



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: CONCEPTION DES SYSTEMES D'ASSAINISSEMENT

THEME :

**ETUDE DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT DE
LA VILLE DE LARHAT (W.TIPAZA)**

Présenté par :

Mehdiya HENDI

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
DJELLAB Mohamed	M.C.A	Président
DERNOUNI Youcef	M.A.A	Examineur
BOUKHELIFA Mustapha	M.A.A	Examineur
SALAH Boualem	Professeur	Promoteur

Session : Septembre 2020

Remerciements

Je tiens à remercier :

Mon promoteur Mr Salah Boualem, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils.

Les membres du jury qui me feront l'honneur d'évaluer mon travail.

L'ensemble des enseignants de l'ENSH qui ont assuré ma formation.

Toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Mehdiya Hendi

ملخص:

ت تعاني مدينة الأرهاط من نظام صرف صحي متهالك، والذي يرجع تاريخ إنشائه إلى الفترة الاستعمارية، لا يكاد يؤدي وظائفه ويعاني من تسربات وربط للأبنية بالشبكة غير مطابق للمعايير التقنية ولا يشمل مناطق التوسع العمراني التي تعرفها المدينة.

تهدف الدراسة إلى تجديد النظام الحالي بنظام آخر يفصل بين مياه الصرف الصحي التي سيتم توجيهها إلى محطة معالجة المياه، وبين مياه الأمطار التي سيجمع جزء منها لاستغلاله للسقي، مراعين في ذلك المعايير اللازمة للحفاظ على المحيط والبيئة.

كلمات مفتاحية: الأرهاط، نظام تصريف المياه، شبكة الصرف الصحي، شبكة مياه الأمطار

Résumé :

La commune de LARHAT reconnaît actuellement un système d'évacuation vétuste, datant de l'époque coloniale qui ne répond plus aux besoins et aux normes techniques actuelles et futurs de la ville, par la présence des branchements illicites, des fuites et le rejet direct des eaux usées dans le milieu naturel, et nécessitant un prolongement vers les zones d'extension.

Ce mémoire fait l'objet d'une étude de rénovation du système d'assainissement existant par un nouveau système séparatif qui permettra l'acheminement des eaux usées vers une station d'épuration et la collecte d'une partie des eaux pluviales dans un bassin de rétention destiné à l'irrigation.

Mots clés : ville de Larhat, système d'assainissement, réseau séparatif, eaux pluviale, eaux usées

Abstract :

The municipality of LARHAT is currently suffering from an old sewerage system, dating from the colonial era and which can no longer meet the needs and the technical standards (both current and future) of the city. This is mainly due to illicit connections, leaks and direct wastewater discharge in the environment, which requires a pipeline expansion to the extension areas. This dissertation aims to study the renovation of the existing sanitation system with a new separating system that would allow directing wastewater to a treatment plant and collecting part of the storm water in a retention basin for irrigation.

Keywords: the municipality of LARHAT, a separating system, a separating pipeline, storm water, wastewater.

Table des matières

Table des matières	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des planches	
Introduction générale	
CHAPITRE I : Présentation de la zone d'étude	
Introduction :	3
I-1- Situation géographique	3
I-2- Géologie	4
I-3- Sismicité	5
I-4- Réseau hydrographique	5
I-5- Climatologie	5
I-6- Situation démographique	7
I-7- Situation hydraulique	8
I-7-1 Réseau d'alimentation en eau potable	8
I-7-2 Réseau d'assainissement	9
Conclusion	9
CHAPITRE II : Etude hydrologique	
Introduction	11
II-1 Description du logiciel Hyfran	11
II-2 La série des données pluviométriques	11
II-2-1 Les caractéristiques de la série pluviométrique	13
II-3 Ajustement de la série	13
II-3-1 Ajustement de la série pluviométrique à la loi de GUMBEL	14
II-3-2 Ajustement de la série pluviométrique à la loi de GEV	16
II-4 Comparaison graphique	18
II-5 Test d'adéquation de Khi-deux « χ^2 »	18
II-6 Choix de la loi d'ajustement	19
II-7 Calcul des pluies et des intensités de courte durée	19
Conclusion	20
CHAPITRE III : Calcul de base	
Introduction	22
III.1 Situation démographique	22
III.2 Système d'évacuation des eaux usées	23
III.2.1 Les différents types de système d'évacuation	23
III.2.1.1 Système unitaire	23
III.2.1.2 Système séparatif	24
III.2.1.3 Le système pseudo-séparatif	26
III.2.2 Le choix du système d'assainissement	26
III.3 Schéma d'évacuation des eaux	26
III.3.1 Les différents types de schéma d'évacuation	27
III.3.1.1 Schéma perpendiculaire	27
III.3.1.2 Schéma par déplacement latéral	27

III.3.1.3 Schéma du collecteur par zones étagées	28
III.3.1.4 Schéma radial	28
III.3.2 Le choix du schéma d'évacuation	28
III.4 Coefficient de ruissèlement	29
III.5 Estimation du coefficient de ruissèlement pour chaque sous bassin	31
III.6 Calcul de la population pour chaque sous bassin	32
Conclusion	33
CHAPITRE IV : Estimation des débits	
Introduction	35
IV.1 Origine et nature des eaux à évacuer	35
IV.1.1 Les eaux usées domestiques	35
IV.1.2 Les eaux usées industrielles	35
IV.1.3 Les eaux usées des services publics	35
IV.1.4 Les eaux claires parasites	35
IV.1.5 Les eaux pluviales	35
IV.2 Estimation des débits d'eaux à évacuer	36
IV.2.1 débit d'eaux usées	36
IV.2.1.1 Débit moyen journalier	36
IV.2.1.2 Débit de pointe	36
IV.2.2 débits d'eaux pluviales	40
IV.2.2.1 Méthode rationnelle	40
IV.2.2.2 Méthode superficielle de Caquot	43
IV.2.2.3 Calcul des débits pluviaux	44
Conclusion	46
CHAPITRE V : Dimensionnement	
Introduction	48
V.1 Calcul des sections	48
V.2 Contraintes de calage des canalisations	50
V.3 Résultat du dimensionnement	52
V.3.1 Réseau d'eaux usées	52
V.3.2 Réseau d'eaux pluviales	62
V.4 Calcul du temps de concentration	70
Conclusion	71
CHAPITRE VI : Les éléments constitutifs du réseau	
Introduction	73
VI.1 Elément de conduites	73
VI.1.1 Les conduites de section circulaire	73
VI.1.1.1 Les conduites en fonte	73
VI.1.1.2 Conduites en amiante ciment	74
VI.1.1.3 Conduites en gré	74
VI.1.1.4 Conduites en matières plastiques	74
VI.1.1.5 Les conduites en béton armé	75
VI.1.2 Les conduites de section ovoïde	76

VI.1.3 Essais de conduites préfabriquées	77
VI.1.3.1 Opération d'essai à l'écrasement	77
VI.1.3.2 Opération d'essai à l'étanchéité	77
VI.1.3.3 Opération d'essai à la corrosion	78
VI.1.4 Proposition des remèdes	78
VI.1.4.1 Remèdes hydrauliques	78
VI.1.4.2 Remèdes chimiques	79
VI.1.5 Choix du matériau	79
VI.1.6 Pose de canalisation	79
VI.2 Ouvrages annexes	81
VI.2.1 les branchements	81
VI.2.2 Les bouches d'égout	82
VI.2.3 Les regards	82
VI.2.4 déversoir d'orage	83
Conclusion	83
CHAPITRE VII : Organisation de chantier	
Introduction	85
VII.1 Exécution des travaux	85
VII.1.1. Manutention et stockage des conduites	85
VII.1.1.1 Manutention	85
VII.1.1.2 Stockage	85
VII.1.2 Décapage de la terre végétale	86
VII.1.3 Exécution des tranchées et des fouilles des regards	86
VII.1.4 Aménagement du lit de sable	86
VII.1.5 Emplacement des piquets	86
VII.1.6 Pose des canalisations	86
VII.1.7 Assemblage des canalisations	86
VII.1.8 Essai d'étanchéité	86
VII.1.9 Réalisation des regards	87
VII.1.10 Réalisation des branchements	87
VII.1.11 Remblayage et compactage	87
VII.2 Choix des engins	88
VII.3 Détermination des différents volumes des travaux	89
VII.3.1 Volume du décapage de la couche végétale	89
VII.3.2 Volume du déblai des tranchées	89
VII.3.3 Volume occupé par le lit de sable	89
VII.3.4 Volume occupé par les conduites	89
VII.3.5 Volume de l'enrobage	90
VII.3.6 Volume du remblai de protection	90
VII.3.7 Volume excédentaire	90
VII.4 Devis quantitatif et estimatif	91
VII.4.1 Réseau des eaux usées	91
VII.4.2 Réseau des eaux pluviales	91
Conclusion	92
Conclusion générale	93
Références bibliographiques	94

Liste des tableaux

CHAPITRE I : Présentation de la zone d'étude

Tableau I-1 : Précipitations moyennes mensuelles	6
Tableau I-2 : Estimation démographique	8

CHAPITRE II : Etude hydrologique

Tableau II-1 : La série pluviométrique	13
Tableau II-2 : Les caractéristiques de la série pluviométrique	14
Tableau II-3 : Résultat de l'ajustement à la loi de Gumbel	15
Tableau II-4 : Résultat de l'ajustement à la loi de GEV	17

CHAPITRE III : Calcul de base

Tableau III-1 : valeur du coefficient de ruissèlement suivant le type de surfaces	30
Tableau III-2 : valeur du coefficient de ruissèlement suivant le type d'occupation du sol	31
Tableau III-3 : valeur du coefficient de ruissèlement selon la densité de population	31
Tableau III-4 : Valeurs de coefficients de ruissèlement pour chaque sous bassin	32
Tableau III-5 : Nombre d'habitants pour chaque sous bassin	33

CHAPITRE IV : Estimation des débits.

Tableau IV-2: Débits des eaux usées domestiques pour chaque sous bassin	38
Tableau IV-3 : Débits des eaux usées des équipements publics pour chaque sous bassin	39
Tableau IV-4 : Débits totaux des eaux usées pour chaque sous bassin	40
Tableau IV-5 : Débits totaux des eaux	46

CHAPITRE V: Dimensionnement

Tableau V-6 : Calculs du réseau d'eaux usées	53
Tableau V-2 : Calculs du réseau d'eaux pluviales	63

CHAPITRE VII : Organisation de chantier

Tableau VII-7 : Devis quantitatif et estimatif du réseau des eaux usées	92
Tableau VII-8 : Devis quantitatif et estimatif du réseau des eaux pluviales	92

Liste des figures

CHAPITRE I : Présentation de la zone d'étude

Figure I-1 : Délimitation Administrative de la Commune Larhat	4
Figure I-2: Précipitations à la station de Gouraya	6
Figure I-3 : histogramme représentant l'évolution de la population de la ville de Larhat	8

CHAPITRE II : Etude hydrologique

Figure II-1 : Ajustement à la loi de Gumbel	16
Figure II-2 : ajustement à la loi de GEV	18
Figure II-4 : comparaison graphique des ajustements	19

CHAPITRE III : Calcul de base

Figure III-1 : schéma représentatif des branchements dans le système unitaire	24
Figure III-2 : schéma représentatif des branchements dans le système séparatif	26
Figure III-3 : schéma représentatif des branchements dans le système pseudo-séparatif	27
Figure III-4 : schéma perpendiculaire	28
Figure III-5 : schéma à collecteur latéral	28
Figure III-6 : schéma à collecteur oblique	28
Figure III-7 : schéma du collecteur par zones étagées	29
Figure III-8 : schéma radial	29

CHAPITRE IV : estimation des débits

Figure IV-1 : hydrogramme exprimant la variation de débit observé à l'exutoire en fonction du temps	41
---	----

CHAPITRE VI : Les éléments constitutifs du réseau

FigureVI-1 : pose de canalisation en terrain ordinaire	81
FigureVI-2 : pose de canalisation en terrain peu consistant	81
FigureVI-3 : pose de canalisation en terrain très mauvais	81
FigureVI-4 : point de raccordement avec inclination	82
FigureVI-5 : absorption par : le haut, le coté latéral	82
FigureVI-7 : regard simple	83

Liste des planches

Planche n°1/5 : Plan de masse

Planche n°2/5 : réseau d'eaux pluviales

Planche n°3/5 : réseau d'eaux usées

Planche n°4/5 : Profil en long réseaux eaux pluviales

Planche n°5/5 : Profil en long réseau eaux usées

Introduction générale :

L'assainissement de la ville de LARHAT est vétuste, son réseau date du temps colonial avec beaucoup de rajout extensif sans planification ni programme approprié.

Le développement de cette ville côtière en matière de tourisme nécessite d'inscrire des réhabilitations voir un nouveau réseau afin de permettre de bien gérer ce réseau et épurer de manière systématique avant rejet en milieu naturel.

L'adoption de réseau unitaire dans le passé a montré quelques insuffisances à l'ère actuelle. Le rejet des eaux usées dans le milieu naturel génère une pollution de l'hydrosystème récepteur.

La nécessité de projection de station d'épuration où le paramètre volume d'eau à épurer est en fonction d'un cout élevé d'où l'obligation de séparer une eau pluviale moins polluante des eaux usées à forte concentration de pollutions.

CHAPITRE I :

Présentation de la zone d'étude

Introduction :

La majorité des villes côtières d'Algérie ont connu une évolution exponentielle en matière de démographie et d'urbanisme. La mise à niveau du domaine hydraulique est devenue un axe urgent qui doit accompagner cette extension socioéconomique.

Chaque ville dotée d'un système de collecte et de drainage, présente des spécificités. Il convient d'en analyser toutes les particularités touchant à l'assainissement, que ce soit l'évolution de la population, la topographie, l'urbanisme, le climat, la qualité des sols et son potentiel économique tel que l'industrie ou le tourisme.

L'analyse de tous ces paramètres contribue à lancer des calculs hydrauliques permettant de dimensionner les réseaux au présent et au futur à l'échelle d'une durée de vie acceptable généralement 30 ans.

La maîtrise d'une bonne collecte de données combinée à une analyse et un calcul aboutira à une étude de qualité capable de mettre en place un modèle de gestion moins coûteux et répondant aux normes actuelles.

I-1- Situation géographique :

La commune de LARHAT fait partie de la wilaya de Tipaza. Administrativement son chef-lieu de commune est LARHAT, et son chef-lieu de daïra est Damous. Elle se trouve dans l'extrême Ouest de la Wilaya à 70 Km du chef-lieu de la Wilaya et à 135 Km d'Alger, située entre la mer Méditerranée et une importante chaîne montagneuse, appelée : le Dahra et le Zaccar.

Elle s'étale sur une superficie de 6188 ha délimitée :

- Au Nord par la mer Méditerranée.
- Au Sud par la commune de Beni Milleuk et Messelmoune.
- A l'Est par les communes de Gouraya et Aghbal.
- A l'Ouest par la commune de Damous.

L'origine du mot LARHAT est " **gens de toutes espèces** " cette appellation a été donnée par Sidi Ahmed Benyoucef qui était un personnage saint et vénéré pour les habitants de la région.



Figure I-1 : Délimitation Administrative de la Commune Larhat (Source Sig Algerie)

I-2- Géologie :

Le sol de la zone d'étude est constitué :

- d'alluvions actuelles : limons et cailloutis provenant des dépôts d'oued, de sable des plages.
- d'alluvions récentes : provenant du fond des vallées et formant un remblai de quelques mètres au-dessus des oueds.
- du Cénomaniens : constitué de calcaires beiges, durs, de brèches, et de poudingues provenant du flysch et des faciès du géosynclinal de l'atlas littoral.
- du Crétacé : composé de marnes calcaires que l'on voit en petits bancs dans les monticules. Nous avons également un faciès gréseux à intercalations de calcaires blanchâtres assez durs.
- de l'Albien : remarqué par des argiles schisteuses noirâtres alternant avec de petits lits de quartzite ferrugineuse.
- du Trias : constitué de brèches dolomitiques gypseuses composées de dolomites, de cargneules jaunâtres, de gypses et de dolomies noirâtres.

I-3- Sismicité :

Ainsi que tout le nord de l'Algérie, la zone d'étude se trouve sur le prolongement du plissement alpin qui se situe à la croisée des plaques africaine et eurasienne.

C'est une zone à forte sismicité, elle est classée en zone III sur la classification du RPA version 2003 (Règlement parasismique Algérien).

I-4- Réseau hydrographique :

Il est constitué d'oueds et de chaâbat. Les principaux cours d'eau sont :

- Oued Harbil situé à l'ouest de la commune.
- Oued Mellah qui coule à l'Est.

Ces oueds drainent les nombreuses chaâbetes qui sillonnent la commune. Parmi celles-ci nous citerons :

- Oued Zeboudj
- Oued Manar
- Oued Barkouta
- Oued Bouatour
- Oued Mechtita
- Oued Issly

Oued Boudjerama devenant l'oued Kebir dans la commune de Béni Milleuk, au sud de Larhat.

I-5- Climatologie :

A l'échelle régionale, la commune de Larhat jouit d'un climat méditerranéen, c'est-à-dire tempéré en été et pluvieux en hiver.

L'amplitude thermique n'est pas importante ; en hiver, les températures descendent jusqu'à 8° C. elles peuvent atteindre jusqu'à environ 40°C en période estivale.

La pluviométrie est assez importante en période hivernale où elle peut atteindre 500 à 600mm par an .

Quelques jours d'enneigement ont même été relevés ces dernières années sur les monts environnants.

a. Les températures :

Le site de Larhat jouit d'un climat méditerranéen tempéré, qui se caractérise par un hiver doux et humide d'octobre à mars suivis d'une saison sèche et chaude .s'étalant entre mai et septembre.la température moyenne annuelle est de 17,55°c avec un minimum de 1,2°c et un max de 42,6°c

b. Les vents :

En hiver c'est la prédominance des vents d'ouest, ils ont une direction ouest, nord ouest. Le reste de l'année, ils peuvent être très forts et dévastateurs comme la tempête qui a frappé la région en avril 1989, elle a une force qui est égale ou inférieure à 6,5 sur une échelle de 0 à 9 elle peut atteindre 100km/h tandis qu'en été les brises maritimes rafraichissantes n'arrivent pas à franchir les collines.

c. Pluviométrie :

Les précipitations les plus importantes s'étalent sur trois mois (Octobre, Novembre, décembre).

Le tableau suivant (Tableau I-1) présente les précipitations moyennes mensuelles enregistrées au niveau de la station pluviométrique de Gouraya, sur une période d'observation de 38 ans (1969-2006) :

Tableau I-9 : Précipitations moyennes mensuelles :1968-2006 (ANRH Blida, 2020)

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	$P_{moy.annuel}$
P (mm)	25,3	58,4	87,2	86,1	70,7	65,6	59,3	48,3	34,2	7,0	2,1	6,4	550,7

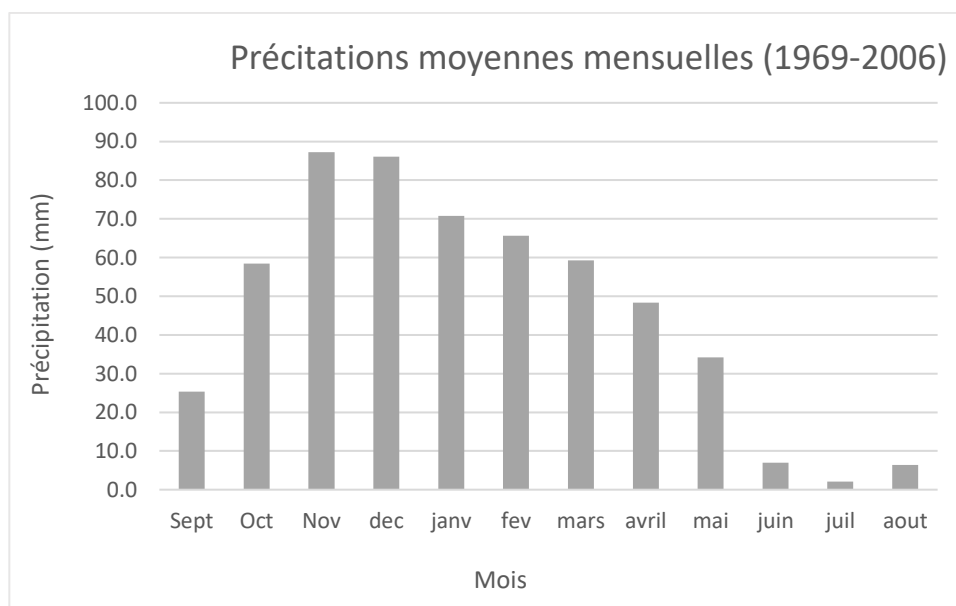


Figure I-2: Précipitations à la station de Gouraya

- Le mois de novembre et décembre sont les deux mois les plus arrosés de l'année.
- Juin, juillet et Aout les plus secs de l'année.

I-6- Situation démographique :

Estimée en 1987 à 6282 habitants, la population de LARHAT a atteint 6739 habitants en 1998 et 7300 habitants en 2008 soit une augmentation de 457 habitants entre 1987 et 1998, avec un taux de croissance démographique de 0,64 % qui est très faible en comparaison avec la moyenne observée au niveau national 2,16%.

A l'échelle nationale le taux d'accroissement a connu aussi une tendance à la baisse pour la même période.

Ce phénomène est la conséquence de plusieurs paramètres parmi lesquels :

- La crise du logement.
- La hausse continue du taux de chômage.
- La crise sécuritaire.
- Le recul de l'âge de mariage pour les deux sexes.
- La dévaluation du revenu familial causée par la crise économique et qui a eu

pour conséquence la dégradation des conditions de vie.

La commune de Larhat ne possède aucune agglomération secondaire, cependant on note l'existence de plusieurs zones éparses ou douars, parmi lesquels Bouarous, Sidi Maamar, Ikhlifaine, Tazrout, Les mines, El Keria, Boukhlidja, Mechtita, Beni Ouarkhchene, Sidi Salem, Ighilyer, Zlamta, Sidi Yacoub, sont les plus importants.

Le taux d'accroissement global 0,80% entre 1998 et 2008 indique qu'il y a eu un départ de population.

Le taux le plus élevé constaté est celui de l'agglomération chef-lieu qui est de 3.34 %.

Par contre nous remarquons une nette diminution de ce taux d'accroissement dans la zone éparses (0,10%).

Ce phénomène est expliqué par deux types de mouvements de migration massive de population qui se sont produits dans cette commune pendant la période (1990-2003) et qui sont dû à la conjoncture sécuritaire qui a régné dans cette période :

1^{er} type de migration : migration interne à la commune de la zone éparses vers l'agglomération chef-lieu de commune.

2^{ème} type de migration : une migration de la population de la commune de Larhat vers d'autres communes.

Une augmentation du taux d'accroissement est constatée au niveau des zones éparses durant la période 2008-2020 qui s'explique par l'effet de plusieurs facteurs parmi lesquels, l'accroissement des revenus, l'amélioration des conditions de vie ainsi que la situation sécuritaire du pays, la réalisation d'infrastructures et d'équipements publics de base.

Tableau I-2 :Estimation démographique (APC Larhat, 2020)

	RGPH 1977	Taux d'accroï	RGPH 1987	Taux d'accroï	RGPH 1998	Taux d'accroï	RGPH 2008	Taux d'accroï	RGPH 2020
Chef lieu	611	4,61%	959	2,70%	1285	3.34 %	1786	2.26%	2335
Zone Eparse	4289	2,18%	5323	0,22%	5454	0.10 %	5514	1.77%	6808
Commune	4900	2,52%	6282	0,64%	6739	0.80 %	7300	1.89%	9143

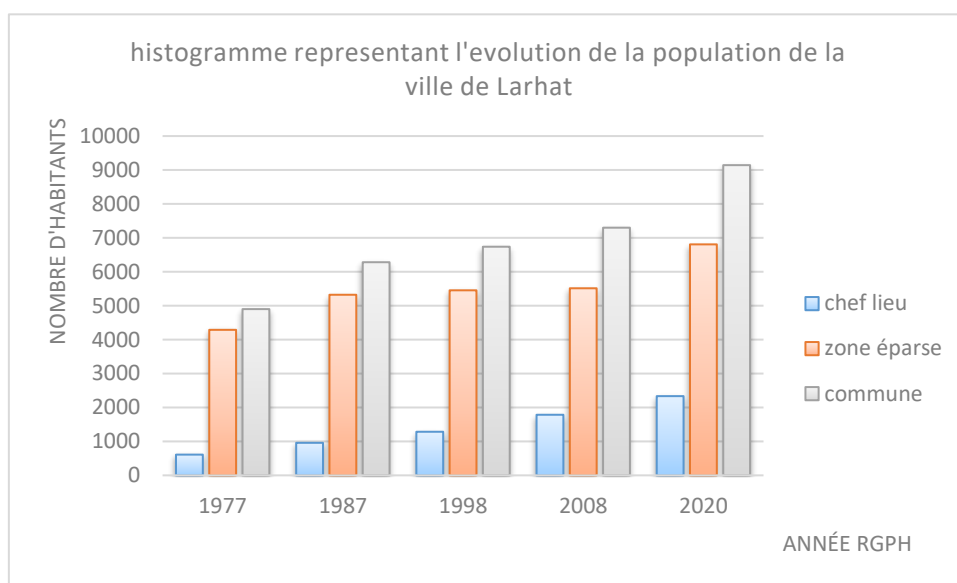


Figure I-3 : histogramme représentant l'évolution de la population de la ville de Larhat

I-7- Situation hydraulique :

Elle décrit le système d'alimentation en eau potable et le système 'assainissement relatifs à la zone d'étude :

I-7-1 Réseau d'alimentation en eau potable :

Le chef-lieu de la commune est alimenté actuellement à partir de deux champs de captage :

- Champ de captage de Oued Mellah (2×2 l/s), par une conduite de refoulement en fonte de DN150mm.
- Champ de captage de l'Oued Harbil par une conduite de refoulement en fonte de DN100mm.

La distribution de l'eau potable est assurée par deux réservoirs semi enterrés de 500 m³ et 200 m³, se trouvant au Sud de la ville.

Le réseau de distribution, qui couvre la totalité du centre, est de type maillé et ramifié dont les diamètres varient de 40 à 100 mm en PVC [8].

I-7-2 Réseau d'assainissement

La commune de Larhat est dotée d'un réseau d'assainissement de type unitaire, il est constitué de trois réseaux qui drainent la ville, y compris une zone d'extension située à l'entrée de la ville. Datant de l'époque coloniale, il est formé en sa majorité de collecteurs en béton de diamètre variant de 300mm à 500mm, Les profondeurs des canalisations varient entre 0,80 m et 4,0 m.

Ce réseau n'est pas facilement visitable car les regards sont souvent difficiles à repérer généralement enfouies sous couche de bitume, le réseau est fonctionnel mais mal entretenu présentant des dépôts de boue ou de déchet, due essentiellement à l'absence de route goudronnée, trottoirs et au manque de curage, s'ajoute à cela les branchements illicites des habitations directement aux collecteurs sans ouvrages de jonction, ce qui a participé à la détérioration de l'état des collecteurs, ainsi que l'existence de plusieurs points de rejets qui déversent vers la mer ou les différents chaabats qui traversent la ville sans aucun traitement.

Le vieillissement et l'état dégradé des collecteurs impliquent des infiltrations d'eaux usées dans le milieu souterrain et des rejets polluants en surface par débordement.

En conclusion, le réseau d'assainissement de la commune de Larhat ne répond plus aux besoins actuels et futurs de la ville et aux normes techniques, sa rénovation et son extension s'avèrent impératives.

Conclusion :

Nous avons donné un aperçu sur la zone d'étude de manière globale afin de définir ses principales caractéristiques. à partir du diagnostic physique établi, nous avons jugé qu'une rénovation du réseau d'assainissement existant est nécessaire, à cet effet nous avons opté pour un système séparatif.

Certaines données seront traitées ultérieurement de manière détaillée du fait qu'elles influencent directement les paramètres de calcul.

CHAPITRE II :

Etude hydrologique

Introduction :

La disponibilité de bonnes estimations d'évènements hydrologiques extrêmes est indispensable pour bien accomplir différentes activités d'ingénierie telle que la conception des structures hydrauliques, notamment les systèmes d'assainissement. L'analyse fréquentielle reconnue comme étant une méthode statistique de prédiction consistant à étudier les événements passés, caractéristiques d'un processus donné afin d'en définir les probabilités d'apparition future (Musy, 2003) est la méthode la mieux utilisée en hydrométéorologie pour estimer les extrêmes hydropluviométriques.

Dans la présente étude, l'analyse fréquentielle a été appliquée à la série chronologique des pluies journalières maximales (mm). L'ajustement statistique est réalisé par l'intermédiaire du logiciel HYFRAN.

II-1 Description du logiciel Hyfran (HYdrologicalFREquencyANalysis) :

Hyfran est un logiciel d'ajustement de lois statistiques, qui possède les fonctionnalités suivantes :

- Vérification d'hypothèses : indépendance, homogénéité, présence de tendance ou de valeurs singulières, adéquation des lois théoriques aux données observées.
- Ajustement à 16 lois : exponentielle, GEV, Gumbel, normale, log-normale (deux ou trois paramètres), Weibull, Gamma (ou Pearson, deux ou trois paramètres), Gamma généralisée, Gamma inverse, log-Pearson type 3, Halphen (type A , B et B-1), par trois méthodes : maximum de vraisemblance moments, moments pondérés.
- calcul de quantiles avec intervalles de confiance (avec les quantiles de loi normale, ou par Bootstrap paramétrique)
- interfaçage avec tableurs. [4]

II-2 La série des données pluviométriques :

Pour l'analyse statistique des données pluviométriques de type pluies maximales journalières, on se réfère aux données recueillies au niveau de la station pluviométrique de GOURAYA, dont les coordonnées sont les suivantes :

Code station : 020315

Nom station : GOURAYA

X : 429,3Km

Y : 363,8Km

Z : 34 m

Tableau II-1 : La série pluviométrique (station de Gouraya) 1969-2006 :

année	Précipitations maximales journalières (mm)												Max
	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	
1969	16	95,8	32,9	35	25,1	5,2	20	9	18,5	0	0	0	95,8
1970	0	18	0	19,5	72,6	5,6	29,4	9,6	13,5	14,2	0	0	72,6
1971	15	27,3	96,2	38	64,8	16	40,6	25,4	17,2	8,6	0	0	96,2
1972	54	35,8	16,7	27	57,2	13,1	23,5	8,4	0	25,9	0	1,4	57,2
1973	25,3	42,8	7,8	37,9	8,7	31,8	60,1	22,5	0	9,7	0	0	60,1
1974	30,6	64,2	21,2	0	7,1	5,4	15,5	11,4	36,3	3,3	0	23,8	64,2
1975	6,6	10,9	37,3	35,7	24,7	33,6	33	60,2	24,1	4,6	3	10,1	60,2
1976	5,1	41,5	24,7	18,5	21,3	3,1	22,5	12,3	19,4	0,7	5,6	14,7	41,5
1977	0,6	8,8	52,6	9,1	24,7	8,6	21,7	37	19,6	0	0	0	52,6
1978	9,8	44	30,8	33,6	17,8	85,6	35,6	16,3	6,9	6,1	0	3,3	85,6
1979	15,3	23,3	20,8	26,3	49,2	27,9	27,7	12,8	10,3	0	0	3,4	49,2
1980	1	17,7	16,5	41,4	38,3	25	17,3	25,5	2,3	1,8	0	5,1	41,4
1981	1,8	30,1	0	20	25,5	19,1	18,2	12	33,1	0	0	0	33,1
1982	11,5	18,3	67,1	14,4	0	20,3	16,3	2,8	3,6	0	2,6	17,3	67,1
1983	0	6,8	69	32,8	39,4	18,5	18,7	25	33,3	5	0	1,2	69
1984	2	58,9	34,9	27,2	25,5	26,2	33,9	6,4	25,8	2,6	0	0	58,9
1985	3,6	20	49,4	16,5	27,3	32,1	19,6	7,6	5,7	19,5	30,7	0	49,4
1986	27,8	36,1	40,4	37,3	29,8	39,2	5,2	0	8,3	5,2	3,2	1,6	40,4
1987	20,8	8,5	30,3	19,5	12,5	24,2	35,7	7,8	38,7	6,5	0	1,7	38,7
1988	24,7	8,6	50,5	39	15,3	10	38	37,7	14,2	3	0	2,8	50,5
1989	12,1	5,6	11,3	5,6	31,4	0	46,4	16,9	14,8	0	2,2	0	46,4
1990	0,8	14	14,6	19,7	26,2	10,8	25,3	5,5	18,8	8,7	0	1	26,2
1991	1,5	30	9,4	8,6	51,5	12,9	13,5	31,8	39,6	10,7	2,8	0	51,5
1992	0	22,5	51	38,4	1,4	20,1	7,6	12,1	9	0	0	0	51
1993	14,5	35,3	8,1	15,2	35,1	12,2	3,8	23,3	7,6	0	0	0	35,3
1994	51,4	5,2	48,5	22,4	34,5	54,9	36,6	11,5	0	9,5	0,5	59,8	59,8
1995	66,5	11,4	19,8	16,3	13,8	29,5	23	46	4	20,4	7	1	66,5
1996	16	11,3	6,4	10,6	11,8	28	1,5	52,8	10,4	0	1	1,4	52,8
1997	9,5	36,3	38,4	14,8	4,8	6,3	25,5	16,5	47,5	2,2	0	5,2	47,5
1998	11	17,3	19,6	29,5	49,3	20,4	33	3	3	3,1	0	5,3	49,3
1999	19,4	7,6	51,5	75	10	0	5,9	5	19,4	1,6	0,9	0	75
2000	7	33,2	63,7	6,6	12	21,6	0	68	5,8	0	0	0	68
2001	10,5	1,3	165,3	23,3	10,2	8,8	45,4	21,4	12,8	0,6	5,3	9,6	165,3
2002	4,3	15,8	26,3	27,7	19,3	34,4	5,5	8	7	1,4	1,4	1,8	34,4
2003	5,2	10,4	26,9	9,7	16,7	33,7	18,5	46,6	26,4	17	0	9	46,6
2004	15,1	11,4	19,6	28,9	13,8	44,7	33,1	18,2	0	0	0	0	44,7
2005	18,9	15,6	28,6	83,7	22,9	19,3	7,4	4	77,1	8,5	0	0	83,7
2006	24	3,9	60,3	66,3	13,8	12,6	16,3	18,4	5,8	0	0,6	0	66,3

II-2-1 Les caractéristiques de la série pluviométrique :

Les statistiques descriptives de la série sont consignées dans le tableau II-2 :

Tableau II-2 : Les caractéristiques de la série pluviométrique

Nombres d'années d'observation	38
Minimum (mm)	26
Maximum (mm)	96
Médiane (mm)	56.1
Moyenne (mm)	56.1
Ecart-type	16.8
Coefficient de variation	0.299

II-3 Ajustement de la série :

L'analyse statistique de la série des pluies maximales journalières est basée sur l'utilisation des lois de distribution statistique couramment appliqués à l'analyse des valeurs extrême, à savoir ; la loi Gumbel, les lois normales, la loi exponentielle, les lois Gamma, la loi GEV, les lois Pearson.

Les lois d'ajustement utilisées dans la présente étude sont :

- la loi de Gumbel
- la loi de GEV (Generalized extreme value distribution)

II-3-1 Ajustement de la série pluviométrique à la loi de GUMBEL :

-Fonction de distribution :

Sous sa forme simple est généralement utilisée on a :

$$F(x) = e^{-e^{-u}} \quad (\text{II-1})$$

Avec :

$$u = \frac{x-x_0}{s} \quad (\text{II-2})$$

Le terme **u** est la variable réduite de Gumbel. L'intervalle de variation de **x** est $]-\infty, +\infty[$

- x_0 : est le paramètre de position (mode)
- s : est le paramètre de d'échelle différent de zéro est positif

-La densité de probabilité a pour expression :

$$f(x) = e^{-u} e^{-e^{-u}} \quad (\text{II-3})$$

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

$$x_0 = 48.15 \quad , \quad s = 14.11$$

Résultats de l'ajustement :

Tableau II-3: Résultat de l'ajustement à la loi de Gumbel

T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
100	0.99	113	9.53	94.4 - 132
50	0.98	103	8.28	87.0 - 119
20	0.95	90.1	6.64	77.1 - 103
10	0.9	79.9	5.42	69.3 – 90.5
5	0.8	69.3	4.20	61.1 – 77.6

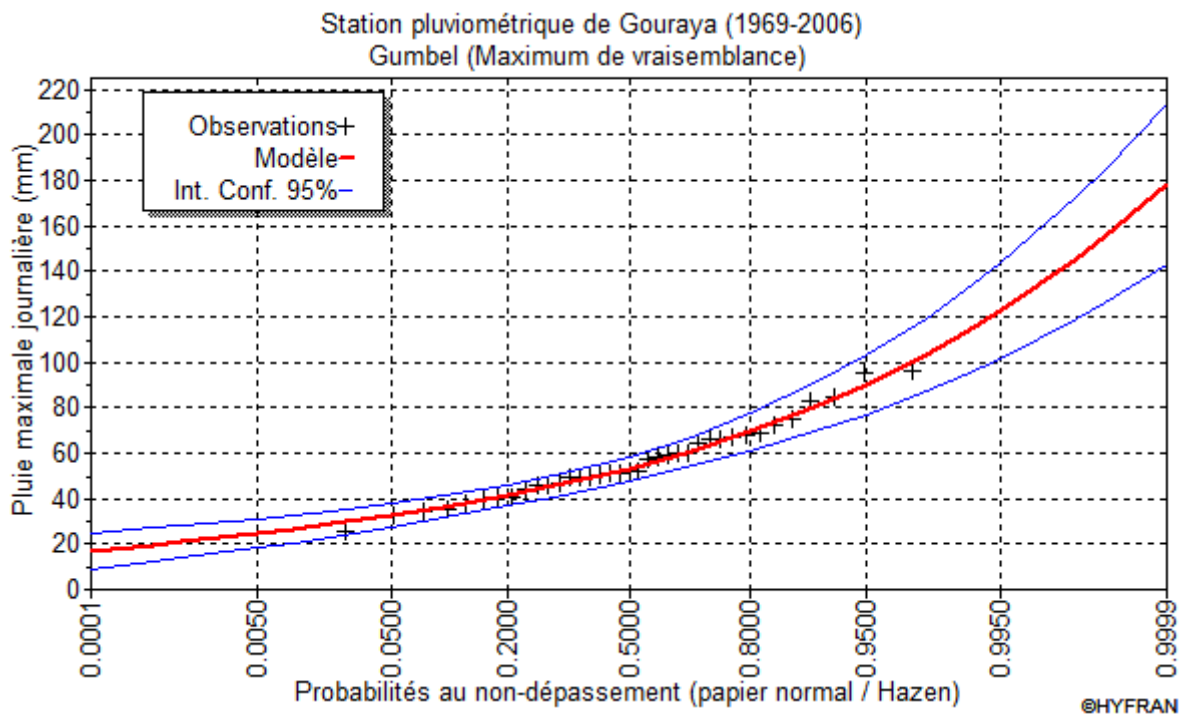


Figure II-1 : Ajustement à la loi de Gumbel

Analyse et interprétation :

L'ajustement graphique montre un bon alignement des points expérimentaux par rapport à la droite d'ajustement, ce qui s'explique par un bon ajustement de la série à la loi.

II-3-2 Ajustement de la série pluviométrique à la loi de GEV :

-La fonction de répartition de la loi GEV est définie selon l'expression :

$$F(x) = e^{-\left[1 - \frac{k(x-x_0)}{s}\right]^{1/k}} \quad (\text{II-4})$$

-Sa densité de probabilité est :

$$f(x) = \frac{1}{s} \left[1 - \frac{k(x-x_0)}{s}\right]^{\frac{1}{k}-1} e^{-\left[1 - \frac{k(x-x_0)}{s}\right]^{1/k}} \quad (\text{II-5})$$

Trois paramètres interviennent :

x_0 : Paramètre de position

s : paramètre d'échelle (dispersion)

k : paramètre de forme

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

$$x_0 = 48.91 \quad , \quad s = 14.132 \quad , \quad k = 0.0837$$

Résultats de l'ajustement :

Tableau II-4: Résultat de l'ajustement à la loi de GEV

T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
100	0.99	103	11.5	80.3 - 125
50	0.98	96.0	8.95	78.4 - 113
20	0.95	86.1	6.21	73.9 - 98.2
10	0.90	77.9	4.71	68.7 - 87.1
5	0.80	68.8	3.69	61.6 - 76.1

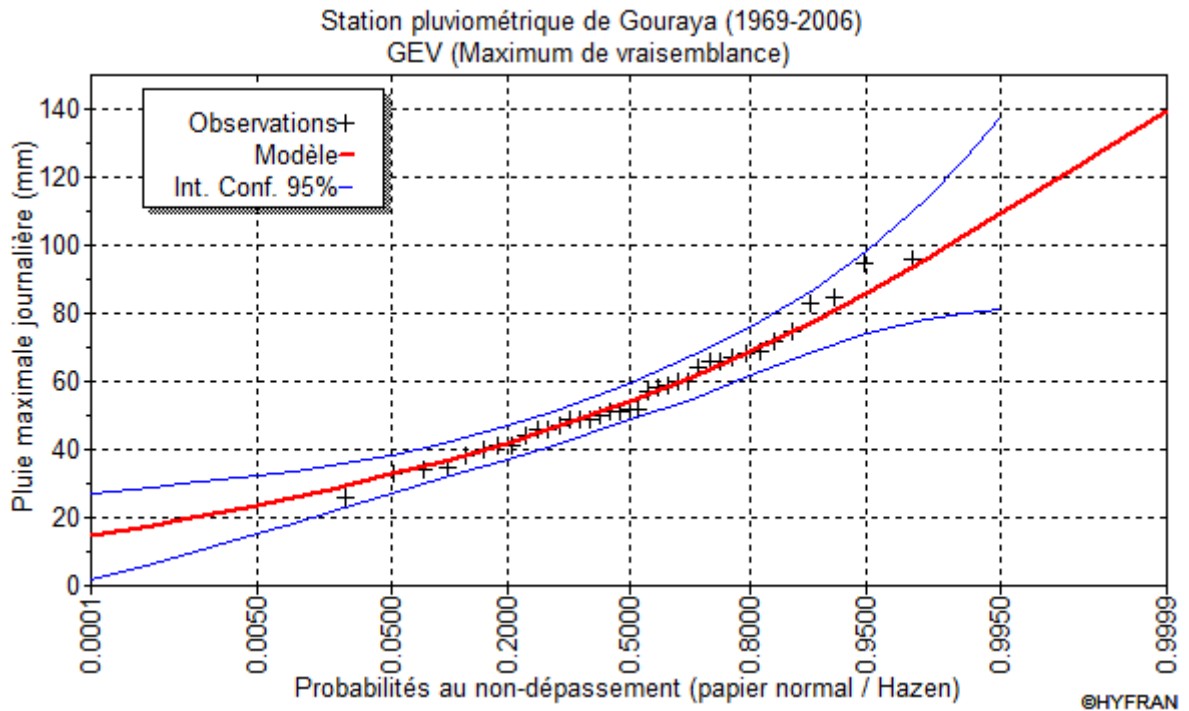


Figure II-2 : ajustement à la loi de GEV

Analyse et interprétation :

L'ajustement graphique montre un bon alignement des points expérimentaux par rapport à la droite d'ajustement, ce qui s'explique par un bon ajustement de la série à la loi.

II-4 Comparaison graphique :

Le logiciel Hyfran permet de faire la comparaison de plusieurs ajustements différents à l'aide d'un graphique représentant les distributions choisies.

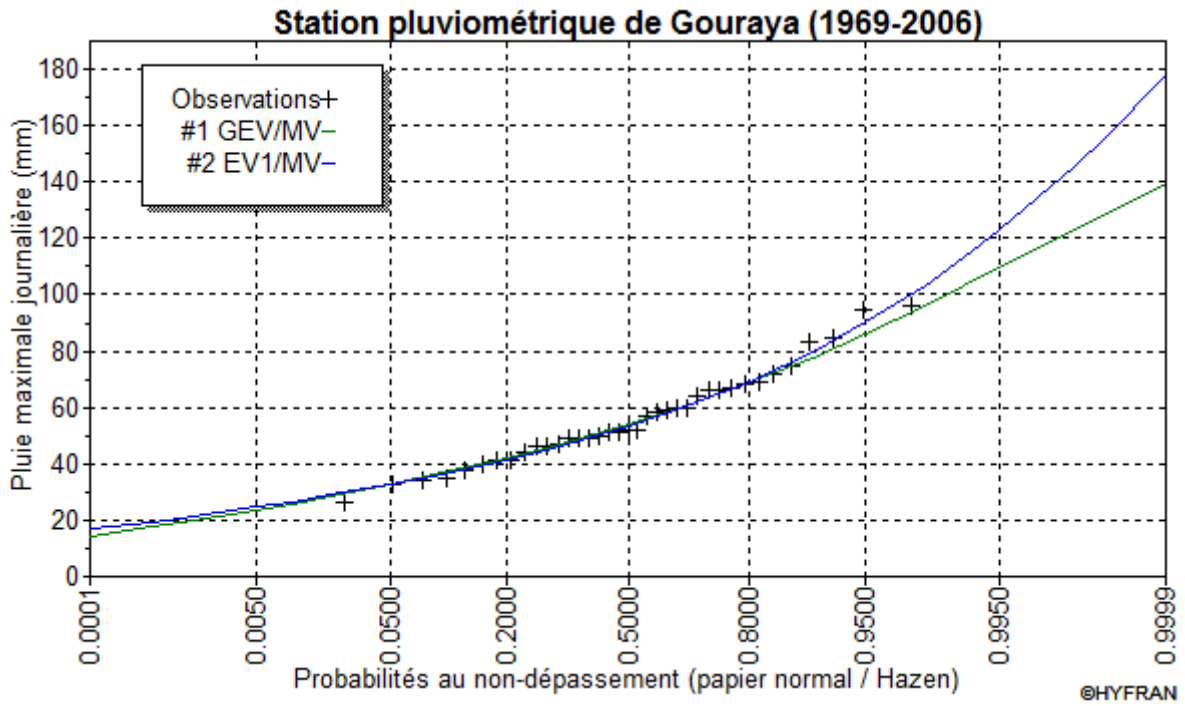


Figure II-4 : comparaison graphique des ajustements

II-5 Test d'adéquation de Khi-deux « χ^2 » :

Il permet de vérifier la qualité de l'ajustement réalisé et de juger l'adéquation entre une série de données statistiques et une loi de probabilité.

Résultats du test de Khi-deux « χ^2 » :

Loi d'ajustement	Degré de liberté	χ^2 calculé	χ^2 théorique	Observation
GEV	4	3	9.488	χ^2 calculé < χ^2 théorique Condition vérifiée
Gumbel	5	5.59	11.070	χ^2 calculé < χ^2 théorique Condition vérifiée

II-6 Choix de la loi d'ajustement :

A partir des résultats du test d'adéquation de χ^2 , on voit que la série des pluies maximales journalières présente un ajustement adéquat avec les deux lois : Gumbel, GEV. Cependant, l'analyse graphique montre un ajustement meilleur avec la loi de **Gumbel**. Dans ce cas, cette loi sera exploitée pour l'estimation de l'intensité de pluie du projet.

II-7 Calcul des pluies et des intensités de courte durée :

Le passage des pluies maximales journalières aux pluies de courtes durées se fait par l'intermédiaire de la formule de Body préconisée par l'ANRH :

$$P_{\max t,p\%} = P_{\max j,p(x)} \times \left(\frac{t}{24}\right)^b \quad (\text{II-6})$$

$P_{\max t,p\%}$: Pluie d'une durée (t) pour une fréquence voulue (mm).

$P_{\max j,p\%}$: Pluie maximale journalière pour la même fréquence (mm)

t : durée d'une averse (h).

b : Exposant climatique.

Pour des considérations d'ordre technique et économique, on s'intéresse en assainissement à une pluie ($P_{j,max}$) décennale, c'est-à-dire une fréquence au non dépassement $F=0.9$.

On prend :

- la durée de pluie $t = 10\text{min}$.
- L'exposant climatique de la région d'étude, selon l'ANRH : $b = 0.42$

$$P_{\max 10\text{min},90\%} = P_{\max j,90\%} \times \left(\frac{10}{24 \times 60}\right)^{0.42} \quad (\text{II-7})$$

$$P_{\max j,90\%} = 79.9 \text{ mm}$$

$$P_{\max 10\text{min},90\%} = 9.91 \text{ mm}$$

- L'intensité des pluies est donnée par la formule suivante :

$$i_{t,p\%} = \frac{P_{t,p\%}}{t} \quad (\text{mm/h}) \quad (\text{II-8})$$

On obtient:

$$i = 59.45 \text{ mm/h} = 165.15 \text{ l/s/ha}$$

Conclusion :

Nous avons abouti à estimer l'intensité moyenne maximale, en passant par l'ajustement de la série à la loi de Gumbel, qu'on a jugé la plus adéquate à la série des pluies traitées. Le résultat obtenu $i = 165.15 \text{ l/s/ha}$ nous sera d'utilité dans le calcul du débit pluvial.

CHAPITRE III :

Calcul de base

Introduction :

L'assainissement a pour but d'assurer la collecte, le transport et si besoin la rétention des eaux pluviales et des eaux usées et de procéder à leur traitement avant rejet dans le milieu naturel [10]. Les techniques utilisées doivent être compatibles avec les exigences qu'impose le respect de la santé publique et de l'environnement. Il apparaît que les fonctions dévolues à l'assainissement sont nombreuses. Par ailleurs, la nature et l'importance des équipements à mettre en œuvre pour assurer ces fonctions sont variables. Ils dépendent en effet, du type d'habitat (assainissement collectif ou autonome), de la topographie du site (système gravitaire ou non gravitaire), de la nature des effluents concernés (système séparatif, unitaire ou mixte), de la nature du sous-sol [4].

Le choix de tel ou tel système, de telle ou telle configuration de réseau, doit prendre en considération les objectifs suivants :

- Evacuer le plus rapidement possible les eaux usées urbaines vers la station d'épuration afin de faciliter leur traitement.
- Tenir compte des perspectives de développement de l'agglomération.
- Respecter la qualité des rejets dans le milieu naturel.
- Tenir compte des contraintes techniques : topographie, pluviométrie, type d'habitat, imperméabilisation des sols, protection contre les inondations, etc.
- Tenir compte des conditions d'exploitation qui peuvent être rendues difficiles, par exemple, par le choix d'une pente insuffisante.

III.1 Situation démographique :

Le réseau d'assainissement d'une agglomération doit pouvoir évacuer le débit de pointe des eaux usées de la population future susceptible d'être implantée dans un complet développement de la population [5].

Dans la présente étude, nous allons étudier l'évolution de la population à l'horizon 2050 qui est donnée par la relation suivante :

$$P_t = P_0(1 + T)^N \quad \text{avec :}$$

P_t : Nombre d'habitants à l'horizon futur.

P_0 : Nombre d'habitants à l'horizon actuel.

T : Taux d'accroissement annuel de la population.

N : L'écart d'années entre les deux horizons.

Selon le dernier recensement effectué en l'an 2020; l'agglomération du chef-lieu de commune de Larhat comprend 2335 habitants avec un taux d'accroissement annuel égal à 2.26%

$$P_{2050} = P_{2020} (1 + (0.0226))^{30} = 4566 \text{ hab.}$$

III.2 Système d'évacuation des eaux usées :

Désigne l'ensemble des ouvrages qui permettent d'assurer l'évacuation des effluents d'une agglomération à partir des édifices à l'exutoire.

III.2.1 Les différents types de système d'évacuation :

Des études préalables tenant compte des spécificités de la zone concernée (topographie, type d'habitat, nature des rejets, etc.) permettent de faire le choix du type de réseau à mettre en place.

On distingue :

III.2.1.1 Système unitaire :

Le système unitaire est l'héritage de tout-à-l'égout, né vers 1830 à la suite des épidémies et du mouvement hygiéniste, dont la doctrine était : « qu'on lave tout et qu'on évacue tout à l'égout ».

L'ensemble des eaux usées et pluviales est en système unitaire, évacué par un réseau unique, généralement équipé de déversoirs d'orage, permettant en cas de pluie intense, le rejet par surverse d'une partie des effluents dans le milieu naturel, soit directement, soit après un traitement spécifique dans une station d'épuration [6].

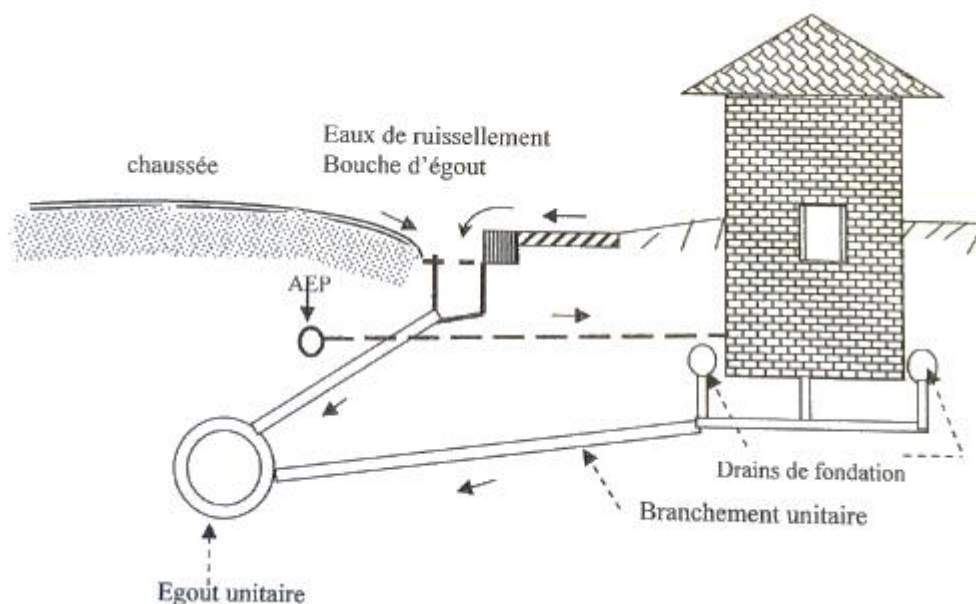


Figure III-2 : schéma représentatif des branchements dans le système unitaire
(B.Salah(2014), assainissement des eaux usées et pluviale des agglomérations)

Avantages :

- Sa construction est plus économique du fait qu'il faut bâtir un seul réseau. Ses dimensions sont équivalentes à celles du réseau d'eaux pluviales, car le débit des eaux usées a peu d'incidence sur le débit total.
- L'entretien rigoureux du réseau est plus économique. Les eaux pluviales ont un effet d'auto-nettoyage important étant donné qu'il traîne une grande partie de la saleté accumulée dans les égouts.
- « L'effet couronne » (corrosion par l'action du sulfure d'hydrogène) est inférieur en raison de dimensions plus grandes des conduits qui favorisent la ventilation et l'auto-nettoyage déjà nommé.
- Il offre l'avantage de collecter les eaux de « petites pluies » fortement souillées, qui représentent 90% des événements pluviométriques et de les traiter en station d'épuration [12].

Désavantages :

- l'inconvénient majeur réside dans le partage des eaux qui vont soit à la station d'épuration, soit au milieu naturel. En pratique, les déversoirs d'orage qui sont utilisés remplissent souvent mal leurs rôles.
- Le rejet direct au milieu naturel est constitué d'un mélange d'eaux pluviales et d'eau usées qui peuvent être fortement polluées.
- Le fonctionnement de la station d'épuration peut être compromis par l'arrivée d'un mélange d'eaux d'origine différentes dont la composition est souvent très différente de celles des eaux usées seules.
- Les stations d'épuration doivent prévenir un surdimensionnement dans le traitement préalable afin de pouvoir traiter l'excès de débit quand il y a de la pluie, d'où le coût d'épuration augmente [12].

III.2.1.2 Système séparatif :

Le système 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 eaux industrielles 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 [11].

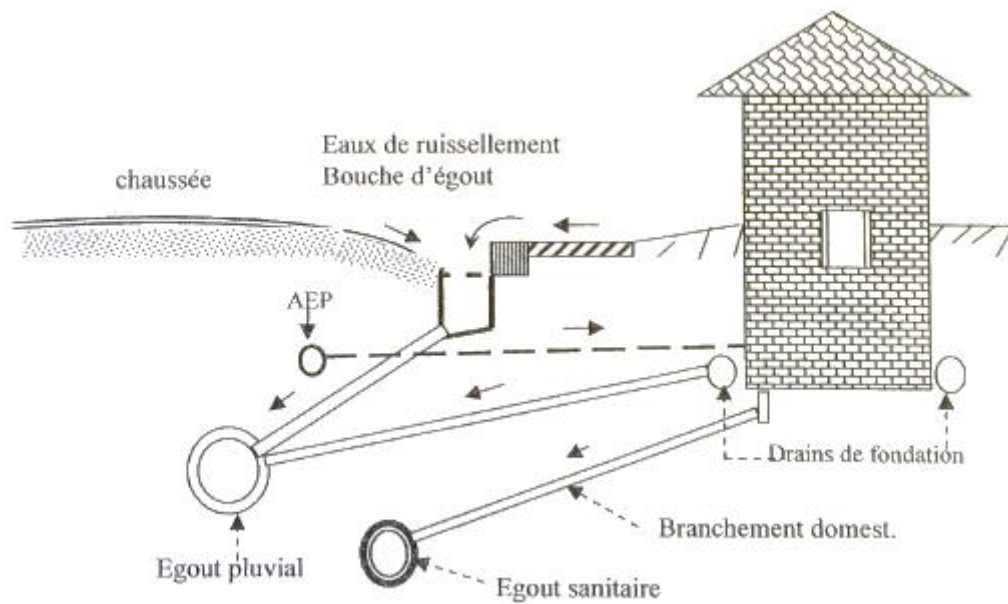


Figure III-2 : schéma représentatif des branchements dans le système séparatif
(B.Salah(2014), assainissement des eaux usées et pluviale des agglomérations)

Avantages :

- La station d'épuration peut simplement être dimensionnée pour le débit de pointe de temps sec, d'où il en résulte une économie.
- La composition des eaux usées étant sensiblement constante, la station peut fonctionner de façon sûre et efficace.
- Les eaux de ruissèlement, censées être plus propres que les eaux usées sont moins préjudiciables au milieu naturel [12].

Désavantages :

- Le doublement du réseau entraîne une augmentation du coût.
- le raccordement de chaque immeuble à deux conduites différentes conduit souvent à des branchements incorrects.
- La charge polluante des eaux pluviales, loin d'être négligeable, s'avère tout aussi forte donc dangereuse pour le milieu récepteur que celle des eaux usées [12].

III.2.1.3 Le système pseudo-séparatif :

Ce système est conçu de telle manière à recevoir les eaux usées et une fraction des eaux de ruissellement. L'autre fraction des eaux de ruissellement sera transitée par les caniveaux et quelques tronçons d'ouvrages pluviaux. Il repose sur une collecte en commun des eaux de toiture et d'espaces privés, avec des eaux usées.

Il est assez comparable au système séparatif, avec un inconvénient au moins : c'est le risque du mauvais fonctionnement de la station d'épuration du à l'apport des eaux pluviales.

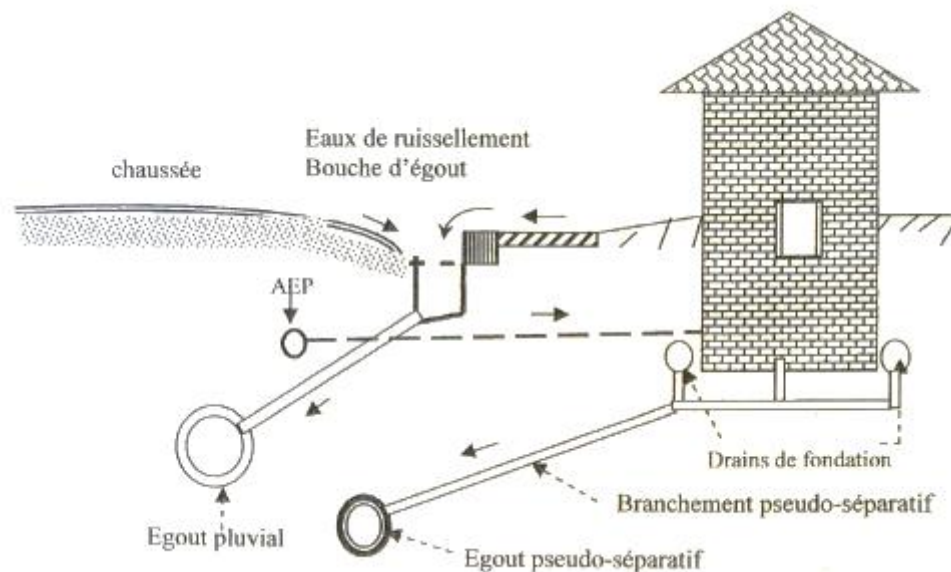


Figure III-3 : schéma représentatif des branchements dans le système pseudo-séparatif (B.Salah(2014), assainissement des eaux usées et pluviale des agglomérations)

III.2.2 Le choix du système d'assainissement :

Vue qu'un projet de station d'épuration est programmé au niveau de la ville de Larhat, il convient de choisir un système d'assainissement séparatif afin d'assurer le bon fonctionnement de la station d'épuration ainsi que la préservation du milieu naturel et réduire le cout en favorisant le plus possible le ruissèlement en surface.

III.3 Schéma d'évacuation des eaux :

Il représente la configuration géométrique système (tracé) d'évacuation en fonction de la topographie et la structure de l'agglomération par rapport au site de la station d'épuration et l'exutoire.

III.3.1 Les différents types de schéma d'évacuation :

On distingue les types de schéma suivants :

III.3.1.1 Schéma perpendiculaire : l'écoulement se fait directement dans le cours d'eau, ce type de schéma ne permet pas la concentration des eaux vers un point unique d'épuration et rend celle-ci difficile.

Il n'est guère utilisable que pour les réseaux d'eaux pluviales dans les systèmes séparatifs, avec un rejet dans un cours d'eau. Il permet par contre un tracé très économique, ne nécessitant pas de grosses sections. En fonction de la direction des collecteurs par rapport à celle du cours d'eau, on distingue le schéma perpendiculaire et étagé.

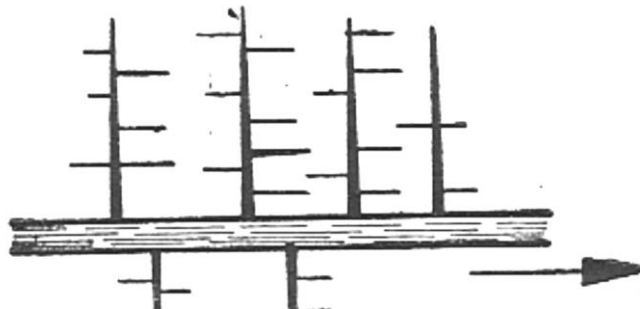


Figure III-4 : schéma perpendiculaire

III.3.1.2 Schéma par déplacement latéral : dans le cas où une épuration est nécessaire, on a tout intérêt à transporter les eaux vers une station unique, ceci peut être obtenu soit par un tracé oblique, soit par un collecteur latéral.

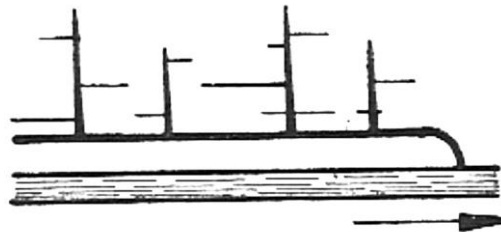


Figure III-5 : schéma à collecteur latéral

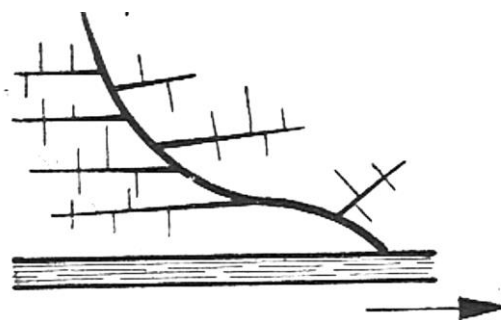


Figure III-6 : schéma à collecteur oblique

III.3.1.3 Schéma du collecteur par zones étagées : c'est un réseau de collecteurs à déplacement avec collecteurs secondaires longitudinaux. Le réseau (2) est utilisé pour ne pas trop charger le réseau (1).

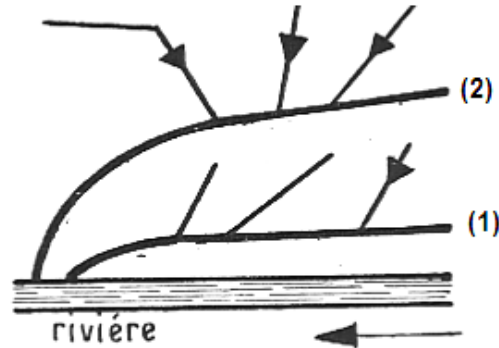


Figure III-7 : schéma du collecteur par zones étagées

III.3.1.4 Schéma radial : ce schéma est utilisé dans les terrains plats, pour collecter tous les effluents en un point (puits de collecte) par la suite un relevage. Il est nécessaire pour le transit vers le cours d'eau récepteur.



Figure III-8 : schéma radial

III.3.2 Le choix du schéma d'évacuation :

Les spécificités de la zone d'étude, en particulier la topographie et la disposition des habitations et des routes par rapport aux cours d'eau, imposent le choix du schéma du collecteur par zones étagées

III.4 Coefficient de ruissèlement :

Le coefficient de ruissèlement « C » d'un bassin versant est un coefficient volumétrique mesurant l'importance des pertes à l'écoulement des eaux dans le bassin. Il en résulte la notion de pluie nette déduite de la pluie précipitée après abattement des pertes [7].

Le coefficient de ruissèlement est fonction principalement du type d'occupation du terrain mais aussi de la nature des sols, de leur degré de saturation en eau et de la pente du terrain.

L'évaluation du coefficient de ruissèlement « C » est l'élément déterminant de tout projet d'assainissement.

III.4.1 Coefficients de ruissèlement en fonction du type et l'occupation des sols :

Suivant les caractéristiques ou l'occupation des sols, des exemples de valeurs extraites de l'ouvrage « guide technique de l'assainissement » de Béchir Selmi et Marc Satin, et d'autres proposées par le service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements (SETRA, 2012) sont portées dans les tableaux ci-après :

Tableau III-1 : valeur du coefficient de ruissèlement suivant le type de surfaces (i=pente) (Selmi.B., 2006)

Nature de la surface	Coefficient de ruissèlement « C »
Pavage, chaussées, pistes ciment	$0.70 \leq C \leq 0.95$
Toitures et terrasses	$0.70 \leq C \leq 0.95$
Sols imperméables avec végétation :	
$i < 2\%$	$0.13 \leq C \leq 0.18$
$2\% \leq i \leq 7\%$	$0.18 \leq C \leq 0.25$
$i > 7\%$	$0.25 \leq C \leq 0.35$
Sols perméables avec végétation :	
$i < 2\%$	$0.05 \leq C \leq 0.10$
$2\% \leq i \leq 7\%$	$0.10 \leq C \leq 0.15$
$i > 7\%$	$0.15 \leq C \leq 0.20$

Tableau I-2 : valeurs du coefficient de ruissellement en fonction de l'affectation du sol (SETRA, 2012) :

Affectation des sols		Coefficient de ruissellement
Espaces verts aménagés : terrains de sport, etc		0.25 à 0.35
Habitat individuel	12 log/ha	0.40
	16 log/ha	0.43
	20 log/ha	0.45
	25 log/ha	0.48
	35 log/ha	0.52
Habitat collectif	50 log/ha	0.57
	60 log/ha	0.60
	80 log/ha	0.70
Equipements publics		0.65
Zones d'activités		0.70
Centres commerciaux		0.80 à 0.90
Parking, chaussée		0.95
Plan d'eau		1

III.4.2 Coefficients de ruissellement en fonction de la densité de population :

Tableau III-3 : valeur du coefficient de ruissèlement selon la densité de population :

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

III.5 Estimation du coefficient de ruissellement pour chaque sous bassin :

Le coefficient de ruissèlement est déterminé selon l'occupation de sol de chaque sous bassin, les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau III-4 : Valeurs de coefficients de ruissellement pour chaque sous bassin

N° SB	Surface : A (ha)	C	N° SB	Surface : A (ha)	C
1	0.142	0.4	39	0.269	0.4
2	0.256	0.4	40	0.194	0.4
3	0.033	0.5	41	0.514	0.4
4	1.206	0.35	42	0.443	0.45
5	0.044	0.45	43	0.139	0.4
6	0.193	0.4	44	0.683	0.45
7	0.313	0.4	45	0.232	0.4
8	0.094	0.4	46	0.801	0.5
9	1.947	0.57	47	0.684	0.5
10	0.53	0.4	48	0.913	0.45
11	0.285	0.4	49	0.798	0.4
12	0.122	0.4	50	0.878	0.4
13	0.2	0.4	51	0.139	0.6
14	0.029	0.45	52	0.537	0.4
15	0.29	0.4	53	0.472	0.4
16	0.169	0.4	54	0.452	0.4
17	0.794	0.4	55	0.89	0.55
18	0.613	0.57	56	0.185	0.4
19	0.222	0.4	57	0.564	0.6
20	1.208	0.6	58	1.232	0.5
21	0.254	0.4	59	1.526	0.55
22	0.17	0.4	60	0.39	0.55
23	0.141	0.4	61	0.594	0.6
24	0.262	0.4	62	0.533	0.5
25	0.172	0.4	63	0.027	0.6
26	0.343	0.55	64	0.387	0.6
27	0.33	0.4	65	0.042	0.6
28	0.189	0.4	66	0.389	0.6
29	0.469	0.4	67	0.085	0.5
30	0.118	0.4	68	0.068	0.65
31	0.266	0.4	69	0.194	0.6
32	0.169	0.4	70	0.0781	0.65
33	0.136	0.4	71	0.287	0.6
34	0.131	0.4	72	0.628	0.6
35	0.666	0.4	73	1.013	0.6
36	0.151	0.4	74	0.398	0.6
37	0.373	0.4	75	0.629	0.35
38	0.38	0.4	76	0.42	0.3

Commentaire : La valeur de coefficient adopté est entre [0.3÷0.65] en référence à la ville de Larhat constituée en majorité d'habitations individuelles.

III.6 Calcul de la population pour chaque sous bassin :

Les résultats de calcul du nombre d'habitants pour chaque sous bassins, sont reportés dans le tableau suivant :

Tableau III-5 : Nombre d'habitants pour chaque sous bassin

N° SB	Surface : A (ha)	Nombre de logements	Nombre d'habitants	N° SB	Surface : A (ha)	Nombre de logements	Nombre d'habitants
1	0.142	5	35	39	0.269	5	35
2	0.256	10	70	40	0.194	6	42
3	0.033	0	0	41	0.514	21	147
4	1.206	0	0	42	0.443	16	112
5	0.044	0	0	43	0.139	7	49
6	0.193	5	35	44	0.683	37	259
7	0.313	13	91	45	0.232	6	42
8	0.094	4	28	46	0.801	21	147
9	1.947	160	1120	47	0.684	0	0
10	0.53	13	91	48	0.913	0	0
11	0.285	15	105	49	0.798	6	42
12	0.122	9	63	50	0.878	2	14
13	0.2	15	105	51	0.139	20	140
14	0.029	0	0	52	0.537	15	105
15	0.29	19	133	53	0.472	16	112
16	0.169	6	42	54	0.452	29	203
17	0.794	16	112	55	0.89	150	1050
18	0.613	50	350	56	0.185	5	35
19	0.222	6	42	57	0.564	96	672
20	1.208	200	1400	58	1.232	12	84
21	0.254	6	42	59	1.526	216	1512
22	0.17	3	21	60	0.39	0	0
23	0.141	1	7	61	0.594	0	0
24	0.262	6	42	62	0.533	0	0
25	0.172	4	28	63	0.027	0	0
26	0.343	0	0	64	0.387	0	0
27	0.33	7	49	65	0.042	0	0
28	0.189	13	91	66	0.389	50	350
29	0.469	11	77	67	0.085	0	0
30	0.118	8	56	68	0.068	0	0
31	0.266	16	112	69	0.194	20	140
32	0.169	8	56	70	0.0781	0	0
33	0.136	9	63	71	0.287	0	0
34	0.131	4	28	72	0.628	0	0
35	0.666	18	126	73	1.013	100	700
36	0.151	2	14	74	0.398	0	0
37	0.373	13	91	75	0.629	0	0
38	0.38	7	49	76	0.42	0	0

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons développé les différents types de systèmes et schémas d'assainissement avec leurs avantages et désavantages.

Nous avons adopté le système d'assainissement séparatif par zones étagées pour les raisons suivantes :

- Séparation des eaux usées, des eaux pluviales et prévoir une station d'épuration.
- Permettre une évacuation des eaux pluviales directement aux oueds et Chaabat traversant la ville de Larhat .
- Prévoir un bassin de rétention pour recueillir une partie des eaux pluviales.

Nous avons procédé au découpage de la zone en sous bassins et déterminer les paramètres suivants :

La surface, le nombre d'habitant, coefficient de ruissèlement pondéré à chaque sous bassin.

CHAPITRE IV :

Estimation des débits

Introduction :

La détermination des débits des eaux usées constitue une étape importante d'un projet d'assainissement puisqu'il s'agit du facteur de base servant à établir la capacité des ouvrages requis.

Le mode de calcul du débit des eaux usées fait référence aux documents d'urbanisme. En règle générale, il est tenu compte de l'accroissement prévisible de la population correspondant aux schémas directeurs et plans d'aménagement, auquel s'ajoutent les débits d'effluents industriels et d'équipements publics importants (hôpitaux, casernes, etc...) [1].

IV.1 Origine et nature des eaux à évacuer :

Les effluents susceptibles d'être évacués, sont en général classés en cinq familles qui doivent être considérées distinctement :

IV.1.1 Les eaux usées domestiques : Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines, et sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques, etc. et en eaux "vannes" ; il s'agit des rejets des toilettes, chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux.

IV.1.2 Les eaux usées industrielles : Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures. Certaines d'entre elles doivent faire l'objet d'un prétraitement de la part des industriels avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte. Elles sont mêlées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des usines de dépollution.

IV.1.3 Les eaux usées des services publics :

Les eaux usées du service public proviennent essentiellement du lavage des espaces publics. Elles sont recueillies par les ouvrages de collecte des eaux pluviales, sauf dans le cas d'un système unitaire. Les autres besoins publics seront pris en compte avec les besoins domestiques.

IV.1.4 Les eaux claires parasites : Ce sont le plus souvent des eaux provenant des infiltrations après une chute de pluie ou de la remontée de la nappe. Ces eaux pénètrent dans le collecteur à travers les joints mal confectionnés ou déboîtés, ou bien à travers les fissures. Le débit de ces eaux est difficilement déterminé ; seule la modélisation qui peut donner une approche d'estimation. En pratique, nous estimons ce débit à environ 0.15 l/s/ha. La présence de ces eaux perturbe le fonctionnement de la station d'épuration.

IV.1.5 Les eaux pluviales : Ce sont les eaux du ruissellement de la pluie sur les surfaces, qui sont dirigées, véhiculées et rejetées par un réseau séparatif pluvial, à l'inverse des « eaux unitaires de temps de pluie » qui seraient transportées par un réseau unitaire.

IV.2 Estimation des débits d'eaux à évacuer :

IV.2.1 débit d'eaux usées

IV.2.1.1 Débit moyen journalier :

Pour l'évaluation des débits maximaux, on se réfère à la consommation d'eau par habitant et par 24 heures correspondant aux plus fortes consommations journalières de l'année. Le débit des eaux usées peut être évalué en prenant la dotation de la consommation d'eau potable, compte tenu du nombre d'usagers raccordés, il est possible d'estimer le débit moyen journalier $Q_{moy,j}^{dom}$:

$$Q_{moy,j}^{dom} = K_r \times D \times N_{hab} \quad (IV-1)$$

Avec :

- $Q_{moy,j}^{dom}$: débit moyen journalier des eaux usées domestiques en (L/s)
- N_{hab} : nombre d'habitants à l'horizon d'étude.
- K_r : coefficient de rejet estimé à 0.85 .
- D : dotation journalière estimée à 150 L/hab/j.

IV.2.1.2 Débit de pointe :

Il convient de tenir compte du fait qu'à certaines périodes de la journée, la consommation d'eau peut être beaucoup plus forte que celle correspondant au débit moyen. On applique alors un coefficient appelé coefficient de pointe K_p .

La valeur de ce coefficient, peut être calculée à partir de la formule suivante :

$$K_p = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{moy,j}^{dom}}} \quad \text{si : } Q_{moy,j}^{dom} \geq 2.81 \text{ L/s} \quad (IV.2)$$

$$K_p = 3 \quad \text{si : } Q_{moy,j}^{dom} < 2.81 \text{ L/s}$$

- Q_p^{dom} : débit de pointe des eaux usées domestiques (L/s).
- $Q_{moy,j}^{dom}$: débit moyen journalier rejeté (L/s).
- K_p : coefficient de pointe

Le débit de pointe est donné par la formule suivante :

$$Q_{pte} = K_p \times Q_{moy,j} \quad (IV.3)$$

Les débits des eaux usées de chaque sous bassin sont présentés dans les tableaux suivants :

Tableau IV-10: Débits des eaux usées domestiques pour chaque sous bassin :

N° SB	N _{hab}	K _r	D (l/j/ha b)	Q _{moy,j} ^{dom} (l/s)	K _p	Q _p ^{dom} (l/s)	N° SB	N _{hab}	K _r	D (l/j/ha b)	Q _{moy,j} ^{dom} (l/s)	K _p	Q _p ^{dom} (l/s)
1	35	0.85	150	0.052	3	0.155	39	35	0.85	150	0.052	3	0.155
2	70	0.85	150	0.103	3	0.310	40	42	0.85	150	0.062	3	0.186
3	0	0	150	0.000	0	0.000	41	147	0.85	150	0.217	3	0.651
4	0	0	150	0.000	0	0.000	42	112	0.85	150	0.165	3	0.496
5	0	0	150	0.000	0	0.000	43	49	0.85	150	0.072	3	0.217
6	35	0.85	150	0.052	3	0.155	44	259	0.85	150	0.382	3	1.147
7	91	0.85	150	0.134	3	0.403	45	42	0.85	150	0.062	3	0.186
8	28	0.85	150	0.041	3	0.124	46	147	0.85	150	0.217	3	0.651
9	1120	0.85	150	1.653	3	4.958	47	0	0	150	0.000	0	0.000
10	91	0.85	150	0.134	3	0.403	48	0	0	150	0.000	0	0.000
11	105	0.85	150	0.155	3	0.465	49	42	0.85	150	0.062	3	0.186
12	63	0.85	150	0.093	3	0.279	50	14	0.85	150	0.021	3	0.062
13	105	0.85	150	0.155	3	0.465	51	140	0.85	150	0.207	3	0.620
14	0	0	150	0.000	0	0.000	52	105	0.85	150	0.155	3	0.465
15	133	0.85	150	0.196	3	0.589	53	112	0.85	150	0.165	3	0.496
16	42	0.85	150	0.062	3	0.186	54	203	0.85	150	0.300	3	0.899
17	112	0.85	150	0.165	3	0.496	55	1050	0.85	150	1.549	3	4.648
18	350	0.85	150	0.516	3	1.549	56	35	0.85	150	0.052	3	0.155
19	42	0.85	150	0.062	3	0.186	57	672	0.85	150	0.992	3	2.975
20	1400	0.85	150	2.066	3	6.198	58	84	0.85	150	0.124	3	0.372
21	42	0.85	150	0.062	3	0.186	59	1512	0.85	150	2.231	3	6.694
22	21	0.85	150	0.031	3	0.093	60	0	0	150	0.000	0	0.000
23	7	0.85	150	0.010	3	0.031	61	0	0	150	0.000	0	0.000
24	42	0.85	150	0.062	3	0.186	62	0	0	150	0.000	0	0.000
25	28	0.85	150	0.041	3	0.124	63	0	0	150	0.000	0	0.000
26	0	0.85	150	0.000	3	0.000	64	0	0	150	0.000	0	0.000
27	49	0.85	150	0.072	3	0.217	65	0	0	150	0.000	0	0.000
28	91	0.85	150	0.134	3	0.403	66	350	0.85	150	0.516	3	1.549
29	77	0.85	150	0.114	3	0.341	67	0	0	150	0.000	0	0.000
30	56	0.85	150	0.083	3	0.248	68	0	0	150	0.000	0	0.000
31	112	0.85	150	0.165	3	0.496	69	140	0.85	150	0.207	3	0.620
32	56	0.85	150	0.083	3	0.248	70	0	0.85	150	0.000	3	0.000
33	21	0.85	150	0.031	3	0.093	71	0	0.85	150	0.000	3	0.000
34	28	0.85	150	0.041	3	0.124	72	0	0.85	150	0.000	3	0.000
35	126	0.85	150	0.186	3	0.558	73	700	0.85	150	1.033	3	3.099
36	14	0.85	150	0.021	3	0.062	74	0	0	150	0.000	0	0.000
37	91	0.85	150	0.134	3	0.403	75	0	0	150	0.000	0	0.000
38	49	0.85	150	0.072	3	0.217	76	0	0	150	0	0	0.000

Tableau IV-11 : Débits des eaux usées des équipements publics pour chaque sous bassin:

N° SB	Equipement	S (m ²)	Unité de mesure	N _u	Dotation	Q _{moy,j} ^{éq} (l/j)	K _p	Q _p ^{éq} (l/s)	
4	village de vacance	10000	vacancier	300	250	75000	3	2.604	2.604
17	Mosquée	715.34	Fidèle	100	40 l/fidèle/j	4000	3	0.139	0.139
26	garde communale	927.78	employé	20	15 l/employé/j	300	3	0.010	0.358
	parc communal	2182.24	m ²		5 l/m ² /j	10000	3	0.347	
36	service technique APC	505.37	employé	20	15 l/employé/j	300	3	0.010	0.010
38	APC	513.28	employé	60	15 l/employé/j	900	3	0.031	0.031
44	maison de culture	214.26	m ²		15 l/m ² /jour	3000	3	0.104	0.112
	service agriculture	96.33	employé	15	15/employé/jour	225	3	0.008	
47	CEM	5508.93	Élève	396	20 l/élève/j	7920	3	0.275	0.275
48	complexe sportif	4000	m ²		20 l/m ² /j	80000	3	2.778	3.535
	bibliothèque	689.66	Lecteur	80	10 l/lecteur/j	800	3	0.028	
	internat pour CEM	2000	Élève	420	50 l/eleve/j	21000	3	0.729	
49	salle de soins		Patient	100	15 l/malade/jour	1500	3	0.052	0.155
	cantine	540.38	élève	297	10 l/élève/jour	2970	3	0.103	
50	école primaire	4283.09	Élève	297	10 l/élève/jour	2970	3	0.103	0.103
54	4 locaux commerciaux	150	local	4	30 l/local/j	120	3	0.004	0.004
58	gendarmerie	5319.55	personne	30	50 l/personne/jour	1500	3	0.052	0.338
	bureau de poste	350	employé	15	15 l/employé/j	225	3	0.008	
	équipement éventuel	2700				8000	3	0.278	
60	équipement éventuel	2500				8000	3	0.278	0.278
61	protection civile	2500	m ²		5 l/m ² /j	12500	3	0.434	0.465
	siège APC	1300	employé	60	15 l/employé/j	900	3	0.031	
62	groupe scolaire	1500	Élève	180	20 l/élève/j	3600	3	0.125	0.142
	bibliothèque semi rurale	500	lecteur	50	10 l/lecteur/j	500	3	0.017	
64	polyclinique	1170	Patient	200	15 l/malade/jour	3000	3	0.104	0.191
	sureté urbaine	2300	employé	50	50l/employé/j	2500	3	0.087	
71	12 locaux commerciaux	200	local	12	30 l/local/j	360	3	0.013	0.013
72	CEM	4000	Élève	400	20 l/élève/j	8000	3	0.278	0.278
74	14 locaux commerciaux	500	local	14	30 l/local/j	420	3	0.015	0.015
75	aire de jeux	4000	m ²		5 l/m ² /j	10000	3	0.347	0.347

Tableau IV-12 : Débits totaux des eaux usées pour chaque sous bassin

N° SB	A (ha)	Q _p ^{dom} (l/s)	Q _p ^{éq} (l/s)	Q _t ^{EU} (l/s)	N° SB	A (ha)	Q _p ^{dom} (l/s)	Q _p ^{éq} (l/s)	Q _t ^{EU} (l/s)
1	0.142	0.155	0.00	0.155	39	0.269	0.155	0.00	0.155
2	0.256	0.310	0.00	0.310	40	0.194	0.186	0.00	0.186
3	0.033	0.000	0.00	0.000	41	0.514	0.651	0.00	0.651
4	1.206	0.000	2.604	2.604	42	0.443	0.496	0.00	0.496
5	0.044	0.000	0.00	0.000	43	0.139	0.217	0.00	0.217
6	0.193	0.155	0.00	0.155	44	0.683	1.147	0.11	1.259
7	0.313	0.403	0.00	0.403	45	0.232	0.186	0.00	0.186
8	0.094	0.124	0.00	0.124	46	0.801	0.651	0.00	0.651
9	1.947	4.958	0.00	4.958	47	0.684	0.000	0.28	0.275
10	0.53	0.403	0.00	0.403	48	0.913	0.000	3.53	3.535
11	0.285	0.465	0.00	0.465	49	0.798	0.186	2.78	0.341
12	0.122	0.279	0.00	0.279	50	0.878	0.062	0.00	0.165
13	0.2	0.465	0.00	0.465	51	0.139	0.620	0.00	0.620
14	0.029	0.000	0.00	0.000	52	0.537	0.465	0.00	0.465
15	0.29	0.589	0.00	0.589	53	0.472	0.496	0.00	0.496
16	0.169	0.186	0.00	0.186	54	0.452	0.899	0.00	0.903
17	0.794	0.496	0.14	0.635	55	0.89	4.648	0.00	4.648
18	0.613	1.549	0.00	1.549	56	0.185	0.155	0.00	0.155
19	0.222	0.186	0.00	0.186	57	0.564	2.975	0.00	2.975
20	1.208	6.198	0.00	6.198	58	1.232	0.372	0.53	0.710
21	0.254	0.186	0.00	0.186	59	1.526	6.694	0.00	6.694
22	0.17	0.093	0.00	0.093	60	0.39	0.000	0.43	0.278
23	0.141	0.031	0.00	0.031	61	0.594	0.000	0.47	0.465
24	0.262	0.186	0.00	0.186	62	0.533	0.000	0.14	0.142
25	0.172	0.124	0.00	0.124	63	0.027	0.000	0.00	0.000
26	0.343	0.000	0.36	0.358	64	0.387	0.000	0.41	0.191
27	0.33	0.217	0	0.217	65	0.042	0.000	0.00	0.000
28	0.189	0.403	0.00	0.403	66	0.389	1.549	0.00	1.549
29	0.469	0.341	0.00	0.341	67	0.085	0.000	0.00	0.000
30	0.118	0.248	0.00	0.248	68	0.068	0.000	0.00	0.000
31	0.266	0.496	0.00	0.496	69	0.194	0.620	0.00	0.620
32	0.169	0.248	0.00	0.248	70	0.0781	0.000	0.00	0.000
33	0.136	0.093	0.00	0.279	71	0.287	0.000	0.01	0.013
34	0.131	0.124	0.00	0.124	72	0.628	0.000	0.28	0.278
35	0.666	0.558	0.00	0.558	73	1.013	3.099	0.00	3.099
36	0.151	0.062	0.01	0.072	74	0.398	0.000	0.01	0.015
37	0.373	0.403	0.00	0.403	75	0.629	0.000	0.00	0.347
38	0.38	0.217	0.03	0.248	76	0.42	0.000	0.00	0.000

IV.2.2 débits des eaux pluviales :

Les ouvrages d'assainissement doivent assurer un degré de protection suffisant contre les inondations ou la mise en charge des réseaux. Le degré de protection à assurer est un compromis entre l'aspiration à une protection absolue qui est économiquement irréalisable compte tenu du caractère aléatoire des événements pluvieux, et le souci de limiter le coût de l'investissement.

On est ainsi amené à apprécier le caractère plus ou moins exceptionnel des orages par leur fréquence de dépassement F ou encore par leur période de retour $T = 1 / F$.

Il est généralement admis que le réseau d'assainissement doit pouvoir absorber l'orage décennal. Celui-ci correspond à la précipitation dont l'intensité, d'après les statistiques, n'a de chance d'être atteinte qu'une fois tous les dix ans.

Les deux principales méthodes de calcul de débits d'eau pluviales sont les suivantes :

IV.2.2.1 Méthode rationnelle :

Elle permet de calculer un débit produit sur une surface pour une durée de pluie et une période de retour donnée. Le débit s'exprime comme suit :

$$Q = \alpha \times C \times i \times A \quad (\text{IV.4})$$

Avec :

- Q : débit d'eau de ruissellement (L/s).
- A : surface d'apport (ha).
- C : coefficient de ruissellement.
- i : intensité moyenne de précipitation (L/s/ha).
- α : coefficient réducteur de l'intensité, $0 < \alpha \leq 1$

a. Coefficient réducteur de l'intensité :

Ce coefficient tient compte de la distribution spatiale de l'averse, l'intensité de précipitation diminuant au fur et à mesure que l'on s'écarte de l'épicentre de l'orage[7].

b. Le temps de concentration :

Le dimensionnement d'un ouvrage de transfert se base sur le débit maximum généré par une pluie de référence. Celle-ci est définie par sa durée et sa période de retour. Pour une période de retour donnée, la durée de pluie qui génère le débit le plus fort est en première approximation égale à une durée caractéristique du bassin versant appelé temps de concentration. Le temps de concentration « t_c » d'un bassin représente le temps de

parcours entre la surface productrice du bassin versant la plus éloignée hydrauliquement de son exutoire et l'exutoire proprement dit.

L'hydrogramme à l'exutoire exprime la variation du débit en fonction du temps.

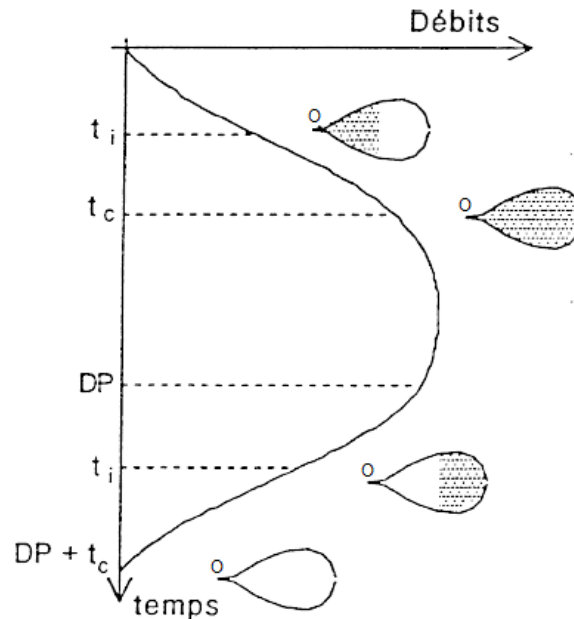


Figure IV-1 : hydrogramme exprimant la variation de débit observé à l'exutoire en fonction du temps (source : KERLOC'H Bruno, 1983)

- à l'instant $t_i < t_c$:
Seule l'eau de la partie inférieure du bassin versant a pu atteindre l'exutoire O.
- à l'instant t_c la totalité du bassin donne un débit au point O.
Si la durée de précipitation DP est supérieure à t_c le débit maximal sera observé à un instant voisin de t_c .
Si $DP < t_c$ le débit maximal ne sera pas atteint.
- Le temps de concentration « t_c » se compose de :
 - t_1 (min) : temps mis par l'eau pour s'écouler dans les canalisations.

$$t_1 = \frac{L}{60 \times v} \quad (\text{IV.1})$$

Avec :

- L : longueur de canalisation (m).
- v : vitesse d'écoulement (m/s).

- t_2 : temps mis par l'eau pour atteindre le premier ouvrage d'engouffrement. En général, il varie de 2 à 20 min.
- t_3 (min) : temps de ruissellement superficiel dans un bassin ne comportant pas de canalisations.

$$t_3 = \frac{L_s}{11 \times \sqrt{I}} \quad (\text{IV.2})$$

Avec :

- L_s : parcours superficiel de l'eau dans le bassin (km).
 - I : pente moyenne du parcours (%).
- Donc, trois (03) cas peuvent être envisagés :
- Le bassin ne comporte pas de canalisation : $t_c = t_3$.
 - Le bassin comporte un parcours superficiel puis une canalisation : $t_c = t_1 + t_3$.
 - Le bassin est urbanisé et comporte une canalisation : $t_c = t_1 + t_2$.

c. Hypothèses de base de la méthode rationnelle :

L'équation de la méthode rationnelle repose sur plusieurs hypothèses dont les principales sont :

- Lors d'une précipitation d'une intensité constante et d'une distribution uniforme sur un bassin-versant, le taux maximal de ruissellement se produit lorsque la superficie entière du bassin contribue à l'écoulement à l'exutoire.

- Pour une précipitation d'une durée égale au temps de concentration, la période de retour du débit de pointe est identique à celle de la précipitation.

- Le taux maximal de ruissellement est une fraction du taux de précipitation. La relation est donc linéaire entre le débit et la précipitation.

- Le coefficient de ruissellement est le même pour des précipitations de différentes périodes de retour et pour tout événement de précipitation sur un même bassin-versant.

d. Critique de la méthode rationnelle :

- La décomposition du bassin en aires élémentaires est grossièrement approchée.
- Le coefficient de ruissellement « C » est constant sur tout le sous bassin et pendant toute la durée de l'averse. La méthode ne tient pas compte du stockage de l'eau de ruissellement sur le bassin ; en négligeant le rôle des surfaces non revêtues (trous, crevasse, ...)[10].

IV.2.2.2 Méthode superficielle de Caquot :

C'est une méthode dérivée de la formule rationnelle qui s'applique exclusivement sur des surfaces urbaines drainées. Elle permet de déterminer directement le débit de pointe à partir des caractéristiques du bassin versant et de l'averse. Sa formulation est la suivante :

$$Q_p = K u^{\frac{1}{u}} \times C u^{\frac{1}{u}} \times I u^{\frac{v}{u}} \times A u^{\frac{w}{u}} \quad (\text{IV.4})$$

Avec :

- $Q_p(f)$: le débit pluvial de pointe de fréquence de dépassement « F » ; en (m³/s).
- C : est le coefficient de ruissellement du sous bassin considéré.
- I : la pente moyenne calculée selon le plus long cheminement hydraulique (m/m).
- A : la superficie drainée du sous bassin (ha).
- K, u, v, w : coefficients d'expression, donnés en fonction des paramètres de Caquot par les formules suivantes :

$$K = \frac{a \times \mu}{6 \times (\beta + \delta)} \quad (\text{IV.5})$$

$$u = 1 - b \times f \quad (\text{IV.6})$$

$$v = c \times b \quad (\text{IV.7})$$

$$w = 1 - \varepsilon + d \times b \quad (\text{IV.8})$$

Avec :

- a, b, ε : paramètres de la pluie
- β + δ : paramètres caractérisant le mode de transformation de la pluie en débit
- μ, c, d, f : paramètres caractérisant le bassin versant

a. Validité de la méthode superficielle :

Il est nécessaire de vérifier les conditions d'application de la formule de Caquot pour pouvoir l'appliquer, ces limites sont celles préconisées par l'instruction technique 1977 :

- Superficie totale : $A < 200$ ha.
- Coefficient de ruissellement : $0.2 < C_r < 1$
- Pente : $0.2 \% < I < 5 \%$
- Coefficient d'allongement : $M > 0.8$

IV.2.2.3 Calcul des débits pluviaux :

La décomposition de la zone d'étude en aires élémentaires n'excédants pas 1.5 ha de superficie, de telle manière que les surfaces choisies présentent des caractéristique de terrain homogènes, conduit à une bonne estimation des deux paramètres : coefficient de ruissèlement et coefficient réducteur d'intensité, la raison pour laquelle nous avons opté pour la méthode rationnel pour l'évaluation des débits pluviaux, les résultats sont inscrits dans le tableau suivant :

Tableau IV-13 : Débits totaux des eaux pluviales à évacuer

N° SB	A (ha)	C	α	I (L/s/ha)	Q _{EP} (L/s)	N° SB	A (ha)	C	α	I (L/s/ha)	Q _{EP} (L/s)
1	0.142	0.55	1.00	165.15	9.38	39	0.269	0.51	1.00	165.15	17.77
2	0.256	0.55	1.00	165.15	16.91	40	0.194	0.5	1.00	165.15	12.82
3	0.033	0.5	1.00	165.15	2.72	41	0.514	0.52	1.00	165.15	33.95
4	1.206	0.5	1.00	165.15	69.71	42	0.443	0.53	1.00	165.15	32.92
5	0.044	0.5	1.00	165.15	3.27	43	0.139	0.58	1.00	165.15	9.18
6	0.193	0.52	1.00	165.15	12.75	44	0.683	0.51	1.00	165.15	50.76
7	0.313	0.52	1.00	165.15	20.68	45	0.232	0.52	1.00	165.15	15.33
8	0.094	0.51	1.00	165.15	6.21	46	0.801	0.5	1.00	165.15	66.14
9	1.947	0.6	1.00	165.15	183.28	47	0.684	0.52	1.00	165.15	56.48
10	0.53	0.57	1.00	165.15	35.01	48	0.913	0.54	1.00	165.15	67.85
11	0.285	0.51	1.00	165.15	18.83	49	0.798	0.5	1.00	165.15	52.72
12	0.122	0.54	1.00	165.15	8.06	50	0.878	0.59	1.00	165.15	58.00
13	0.2	0.54	1.00	165.15	13.21	51	0.139	0.6	1.00	165.15	13.77
14	0.029	0.52	1.00	165.15	2.16	52	0.537	0.52	1.00	165.15	35.47
15	0.29	0.5	1.00	165.15	19.16	53	0.472	0.51	1.00	165.15	31.18
16	0.169	0.53	1.00	165.15	11.16	54	0.452	0.53	1.00	165.15	29.86
17	0.794	0.53	1.00	165.15	52.45	55	0.89	0.64	1.00	165.15	80.84
18	0.613	0.6	1.00	165.15	57.71	56	0.185	0.35	1.00	165.15	12.22
19	0.222	0.51	1.00	165.15	14.67	57	0.564	0.6	1.00	165.15	55.89
20	1.208	0.6	1.00	165.15	119.70	58	1.232	0.55	1.00	165.15	101.73
21	0.254	0.51	1.00	165.15	16.78	59	1.433	0.58	1.00	165.15	138.61
22	0.17	0.5	1.00	165.15	11.23	60	0.39	0.55	1.00	165.15	35.42
23	0.141	0.5	1.00	165.15	9.31	61	0.594	0.62	1.00	165.15	58.86
24	0.262	0.5	1.00	165.15	17.31	62	0.533	0.7	1.00	165.15	44.01
25	0.172	0.52	1.00	165.15	11.36	63	0.027	0.63	1.00	165.15	2.68
26	0.343	0.45	1.00	165.15	31.16	64	0.387	0.6	1.00	165.15	38.35
27	0.33	0.53	1.00	165.15	21.80	65	0.042	0.7	1.00	165.15	4.16
28	0.189	0.5	1.00	165.15	12.49	66	0.389	0.62	1.00	165.15	38.55
29	0.469	0.53	1.00	165.15	30.98	67	0.085	0.6	1.00	165.15	7.02
30	0.118	0.5	1.00	165.15	7.80	68	0.068	0.65	1.00	165.15	7.30
31	0.266	0.5	1.00	165.15	17.57	69	0.194	0.65	1.00	165.15	19.22
32	0.169	0.54	1.00	165.15	11.16	70	0.0781	0.62	1.00	165.15	8.38
33	0.136	0.53	1.00	165.15	8.98	71	0.287	0.62	1.00	165.15	28.44
34	0.131	0.52	1.00	165.15	8.65	72	0.628	0.68	1.00	165.15	62.23
35	0.666	0.5	1.00	165.15	44.00	73	1.013	0.62	1.00	165.15	100.38
36	0.151	0.5	1.00	165.15	9.98	74	0.398	0.61	1.00	165.15	39.44
37	0.373	0.5	1.00	165.15	24.64	75	0.629	0.4	1.00	165.15	36.36
38	0.38	0.65	0.91	130.55	25.10	76	0.42	0.3	0.91	130.55	20.81

Conclusion :

Le but recherché est d'arriver à modéliser les deux réseaux, eaux usées et pluviales en évaluant les paramètres hydrauliques tel que débits à injecter que ce soit aux nœuds du réseau eaux usées ou pluviales.

Cette partie est une préparation des données de bases à introduire pour les calculs de dimensionnement.

CHAPITRE V :

Dimensionnement

Introduction :

Le collecteur est un ouvrage de transit des effluents en réseau d'assainissement, ses objectifs sont :

- Transporter les effluents le plus rapidement vers l'aval du réseau.
- Eviter les dépôts de matière en suspension.
- Eviter au maximum les mises en charge pour ne pas déborder.

La détermination de la section des canalisations se base essentiellement sur la capacité du collecteur à évacuer un débit maximal avec régime permanent et uniforme assurant un autocurage des ouvrages à faibles débits.

V.1 Calcul des sections :

Différentes formules de dimensionnement des sections d'écoulement ont été établies intégrant les évolutions successives de la connaissance des paramètres d'écoulement : Chezy, Chezy-Bazin, Manning-Strickler, Von Karmann, Nikuradze, Colebrook, etc. Chacune de ces approches correspond à un domaine d'application et à des types d'écoulement associés [7].

La formule de Colebrook est une formule générale applicable à de nombreux domaines, dont l'assainissement urbain. Elle prend en compte la nature des parois ainsi que la nature du fluide via sa viscosité cinématique.

La formule de Manning Strickler ne prend pas en compte la nature du fluide transporté. Cette dernière est intégrée directement dans le coefficient de débit.

La formule de Manning Strickler est donc intéressante et couramment employée car d'usage simple grâce à son caractère monôme qui permet un calcul direct sans itérations.

V.1.1 Formule de Chezy :

Les ouvrages sont calculés suivant une formule d'écoulement résultant de celle de CHEZY :

$$v = C \times \sqrt{R_h \times I} \quad (\text{V.1})$$

V : Vitesse d'écoulement en m/s

R_h : Rayon hydraulique avec : $R_h = \frac{S}{P}$,

S : section mouillée en m²

P : périmètre mouillé en m

I : Pente de l'ouvrage en m/m

C : Coefficient de Chezy donné par la formule de Bazin:

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R_h}}} \quad (\text{V.2})$$

« γ » est un coefficient d'écoulement qui varie suivant les matériaux utilisés et la nature des eaux transportées.

Selon le type de réseaux d'assainissement, le coefficient de Bazin prend pour expression :

a. Canalisations d'eaux usées :

Il se forme une pellicule grasse dans les ouvrages, qui améliore les conditions d'écoulement. Aussi, le coefficient de Bazin γ peut être pris égal à 0,25 en tenant compte d'éventuelles intrusions de sable ou de terre.

Le coefficient de BAZIN peut donc être représenté approximativement par l'expression :

$$C = 70 \times R_h^{1/6} \quad (\text{V.3})$$

On obtient donc l'expression de la vitesse d'écoulement :

$$v = 70 \times R_h^{2/3} \times I^{1/2} \quad (\text{V.4})$$

Et le débit:

$$Q = 70 \times R_h^{2/3} \times I^{1/2} \times S \quad (\text{V.5})$$

Il est admis que cette valeur de 70 peut être augmentée de 20 % pour atteindre 84 si le réseau de canalisations est construit avec soin, avec des matériaux judicieusement choisis et très bien entretenus.

b. Canalisation d'eaux pluviales ou unitaires :

Il convient de tenir compte que des dépôts sont susceptibles de se former, ce qui conduit à admettre un écoulement sur des parois semi-rugueuses.

Le coefficient de Bazin γ peut être pris à 0,46. C peut donc être représenté approximativement par l'expression :

$$C = 60 \times R_h^{1/4} \quad (\text{V.6})$$

On obtient donc l'expression de vitesse :

$$v = 60 \times R_h^{3/4} \times I^{1/2} \quad (\text{V.7})$$

Et le débit:

$$Q = 60 \times R_h^{3/4} \times I^{1/2} \times S \quad (\text{V.8})$$

Il est admis que cette valeur de 60 peut être augmentée de 20 % pour atteindre 72 si le réseau de canalisations est construit avec soin, avec des matériaux judicieusement choisis et très bien entretenus.

V.1.2 Formule de Manning-Strickler :

est donnée pour les tuyaux circulaires en exprimant la vitesse de l'écoulement par l'équation :

$$v = K \times R_h^{2/3} \times I^{1/2} \quad (\text{V.9})$$

Et le débit :

$$Q = K \times R_h^{2/3} \times I^{1/2} \times S \quad (\text{V.10})$$

K = Coefficient de Manning - Strickler

Valeurs courantes de K utilisées pour les études :

- Ouvrages en fonte, béton, grès, PVC, PEHD, ... : K = 70 à 120

V.1.3 Formule de Colebrook :

La formule de Colebrook, d'un emploi plus délicat, est la seule à introduire directement les caractéristiques de l'effluent grâce à la viscosité.

L'expression de la vitesse pour les tuyaux circulaires est donnée par l'équation :

$$v = -2\sqrt{2gDI} \cdot \log \left(\frac{k}{3.71D} + \frac{2.51v}{D\sqrt{2gDI}} \right) \quad (\text{V.11})$$

Ou :

- g est l'accélération de la pesanteur (m/s²)
- D est le diamètre intérieur du tuyau (m)
- k est la rugosité équivalente du tuyau (m)
- v est la viscosité cinématique du fluide (m²/s)

V.2 Contraintes de calage des canalisations :

Les contraintes de calage des canalisations d'eaux usées sont :

- diamètre minimum de 200 mm pour les canalisations d'eaux usées dans un système séparatif, et 300mm pour les canalisations d'eaux pluviales et système unitaire, pour éviter les risques d'obstruction.

- pente minimum : 2‰ dans le cas de canalisations d'eaux usées et 3‰ pour les canalisations d'eaux pluviales et unitaires.

- couverture minimale de la canalisation : 80 cm, en dessous de cette valeur, la canalisation sera protégée par une dalle de répartition en béton pour éviter son écrasement sous les charges roulantes.

- regard de visite tous les 80 m au maximum pour permettre un hydrocurage des réseaux ou une visite par camera. Distance standard : 50m
- vitesse maximum : 4 m/s afin d'éviter l'abrasion des tuyaux. Sinon, il est nécessaire d'adopter un tuyau en matériau résistant tel que la fonte ou en PEHD.

- Condition d'autocurage :

a. Canalisations d'eaux usées :

A pleine ou à demi-section de la conduite, la vitesse doit être supérieure à 0,70 m/s, en cas limite, elle peut descendre jusqu'à 0.5m/s. la vitesse d'écoulement pour le débit moyen doit être de 0.3 m/s au maximum.

A l'amont, les conditions d'autocurage sont difficiles à réaliser (débit faible), nous devons donc prévoir des pentes de 4 à 5‰. A l'aval la pente doit être de 2 à 3‰ [10].

b. Canalisations d'eaux pluviales ou unitaires :

- Pour 1/10 du débit à pleine section : $V \geq 0,60$ m/s
- Pour 1/100 du débit à pleine section : $V \geq 0,30$ m/s

Ces limites sont respectées avec des vitesses a pleine section de 1 m/s dans les canalisations circulaires et 0,90 m/s dans les ovoïdes.

V.3 Résultat du dimensionnement :

V.3.1 Réseau d'eaux usées :

Tableau V-14 : Calculs du réseau d'eaux usées

tronçon		Cote TN		Cote du radier		Long (m)	Pente	Q (l/s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	1 ^{ere} condition Vps>0.7 m/s	Q _{ps} (m ³ /s)	Rq	Rv	Rh	V _{moy} (m/s)	H (m)	V ₁ (Rh=0.2) (m/s)	2 ^{eme} condition V ₁ >0.3 m/s
		amont	aval	amont	aval															
Collecteur principale CP1																				
R1	R2	74.66	74.30	73.21	72.69	24.77	0.021	0.496	32.69	200	1.97	verifiée	0.062	0.003	0.245	0.043	0.483	0.009	1.18	verifiée
R2	R3	74.30	74.12	72.69	72.55	23.61	0.006	0.496	41.54	200	1.04	verifiée	0.033	0.005	0.261	0.050	0.272	0.010	0.62	verifiée
R3	R4	74.12	73.87	72.55	72.37	29.88	0.006	0.496	41.54	200	1.04	verifiée	0.033	0.005	0.261	0.050	0.272	0.010	0.62	verifiée
R4	R5	73.87	73.37	72.37	71.93	24.57	0.018	0.496	33.68	200	1.82	verifiée	0.057	0.003	0.246	0.044	0.449	0.009	1.09	verifiée
R5	R6	73.37	72.92	71.93	71.50	24.39	0.017	0.496	33.89	200	1.79	verifiée	0.056	0.003	0.247	0.044	0.442	0.009	1.08	verifiée
R6	R7	72.92	72.49	71.50	70.99	31.48	0.016	0.496	34.31	200	1.73	verifiée	0.054	0.003	0.247	0.044	0.429	0.009	1.04	verifiée
R7	R8	72.49	72.51	70.99	70.87	24.56	0.005	2.019	72.52	200	0.96	verifiée	0.030	0.022	0.367	0.093	0.352	0.019	0.58	verifiée
R8	R9	72.51	72.57	70.87	70.77	18.25	0.005	2.649	80.30	200	0.96	verifiée	0.030	0.029	0.405	0.109	0.388	0.022	0.58	verifiée
R9	R10	72.57	71.57	70.77	70.07	45.65	0.015	2.649	65.06	200	1.68	verifiée	0.053	0.017	0.335	0.080	0.563	0.016	1.01	verifiée
R10	R11	71.57	69.98	70.07	68.48	43.00	0.037	2.649	55.13	200	2.62	verifiée	0.082	0.011	0.298	0.065	0.780	0.013	1.57	verifiée
R11	R12	69.98	68.17	68.48	66.67	27.83	0.065	2.649	49.65	200	3.46	verifiée	0.109	0.008	0.281	0.058	0.973	0.012	2.07	verifiée
R12	R13	68.17	66.89	66.67	65.39	27.65	0.046	3.176	56.65	200	2.92	verifiée	0.092	0.012	0.303	0.067	0.884	0.013	1.75	verifiée
R13	R14	66.89	64.09	65.39	62.59	48.22	0.058	3.176	54.26	200	3.27	verifiée	0.103	0.010	0.295	0.064	0.966	0.013	1.96	verifiée
R14	R15	64.09	63.94	62.59	61.94	18.12	0.036	10.230	92.12	200	2.57	verifiée	0.081	0.042	0.468	0.135	1.202	0.027	1.54	verifiée
R15	R16	63.94	63.18	61.94	60.87	23.71	0.045	10.230	88.21	200	2.88	verifiée	0.091	0.038	0.446	0.126	1.287	0.025	1.73	verifiée
R16	R17	63.18	61.87	60.87	60.22	25.98	0.025	10.230	98.66	200	2.14	verifiée	0.067	0.051	0.505	0.151	1.080	0.030	1.28	verifiée
R17	R18	61.87	60.75	60.22	58.82	24.58	0.057	10.230	84.45	200	3.24	verifiée	0.102	0.034	0.426	0.118	1.381	0.024	1.94	verifiée
R18	R19	60.75	58.88	58.82	57.38	25.01	0.058	10.230	84.22	200	3.26	verifiée	0.102	0.033	0.425	0.117	1.387	0.023	1.96	verifiée
R19	R20	58.88	58.20	57.38	56.70	26.09	0.026	10.416	98.66	200	2.18	verifiée	0.068	0.051	0.505	0.151	1.099	0.030	1.31	verifiée
R20	R21	58.20	57.27	56.70	55.77	24.80	0.038	10.416	91.91	200	2.63	verifiée	0.083	0.042	0.467	0.135	1.228	0.027	1.58	verifiée
R21	R22	57.27	56.74	55.77	55.35	28.07	0.015	11.222	112.13	200	1.67	verifiée	0.052	0.071	0.581	0.185	0.970	0.037	1.00	verifiée
R22	R23	56.74	56.50	55.35	55.00	23.18	0.015	11.222	112.15	200	1.67	verifiée	0.052	0.071	0.581	0.185	0.969	0.037	1.00	verifiée

R23	R24	56.50	54.65	53.50	51.39	26.98	0.078	11.873	84.21	200	3.79	verifiée	0.119	0.033	0.425	0.117	1.610	0.023	2.27	verifiée
R24	R25	54.65	52.37	51.39	49.49	25.19	0.076	11.873	84.71	200	3.73	verifiée	0.117	0.034	0.428	0.118	1.595	0.024	2.24	verifiée
R25	R26	52.37	48.80	49.49	47.79	24.93	0.068	11.873	86.36	200	3.54	verifiée	0.111	0.036	0.436	0.122	1.546	0.024	2.13	verifiée
R26	R27	48.80	45.92	46.29	44.55	27.59	0.063	11.873	87.62	200	3.41	verifiée	0.107	0.037	0.443	0.125	1.510	0.025	2.05	verifiée
R27	R28	45.92	41.10	43.05	39.60	41.23	0.084	13.981	88.36	200	3.92	verifiée	0.123	0.038	0.447	0.127	1.755	0.025	2.35	verifiée
R28	R29	41.10	36.38	38.10	34.88	25.29	0.127	14.539	82.86	200	4.84	verifiée	0.152	0.032	0.418	0.114	2.024	0.023	2.91	verifiée
R29	R30	36.38	33.18	33.38	31.68	24.75	0.069	14.539	93.03	200	3.56	verifiée	0.112	0.043	0.473	0.138	1.682	0.028	2.13	verifiée
R30	R31	33.18	30.67	30.11	29.21	14.68	0.061	14.849	95.78	200	3.36	verifiée	0.106	0.047	0.488	0.144	1.642	0.029	2.02	verifiée
R31	R32	30.67	27.82	27.71	26.50	22.28	0.054	14.849	97.97	200	3.17	verifiée	0.099	0.050	0.501	0.150	1.585	0.030	1.90	verifiée
R32	R33	27.82	22.03	25.00	20.53	39.10	0.114	15.004	85.57	200	4.59	verifiée	0.144	0.035	0.432	0.120	1.983	0.024	2.75	verifiée
R33	R34	22.03	17.09	19.03	15.63	32.10	0.106	15.004	86.80	200	4.42	verifiée	0.139	0.036	0.439	0.123	1.938	0.025	2.65	verifiée
R34	R35	17.09	9.65	14.13	8.15	36.43	0.164	21.697	91.81	200	5.50	verifiée	0.173	0.042	0.466	0.135	2.563	0.027	3.30	verifiée
R35	R36	9.65	2.71	6.65	1.21	32.09	0.169	21.697	91.27	200	5.59	verifiée	0.175	0.041	0.463	0.133	2.587	0.027	3.35	verifiée
Collecteur secondaire CS1-1																				
R37	R38	75.64	73.39	74.151	71.891	31.735	0.071	0.903	32.59	200	3.62	verifiée	0.114	0.003	0.245	0.043	0.886	0.009	2.17	verifiée
R38	R39	73.39	72.80	71.891	71.267	16.402	0.038	0.903	36.65	200	2.65	verifiée	0.083	0.004	0.251	0.046	0.666	0.009	1.59	verifiée
R39	R7	72.80	72.49	71.267	71.004	25.219	0.010	0.903	46.73	200	1.39	verifiée	0.044	0.007	0.273	0.055	0.379	0.011	0.83	verifiée
Collecteur secondaire CS1-2																				
R40	R41	74.09	72.96	72.966	71.550	29.579	0.048	0.341	24.37	200	2.97	verifiée	0.093	0.001	0.235	0.039	0.697	0.008	1.78	verifiée
R41	R42	72.96	72.25	71.550	70.709	23.354	0.036	0.341	25.70	200	2.58	verifiée	0.081	0.001	0.236	0.040	0.608	0.008	1.55	verifiée
R42	R43	72.25	71.73	70.709	70.224	24.431	0.020	0.341	28.75	200	1.91	verifiée	0.060	0.002	0.240	0.041	0.458	0.008	1.15	verifiée
R43	R44	71.73	71.59	70.224	69.889	19.681	0.017	0.341	29.59	200	1.77	verifiée	0.056	0.002	0.241	0.042	0.426	0.008	1.06	verifiée
R44	R45	71.59	71.02	69.889	69.518	21.861	0.017	0.341	29.59	200	1.77	verifiée	0.056	0.002	0.241	0.042	0.426	0.008	1.06	verifiée
R45	R46	71.02	70.23	69.518	68.728	13.281	0.059	0.341	23.40	200	3.31	verifiée	0.104	0.001	0.234	0.039	0.774	0.008	1.99	verifiée
R46	R12	70.23	68.17	68.728	66.670	13.352	0.154	0.341	19.57	200	5.33	verifiée	0.167	0.001	0.231	0.038	1.231	0.008	3.20	verifiée
Collecteur secondaire CS1-2																				
R47	R48	74.14	73.93	72.675	72.372	21.067	0.014	0.465	34.29	200	1.63	verifiée	0.051	0.003	0.247	0.044	0.403	0.009	0.98	verifiée
R48	R49	73.93	73.46	72.372	72.025	25.561	0.014	0.465	34.68	200	1.58	verifiée	0.050	0.003	0.248	0.045	0.392	0.009	0.95	verifiée
R49	R50	73.46	72.90	72.025	71.454	36.743	0.016	0.465	33.81	200	1.69	verifiée	0.053	0.003	0.247	0.044	0.417	0.009	1.02	verifiée
R50	R51	72.90	72.73	71.454	71.274	17.447	0.010	0.465	36.52	200	1.38	verifiée	0.043	0.004	0.251	0.046	0.346	0.009	0.83	verifiée
R51	R8	72.73	72.51	71.274	71.011	25.578	0.010	0.465	36.52	200	1.38	verifiée	0.043	0.004	0.251	0.046	0.346	0.009	0.83	verifiée
Collecteur secondaire CS1-3																				
R116	R117	73.94	69.86	71.500	68.357	52.802	0.060	4.648	62.31	200	3.31	verifiée	0.104	0.015	0.324	0.075	1.072	0.015	1.99	verifiée

R117	R118	69.86	66.69	67.357	65.187	32.987	0.066	4.648	61.15	200	3.48	verifiée	0.109	0.014	0.319	0.074	1.112	0.015	2.09	verifiée
R118	R119	66.69	65.90	65.187	64.404	19.001	0.041	4.648	66.77	200	2.75	verifiée	0.086	0.018	0.342	0.083	0.941	0.017	1.65	verifiée
R119	R120	65.90	65.14	64.404	63.663	11.843	0.063	5.907	67.53	200	3.40	verifiée	0.107	0.018	0.345	0.084	1.171	0.017	2.04	verifiée
R120	R121	65.14	65.36	63.663	63.569	23.511	0.004	5.907	113.13	200	0.86	verifiée	0.027	0.073	0.587	0.188	0.503	0.038	0.51	verifiée
R121	R122	65.36	65.05	63.569	63.332	34.055	0.007	5.907	101.99	200	1.13	verifiée	0.036	0.055	0.524	0.159	0.592	0.032	0.68	verifiée
R122	R123	65.05	64.78	63.332	63.222	29.701	0.004	5.907	114.73	200	0.83	verifiée	0.026	0.076	0.595	0.192	0.492	0.038	0.50	verifiée
R123	R124	64.78	64.80	63.222	63.176	23.446	0.002	5.907	129.27	200	0.60	non vérifiée	0.019	0.104	0.671	0.228	0.404	0.046	0.36	verifiée
R124	R125	64.80	65.38	63.176	63.128	22.807	0.002	5.907	127.68	200	0.62	non vérifiée	0.020	0.101	0.664	0.224	0.412	0.045	0.37	verifiée
R125	R126	65.38	65.41	63.128	63.013	28.882	0.004	5.907	113.16	200	0.86	verifiée	0.027	0.073	0.587	0.188	0.503	0.038	0.51	verifiée
R126	R127	65.41	64.43	63.013	62.893	40.520	0.003	6.403	123.35	200	0.74	verifiée	0.023	0.092	0.642	0.213	0.474	0.043	0.44	verifiée
R127	R128	64.43	64.30	62.893	62.783	37.095	0.003	6.403	123.41	200	0.74	verifiée	0.023	0.092	0.642	0.214	0.473	0.043	0.44	verifiée
R128	R14	64.30	64.09	62.783	62.563	27.265	0.008	6.403	102.19	200	1.22	verifiée	0.038	0.056	0.525	0.160	0.640	0.032	0.73	verifiée
Collecteur secondaire CS1-4																				
R129	R130	57.26	53.62	55.256	52.123	36.884	0.085	0.589	26.86	200	3.96	verifiée	0.124	0.002	0.237	0.040	0.939	0.008	2.37	verifiée
R130	R131	53.62	49.86	51.123	48.364	29.897	0.092	0.589	26.45	200	4.12	verifiée	0.129	0.002	0.237	0.040	0.977	0.008	2.47	verifiée
R131	R132	49.86	46.39	47.364	45.238	27.227	0.078	1.984	43.04	200	3.79	verifiée	0.119	0.006	0.264	0.051	1.002	0.010	2.28	verifiée
R132	R133	46.39	45.23	45.238	43.884	37.966	0.036	1.984	49.85	200	2.56	verifiée	0.080	0.008	0.282	0.058	0.722	0.012	1.54	verifiée
R133	R27	45.23	45.92	43.884	43.518	37.452	0.010	1.984	63.54	200	1.34	verifiée	0.042	0.016	0.328	0.077	0.441	0.015	0.81	verifiée
Collecteur secondaire CS1-5																				
R134	R135	58.96	57.25	57.456	55.660	45.667	0.039	0.248	22.44	200	2.69	verifiée	0.085	0.001	0.233	0.039	0.628	0.008	1.61	verifiée
R135	R136	57.25	57.13	55.660	55.431	28.944	0.008	0.248	30.32	200	1.21	verifiée	0.038	0.002	0.241	0.042	0.291	0.008	0.72	verifiée
R136	R137	57.13	56.83	55.431	55.310	29.130	0.004	0.248	34.16	200	0.88	verifiée	0.028	0.003	0.247	0.044	0.217	0.009	0.53	verifiée
R137	R23	56.83	56.50	55.310	55.066	31.454	0.008	0.248	30.42	200	1.20	verifiée	0.038	0.002	0.242	0.042	0.289	0.008	0.72	verifiée
Collecteur tertiaire CT1-1																				
R138	R139	56.84	54.34	54.843	52.529	31.922	0.072	0.465	25.33	200	3.65	verifiée	0.115	0.001	0.236	0.040	0.861	0.008	2.19	verifiée
R139	R140	54.34	51.31	51.529	49.087	31.922	0.076	0.465	25.07	200	3.75	verifiée	0.118	0.001	0.235	0.040	0.884	0.008	2.25	verifiée
R140	R131	51.31	49.86	49.087	48.364	40.985	0.018	0.93	42.82	200	1.80	verifiée	0.057	0.005	0.264	0.051	0.476	0.010	1.08	verifiée
Collecteur secondaire CS1-6																				
R141	R142	59.52	59.32	57.979	57.733	24.478	0.010	0.651	41.65	200	1.36	verifiée	0.043	0.005	0.261	0.050	0.355	0.010	0.81	verifiée
R142	R143	59.32	59.06	57.733	57.457	27.684	0.010	0.651	41.67	200	1.36	verifiée	0.043	0.005	0.261	0.050	0.354	0.010	0.81	verifiée
R143	R144	59.06	58.46	57.457	56.925	29.117	0.018	0.651	37.21	200	1.83	verifiée	0.058	0.004	0.252	0.046	0.463	0.009	1.10	verifiée
R144	R145	58.46	57.81	56.925	56.166	23.805	0.032	0.651	33.52	200	2.42	verifiée	0.076	0.003	0.246	0.044	0.596	0.009	1.45	verifiée

R145	R21	57.81	57.27	56.166	55.771	25.036	0.016	0.651	38.25	200	1.70	verifiée	0.054	0.004	0.254	0.047	0.433	0.009	1.02	verifiée
Collecteur secondaire CS1-7																				
R146	R147	34.32	34.25	32.798	32.650	26.410	0.006	0.31	35.19	200	1.01	verifiée	0.032	0.003	0.249	0.045	0.252	0.009	0.61	verifiée
R147	R30	34.25	33.18	32.650	31.867	29.608	0.026	0.31	26.28	200	2.21	verifiée	0.069	0.001	0.237	0.040	0.523	0.008	1.32	verifiée
Collecteur tertiaire CT1-2																				
R171	R172	70.41	68.24	67.912	66.737	14.795	0.079	0.155	16.49	200	3.82	verifiée	0.120	0.000	0.229	0.037	0.877	0.007	2.29	verifiée
R172	R119	68.24	65.90	65.737	64.404	19.559	0.068	0.155	16.97	200	3.54	verifiée	0.111	0.000	0.230	0.037	0.813	0.007	2.13	verifiée
Collecteur tertiaire CT1-3																				
R173	R174	37.62	37.57	36.118	34.570	33.820	0.046	4.958	67.06	200	2.90	verifiée	0.091	0.018	0.343	0.083	0.996	0.017	1.74	verifiée
R174	R175	37.57	31.60	33.070	30.103	33.027	0.090	4.958	59.10	200	4.07	verifiée	0.128	0.013	0.312	0.071	1.268	0.014	2.44	verifiée
Collecteur tertiaire CT1-4																				
R176	R177	41.29	38.70	39.786	37.193	37.160	0.070	1.549	40.06	200	3.59	verifiée	0.113	0.005	0.258	0.049	0.924	0.010	2.15	verifiée
Collecteur tertiaire CT1-5																				
R178	R179	56.62	53.32	54.625	51.824	35.221	0.080	0.279	20.55	200	3.83	verifiée	0.120	0.001	0.232	0.038	0.887	0.008	2.30	verifiée
R179	R180	53.32	50.63	50.824	49.161	28.687	0.058	0.279	21.81	200	3.27	verifiée	0.103	0.001	0.233	0.038	0.760	0.008	1.96	verifiée
R180	R140	50.63	51.31	49.161	49.087	14.895	0.005	0.279	34.53	200	0.96	verifiée	0.030	0.003	0.248	0.045	0.238	0.009	0.58	verifiée
Collecteur secondaire CS1-8																				
R181	R182	43.33	42.49	41.834	40.988	28.795	0.029	0.403	28.43	200	2.33	verifiée	0.073	0.002	0.239	0.041	0.556	0.008	1.40	verifiée
R182	R183	42.49	40.84	40.988	39.339	30.046	0.055	0.403	25.29	200	3.18	verifiée	0.100	0.001	0.236	0.040	0.749	0.008	1.91	verifiée
R183	R28	40.84	41.11	39.339	39.215	41.115	0.003	0.558	49.24	200	0.74	verifiée	0.023	0.008	0.280	0.058	0.209	0.012	0.45	verifiée
Collecteur tertiaire CT1-6																				
R184	R185	58.43	55.95	55.933	54.436	20.795	0.072	0.279	20.94	200	3.64	verifiée	0.114	0.001	0.232	0.038	0.845	0.008	2.18	verifiée
R185	R113	55.95	54.07	54.436	52.594	21.718	0.085	0.279	20.31	200	3.95	verifiée	0.124	0.001	0.232	0.038	0.915	0.008	2.37	verifiée
Collecteur secondaire CS1-9																				
R186	R187	48.75	46.35	46.75	44.85	19.39	0.098	0.19	16.98	200	4.25	verifiée	0.13	0.000	0.23	0.04	0.97	0.007	2.55	verifiée
R187	R188	46.35	43.44	43.85	41.94	26.29	0.073	0.19	17.94	200	3.66	verifiée	0.12	0.001	0.23	0.04	0.84	0.007	2.20	verifiée
R188	R188-1	43.44	40.56	41.94	39.31	37.85	0.069	0.19	18.11	200	3.57	verifiée	0.11	0.001	0.23	0.04	0.82	0.007	2.14	verifiée
R188-1	R177	40.56	38.70	39.31	37.19	30.53	0.069	0.19	18.26	201	3.59	verifiée	0.11	0.001	0.23	0.04	0.83	0.008	2.1518	verifiée
R177	R194	38.70	35.88	36.69	34.36	31.46	0.074	1.74	41.31	200	3.70	verifiée	0.12	0.005	0.26	0.05	0.96	0.010	2.22	verifiée
R194	R195	35.88	35.24	34.36	33.74	29.75	0.021	1.74	52.43	200	1.96	verifiée	0.06	0.009	0.29	0.06	0.57	0.012	1.18	verifiée
R195	R196	35.24	33.33	33.74	31.89	32.09	0.058	1.74	43.32	200	3.26	verifiée	0.10	0.006	0.26	0.05	0.86	0.010	1.96	verifiée
R196	R175	33.33	31.60	31.89	30.10	30.87	0.058	1.74	43.30	200	3.26	verifiée	0.10	0.006	0.26	0.05	0.86	0.010	1.96	verifiée

R175	R197	31.60	29.44	30.10	27.82	33.09	0.069	6.69	69.47	200	3.57	verifiée	0.11	0.020	0.35	0.09	1.26	0.018	2.14	verifiée
R197	R198	29.44	27.47	27.82	25.27	37.00	0.069	6.69	69.55	200	3.56	verifiée	0.11	0.020	0.35	0.09	1.26	0.018	2.13	verifiée
R198	R199	27.47	24.45	25.27	23.03	32.32	0.069	6.69	69.43	200	3.57	verifiée	0.11	0.020	0.35	0.09	1.26	0.018	2.14	verifiée
R199	R200	24.45	20.61	23.03	19.22	42.86	0.089	6.69	66.27	200	4.05	verifiée	0.13	0.018	0.34	0.08	1.37	0.016	2.43	verifiée
R200	R201	20.61	17.23	19.22	16.13	39.52	0.078	6.69	67.88	200	3.80	verifiée	0.12	0.019	0.35	0.08	1.31	0.017	2.28	verifiée
R201	R34	17.23	17.09	16.13	15.61	25.11	0.021	6.69	87.10	200	1.95	verifiée	0.06	0.036	0.44	0.12	0.86	0.025	1.17	verifiée
Collecteur secondaire CS1-15																				
R192	R193	27.97	28.45	26.63	26.24	26.30	0.015	0.16	22.50	200	1.67	verifiée	0.05	0.001	0.23	0.04	0.39	0.008	1.00	verifiée
R193	R32	28.45	27.82	26.24	25.62	25.87	0.024	0.16	20.65	200	2.10	verifiée	0.07	0.001	0.23	0.04	0.49	0.008	1.26	verifiée
tronçon	Cote TN		Cote du radier		Long (m)	Pente	Q (l/s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	1 ^{ere} condition Vps>0.7 m/s	Qps (m3/s)	Rq	Rv	Rh	V _{moy} (m/s)	H (m)	V ₁ (Rh=0.2) (m/s)	2 ^{eme} condition V ₁ >0.3 m/s	
	amont	aval	amont	aval																
Collecteur principale CP2																				
R52	R53	59.42	59.27	57.935	57.707	34.307	0.007	0.403	37.58	200	1.11	verifiée	0.035	0.004	0.253	0.047	0.280	0.009	0.66	verifiée
R53	R54	59.27	59.16	57.707	57.599	24.007	0.005	0.403	40.40	200	0.91	verifiée	0.029	0.005	0.259	0.049	0.236	0.010	0.55	verifiée
R54	R55	59.16	59.00	57.599	57.480	26.310	0.005	0.403	40.40	200	0.91	verifiée	0.029	0.005	0.259	0.049	0.236	0.010	0.55	verifiée
R55	R56	59.00	57.48	57.480	55.983	32.432	0.046	0.403	26.12	200	2.92	verifiée	0.092	0.001	0.237	0.040	0.690	0.008	1.75	verifiée
R56	R57	57.48	55.38	55.983	53.881	34.949	0.060	1.374	39.38	200	3.33	verifiée	0.105	0.004	0.256	0.048	0.854	0.010	2.00	verifiée
R57	R58	55.38	53.77	53.881	52.271	25.479	0.063	1.374	39.02	200	3.41	verifiée	0.107	0.004	0.256	0.048	0.872	0.010	2.05	verifiée
R58	R59	53.77	51.71	52.271	50.211	26.636	0.077	1.963	42.94	200	3.77	verifiée	0.119	0.006	0.264	0.051	0.997	0.010	2.26	verifiée
R59	R60	51.71	49.98	50.211	48.476	24.859	0.070	1.963	43.78	200	3.59	verifiée	0.113	0.006	0.266	0.052	0.954	0.010	2.15	verifiée
R60	R61	49.98	48.50	47.590	47.124	25.760	0.018	4.847	79.13	200	1.83	verifiée	0.057	0.028	0.399	0.106	0.728	0.021	1.10	verifiée
R61	R62	48.50	47.16	47.124	45.653	19.165	0.077	4.847	60.35	200	3.76	verifiée	0.118	0.014	0.316	0.072	1.189	0.014	2.26	verifiée
R62	R63	47.16	44.75	45.653	43.296	26.216	0.090	4.847	58.59	200	4.07	verifiée	0.128	0.013	0.310	0.070	1.261	0.014	2.44	verifiée
R63	R64	44.75	45.65	43.296	43.177	24.047	0.005	4.847	100.98	200	0.95	verifiée	0.030	0.054	0.518	0.157	0.494	0.031	0.57	verifiée
R64	R65	45.65	46.06	43.177	43.054	26.188	0.005	4.847	101.82	200	0.93	verifiée	0.029	0.055	0.523	0.159	0.487	0.032	0.56	verifiée
R65	R66	46.06	42.48	43.054	40.218	33.498	0.085	4.971	59.82	200	3.95	verifiée	0.124	0.013	0.314	0.072	1.241	0.014	2.37	verifiée
R66	R67	42.48	39.88	39.718	37.358	25.573	0.092	5.25	60.08	200	4.12	verifiée	0.129	0.014	0.315	0.072	1.300	0.014	2.47	verifiée
R67	R68	39.88	39.11	37.358	37.181	36.713	0.005	5.25	104.50	200	0.94	verifiée	0.030	0.059	0.538	0.166	0.507	0.033	0.57	verifiée
R68	R69	39.11	35.45	36.181	32.134	40.195	0.101	5.25	59.10	200	4.31	verifiée	0.135	0.013	0.312	0.071	1.342	0.014	2.58	verifiée
R69	R70	35.45	27.22	31.134	25.720	28.605	0.189	5.25	52.51	200	5.90	verifiée	0.185	0.009	0.290	0.062	1.711	0.012	3.54	verifiée
R70	R71	27.22	24.97	24.220	22.358	15.575	0.120	5.25	57.23	200	4.69	verifiée	0.147	0.012	0.305	0.068	1.432	0.014	2.82	verifiée

R71	R72	24.97	18.95	20.858	17.455	20.762	0.164	5.25	53.94	200	5.49	verifiée	0.173	0.010	0.294	0.063	1.616	0.013	3.30	verifiée
R72	R73	18.95	17.37	17.455	15.849	28.647	0.056	5.25	65.96	200	3.21	verifiée	0.101	0.017	0.338	0.081	1.087	0.016	1.93	verifiée
R73	R74	17.37	15.76	15.849	14.258	25.000	0.064	5.25	64.42	200	3.42	verifiée	0.107	0.016	0.332	0.079	1.137	0.016	2.05	verifiée
R74	R75	15.76	15.31	14.258	13.873	44.435	0.009	11.448	125.40	200	1.26	verifiée	0.040	0.096	0.652	0.218	0.824	0.044	0.76	verifiée
R75	R76	15.31	16.71	13.873	13.754	23.802	0.005	11.448	139.02	200	0.96	verifiée	0.030	0.127	0.716	0.251	0.687	0.050	0.58	verifiée
R76	R77	16.71	14.19	13.754	12.693	21.338	0.050	11.448	90.37	200	3.03	verifiée	0.095	0.040	0.458	0.131	1.387	0.026	1.82	verifiée
R77	R78	14.19	10.07	11.193	8.574	18.689	0.140	11.448	74.42	200	5.08	verifiée	0.160	0.024	0.376	0.097	1.909	0.019	3.05	verifiée
R78	R79	10.07	8.55	8.574	7.050	44.855	0.034	11.448	97.05	200	2.50	verifiée	0.079	0.049	0.495	0.147	1.240	0.029	1.50	verifiée
R79	R80	8.55	4.88	6.050	3.381	42.657	0.063	11.448	86.56	200	3.39	verifiée	0.107	0.036	0.437	0.123	1.485	0.025	2.04	verifiée
R80	R81	4.88	5.24	3.381	3.274	21.398	0.005	11.448	139.02	200	0.96	verifiée	0.030	0.127	0.716	0.251	0.687	0.050	0.58	verifiée
R81	R82	5.24	5.17	3.274	3.126	29.587	0.005	11.448	139.02	200	0.96	verifiée	0.030	0.127	0.716	0.251	0.687	0.050	0.58	verifiée
R82	R83	5.17	4.47	3.126	2.966	23.246	0.007	11.448	130.91	200	1.13	verifiée	0.035	0.108	0.679	0.232	0.765	0.046	0.68	verifiée
R83	R84	4.47	3.29	2.466	1.785	10.623	0.064	11.448	86.17	200	3.44	verifiée	0.108	0.035	0.435	0.122	1.496	0.024	2.06	verifiée
R84	R85	3.29	4.15	1.785	1.554	46.318	0.005	11.448	139.02	200	0.96	verifiée	0.030	0.127	0.716	0.251	0.687	0.050	0.58	verifiée
R85	R86	4.15	9.30	1.554	1.155	79.743	0.005	11.448	139.02	200	0.96	verifiée	0.030	0.127	0.716	0.251	0.687	0.050	0.58	verifiée
R86	R87	9.30	9.44	1.155	0.885	53.654	0.005	13.528	147.83	200	0.96	verifiée	0.030	0.149	0.751	0.272	0.723	0.054	0.58	verifiée
R87	R88	9.44	8.94	0.885	0.664	43.364	0.005	13.528	147.44	200	0.97	verifiée	0.030	0.148	0.749	0.271	0.726	0.054	0.58	verifiée
R88	R36	8.94	2.71	0.664	0.354	60.338	0.005	13.528	147.26	200	0.97	verifiée	0.031	0.148	0.748	0.270	0.728	0.054	0.58	verifiée
R36	Point de rejet EU	2.71	2.56	0.354	0.271	14.810	0.006	35.225	207.34	250	1.18	verifiée	0.058	0.203	0.806	0.311	0.951	0.078	0.71	verifiée
Collecteur secondaire CS2-1																				
R90	R91	57.82	55.48	55.321	53.983	17.765	0.075	0.496	25.76	200	3.72	verifiée	0.117	0.001	0.236	0.040	0.880	0.008	2.23	verifiée
R91	R92	55.48	53.32	53.483	51.951	19.994	0.077	0.496	25.68	200	3.76	verifiée	0.118	0.001	0.236	0.040	0.887	0.008	2.25	verifiée
R92	R93	53.32	52.27	51.451	50.772	11.598	0.059	0.496	27.01	200	3.28	verifiée	0.103	0.002	0.237	0.040	0.780	0.008	1.97	verifiée
R93	R94	52.27	50.34	50.772	48.843	25.651	0.075	0.496	25.77	200	3.72	verifiée	0.117	0.001	0.236	0.040	0.879	0.008	2.23	verifiée
R94	R95	50.34	49.67	48.343	47.814	45.844	0.012	2.309	65.19	200	1.46	verifiée	0.046	0.017	0.335	0.080	0.489	0.016	0.88	verifiée
R95	R60	49.67	49.98	47.814	47.590	44.704	0.005	2.309	76.27	200	0.96	verifiée	0.030	0.026	0.385	0.101	0.369	0.020	0.58	verifiée
Collecteur secondaire CS2-2																				
R96	R97	49.74	49.53	48.241	48.073	27.860	0.006	0.217	30.32	200	1.06	verifiée	0.033	0.002	0.242	0.042	0.255	0.008	0.63	verifiée
R97	R60	49.53	49.98	48.073	47.890	31.701	0.006	0.217	30.60	200	1.03	verifiée	0.032	0.002	0.242	0.042	0.249	0.008	0.62	verifiée
Collecteur secondaire CS2-3																				
R98	R99	56.16	55.36	54.808	54.119	23.015	0.030	0.341	26.61	200	2.35	verifiée	0.074	0.002	0.237	0.040	0.557	0.008	1.41	verifiée
R99	R100	55.36	54.58	54.119	53.299	27.368	0.030	0.341	26.61	200	2.35	verifiée	0.074	0.002	0.237	0.040	0.557	0.008	1.41	verifiée

R100	R58	54.58	53.77	53.299	52.271	24.552	0.042	0.341	24.99	200	2.78	verifiée	0.087	0.001	0.235	0.040	0.654	0.008	1.67	verifiée
Collecteur secondaire CS2-4																				
R101	R102	64.89	63.61	63.394	62.114	16.194	0.079	0.217	18.72	200	3.82	verifiée	0.120	0.001	0.231	0.038	0.880	0.008	2.29	verifiée
R102	R103	63.61	59.71	61.114	58.212	19.803	0.147	0.217	16.68	200	5.20	verifiée	0.163	0.000	0.229	0.037	1.192	0.007	3.12	verifiée
R103	R56	59.71	57.48	57.712	55.983	31.737	0.054	0.847	33.46	200	3.17	verifiée	0.099	0.003	0.246	0.044	0.779	0.009	1.90	verifiée
Collecteur tertiaire CT2-1																				
R104	R105	59.54	59.63	58.090	58.034	18.691	0.003	0.558	49.28	200	0.74	verifiée	0.023	0.008	0.280	0.058	0.208	0.012	0.45	verifiée
R105	R106	59.63	59.69	58.034	57.959	24.832	0.003	0.558	49.28	200	0.74	verifiée	0.023	0.008	0.280	0.058	0.208	0.012	0.45	verifiée
R106	R107	59.69	59.51	57.959	57.882	25.719	0.003	0.558	49.28	200	0.74	verifiée	0.023	0.008	0.280	0.058	0.208	0.012	0.45	verifiée
R107	R108	59.51	59.38	57.882	57.806	25.374	0.003	0.558	49.28	200	0.74	verifiée	0.023	0.008	0.280	0.058	0.208	0.012	0.45	verifiée
R108	R103	59.38	59.71	57.806	57.757	16.395	0.003	0.558	49.28	200	0.74	verifiée	0.023	0.008	0.280	0.058	0.208	0.012	0.45	verifiée
Collecteur tertiaire CS2-2																				
R109	R110	59.26	56.60	57.790	55.057	46.784	0.058	0.635	29.64	200	3.28	verifiée	0.103	0.002	0.241	0.042	0.789	0.008	1.97	verifiée
R110	R111	56.60	55.59	55.057	54.062	27.822	0.036	0.635	32.50	200	2.57	verifiée	0.081	0.003	0.245	0.043	0.628	0.009	1.54	verifiée
R111	R112	55.59	54.82	54.062	53.324	33.834	0.022	0.635	35.66	200	2.00	verifiée	0.063	0.003	0.250	0.045	0.500	0.009	1.20	verifiée
R112	R113	54.82	54.07	53.324	52.594	29.455	0.025	0.635	34.82	200	2.14	verifiée	0.067	0.003	0.248	0.045	0.530	0.009	1.28	verifiée
R113	R114	54.07	50.89	52.594	50.094	37.250	0.067	1.41	38.95	200	3.52	verifiée	0.110	0.004	0.256	0.048	0.899	0.010	2.11	verifiée
R114	R115	50.89	49.69	50.094	48.488	23.501	0.068	1.41	38.82	200	3.55	verifiée	0.111	0.004	0.255	0.048	0.906	0.010	2.13	verifiée
R115	R94	49.69	50.34	48.488	48.437	17.274	0.003	1.41	69.76	200	0.74	verifiée	0.023	0.020	0.355	0.088	0.264	0.018	0.45	verifiée
Collecteur secondaire CS2-5																				
R189	R190	40.93	42.40	40.11	40.02	31.51	0.003	0.19	32.70	200	0.74	verifiée	0.02	0.003	0.24	0.04	0.18	0.009	0.44	verifiée
R190	R66	42.40	42.48	40.02	39.92	31.38	0.003	0.19	32.52	200	0.75	verifiée	0.02	0.003	0.24	0.04	0.18	0.009	0.45	verifiée
Collecteur secondaire CS2-6																				
R191	R65	46.55	46.06	45.05	44.22	37.20	0.022	0.12	19.22	200	2.03	verifiée	0.06	0.001	0.23	0.04	0.47	0.008	1.22	verifiée
tronçon	Cote TN		Cote du radier		Long (m)	Pente	Q (l/s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	1 ^{ere} condition Vps>0.7 m/s	Qps (m3/s)	Rq	Rv	Rh	V _{moy} (m/s)	H (m)	V ₁ (Rh=0.2) (m/s)	2 ^{eme} condition V ₁ >0.3 m/s	
	amont	aval	amont	aval																
Collecteur principal CP3																				
R153	R154	69.00	66.00	67.500	64.500	52.995	0.057	3.535	56.77	200	3.23	verifiée	0.101	0.012	0.304	0.067	0.980	0.013	1.94	verifiée
R154	R155	66.00	63.50	64.000	62.000	35.446	0.056	3.535	56.80	200	3.22	verifiée	0.101	0.012	0.304	0.067	0.979	0.013	1.93	verifiée
R155	R156	63.50	62.39	62.000	60.889	37.383	0.030	3.535	64.05	200	2.34	verifiée	0.073	0.016	0.331	0.078	0.774	0.016	1.40	verifiée
R156	R157	62.39	59.78	59.889	58.279	32.080	0.050	3.81	59.72	200	3.04	verifiée	0.095	0.013	0.314	0.071	0.954	0.014	1.82	verifiée

R157	R158	59.78	57.75	57.279	56.253	10.921	0.094	3.81	53.09	200	4.16	verifiée	0.131	0.010	0.291	0.062	1.213	0.012	2.50	verifiée
R158	R159	57.75	56.64	56.253	55.143	26.190	0.042	3.81	61.64	200	2.79	verifiée	0.088	0.014	0.321	0.074	0.897	0.015	1.68	verifiée
R159	R160	56.64	56.23	55.143	54.588	30.387	0.018	3.81	72.18	200	1.83	verifiée	0.058	0.022	0.365	0.093	0.670	0.019	1.10	verifiée
R160	R161	56.23	55.53	54.588	54.025	30.781	0.018	3.81	72.18	200	1.83	verifiée	0.058	0.022	0.365	0.093	0.670	0.019	1.10	verifiée
R161	R162	55.53	54.83	54.025	53.379	29.753	0.022	4.711	75.67	200	2.00	verifiée	0.063	0.025	0.382	0.099	0.764	0.020	1.20	verifiée
R162	R163	54.83	54.30	53.379	52.832	24.871	0.022	4.711	75.49	200	2.01	verifiée	0.063	0.025	0.381	0.099	0.767	0.020	1.21	verifiée
R163	R164	54.30	53.24	52.832	51.095	34.061	0.051	5.176	66.79	200	3.07	verifiée	0.096	0.018	0.342	0.083	1.047	0.017	1.84	verifiée
R164	R165	53.24	52.19	51.095	50.311	37.597	0.021	5.176	78.98	200	1.96	verifiée	0.062	0.028	0.398	0.106	0.780	0.021	1.18	verifiée
R165	R166	52.19	51.40	50.311	49.461	29.215	0.029	5.586	76.34	200	2.32	verifiée	0.073	0.026	0.385	0.101	0.892	0.020	1.39	verifiée
R166	R167	51.40	50.46	49.461	48.630	31.359	0.027	5.586	77.70	200	2.21	verifiée	0.069	0.027	0.392	0.103	0.865	0.021	1.33	verifiée
R167	R168	50.46	49.26	48.630	47.750	46.884	0.019	5.586	82.89	200	1.86	verifiée	0.058	0.032	0.418	0.114	0.777	0.023	1.12	verifiée
R168	R169	49.26	48.03	47.263	46.542	51.439	0.014	5.586	87.56	200	1.61	verifiée	0.050	0.037	0.443	0.125	0.711	0.025	0.96	verifiée
R169	R170	48.03	46.58	46.542	45.375	48.961	0.024	5.586	79.25	200	2.10	verifiée	0.066	0.028	0.399	0.107	0.837	0.021	1.26	verifiée
R170	R215	46.58	45.14	45.175	43.654	35.186	0.043	6.206	73.74	200	2.82	verifiée	0.089	0.023	0.373	0.096	1.052	0.019	1.69	verifiée
R215	R216	45.14	37.95	40.642	36.455	37.350	0.112	9.611	72.67	200	4.54	verifiée	0.143	0.022	0.368	0.094	1.671	0.019	2.73	verifiée
R216	R217	37.95	34.53	34.955	32.532	28.660	0.085	9.611	76.62	200	3.95	verifiée	0.124	0.026	0.386	0.101	1.525	0.020	2.37	verifiée
R217	R218	34.53	28.42	30.532	26.423	35.513	0.116	9.611	72.24	200	4.62	verifiée	0.145	0.022	0.366	0.093	1.688	0.019	2.77	verifiée
R218	R219	28.42	21.07	24.923	19.070	34.047	0.172	9.611	67.07	200	5.63	verifiée	0.177	0.018	0.343	0.083	1.930	0.017	3.38	verifiée
R219	R220	21.07	16.77	17.570	15.275	16.017	0.143	9.611	69.40	200	5.14	verifiée	0.161	0.020	0.353	0.087	1.813	0.017	3.08	verifiée
R220	R221	16.77	13.86	14.275	12.362	32.476	0.059	9.611	81.99	200	3.29	verifiée	0.103	0.031	0.413	0.113	1.361	0.023	1.98	verifiée
R221	R222	13.86	12.84	12.362	11.336	54.887	0.019	9.611	101.68	200	1.86	verifiée	0.058	0.055	0.522	0.159	0.968	0.032	1.11	verifiée
R222	R223	12.84	10.22	10.336	8.719	48.753	0.033	9.611	91.31	200	2.47	verifiée	0.078	0.041	0.463	0.134	1.145	0.027	1.48	verifiée
R223	R224	10.22	9.91	8.719	8.415	40.295	0.008	9.611	120.52	200	1.18	verifiée	0.037	0.087	0.627	0.206	0.739	0.041	0.71	verifiée
R224	R225	9.91	6.15	6.915	4.654	46.032	0.049	9.611	84.83	200	3.01	verifiée	0.094	0.034	0.428	0.119	1.288	0.024	1.80	verifiée
R225	R226	6.15	6.50	4.654	4.473	36.213	0.005	9.611	130.20	200	0.96	verifiée	0.030	0.106	0.676	0.230	0.649	0.046	0.58	verifiée
R226	R227	6.50	6.04	4.473	4.396	15.306	0.005	9.611	130.20	200	0.96	verifiée	0.030	0.106	0.676	0.230	0.649	0.046	0.58	verifiée
R227	R228	6.04	4.22	3.896	2.716	29.700	0.040	9.611	88.26	200	2.71	verifiée	0.085	0.038	0.447	0.126	1.208	0.025	1.62	verifiée
R228	R229	4.22	4.85	2.716	2.479	47.263	0.005	9.611	130.20	200	0.96	verifiée	0.030	0.106	0.676	0.230	0.649	0.046	0.58	verifiée
R229	R230	4.85	4.18	2.479	2.252	45.551	0.005	9.611	130.20	200	0.96	verifiée	0.030	0.106	0.676	0.230	0.649	0.046	0.58	verifiée
R230	Point de rejet EU	4.18	2.56	1.252	0.271	23.040	0.043	9.611	87.14	200	2.80	verifiée	0.088	0.036	0.441	0.124	1.233	0.025	1.68	verifiée
Collecteur secondaire CS3-1																				
R148	R149	62.17	56.97	60.172	55.461	39.274	0.120	0.142	14.77	200	4.70	verifiée	0.148	0.000	0.229	0.037	1.074	0.007	2.82	verifiée

R149	R150	56.97	53.38	54.461	51.873	22.433	0.115	0.142	14.88	200	4.61	verifiée	0.145	0.000	0.229	0.037	1.054	0.007	2.77	verifiée
R150	R151	53.38	51.47	50.873	49.876	15.006	0.066	0.142	16.50	200	3.50	verifiée	0.110	0.000	0.229	0.037	0.802	0.007	2.10	verifiée
R151	R152	51.47	49.74	48.876	48.205	15.107	0.044	0.142	17.80	200	2.86	verifiée	0.090	0.001	0.230	0.037	0.658	0.007	1.72	verifiée
Collecteur secondaire CS3-2																				
R202	R203	65.71	65.37	64.211	63.868	35.361	0.010	0.015	10.19	200	1.34	verifiée	0.042	0.000	0.227	0.036	0.304	0.007	0.80	verifiée
R203	R204	65.37	65.61	63.868	63.714	30.641	0.005	0.015	11.54	200	0.96	verifiée	0.030	0.000	0.227	0.036	0.218	0.007	0.58	verifiée
R204	R205	65.61	65.32	63.714	63.678	7.254	0.005	0.015	11.54	200	0.96	verifiée	0.030	0.000	0.227	0.036	0.218	0.007	0.58	verifiée
R205	R206	65.32	62.63	63.178	61.131	38.914	0.053	0.015	7.42	200	3.11	verifiée	0.098	0.000	0.227	0.036	0.706	0.007	1.87	verifiée
R206	R207	62.63	60.54	61.131	59.043	38.267	0.055	0.015	7.37	200	3.17	verifiée	0.100	0.000	0.227	0.036	0.719	0.007	1.90	verifiée
R207	R208	60.54	58.55	59.043	57.046	38.015	0.053	3.114	54.89	200	3.11	verifiée	0.098	0.011	0.297	0.065	0.925	0.013	1.87	verifiée
R208	R209	58.55	56.72	57.046	55.224	29.024	0.063	3.114	53.09	200	3.40	verifiée	0.107	0.010	0.291	0.062	0.991	0.012	2.04	verifiée
R209	R210	56.72	53.36	53.724	51.857	34.518	0.054	3.392	56.38	200	3.16	verifiée	0.099	0.011	0.302	0.067	0.954	0.013	1.89	verifiée
R210	R211	53.36	52.17	51.057	50.672	7.235	0.053	3.392	56.54	200	3.13	verifiée	0.098	0.011	0.303	0.067	0.948	0.013	1.88	verifiée
R211	R212	52.17	48.44	49.172	46.941	27.234	0.082	3.392	52.15	200	3.88	verifiée	0.122	0.009	0.289	0.061	1.121	0.012	2.33	verifiée
R212	R213	48.44	47.36	46.941	45.360	26.221	0.060	3.392	55.24	200	3.33	verifiée	0.105	0.011	0.298	0.065	0.994	0.013	2.00	verifiée
R213	R214	47.36	47.72	45.360	44.888	23.601	0.020	3.405	68.03	200	1.92	verifiée	0.060	0.019	0.347	0.085	0.666	0.017	1.15	verifiée
R214	R215	47.72	45.14	43.388	42.142	21.477	0.058	3.405	55.72	200	3.27	verifiée	0.103	0.011	0.300	0.066	0.981	0.013	1.96	verifiée
Collecteur secondaire CS3-3																				
R231	R232	48.73	47.98	47.234	46.482	45.874	0.016	0.62	37.28	200	1.74	verifiée	0.055	0.004	0.252	0.046	0.439	0.009	1.04	verifiée
R232	R170	47.98	46.58	46.482	45.175	22.175	0.059	0.62	29.33	200	3.30	verifiée	0.103	0.002	0.240	0.042	0.792	0.008	1.98	verifiée
Collecteur secondaire CS3-4																				
R233	R234	72.42	70.10	70.423	68.596	42.232	0.043	2.975	55.96	200	2.82	verifiée	0.089	0.011	0.301	0.066	0.849	0.013	1.69	verifiée
R234	R235	70.10	68.77	68.596	67.269	35.827	0.037	2.975	57.62	200	2.61	verifiée	0.082	0.012	0.306	0.068	0.800	0.014	1.57	verifiée
R235	R236	68.77	69.32	67.269	67.094	17.486	0.010	2.975	73.65	200	1.36	verifiée	0.043	0.023	0.372	0.095	0.505	0.019	0.81	verifiée
R236	R237	69.32	66.54	67.094	65.043	42.390	0.048	2.975	54.81	200	2.98	verifiée	0.094	0.011	0.297	0.065	0.886	0.013	1.79	verifiée
R237	R238	66.54	64.00	64.543	62.498	25.676	0.080	2.975	49.91	200	3.83	verifiée	0.120	0.008	0.282	0.058	1.080	0.012	2.30	verifiée
R238	R239	64.00	62.17	61.998	60.673	18.627	0.071	9.669	79.32	200	3.62	verifiée	0.114	0.028	0.400	0.107	1.447	0.021	2.17	verifiée
R239	R240	62.17	59.07	60.673	57.568	40.673	0.076	9.669	78.27	200	3.75	verifiée	0.118	0.027	0.395	0.105	1.480	0.021	2.25	verifiée
R240	R241	59.07	56.17	57.068	54.672	32.224	0.074	9.669	78.66	200	3.70	verifiée	0.116	0.028	0.396	0.105	1.467	0.021	2.22	verifiée
R241	R242	56.17	51.34	53.672	49.838	36.684	0.105	9.669	73.80	200	4.39	verifiée	0.138	0.023	0.373	0.096	1.636	0.019	2.63	verifiée
R242	R152	51.34	49.74	48.838	48.238	14.881	0.040	9.669	88.22	200	2.73	verifiée	0.086	0.038	0.446	0.126	1.217	0.025	1.64	verifiée
R152	R243	49.74	49.12	48.205	47.563	38.742	0.017	9.811	104.81	200	1.75	verifiée	0.055	0.060	0.540	0.167	0.943	0.033	1.05	verifiée
R243	R168	49.12	49.26	47.563	47.263	29.987	0.010	11.36	121.73	200	1.36	verifiée	0.043	0.089	0.633	0.209	0.859	0.042	0.81	verifiée

Collecteur tertiaire CS3-5																				
R244	R245	65.83	64.69	64.332	63.193	20.239	0.056	6.694	72.21	200	3.22	verifiée	0.101	0.022	0.366	0.093	1.177	0.019	1.93	verifiée
R245	R246	64.69	62.55	63.193	61.048	41.874	0.051	0.434	26.34	200	3.07	verifiée	0.096	0.001	0.237	0.040	0.727	0.008	1.84	verifiée
R246	R239	62.55	62.17	61.048	60.673	47.455	0.008	0.465	38.40	200	1.20	verifiée	0.038	0.004	0.255	0.047	0.307	0.009	0.72	verifiée
Collecteur tertiaire CS3-6																				
R247	R243	50.24	49.12	48.741	47.563	78.696	0.015	1.549	53.47	200	1.66	verifiée	0.052	0.010	0.293	0.063	0.486	0.013	1.00	verifiée

V.3.2 Réseau d'eaux pluviales :

Tableau V-2 : Calculs du réseau d'eaux pluviales

tronçon	Cote TN		Cote du radier		Long (m)	Pente	Q (l/s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	1 ^{ere} condition Vps>1 m/s	Qps (m3/s)	Rq	Rv	Rh	V (m/s)	H (m)	V(1/10) (m/s)	2 ^{eme} condition V(1/10)>0.6m/s	V (1/100) (m/s)	3 ^{eme} condition V (1/100)>0.3 m/s	
	amont	aval	mont	aval																		
Collecteur principal CP1																						
RP13	RP14	58.68	58.15	57.48	56.95	20.29	0.026	12.82	106.11	315	2.99	verifiée	0.233	0.06	0.52	0.16	1.56	0.05	1.64	verifiée	0.37	verifiée
RP14	RP15	58.15	57.30	56.95	56.10	22.49	0.038	12.82	99.30	315	3.57	verifiée	0.278	0.05	0.48	0.14	1.73	0.04	1.96	verifiée	0.45	verifiée
RP15	RP16	57.30	56.83	56.10	55.56	28.30	0.019	52.34	191.63	315	2.52	verifiée	0.197	0.27	0.85	0.35	2.14	0.11	1.39	verifiée	0.32	verifiée
RP16	RP17	56.83	56.51	55.56	55.31	23.48	0.011	52.34	213.50	315	1.89	verifiée	0.147	0.36	0.90	0.41	1.70	0.13	1.04	verifiée	0.24	non vérifiée
RP17	RP18	56.51	54.52	54.81	53.32	28.95	0.052	106.69	207.16	315	4.18	verifiée	0.326	0.33	0.88	0.39	3.69	0.12	2.30	verifiée	0.52	verifiée
RP18	RP19	54.52	52.28	52.52	50.78	25.31	0.069	106.69	196.43	315	4.82	verifiée	0.375	0.28	0.86	0.36	4.13	0.11	2.65	verifiée	0.60	verifiée
RP19	RP20	52.28	48.46	49.28	47.27	25.39	0.079	106.69	191.34	315	5.17	verifiée	0.402	0.27	0.85	0.35	4.38	0.11	2.84	verifiée	0.65	verifiée
RP20	RP21	48.46	46.03	45.77	43.92	25.31	0.073	106.69	194.13	315	4.97	verifiée	0.387	0.28	0.85	0.36	4.24	0.11	2.73	verifiée	0.62	verifiée
RP21	RP22	46.03	41.15	42.42	38.65	42.30	0.089	168.10	221.89	315	5.48	verifiée	0.427	0.39	0.93	0.43	5.08	0.14	3.02	verifiée	0.69	verifiée
RP22	RP23	41.15	36.00	37.15	34.80	26.41	0.089	204.79	238.95	315	5.48	verifiée	0.427	0.48	0.99	0.49	5.40	0.15	3.02	verifiée	0.69	verifiée
RP23	RP24	36.00	33.42	33.80	31.42	23.82	0.100	204.79	233.87	315	5.81	verifiée	0.452	0.45	0.97	0.47	5.61	0.15	3.19	verifiée	0.73	verifiée
RP24	RP25	33.42	27.69	29.92	26.49	36.83	0.093	224.43	245.16	315	5.61	verifiée	0.437	0.51	1.01	0.51	5.65	0.16	3.09	verifiée	0.70	verifiée
RP25	RP26	27.69	25.22	25.49	23.02	24.33	0.101	233.81	245.15	315	5.85	verifiée	0.455	0.51	1.01	0.51	5.89	0.16	3.22	verifiée	0.73	verifiée
RP26	RP27	25.22	19.85	21.52	18.65	26.03	0.110	233.81	241.23	315	6.10	verifiée	0.475	0.49	0.99	0.50	6.06	0.16	3.36	verifiée	0.76	verifiée
RP27	RP28	19.85	17.19	17.15	15.19	19.18	0.102	233.81	244.71	315	5.87	verifiée	0.458	0.51	1.01	0.51	5.91	0.16	3.23	verifiée	0.73	verifiée
RP28	RP29	17.19	9.47	13.69	8.27	37.62	0.144	559.17	318.21	400	8.18	verifiée	1.027	0.54	1.03	0.53	8.39	0.21	4.50	verifiée	1.02	verifiée
RP29	Point de rejet 4	9.47	2.29	6.77	1.09	36.25	0.157	559.17	313.24	400	8.53	verifiée	1.071	0.52	1.01	0.52	8.64	0.21	4.69	verifiée	1.07	verifiée
Collecteur secondaire CS1-1																						
RP96	RP97	59.24	58.64	58.03	57.40	31.24	0.020	21.750	136.16	315	2.61	verifiée	0.203	0.11	0.68	0.23	1.77	0.07	1.43	verifiée	0.33	verifiée
RP97	RP98	58.64	57.70	57.40	56.61	32.08	0.025	21.750	131.22	315	2.88	verifiée	0.224	0.10	0.65	0.22	1.88	0.07	1.58	verifiée	0.36	verifiée
RP98	RP15	57.70	57.30	56.61	56.10	24.53	0.021	21.750	135.08	315	2.66	verifiée	0.208	0.10	0.67	0.23	1.79	0.07	1.47	verifiée	0.33	verifiée
Collecteur secondaire CS1-2																						
RP101	RP102	50.63	51.51	49.43	49.35	14.66	0.005	8.06	121.97	315	1.30	verifiée	0.101	0.08	0.61	0.20	0.79	0.06	0.71	verifiée	0.16	non vérifiée
RP102	RP103	51.51	49.85	49.35	48.63	38.71	0.019	23.43	142.00	315	2.51	verifiée	0.196	0.12	0.70	0.24	1.77	0.08	1.38	verifiée	0.31	verifiée

RP103	RP104	49.85	46.48	48.63	45.28	26.15	0.128	61.41	142.09	315	6.58	vérifiée	0.512	0.12	0.70	0.24	4.63	0.08	3.62	vérifiée	0.82	vérifiée
RP104	RP105	46.48	45.34	45.28	44.14	32.57	0.035	61.41	181.03	315	3.45	vérifiée	0.268	0.23	0.82	0.33	2.84	0.10	1.90	vérifiée	0.43	vérifiée
RP105	RP21	45.34	46.03	44.14	43.92	43.38	0.005	61.41	260.98	315	1.30	vérifiée	0.101	0.61	1.06	0.57	1.37	0.18	0.71	vérifiée	0.16	non vérifiée
Collecteur secondaire CS1-3																						
RP106	RP107	34.32	34.27	33.07	32.73	28.12	0.012	16.91	136.31	315	2.02	vérifiée	0.158	0.11	0.68	0.23	1.37	0.07	1.11	vérifiée	0.25	non vérifiée
RP107	RP24	34.27	33.42	32.73	32.21	28.08	0.018	16.91	125.99	315	2.49	vérifiée	0.194	0.09	0.63	0.21	1.57	0.07	1.37	vérifiée	0.31	vérifiée
Collecteur secondaire CS1-4																						
RP108	RP109	40.68	41.43	39.48	39.42	21.32	0.003	33.43	228.62	315	1.01	vérifiée	0.078	0.43	0.95	0.46	0.95	0.14	0.55	non vérifiée	0.13	non vérifiée
RP109	RP22	41.43	41.15	39.42	39.35	21.43	0.003	33.43	228.86	315	1.00	vérifiée	0.078	0.43	0.95	0.46	0.95	0.14	0.55	non vérifiée	0.13	non vérifiée
Collecteur secondaire CS1-5																						
RP110	RP111	43.38	40.46	41.98	39.26	38.63	0.070	14.67	92.89	315	4.88	vérifiée	0.380	0.04	0.45	0.13	2.20	0.04	2.68	vérifiée	0.61	vérifiée
RP111	RP112	40.46	38.68	38.76	37.48	29.86	0.043	119.70	224.04	315	3.81	vérifiée	0.296	0.40	0.93	0.44	3.55	0.14	2.09	vérifiée	0.48	vérifiée
RP112	RP113	38.68	36.09	36.48	34.89	31.98	0.050	72.37	180.47	315	4.10	vérifiée	0.319	0.23	0.82	0.33	3.37	0.10	2.25	vérifiée	0.51	vérifiée
RP113	RP114	36.09	35.27	34.89	33.77	29.60	0.038	72.37	189.79	315	3.58	vérifiée	0.279	0.26	0.84	0.35	3.02	0.11	1.97	vérifiée	0.45	vérifiée
RP114	RP115	35.27	33.34	33.77	32.14	32.06	0.051	72.37	179.86	315	4.13	vérifiée	0.322	0.22	0.82	0.33	3.40	0.10	2.27	vérifiée	0.52	vérifiée
RP115	RP116	33.34	31.68	32.14	30.48	30.68	0.054	72.37	177.53	315	4.28	vérifiée	0.333	0.22	0.82	0.32	3.49	0.10	2.35	vérifiée	0.53	vérifiée
RP116	RP117	31.68	29.54	29.98	28.34	33.09	0.050	255.65	289.66	315	4.10	vérifiée	0.319	0.80	1.10	0.67	4.52	0.21	2.25	vérifiée	0.51	vérifiée
RP117	RP118	29.54	27.55	27.84	26.35	36.78	0.040	255.65	301.15	315	3.69	vérifiée	0.288	0.89	1.11	0.74	4.11	0.23	2.03	vérifiée	0.46	vérifiée
RP118	RP119	27.55	24.48	24.85	23.28	32.25	0.049	255.65	290.89	315	4.05	vérifiée	0.315	0.81	1.10	0.68	4.47	0.21	2.23	vérifiée	0.51	vérifiée
RP119	RP120	24.48	20.61	21.78	19.41	42.99	0.055	255.65	284.07	315	4.31	vérifiée	0.336	0.76	1.10	0.65	4.74	0.20	2.37	vérifiée	0.54	vérifiée
RP120	RP121	20.61	17.30	18.21	16.10	39.74	0.053	325.36	313.28	400	4.96	vérifiée	0.623	0.52	1.01	0.52	5.02	0.21	2.73	vérifiée	0.62	vérifiée
RP121	RP28	17.30	17.19	16.10	15.19	24.19	0.038	325.36	333.86	400	4.19	vérifiée	0.526	0.62	1.06	0.57	4.45	0.23	2.30	vérifiée	0.52	vérifiée
Collecteur secondaire CS1-6																						
RP124	RP125	27.95	28.25	26.70	26.62	23.64	0.003	9.38	141.74	315	1.01	vérifiée	0.079	0.12	0.70	0.24	0.71	0.08	0.56	non vérifiée	0.13	non vérifiée
RP125	RP25	28.25	27.68	26.62	26.48	26.35	0.005	9.38	127.63	315	1.34	vérifiée	0.104	0.09	0.64	0.21	0.85	0.07	0.74	vérifiée	0.17	non vérifiée
Collecteur secondaire CS1-7																						
RP133	RP134	57.20	57.15	56.03	55.95	26.48	0.003	19.34	186.41	315	1.00	vérifiée	0.078	0.25	0.84	0.34	0.84	0.11	0.55	non vérifiée	0.13	non vérifiée
RP134	RP135	57.15	56.88	55.95	55.68	28.51	0.010	19.34	149.50	315	1.81	vérifiée	0.141	0.14	0.73	0.26	1.33	0.08	0.99	vérifiée	0.23	non vérifiée
RP135	RP17	56.88	56.51	55.68	55.31	34.00	0.011	19.34	146.79	315	1.90	vérifiée	0.148	0.13	0.72	0.26	1.37	0.08	1.04	vérifiée	0.24	non vérifiée
tronçon	Cote TN		Cote du radier		Long (m)	Pente	Q (l/s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	1 ^{ere} condition Vps>1 m/s	Qps (m3/s)	Rq	Rv	Rh	V (m/s)	H (m)	V _(1/10) (m/s)	2 ^{eme} condition V _(1/10) >0.6m/s	V _(1/100) (m/s)	3 ^{eme} condition V _(1/100) >0.3 m/s	
	amont	aval	mont	aval																		
Collecteur principal CP2																						

RP39	RP40	64.35	64.46	63.15	63.02	25.23	0.005	32.92	206.41	315	1.30	vérifiée	0.101	0.32	0.88	0.39	1.15	0.12	0.72	vérifiée	0.16	non vérifiée
RP40	RP41	64.46	64.45	63.02	62.90	24.83	0.005	32.92	206.58	315	1.30	vérifiée	0.101	0.33	0.88	0.39	1.15	0.12	0.71	vérifiée	0.16	non vérifiée
RP41	RP42	64.45	65.43	62.90	62.76	34.07	0.004	32.92	214.52	315	1.18	vérifiée	0.092	0.36	0.90	0.41	1.06	0.13	0.65	vérifiée	0.15	non vérifiée
RP42	RP43	65.43	65.20	62.76	62.65	27.96	0.004	83.68	307.18	315	1.15	vérifiée	0.089	0.94	1.12	0.78	1.28	0.25	0.63	vérifiée	0.14	non vérifiée
RP43	RP44	65.20	64.78	62.65	62.57	25.26	0.003	83.68	319.54	400	1.21	vérifiée	0.152	0.55	1.03	0.53	1.25	0.21	0.67	vérifiée	0.15	non vérifiée
RP44	RP45	64.78	64.97	62.57	62.50	23.36	0.003	83.68	318.21	400	1.22	vérifiée	0.154	0.54	1.03	0.53	1.26	0.21	0.67	vérifiée	0.15	non vérifiée
RP45	RP46	64.97	65.01	62.50	62.38	29.85	0.004	83.68	306.74	315	1.15	vérifiée	0.090	0.93	1.12	0.78	1.29	0.25	0.63	vérifiée	0.14	non vérifiée
RP46	RP47	65.01	65.38	62.38	62.30	35.28	0.002	83.68	340.07	400	1.03	vérifiée	0.129	0.65	1.07	0.59	1.10	0.24	0.56	non vérifiée	0.13	non vérifiée
RP47	Point de rejet 1	65.38	65.58	62.30	62.26	13.50	0.003	83.68	323.77	400	1.17	vérifiée	0.147	0.57	1.04	0.54	1.22	0.22	0.64	vérifiée	0.15	non vérifiée
tronçon	Cote TN		Cote du radier		Long (m)	Pente	Q (l/s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	1 ^{ere} condition Vps>1 m/s	Qps (m3/s)	Rq	Rv	Rh	V (m/s)	H (m)	V(1/10) (m/s)	2 ^{eme} condition V(1/10)>0.6m/s	V (1/100) (m/s)	3 ^{eme} condition V (1/100)>0.3 m/s	
	amont	aval	mont	aval																		
Collecteur principal CP3																						
RP56	RP57	59.37	59.55	58.13	57.99	27.22	0.005	10.00	132.85	315	1.28	vérifiée	0.100	0.10	0.66	0.22	0.85	0.07	0.70	vérifiée	0.16	non vérifiée
RP57	RP58	59.55	59.43	57.99	57.86	26.79	0.005	34.64	209.46	315	1.32	vérifiée	0.103	0.34	0.89	0.40	1.17	0.13	0.72	vérifiée	0.16	non vérifiée
RP58	RP59	59.43	59.28	57.86	57.75	25.75	0.004	34.64	219.93	315	1.16	vérifiée	0.090	0.38	0.92	0.43	1.06	0.13	0.64	vérifiée	0.14	non vérifiée
RP59	RP60	59.28	59.15	57.75	57.67	21.81	0.004	34.64	219.09	315	1.17	vérifiée	0.091	0.38	0.92	0.42	1.07	0.13	0.64	vérifiée	0.15	non vérifiée
RP60	RP61	59.15	58.94	57.67	57.56	27.05	0.004	34.64	218.54	315	1.18	vérifiée	0.092	0.38	0.92	0.42	1.08	0.13	0.65	vérifiée	0.15	non vérifiée
RP61	RP55	58.94	57.57	57.56	56.30	29.11	0.043	39.64	147.79	315	3.82	vérifiée	0.298	0.13	0.73	0.26	2.78	0.08	2.10	vérifiée	0.48	vérifiée
RP55	RP62	57.57	55.57	56.30	54.37	34.63	0.056	106.85	204.48	315	4.33	vérifiée	0.338	0.32	0.88	0.38	3.80	0.12	2.38	vérifiée	0.54	vérifiée
RP62	RP63	55.57	53.80	53.87	52.34	26.76	0.057	106.85	203.51	315	4.39	vérifiée	0.342	0.31	0.87	0.38	3.84	0.12	2.41	vérifiée	0.55	vérifiée
RP63	RP64	53.80	51.72	51.84	50.49	27.94	0.048	145.62	235.65	315	4.05	vérifiée	0.315	0.46	0.97	0.48	3.94	0.15	2.23	vérifiée	0.51	vérifiée
RP64	RP65	51.72	50.03	49.49	48.11	24.04	0.057	145.62	228.48	315	4.39	vérifiée	0.342	0.43	0.95	0.45	4.16	0.14	2.42	vérifiée	0.55	vérifiée
RP65	RP66	50.03	49.57	48.11	47.83	29.40	0.010	258.28	395.47	400	2.12	vérifiée	0.266	0.97	1.12	0.82	2.37	0.33	1.16	vérifiée	0.26	non vérifiée
RP66	RP67	49.57	49.73	47.83	47.50	28.25	0.012	258.28	381.22	400	2.33	vérifiée	0.293	0.88	1.11	0.73	2.60	0.29	1.28	vérifiée	0.29	non vérifiée
RP67	Point de rejet 2	49.73	51.25	47.50	47.35	12.46	0.012	258.28	381.22	400	2.33	vérifiée	0.293	0.88	1.11	0.73	2.60	0.29	1.28	vérifiée	0.29	non vérifiée
Collecteur secondaire CS3-1																						
RP49	RP50	59.56	59.71	58.33	58.24	19.05	0.005	44.00	232.70	315	1.26	vérifiée	0.098	0.45	0.96	0.47	1.22	0.15	0.70	vérifiée	0.16	non vérifiée
RP50	RP51	59.71	59.71	58.24	58.14	25.21	0.004	44.00	240.02	315	1.16	vérifiée	0.091	0.49	0.99	0.49	1.15	0.16	0.64	vérifiée	0.15	non vérifiée
RP51	RP52	59.71	59.49	58.14	58.04	25.17	0.004	44.00	239.98	315	1.16	vérifiée	0.091	0.49	0.99	0.49	1.15	0.16	0.64	vérifiée	0.15	non vérifiée
RP52	RP53	59.49	59.41	58.04	57.96	25.63	0.003	44.00	253.59	315	1.01	vérifiée	0.078	0.56	1.04	0.54	1.04	0.17	0.55	non vérifiée	0.13	non vérifiée
RP53	RP54	59.41	59.85	57.96	57.92	15.58	0.003	44.00	255.04	315	0.99	vérifiée	0.077	0.57	1.04	0.54	1.03	0.17	0.54	non vérifiée	0.12	non vérifiée
RP54	RP55	59.85	57.57	57.92	56.30	31.18	0.052	58.55	165.29	315	4.19	vérifiée	0.326	0.18	0.79	0.30	3.29	0.09	2.30	vérifiée	0.52	vérifiée
Collecteur secondaire CS3-1																						

RP69	RP70	58.61	55.86	56.11	54.61	23.62	0.063	8.98	78.86	315	4.62	vérifiée	0.360	0.02	0.38	0.10	1.76	0.03	2.54	vérifiée	0.58	vérifiée
RP70	RP71	55.86	54.10	53.81	52.86	19.32	0.049	8.98	82.68	315	4.08	vérifiée	0.318	0.03	0.40	0.11	1.63	0.03	2.24	vérifiée	0.51	vérifiée
RP71	RP72	54.10	52.58	52.36	51.32	19.90	0.052	82.60	188.01	315	4.19	vérifiée	0.326	0.25	0.84	0.34	3.52	0.11	2.30	vérifiée	0.52	vérifiée
RP72	RP73	52.58	51.16	50.82	49.81	17.56	0.058	82.60	184.39	315	4.41	vérifiée	0.344	0.24	0.83	0.34	3.67	0.11	2.43	vérifiée	0.55	vérifiée
RP73	RP74	51.16	49.96	49.81	48.76	24.02	0.044	82.60	194.38	315	3.83	vérifiée	0.299	0.28	0.85	0.36	3.27	0.11	2.11	vérifiée	0.48	vérifiée
RP74	RP75	49.96	50.57	48.76	48.59	8.02	0.022	100.17	237.97	315	2.71	vérifiée	0.211	0.47	0.98	0.49	2.66	0.15	1.49	vérifiée	0.34	vérifiée
RP75	RP76	50.57	50.43	48.59	48.52	7.38	0.010	100.17	276.56	315	1.82	vérifiée	0.141	0.71	1.09	0.62	1.98	0.19	1.00	vérifiée	0.23	non vérifiée
RP76	RP77	50.43	49.69	48.52	48.39	26.07	0.005	112.66	328.98	400	1.51	vérifiée	0.189	0.59	1.05	0.56	1.59	0.22	0.83	vérifiée	0.19	non vérifiée
RP77	RP78	49.69	49.65	48.39	48.28	22.09	0.005	112.66	327.69	400	1.52	vérifiée	0.191	0.59	1.05	0.56	1.60	0.22	0.84	vérifiée	0.19	non vérifiée
RP78	RP65	49.65	50.03	48.28	48.11	44.72	0.004	112.66	346.64	400	1.31	vérifiée	0.165	0.68	1.08	0.61	1.42	0.24	0.72	vérifiée	0.16	non vérifiée
Collecteur secondaire CS3-3																						
RP128	RP129	57.26	57.23	56.06	55.78	20.98	0.013	10.000	110.32	315	2.10	vérifiée	0.164	0.06	0.54	0.17	1.15	0.05	1.16	vérifiée	0.26	non vérifiée
RP129	RP130	57.23	56.56	55.78	54.96	28.74	0.029	62.452	189.24	315	3.11	vérifiée	0.243	0.26	0.84	0.35	2.62	0.11	1.71	vérifiée	0.39	vérifiée
RP130	RP131	56.56	55.59	54.96	54.14	27.84	0.029	62.452	188.59	315	3.14	vérifiée	0.245	0.26	0.84	0.34	2.64	0.11	1.73	vérifiée	0.39	vérifiée
RP131	RP132	55.59	54.88	54.14	53.54	34.75	0.017	62.452	207.99	315	2.42	vérifiée	0.189	0.33	0.89	0.39	2.14	0.12	1.33	vérifiée	0.30	vérifiée
RP132	RP71	54.88	54.10	53.54	52.86	26.01	0.026	62.452	192.60	315	2.97	vérifiée	0.231	0.27	0.85	0.35	2.53	0.11	1.63	vérifiée	0.37	vérifiée
tronçon	Cote TN		Cote du radier		Long (m)	Pente	Q (l/s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	1 ^{ere} condition Vps>1 m/s	Qps (m3/s)	Rq	Rv	Rh	V (m/s)	H (m)	V _(1/10) (m/s)	2 ^{eme} condition V _(1/10) >0.6m/s	V _(1/100) (m/s)	3 ^{eme} condition V _(1/100) >0.3 m/s	
	amont	aval	mont	aval																		
Collecteur principal CP4																						
RP85	RP86	49.80	48.52	48.60	47.32	21.38	0.060	31.16	126.97	315	4.50	vérifiée	0.351	0.09	0.63	0.21	2.85	0.07	2.48	vérifiée	0.56	vérifiée
RP86	RP87	48.52	47.21	46.82	46.01	17.55	0.046	31.16	133.52	315	3.94	vérifiée	0.307	0.10	0.67	0.22	2.62	0.07	2.17	vérifiée	0.49	vérifiée
RP87	RP88	47.21	46.09	45.51	44.85	11.26	0.058	31.16	127.62	315	4.44	vérifiée	0.346	0.09	0.64	0.21	2.83	0.07	2.44	vérifiée	0.56	vérifiée
RP88	RP89	46.09	45.18	44.35	43.93	11.07	0.039	31.16	137.95	315	3.61	vérifiée	0.281	0.11	0.69	0.24	2.47	0.07	1.98	vérifiée	0.45	vérifiée
RP89	RP90	45.18	45.75	43.93	43.74	19.35	0.010	31.16	178.67	315	1.81	vérifiée	0.141	0.22	0.82	0.32	1.48	0.10	1.00	vérifiée	0.23	non vérifiée
RP90	RP91	45.75	46.13	43.74	43.54	19.23	0.010	31.16	176.90	315	1.86	vérifiée	0.145	0.22	0.82	0.32	1.52	0.10	1.02	vérifiée	0.23	non vérifiée
RP91	RP81	46.13	42.60	42.74	40.99	33.30	0.053	51.83	157.52	315	4.22	vérifiée	0.328	0.16	0.76	0.28	3.21	0.09	2.32	vérifiée	0.53	vérifiée
RP81	RP84	42.60	39.94	39.49	38.34	25.47	0.045	80.37	191.04	315	3.91	vérifiée	0.304	0.26	0.85	0.35	3.31	0.11	2.15	vérifiée	0.49	vérifiée

RP84	RP92	39.94	38.03	36.84	35.53	16.88	0.077	97.15	185.59	315	5.10	vérifiée	0.397	0.24	0.83	0.34	4.26	0.11	2.81	vérifiée	0.64	vérifiée
RP92	RP93	38.03	34.06	34.03	32.06	15.49	0.128	97.15	168.85	315	6.56	vérifiée	0.511	0.19	0.80	0.30	5.22	0.10	3.61	vérifiée	0.82	vérifiée
RP93	RP94	34.06	29.78	30.56	28.28	16.64	0.137	97.15	166.75	315	6.79	vérifiée	0.529	0.18	0.79	0.30	5.36	0.09	3.73	vérifiée	0.85	vérifiée
RP94	Point de rejet 3	29.78	25.76	26.78	24.56	15.60	0.142	97.15	165.43	315	6.93	vérifiée	0.540	0.18	0.79	0.30	5.45	0.09	3.81	vérifiée	0.87	vérifiée
Collecteur secondaire CS4-1																						
RP79	RP80	41.23	42.53	39.61	39.50	31.82	0.003	17.31	173.75	315	1.08	vérifiée	0.084	0.21	0.81	0.31	0.88	0.10	0.60	non vérifiée	0.14	non vérifiée
RP80	RP81	42.53	42.60	39.50	39.49	28.92	0.001	17.31	248.46	315	0.42	non verif	0.033	0.53	1.02	0.52	0.43	0.16	0.23	non vérifiée	0.05	non vérifiée
Collecteur secondaire CS4-2																						
RP82	RP83	38.63	39.18	37.43	37.28	31.29	0.005	16.78	160.34	315	1.30	vérifiée	0.101	0.17	0.77	0.28	1.00	0.09	0.72	vérifiée	0.16	non vérifiée
RP83	RP84	39.18	39.94	37.28	37.14	29.11	0.005	16.78	163.37	315	1.24	vérifiée	0.096	0.17	0.78	0.29	0.97	0.09	0.68	vérifiée	0.15	non vérifiée
tronçon	Cote TN		Cote du radier		Long (m)	Pente	Q (l/s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	1 ^{ere} condition Vps>1 m/s	Qps (m3/s)	Rq	Rv	Rh	V (m/s)	H (m)	V(1/10) (m/s)	2 ^{eme} condition V(1/10)>0.6m/s	V (1/100) (m/s)	3 ^{eme} condition V(1/100)>0.3 m/s	
	amont	aval	mont	aval																		
Collecteur principal CP5																						
RP136	RP137	51.94	48.48	49.94	47.28	28.02	0.095	230.48	246.82	315	5.66	vérifiée	0.441	0.52	1.01	0.52	5.73	0.16	3.11	vérifiée	0.71	vérifiée
RP137	RP138	48.48	46.93	47.28	45.81	29.89	0.049	230.48	279.14	315	4.08	vérifiée	0.317	0.73	1.09	0.63	4.45	0.20	2.24	vérifiée	0.51	vérifiée
RP138	RP139	46.93	47.10	45.81	45.52	28.98	0.010	230.48	376.82	400	2.15	vérifiée	0.270	0.85	1.11	0.71	2.38	0.28	1.18	vérifiée	0.27	non vérifiée
RP139	RP140	47.10	46.21	45.52	44.92	16.88	0.036	238.87	300.76	315	3.46	vérifiée	0.270	0.89	1.11	0.74	3.85	0.23	1.90	vérifiée	0.43	vérifiée
RP140	RP141	46.21	47.39	44.92	44.56	35.52	0.010	265.39	394.83	400	2.18	vérifiée	0.274	0.97	1.12	0.82	2.45	0.33	1.20	vérifiée	0.27	non vérifiée
RP141	RP142	47.39	48.25	44.56	44.16	40.96	0.010	265.39	398.59	400	2.13	vérifiée	0.267	0.99	1.12	0.84	2.39	0.34	1.17	vérifiée	0.27	non vérifiée
RP142	Point de rejet 6	48.25	46.30	44.16	43.98	19.44	0.009	574.19	538.20	630	2.80	vérifiée	0.872	0.66	1.08	0.59	3.01	0.37	1.54	vérifiée	0.35	vérifiée
Collecteur secondaire CS5-1																						
RP144	RP145	61.84	59.06	59.84	57.77	38.08	0.054	174.04	246.48	315	4.29	vérifiée	0.334	0.52	1.01	0.52	4.34	0.16	2.36	vérifiée	0.54	vérifiée
RP145	RP146	59.06	56.07	56.27	54.07	31.53	0.070	174.04	235.38	315	4.85	vérifiée	0.378	0.46	0.97	0.48	4.72	0.15	2.67	vérifiée	0.61	vérifiée
RP146	RP147	56.07	51.32	52.57	49.93	36.47	0.073	220.72	255.37	315	4.95	vérifiée	0.385	0.57	1.04	0.55	5.15	0.17	2.72	vérifiée	0.62	vérifiée
RP147	RP148	51.32	49.58	48.93	48.38	16.08	0.034	220.72	293.93	315	3.40	vérifiée	0.265	0.83	1.11	0.69	3.76	0.22	1.87	vérifiée	0.43	vérifiée
RP148	RP149	49.58	49.22	47.38	46.63	37.16	0.020	263.43	347.50	400	3.05	vérifiée	0.383	0.69	1.09	0.61	3.31	0.24	1.68	vérifiée	0.38	vérifiée
RP149	RP4	49.22	49.23	46.63	46.06	28.55	0.020	270.45	350.93	400	3.05	vérifiée	0.383	0.71	1.09	0.62	3.32	0.25	1.68	vérifiée	0.38	vérifiée
RP4	RP142	49.23	48.25	45.06	44.16	33.39	0.027	308.80	348.37	400	3.55	vérifiée	0.446	0.69	1.09	0.61	3.85	0.24	1.95	vérifiée	0.44	vérifiée
Collecteur secondaire CS5-2																						
RP1	RP2	52.15	51.33	50.95	50.13	29.02	0.028	38.35	158.24	315	3.08	vérifiée	0.240	0.16	0.76	0.28	2.35	0.09	1.69	vérifiée	0.39	vérifiée
RP2	RP3	51.33	50.39	50.13	49.19	31.53	0.030	38.35	156.44	315	3.18	vérifiée	0.247	0.15	0.76	0.28	2.41	0.09	1.75	vérifiée	0.40	vérifiée
RP3	RP4	50.39	49.23	49.19	48.03	46.37	0.025	38.35	161.73	315	2.91	vérifiée	0.226	0.17	0.77	0.29	2.25	0.09	1.60	vérifiée	0.36	vérifiée

tronçon	Cote TN		Cote du radier		Long (m)	Pente	Q (l/s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	1 ^{ere} condition Vps>1 m/s	Qps (m3/s)	Rq	Rv	Rh	V (m/s)	H (m)	V _(1/10) (m/s)	2 ^{eme} condition V _(1/10) >0.6m/s	V _(1/100) (m/s)	3 ^{eme} condition V _(1/100) >0.3 m/s	
	amont	aval	mont	aval																		
Collecteur principal CP6																						
RP150	RP151	74.63	74.27	73.46	73.08	25.19	0.015	31.18	164.56	315	2.26	verifiée	0.176	0.18	0.78	0.29	1.77	0.09	1.24	verifiée	0.28	non vérifiée
RP151	RP152	74.27	74.11	73.08	72.99	22.79	0.004	31.18	209.85	315	1.18	verifiée	0.092	0.34	0.89	0.40	1.05	0.13	0.65	verifiée	0.15	non vérifiée
RP152	RP153	74.11	73.88	72.99	72.60	29.27	0.013	31.18	168.52	315	2.12	verifiée	0.165	0.19	0.79	0.30	1.68	0.10	1.16	verifiée	0.26	non vérifiée
RP153	RP154	73.88	73.30	72.60	72.10	23.39	0.021	31.18	154.56	315	2.67	verifiée	0.208	0.15	0.75	0.27	2.01	0.09	1.47	verifiée	0.33	verifiée
RP154	RP155	73.30	72.98	72.10	71.78	24.60	0.013	31.18	168.70	315	2.11	verifiée	0.165	0.19	0.79	0.30	1.68	0.10	1.16	verifiée	0.26	non vérifiée
RP155	RP156	72.98	72.47	71.78	71.36	32.02	0.013	31.18	169.31	315	2.09	verifiée	0.163	0.19	0.80	0.30	1.67	0.10	1.15	verifiée	0.26	non vérifiée
RP156	RP12	72.47	72.50	71.36	71.24	24.93	0.005	74.81	280.92	315	1.30	verifiée	0.101	0.74	1.09	0.63	1.42	0.20	0.72	verifiée	0.16	non vérifiée
RP12	RP157	72.50	72.58	71.24	71.14	20.05	0.005	168.29	381.08	500	1.77	verifiée	0.347	0.49	0.99	0.49	1.75	0.25	0.97	verifiée	0.22	non vérifiée
RP157	RP158	72.58	72.24	71.14	71.01	26.17	0.005	168.29	380.84	500	1.77	verifiée	0.347	0.48	0.99	0.49	1.75	0.25	0.97	verifiée	0.22	non vérifiée
RP158	RP159	72.24	71.51	71.01	70.17	19.69	0.043	168.29	254.95	315	3.79	verifiée	0.295	0.57	1.04	0.54	3.94	0.17	2.08	verifiée	0.47	verifiée
RP159	RP160	71.51	70.96	70.17	69.73	17.96	0.024	168.29	282.89	315	2.87	verifiée	0.224	0.75	1.10	0.64	3.15	0.20	1.58	verifiée	0.36	verifiée
RP160	RP161	70.96	69.97	69.73	68.56	23.40	0.050	168.29	247.52	315	4.10	verifiée	0.319	0.53	1.02	0.52	4.17	0.16	2.26	verifiée	0.51	verifiée
RP161	RP38	69.97	68.29	68.56	67.04	28.13	0.054	168.29	243.63	315	4.28	verifiée	0.333	0.51	1.00	0.51	4.29	0.16	2.35	verifiée	0.53	verifiée
RP38	RP162	68.29	66.76	67.04	65.59	28.12	0.051	236.33	279.43	315	4.17	verifiée	0.325	0.73	1.09	0.63	4.56	0.20	2.29	verifiée	0.52	verifiée
RP162	RP163	66.76	64.83	65.09	63.63	24.66	0.059	236.33	272.26	315	4.47	verifiée	0.348	0.68	1.08	0.60	4.84	0.19	2.46	verifiée	0.56	verifiée
RP163	RP164	64.83	64.09	63.63	62.89	23.91	0.031	236.33	307.40	400	3.79	verifiée	0.476	0.50	1.00	0.50	3.78	0.20	2.08	verifiée	0.47	verifiée
RP164	RP165	64.09	64.04	62.89	62.83	14.44	0.004	302.47	488.31	500	1.64	verifiée	0.322	0.94	1.12	0.79	1.83	0.39	0.90	verifiée	0.20	non vérifiée
RP165	RP166	64.04	63.22	62.83	62.02	24.16	0.033	302.47	332.23	400	3.94	verifiée	0.495	0.61	1.06	0.57	4.18	0.23	2.17	verifiée	0.49	verifiée
RP166	RP167	63.22	61.94	62.02	60.75	26.18	0.049	302.47	309.58	400	4.76	verifiée	0.598	0.51	1.00	0.51	4.77	0.20	2.62	verifiée	0.60	verifiée
RP167	RP168	61.94	60.81	60.75	59.62	24.22	0.047	302.47	312.38	400	4.65	verifiée	0.584	0.52	1.01	0.51	4.70	0.21	2.56	verifiée	0.58	verifiée
RP168	RP169	60.81	58.89	58.62	57.18	26.60	0.054	302.47	303.51	315	4.28	verifiée	0.333	0.91	1.12	0.75	4.77	0.24	2.35	verifiée	0.53	verifiée
RP169	RP170	58.89	57.24	57.18	56.40	27.14	0.029	447.61	396.51	400	3.64	verifiée	0.457	0.98	1.12	0.83	4.09	0.33	2.00	verifiée	0.46	verifiée
RP170	RP171	57.24	56.43	56.40	55.52	21.12	0.042	447.61	369.00	400	4.41	verifiée	0.554	0.81	1.10	0.68	4.87	0.27	2.43	verifiée	0.55	verifiée
RP171	RP172	56.43	55.47	55.52	54.39	35.43	0.032	447.61	388.78	400	3.84	verifiée	0.482	0.93	1.12	0.78	4.29	0.31	2.11	verifiée	0.48	verifiée
RP172	RP173	55.47	54.81	54.39	53.67	29.70	0.024	549.35	441.40	500	3.90	verifiée	0.764	0.72	1.09	0.62	4.25	0.31	2.14	verifiée	0.49	verifiée
RP173	RP174	54.81	54.30	53.67	52.91	24.37	0.031	549.35	421.47	500	4.41	verifiée	0.865	0.64	1.07	0.58	4.71	0.29	2.42	verifiée	0.55	verifiée
RP174	RP175	54.30	53.56	52.91	52.10	34.80	0.023	608.21	462.01	500	3.82	verifiée	0.749	0.81	1.10	0.68	4.22	0.34	2.10	verifiée	0.48	verifiée
RP175	RP176	53.56	52.32	52.10	51.15	30.87	0.031	608.21	438.73	500	4.38	verifiée	0.860	0.71	1.09	0.62	4.77	0.31	2.41	verifiée	0.55	verifiée
RP176	Point de rejet 5	52.32	52.16	51.15	50.96	32.79	0.006	608.21	598.14	630	2.24	verifiée	0.697	0.87	1.11	0.72	2.49	0.46	1.23	verifiée	0.28	non vérifiée
Collecteur secondaire CS6-1																						

RP5	RP6	74.22	73.99	73.11	72.80	20.24	0.015	35.47	172.86	315	2.25	verifiée	0.175	0.20	0.81	0.31	1.81	0.10	1.24	verifiée	0.28	non vérifiée
RP6	RP7	73.99	73.64	72.80	72.44	21.45	0.017	35.47	169.16	315	2.39	verifiée	0.186	0.19	0.80	0.30	1.90	0.10	1.31	verifiée	0.30	non vérifiée
RP7	RP10	73.64	72.99	72.44	71.79	36.73	0.018	35.47	167.83	315	2.44	verifiée	0.190	0.19	0.79	0.30	1.93	0.09	1.34	verifiée	0.30	verifiée
RP10	RP11	72.99	72.62	71.79	71.40	19.75	0.020	35.47	163.91	315	2.59	verifiée	0.202	0.18	0.78	0.29	2.03	0.09	1.43	verifiée	0.32	verifiée
RP11	RP12	72.62	72.49	71.40	71.24	23.85	0.007	35.47	200.72	315	1.51	verifiée	0.118	0.30	0.87	0.37	1.31	0.12	0.83	verifiée	0.19	non vérifiée
Collecteur secondaire CS6-2																						
RP31	RP32	73.98	72.95	72.78	71.75	22.80	0.045	52.72	163.00	315	3.91	verifiée	0.305	0.17	0.78	0.29	3.05	0.09	2.15	verifiée	0.49	verifiée
RP32	RP33	72.95	72.21	71.75	71.05	23.28	0.030	52.72	176.33	315	3.17	verifiée	0.247	0.21	0.81	0.32	2.58	0.10	1.75	verifiée	0.40	verifiée
RP33	RP34	72.21	71.73	71.05	70.58	24.31	0.020	52.72	190.82	315	2.57	verifiée	0.200	0.26	0.85	0.35	2.18	0.11	1.41	verifiée	0.32	verifiée
RP34	RP35	71.73	71.59	70.58	70.39	19.06	0.010	52.72	217.20	315	1.82	verifiée	0.142	0.37	0.91	0.42	1.66	0.13	1.00	verifiée	0.23	non vérifiée
RP35	RP36	71.59	70.94	70.39	69.78	24.60	0.025	52.72	182.77	315	2.88	verifiée	0.225	0.23	0.83	0.33	2.39	0.10	1.59	verifiée	0.36	verifiée
RP36	RP37	70.94	70.19	69.58	69.04	11.65	0.047	52.72	162.22	315	3.96	verifiée	0.309	0.17	0.78	0.29	3.08	0.09	2.18	verifiée	0.50	verifiée
RP37	RP38	70.19	68.29	67.64	67.04	12.33	0.049	52.72	160.84	315	4.06	verifiée	0.316	0.17	0.77	0.29	3.13	0.09	2.23	verifiée	0.51	verifiée

Commentaires :

Les résultats présentés dans le tableau ci-dessus, permettent de relever les constatations suivantes :

- Les conditions d'autocurage sont vérifiées pour la majorité des tronçons constituant les réseaux des eaux usées et des eaux pluviales, à l'exception de quelques tronçons qui se trouvent dans la partie amont.
- Une vitesse d'écoulement élevée, excédant la limite maximale estimée à 4m/s, causée par les fortes pentes du terrain et dont nous sommes parvenus à minimiser au moyen de regard de chute sans arriver à atteindre la limite acceptable estimée à 5%.

Les deux réseaux peuvent être projetés avec les caractéristiques physiques établis dans le dimensionnement ci-dessus.

V.4 Calcul du temps de concentration :

Les résultats obtenus dans les tableaux précédents, notamment les vitesses dans chaque tronçon, nous permettent l'estimation du temps de concentration « t_c » donné par la formule citée dans le chapitre IV :

$$t_c = t_1 + t_2 \quad \text{avec}$$

$$t_1 = \frac{L}{60 \times v} \quad , t_2 \text{ varie de 2 à 20 min}$$

tronçon		Longueur (m)	Vitesse (m/s)	t_1 (min)
RP150	RP151	25.19	1.82	0.23
RP151	RP152	22.79	1.09	0.35
RP152	RP153	29.27	1.73	0.28
RP153	RP154	23.39	2.08	0.19
RP154	RP155	24.6	1.73	0.24
RP155	RP156	32.02	1.72	0.31
RP156	RP12	24.93	1.44	0.29
RP12	RP157	20.05	1.85	0.18
RP157	RP158	26.17	1.86	0.23
RP158	RP159	19.69	4.12	0.08
RP159	RP160	17.96	3.21	0.09
RP160	RP161	23.4	4.39	0.09
RP161	RP38	28.13	4.54	0.10
RP38	RP162	28.12	4.63	0.10
RP162	RP163	24.66	4.93	0.08
RP163	RP164	23.91	3.99	0.10
RP164	RP165	14.44	1.99	0.12
RP165	RP166	24.16	4.28	0.09
RP166	RP167	26.18	4.96	0.09
RP167	RP168	24.22	4.87	0.08
RP168	RP169	26.6	5.15	0.09
RP169	RP170	27.14	4.44	0.10
RP170	RP171	21.12	4.91	0.07
RP171	RP172	35.43	4.61	0.13
RP172	RP173	29.7	4.28	0.12
RP173	RP174	24.37	1.78	0.23
RP174	RP175	34.8	4.24	0.14
RP175	RP176	30.87	4.81	0.11
RP176	RP177	32.79	2.50	0.22
				$\Sigma t = 4.53$

A partir du tableau, $t_1 \approx 5 \text{ min}$

On prend : $t_2 = 5 \text{ min}$

D'où :

$$t_c = t_1 + t_2 = 5 + 5 = 10 \text{ min}$$

Conclusion :

Nous avons traité dans ce chapitre des notions théoriques sur le dimensionnement des canalisations en assainissement, notamment des formules de calcul de vitesse d'écoulement, et procéder au dimensionnement du réseau des eaux pluviales et celui des eaux usées, ainsi que la vérification des conditions d'autocurage. Les résultats obtenus sont récapitulés dans des tableaux.

CHAPITRE VI :

Les éléments constitutifs du réseau

Introduction :

Les réseaux d'assainissement collectent les eaux et assure le transfert vers l'unité de traitement ou le milieu naturel tout en garantissant la sauvegarde du milieu naturel.

Pour satisfaire à ces objectifs et afin de garantir le bon fonctionnement du réseau d'évacuation, il est nécessaire de prêter grande attention au choix et à l'emplacement des ouvrages constituant le système d'assainissement ainsi que leur entretien.

VI.1 Elément de conduites :

Les conduites représentent la partie principale du système d'évacuation des eaux usées et pluviales, on distingue :

- Les conduites cylindriques.
- Les conduites ovoïdes préfabriquées.
- Les ouvrages visitables.

Les conduites à section circulaire sont désignées par leurs diamètres nominaux en mm.

Les conduites ovoïdes sont désignées par leurs hauteurs intérieures, nominales exprimées en cm.

VI.1.1 Les conduites de section circulaire :

En assainissement, nous rencontrons :

- Les conduites métalliques.
- Les conduites en amiante ciment.
- Les conduites en béton armé et non armé.
- Les conduites en gré.
- Les conduites en polyéthylène (haute densité).
- Les conduites en polychlorure de vinyle non plastifié.

L'utilisation des conduites circulaires est réservée pour les faibles sections. Par rapport aux autres formes de sections, la forme circulaire est très simple à fabriquer. Elle peut être utilisée pour les grandes sections avec certains inconvénients.

- Largeur importante de la tranchée.
- Vitesse d'écoulement faible pour des tirants d'eau faibles dans les sections de la canalisation, d'où surgit la difficulté du curage et d'entretien.

VI.1.1.1 Les conduites en fonte :

Ce type de conduite a été imposé à titre de sécurité pour la traversée d'un bassin hydrominéral par un collecteur d'eaux usées. Les raffineries de pétrole utilisent souvent ce type de conduites pour évacuer les eaux usées industrielles.

VI.1.1.2 Conduites en amiante ciment :

Les conduites en amiante ciment à utiliser sont ceux de la classe « Assainissement » du type sans emboitement. Le revêtement intérieur de la paroi est à la base d'enduit anti-acide. Les diamètres couramment utilisés varient entre 80 et 500mm. Les longueurs utiles varient entre 0,5 et 5,0 m. Il existe des pièces de raccords classiques, coudes au ¼ ou 1/8, branchements et cônes de jonction [10].

a- Joints :

L'assemblage de ces conduites se fait surtout sans emboitement. Le joint sans emboitement est un joint glissant employé pour les conduites de diamètre de 700 à 800 mm, ne comportant pas d'emboitement mais sont réunis par des manchons en amiante-ciment ayant :

- Deux anneaux de butée pour le centrage.
 - Deux rondelles d'étanchéité vers l'extérieur (joint Everitube).
- Le joint Eternit fabriqué pour l'assemblage des conduites à bouts lisses muni intérieurement :
- D'une gorge centrale où se trouve le talon de butée en caoutchouc de section rectangulaire.
 - De deux gorges latérales symétriques recevant l'anneau d'étanchéité.

VI.1.1.3 Conduites en gré :

Les conduites en gré sont livrables en longueur utiles de 1m, 1.5m et 2m.

L'essai à l'épreuve d'étanchéité s'effectue :

- Soit sous une pression de 1bar pour 30 mn.
- Soit sous une pression 3bars pendant 30 sec

La résistance à l'écrasement se calcule par la relation suivante :

$$P_{(daN/m)} = \frac{\text{charge max. d'essai}}{\text{longueur de l'interaction}(m)}$$

a- joints :

Nous distinguons trois sortes de joints :

- Joint au mortier de ciment : l'interstice est remplie avec du mortier composé de ciment et de sable. Ce joint a le défaut d'être trop rigide.
- Joint avec corde goudronnée et mortier de ciment : l'extrémité male de la conduite est entourée avec la corde goudronnée. La canalisation est en place, la corde est bourrée au fond de l'emboitement et le reste est rempli de mortier.

V.1.1.4 Conduites en matières plastiques :

Nous distinguons :

- Les conduites en matière thermodurcissable.
- Les conduites en matière thermoplastique.

Le PVC fait partie de la famille des thermoplastiques, c'est une résine synthétique résultant de la polymérisation du chlorure de vinyle monomère, le PVC peut donner des produits souples ou rigides.

Le PVC rigide non plastifié, utilisé en assainissement, est opaque et de couleur normalisée gris. Il offre une exceptionnelle résistance à l'agression d'ordre chimique.

a- joints :

Les conduites peuvent être assemblées soit par collage, soit par bagues d'étanchéité.

V.1.1.5 Les conduites en béton armé :

a- nature du matériau :

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

- Des génératrices disposées en parallèle le long de la conduite. Nous pouvons rencontrer plusieurs couches de génératrices en fonction des conditions de pose en tranchée pour lesquelles la canalisation est utilisée, généralement lorsque le diamètre est supérieur à 1200mm.
- Les cerces disposées de telle façon à former des grilles avec les génératrices et écartées d'environ 15cm l'un de l'autre, ou bien disposées en hélice à pas de 15 cm au maximum. Les conduites type Bonna comportent en plus des couches d'armatures, une âme en tôle pour assurer l'étanchéité et augmenter la résistance de la conduite. Les aciers utilisés peuvent être :
 - des ronds lisses
 - des fils tréfilés
 - des treillis soudés

b- fabrication :

- **La vibration** : les conduites vibrées sont fabriquées à l'aide de trois procédés :
 - Vibrateurs fixes ou mobiles
 - Table vibrante
 - Ou noyau vibrant
- Ils sont armés ou non armés pour des diamètres variant entre 200 et 1200mm.
- **La centrifugation** : permet le coulage du béton en présence d'armature dans un moule animé d'une vitesse de rotation variable.

- **Le compactage :** les conduites compactées ne sont généralement pas armées (longueur de 1m) pour un diamètre variant entre 100 et 1200mm. Pour confectionner les conduites par compactage centrifuge type Rocta., la cage d'armature est préparée au préalable pendant la rotation de la machine. Le béton introduit dans le moule est compacté énergiquement par effet combiné de la force centrifuge et la pression du moule.

c- joints :

Pour avoir une bonne étanchéité quel que soit la nature du sol, les joints doivent être confectionnés en élastomère, contre les eaux intérieures et extérieures.

- **Joint type Rocta :** c'est un joint à emboitement ou l'étanchéité est assurée grâce à l'anneau dans un logis. Le jeu de 1 cm permet la non transmission des contraintes longitudinales. Il est valable pour tous les diamètres.
- **Joint torique :** il est remplacé dans la plus part des cas par le Rocta. Il s'adapte pour les sols faibles, à condition que la pression ne soit pas trop élevée. Il s'adapte également pour les terrains en pente, grâce au jeu de 1cm.
- **Joint à demi-emboitement :** la liaison entre les deux bouts se fait par bourrage de ciment utilisé uniquement pour les terrains durs et la canalisation sans charge. Le déboitement est très facile pour les terrains qui tassent et en pente.
- **joint à collet :** c'est un joint à emboitement rigide, avec collage en ciment utilisé que dans les bons sols, à éviter dans les terrains argileux.
- **Joint plastique :** c'est un joint étanche et résistant même s'il est en charge. La présence du cordon de butée en bitume et la bague ou manchon en matière plastique contribuent à la bonne étanchéité. Il s'adapte à presque tous les sols si la confection est bien faite.

VI.1.2 Les conduites de section ovoïde :

Pour éviter le problème d'autocurage, le profil circulaire est remplacé par la forme ovoïde, quand le diamètre dépasse généralement 800mm. Parfois le problème d'autocurage dans les canalisations circulaires est résolu en leur adjoignant une cuvette de petit diamètre.

Cette forme permet d'obtenir une vitesse d'écoulement aussi constante que possible pour de grande variation du niveau d'eau. Leur utilisation est très demandée dans le cas où l'ouvrage est visitable. Leur inconvénient réside dans l'inclinaison de l'ouvrage dans le cas où le sol est faible[10].

VI.1.3 Essais de conduites préfabriquées :

Les essais à l'écrasement, à l'étanchéité et à la corrosion représentent les premières opérations que subissent les conduites après leur fabrication à l'usine pour leur bonne tenue en service.

VI.1.3.1 Opération d'essai à l'écrasement :

L'épreuve de l'écrasement se fait par presse automatique avec enregistrement des efforts. Ils doivent être répartis uniformément sur la génératrice supérieure de la conduite. La mise en charge est effectuée jusqu'à rupture par écrasement et ovalisation à une vitesse de 1000 daN/m de longueur et par minute.

VI.1.3.2 Opération d'essai à l'étanchéité :

L'essai à l'étanchéité est obligatoire à l'usine et au chantier. A l'usine, la conduite est maintenue debout remplie d'eau. La diminution de niveau d'eau ne doit pas dépasser 2cm en 24 heures.

Au chantier : l'essai à l'eau se fait pour les faibles diamètres et les joints pendant 30 minutes. La pression est augmentée jusqu'à trois bars. L'essai à la fumée se fait en cas d'absence du vent pour les conduites non humides. L'essai à l'air sous pression se fait en acceptant une variation de pression inférieure à 0.5 bars.

V.1.3.3 Opération d'essai à la corrosion :

Les conduites en béton ou en amiante ciment sont les plus largement utilisées et les plus gravement corrodées par l'hydrogène sulfuré. la corrosion du béton commence par la baisse du pH superficiel suite au lessivage de la chaux en excès et la carbonation de la surface par le gaz carbonique.

Ce phénomène permet le développement des bactéries qui amorcent la formation d'acide sulfurique, ce qui entraîne une baisse de pH superficiel du béton. Celle-ci permet le développement rapide des bactéries acidophiles et s'accompagne de la progression du processus de corrosion vers l'intérieur du béton.

Toutes les conduites fabriquées avec un tel matériau doivent être soumises à l'épreuve de corrosion, parmi les tuyaux en gré, nous envisagerons l'essai avec les produits suivants :

- Acide chlorhydrique pur à 22°
- Acide chlorhydrique pur dilué à 1/10
- Acide nitrique pur à 35°
- Acide nitrique dilué à 1/10
- Acide sulfurique pur à 66°
- Acide sulfurique dilué à 1/10

Après cela, nous procédons à un lavage à l'eau douce, un séchage à l'étuve, ensuite on pèse les échantillons : les surfaces de la paroi interne ne doivent pas être altérées.

VI.1.4 Proposition des remèdes :

Les remèdes qu'il est possible de proposer pour lutter contre l'action des sulfures sont de deux natures :

- Les remèdes hydrauliques
- Les remèdes chimiques

VI.1.4.1 Remèdes hydrauliques :

Les principaux remèdes hydrauliques applicables sont :

- Le rinçage périodique des conduites gravitaires
- Le raccourcissement du temps de séjour dans les conduites de refoulement, soit en ajustant au mieux le diamètre des canalisations au besoin de la pointe
- La transformation de la conduite de refoulement en conduite gravitaire. Celle-ci nécessite des couts d'investissement et d'exploitation assez élevés.

VI.1.4.2 Remèdes chimiques :

- Oxygène liquide
- Peroxyde d'hydrogène
- Sulfate ferreux

Toutefois, il est imposé aux industriels de ramener la valeur du pH entre 5.5 et 8.5 avant le rejet dans le rejet publique.

VI.1.5 Choix du matériau :

Le choix du matériau doit répondre aux trois points :

- Résistance aux actions chimiques du sol.
- Bonne étanchéité (fuites d'eaux usées augmentant l'agressivité du terrain.
- Résistance aux actions mécaniques dues aux charges externes.

En pratique, cinq matériaux sont utilisés pour confectionner les conduites d'égout :

- **Le gré** : c'est un matériau qui résiste bien à la corrosion, ayant une bonne tenue dans le temps, une assez bonne résistance mécanique pour les petites sections. L'étanchéité est satisfaisante.
- **Le PVC** : excellente étanchéité, très grande facilité de pose, très bonne caractéristique hydraulique, bonne résistance mécanique.
- **L'amianté ciment** : elle a sensiblement les mêmes caractéristiques que le PVC.
- **Béton armé** : il est indispensable pour les grandes sections, mais en étanchéité est faible.
- **Béton non armé** : il est de loin le plus employé pour les conduites préfabriquées.

VI.1.6 Pose de canalisation :

- La canalisation doit être enterrée sous une couverture d'au moins 80cm au départ, portée à un mètre, dans le cas de diamètre supérieur à 400mm.
- Les canalisations d'eau usée et pluviale souvent posées en parallèle dans la même tranchée, mais elles sont décalées en niveau de 30 à 40 cm afin de permettre le passage de branchement particuliers. On s'efforcera de les placer à plus de 3m des arbres en place.
- Il est conseillé de placer le réseau d'eau pluviale au-dessus du réseau d'eaux vannes dans le cas où ils sont voisins. En effet la disposition inverse peut entraîner une pollution des eaux pluviales en cas de fuites.
- L'emplacement de la canalisation est variable suivant la chaussée et le système de réseau. Dans le cas où la largeur des rues ne dépasse pas 10 à 15m, la canalisation est posée dans l'axe de chaussée. Dans le cas où la chaussée est plus large, la pose de la canalisation sous chaque trottoir est à envisager.

Les canalisations peuvent être placées :

- Dans le terrain naturel, solution la plus courante.
- Dans les galeries accessibles.
- Dans le terrain de fouille.

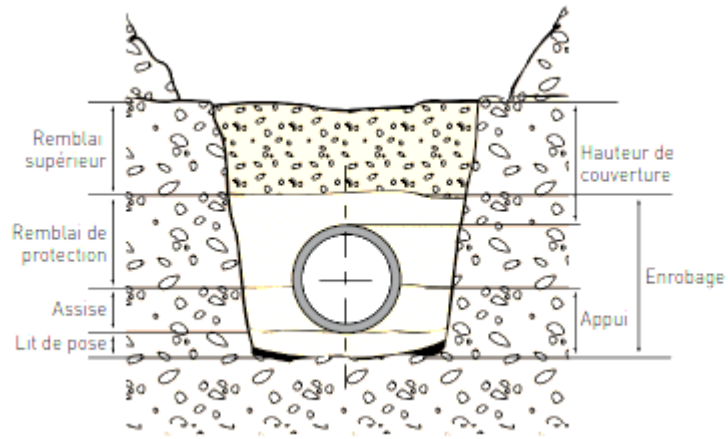
VI.1.6.1 terrain ordinaire :

Le fond de la tranchée est arasé à 10 cm au moins, en dessous de la cote prévue pour la génératrice inférieure de la canalisation. Dans toute cette épaisseur, le lit de pose sera toujours constitué d'éléments de granulométrie suffisamment fine.

Le remblai en contact direct avec la canalisation, jusqu'à une hauteur uniforme de 10 cm au-dessus de sa génératrice supérieure, doit être constitué du même matériau que celui du lit de pose.

Le compactage doit être réalisé exclusivement sur les parties latérales de la tranchée, hors de la zone occupée par le tube, afin d'obtenir un calage efficace des flancs de la canalisation.

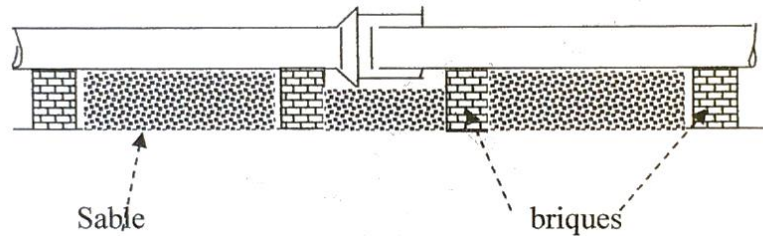
L'exécution du remblai proprement dit peut comporter la réutilisation des déblais d'extraction de la fouille. Ceux-ci devront toutefois être expurgés des éléments de dimension supérieure à 10 cm, des débris végétaux et animaux, des vestiges de maçonnerie, et de tout élément pouvant porter atteinte à la canalisation ainsi qu'à la qualité du compactage.



FigureVI-1 : pose de canalisation en terrain ordinaire

VI.1.6.2 terrain mauvais :

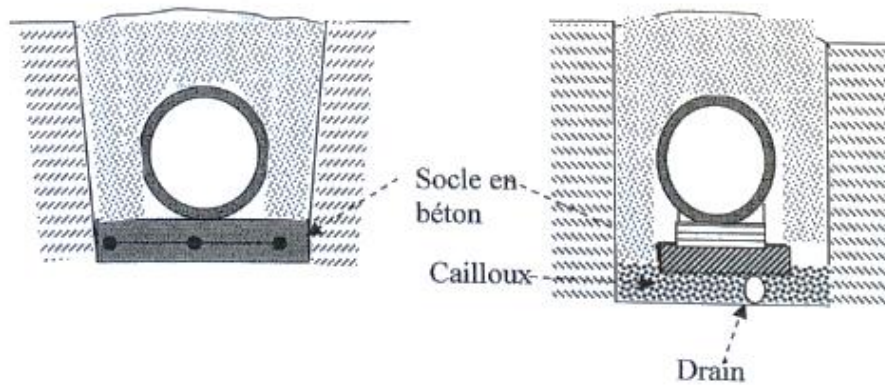
Dans les terrains peu consistants, le fond de tranchée sera consolidé (bétonnage, empierrement). Chaque conduite repose sur deux briques posées sur ce fond ; le vide est ensuite rempli de sable.



FigureVI-2 : pose de canalisation en terrain peu consistant
(B.Salah(2014), assainissement des eaux usées et pluviale des agglomérations)

VI.1.6.3 terrains très mauvais :

Une dalle en béton armé peut être envisagée au fond de la tranchée.



FigureVI-3 : pose de canalisation en terrain très mauvais
(B.Salah(2014), assainissement des eaux usées et pluviale des agglomérations)

VI.2 Ouvrages annexes :

VI.2.1 les branchements :

Ce sont des conduites de diamètre inférieur au diamètre de canalisation publique (environ 7/10) reliant le réseau vertical d'eau usée et pluviale des immeubles à cette dernière.

Le raccordement du côté égout peut être perpendiculaire en présence de galerie visitable et incliné en général à 60° sur les canalisations pour ne pas perturber l'écoulement.

Le tracé de la conduite de branchement doit avoir une pente d'environ 3% pour favoriser un écoulement avec rinçage [10].

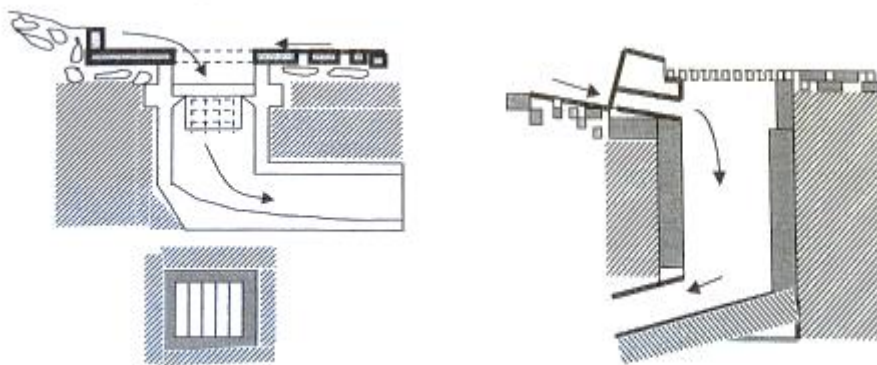


FigureVI-4 : point de raccordement avec inclination
(B.Salah(2014), assainissement des eaux usées et pluviales des agglomérations)

VI.2.2 Les bouches d'égout :

Elles servent à l'absorption de l'eau de surface (pluviale et de l'eau de lavage des chaussées). Elles sont utilisées aux points bas des caniveaux, soit dans le trottoir (absorption du côté latéral) soit dans la chaussée (absorption par haut).

La distance entre les bouches d'égout est en moyenne 50m. La section d'entrée est en fonction de l'écartement entre les deux bouches afin d'absorber le flot d'orage venant de l'amont.



FigureVI-5 : absorption par : le haut, le côté latéral
(B.Salah(2014), assainissement des eaux usées et pluviales des agglomérations)

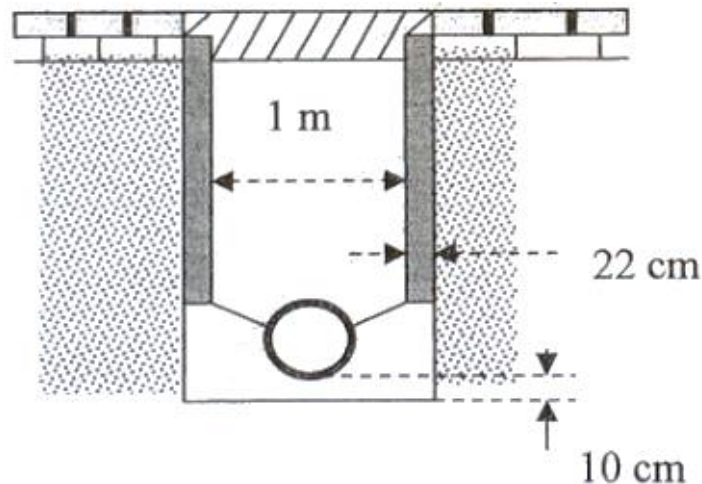
VI.2.3 Les regards :

Leur rôle est de permettre l'accès aux ouvrages visitables, pour le débouage, le nettoyage des canaux, et l'aération des canaux.

VI.2.3.1 Types de regards :

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

Dans le cas des grands ouvrages visitables, la distance entre les deux regards varie entre 200 et 300m, dans le cas des terrains à pente régulière l'espacement varie de 50 à 80m.



FigureVI-7 : regard simple

(B.Salah(2014), assainissement des eaux usées et pluviales des agglomérations)

VI.2.3.2 Emplacement des regards :

Les regards doivent être installés Sur les canalisations :

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

VI.2.4 déversoir d'orage :

C'est un ouvrage permettant le rejet direct d'une partie des effluents au milieu naturel, lorsque le débit amont dépasse une certaine valeur. Les déversoirs d'orage sont généralement installés sur les réseaux unitaires, dans le but de limiter les apports au réseau aval, et en particulier les stations d'épuration, en cas de pluie.

Les deux fonctions principales de l'ouvrage sur le plan hydraulique sont :

- Réguler les débits conservés vers l'aval pour les maintenir en dessous d'une valeur de consigne (ou valeur seuil) ;
- Evacuer l'excédent, en général vers le milieu récepteur

Conclusion :

Nous avons défini les principaux ouvrages constituant un système d'assainissement. Les choix faits dans notre étude sont les suivants :

- Le type de matériau des conduites : PVC, du fait que le diamètre des conduites n'excède pas 630 mm.
- Regards simples (1×1m) avec une distance de 30m en moyenne entre deux regards afin de faciliter l'exploitation et l'entretien du réseau.
- Regard de chute dans les terrains à forte pente.
- les conduites des eaux usées et des eaux pluviales sont posées respectivement à des profondeurs de : 1.2m, 1.5m afin d'éviter contamination des eaux pluviales par les eaux usées en cas d'éventuelle fuite.

CHAPITRE VII :

**Organisation de
chantier**

Introduction :

L'organisation d'un chantier est l'ensemble des dispositions envisagées pour l'exécution dans les meilleures conditions possibles d'un projet. Cette organisation consiste à définir et coordonner les moyens nécessaires à la réalisation de l'œuvre tout en veillant à prendre toutes mesures pour que la réalisation du projet se face :

- en conformité avec les plans établis.
- de bonne qualité.
- aux moindres délais.
- aux moindres coûts.
- sans accidents humains.

VII.1 Exécution des travaux :

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

- Manutention et stockage des conduites.
- Décapage de la couche de végétation.
- Exécution des tranchées et des fouilles pour les regards.
- Aménagement du lit de pose.
- Emplacement des jalons des piquets.
- La mise en place des canalisations en tranchée.
- Assemblage des tuyaux.
- Faire les essais d'étanchéité pour les conduites et les joints.
- Remblaiement des tranchées.
- Construction des regards en béton armé.

VII.1.1. Manutention et stockage des conduites :

VII.1.1.1. Manutention :

Afin de préserver les conduites pendant le transport, il faut éviter les chocs en particulier sur les extrémités, et éviter le déchargement brutal sur le sol.

VII.1.1.2. Stockage :

Pour le stockage du matériel, il faut absolument respecter ces consignes :

- L'aire de stockage doit être plane et nivelée.
- Les accessoires et les conduites doivent être à l'abri du soleil.
- Préserver les conduites des produits chimiques, des solvants et des huiles.

VII.1.2 Décapage de la terre végétale :

C'est une opération préliminaire, qui consiste à éliminer la couche superficielle du sol (les dix (10) premiers centimètres de la surface) constituée principalement de matière végétale.

VII.1.3 Exécution des tranchées et des fouilles des regards :

Le fond de fouille doit être arasé à la pente du projet, en évitant le remaniement, et en respectant les largeurs minimales des tranchées par mesure de sécurité.

VII.1.4 Aménagement du lit de sable :

La pose des conduites s'effectue sur un lit d'une épaisseur de 10 cm, exempt de tout pont dur (pierre, débris de maçonnerie ...), contenant moins de 5% de particules inférieures à 0.1mm, et ne contenant pas d'éléments de diamètre supérieur à 30mm.

VII.1.5 Emplacement des piquets :

Dans chaque point d'emplacement d'un regard, on doit placer un jalon de piquet.

VII.1.6 Pose des canalisations :

Durant la pose de canalisation, il faut vérifier que :

- La décente du tuyau se fait dans une fouille blindée si le sol est instable.
- Les surfaces des abouts doivent être débarrassées.
- Les joints doivent être vérifiés et nettoyés.

VII.1.7 Assemblage des canalisations :

Suivant la section, la forme et la nature du matériau de la conduite, on effectue la jointure de ces dernières.

VII.1.8 Essai d'étanchéité :

Une fois les conduites posées au fond des tranchées, un essai d'étanchéité est effectué en utilisant de l'eau, de l'air ou de la fumée.

VII.1.9 Réalisation des regards :

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

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

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

VII.1.10 Réalisation des branchements :

Les branchements comprennent de l'aval vers l'amont :

- Le raccordement de la canalisation de branchement vers la canalisation principale (généralement un regard)
- La canalisation de branchement proprement dite avec une pente au moins égale à 3% ;
- Eventuellement un regard collecteur de branchement.
- Sur chaque branchement individuel, la boîte de branchement à la limite du domaine public.

VII.1.11 Remblayage et compactage :

Pour assurer la protection de la canalisation, et la transmission des charges, on doit effectuer un remblayage avec un matériau similaire à celui mis en œuvre pour le remblayage latéral.

VII.2 Choix des engins :

Pour la réalisation des travaux, à chaque opération est attribué un engin qui lui convient :

VII.2.1 Pour le décapage de la couche de la terre :

Le bulldozer est utilisé dans le cas terrain très difficile, cependant le meilleur engin recommandé pour ce type de travaux est bien la niveleuse.

VII.2.2 Pour l'excavation des tranchées :

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

Ces engins sont très répandus et utilisés à grande échelle grâce à leur bon rendement et à la qualité du travail qu'ils fournissent.

VII.2.3 Remblaiement des tranchées :

Il convient d'utiliser le chargeur Pour ce type de travaux.

Les chargeurs : ce sont des tracteurs sur lesquels sont montés à l'avant deux bras articulés, actionnés par des vérins et porte un godet.

Si les travaux ne sont pas très importants, on utilise le rétro chargeur.

VII.2.4 Compactage :

Pour le compactage deux appareils sont utilisés :

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

VII.3 Détermination des différents volumes des travaux :

VII.3.1 Volume du décapage de la couche végétale :

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

Tel que :

- $V_{\text{déc}}$: volume de la couche végétale décapée (m^3).
- H_{cv} : profondeur de la couche végétale (m)
- L : longueur totale de la tranchée (m).
- B_{cv} : largeur de la couche végétale (m).

VII.3.2 Volume du déblai des tranchées :

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

Tel que :

- V_{d} : volume du déblai des tranchées (m^3).
- B : largeur de la tranchée (m).
- H : profondeur de la tranchée (m).
- L : longueur totale de la tranchée (m).

VII.3.3 Volume occupé par le lit de sable :

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

Avec :

- V_{ls} : volume du lit de sable (m^3).
- e : épaisseur de la couche de sable (m).
- B : largeur de la tranchée (m).
- L : longueur totale de la tranchée (m).

VII.3.4 Volume occupé par les conduites :

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

Avec :

- V_{cond} : volume occupé par les conduites (m^3).
- D_{ext} : diamètre extérieur de la conduite (m).
- L : longueur totale de la tranchée (m).

VII.3.5 Volume de l'enrobage :

$$V_e = H_e \times L \times B \quad (\text{VII-5})$$

Avec :

- H_e : hauteur d'enrobage
- B : Largeur de la tranchée (m).
- L : longueur totale de la tranchée (m).

VII.3.6 Volume du remblai de protection :

$$V_{\text{rem}} = V_d - (V_{\text{cond}} + V_{\text{déc}} + V_{\text{ls}}) \quad (\text{VII-6})$$

Avec :

- V_{rem} : volume du remblai (m^3).
- V_d : volume du déblai (m^3).
- V_{ls} : volume du lit de sable (m^3).
- $V_{\text{déc}}$: volume de la couche végétale décapée (m^3).

VII.3.7 Volume excédentaire :

$$V_{\text{exc}} = V_f - V_{\text{rem}} \quad (\text{VII-7})$$

Avec :

- V_{exc} : Volume du sol excédentaire (m^3).
- V_f : Volume du sol foisonné (m^3).
- V_{rem} : Volume du remblai (m^3).

avec :

$$V_f = V_d \times K_f \quad (\text{VII-8})$$

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

VII.4 Devis quantitatif et estimatif :

VII.4.1 Réseau des eaux usées :

Tableau VII-15 : Devis quantitatif et estimatif du réseau des eaux usées

N°	Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
A	Travaux de terrassement				
1	Déblai	m ³	21596.129	1000	21 596 129
2	Lit de pose	m ³	982.778	1500	1 474 167
3	Enrobage	m ³	3707.538	200	741 507.6
4	Remblai de la tranchée	m ³	16792.104	700	11 754 472.8
B	Canalisation				
1	CR8-0200	ml	6850.269	2067,39	16 440 645.6
C	Construction				
1	Regard	u	232	30000	6 960 000
THT					58 966 922
TVA 19%					11 203 715.18
TTC					70 170 637.18

VII.4.2 Réseau des eaux pluviales :

Tableau VII-16 : Devis quantitatif et estimatif du réseau des eaux pluviales

N°	Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
A	Travaux de terrassement				
1	Déblai	m ³	11110.801	1000	11 110 801
2	Lit de pose	m ³	594.557	1500	891 835.5
3	Enrobage	m ³	2791.614	200	558 332.8
4	Remblai de la tranchée	m ³	7330.592	700	5 131 414.4
B	Canalisation				
1	CR8-0315	ml	3706.232	5143,25	19 062 077.73
2	CR8-0400	ml	24.934	8284,62	206 568.715
3	CR8-0500	ml	679.178	12996,14	8 826 692.37
4	CR8-0630	ml	66.67	20457,02	1 363 869.52
C	Construction				
1	Regard	u	172	30000	8730000
THT					55 881 592.04
TVA 19%					10 617 502.49
TTC					66 499 094.53

Conclusion :

La planification et l'organisation des travaux dans un projet est d'une grande importance, afin d'assurer le déroulement des travaux dans les meilleures conditions, et les achever dans les délais avec le moindre cout. Elle permet aussi d'élaborer au préalable un devis quantitatif du volume des travaux et estimer approximativement leur cout. Dans notre étude, il a été estimé à : 136 769 731.7 DA

Conclusion générale :

L'étude du réseau d'assainissement de la ville de Larhat nous a permis de mettre le point sur son état vétuste, nécessitant une rénovation urgente pour qu'il puisse remplir ses fonctions d'évacuation des eaux usées et des eaux pluviales tout en préservant le milieu naturel et assurant une protection contre des éventuelles inondations.

Dans la conception du nouveau réseau d'assainissement, nous avons opté pour un système séparatif, où les eaux usées sont acheminées vers un seul point de rejet qui se trouve au niveau de la mer, à proximité duquel une station d'épuration a été projetée au point de coordonnées : (x=393089.02m E, y=4046777.43 m N). Le réseau des eaux pluviales comprend six points de rejet qui déversent tous au niveau des Chaabat traversant la ville de Larhat, à l'exception d'un seul point de rejet qui finit dans un bassin de rétention recevant un débit de 240l/s d'eau pluviales, situé au point de coordonnées :(393123.78 m E, 4046479.45 m N) destiné à l'irrigation.

L'estimation des débits des eaux usées a été faite sur la base d'une dotation de 150l/hab/j, celui des eaux pluviales a été calculé par la méthode rationnelle introduisant l'intensité comme paramètre, cette dernière a été déterminée selon une approche de calcul probabiliste utilisant la loi d'ajustement de Gumbel pour une période de retour de 10ans, le résultat obtenu est : 165.15 l/s/ha

Nous avons abouti dans le dimensionnement des conduites à des diamètres n'excédant pas 600mm, d'où le choix du matériau est fait pour le PVC, préconisé dans le domaine de l'assainissement en raison de ses propriétés en matière de résistance à la corrosion sulfurique et à l'abrasion.

En fin d'après notre étude de management de projet nous estimons que le présent projet pourra être réalisé avec un cout estimatif de 136 769 731.7 DA.

Références bibliographiques

- [1] **Association scientifique et technique pour l'eau et l'environnement.**
« Mémento technique 2017, Conception et dimensionnement des systèmes de gestion des eaux pluviales et de collecte des eaux usées »
- [2] **Centre d'études et de réalisation en urbanisme URBAB-Blida** « révision du plan d'occupation de sol N° 01 de la commune de Larhat » 2017
- [3] **centre d'étude de la recherche de industrie du béton (CERIB), 2004**
« ouvrage d'assainissement en béton »
- [4] **El Adlouni,S et al., 2014**, analyse fréquentielle hydrologique, logiciel HYFRAN-PLUS (version-V2.1).
- [5] **Garanchier.J., 1967**, l'hydraulique des réseaux urbains, la houille blanche N°4, pp 391-398.
- [6] **Instruction Technique, 1977.** « Instruction technique relative aux réseaux d'assainissement des agglomérations ».
- [7] **Kerloc'h B. et Maelstaf D., 1983.** « Le dimensionnement des réseaux d'assainissement des agglomérations ». C.E.T.E, nord Picardie.
- [8] **Merouane.Z, 2014.** « études de rénovation du réseau de d'AEP de la ville de Larhat w.Tipaza». Mémoire de fin d'étude. ENSH, Blida.
- [9] **Salah B., 2014.** « Alimentation en eau potable des agglomérations ». ENSH Blida.
- [10] **Salah B., 2014.** « Assainissement des eaux usées et pluviales des agglomérations ». ENSH, Blida.
- [11] **Satin.M et Selmi.B , 2006.** « Guide technique de l'assainissement (3e édition) ». Le Moniteur, Paris.
- [12] **Soudure Plastique. Des réseaux unitaires ou des réseaux séparatifs pour l'assainissement ?, 2013**, disponible sur :
<https://www.soudureplastique.ma/des-reseaux-unitaires-ou-des-reseaux-separatifs-pour-lassainissement/>