990–2005) [Urban]

Mois	Janv	Fevr	Mars	Avri	Mai	Juin	juillet	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
T° Moy	11,5	11,8	13,2	15	18.1	21.7	24.4	25.4	23.6	20	15.7	12.5
T° mini	6.9	6.9	8	9.9	12.8	16.4	18.8	19.9	18.2	14.7	10.8	8
T° max	16	16.6	18.3	20.2	23.3	27	30	30.9	28.9	25.2	20.7	17

II.3.4. Les vents

Les vents les plus fréquents soufflent du secteur Nord-Ouest suivant une direction Nord-Ouest est Sud-est avec une moyenne annuelle de 42%. Les vents les moins fréquents sont ceux du Sud-est et du Sud-ouest avec une moyenne de 2%.

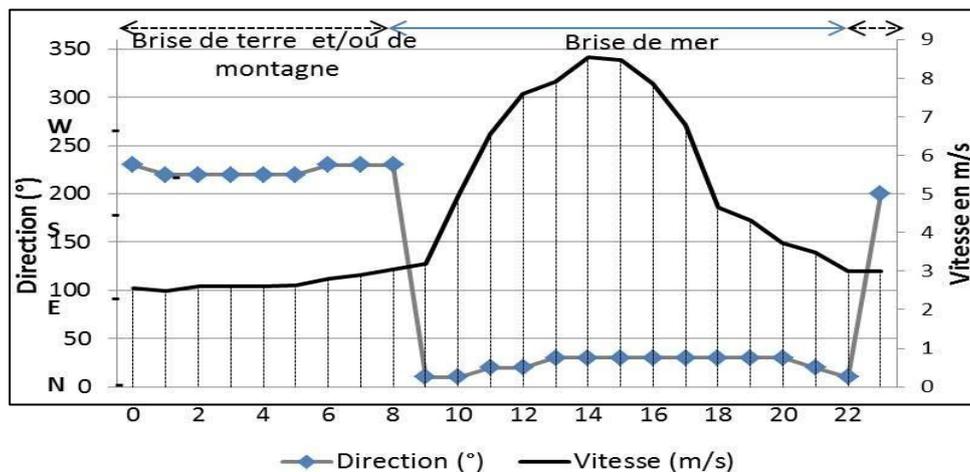


Figure II.3: Direction dominante du vent et sa vitesse 3-8m/s à l'échelle horaire à Berrahal durant la saison chaude (juin à septembre). [Urban]

II.3.5. Ensoleillement

Le soleil a un minima au solstice d'hiver en début d'hiver et un maxima au solstice d'été en début d'été.

Le minima du solstice d'hiver est la plus courte journée avec un soleil qui se lève à 7H45mn et se couche à 17H15 mn au niveau des communes d'Annaba ElHadjar et Berrahal (soit une journée de 9 H 30 mn).

Le maxima du solstice d'été est la plus longue journée avec un soleil qui se lève à 4H 45 mn et se couche à 19H55 mn dans les mêmes communes citées ci avant (soit une journée de 15H 10 mn).

Le nombre moyen de jour d'ensoleillement continu par an est de 160j /365j ; Le nombre moyen de jour nuageux sans pluie par an est de 150j/365j; Le nombre moyen de jour de pluies discontinu et continu par an est de 55j/365j, [données NOAA1970-2016].

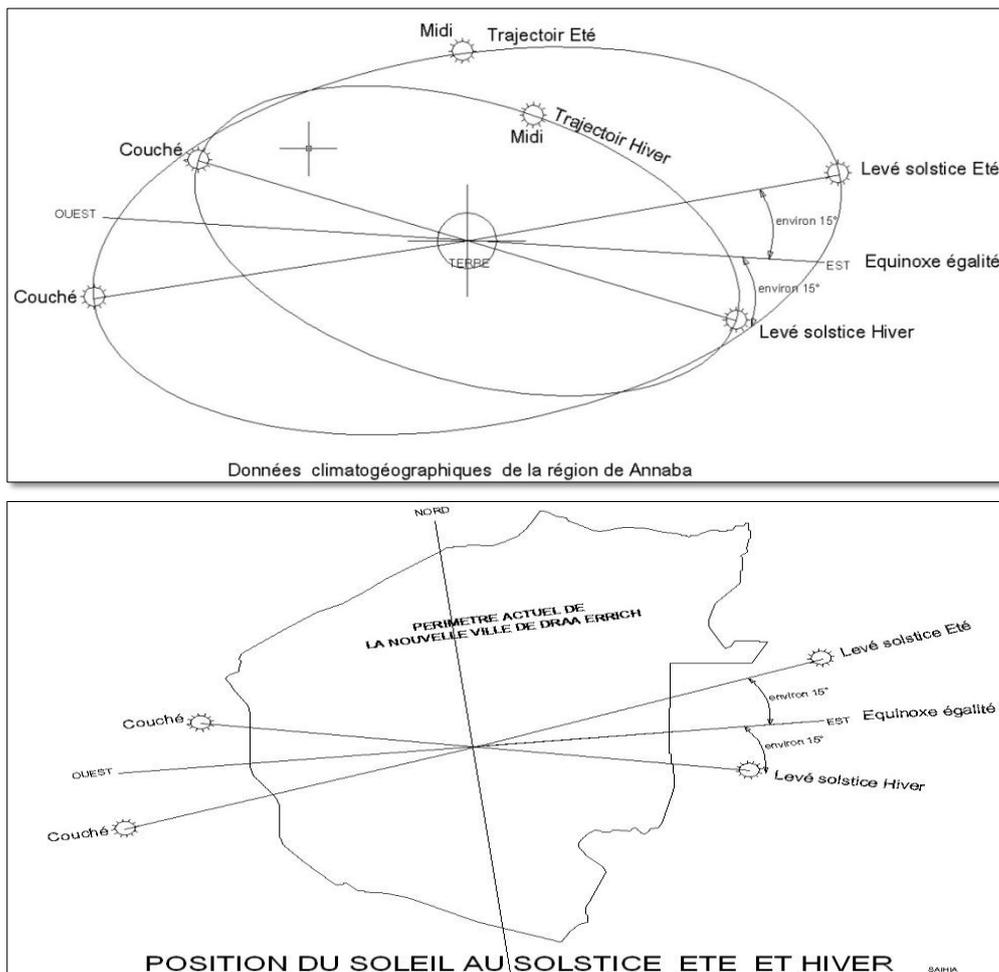


Figure II.4: Graphes d'ensoleillement à Annaba, El Hadjar, Berrahal

II.4. Géologies

La région de Draa Erich située à l'Ouest de la ville d'Annaba, est considérée comme le prolongement des terrains du massif de l'Edough. Les formations géologiques constituant la zone étudiée, sont représentées essentiellement par des schistes micacés et des micaschistes. Le gneiss est omniprésent mais souvent altéré à la surface et la région est aussi connue par la présence de grès de Numidie et d'argile

La surface est recouverte par des sables parfois micacés et des sables argileux, issus

Probablement de l'altération du gneiss et du gré

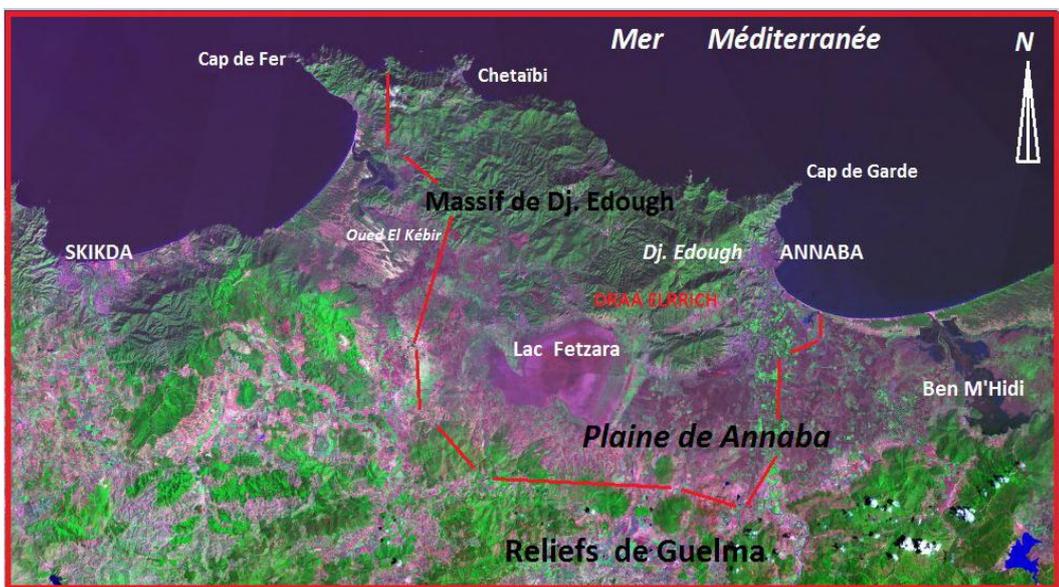
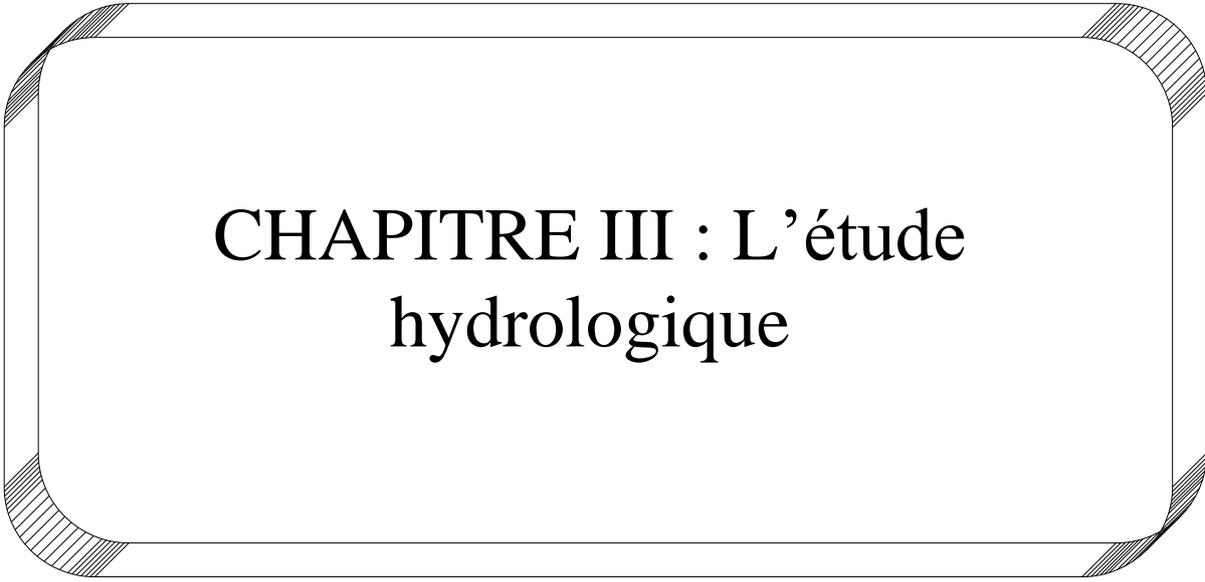


Figure II.5 : Localisation du périmètre de la ville nouvelle de Draa Erich.

II.5. Conclusion

Ce chapitre a présenté généralement les caractéristiques climatique, géotechnique, hydrique, topologique et économique qui qualifient la région de Draa Erich d'avoir la faveur d'être la nouvelle ville. Dans notre projet nous allons étudier la zone A.



**CHAPITRE III : L'étude
hydrologique**

III.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 endroit 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, centennales, milléniales, déca-milléniales.

Etant 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 consécutives 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.

III.2. Présentation Des Analyses Des Données Pluviométrique

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.

$$p_{moy j} = \frac{\sum P_i}{n} \quad (Eq. III. 2)$$

III.2.1. Données à échelle mensuelle

Afin de réduire les données pluviométriques journalière 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.

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

III.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.

$$p_{moy\ an} = \frac{\Sigma P_{moy\ mensuel}}{12\ mois} = \frac{\Sigma P_{moy\ journalière}}{365} \quad (Eq. III. 3)$$

III.3. Courbes –Intensité-Durée-Fréquence (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 apparait 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 précipitations 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 connaitre 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.

III.4. Analyse Analytique Des Pluies

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

III.4.1. Durée

C'est l'intervalle de temps <<Δt>> qui s'écoule entre le début et la fin d'une pluie, elle est souvent mesurée en minute.

III.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 :

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

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

$$T = \frac{1}{F} \quad (\text{Eq. III. 5})$$

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

III.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.

III.5. Les Pluies De Courtes Durées

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

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 [Gaspar, 1971].

Les pluies de courtes durées, en l'absence de l'hyétogramme, ne peuvent être déterminées que par les procédés statistiques. Suivant le type de données pluviométriques existents, 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 t et d'un exposant climatique b de la zone d'étude.

De ce fait, la pluie de durée t et de fréquence voulue, devient :

$$pt\% = pjmax\% \left(\frac{t}{24}\right)^b \quad (Eq. III.7)$$

Avec :

Pt : averse tombée pendant le temps (t).

Pj 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 (1979-2008)

Hauteur maximale de pluie (mm)	Durée				
	(J)				
	1	2	3	4	5
1979	34	34	52	52,1	53,2
1980	36	39,4	39,4	64,7	64,7
1981	38,4	58	64,3	58,5	76,1
1982	114,6	124,5	143,4	135,7	46,7
1983	114,6	114,6	114,6	125,4	64,4
1984	83,7	84,5	84,5	114,2	116,9
1985	28,8	28,8	31,6	29,9	37,6
1986	23,6	35,9	53,9	46,7	40,3
1987	26,2	33,9	38	36	26,5
1988	47,4	47,4	67	47,4	54,5
1989	54	65	65	65	65
1990	45	74,5	90,8	92	59,2
1991	58	58	73,4	58	69,6
1992	71	108,3	96,9	121,1	130,6
1993	32,8	37,5	62,5	62,5	63,3
1994	32,8	64,6	66,9	76,4	76,2
1995	43	61,1	61,3	113,7	106,9
1996	34,4	46,9	51,9	47,3	30,3
1997	47,2	47,2	52,5	56,1	53,5
1998	60	65	65,5	65	65
1999	82,8	101,5	104,3	103,3	49
2000	28,7	56,4	54,9	57,3	57,4

2001	39	39	39	39	34,8
2002	101	110,7	110,7	110,7	91,3
2003	38,7	44,6	56,9	60	60
2004	82,9	104,1	93,7	130,8	112,1
2005	61,8	66,3	88,1	101,8	75
2006	62,1	83,6	104,5	109,6	89,6
2007	53,7	59,3	58,5	61,5	48,7
2008	63,3	70,4	70,6	70,8	92,7

III.6. Analyse Des Données Statistiques

La moyenne <<μmoy>> :

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{n} \quad (\text{Eq. III. 8})$$

n : le nombre d'années d'observations (n=10ans)

L'écart type <<δp >>

Pour n inférieur à 30 ans on a :

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

Tableau II.2 : moyenne et écart type

Moments de H max de pluie (mm)	Durée				
	(J)				
	1	2	3	4	5
Moyenne (mm)	54,7	65,5	71,9	77,1	67,0
Ecart-type (mm)	25,34	27,18	26,22	31,33	26,00

III.7. Calcul Des Paramètres D'ajustement De La Série Pluviométrique

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 :

Tel que :

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

Avec :

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

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 :

Avec :

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

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

Et **x₀** représente l'ordonnée à l'origine :

$$x_0 = \mu - \frac{1}{a} * \hat{y} \quad (Eq. III. 14)$$

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

Tableau II.3 : Paramètres d'ajustement

Moments de Hmax de pluie (mm)	Durée				
	(J)				
	1	2	3	4	5
α (mm)	20	21	20	24	20
u (mm)	43,2	53,3	60,1	63,0	55,3

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

Hauteur maximale de pluie (mm)	Durée				
	(J)				
	1	2	3	4	5
2 ans	2,10	1,27	0,94	0,75	0,52
5 ans	3,04	1,77	1,26	1,04	0,71
10 ans	3,65	2,10	1,47	1,23	0,84
20 ans	4,25	2,42	1,68	1,41	0,96
50 ans	5,01	2,83	1,94	1,65	1,12
100 ans	5,59	3,14	2,14	1,83	1,24

III.8. Calcul des paramètres de la formule de MONTANA

Tableau II.5 : les paramètres de la loi de MONTANA

paramètre "b" de Montana	-0,82	-0,86	-0,87	-0,88	-0,89	-0,89
paramètre "a" de Montana	3,40	3,87	4,09	4,27	4,46	4,59

III.8.1. Courbe IDF

Tableau II. 6 : Intensité de pluie pour différentes périodes de retour

durée de la pluie	Intensité (T=2)	Intensité (T=5)	Intensité (T=10)	Intensité (T=20)	Intensité (T=50)	Intensité (T=100)
[h]	[mm/h]	[mm/h]	[mm/h]	[mm/h]	[mm/h]	[mm/h]
0,25	94,20	157,33	200,61	242,77	297,96	339,62
0,50	53,22	86,83	109,69	131,88	160,86	182,69
0,75	38,11	61,33	77,06	92,29	112,16	127,12
1,00	30,07	47,92	59,98	71,64	86,84	98,28
1,25	25,02	39,57	49,38	58,87	71,21	80,49
1,50	21,53	33,84	42,13	50,14	60,55	68,38
1,75	18,96	29,65	36,84	43,77	52,79	59,57
2,00	16,99	26,45	32,79	38,92	46,88	52,87

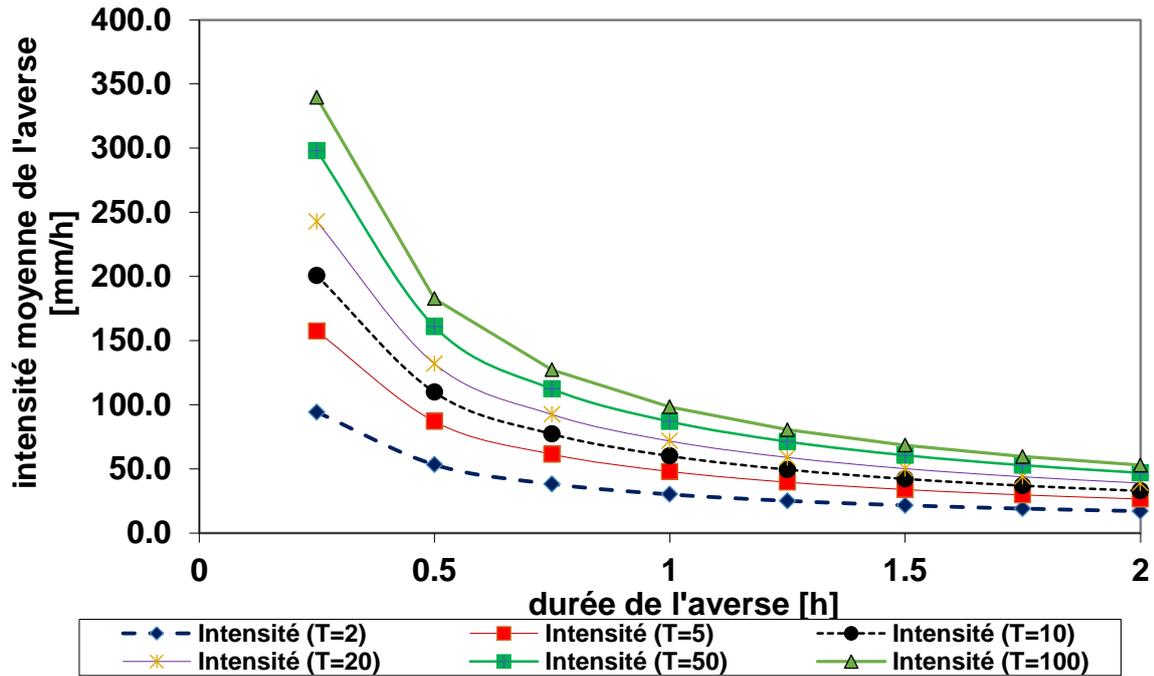


Figure III.1 : Représentation des courbes IDF (formule de Montana) de la station pluviométrique Pont Bouché 1979-2008

III.9. Conclusion

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 IV : Modélisation du réseau avec COVADIS

IV.1. Introduction

IV.1.2. Logiciel Covadis

COVADIS est spécialement dédié aux bureaux d'études en infrastructure, aux entreprises de travaux publics, aux collectivités locales et territoriales, ainsi qu'aux cabinets de géomètres. Il permet de traiter un projet d'infrastructure de sa phase initiale à sa phase finale.

COVADIS contient en un seul logiciel, l'ensemble des modules "métiers" exploités quotidiennement par les bureaux d'études VRD et les entreprises de BTP. COVADIS fonctionne sur toutes les versions récentes d'AutoCAD (Figure IV.1).

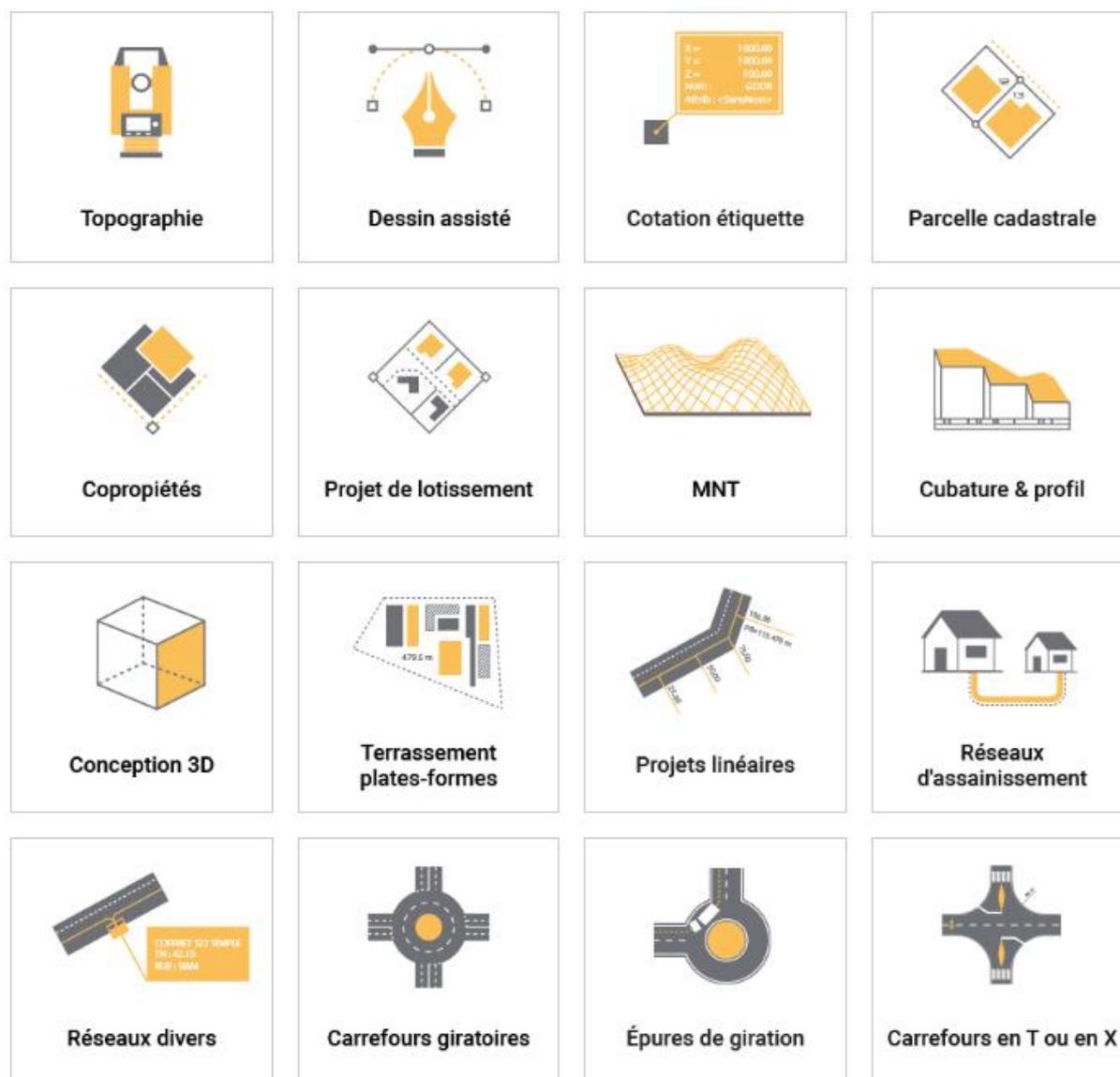


Figure IV.1 : Menu Covadis

IV.1.3. Etude d'assainissement avec COVADIS

COVADIS permet de concevoir, de dimensionner et de dessiner des réseaux EU et EP (réseaux busés et fossés) en respectant les normes en vigueur, et en exploitant une bibliothèque métier complète et évolutive (ouvrages, éléments du réseau, etc.). Il permet également de réaliser l'étude hydraulique d'un site à partir du MNT (analyse des pentes, lignes d'écoulement, détection et assemblage des bassins versants, etc.).

IV.2. Le bassin versant

IV.2.1. Définition

Un bassin versant est un espace géographique dont les apports hydriques sont alimentés exclusivement par les précipitations et dont les excès en eaux sont drainés vers un point unique : l'exutoire.

IV.2.2. Délimitation du bassin versant [Mamoudou B et al, 2008]

La délimitation du bassin versant se fait au moyen des lignes de plus grande pente et de la ligne de crête qui correspond souvent à la ligne de partage des eaux.

Le bassin versant est entièrement caractérisé par son exutoire, à partir duquel nous pouvons tracer les points de départ et d'arrivée de la ligne de partage des eaux qui le délimite.

Généralement, la ligne de partage des eaux correspond à la ligne de crête. Elle passe par le sommet des courbes concaves tandis que l'axe principal du cours d'eau passe par le sommet des courbes convexes. C'est en suivant cette logique qu'on délimite un bassin versant.

Il faut dire que la zone d'étude s'inscrit dans un bassin versant beaucoup plus grand que la carte dont nous disposons. Ainsi pour son approximation, on a utilisé le logiciel Covadis. La commande *Génération du contour* du sous-menu *MNT* du menu *COVADIS 3D* permet de déterminer la limite du bassin versant (Figure IV.2).

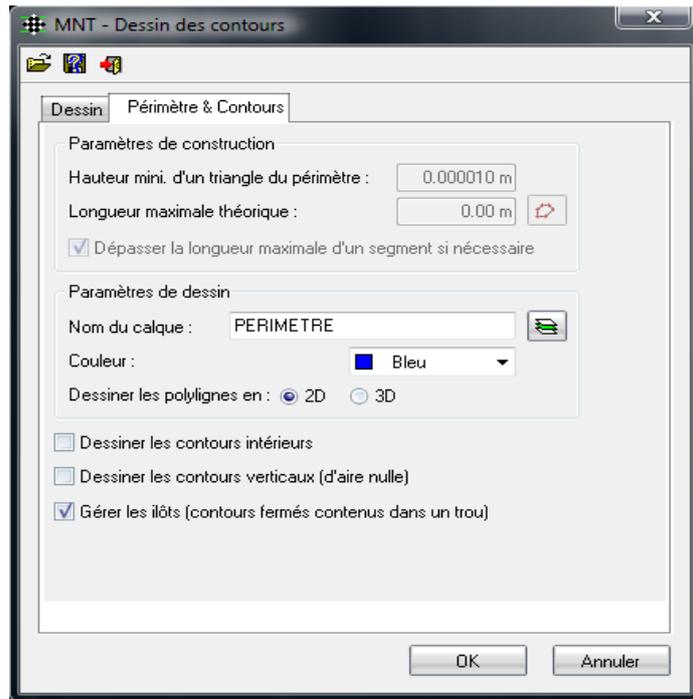


Figure IV.2 : Délimitation du bassin versant avec Covadis

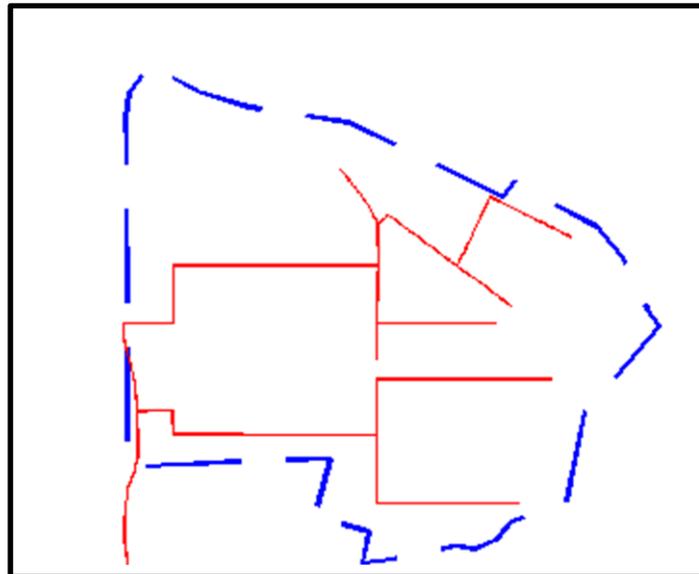


Figure IV.3: Limite du bassin versant

IV.2.3. Calcul des paramètres du bassin versant

IV.2.3.1. Surface du bassin

Le bassin versant étant l'aire de réception des précipitations et d'alimentation des cours d'eau, les débits vont être en partie reliés à sa surface,

La surface du bassin versant peut être mesurée par superposition d'une grille dessinée sur papier transparent, par l'utilisation d'un planimètre ou, mieux, par des techniques de digitalisation.

La superficie totale du bassin versant mesurée avec Covadis est :

$$A=56.615 \text{ ha}$$

IV.2.3.2. Périmètre du bassin

Le périmètre total du bassin versant mesurée avec Covadis est :

$$P=3263.0181 \text{ m}$$

IV.2.3.3. La forme

La forme d'un bassin versant influence l'allure de l'hydro gramme à l'exutoire du bassin. Par exemple, une forme allongée favorise, pour une même pluie, les faibles débits de pointe de crue, ceci en raison des temps d'acheminement de l'eau à l'exutoire plus importants.

Ce phénomène est lié à la notion de *temps de concentration*.

En revanche, les bassins en forme d'éventail présentant un temps de concentration plus court, auront les plus forts débits de pointe.

Il existe différents indices morphologiques permettant de caractériser le milieu, mais aussi de comparer les bassins versants entre eux. Citons à titre d'exemple l'*indice de compacité de*

Gravélius (1914) KG , défini comme le rapport du périmètre du cercle ayant la même surface :

$$KG = \frac{P}{\sqrt{2\pi \cdot A}} \quad (\text{Eq. IV. 1})$$

$$KG = \frac{(3263,0181) \cdot 10^{-3}}{\sqrt{2\pi \cdot (56,615) \cdot 10^{-2}}}$$

$$KG = 1,73$$

- KG : indice de compacité de Gravélius

- **A** : surface du bassin versant (km^2)
- **P** : périmètre du bassin (km).

Cet indice se détermine à partir d'une carte topographique en mesurant le périmètre du bassin versant et sa surface. Il est proche de 1 pour un bassin versant de forme quasiment circulaire et supérieur à 1 lorsque le bassin est de forme allongée.

IV.3. Les sous bassins versants

IV.3.1. Définition

Le sous bassin est le secteur de bassin élémentaire situé séquentiellement de l'amont vers l'aval, correspondant à une ou plusieurs zones, un ou plusieurs tronçons, un point de calcul intermédiaire, un inventaire du secteur, etc.

IV.3.2. Délimitation des sous bassins versants

IV.3.2.1. Méthode des polygones de Thiessen

Pour tous les sites d'observation du champ, on définit un polygone d'influence tel que chaque point du polygone est plus proche du point d'observation que de tout autre site: D est alors positionné en une famille de polygones convexes, nommés polygone de Thiessen (aussi appelés polygones de Voronoi ou cellules de Dirichlet).

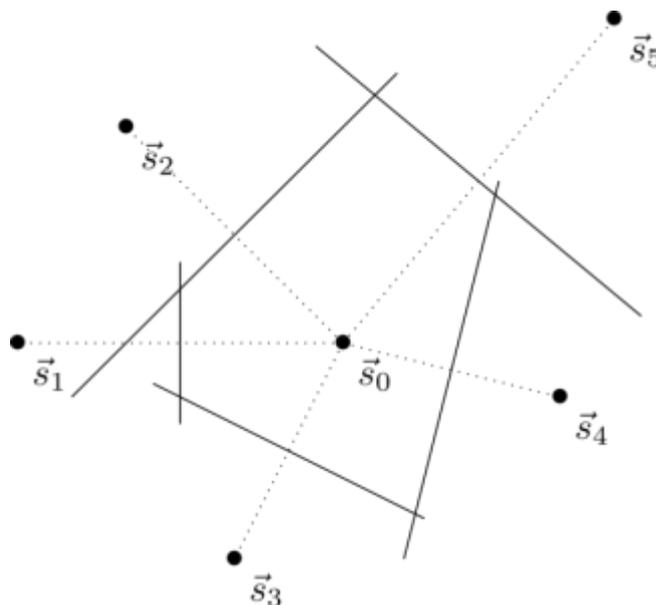


Figure IV.4 : Construction des polygones de THIESSEN

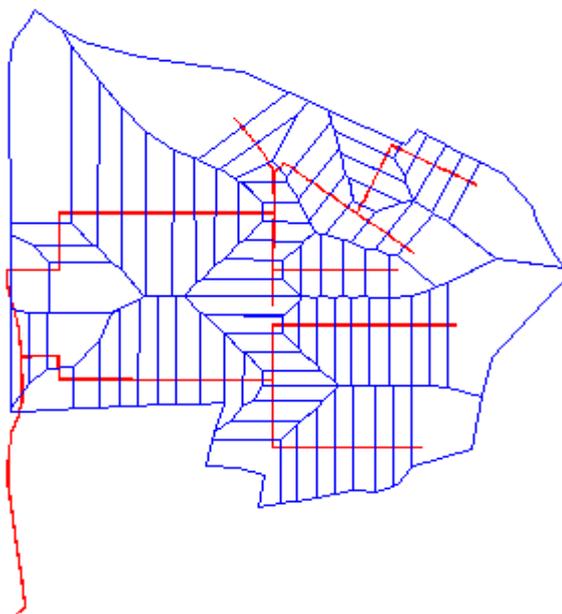


Figure IV.5 : Délimitation des sous bassins versants

Le découpage de Thiessen dépend uniquement de la configuration géométrique et non pas des valeurs observées. Les polygones ne sont pas nécessairement fermés dans certaines directions de l'espace : il faut ainsi limiter la partition aux frontières de D , ou fixer une distance d'influence limite.

L'interpolation par la méthode de Thiessen consiste à affecter à l'ensemble des points d'un polygone donné la valeur de la variable régionalisée correspondante (on parle aussi de plus proche voisin). On obtient alors une surface discontinue ; ces discontinuités n'ont rien à voir avec de possibles discontinuités réelles, mais sont simplement liées à la configuration géométrique des observations

IV.3.3. Longueur et pente moyenne du bassin versant

Ces paramètres sont importants dans la mesure où ils interviennent directement dans le calcul du temps de concentration.

La longueur L est la distance curviligne depuis l'exutoire jusqu'à la ligne de partage des eaux, en suivant le plus long parcours d'une goutte d'eau.

La pente moyenne est un paramètre important dans la mesure où elle donne une bonne indication du temps de ruissellement et influence donc directement le débit de pointe lors d'une averse.

Elle est donnée par la formule :

$$I = \frac{L \times D}{A} \quad (\text{Eq. IV.2})$$

- I : pente moyenne du bassin versant
- L : la longueur en m
- D : équidistance entre deux courbes de niveau consécutives en m
- A : aire du bassin versant en m²

IV.3.4. Coefficient de ruissellement

Le coefficient de ruissellement permet de quantifier les débits d'eaux à faire évacuer par le réseau. Elle peut être définie comme le rapport de la lame ruisselée à la lame d'eau précipitée. Et de ce point de vue, il constitue un facteur de contraction du débit.

En réalité sa définition analytique est plus complexe car doit englober plusieurs facteurs comme la perméabilité des sols, l'influence de la topographie et de l'urbanisation...

Suivant les types de sols ou d'occupation des sols, on pourra se référer aux valeurs fournies à titre indicatif.

Tableau IV.1 : Caractéristiques des sous bassins

N° Sous Bassin	A (ha)	L (m)	i (%)	C (%)	N° Sous Bassin	A (ha)	L (m)	i (%)	C (%)
SBV-1	1.164	139.36	6.44	65	SBV-43	0.408	121.41	8.27	65
SBV-2	0.416	81.48	12.50	65	SBV-44	0.362	85.84	7.41	65
SBV-3	0.393	77.90	11.68	65	SBV-45	0.335	70.18	5.08	65
SBV-4	0.305	66.34	16.40	65	SBV-46	1.386	140.27	10.14	65
SBV-5	0.368	67.96	13.57	65	SBV-47	0.539	73.42	16.67	65
SBV-6	0.453	81.31	9.92	65	SBV-48	0.588	84.12	12.10	65
SBV-7	0.48	111.93	13.68	65	SBV-49	0.68	84.34	13.76	65
SBV-8	0.619	124.17	14.77	65	SBV-50	0.617	85.73	7.85	65

SBV-9	0.217	66.38	0.22	65	SBV-51	0.551	93.03	2.07	65
SBV-10	0.263	56.62	8.18	65	SBV-52	0.513	99.44	2.33	65
SBV-11	0.262	63.84	3.43	65	SBV-53	0.361	103.96	0.76	65
SBV-12	0.317	62.15	10.23	65	SBV-54	0.876	120.19	7.73	65
SBV-13	0.606	99.37	3.40	65	SBV-55	0.431	103.62	12.33	65
SBV-14	0.715	131.55	4.63	65	SBV-56	0.442	85.48	0.35	65
SBV-15	0.942	154.33	4.11	65	SBV-57	0.351	112.82	2.35	65
SBV-16	1.288	154.41	4.64	65	SBV-58	0.327	111.12	3.34	65
SBV-17	1.312	194.00	2.24	65	SBV-59	0.219	51.29	12.40	65
SBV-18	1.204	241.35	0.04	65	SBV-60	0.479	103.96	6.47	65
SBV-19	1.401	306.71	1.69	65	SBV-61	0.608	125.54	2.25	65
SBV-20	3.831	330.33	2.08	65	SBV-62	0.75	153.14	2.41	65
SBV-21	0.435	84.01	4.80	65	SBV-63	0.653	153.90	2.30	65
SBV-22	0.33	90.63	1.11	65	SBV-64	0.609	153.78	2.60	65
SBV-23	1.279	153.96	1.68	65	SBV-65	0.594	148.44	3.15	65
SBV-24	0.797	88.26	3.26	65	SBV-66	0.585	128.93	5.10	65
SBV-86	0.493	97.21	1.21	65	SBV-67	0.443	74.92	6.56	65
SBV-25	1.962	214.65	7.08	65	SBV-68	0.623	101.41	5.82	65
SBV-26	0.38	82.81	2.21	65	SBV-69	0.818	121.73	2.82	65
SBV-27	0.418	80.89	4.35	65	SBV-70	0.361	81.31	1.19	65
SBV-28	0.362	77.47	4.22	65	SBV-71	0.588	152.90	8.77	65
SBV-29	0.199	45.24	8.84	65	SBV-72	0.569	153.31	8.58	65
SBV-30	0.353	123.49	4.16	65	SBV-73	2.893	217.05	5.74	65
SBV-31	0.415	99.61	2.58	65	SBV-74	0.577	117.44	2.02	65
SBV-32	0.42	77.27	7.49	65	SBV-75	0.527	114.64	4.46	65
SBV-33	0.245	62.82	8.64	65	SBV-76	0.575	113.63	3.76	65
SBV-34	3.849	307.36	6.75	65	SBV-77	0.578	113.17	3.16	65
SBV-35	0.793	120.78	12.98	65	SBV-78	0.498	113.37	4.61	65

SBV-36	0.426	81.07	15.22	65	SBV-79	0.455	113.60	3.39	65
SBV-37	0.401	72.26	14.68	65	SBV-80	0.449	105.37	5.25	65
SBV-38	0.331	54.51	17.46	65	SBV-81	0.344	75.50	2.06	65
SBV-39	0.394	56.46	11.90	65	SBV-82	0.164	43.78	2.39	65
SBV-40	0.388	68.11	10.78	65	SBV-83	0.397	119.70	9.51	65
SBV-41	0.393	70.04	1.01	65	SBV-84	0.328	85.64	8.49	65
SBV-42	0.206	50.31	4.97	65	SBV-85	0.339	84.32	3.98	65

IV.4. Méthodologie de dimensionnement

IV.4.1. la méthode rationnelle

La méthode rationnelle est un excellent outil pour la détermination d'un hydrogramme. En effet, elle permet tout au long du développement du calcul, de rationaliser les résultats et de dégager ainsi les meilleures caractéristiques du projet à retenir.

Comme une des finalités de la méthode consiste à évaluer, à mesure de l'avancement du calcul, les temps de concentration aux divers points caractéristiques du parcours d'un réseau, toute modification dans la résolution entraîne nécessairement une itération du calcul.

De ce point de vue, la méthode rationnelle est une méthode de convergence permettant d'optimiser les résultats.

Dans la pratique, la démarche consiste à estimer les débits produits à l'aval de secteur élémentaire A_1, A_2, \dots, A_n délimité par les lignes isochrones de ruissellement (Figure IV.6)

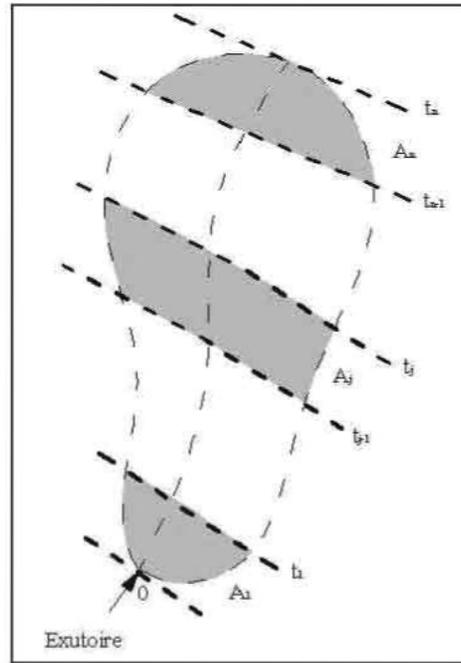


Figure IV.6 : Définition des lignes isochrones

Ainsi, la zone A_j de coefficient de ruissellement (imperméabilisation) C_j est délimitée par les isochrones t_{j-1} et t_j

Si l'on pose $t = \Delta t$, $t_2 = 2\Delta t$, (...), $t_n = n\Delta t$ et qu'il tombe sur cette aire une averse uniforme d'Intensité i et de durée t_2 la valeur $C_j.i$ sera la partie de l'averse qui ruisselle sur cette aire élémentaire A_j .

Dans cette hypothèse, l'évolution du débit mesuré à l'exutoire pour une durée $t_r = \Delta t$, ... , se présente ainsi :

$$Q(0) = 0$$

$$Q(\Delta t) = C_1.i.A_1$$

$$Q(2\Delta t) = C_2.i.A_2$$

(...)

$$Q(n\Delta t) = C_n.i.A_n$$

Et la somme des temps Δt représentera la valeur finale du temps que mettra une goutte d'eau, la plus éloignée hydrauliquement, pour parvenir à l'exutoire considéré. C'est cette valeur finale qu'on appelle « *temps de concentration t_c* ».

IV.4.1.1. hypothèse

Les hypothèses de base de la méthode rationnelle sont par conséquent, les suivantes :

- L'intensité de l'averse en mm/h est uniforme, dans le temps et dans l'espace, sur l'ensemble du bassin drainé ;
- le débit de pointe Q_p en m³/s de l'hydrogramme de ruissellement est une fraction du débit précipité $i.A$;
- l'intervalle de récurrence du débit de pointe Q_p est le même que celui de l'averse d'intensité uniforme i ;
- enfin, le coefficient de ruissellement est invariable d'une averse à l'autre.

Et l'on a :

$$Q_P = Q_{(n\Delta t)} = \sum_{k=1}^n C_k \cdot i \cdot A_k = i \cdot \sum_{k=1}^n C_k \cdot A_k \quad (\text{Eq. IV. 3})$$

En posant :

$$CA = \sum_{k=1}^n C_k \cdot A_k \quad (\text{Eq. IV. 4})$$

On obtient finalement la formule rationnelle :

$$Q_P = K_1 \cdot C \cdot i \cdot A \quad (\text{Eq. IV. 5})$$

Q_p : débit de pointe de l'hydrogramme en m³/s.

K_1 : coefficient d'homogénéité se rapportant aux unités $K_1 = 1/360$.

C : coefficient de ruissellement 0.65

i : intensité en mm/h,

A : superficie du bassin en hectares.

Sans doute la méthode rationnelle est simple dans son expression. Il n'en demeure pas moins qu'elle suppose une attention soutenue dans la recherche de la meilleure définition possible de ses paramètres et des facteurs d'ajustement.

IV.4.1.2. Utilisation de la formule rationnelle

La démarche générale a été fixée par ce qui précède. On suivra scrupuleusement les étapes, dont la dernière est la fixation des normes que devra respecter le projet.

Notamment, le choix d'un diamètre de collecteur et d'une pente de projet devra tenir compte des normes qu'on se fixe.

— La vitesse V doit s'inscrire à l'intérieur d'une fourchette de valeurs limites :

$$V_{\text{mini}} \leq V \leq V_{\text{maxi}}$$

V_{mini} : vitesse en dessous de laquelle l'autocurage ne serait pas réalisé,

V_{maxi} : vitesse au-dessus de laquelle il y'a risque évident d'érosion du matériau mis en œuvre.

— Le diamètre doit correspondre à un diamètre commercial ; pour le transport des eaux pluviales, il ne doit pas être inférieur à 0.30 m.

— De l'amont vers l'aval: une canalisation aval sera au moins égale en termes de capacité à celle transitant le plus fort débit d'entrée.

— La profondeur de mise en œuvre minimale doit être déterminée en fonction des contraintes d'environnement, de telle sorte qu'une canalisation en place puisse satisfaire aux impératifs de la desserte en même temps qu'aux impératifs d'ordre économique.

IV.4.2. La méthode superficielle

La méthode de Caquot ou méthode superficielle est une forme globaliste de la méthode rationnelle.

D'une manière générale, en faisant intervenir tous les paramètres de l'écoulement, cette méthode permet de calculer, aux divers points caractéristiques des tronçons, le débit de pointe qui servira à la détermination ultérieure des dimensions hydrauliques des ouvrages évacuateurs.

C'est un modèle déterministe de définition du débit de pointe s'appliquant à toute la surface considérée - d'où l'expression courante de la méthode superficielle de Caquot - mais, à la différence de la méthode rationnelle, il ne s'applique qu'aux surfaces urbaines drainées par des réseaux, à moins d'ajuster les paramètres.

Il est démontré, à propos de l'effet de capacité, que le débit, à l'instant où le réseau fonctionne au maximum (réseau plein), correspondant exactement au volume tombé dans l'unité du

temps, tandis que le volume tombé antérieurement a servi à la fois à l'écoulement, au remplissage des canalisations et à l'humidification de toutes les surfaces du bassin de réception, la capacité correspondante pouvant être grande s'il s'agit de terrains particulièrement perméables.

$$\frac{1}{6} \alpha . H . A . C = q(\beta + \delta) . t \quad (\text{Eq. IV. 6})$$

a : coefficient de distribution spatiale de l'averse, la valeur de A étant exprimée en hectares

H : hauteur de pluie à l'épicentre de l'averse, en millimètres entre t_0 et t_c

A : surface du bassin versant, en hectares ou surface imperméabilisé brute

C : coefficient de ruissellement

$q.\beta.t_c$: volume écoulé en m^3 pendant le temps de concentration t_c

$q.\delta.t_c$: volume stocké dans le réseau et le bassin versant depuis le début de l'averse et jusqu'à l'instant t_c .

$\beta+\delta$: effet de capacité totale (β correspondant à l'écoulement et δ au stockage),

q : débit maximal en m^3/s au point considéré.

Dans le modèle de Caquot, l'effet de capacité est traduit, en fait, par :

$$\beta + \delta = 0.85 + 1 \text{ initialement}$$

$$= 1.1 \text{ dans l'instruction de 1977,}$$

Cette dernière valeur correspond à un « amortissement volumétrique » minimal de 10 % pour les bassins urbains de petite taille, donc à une surestimation du résultat.

Notons que l'effet de capacité peut être variable, compte tenu du choix des éléments de projet du parti architectural et paysager. L'expérience a montré que, dans les cas de secteurs importants (environ 100 à 150 ha), il est souhaitable d'adopter $\beta = 0.6$ et $\delta = 0.8$. [Satin.M et all, 1999]

IV.4.2.1. Temps de concentration

Dans l'équation du bilan volumétrique, apparaît la notion de temps de concentration t_c . Cette valeur n'est en fait que la somme des valeurs élémentaires t_1 et t_2 , expliquant l'effet de capacité développé sur ces temps d'écoulement dans le réseau (t_1) et sur le bassin versant (t_2).

La formule du temps de concentration est établie comme suit dans l'instruction 1977

$$t_c = \mu \cdot I^c \cdot A^d \cdot Q_{P(F)}^f \quad (\text{Eq. IV. 7})$$

Avec les paramètres d'ajustement ci-après, issus de mesures expérimentales:

$$\mu = 0.28M^{0.84} = 0.28L^{0.84}A^{-0.42} \quad (\text{Eq. IV. 8})$$

(Ce qui correspond à $\mu = 0.5$ pour $M = 2$), dans laquelle "L" est la longueur en km du parcours de l'eau dans les caniveaux et le réseau.

I : pente moyenne hydraulique du réseau sur le parcours de l'eau, avec comme exposant :

$c = 0.41$.

A : surface représentant la somme des surfaces élémentaires d'influence au point de calcul, avec comme exposant : $d = 0.507$.

$Q_{P(F)}$: débit corrigé au point de calcul, avec comme exposant: $f = -0.287$.

Ou encore en développant :

$$t_c = 0.423L^{0.84} \cdot I^{-0.41} \cdot A^{0.087} \cdot Q_{P(F)}^{-0.287} \quad (\text{Eq. IV. 9})$$

Compte tenu d'expériences qui montrent que le modèle, dans ses limites définies, est assez proche de la réalité des observations, l'expression t_c pourrait avantageusement être modifiée comme suit :

$$t_c = 0.423L^{0.69} \cdot I^{-0.41} \cdot A^{0.184} \cdot Q_{P(F)}^{-0.354} \quad (\text{Eq. IV. 10})$$

Cette notion de temps de concentration (ou *lagtime*), on le verra, joue un rôle très important dans les assemblages des bassins d'influence aux points caractéristiques des tronçons du réseau, surtout s'il s'agit d'assembler des bassins de caractéristiques hétérogènes en un nœud donné.

IV.4.2.2. Formule générale d'expression du débit maximal [Satin.M et all, 2006]

Si dans la formule de Caquot, on a $q = Q_{P(F)}$ et $\alpha = A^{-\varepsilon}$, on peut écrire :

$$Q_{P(F)} = \frac{1}{6(\beta+\delta)} \cdot C \cdot \frac{H}{t_c} \cdot A^{1-\varepsilon} \quad (\text{Eq. IV. 11})$$

Si l'on admet que $\frac{H}{t_c}$ est l'intensité moyenne en mm/min de durée t_c , hypothèse qui conduit, considérer que la durée t_c est égale au temps écoulé entre le début de l'averse et l'instant Θ où l'intensité est maximale, on peut encore écrire :

$$Q_{P(F)} = \frac{1}{6(\beta+\delta)} \cdot C \cdot i(t_c, F) \cdot A^{1-\varepsilon} \quad (\text{Eq. IV. 12})$$

Et on retrouve la formule rationnelle améliorée, En introduisant la formule exponentielle d'intensité-durée-fréquence, on a :

$$Q_{P(F)} = \frac{1}{6(\beta+\delta)} \cdot C \cdot a(F) \cdot t_c^{b(F)} \cdot A^{1-\varepsilon} \quad (\text{Eq. IV. 13})$$

En remplaçant t_c par l'expression de sa valeur développée, on aboutit finalement à la formule générale :

$$Q_{P(F)} = \left[\frac{a(F) \cdot \mu^{b(F)}}{6(\beta+\delta)} \right]^{\frac{1}{1-b(F) \cdot f}} \cdot C^{\frac{1}{1-b(F)}} \cdot I^{\frac{b(F) \cdot C}{1-b(F) \cdot f}} \cdot A^{\frac{[b(F) \cdot d] + [1-\varepsilon]}{1-b(F) \cdot f}} \quad (\text{Eq. IV. 14})$$

Dans laquelle μ , c , d et f sont les valeurs entrant dans la formulation du temps de concentration de l'intensité, et $a(F)$ et $b(F)$ les valeurs paramétriques de la pluie considérée pour une région climatique donnée et une probabilité de retour.

IV.4.2.3. Limites d'application

La formule de Caquot, paramétrée par l'instruction de 1977, permet de déterminer les débits maximaux circulant dans les divers tronçons de canalisation d'un réseau ramifié classique, mais à la condition que le réseau ne soit pas en charge. Dans la pratique, cette condition hydraulique est posée au niveau du calcul pour satisfaire à l'évacuation du flot d'une période de retour donnée (quinquennale ou décennale par exemple).

Dans un autre domaine, l'application des formules superficielles suppose que les bassins soient aussi homogènes que possible. Cette perspective suppose que la caractéristique de leur

relief et de leur aptitude au ruissellement n'implique pas l'introduction d'autres termes décrivant la répartition des pentes et de l'imperméabilisation sur le bassin.

Les ajustements des paramètres e , β , μ , c , d et f ont été déterminés dans le cadre des prescriptions de l'instruction de 1977, en s'inspirant de ces principes fondamentaux. En fait, à l'expérience, il n'existe pas, à proprement parler, de bassins versants rigoureusement homogènes. Par conséquent, les vérifications ne peuvent s'effectuer que sur des unités de superficie limitée, afin de ne pas nécessiter de modification des formules superficielles. La vérification par simulation à l'aide d'autres modèles mathématiques a montré que l'ajustement actuel sous-estimait les débits de pointe et, sur certains secteurs, pentus par exemple, pouvait les surestimer du double.

Comme les études expérimentales sur les bassins de grande superficie n'avaient pas été entreprises à l'époque de la rédaction de cette instruction technique de 1977, il convenait de ne pas dépasser cette limite contraignante de 200 ha pour demeurer dans la cohérence des nouveaux ajustements. Aussi, pour bien signifier que la limite en surface s'adresse à l'assemblage des bassins, on a :

$$\sum A_j \leq 200 \text{ ha}$$

En ce qui concerne le coefficient de ruissellement C , il a été admis que la limite inférieure devrait correspondre à l'imperméabilisation observée sur les bassins versants caractérisés par un habitat diffus. Sur les secteurs du type pavillonnaire à caractère résidentiel, avec toitures raccordées au réseau, l'imperméabilisation ne dépassant guère 20 % de la surface totale, c'est finalement ce seuil qui a été retenu ; en zone urbaine, on a d'ailleurs vérifié que les voiries et leurs dépendances (places et aires de service) représentaient à elles seules 20 % de l'ensemble du site urbain.

Aussi, partant du principe que l'imperméabilisation des aires urbaines pouvait atteindre 100 % de la surface offerte, le coefficient de ruissellement devait évaluer entre ces limites, d'où:

$$0.20 \leq C \leq 1$$

Dans le domaine des pentes, les valeurs limites imposées

$$0.002 \leq I \leq 0.05$$

Relèvent exclusivement des conditions de vérifications expérimentales. Comme il y a toujours lieu de penser que la pente est un facteur influant sur le mode de transformation de la pluie en débit, il est encore trop tôt pour envisager un nouvel ajustement des paramètres $\beta + \delta$ caractérisant l'effet de capacité du réseau égale à 1.1.

La limite plafond $1 = 0.05$ permet tout de même de résoudre l'évacuation des eaux pluviales dans les zones de relief accusé, moyennant de recourir à des chutes. Mais il ne faudra jamais sous-estimer l'influence de la vitesse du ruissellement en surface, vitesse qui se traduit généralement par l'observation de temps de concentration très court aux divers points d'engouffrement dans le réseau.

Comme dans tout modèle d'expression monôme, il faudra prendre en compte des paramètres représentatifs, en l'occurrence :

- Le bilan volumétrique, qui tient compte de l'effet de capacité et d'évacuation du système hydrologique et hydraulique, peut varier de 0.5 à 1 ;
- Le coefficient de ruissellement qui, compte tenu du taux d'imperméabilisation, de la nature du sol, de la saturation, de la couverture végétale, de la pente, etc., peut varier de 1 à 10, et cela indépendamment du modèle utilisé. En effet, un sol non urbanisé sur lequel serait affecté a priori un coefficient $C = 0.05$ pourrait, une fois saturé et compte tenu de sa nature perméable, sans couverture végétale et pentue, atteindre un coefficient $C = 0.50$;
- L'intensité, qui, selon l'analyse des données météorologiques régionales ou locales et l'ajustement mathématique, peut varier de 1 à 2 ;
- La superficie concernée et toutes les surfaces contribuant au ruissellement, qui sont généralement les plus faciles à appréhender. Cependant, un manque d'analyse des sites pourrait entraîner un écart non marginal ;
- La répartition spatiale de l'orage, qui, avec des formulations très différentes, peut faire varier de 1 à 2.

Selon l'hypothèse médiane comparée aux extrêmes, en passant par toutes les combinaisons possibles d'écarts, le résultat pourrait varier de 1 à 3 en plus et en moins.

En résumé, il s'agit bien d'un modèle où chaque paramètre fourni doit être analysé ; il ne faut donc pas hésiter à recourir à des méthodes comparatives afin d'expliquer les divergences d'appréciation et, dans tous les cas, ne pas négliger les observations directes, les analyses fines de sites, les données statistiques même sommaires, qui sont toujours préférables aux calculs, même s'ils paraissent satisfaisants.

IV.5. Dimensionnement de la canalisation principale

IV.5.1. Tracé du réseau

Le tracé du réseau d'un réseau d'assainissement se fait selon les critères suivants :

- Suivre autant que possible le plan de la voirie
- Distance max entre 2 regards de visite : 70m
- Regard de visite aux changements de pente et de direction
- Couverture minimale des canalisations : 80 cm
- Suivre si possible la pente naturelle ϖ Pente minimale de 2 mm/m pour les eaux usées et 4 mm/m pour les eaux pluviales.
- Diamètre minimal : réseau d'eaux usées \varnothing 200 mm et \varnothing 300 mm pour le réseau pluvial ou unitaire
- Diamètres croissants d'amont en aval
- Délimiter les sous bassins versants drainés par chaque tronçon.

Tableau IV.2 : caractéristiques des collecteurs

Types de collecteurs	Numéro de collecteurs	Longueur [m]	Nombre de regard
Collecteur Principale		1538.8	44
Collecteurs secondaires	1	300.7	9
	2	120	3
	3	317.3	9
	4	847.9	25
Collecteurs tertiaires	3.1	67.3	2
	4.1	412.2	13

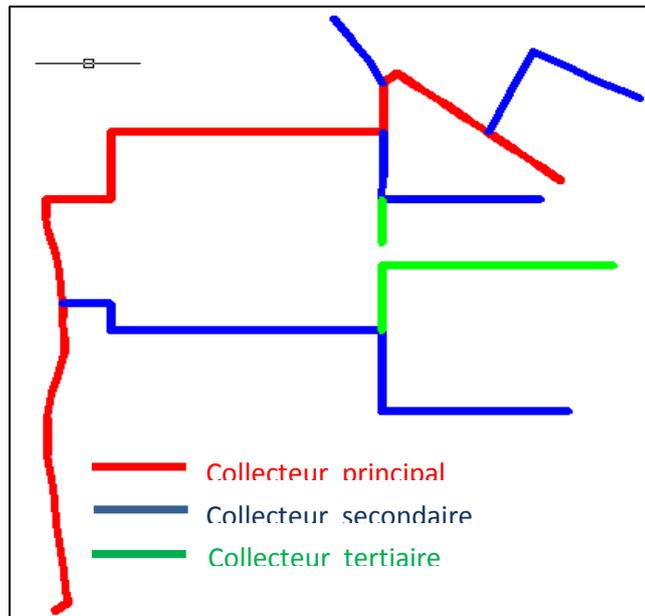


Figure IV.7 : Tracé du réseau

IV.5.2. Résultats de dimensionnement

Quel que soit le types de canalisation à mettre en place elles seront représentées par des polygones sous forme de polygones 3D (altitudes affectées aux cotes radier)

Une canalisation est composé des tronçons, bordés chacun d'un nœud amont et d'un nœud aval. Toutes les canalisations composant les réseaux doivent converger vers un unique point d'exutoires ; le calcul s'effectue canalisation par canalisation, après le paramétrage des canalisations de dimensionnement (hauteur de recouvrement, profondeur minimum et maximum, pente min et maxEtc.).

IV.5.2.1. Calcule par la méthode rationnelle

Le calcule par la méthode rationnelle ne nécessite pas la série des pentes et les longueurs hydrauliques (en raison de la faible surface) seul un canal brute Independent de la forme du bassin versant est effectué. Dans notre cas nous avons obtenu les diamètres représentés dans les graphes si dessous (Figure IV.8) et (Figure IV.9). (Annexes 1, 2, 3)

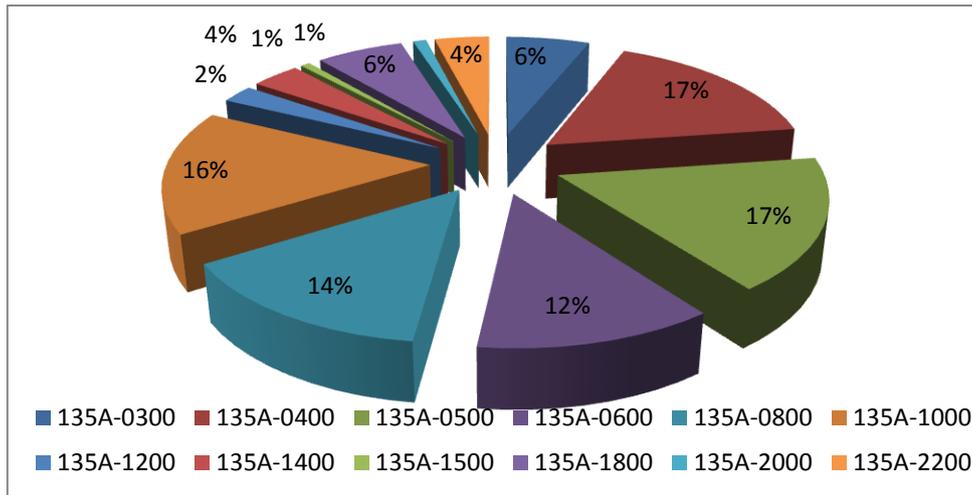


Figure IV.8 : Répartition linéaire du réseau en fonction des diamètres

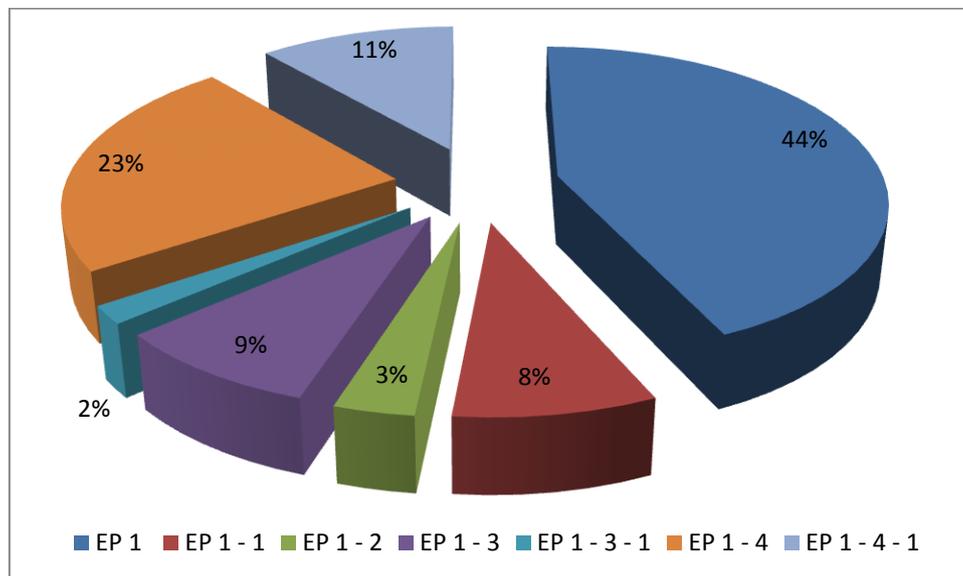


Figure IV.9 : Répartition linéaire du réseau en fonction du collecteur

IV.5.2.2. Calcule par la méthode superficielle de Caquot

La méthode superficielle de Caquot nécessite des valeurs des pentes et des longueurs, pour déduire le débit corrigé en fonction de la forme du bassin (coefficient d'allongement "m"), dans ce cas les graphes ci-dessous représentent la répartition linéaire de diamètre et des collecteurs (Figure IV.10) et (Figure IV.11). (Annexes 4, 5, 6)

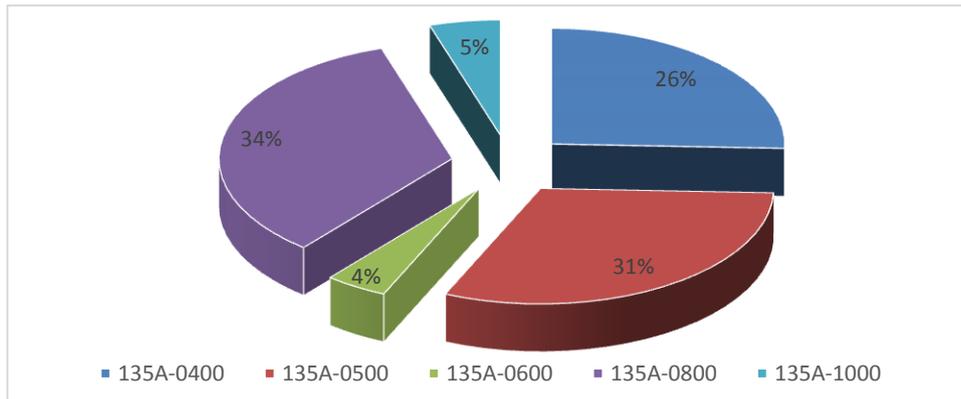


Figure IV.10 : Répartition linéaire du réseau en fonction du diamètre

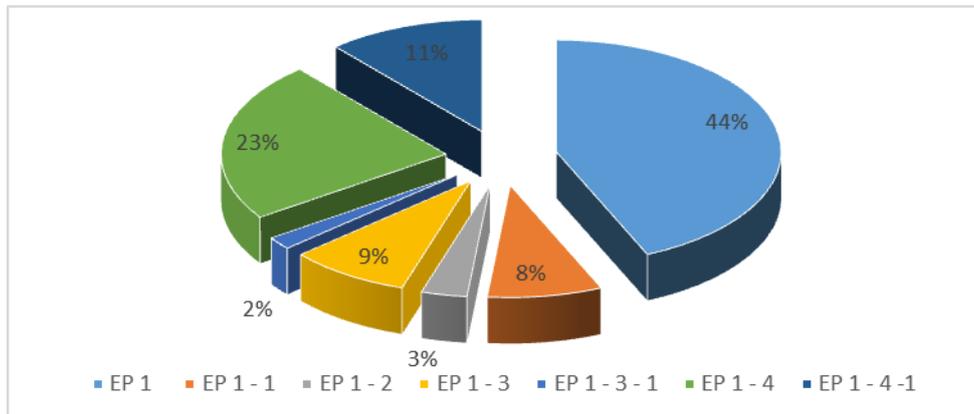


Figure IV.11 : Répartition linéaire du réseau en fonction du collecteur

IV.6. Conclusion

Les résultats du dimensionnement du réseau d'eau pluviale de la zone A de Draa Erich, par la méthode rationnelle nous a donné une différente gamme de diamètre de 300 mm jusqu'au 2200 mm, d'où la grande part est de diamètre 500,400 et 1000 respectivement de 17% et 16%.

Par contre la méthode superficielle de Caquot, donne simplement 5 gammes de diamètres 400, 500, 600, 800 et 1000 mm, dont la majorité est de 800 et 500 de diamètres respectivement avec un pourcentage de 34% et 31%. (Figure IV.12)

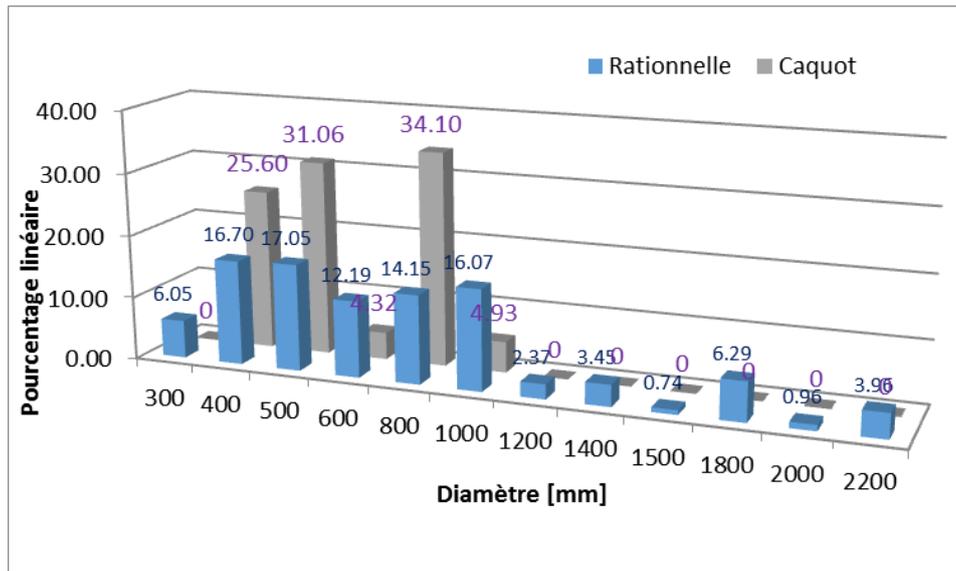
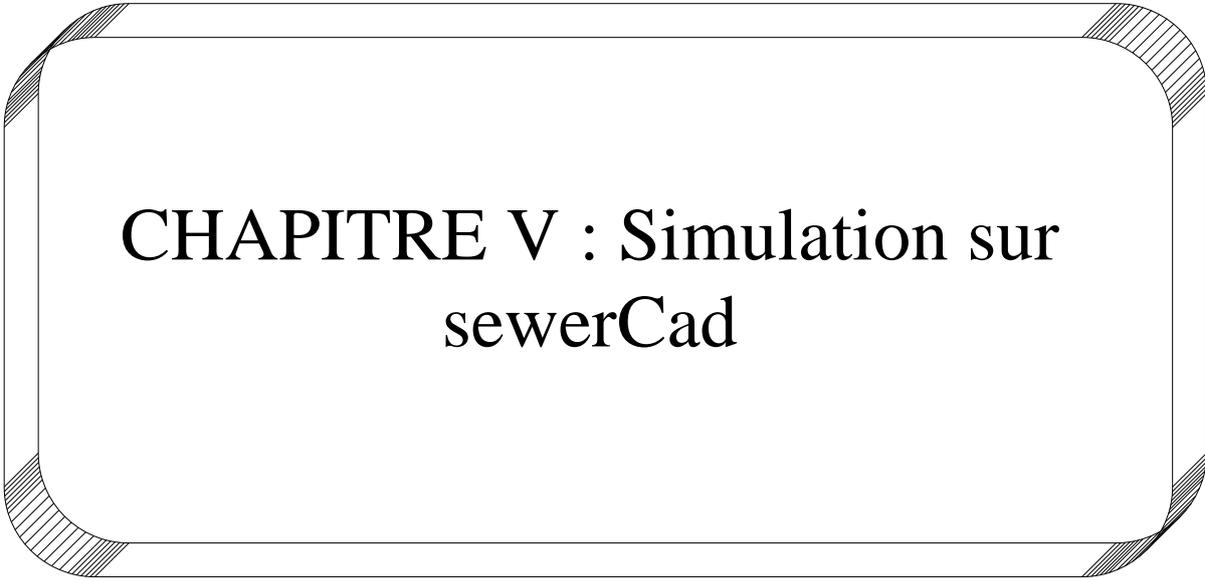


Figure IV.12 : répartitions linéaire des diamètres entre les deux méthodes



CHAPITRE V : Simulation sur sewerCad

V.1. Logiciel SewerCAD

SewerCAD peut exécuter des analyses d'état stable, modélisant un seul événement dans le temps, et des analyses de période étendue, modélisant un réseau sur une durée spécifiée; de plus, le programme permet de concevoir automatiquement des tuyauteries et structures gravitaires, en spécifiant les éléments à concevoir, d'une seule taille de tuyau à tout le système, ou n'importe quoi entre les deux, en envisageant la conception du programme seulement comme une étape préliminaire.

SewerCAD peut être exécuté en utilisant sa propre interface graphique (figure V.1) ou en utilisant une interface AutoCAD (mode AutoCAD), ce qui représente une fonctionnalité supplémentaire du modèle.

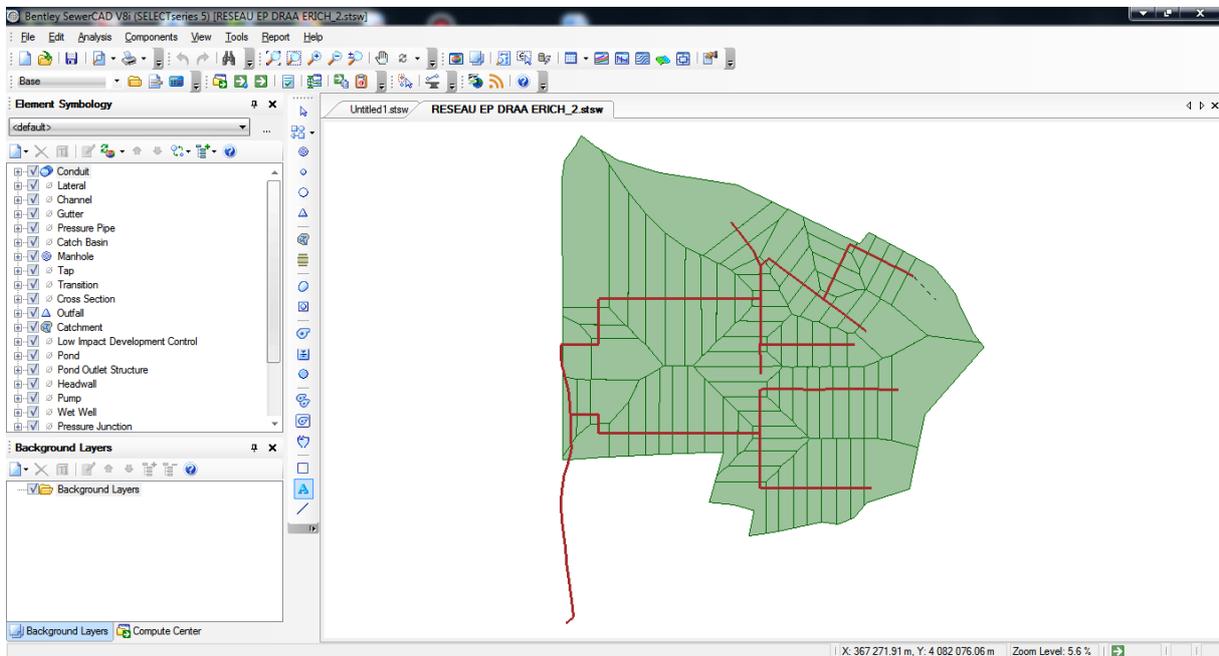


Figure V.1 : Réseau d'assainissement sous SewerCad

V.1.1. Menus SewerCad

- **Menu Eléments**

L'éditeur graphique SewerCAD permet de créer, déplacer, modifier et supprimer des éléments de réseau graphiquement, duquel la figure ci-dessous représente la barre des tâches "Component" qui nous permet d'introduire les données nécessaire pour notre réseau d'étude.

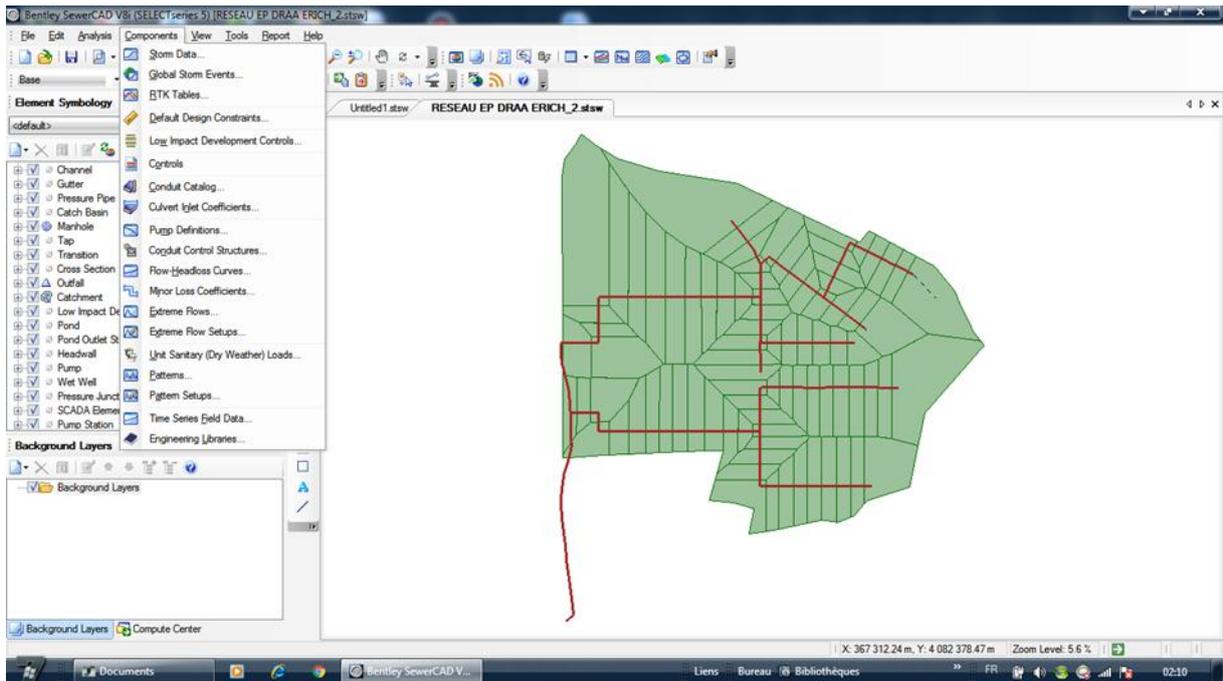


Figure V.2 : Menu éléments

- **Menu Analyse**

Le menu Analyse contient des éléments concernant les calculs. Ceux-ci incluent des éléments tels que l'accès au scénario et la commande de calcul.

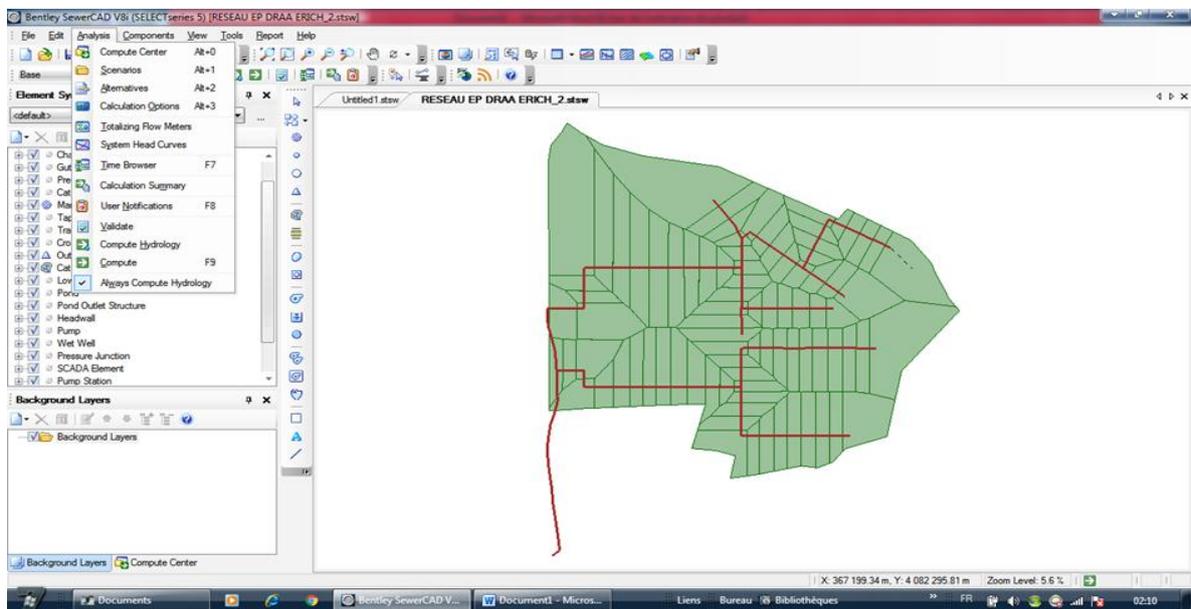


Figure V.3 : Menu Analyse

- **Menu View**

En mode AutoCAD et en mode autonome, le menu Affichage permet d'accéder aux outils traitant du volet de dessin, de la visibilité de la barre d'outils, etc...

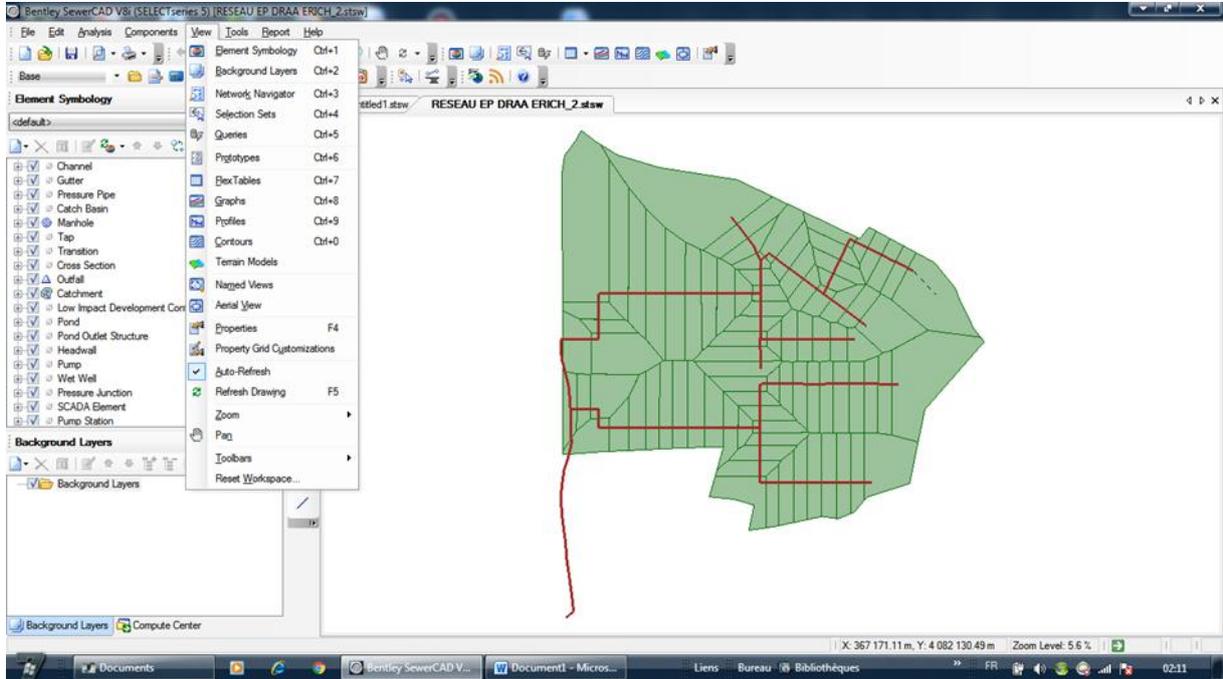


Figure V.4 : Menu View

- **Menu Outil**

Le menu Outil vous permet d'accéder à de nombreuses fonctions utiles pour afficher les résultats, ainsi que de sélectionner les outils utilisés pour générer des éléments de réseau et des annotations graphiques dans le volet de dessin.

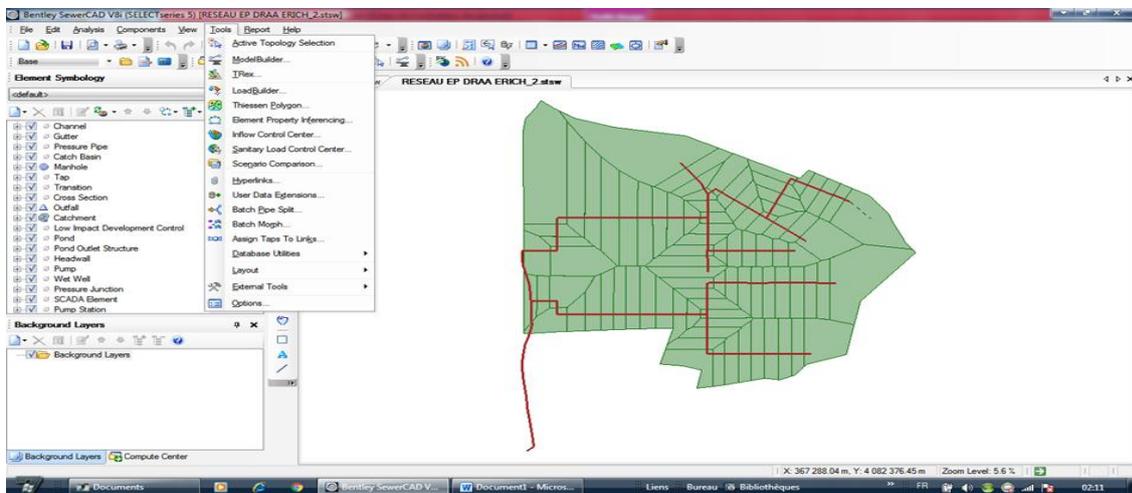


Figure V.5 : Menu Outil

- **Menu Rapport**

Le menu Rapport permet d'accéder à une collection de rapports textuels et graphiques préformatés. En outre, il donne accès à FlexTables, qui vous permet de créer vos propres rapports personnalisés.

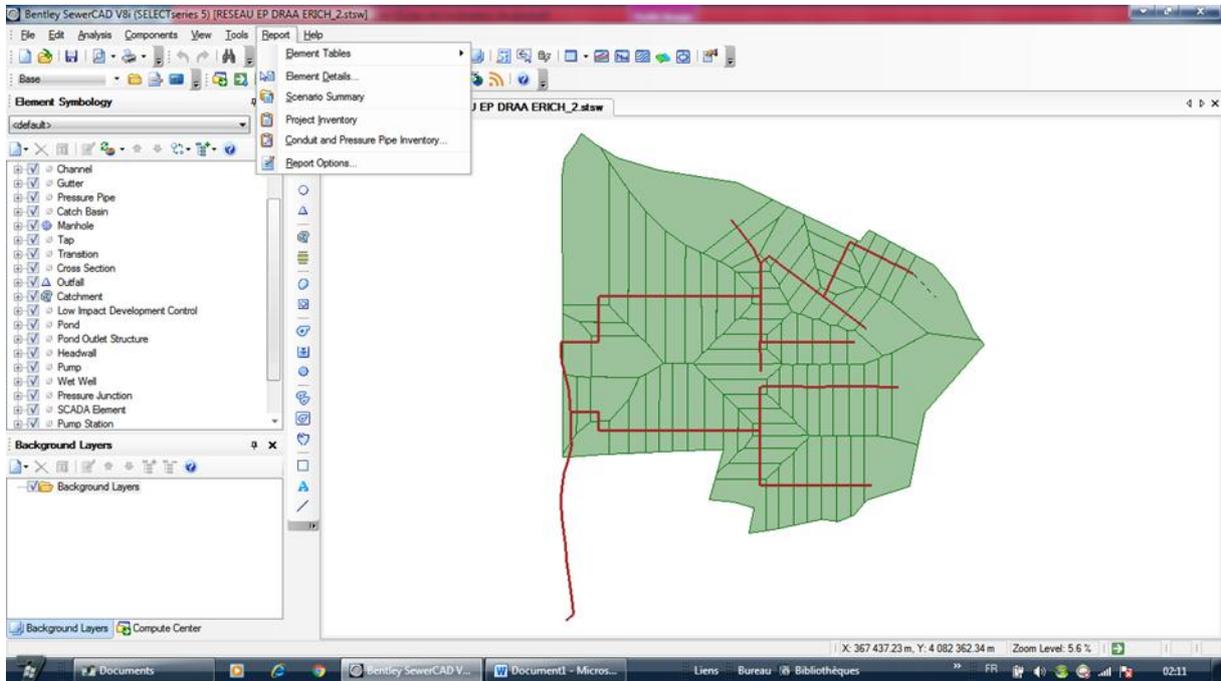


Figure V.6 : Menu Rapport

V.1.2. Eléments hydraulique de réseau d'assainissement

- **Regards**

Les regards sont des endroits où les flux pénètrent dans la partie gravitaire du réseau d'égouts.

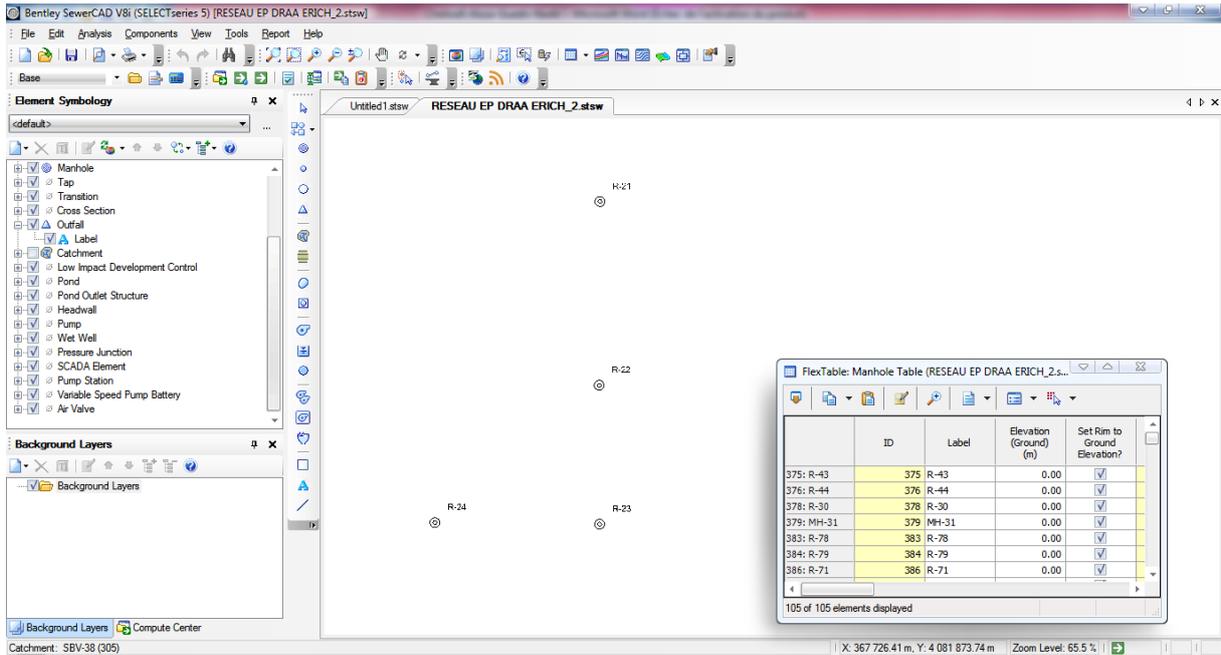


Figure V.6 : Regard du réseau d'étude

- **Conduites**

les conduites sont les parties gravitaires du réseau qui relient entre deux jonctions.

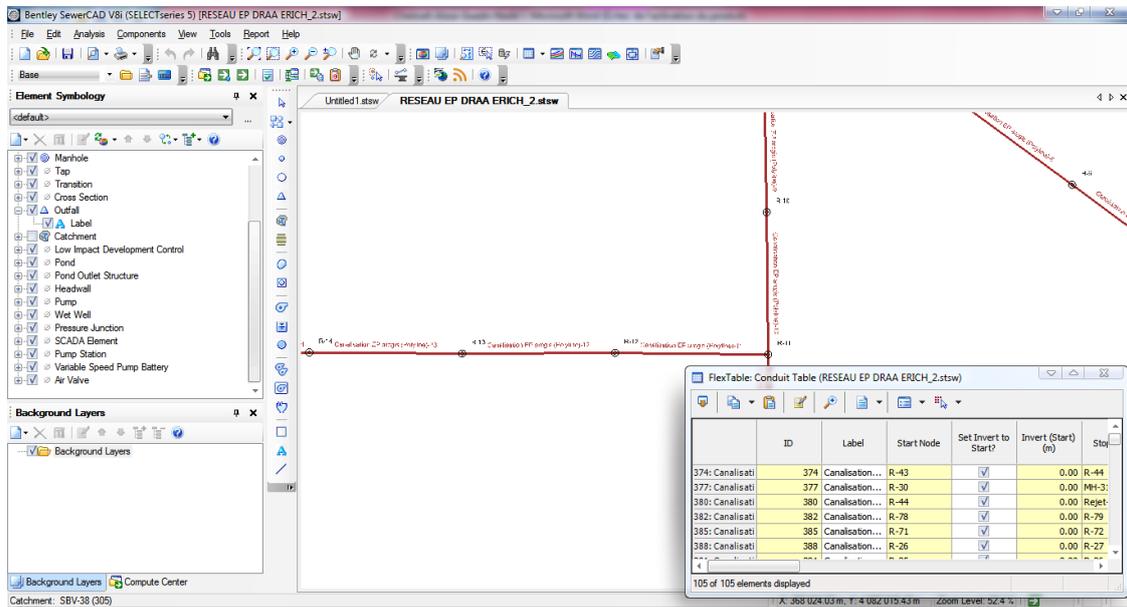


Figure V.7 : Conduite du réseau d'étude

- **Sous-bassins**

Les sous bassins versant représentent les éléments important pour le calcul du volume de ruissellement de surface.

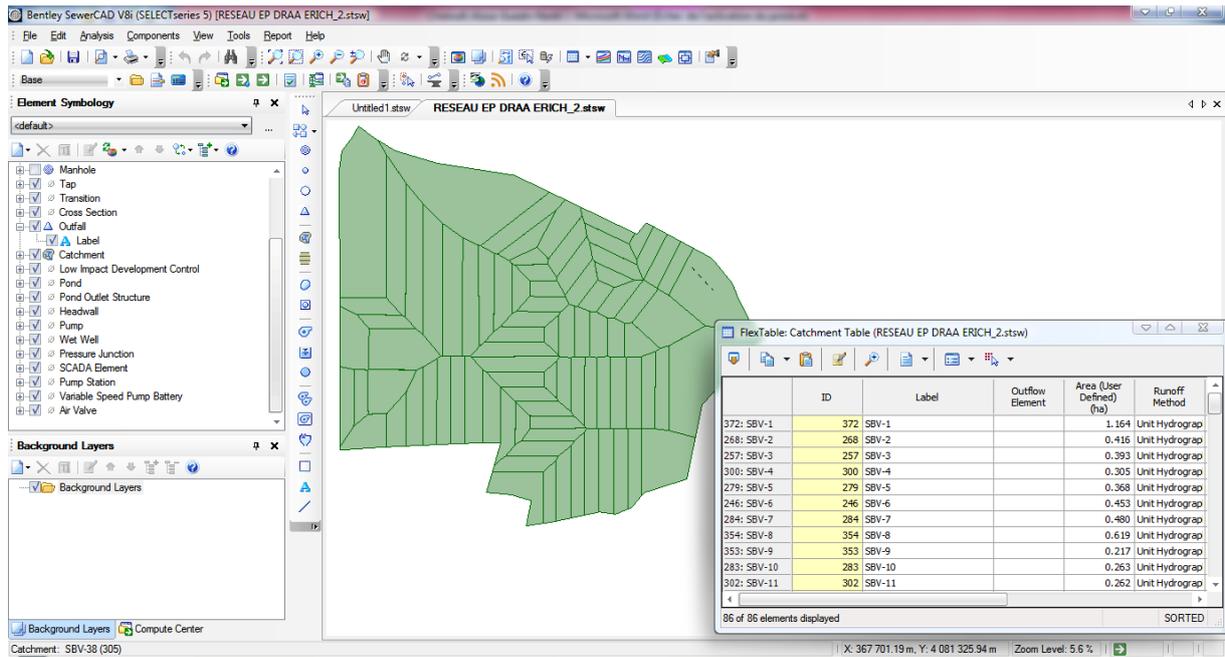


Figure V.7 : Sous bassin de la zone d'étude

V.2. Résultats de simulation

V.2.1. 1^{er} résultat (Rationnelle)

Les figures (8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 et 17), représentent la simulation des collecteurs dimensionnés par la méthode rationnelle sur SewerCad en fonction d'une période de retour de 20 ans et une durée de 2 heures.

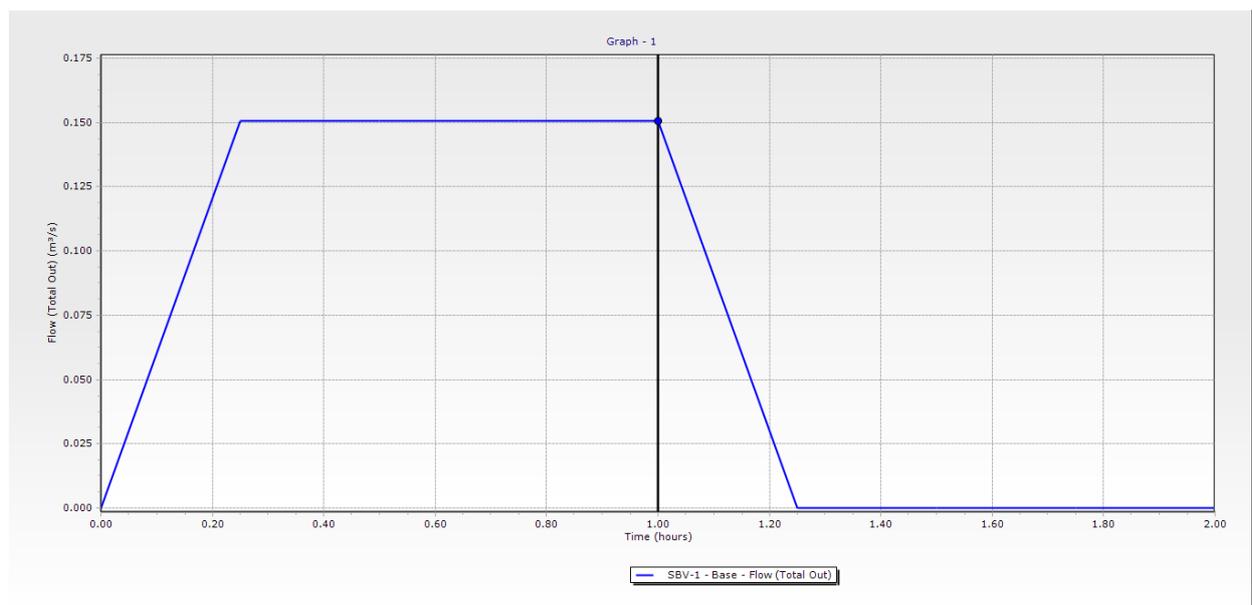


Figure V.8 : le débit de ruissellement dans le Sous Bassin 1

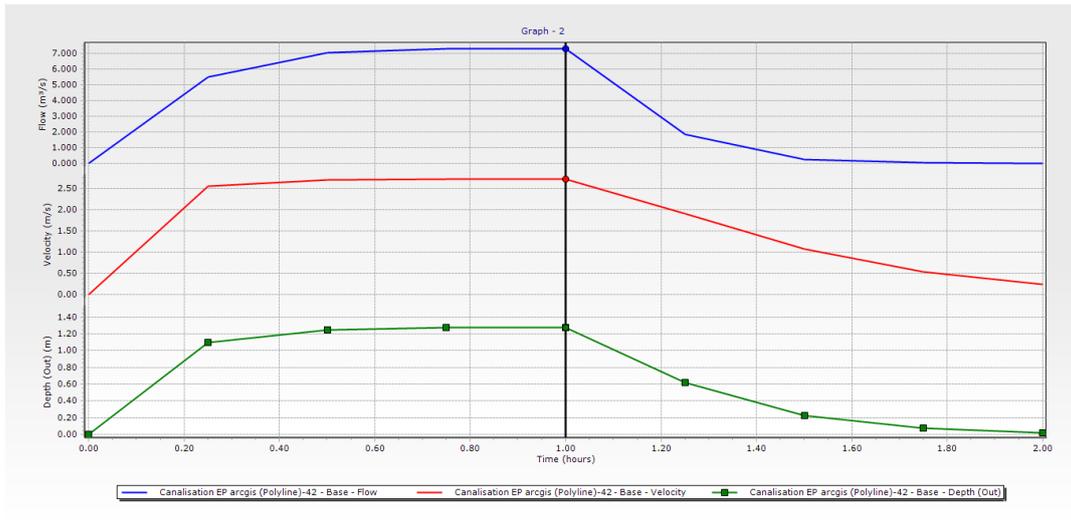


Figure V.9 : Le débit, la vitesse et la hauteur au niveau du tronçon de rejet

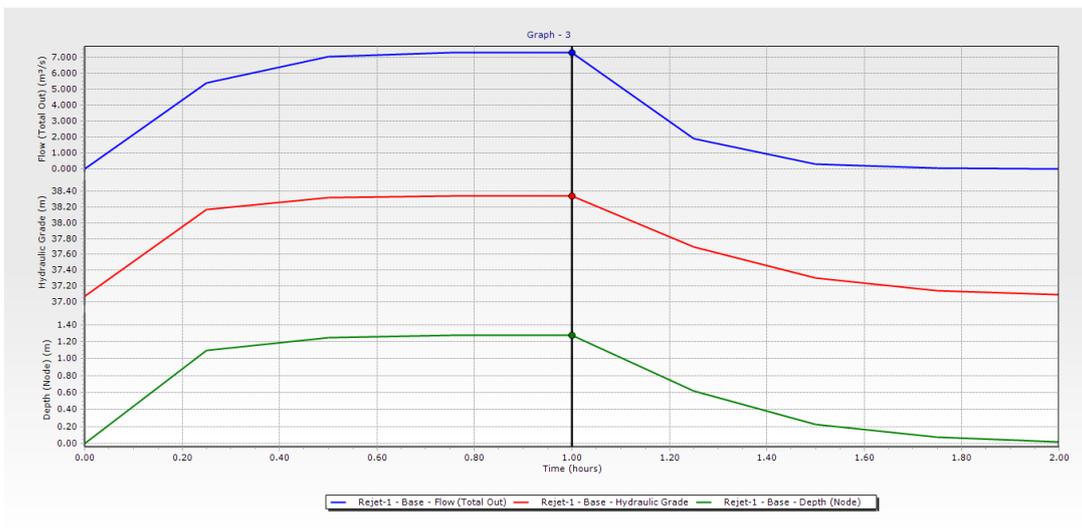


Figure V.10 : Le débit, la hauteur de charge et la hauteur au niveau du rejet



Figure V.11 : Profile en long du R1 vers le Rejet (temps = 1h25 min)



Figure V.12 : Profile en long du R46-R4 (temps = 1h 25 min)

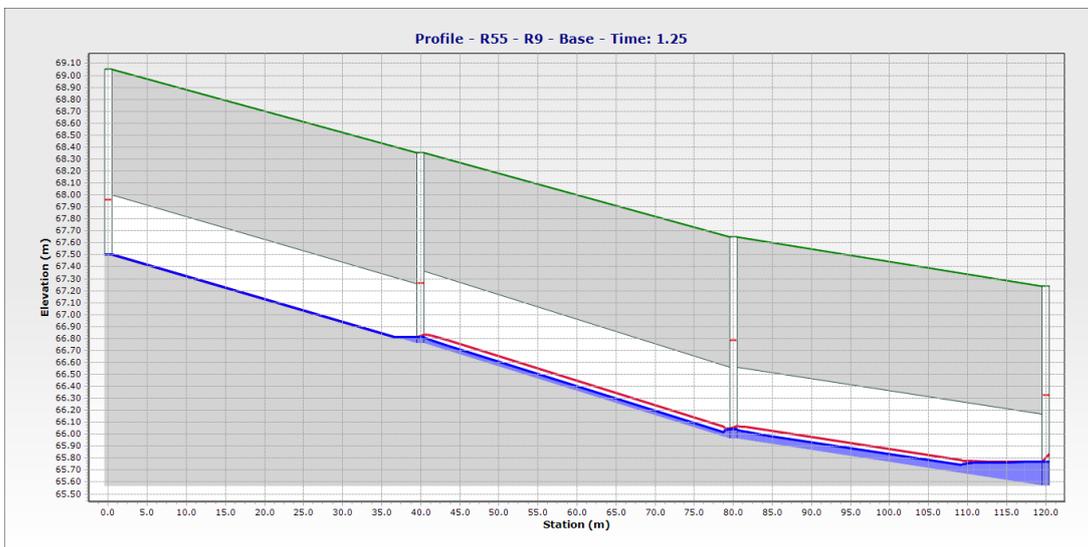


Figure V.13 : Profile en long du R55-R9 (temps = 1h 25 min)



Figure V.14 : Profile en long du R58-R11 (temps = 1h 25 min)

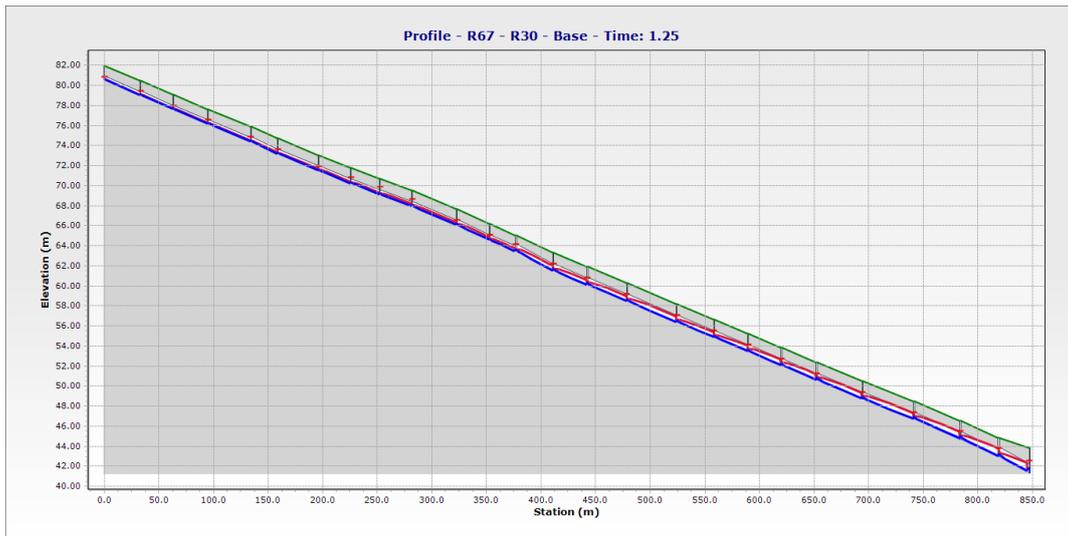


Figure V.15 : Profile en long du R67-R30 (temps=1h 25 min)



Figure V.16 : Profile en long du R92-R64 (temps=1h 25 min)

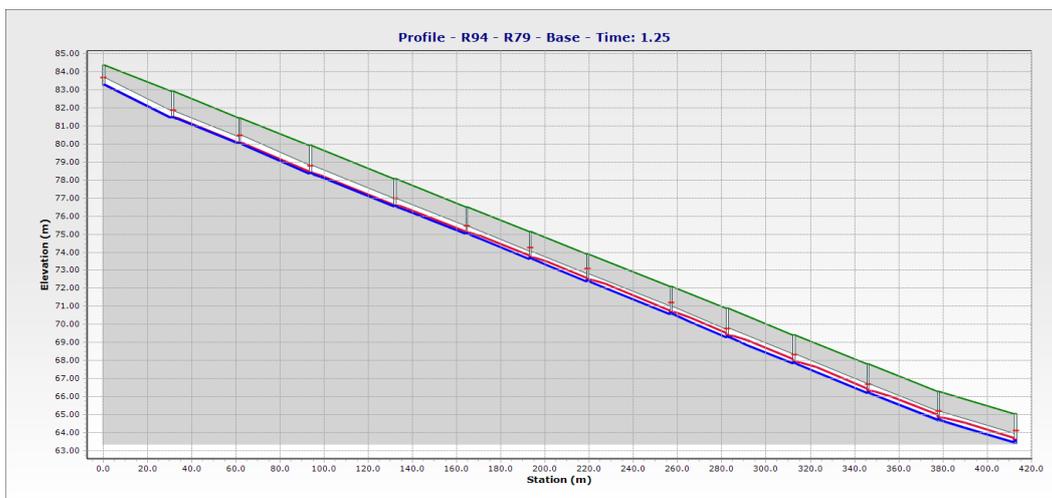


Figure V.17 : Profile en long du R94-R79 (temps=1h 25 min)

V.2.2. 2^{ème} résultat (Caquot)

Les figures (18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26 et 27), représentent la simulation des collecteurs dimensionnés par la méthode superficielle de Caquot sur Sewer Cad en fonction du période de retour 20 ans et une durée de 2 heures.



Figure V.18 : le débit de ruissellement dans le Sous Bassin 1

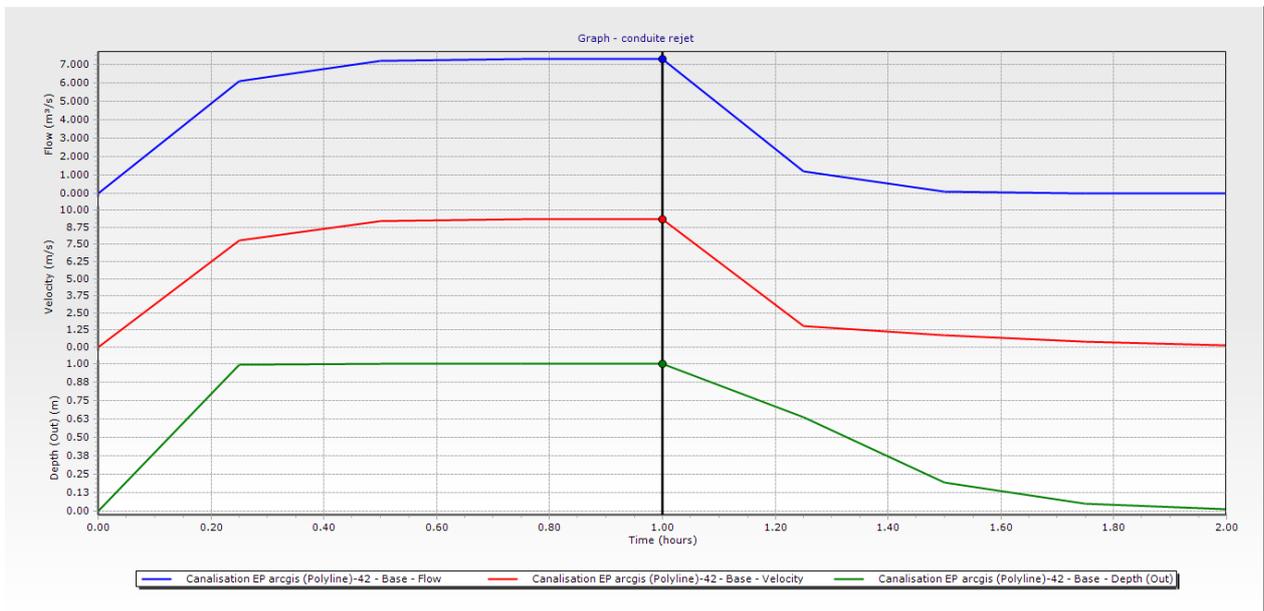


Figure V.19 : Le débit, la vitesse et la hauteur au niveau du tronçon de rejet

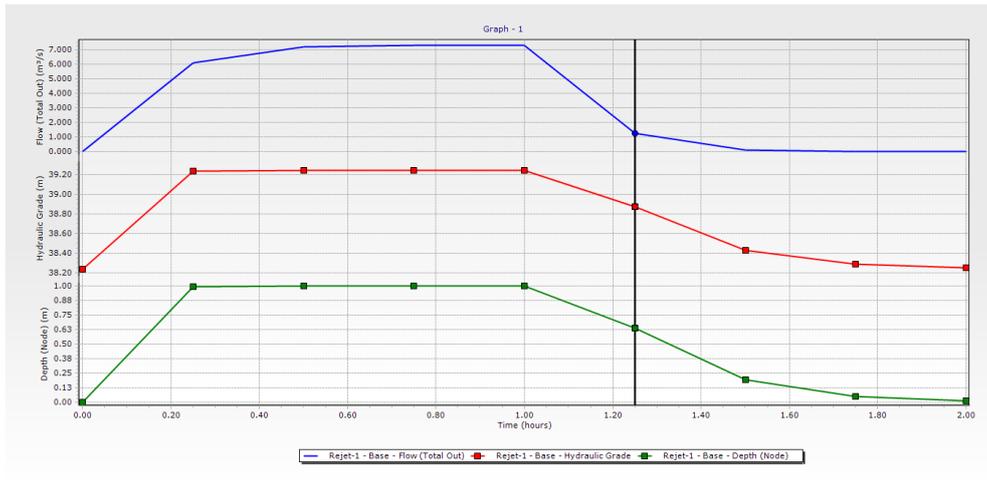


Figure V.20 : Le débit, la hauteur de charge et la hauteur au niveau du rejet

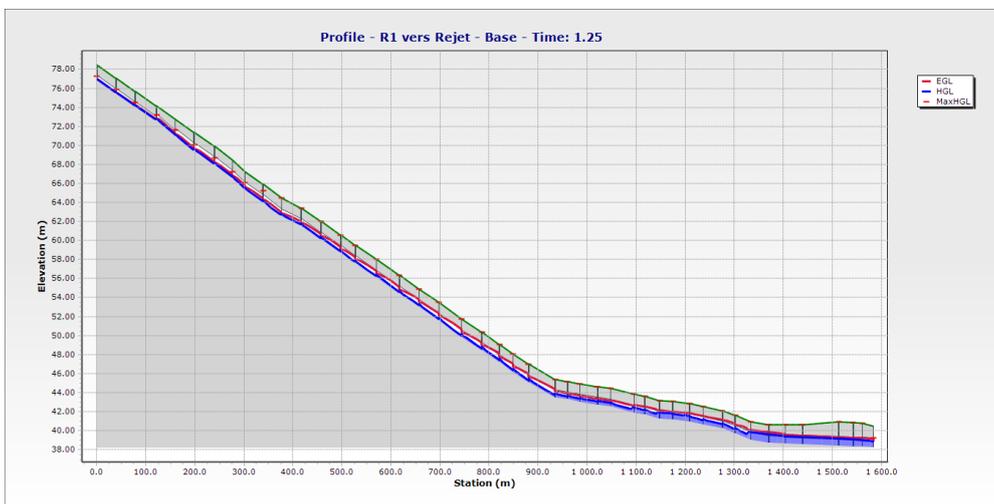


Figure V.21 : Profile en long du R1 vers le Rejet (temps=1h 25 min)



Figure V.22 : Profile en long du R46-R4 (temps = 1h 25 min)

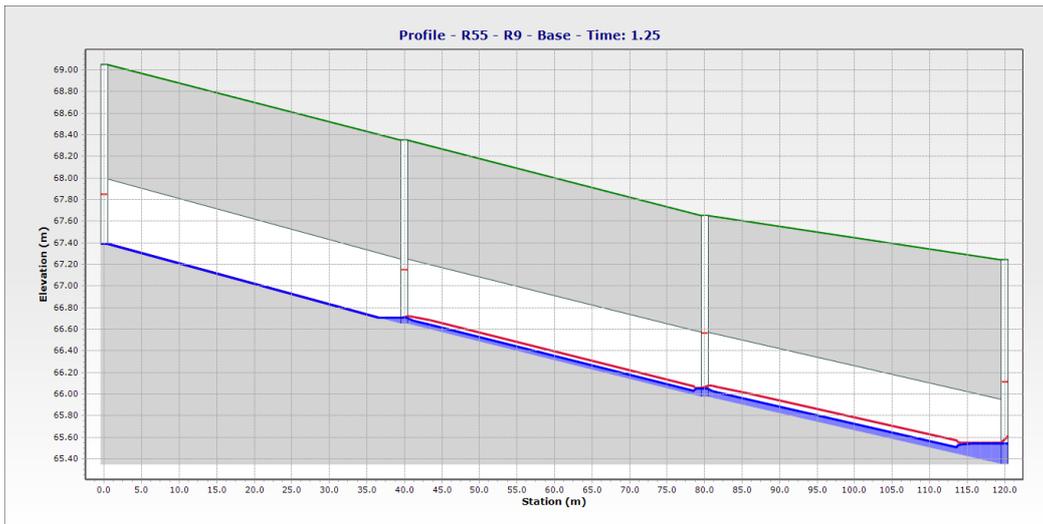


Figure V.23 : Profile en long du R55-R9 (temps = 1h 25 min)



Figure V.24 : Profile en long du R58-R11 (temps=1h 25 min)

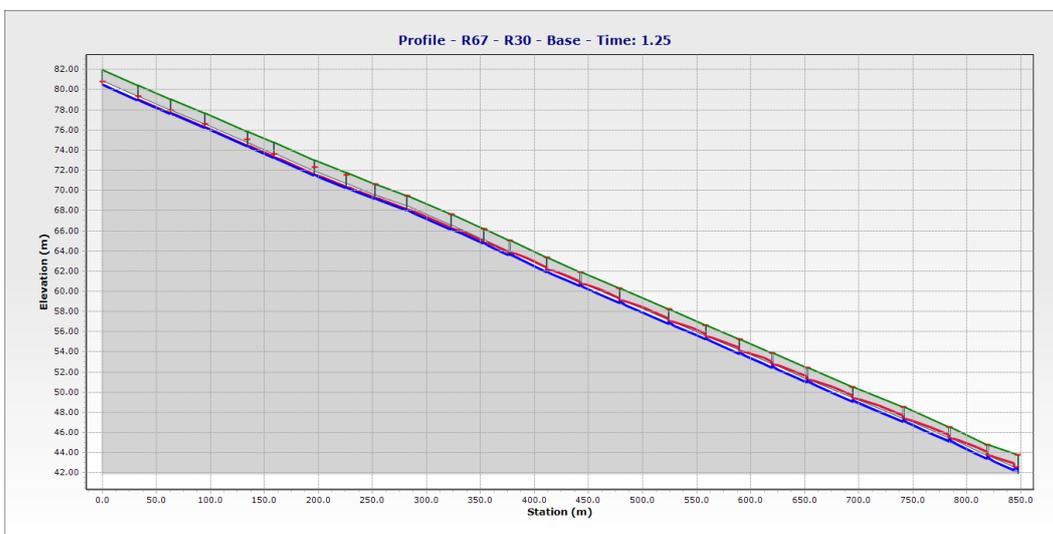


Figure V.25 : Profile en long du R67-R30 (temps=1h 25 min)



Figure V.26 : Profile en long du R92-R64 (temps=1h 25 min)

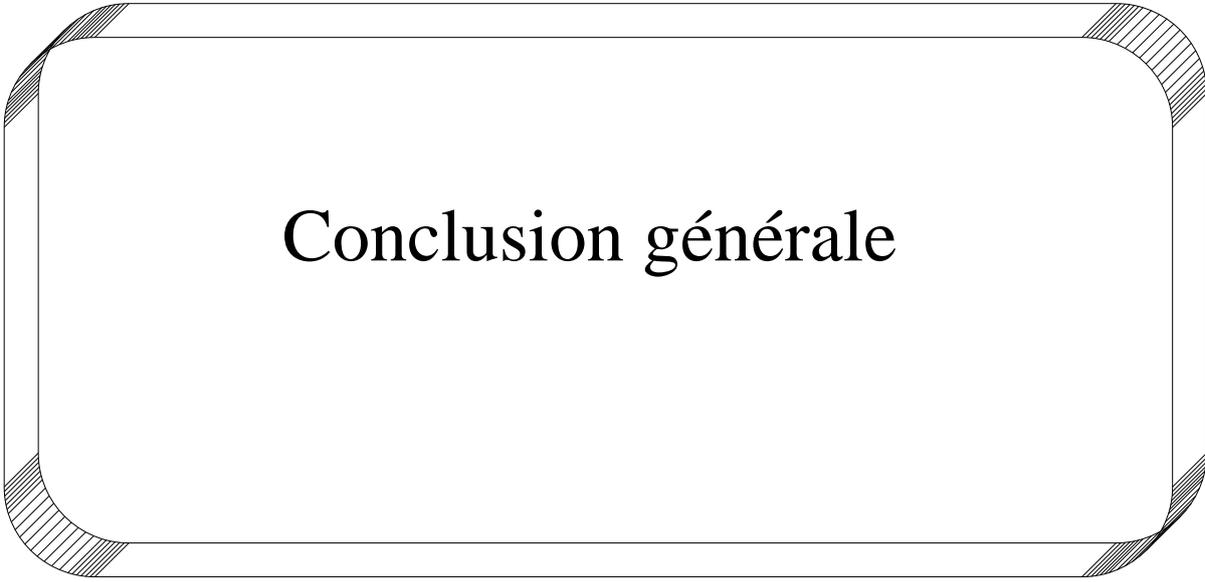


Figure V.27 : Profile en long du R94-R79 (temps=1h 25 min)

V.3. Conclusion

L'objectif de ce dernier chapitre est la simulation du réseau d'assainissement de la zone A de Draa Erich de la commune de Berrahel. Les opérations de saisie, stockage des données descriptives et hydrologiques de la zone (pluie, caractéristiques des canalisations et regards) dimensionnés par Covadis, permettent d'observer le comportement de la hauteur d'eau dans les conduites.

Suite à la conclusion de ce chapitre, Il est recommandé remplacer les tronçons de diamètre supérieur à 2000 mm par une section ovoïdale ou cadre (rectangulaire) de façon à assurer la surface d'évacuation des eaux pluviales jusqu'au point de rejet.



Conclusion générale

Conclusion générale

A la fin de ce travail, on peut conclure que la réalisation d'un réseau d'assainissement repose sur plusieurs critères, dépendant de la nature et du relief du terrain, de la nature et de la quantité d'eau à évacuer, ainsi que du plan d'urbanisation de l'agglomération.

De tous ces critères, résulte le choix du système d'évacuation, ainsi que le schéma correspondant.

Pour notre agglomération de Draa Erich l'évaluation des débits des eaux pluviales s'est faite par la relation de la méthode rationnelle et la méthode superficielle (Caquot) pour une période de retour de 20 ans.

Le cheminement des collecteurs s'est fait selon la topographie du terrain, favorisant un écoulement gravitaire de l'eau.

Vu l'étendue de la ville à étudier, on a utilisé la méthode rationnelle et pour l'évaluation des débits pluviaux. Celle-ci est incontournable pour le dimensionnement du réseau.

Afin de réaliser cet objectif, on a opté à l'étude de cas de la nouvelle ville de Draa Erich en choisissant le réseau d'assainissement de la zone A, qui présentent plusieurs débordements dans le réseau dimensionné par la méthode de Caquot.

Recommandation

Suite à la conclusion de ce projet de fin d'études, Il est recommandé :

- de vérifier la topographie du terrain et le plan d'aménagement urbain;
- que les différentes études de dimensionnement du réseau soient suivies par une simulation numérique, au lieu de la méthode classique utilisée en générale ;
- d'adapte des sections cadre (rectangulaire, ovoïdale...), à la sortie de la ville ;
- réutiliser les eaux pluviales, pour satisfaire les besoins agricoles et industrielles ;
- d'élaborer un système d'information géographique pour mieux connaitre le cheminement des réseaux.

Listes des références

- LEDOUX B., 2006, La gestion du risque inondation, Edition TEC et DOC 11, rue La vorisier-Paris.
- Lee T., Shin J., Park T., Lee D., Basin rotation method for analyzing the directional influence of moving storms on basin response. *Soch. Env. Res. Risk. Assess.* 29(1), (2015) 251.
- Rawls, W. J., D. L. Brakensiek, et al. (1983). "Green-Amp infiltration parameters from soils data."
Journal of hydraulique engineering 109(1): 62-70.
- SATIN Marc et BECHIR Salmi, *Guide technique de l'assainissement*, 2' édition le MONITEUR, Paris 1999
- Ecole Polytechnique de Thiès, Département de Génie Civil Thiès, Aout 1993.
- FALL Brahim, *Plan directeur d'assainissement de la ZAC de Ziguinchor*, Ecole Supérieure Polytechnique, Département de Génie Civil, Thiès, Août 2006.
- SATIN Marc et BECHIR Salmi, *Guide technique de l'assainissement*, 3' édition Editions le MONITEUR, Paris 2006
- Uban, bureau d'étude Annaba, rapport de direction année 2017

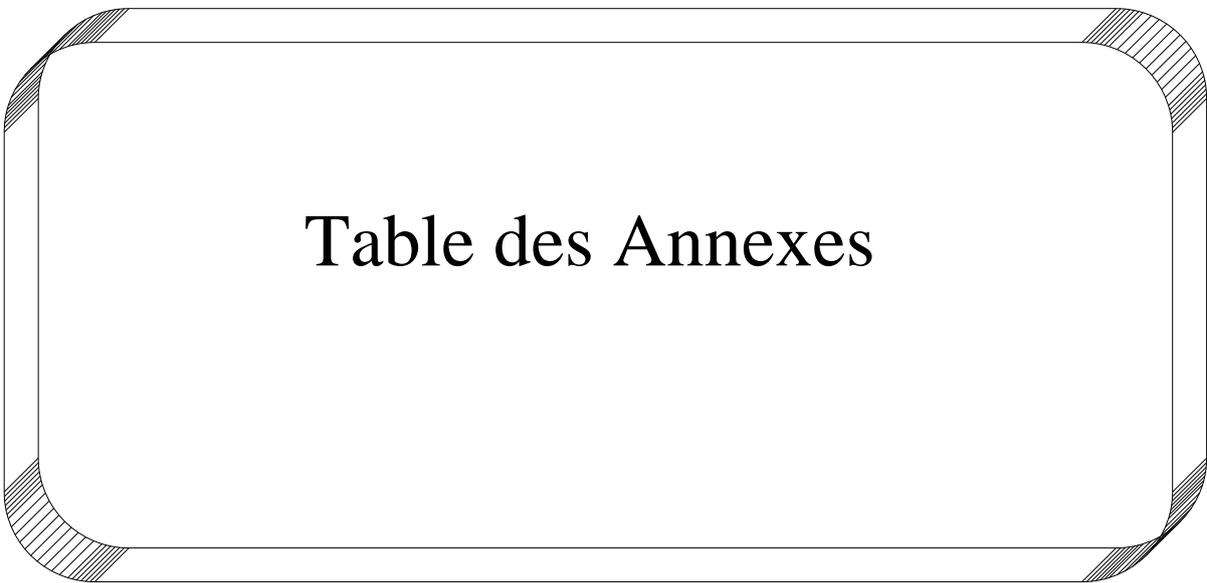


Table des Annexes

COVADIS - LISTING DES BASSINS VERSANTS

Nom du dessin : D:\PROJET FINAL
 Date du listing : 19/06/2019 à 19:06
 Réseau : EP 1
 Contrainte : CONTRAINTE-1
 Hauteur de recouvrement : 1.00 m
 Hauteur de chute maximale : 2.00 m
 Profondeur minimale : 1.30 m
 Pente minimale : 0.0020 m/m
 Pente maximale : 0.0600 m/m
 Vitesse minimale : 0.3 m/s
 Vitesse maximale : 6.0 m/S
 Matériau : BETON ARME 135A
 Méthode sur les débits : Simplifiée
 Méthode sur les diamètres : Manning-Strickler
 Coefficient sur les débits : 100 %

Nom	A (ha)	C (%)	l	m	Q calc. (m³/s)	T (ans)
SBV-25	1.96	65	62.26	2.47	0.220	20
SBV-26	0.38	65	62.26	2.47	0.043	20
SBV-27	0.42	65	62.26	2.47	0.047	20
SBV-28	0.36	65	62.26	2.47	0.041	20
SBV-29	0.20	65	62.26	2.47	0.022	20
SBV-30	0.35	65	62.26	2.47	0.040	20
SBV-31	0.41	65	62.26	2.47	0.047	20
SBV-32	0.42	65	62.26	2.47	0.047	20
SBV-33	0.25	65	62.26	2.47	0.027	20
SBV-4	0.30	65	62.26	2.47	0.034	20
SBV-34	3.85	65	62.26	2.47	0.432	20
SBV-35	0.79	65	62.26	2.47	0.089	20
SBV-36	0.43	65	62.26	2.47	0.048	20
SBV-9	0.22	65	62.26	2.47	0.024	20
SBV-37	0.40	65	62.26	2.47	0.045	20
SBV-38	0.33	65	62.26	2.47	0.037	20
SBV-39	0.39	65	62.26	2.47	0.044	20
SBV-40	0.39	65	62.26	2.47	0.044	20
SBV-41	0.39	65	62.26	2.47	0.044	20
SBV-42	0.21	65	62.26	2.47	0.023	20
SBV-43	0.41	65	62.26	2.47	0.046	20
SBV-44	0.36	65	62.26	2.47	0.041	20
SBV-45	0.34	65	62.26	2.47	0.038	20
SBV-11	0.26	65	62.26	2.47	0.029	20
SBV-46	1.39	65	62.26	2.47	0.156	20
SBV-47	0.54	65	62.26	2.47	0.060	20
SBV-48	0.59	65	62.26	2.47	0.066	20
SBV-49	0.68	65	62.26	2.47	0.076	20
SBV-50	0.62	65	62.26	2.47	0.069	20
SBV-51	0.55	65	62.26	2.47	0.062	20
SBV-52	0.51	65	62.26	2.47	0.058	20
SBV-53	0.36	65	62.26	2.47	0.041	20
SBV-54	0.88	65	62.26	2.47	0.098	20
SBV-55	0.43	65	62.26	2.47	0.048	20
SBV-56	0.44	65	62.26	2.47	0.050	20
SBV-57	0.35	65	62.26	2.47	0.039	20
SBV-58	0.33	65	62.26	2.47	0.037	20
SBV-59	0.22	65	62.26	2.47	0.025	20
SBV-60	0.48	65	62.26	2.47	0.054	20
SBV-61	0.61	65	62.26	2.47	0.068	20
SBV-62	0.75	65	62.26	2.47	0.084	20
SBV-63	0.65	65	62.26	2.47	0.073	20
SBV-64	0.61	65	62.26	2.47	0.068	20
SBV-65	0.59	65	62.26	2.47	0.067	20
SBV-66	0.58	65	62.26	2.47	0.066	20
SBV-67	0.44	65	62.26	2.47	0.050	20
SBV-68	0.62	65	62.26	2.47	0.070	20

SBV-69	0.82	65	62.26	2.47	0.092	20
SBV-86	0.49	65	62.26	2.47	0.055	20
SBV-86	0.49	65	62.26	2.47	0.055	20
SBV-71	0.59	65	62.26	2.47	0.066	20
SBV-72	0.57	65	62.26	2.47	0.064	20
SBV-73	2.89	65	62.26	2.47	0.325	20
SBV-74	0.58	65	62.26	2.47	0.065	20
SBV-75	0.53	65	62.26	2.47	0.059	20
SBV-76	0.57	65	62.26	2.47	0.065	20
SBV-77	0.58	65	62.26	2.47	0.065	20
SBV-78	0.50	65	62.26	2.47	0.056	20
SBV-79	0.46	65	62.26	2.47	0.051	20
SBV-80	0.45	65	62.26	2.47	0.050	20
SBV-81	0.34	65	62.26	2.47	0.039	20
SBV-82	0.16	65	62.26	2.47	0.018	20
SBV-83	0.40	65	62.26	2.47	0.045	20
SBV-84	0.33	65	62.26	2.47	0.037	20
SBV-85	0.34	65	62.26	2.47	0.038	20
SBV-1	1.16	65	62.26	2.47	0.130	20
SBV-2	0.42	65	62.26	2.47	0.047	20
SBV-3	0.39	65	62.26	2.47	0.044	20
SBV-5	0.37	65	62.26	2.47	0.041	20
SBV-6	0.45	65	62.26	2.47	0.051	20
SBV-7	0.48	65	62.26	2.47	0.054	20
SBV-8	0.62	65	62.26	2.47	0.069	20
SBV-10	0.26	65	62.26	2.47	0.030	20
SBV-12	0.32	65	62.26	2.47	0.036	20
SBV-13	0.61	65	62.26	2.47	0.068	20
SBV-14	0.71	65	62.26	2.47	0.080	20
SBV-15	0.94	65	62.26	2.47	0.106	20
SBV-16	1.29	65	62.26	2.47	0.145	20
SBV-17	1.31	65	62.26	2.47	0.147	20
SBV-18	1.20	65	62.26	2.47	0.135	20
SBV-19	1.40	65	62.26	2.47	0.157	20
SBV-20	3.83	65	62.26	2.47	0.430	20
SBV-21	0.44	65	62.26	2.47	0.049	20
SBV-22	0.33	65	62.26	2.47	0.037	20
SBV-23	1.28	65	62.26	2.47	0.144	20
SBV-24	0.80	65	62.26	2.47	0.089	20
SBV-68	0.62	65	62.26	2.47	0.070	20

COVADIS - LISTING DES ASSEMBLAGES DES

Nom	A (ha)	C (%)	Q (m³/s)
SBV-25	1.96	65	0.220
S50=(SBV-25+SBV-26)	2.34	65	0.263
S51=(S50+SBV-27)	2.76	65	0.310
S52=(S51+SBV-28)	3.12	65	0.350
S53=(S52+SBV-29)	3.32	65	0.373
S54=(S53+SBV-30)	3.67	65	0.412
S55=(S54+SBV-31)	4.09	65	0.459
S56=(S55+SBV-32)	4.51	65	0.506
S57=(S56+SBV-33)	4.75	65	0.534
S61=((P60=(S57//S59))+SBV-4)	7.03	65	0.789
SBV-34	3.85	65	0.432
S48=(SBV-34+SBV-35)	4.64	65	0.521
S49=(S48+SBV-36)	5.07	65	0.569
S67=((P66=(S49//S65))+SBV-9)	14.24	65	1.598
SBV-37	0.40	65	0.045
S38=(SBV-37+SBV-38)	0.73	65	0.082
S39=(S38+SBV-39)	1.13	65	0.126
S40=(S39+SBV-40)	1.51	65	0.170
S41=(S40+SBV-41)	1.91	65	0.214
S42=(S41+SBV-42)	2.11	65	0.237
S45=((P44=(S42//S43))+SBV-43)	3.68	65	0.413
S46=(S45+SBV-44)	4.04	65	0.453
S47=(S46+SBV-45)	4.38	65	0.491
S70=((P69=(S47//S68))+SBV-11)	19.14	65	2.148
SBV-46	1.39	65	0.156
S1=(SBV-46+SBV-47)	1.92	65	0.216
S2=(S1+SBV-48)	2.51	65	0.282
S3=(S2+SBV-49)	3.19	65	0.358
S4=(S3+SBV-50)	3.81	65	0.428
S5=(S4+SBV-51)	4.36	65	0.489
S6=(S5+SBV-52)	4.87	65	0.547
S7=(S6+SBV-53)	5.23	65	0.588
S8=(S7+SBV-54)	6.11	65	0.686
S9=(S8+SBV-55)	6.54	65	0.734
S10=(S9+SBV-56)	6.98	65	0.784
S11=(S10+SBV-57)	7.34	65	0.823
S25=((P24=(S11//S23))+SBV-58)	15.79	65	1.772
S26=(S25+SBV-59)	16.00	65	1.796
S27=(S26+SBV-60)	16.48	65	1.850
S28=(S27+SBV-61)	17.09	65	1.918
S29=(S28+SBV-62)	17.84	65	2.002
S30=(S29+SBV-63)	18.49	65	2.076
S31=(S30+SBV-64)	19.10	65	2.144
S32=(S31+SBV-65)	19.70	65	2.211
S33=(S32+SBV-66)	20.28	65	2.276
S34=(S33+SBV-67)	20.73	65	2.326
S35=(S34+SBV-68)	21.35	65	2.396
S36=(S35+SBV-69)	22.17	65	2.488
S37=(S36+SBV-86)	22.66	65	2.543
S85=((P84=(S37//S83))+SBV-86)	56.75	65	6.369

SBV-71	0.59	65	0.066
S43=(SBV-71+SBV-72)	1.16	65	0.130
SBV-73	2.89	65	0.325
S12=(SBV-73+SBV-74)	3.47	65	0.389
S13=(S12+SBV-75)	4.00	65	0.449
S14=(S13+SBV-76)	4.57	65	0.513
S15=(S14+SBV-77)	5.15	65	0.578
S16=(S15+SBV-78)	5.65	65	0.634
S17=(S16+SBV-79)	6.10	65	0.685
S18=(S17+SBV-80)	6.55	65	0.735
S19=(S18+SBV-81)	6.90	65	0.774
S20=(S19+SBV-82)	7.06	65	0.792
S21=(S20+SBV-83)	7.46	65	0.837
S22=(S21+SBV-84)	7.79	65	0.874
S23=(S22+SBV-85)	8.12	65	0.912
SBV-1	1.16	65	0.130
S58=(SBV-1+SBV-2)	1.58	65	0.177
S59=(S58+SBV-3)	1.97	65	0.221
S62=(S61+SBV-5)	7.40	65	0.830
S63=(S62+SBV-6)	7.85	65	0.881
S64=(S63+SBV-7)	8.33	65	0.935
S65=(S64+SBV-8)	8.95	65	1.005
S68=(S67+SBV-10)	14.50	65	1.627
S71=(S70+SBV-12)	19.45	65	2.183
S72=(S71+SBV-13)	20.06	65	2.251
S73=(S72+SBV-14)	20.78	65	2.332
S74=(S73+SBV-15)	21.72	65	2.437
S75=(S74+SBV-16)	23.01	65	2.582
S76=(S75+SBV-17)	24.32	65	2.729
S77=(S76+SBV-18)	25.52	65	2.864
S78=(S77+SBV-19)	26.92	65	3.021
S79=(S78+SBV-20)	30.75	65	3.451
S80=(S79+SBV-21)	31.19	65	3.500
S81=(S80+SBV-22)	31.52	65	3.537
S82=(S81+SBV-23)	32.80	65	3.681
S83=(S82+SBV-24)	33.59	65	3.770
S86=(S85+SBV-68)	57.37	65	6.438

COVADIS - LISTING DES DEBITS ET SECTIONS

Tronçon	Débit (m³/s)	Diamètre (mm)	Collecteur	Pente (%)	V calc (m/s)	V Qps/10 (m/s)	V PS (m/s)	Q PS (m³/s)
EP 1 - R47 - EP 1 - R48	0.220	302	135A-0400	6.00	1.75	2.03	3.69	0.464
EP 1 - R48 - EP 1 - R49	0.263	323	135A-0400	6.00	2.09	2.03	3.69	0.464
EP 1 - R49 - EP 1 - R50	0.310	344	135A-0400	6.00	2.46	2.03	3.69	0.464
EP 1 - R50 - EP 1 - R51	0.350	360	135A-0400	6.00	2.79	2.03	3.69	0.464
EP 1 - R51 - EP 1 - R52	0.373	368	135A-0400	6.00	2.97	2.03	3.69	0.464
EP 1 - R52 - EP 1 - R53	0.412	383	135A-0400	6.00	3.28	2.03	3.69	0.464
EP 1 - R53 - EP 1 - R54	0.459	398	135A-0400	6.00	3.65	2.03	3.69	0.464
EP 1 - R54 - EP 1 - R55	0.506	413	135A-0500	6.00	2.58	2.36	4.29	0.842
EP 1 - R55 - EP 1 - R4	0.534	421	135A-0500	6.00	2.72	2.36	4.29	0.842
EP 1 - R56 - EP 1 - R57	0.432	485	135A-0500	1.86	2.20	1.31	2.39	0.468
EP 1 - R57 - EP 1 - R58	0.521	513	135A-0600	2.00	1.84	1.54	2.79	0.790
EP 1 - R58 - EP 1 - R9	0.569	593	135A-0600	1.10	2.01	1.14	2.07	0.586
EP 1 - R59 - EP 1 - R60	0.045	188	135A-0300	3.12	0.64	1.21	2.20	0.155
EP 1 - R60 - EP 1 - R61	0.082	238	135A-0300	3.00	1.16	1.19	2.16	0.152
EP 1 - R61 - EP 1 - R62	0.126	280	135A-0300	3.00	1.79	1.19	2.16	0.152
EP 1 - R62 - EP 1 - R63	0.170	307	135A-0400	3.30	1.35	1.51	2.74	0.344
EP 1 - R63 - EP 1 - R64	0.214	339	135A-0400	3.10	1.70	1.46	2.66	0.334
EP 1 - R64 - EP 1 - R65	0.237	350	135A-0400	3.20	1.89	1.48	2.70	0.339
EP 1 - R65 - EP 1 - R66	0.413	419	135A-0500	3.41	2.10	1.78	3.23	0.634
EP 1 - R66 - EP 1 - R67	0.453	452	135A-0500	3.00	2.31	1.67	3.03	0.595
EP 1 - R67 - EP 1 - R11	0.491	465	135A-0500	3.00	2.50	1.67	3.03	0.595
EP 1 - R68 - EP 1 - R69	0.156	279	135A-0300	4.64	2.20	1.47	2.68	0.189
EP 1 - R69 - EP 1 - R70	0.216	313	135A-0400	4.80	1.72	1.82	3.30	0.415
EP 1 - R70 - EP 1 - R71	0.282	349	135A-0400	4.60	2.24	1.78	3.23	0.406
EP 1 - R71 - EP 1 - R72	0.358	383	135A-0400	4.50	2.85	1.76	3.20	0.402
EP 1 - R72 - EP 1 - R73	0.428	401	135A-0500	5.00	2.18	2.15	3.91	0.768
EP 1 - R73 - EP 1 - R74	0.489	431	135A-0500	4.50	2.49	2.04	3.71	0.729
EP 1 - R74 - EP 1 - R75	0.547	451	135A-0500	4.40	2.79	2.02	3.67	0.721
EP 1 - R75 - EP 1 - R76	0.588	469	135A-0500	4.10	2.99	1.95	3.54	0.696
EP 1 - R76 - EP 1 - R77	0.686	500	135A-0500	4.00	3.49	1.93	3.50	0.687
EP 1 - R77 - EP 1 - R78	0.734	499	135A-0500	4.60	3.74	2.06	3.75	0.737
EP 1 - R78 - EP 1 - R79	0.784	504	135A-0600	5.00	2.77	2.43	4.42	1.249
EP 1 - R79 - EP 1 - R80	0.823	517	135A-0600	4.80	2.91	2.38	4.33	1.224
EP 1 - R80 - EP 1 - R81	1.772	670	135A-0800	5.60	3.52	3.12	5.67	2.848
EP 1 - R81 - EP 1 - R82	1.796	701	135A-0800	4.50	3.57	2.79	5.08	2.553
EP 1 - R82 - EP 1 - R83	1.850	709	135A-0800	4.50	3.68	2.79	5.08	2.553
EP 1 - R83 - EP 1 - R84	1.918	716	135A-0800	4.60	3.82	2.82	5.13	2.581
EP 1 - R84 - EP 1 - R85	2.002	730	135A-0800	4.50	3.98	2.79	5.08	2.553
EP 1 - R85 - EP 1 - R86	2.076	740	135A-0800	4.50	4.13	2.79	5.08	2.553
EP 1 - R86 - EP 1 - R87	2.144	746	135A-0800	4.60	4.27	2.82	5.13	2.581
EP 1 - R87 - EP 1 - R88	2.211	758	135A-0800	4.50	4.40	2.79	5.08	2.553
EP 1 - R88 - EP 1 - R89	2.276	766	135A-0800	4.50	4.53	2.79	5.08	2.553
EP 1 - R89 - EP 1 - R90	2.326	779	135A-0800	4.30	4.63	2.73	4.96	2.495
EP 1 - R90 - EP 1 - R91	2.396	778	135A-0800	4.60	4.77	2.82	5.13	2.581
EP 1 - R91 - EP 1 - R92	2.488	780	135A-0800	4.90	4.95	2.91	5.30	2.664
EP 1 - R92 - EP 1 - R30	2.543	806	135A-1000	4.30	3.24	3.17	5.76	4.524
EP 1 - R93 - EP 1 - R94	0.066	264	135A-0300	1.10	0.93	0.72	1.31	0.092
EP 1 - R94 - EP 1 - R65	0.130	395	135A-0400	0.50	1.03	0.59	1.07	0.134
EP 1 - R95 - EP 1 - R96	0.325	350	135A-0400	6.00	2.58	2.03	3.69	0.464
EP 1 - R96 - EP 1 - R97	0.389	391	135A-0400	4.80	3.10	1.82	3.30	0.415
EP 1 - R97 - EP 1 - R98	0.449	406	135A-0500	5.20	2.28	2.19	3.99	0.784
EP 1 - R98 - EP 1 - R99	0.513	433	135A-0500	4.80	2.61	2.11	3.83	0.753
EP 1 - R99 - EP 1 -	0.578	455	135A-0500	4.70	2.94	2.09	3.79	0.745
EP 1 - R100 - EP 1 -	0.634	469	135A-0500	4.80	3.23	2.11	3.83	0.753
EP 1 - R101 - EP 1 -	0.685	483	135A-0500	4.80	3.49	2.11	3.83	0.753
EP 1 - R102 - EP 1 -	0.735	496	135A-0500	4.80	3.74	2.11	3.83	0.753

EP 1 - R103 - EP 1 -	0.774	499	135A-0500	5.10	3.94	2.17	3.95	0.776
EP 1 - R104 - EP 1 -	0.792	510	135A-0600	4.80	2.80	2.38	4.33	1.224
EP 1 - R105 - EP 1 -	0.837	518	135A-0600	4.90	2.96	2.41	4.37	1.237
EP 1 - R106 - EP 1 -	0.874	531	135A-0600	4.70	3.09	2.36	4.28	1.211
EP 1 - R107 - EP 1 -	0.912	567	135A-0600	3.60	3.22	2.06	3.75	1.060
EP 1 - R1 - EP 1 - R2	0.130	273	135A-0300	3.65	1.84	1.31	2.38	0.168
EP 1 - R2 - EP 1 - R3	0.177	304	135A-0400	3.80	1.41	1.62	2.94	0.369
EP 1 - R3 - EP 1 - R4	0.221	335	135A-0400	3.50	1.76	1.55	2.82	0.355
EP 1 - R4 - EP 1 - R5	0.789	522	135A-0600	4.20	2.79	2.23	4.05	1.145
EP 1 - R5 - EP 1 - R6	0.830	550	135A-0600	3.50	2.94	2.03	3.70	1.045
EP 1 - R6 - EP 1 - R7	0.881	563	135A-0600	3.50	3.12	2.03	3.70	1.045
EP 1 - R7 - EP 1 - R8	0.935	564	135A-0600	3.90	3.31	2.15	3.90	1.103
EP 1 - R8 - EP 1 - R9	1.005	553	135A-0600	5.00	3.55	2.43	4.42	1.249
EP 1 - R9 - EP 1 - R10	1.598	683	135A-0800	4.10	3.18	2.67	4.85	2.437
EP 1 - R10 - EP 1 - R11	1.627	697	135A-0800	3.80	3.24	2.57	4.67	2.346
EP 1 - R11 - EP 1 - R12	2.148	804	135A-1000	3.10	2.73	2.69	4.89	3.841
EP 1 - R12 - EP 1 - R13	2.183	787	135A-1000	3.60	2.78	2.90	5.27	4.140
EP 1 - R13 - EP 1 - R14	2.251	800	135A-1000	3.50	2.87	2.86	5.20	4.082
EP 1 - R14 - EP 1 - R15	2.332	806	135A-1000	3.60	2.97	2.90	5.27	4.140
EP 1 - R15 - EP 1 - R16	2.437	824	135A-1000	3.50	3.10	2.86	5.20	4.082
EP 1 - R16 - EP 1 - R17	2.582	838	135A-1000	3.60	3.29	2.90	5.27	4.140
EP 1 - R17 - EP 1 - R18	2.729	860	135A-1000	3.50	3.47	2.86	5.20	4.082
EP 1 - R18 - EP 1 - R19	2.864	871	135A-1000	3.60	3.65	2.90	5.27	4.140
EP 1 - R19 - EP 1 - R20	3.021	884	135A-1000	3.70	3.85	2.94	5.34	4.197
EP 1 - R20 - EP 1 - R21	3.451	949	135A-1000	3.30	4.39	2.78	5.05	3.963
EP 1 - R21 - EP 1 - R22	3.500	944	135A-1000	3.50	4.46	2.86	5.20	4.082
EP 1 - R22 - EP 1 - R23	3.537	929	135A-1000	3.90	4.50	3.02	5.49	4.309
EP 1 - R23 - EP 1 - R24	3.681	967	135A-1000	3.40	4.69	2.82	5.12	4.023
EP 1 - R24 - EP 1 - R25	3.770	999	135A-1000	3.00	4.80	2.65	4.81	3.779
EP 1 - R25 - EP 1 - R26	3.770	1138	135A-1200	1.50	3.33	2.11	3.84	4.345
EP 1 - R26 - EP 1 - R27	3.770	1186	135A-1200	1.20	3.33	1.89	3.44	3.886
EP 1 - R27 - EP 1 - R28	3.770	1186	135A-1200	1.20	3.33	1.89	3.44	3.886
EP 1 - R28 - EP 1 - R29	3.770	1280	135A-1400	0.80	2.45	1.71	3.11	4.787
EP 1 - R29 - EP 1 - R30	3.770	1169	135A-1400	1.30	2.45	2.18	3.96	6.102
EP 1 - R30 - EP 1 - R31	6.369	1385	135A-1400	1.50	4.14	2.34	4.26	6.554
EP 1 - R31 - EP 1 - R32	6.369	1385	135A-1400	1.50	4.14	2.34	4.26	6.554
EP 1 - R32 - EP 1 - R33	6.369	1494	135A-1500	1.00	3.60	2.00	3.64	6.433
EP 1 - R33 - EP 1 - R34	6.438	1501	135A-1800	1.00	2.53	2.26	4.11	10.460
EP 1 - R34 - EP 1 - R35	6.438	1450	135A-1800	1.20	2.53	2.48	4.50	11.459
EP 1 - R35 - EP 1 - R36	6.438	1474	135A-1800	1.10	2.53	2.37	4.31	10.971
EP 1 - R36 - EP 1 - R37	6.438	1358	135A-1800	1.70	2.53	2.95	5.36	13.638
EP 1 - R37 - EP 1 - R38	6.438	1284	135A-1800	2.30	2.53	3.43	6.23	15.864
EP 1 - R38 - EP 1 - R39	6.438	1530	135A-1800	0.90	2.53	2.14	3.90	9.923
EP 1 - R39 - EP 1 - R46	6.438	1782	135A-1800	0.40	2.53	1.43	2.60	6.616
EP 1 - R46 - EP 1 - R41	6.438	1881	135A-2000	0.30	2.05	1.33	2.42	7.588
EP 1 - R41 - EP 1 - R42	6.438	2029	135A-2200	0.20	1.69	1.16	2.10	7.988
EP 1 - R42 - EP 1 - R43	6.438	2029	135A-2200	0.20	1.69	1.16	2.10	7.988
EP 1 - R43 - EP 1 - R44	6.438	2029	135A-2200	0.20	1.69	1.16	2.10	7.988
EP 1 - R44 - EP 1 - R45	6.438	2029	135A-2200	0.20	1.69	1.16	2.10	7.988

COVADIS - LISTING DES BASSINS VERSANTS ELEMENTAIRES

Nom du dessin : D:\Dossier_Mémoire_Amine\Réseau Draa Erich EP caquot.dwg
 Date du listing : 24/06/2019 à 15:47
 Réseau : EP 1
 Contrainte : CONTRAINTE-1
 Hauteur de recouvrement : 1.00 m
 Hauteur de chute maximale : 2.00 m
 Profondeur minimale : 1.30 m
 Pente minimale : 0.0020 m/m
 Pente maximale : 0.0600 m/m
 Vitesse minimale : 0.3 m/s
 Vitesse maximale : 6.0 m/S
 Matériau : BETON ARME 135A
 Méthode sur les débits : Caquot
 Méthode sur les diamètres : Manning-Strickler
 Coefficient sur les débits : 100 %

Nom	A (ha)	C (%)	I (%)	L (m)	m	Q unit. (m³/s)	Q calc. (m³/s)	T (ans)
SBV-25	1.96	65	7.08	214.7	1.30	0.310	0.404	20
SBV-26	0.38	65	2.21	82.8	1.48	0.058	0.087	20
SBV-27	0.42	65	4.35	80.9	1.59	0.087	0.138	20
SBV-28	0.36	65	4.22	77.5	1.55	0.077	0.120	20
SBV-29	0.20	65	8.84	45.2	1.96	0.074	0.145	20
SBV-30	0.35	65	4.16	123.5	0.96	0.076	0.073	20
SBV-31	0.41	65	2.58	99.6	1.29	0.067	0.086	20
SBV-32	0.42	65	7.49	77.3	1.67	0.113	0.188	20
SBV-33	0.25	65	8.64	62.8	1.57	0.084	0.132	20
SBV-4	0.30	65	16.00	66.3	1.66	0.131	0.217	20
SBV-34	3.85	65	6.75	307.4	1.27	0.478	0.608	20
SBV-35	0.79	65	12.98	120.8	1.47	0.226	0.332	20
SBV-36	0.43	65	15.22	81.1	1.60	0.160	0.257	20
SBV-9	0.22	65	0.22	66.4	1.40	0.013	0.018	20
SBV-37	0.40	65	14.68	72.3	1.74	0.151	0.264	20
SBV-38	0.33	65	17.46	54.5	2.09	0.145	0.303	20
SBV-39	0.39	65	11.90	56.5	2.20	0.135	0.298	20
SBV-40	0.39	65	10.78	68.1	1.82	0.128	0.232	20
SBV-41	0.39	65	1.01	70.0	1.78	0.041	0.073	20
SBV-42	0.21	65	4.97	50.3	1.79	0.057	0.103	20
SBV-43	0.41	65	8.27	121.4	1.05	0.116	0.122	20
SBV-44	0.36	65	7.41	85.8	1.40	0.102	0.142	20
SBV-45	0.34	65	5.08	70.2	1.64	0.080	0.132	20
SBV-11	0.26	65	3.43	63.8	1.60	0.056	0.090	20
SBV-46	1.39	65	10.14	140.3	1.67	0.292	0.488	20
SBV-47	0.54	65	16.67	73.4	1.98	0.196	0.390	20
SBV-48	0.59	65	12.10	84.1	1.81	0.178	0.323	20
SBV-49	0.68	65	13.76	84.3	1.94	0.209	0.407	20
SBV-50	0.62	65	7.85	85.7	1.82	0.150	0.272	20
SBV-51	0.55	65	2.07	93.0	1.59	0.073	0.116	20
SBV-52	0.51	65	2.33	99.4	1.43	0.073	0.105	20
SBV-53	0.36	65	0.76	104.0	1.15	0.034	0.039	20
SBV-54	0.88	65	7.73	120.2	1.55	0.188	0.291	20
SBV-55	0.43	65	12.33	103.6	1.26	0.146	0.185	20
SBV-56	0.44	65	0.35	85.5	1.55	0.026	0.041	20
SBV-57	0.35	65	2.35	112.8	1.05	0.057	0.060	20
SBV-58	0.33	65	3.34	111.1	1.03	0.065	0.066	20
SBV-59	0.22	65	12.40	51.3	1.81	0.093	0.168	20
SBV-60	0.48	65	6.47	104.0	1.33	0.115	0.153	20
SBV-61	0.61	65	2.25	125.5	1.24	0.081	0.100	20
SBV-62	0.75	65	2.41	153.1	1.13	0.096	0.109	20
SBV-63	0.65	65	2.30	153.9	1.05	0.086	0.090	20
SBV-64	0.61	65	2.60	153.8	1.01	0.087	0.088	20
SBV-65	0.59	65	3.15	148.4	1.04	0.094	0.097	20
SBV-66	0.58	65	5.10	128.9	1.18	0.117	0.139	20
SBV-67	0.44	65	6.56	74.9	1.77	0.110	0.194	20
SBV-68	0.62	65	5.82	101.4	1.55	0.130	0.202	20

SBV-69	0.82	65	2.82	121.7	1.48	0.110	0.163	20
SBV-70	0.36	65	1.19	81.3	1.47	0.042	0.062	20
SBV-86	0.49	65	7.08	97.2	1.44	0.122	0.176	20
SBV-71	0.59	65	8.77	152.9	1.00	0.153	0.153	20
SBV-72	0.57	65	8.58	153.3	0.98	0.148	0.146	20
SBV-73	2.89	65	5.74	217.1	1.56	0.364	0.568	20
SBV-74	0.58	65	2.02	117.4	1.29	0.074	0.096	20
SBV-75	0.53	65	4.46	114.6	1.26	0.102	0.129	20
SBV-76	0.57	65	3.76	113.6	1.33	0.100	0.133	20
SBV-77	0.58	65	3.16	113.2	1.34	0.092	0.124	20
SBV-78	0.50	65	4.61	113.4	1.24	0.100	0.124	20
SBV-79	0.46	65	3.39	113.6	1.19	0.081	0.096	20
SBV-80	0.45	65	5.25	105.4	1.27	0.099	0.126	20
SBV-81	0.34	65	2.06	75.5	1.55	0.053	0.082	20
SBV-82	0.16	65	2.39	43.8	1.84	0.035	0.063	20
SBV-83	0.40	65	9.51	119.7	1.05	0.122	0.128	20
SBV-84	0.33	65	8.49	85.6	1.33	0.101	0.135	20
SBV-85	0.34	65	3.98	84.3	1.38	0.072	0.099	20
SBV-1	1.16	65	6.44	139.4	1.54	0.209	0.321	20
SBV-2	0.42	65	12.50	12.5	2.47	0.144	0.355	20
SBV-3	0.39	65	11.68	77.9	1.60	0.134	0.214	20
SBV-5	0.37	65	13.56	68.0	1.77	0.138	0.244	20
SBV-6	0.45	65	9.92	81.3	1.65	0.136	0.224	20
SBV-7	0.48	65	13.68	111.9	1.24	0.165	0.204	20
SBV-8	0.62	65	14.77	124.2	1.26	0.203	0.257	20
SBV-10	0.26	65	8.00	56.6	1.80	0.085	0.153	20
SBV-12	0.32	65	10.23	62.2	1.80	0.109	0.195	20
SBV-13	0.61	65	3.40	99.4	1.56	0.099	0.154	20
SBV-14	0.71	65	4.63	131.6	1.28	0.128	0.164	20
SBV-15	0.94	65	4.11	154.3	1.25	0.146	0.183	20
SBV-16	1.29	65	4.64	154.4	1.46	0.191	0.279	20
SBV-17	1.31	65	2.34	194.0	1.18	0.139	0.163	20
SBV-18	1.20	65	0.04	241.4	0.91	0.040	0.036	20
SBV-19	1.40	65	1.69	306.7	0.77	0.124	0.096	20
SBV-20	3.83	65	2.08	330.3	1.18	0.270	0.319	20
SBV-21	0.44	65	4.80	84.0	1.56	0.093	0.146	20
SBV-22	0.33	65	1.11	90.6	1.26	0.038	0.048	20
SBV-23	1.28	65	1.68	154.0	1.46	0.116	0.170	20
SBV-24	0.80	65	1.21	88.3	2.01	0.072	0.145	20

COVADIS - LISTING DES ASSEMBLAGES DES BASSINS

Nom	A (ha)	C (%)	l (%)	L (m)	Q (m³/s)
SBV-25	1.96	65	7.08	214.7	0.404
S50=(SBV-25+SBV-26)	2.34	65	4.76	297.5	0.404
S51=(S50+SBV-27)	2.76	65	4.67	378.3	0.404
S52=(S51+SBV-28)	3.12	65	4.59	455.8	0.404
S53=(S52+SBV-29)	3.32	65	4.83	501.1	0.404
S54=(S53+SBV-30)	3.67	65	4.68	624.5	0.404
S55=(S54+SBV-31)	4.09	65	4.26	724.2	0.404
S56=(S55+SBV-32)	4.51	65	4.47	801.4	0.404
S57=(S56+SBV-33)	4.75	65	4.66	864.2	0.404
S61=((P60=(S57//S59))+SBV-4)	7.03	65	9.16	296.1	1.479
SBV-34	3.85	65	6.75	307.4	0.608
S48=(SBV-34+SBV-35)	4.64	65	7.96	428.1	0.608
S49=(S48+SBV-36)	5.07	65	8.71	509.2	0.608
S67=((P66=(S49//S65))+SBV-9)	14.24	65	4.67	747.8	1.544
SBV-37	0.40	65	14.68	72.3	0.264
S38=(SBV-37+SBV-38)	0.73	65	15.78	126.8	0.316
S39=(S38+SBV-39)	1.13	65	14.40	183.2	0.348
S40=(S39+SBV-40)	1.51	65	13.26	251.3	0.348
S41=(S40+SBV-41)	1.91	65	5.38	321.4	0.348
S42=(S41+SBV-42)	2.11	65	5.32	371.7	0.348
S45=((P44=(S42//S43))+SBV-43)	3.68	65	5.88	493.1	0.407
S46=(S45+SBV-44)	4.04	65	6.07	578.9	0.407
S47=(S46+SBV-45)	4.38	65	5.95	649.1	0.407
S70=((P69=(S47//S68))+SBV-11)	19.14	65	4.70	868.3	1.310
SBV-46	1.39	65	10.14	140.3	0.488
S1=(SBV-46+SBV-47)	1.92	65	11.87	213.7	0.509
S2=(S1+SBV-48)	2.51	65	11.93	297.8	0.509
S3=(S2+SBV-49)	3.19	65	12.30	382.1	0.527
S4=(S3+SBV-50)	3.81	65	11.24	467.9	0.527
S5=(S4+SBV-51)	4.36	65	7.55	560.9	0.527
S6=(S5+SBV-52)	4.87	65	6.01	660.3	0.527
S7=(S6+SBV-53)	5.23	65	3.87	764.3	0.527
S8=(S7+SBV-54)	6.11	65	4.20	884.5	0.527
S9=(S8+SBV-55)	6.54	65	4.59	988.1	0.527
S10=(S9+SBV-56)	6.98	65	3.13	1073.6	0.527
S11=(S10+SBV-57)	7.34	65	3.04	1186.4	0.527
S25=((P24=(S11//S23))+SBV-58)	15.79	65	4.02	1528.3	0.504
S26=(S25+SBV-59)	16.00	65	4.13	1579.6	0.504
S27=(S26+SBV-60)	16.48	65	4.24	1683.6	0.504
S28=(S27+SBV-61)	17.09	65	4.03	1809.1	0.504
S29=(S28+SBV-62)	17.84	65	3.85	1962.2	0.504
S30=(S29+SBV-63)	18.49	65	3.69	2116.1	0.504
S31=(S30+SBV-64)	19.10	65	3.60	2269.9	0.504
S32=(S31+SBV-65)	19.70	65	3.57	2418.4	0.504
S33=(S32+SBV-66)	20.28	65	3.63	2547.3	0.504
S34=(S33+SBV-67)	20.73	65	3.68	2622.2	0.504
S35=(S34+SBV-68)	21.35	65	3.74	2723.6	0.504
S36=(S35+SBV-69)	22.17	65	3.69	2845.4	0.504
S37=(S36+SBV-70)	22.53	65	3.54	2926.7	0.504
S85=((P84=(S37//S83))+SBV-86)	56.62	65	1.16	3056.6	0.781
SBV-71	0.59	65	8.77	152.9	0.153
S43=(SBV-71+SBV-72)	1.16	65	8.67	306.2	0.169
SBV-73	2.89	65	5.74	217.1	0.568
S12=(SBV-73+SBV-74)	3.47	65	3.73	334.5	0.568
S13=(S12+SBV-75)	4.00	65	3.90	449.1	0.568
S14=(S13+SBV-76)	4.57	65	3.87	562.8	0.568
S15=(S14+SBV-77)	5.15	65	3.74	675.9	0.568
S16=(S15+SBV-78)	5.65	65	3.85	789.3	0.568
S17=(S16+SBV-79)	6.10	65	3.78	902.9	0.568
S18=(S17+SBV-80)	6.55	65	3.91	1008.3	0.568
S19=(S18+SBV-81)	6.90	65	3.71	1083.8	0.568

S20=(S19+SBV-82)	7.06	65	3.64	1127.5	0.568
S21=(S20+SBV-83)	7.46	65	3.92	1247.2	0.568
S22=(S21+SBV-84)	7.79	65	4.09	1332.9	0.568
S23=(S22+SBV-85)	8.12	65	4.08	1417.2	0.568
SBV-1	1.16	65	6.44	139.4	0.321
S58=(SBV-1+SBV-2)	1.58	65	6.75	151.8	0.432
S59=(S58+SBV-3)	1.97	65	8.00	229.7	0.432
S62=(S61+SBV-5)	7.40	65	9.80	364.0	1.479
S63=(S62+SBV-6)	7.85	65	9.82	445.4	1.479
S64=(S63+SBV-7)	8.33	65	10.45	557.3	1.479
S65=(S64+SBV-8)	8.95	65	11.09	681.5	1.479
S68=(S67+SBV-10)	14.50	65	4.83	804.5	1.544
S71=(S70+SBV-12)	19.45	65	4.91	930.5	1.310
S72=(S71+SBV-13)	20.06	65	4.72	1029.8	1.310
S73=(S72+SBV-14)	20.78	65	4.71	1161.4	1.310
S74=(S73+SBV-15)	21.72	65	4.63	1315.7	1.310
S75=(S74+SBV-16)	23.01	65	4.63	1470.1	1.310
S76=(S75+SBV-17)	24.32	65	4.22	1664.1	1.310
S77=(S76+SBV-18)	25.52	65	0.89	1905.5	1.310
S78=(S77+SBV-19)	26.92	65	0.96	2212.2	1.310
S79=(S78+SBV-20)	30.75	65	1.05	2542.5	1.310
S80=(S79+SBV-21)	31.19	65	1.09	2626.5	1.310
S81=(S80+SBV-22)	31.52	65	1.09	2717.1	1.310
S82=(S81+SBV-23)	32.80	65	1.11	2871.1	1.310
S83=(S82+SBV-24)	33.59	65	1.11	2959.4	1.310

COVADIS - LISTING DES DEBITS ET SECTIONS

Tronçon	Débit (m³/s)	Diamètre (mm)	Collecteur	Pente (%)	V calc (m/s)	V Qps/10 (m/s)	V PS (m/s)	Q PS (m³/s)
EP 1 - R47 - EP 1 - R48	0.404	346	135A-0400	6.00	3.22	2.61	4.75	0.597
EP 1 - R48 - EP 1 - R49	0.404	347	135A-0400	6.00	3.22	2.61	4.75	0.597
EP 1 - R49 - EP 1 - R50	0.404	347	135A-0400	6.00	3.22	2.61	4.75	0.597
EP 1 - R50 - EP 1 - R51	0.404	347	135A-0400	6.00	3.22	2.61	4.75	0.597
EP 1 - R51 - EP 1 - R52	0.404	347	135A-0400	6.00	3.22	2.61	4.75	0.597
EP 1 - R52 - EP 1 - R53	0.404	347	135A-0400	6.00	3.22	2.61	4.75	0.597
EP 1 - R53 - EP 1 - R54	0.404	347	135A-0400	6.00	3.22	2.61	4.75	0.597
EP 1 - R54 - EP 1 - R55	0.404	347	135A-0400	6.00	3.22	2.61	4.75	0.597
EP 1 - R55 - EP 1 - R4	0.404	347	135A-0400	6.00	3.22	2.61	4.75	0.597
EP 1 - R56 - EP 1 - R57	0.608	502	135A-0600	1.86	2.15	1.90	3.46	0.979
EP 1 - R57 - EP 1 - R58	0.608	510	135A-0600	1.70	2.15	1.82	3.31	0.937
EP 1 - R58 - EP 1 - R9	0.608	564	135A-0600	1.00	2.15	1.40	2.54	0.718
EP 1 - R59 - EP 1 - R60	0.264	333	135A-0400	3.12	2.10	1.88	3.42	0.430
EP 1 - R60 - EP 1 - R61	0.316	359	135A-0400	3.00	2.52	1.85	3.36	0.422
EP 1 - R61 - EP 1 - R62	0.348	372	135A-0400	3.00	2.77	1.85	3.36	0.422
EP 1 - R62 - EP 1 - R63	0.348	372	135A-0400	3.00	2.77	1.85	3.36	0.422
EP 1 - R63 - EP 1 - R64	0.348	372	135A-0400	3.00	2.77	1.85	3.36	0.422
EP 1 - R64 - EP 1 - R65	0.348	365	135A-0400	3.30	2.77	1.94	3.52	0.443
EP 1 - R65 - EP 1 - R66	0.407	385	135A-0400	3.07	3.23	1.87	3.40	0.427
EP 1 - R66 - EP 1 - R67	0.407	394	135A-0400	3.00	3.23	1.85	3.36	0.422
EP 1 - R67 - EP 1 - R11	0.407	394	135A-0400	3.00	3.23	1.85	3.36	0.422
EP 1 - R68 - EP 1 - R69	0.488	389	135A-0400	4.64	3.88	2.30	4.18	0.525
EP 1 - R69 - EP 1 - R70	0.509	398	135A-0400	4.50	4.05	2.26	4.11	0.517
EP 1 - R70 - EP 1 - R71	0.509	398	135A-0400	4.50	4.05	2.26	4.11	0.517
EP 1 - R71 - EP 1 - R72	0.527	400	135A-0400	4.70	4.19	2.31	4.20	0.528
EP 1 - R72 - EP 1 - R73	0.527	400	135A-0400	4.70	4.19	2.31	4.20	0.528
EP 1 - R73 - EP 1 - R74	0.527	401	135A-0500	4.60	2.68	2.65	4.83	0.948
EP 1 - R74 - EP 1 - R75	0.527	406	135A-0500	4.30	2.68	2.57	4.67	0.916
EP 1 - R75 - EP 1 - R76	0.527	410	135A-0500	4.10	2.68	2.51	4.56	0.895
EP 1 - R76 - EP 1 - R77	0.527	414	135A-0500	3.90	2.68	2.44	4.44	0.872
EP 1 - R77 - EP 1 - R78	0.527	401	135A-0500	4.60	2.68	2.65	4.83	0.948
EP 1 - R78 - EP 1 - R79	0.527	400	135A-0500	4.70	2.68	2.68	4.88	0.958
EP 1 - R79 - EP 1 - R80	0.527	396	135A-0500	4.90	2.68	2.74	4.98	0.978
EP 1 - R80 - EP 1 - R81	0.504	390	135A-0500	4.88	2.57	2.73	4.97	0.976
EP 1 - R81 - EP 1 - R82	0.504	396	135A-0500	4.50	2.57	2.63	4.77	0.937
EP 1 - R82 - EP 1 - R83	0.504	395	135A-0500	4.60	2.57	2.65	4.83	0.948
EP 1 - R83 - EP 1 - R84	0.504	396	135A-0500	4.50	2.57	2.63	4.77	0.937
EP 1 - R84 - EP 1 - R85	0.504	395	135A-0500	4.60	2.57	2.65	4.83	0.948
EP 1 - R85 - EP 1 - R86	0.504	396	135A-0500	4.50	2.57	2.63	4.77	0.937
EP 1 - R86 - EP 1 - R87	0.504	396	135A-0500	4.50	2.57	2.63	4.77	0.937
EP 1 - R87 - EP 1 - R88	0.504	395	135A-0500	4.60	2.57	2.65	4.83	0.948
EP 1 - R88 - EP 1 - R89	0.504	396	135A-0500	4.50	2.57	2.63	4.77	0.937
EP 1 - R89 - EP 1 - R90	0.504	400	135A-0500	4.30	2.57	2.57	4.67	0.916
EP 1 - R90 - EP 1 - R91	0.504	395	135A-0500	4.60	2.57	2.65	4.83	0.948
EP 1 - R91 - EP 1 - R92	0.504	390	135A-0500	4.90	2.57	2.74	4.98	0.978
EP 1 - R92 - EP 1 - R30	0.504	415	135A-0500	3.50	2.57	2.32	4.21	0.827
EP 1 - R93 - EP 1 - R94	0.153	330	135A-0400	1.10	1.22	1.12	2.04	0.256
EP 1 - R94 - EP 1 - R65	0.169	472	135A-0500	0.20	0.86	0.55	1.01	0.198
EP 1 - R95 - EP 1 - R96	0.568	408	135A-0500	4.88	2.89	2.73	4.97	0.976
EP 1 - R96 - EP 1 - R97	0.568	411	135A-0500	4.70	2.89	2.68	4.88	0.958
EP 1 - R97 - EP 1 - R98	0.568	409	135A-0500	4.80	2.89	2.71	4.93	0.968
EP 1 - R98 - EP 1 - R99	0.568	409	135A-0500	4.80	2.89	2.71	4.93	0.968
EP 1 - R99 - EP 1 -	0.568	409	135A-0500	4.80	2.89	2.71	4.93	0.968
EP 1 - R100 - EP 1 -	0.568	409	135A-0500	4.80	2.89	2.71	4.93	0.968
EP 1 - R101 - EP 1 -	0.568	411	135A-0500	4.70	2.89	2.68	4.88	0.958
EP 1 - R102 - EP 1 -	0.568	409	135A-0500	4.80	2.89	2.71	4.93	0.968
EP 1 - R103 - EP 1 -	0.568	409	135A-0500	4.80	2.89	2.71	4.93	0.968
EP 1 - R104 - EP 1 -	0.568	409	135A-0500	4.80	2.89	2.71	4.93	0.968
EP 1 - R105 - EP 1 -	0.568	409	135A-0500	4.80	2.89	2.71	4.93	0.968
EP 1 - R106 - EP 1 -	0.568	409	135A-0500	4.80	2.89	2.71	4.93	0.968

EP 1 - R107 - EP 1 -	0.568	432	135A-0500	3.60	2.89	2.35	4.27	0.838
EP 1 - R1 - EP 1 - R2	0.321	348	135A-0400	3.65	2.56	2.04	3.70	0.465
EP 1 - R2 - EP 1 - R3	0.432	392	135A-0400	3.50	3.43	2.00	3.63	0.456
EP 1 - R3 - EP 1 - R4	0.432	392	135A-0400	3.50	3.43	2.00	3.63	0.456
EP 1 - R4 - EP 1 - R5	1.479	598	135A-0600	4.30	5.23	2.90	5.27	1.490
EP 1 - R5 - EP 1 - R6	1.479	607	135A-0800	4.00	2.94	3.39	6.16	3.094
EP 1 - R6 - EP 1 - R7	1.479	622	135A-0800	3.50	2.94	3.17	5.76	2.894
EP 1 - R7 - EP 1 - R8	1.479	609	135A-0800	3.90	2.94	3.34	6.08	3.055
EP 1 - R8 - EP 1 - R9	1.479	582	135A-0800	5.00	2.94	3.79	6.88	3.460
EP 1 - R9 - EP 1 - R10	1.544	629	135A-0800	3.60	3.07	3.21	5.84	2.936
EP 1 - R10 - EP 1 - R11	1.544	619	135A-0800	3.90	3.07	3.34	6.08	3.055
EP 1 - R11 - EP 1 - R12	1.310	633	135A-0800	2.50	2.61	2.68	4.87	2.446
EP 1 - R12 - EP 1 - R13	1.310	591	135A-0800	3.60	2.61	3.21	5.84	2.936
EP 1 - R13 - EP 1 - R14	1.310	594	135A-0800	3.50	2.61	3.17	5.76	2.894
EP 1 - R14 - EP 1 - R15	1.310	591	135A-0800	3.60	2.61	3.21	5.84	2.936
EP 1 - R15 - EP 1 - R16	1.310	594	135A-0800	3.50	2.61	3.17	5.76	2.894
EP 1 - R16 - EP 1 - R17	1.310	591	135A-0800	3.60	2.61	3.21	5.84	2.936
EP 1 - R17 - EP 1 - R18	1.310	594	135A-0800	3.50	2.61	3.17	5.76	2.894
EP 1 - R18 - EP 1 - R19	1.310	591	135A-0800	3.60	2.61	3.21	5.84	2.936
EP 1 - R19 - EP 1 - R20	1.310	585	135A-0800	3.80	2.61	3.30	6.00	3.016
EP 1 - R20 - EP 1 - R21	1.310	604	135A-0800	3.20	2.61	3.03	5.51	2.768
EP 1 - R21 - EP 1 - R22	1.310	594	135A-0800	3.50	2.61	3.17	5.76	2.894
EP 1 - R22 - EP 1 - R23	1.310	582	135A-0800	3.90	2.61	3.34	6.08	3.055
EP 1 - R23 - EP 1 - R24	1.310	597	135A-0800	3.40	2.61	3.12	5.68	2.853
EP 1 - R24 - EP 1 - R25	1.310	616	135A-0800	2.90	2.61	2.88	5.24	2.635
EP 1 - R25 - EP 1 - R26	1.310	784	135A-0800	0.80	2.61	1.51	2.75	1.384
EP 1 - R26 - EP 1 - R27	1.310	738	135A-0800	1.10	2.61	1.78	3.23	1.623
EP 1 - R27 - EP 1 - R28	1.310	784	135A-0800	0.80	2.61	1.51	2.75	1.384
EP 1 - R28 - EP 1 - R29	1.310	784	135A-0800	0.80	2.61	1.51	2.75	1.384
EP 1 - R29 - EP 1 - R30	1.310	716	135A-0800	1.30	2.61	1.93	3.51	1.764
EP 1 - R30 - EP 1 - R31	0.781	631	135A-0800	0.90	1.55	1.61	2.92	1.468
EP 1 - R31 - EP 1 - R32	0.781	581	135A-0800	1.40	1.55	2.00	3.64	1.831
EP 1 - R32 - EP 1 - R33	0.781	776	135A-0800	0.30	1.55	0.93	1.69	0.847
EP 1 - R33 - EP 1 - R34	0.781	681	135A-0800	0.60	1.55	1.31	2.38	1.198
EP 1 - R34 - EP 1 - R35	0.781	598	135A-0800	1.20	1.55	1.85	3.37	1.695
EP 1 - R35 - EP 1 - R36	0.781	608	135A-0800	1.10	1.55	1.78	3.23	1.623
EP 1 - R36 - EP 1 - R37	0.781	554	135A-0800	1.80	1.55	2.27	4.13	2.076
EP 1 - R37 - EP 1 - R38	0.781	534	135A-0800	2.20	1.55	2.51	4.57	2.295
EP 1 - R38 - EP 1 - R39	0.781	631	135A-0800	0.90	1.55	1.61	2.92	1.468
EP 1 - R39 - EP 1 - R46	0.781	776	135A-0800	0.30	1.55	0.93	1.69	0.847
EP 1 - R46 - EP 1 - R41	0.781	837	135A-1000	0.20	0.99	0.88	1.60	1.255
EP 1 - R41 - EP 1 - R42	0.781	837	135A-1000	0.20	0.99	0.88	1.60	1.255
EP 1 - R42 - EP 1 - R43	0.781	837	135A-1000	0.20	0.99	0.88	1.60	1.255
EP 1 - R43 - EP 1 - R44	0.781	837	135A-1000	0.20	0.99	0.88	1.60	1.255
EP 1 - R44 - EP 1 - R45	0.781	837	135A-1000	0.20	0.99	0.88	1.60	1.255