

Remerciements

Tout d'abord, je rends grâce à Allah, qui m'a donné la force et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce mémoire.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à mon promoteur, monsieur KAHLERAS Djilali, pour son accompagnement, ses conseils éclairés et son soutien constant tout au long de ce travail.

Ma gratitude s'adresse également aux membres du jury, qui ont accepté d'évaluer cette recherche et d'enrichir sa portée par leurs remarques constructives.

Je remercie également l'ensemble de mes enseignants pour leur transmission de savoirs tout au long de mon parcours, ainsi que toutes les personnes ayant contribué à la collecte des données, en particulier Monsieur MAKHLOUFI Mustapha et Mme MOHAMED SGHIR Sara, dont l'aide m'a été précieuse.

Enfin, je suis profondément reconnaissant à ma famille et à mes amis, pour leur amour, leur présence bienveillante et leur soutien indéfectible tout au long de cette aventure académique.

Dédicace

Je dédie ce travail :

À la mémoire de mes grands-parents Djohier et Mokhtar.

À mes merveilleux parents qui m'ont élevé pour devenir la personne que je suis aujourd'hui, pour m'avoir accompagné à chaque étape de mon parcours et pour tous les conseils et le soutien qu'ils m'ont toujours apportés.

À mes sœurs, cousins, tantes et oncles.

À mes meilleures : Amina, Kahina et Sara.

À mes compagnons de toujours : Louiza. Sara et Salim.

À mes très chers amis (es)

À tous ceux qui me connaissent et croient en moi.

ملخص

تواجه منطقة كرمان المتواجدة بولاية تيارت، تحديات كبيرة في مجال الصرف الصحي، نتيجة للنمو الحضري السريع وتدهال البنية، التي لم تعد قادرة على تلبية متطلبات التوسع السكاني. وقد أظهرت دراسة الشبكة وجود العديد من المشاكل، من أبرزها فيضانات متكررة، وتلوث بيئي، وتدهور كبير في المرافق. هذه المشكلات ناتجة عن عدة عوامل مجتمعة، منها تقادم المنشآت، محدودية طاقتها، وسوء في الإدارة الفنية والتشغيلية ونظرًا لحالة التقادم الشامل التي يعاني منها النظام القائم، فقد تم الشروع في إعداد نظام صرف صحي جديد بالكامل، مصمم وفقًا لاحتياجات الخدمة الحالية، وقابل للتكيف مع متطلبات التوسع العمراني المستقبلي. ويهدف هذا المشروع إلى ضمان إدارة مستدامة وفعالة لمياه الصرف الصحي ومياه الأمطار في منطقة كرمان.

الكلمات المفتاحية: الصرف الصحي، التشخيص، إعادة التأهيل، المياه المستعملة، مياه الأمطار.

Résumé

La zone Karman fait face à de graves difficultés en matière d'assainissement, dues à une croissance urbaine rapide et à des infrastructures devenues inadaptées. L'analyse du réseau a révélé de nombreux dysfonctionnements : débordements, pollution et détérioration avancée des ouvrages. Ces problèmes résultent d'un cumul de facteurs, notamment l'ancienneté des installations, l'insuffisance de leur capacité et une gestion technique dépassée.

Face à l'obsolescence généralisée du système, il a été procédé à la conception d'un nouveau réseau d'assainissement, adapté aux besoins actuels et aux perspectives d'extension urbaine. Ce projet permettra d'améliorer durablement la gestion des eaux usées et pluviales de Karman.

Mots clé : Assainissement, diagnostic, réhabilitation, eaux usées, eaux pluviales.

Abstract

The Karman area is currently grappling with major sanitation challenges, primarily driven by rapid urban expansion and outdated sewer infrastructure. A comprehensive assessment of the existing network has identified numerous deficiencies, including frequent overflows, environmental contamination, and significant structural degradation. These issues stem from several compounding factors, notably the aging of infrastructure, insufficient hydraulic capacity, and obsolete technical management practices. Given the widespread obsolescence of the network, the development of a completely new sanitation system has been initiated. This new system is designed to address current service needs while accommodating future urban growth, ensuring the sustainable and efficient management of both wastewater and stormwater across the Karman area.

Keywords: Sanitation, diagnosis, rehabilitation, wastewater, stormwater.

Sommaire

Introduction générale.....	16
-----------------------------------	-----------

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

I.1. Introduction	18
I.2. Présentation de la zone d'étude	18
I.2.1. Situation géographique de l'agglomération de Karman (Tiaret centre).....	18
I.2.2. Situation topographique	18
I.2.3. Situation géologique	19
I.2.4. Situation hydrographique.....	21
I.2.5. Situation climatique.....	21
I.2.5.1. Climat.....	21
I.2.5.2. Température.....	21
I.2.5.3. Pluviométrie.....	22
I.2.5.4. Vent.....	22
I.2.6. Situation démographique	23
I.2.7. Situation hydraulique	23
I.2.7.1. Alimentation en eau potable	23
I.2.7.2. Assainissement	24
I.3. Conclusion	24

Chapitre II : Etude hydrologique

II.1. Introduction	26
II.2. Notions hydrologiques.....	26
II.2.1. Les averses	26
II.2.2. Choix de la période de retour	26
II.2.3. L'intensité moyenne de précipitation.....	27
II.3. Analyse des données pluviométriques et calcul des différents paramètres de la série....	27
II.3.1. Caractéristique de la station pluviométrique	28
II.3.2. La série pluviométrique	28
II.3.3. Vérification de l'homogénéité de la série pluviométrique.....	30

III.4. Etude des précipitations maximales journalières.....	31
II.5. Analyse statistique de la série pluviométrique	32
II.5.1. Caractéristiques empiriques.....	32
II.6. Ajustement de la série	33
II.7. Choix de la loi d'ajustement	38
II.7.1. Test graphique	38
II.7.2. Test d'adéquation de Khi-deux « χ^2 »	39
II.7.3. Sélection de la loi	40
II.8. Calcul des pluies et des intensités de courte durée	40
II.9. Conclusion.....	41

Chapitre III : Calcul de base

III.1. Introduction.....	43
III.2. Le découpage de la superficie en surfaces élémentaires	43
III.3. Système d'évacuation des eaux	44
III.3.1. Les différents systèmes d'assainissement	44
III.3.2. Le choix du système d'assainissement.....	48
III.4. Schéma d'évacuation.....	49
III.4.1. Les différents schémas d'évacuation	49
III.4.2. Le choix du schéma d'évacuation	51
III.5. Le coefficient de ruissellement	52
III.5.1. Estimation du coefficient de ruissellement pour chaque surface élémentaire	52
III.5.2. Détermination du nombre d'habitant pour chaque surface élémentaire	55
III.6. Conclusion	57

Chapitre IV : Estimation des débits à évacuer

IV.1. Introduction.....	59
IV.2. Origine des eaux à évacuer	59
IV.2.1. Les eaux usées.....	59
IV.2.1.1. Eaux usées d'origine domestique	59
IV.2.1.2. Eaux usées du service public.....	59

IV.2.1.3. Eaux usées industrielles.....	59
IV.2.1.4. Les eaux claires parasites.....	60
IV.2.2. Les eaux pluviales.....	60
IV.3. Evaluation des débits des eaux usées	61
IV.3.1. Evaluation des débits des eaux domestiques	61
IV.3.2. Evaluation des débits des eaux publics.....	63
IV.3.3. Evaluation des débits des eaux parasites	64
IV.3.4. Les débits totaux des eaux usées à évacuer	65
IV.4. Evaluation des débits pluviaux	65
IV.4.1. Méthode rationnelle.....	66
IV.4.1.1. Coefficient réducteur de l'intensité de pluie.....	66
IV.4.1.2. Les hypothèses de la méthode rationnelle.....	67
IV.4.1.3. Les limites de la méthode rationnelle.....	68
IV.4.1.4. Critique de la méthode rationnelle.....	68
IV.4.1.5. Les inconvénients de la méthode rationnelle.....	68
IV.4.1.6. Le temps de concentration.....	68
IV.4.2. Calcul des débits pluviaux	69
IV.5. Evaluation des débits totaux	70
IV.6. Conclusion	71

Chapitre V : Diagnostic du système d'évacuation

V.1. Introduction.....	73
V.2. Phases principales d'une étude de diagnostic.....	73
V.3. Diagnostic de l'état physique de réseau d'assainissement existant de l'agglomération...74	
V.3.1. Etat des collecteurs du système d'assainissement	74
V.3.2. Etat des ouvrages annexes.....	76
V.3.2.1. Les regards	76
V.3.2.2. Le déversoir d'orage	77
V.4. Constat	77
V.5. Recommandations	78

V.6. Conclusion.....	78
----------------------	----

Chapitre VI : Calcul hydraulique du réseau d'assainissement

VI.1. Introduction.....	80
VI.2. Conception du réseau d'assainissement.....	80
VI.3. Dimensionnement du réseau d'assainissement.....	81
VI.3.1. Conditions d'écoulement et de dimensionnement	81
VI.3.2. Les hypothèses considérées.....	81
VI.4. Mode de calcul	81
VI.4.1. Débit	81
VI.4.1.1. Pour chaque sous bassin	82
VI.4.1.2. Pour chaque tronçon	82
VI.4.2. Pente	82
VI.4.3. Diamètre	83
VI.4.4. Vitesse	83
VI.6. Conclusion.....	84

Chapitre VII : Les éléments constitutifs d'un réseau d'assainissement

VII.1. Introduction	86
VII.2. Les ouvrages principaux	86
VII.2.1. Canalisations.....	86
VII.2.1.1. Type de canalisation	86
VII.2.1.2. Choix du type de canalisation	87
VII.2.2. Les joints des conduites	88
VII.3. Les ouvrages annexe	89
VII.3.1. Les ouvrages normaux	90
VII.3.2. Les ouvrages spéciaux	91
VII.3.2.1. Les déversoirs d'orage	91
VII.3.2.1.1. Emplacement des déversoirs d'orage.....	92
VII.3.2.1.2. Types de déversoirs d'orage.....	92
VII.3.2.1.3. Choix du déversoir d'orage	92

VII.3.2.1.4. Dimensionnement du déversoir d'orage.....	92
VII.4. Conclusion	99

Chapitre VIII : Organisation du chantier

VIII.1. Introduction	101
VIII.2. Phases d'exécution du projet.....	101
VIII.2.1. Manutention et stockage des conduites.....	101
VIII.2.1.1. Manutention.....	101
VIII.2.1.2. Stockage.....	101
VIII.2.2. Décapage de la terre végétale.....	102
VIII.2.3. Réalisation des tranchées et fouilles des regards.....	102
VIII.2.4. Aménagement du lit de sable.....	103
VIII.2.5. Implantation des piquets.....	104
VIII.2.6. Pose des canalisations.....	104
VIII.2.7. Assemblage des canalisations.....	104
VIII.2.8. Essai d'étanchéité.....	104
VIII.2.9. Réalisation des regards.....	105
VIII.2.10. Réalisation des branchements.....	106
VIII.2.11. Remblayage et compactage.....	106
VIII.3. Choix des engins.....	107
VIII.3.1. Décapage de la terre végétale.....	107
VIII.3.2. Excavation des tranchées.....	107
VIII.3.3. Remblaiement des tranchées.....	107
VIII.3.4. Compactage.....	107
VIII.4. Détermination des différents volumes des travaux.....	107
VIII.4.1. Volume de la couche de terre végétale	107
VIII.4.2. Volume des déblais des tranchées	108
VIII.4.3. Volume du lit du sable	108
VIII.4.4. Volume occupé par les conduites	108
VIII.4.5. Volume du remblai	108

VIII.4.6. Volume excédentaire	109
VIII.5. Devis quantitatif et estimatif du projet	109
VIII.6. Planification des travaux	111
VIII.6.1. Techniques de planification.....	111
VIII.6.1.1. Méthode basée sur le réseau	111
VIII.7. Conclusion	115
Conclusion générale.....	117

Bibliographie.

Annexe.

Liste des tableaux

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Tableau I.1 : Température mensuelle moyenne en °C.....	21
Tableau I.2 : Les précipitations moyennes mensuelles.....	22
Tableau I.3 : Evaluation de la population.....	23

Chapitre II : Etude hydrologique

Tableau II.1 : Identification de la station pluviométrique de Tiaret.....	28
Tableau II.2 : Série pluviométrique (station de Tiaret) 1992-2019.....	29
Tableau II.3 : Calcul des paramètres du test de la médiane.....	30
Tableau II.4 : Résultat du test de la médiane.....	31
Tableau II.5 : Les caractéristique de la série pluviométrique.....	33
Tableau II.6 : Résultats de l'ajustement à la loi de Galton par le logiciel HyfranPlus.....	35
Tableau II.7 : Résultats de l'ajustement à la loi de Gumbel par le logiciel HyfranPlus.....	36
Tableau II.8 : Résultats de l'ajustement à la loi de GEV par le logiciel HyfranPlus.....	37
Tableau II.9 : Les résultats du test Khi-deux.....	40

Chapitre III : Calcul de base

Tableau III.1 : Les superficies des surfaces élémentaires.....	43
Tableau III.2 : Les avantages et les inconvénients des différents système d'évacuation.....	46
Tableau III.3 : Coefficients de ruissellement en fonction du type d'occupation du sol.....	52
Tableau III.4 : Coefficients de ruissellement en fonction de la catégorie d'urbanisation.....	53
Tableau III.5 : Coefficient de ruissellement en fonction de la densité de population.....	53
Tableau III.6 : Coefficient de ruissellement en fonction de la nature des surfaces.....	54
Tableau III.7 : Coefficient de ruissellement en fonction de surface drainée.....	54
Tableau III.8 : Détermination du coefficient ruissellement de chaque surface élémentaire....	55
Tableau III.9 : Détermination du nombre d'habitation pour chaque surface élémentaire.....	56

Chapitre IV : Estimation des débits à évacuer

Tableau IV.1 : Evaluation des débits des eaux usées domestiques pour chaque surface élémentaire.	62
Tableau IV.2 : Evaluation des débits des eaux usées publics pour chaque surface élémentaire	63

Tableau IV.3 :	Evaluation des débits des eaux parasites pour chaque surface élémentaire.....	64
Tableau IV.4 :	Les débits totaux des eaux usées.....	65
Tableau IV.5 :	Valeur du coefficient réducteur « α », en fonction de la distance.....	67
Tableau IV.6 :	Evaluation des débits des eaux pluviaux pour chaque surface élémentaire....	69
Tableau IV.7 :	Evaluation des débits totaux pour chaque surface élémentaire.....	70

Chapitre V : Diagnostic du système d'évacuation

Tableau V.1 :	Résultat des différentes anomalies rencontrées sur le réseau.....	74
Tableau V.2:	Information sur le DO.....	77

Chapitre VII : Diagnostic du système d'évacuation

Tableau VII.1 :	Les données de base du DVO 01	95
Tableau VII.2 :	Détermination du temps de concentration t_1 pour DVO 01.....	95
Tableau VII.3 :	Les données de base du DVO 02.....	97
Tableau VII.4 :	Détermination du temps de concentration t_1 pour DVO 02.....	97

Chapitre VIII : Organisation du chantier

Tableau VIII.1 :	Coefficients de foisonnement pour différente nature de sol.....	109
Tableau VIII.2 :	Résultats des calculs des volumes.....	109
Tableau VIII.3 :	Devis estimatif et quantitatif.....	110
Tableau VIII.4 :	Les symboles des différentes opérations et leurs délai.....	114

Liste des figures

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Figure I.1 : Carte topographique (altitude, relief)	19
Figure I.2 : Extrait de la Carte géologique de Tiaret 1/200000.....	20
Figure I.3 : Amplitude mensuelle de température.....	21

Chapitre II : Etude hydrologique

Figure II.1 : Ajustement par la loi de Galton.....	35
Figure II.2 : Ajustement par la loi de Gumbel	36
Figure II.3 : Ajustement par la loi de GEV.....	38
Figure II.4 : Comparaison des trois lois d'ajustement.....	39

Chapitre III : Calcul de base

Figure III.1 : schéma représentatif des branchements dans le système unitaire.....	44
Figure III.2 : Schéma représentatif des branchements dans le système séparatif.....	45
Figure III.3 : Schéma représentatif des branchements dans le système pseudo-séparatif...	46
Figure III.4 : Schéma perpendiculaire.....	49
Figure III.5 : Schéma par déplacement latéral.....	50
Figure III.6 : Schéma du collecteur par zones étagées.....	50
Figure III.7 : Schéma type radial.....	51
Figure III.8 : Schéma transversal ou oblique.....	51

Chapitre IV : Estimation des débits à évacuer

Figure IV.1 : Principe schématique de détermination du α	67
--	----

Chapitre V : Diagnostic du système d'évacuation

Figure V.1 : Un collecteur avec dépôts.....	75
Figure V.2 : Collecteur avec une courbure.....	75
Figure V.3 : Un regard en mauvais état.....	76
Figure V.4 : Un regard sans couvert.....	76

Chapitre VII : Les éléments constitutifs d'un réseau d'assainissement

Figure VII.1 : Schéma de fonctionnement d'un dvo.....	91
--	----

Chapitre VIII : Organisation du chantier

Figure VIII.1 : Pose canalisation.....	103
---	-----

Liste des planches

-  **Planche N° 01** : Plan de masse du système d'assainissement existant.
-  **Planche N° 02** : Plan de masse du système d'assainissement projeté.
-  **Planche N°03** : Profil en long des collecteurs principales.
-  **Planche N°04** : Les ouvrages annexe.

Introduction

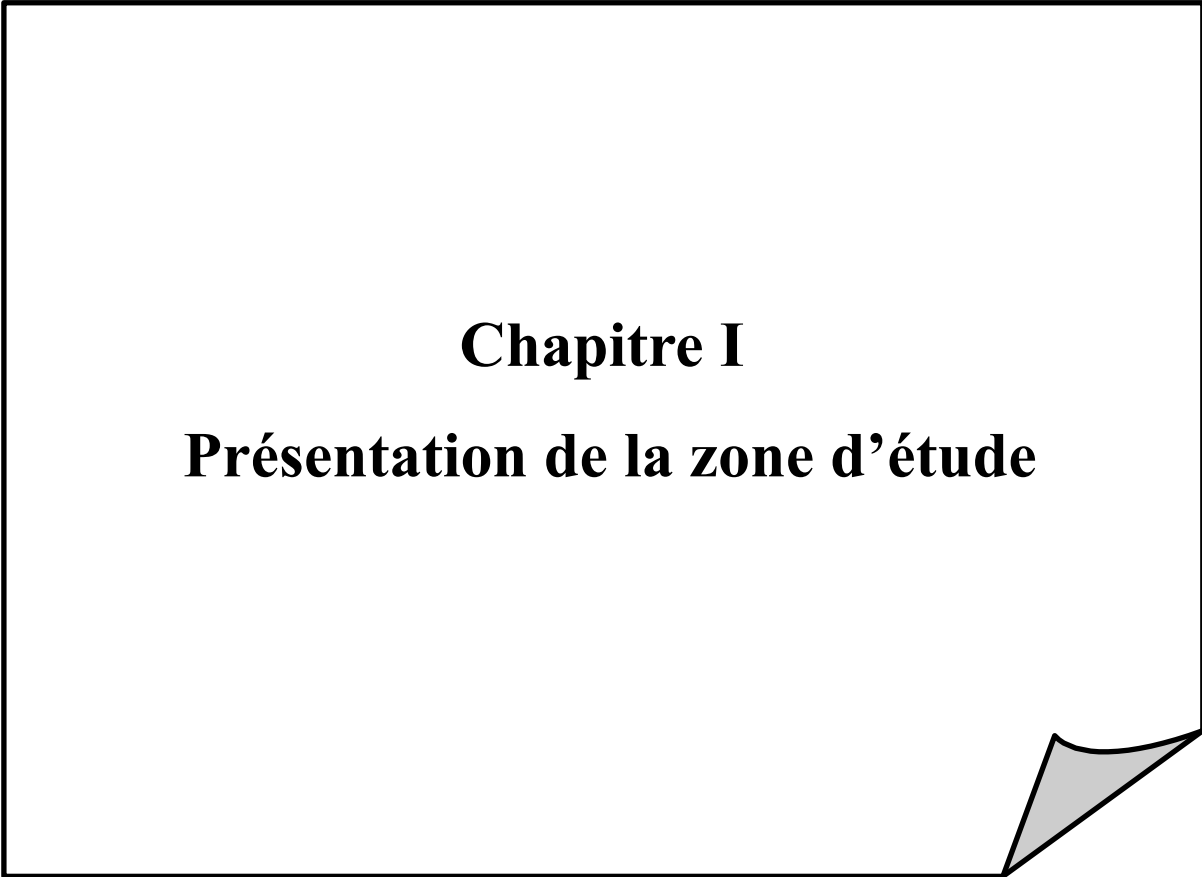
Introduction générale

L'eau, ressource essentielle à la vie, joue un rôle fondamental dans le développement des sociétés humaines. Elle est indispensable pour les besoins domestiques, agricoles et industriels, mais également pour préserver la santé publique et l'environnement. Cependant, la gestion de l'eau, notamment en milieu urbain, pose des défis croissants face à l'augmentation rapide de la population et à l'urbanisation. Parmi ces défis, l'assainissement occupe une place centrale, car il garantit la collecte, le traitement et l'évacuation des eaux usées afin de prévenir les risques sanitaires et environnementaux.

L'assainissement urbain est particulièrement crucial dans les zones densément peuplées, où les infrastructures existantes sont souvent mises à rude épreuve par une croissance démographique rapide. Cette situation engendre des dysfonctionnements tels que des débordements des réseaux d'égouts, une pollution accrue des cours d'eau et des problèmes de santé publique. Dans ce contexte, le diagnostic des réseaux d'assainissement permet d'évaluer leur état actuel, d'identifier les insuffisances et de proposer des solutions adaptées. En parallèle, la conception ou l'amélioration de ces réseaux doit intégrer les projections démographiques futures et les contraintes géographiques et économiques.

Le présent mémoire porte sur le cas spécifique de l'agglomération de Karman, confrontée à une croissance démographique importante au cours des dernières années. Cette expansion a exacerbé les défis liés à l'assainissement, notamment en termes de capacité des infrastructures existantes et de gestion des eaux usées. En réponse à ces enjeux, ce travail propose une double approche : un diagnostic approfondi du réseau actuel pour identifier ses faiblesses et une conception adaptée visant à prolonger les collecteurs principaux tout en anticipant les besoins futurs.

Ce mémoire est organisé en huit chapitres. Le premier chapitre présente l'agglomération sous ses dimensions géographiques, topographiques et hydrauliques. Le deuxième chapitre effectue une analyse hydrologique permettant d'estimer l'intensité maximale des précipitations. Les troisième et quatrième chapitres sont consacrés respectivement aux calculs de base et à l'évaluation des débits. Le cinquième chapitre se focalise sur l'analyse et le diagnostic du réseau d'évacuation existant. Les sixième et septième chapitres sont dédiés au dimensionnement du réseau ainsi qu'à ses ouvrages annexes. Enfin, le huitième chapitre présente le calcul du devis estimatif et quantitatif pour évaluer l'envergure du projet.



Chapitre I

Présentation de la zone d'étude

I.1. Introduction

Avant de lancer un projet d'assainissement, il est essentiel d'analyser en profondeur les différentes caractéristiques, notamment géographiques, démographiques, géologiques, climatiques et hydrauliques de la région concernée, car cette étude orientera les décisions futures. C'est précisément l'objectif du premier chapitre de notre étude.

Dans ce chapitre, nous présentons les particularités de la zone étudiée. Ces éléments sont déterminants pour la conception et la mise en œuvre efficace du projet d'assainissement dans notre zone.

I.2. Présentation de la zone d'étude

I.2.1. Situation géographique de l'agglomération de Karman (Tiaret centre)

L'agglomération de Karman, l'une des localités composant la commune de Tiaret, est située dans le centre-ville de Tiaret, dans la wilaya de Tiaret, au nord-ouest de l'Algérie. Elle se trouve à une altitude d'environ 800 mètres au-dessus du niveau de la mer, dans la région des Hauts Plateaux, avec une superficie de 137 ha.

Karman est entourée de plusieurs communes de la wilaya, notamment au nord par la commune de Tiaret, à l'ouest par Senia, et à l'est par Aïn Mesbah.

I.2.2. Situation topographique

Karman se trouve dans une région caractérisée par un relief accidenté, avec des versants raides et fortement entaillés par de profonds ravins. Les pentes sont souvent supérieures à 20%, et la zone est marquée par de nombreux escarpements qui organisent le paysage en escalier.

Au sud, une zone déprimée d'altitude moyenne de 950 mètres se distingue par une succession de cônes de déjection et de pentes moyennes à faibles, recouvertes dans leur partie septentrionale par des dépôts colluviaux provenant du démantèlement du massif gréseux de Djebel Guezoul. La région de Tiaret, où se trouve Karman, est généralement située à une altitude moyenne de 955 mètres.

Le relief massif et accidenté de Karman contraste avec les grandes plaines céréalières plus au sud, qui se confondent à l'est avec le "Plateau du Sersou". Cette topographie variée influence le climat local et les conditions météorologiques, avec des vents modifiés par les obstacles topographiques.

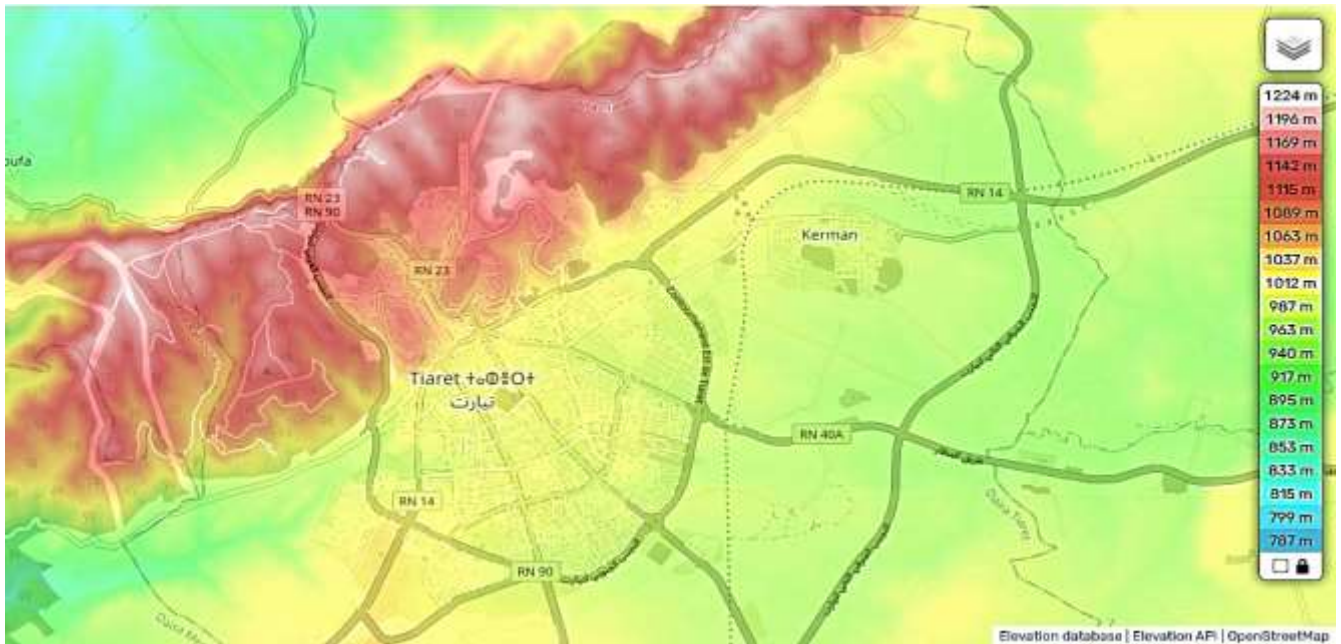


Figure I.1 : Carte topographique (altitude, relief)

(Source : Topographic-map.com)

I.2.3. Situation géologique

La situation géologique de Karman, située dans la commune de Tiaret, s'inscrit dans le contexte des Hauts Plateaux algériens, une région principalement rattachée au domaine tellien, qui s'étend sur plusieurs wilayas du nord de l'Algérie. Les formations géologiques autour de Karman sont diversifiées, comprenant notamment des couches du Miocène et du Plio-Quaternaire, ainsi que des formations calcaires, gréseuses et marneuses qui dominent le paysage.

Le sol de Karman, similaire à celui d'autres parties de la wilaya de Tiaret, est généralement constitué de formations marno-calcaires et gréseuses, résultat d'une sédimentation sur plusieurs millions d'années. L'altitude de la zone, environ 800 mètres, influence également les caractéristiques géologiques, avec des affleurements de roches du Jurassique supérieur et du Crétacé, visibles principalement sur les collines et les zones élevées autour de la ville.

La présence de ces formations géologiques a un impact sur l'agriculture et accroît les risques d'érosion, de glissements de terrain et d'inondations, particulièrement lors des périodes de fortes pluies.

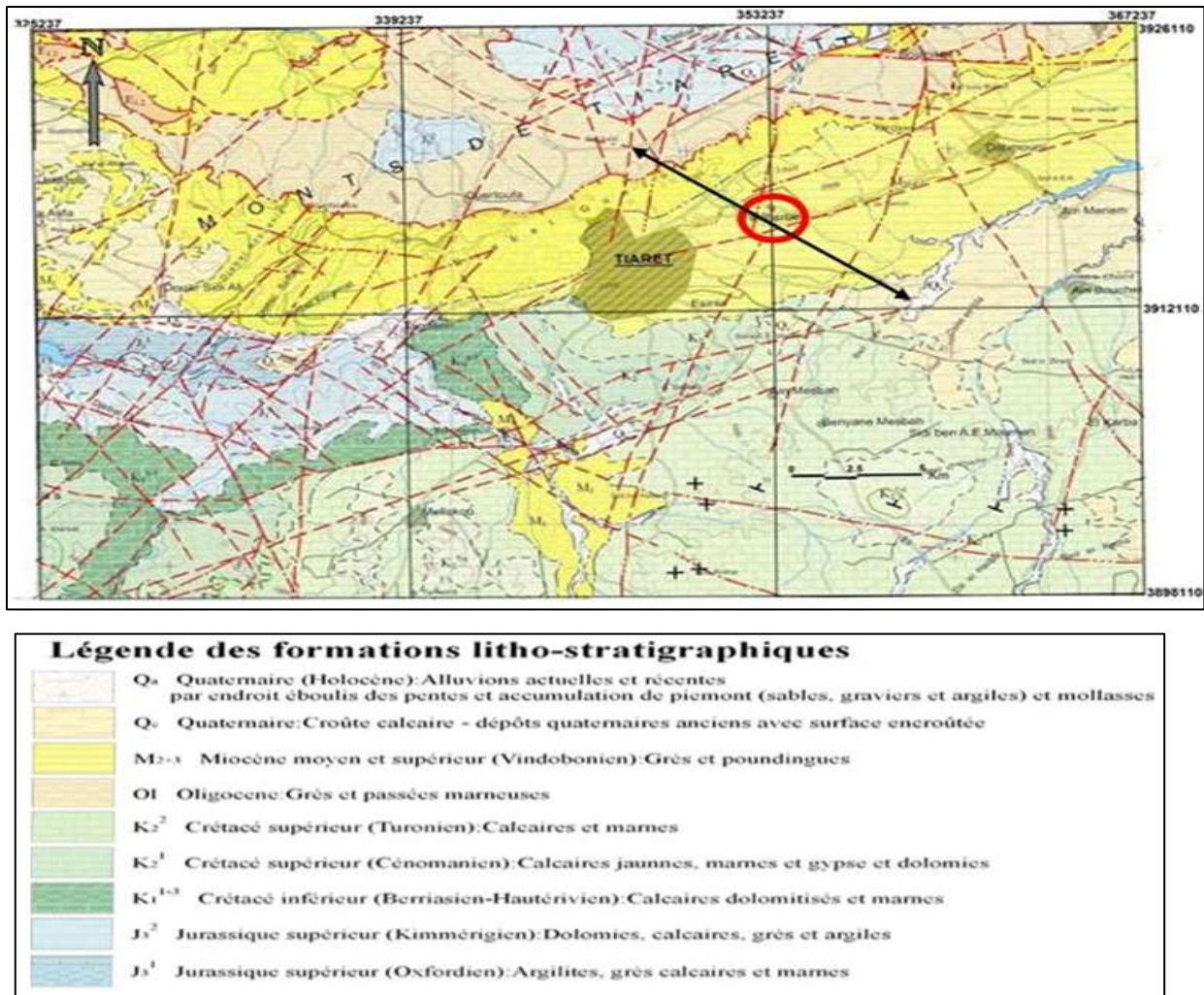


Figure I.2 : Extrait de la Carte géologique de Tiaret 1/200000

(Source : ANRH, 2008)

I.2.4. Situation hydrographique

La situation hydrographique de la région de Karman se localise dans la partie Nord-Ouest du sous bassin versant de Oued Nahr Ouassel Amont limitant à l'Est le sous bassin versant de Oued Mina Amont là où se trouve la ville de Tiaret.

I.2.5. Situation climatique

I.2.5.1. Climat

La wilaya se caractérise en général par un climat de type méditerranéen contrasté avec une saison estivale alternant avec une saison hivernale pluvieuse, fraîche sinon froide.

Il s'agit cependant d'une forme particulière : des précipitations faibles présentant une grande variabilité inter mensuelle et interannuelle ; des régimes thermiques relativement contrastés de type continental. Cette continentalité est traduite par des grandes amplitudes thermiques qui montrent l'importance de la chaleur estivale.

I.2.5.2. Température

L'analyse des données thermométriques montre deux saisons distinctes : une saison froide (de novembre à avril) avec des températures inférieures à la moyenne annuelle, et une saison chaude (de mai à octobre) avec des températures supérieures.

Tableau I.1 : Température mensuelle moyenne en °C

Mois	Dec	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov
Température moyenne min	2.8	1.7	2.8	4.1	6.8	10.2	14.5	18.8	19.1	15.6	10.6	6.00
Température moyenne max	10.4	10.4	11.1	14.0	17.5	22.0	27.5	33.0	32.9	27.8	21.3	14.6
Température moyenne	6.6	6.05	6.95	9.05	12.15	16.1	21.0	25.9	26.0	21.7	15.95	10.3

(Source : DRE Tiaret, 2021)

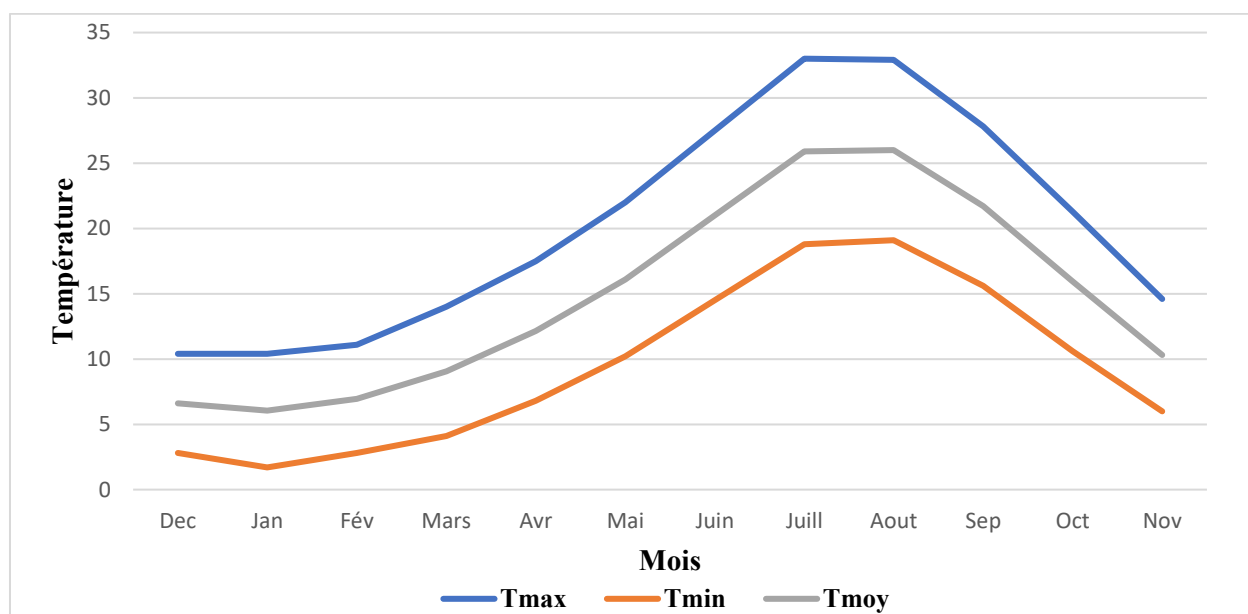


Figure I.3 : Amplitude mensuelle de température.

I.2.5.3. Pluviométrie

Notre zone d'étude se situe au-dessus de l'isohyète de 400 mm/an. Les chutes torrentielles y sont fréquentes durant les mois de forte pluviosité, de la fin novembre à février, avec un maximum en décembre et janvier. Ces précipitations sont particulièrement dangereuses lorsqu'elles surviennent au début de l'automne (septembre-octobre) ou à la fin du printemps (avril-mai), comparativement au reste de l'année.

Tableau I.2 : Les précipitations moyennes mensuelles

Mois	Dec	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov
Précipitation en mm	51.8	54.4	50.8	40.6	32.2	17	7.6	8.9	11.8	48.9	51.3	56.2

(Source : ADE Tiaret, 2020)

I.2.5.4. Vent

Les vents prédominants dans notre région sont de direction Ouest et Nord-Ouest. Ils sont violents en printemps et en Automne ; leur vitesse moyenne varie de (3 à 4 m/s).

Le sirocco, vent chaud et sec à pouvoir desséchant élevé, soufflant à vitesses variables de moyennes à fortes durant l'année. Il se manifeste pendant 10 à 15 jours/an, sa fréquence est constatée pendant les mois de Mai et Juin.

I.2.6. Situation démographique

Selon le PDAU, la population de la zone de Karman a été estimée à 20 738 habitants en 2020, d'après le recensement, avec un taux de croissance de 3 %.

L'estimation de la population future aux horizons différents repose sur la loi des accroissements géométriques, Cette loi s'exprime par la formule suivante :

$$P_n = P_0(1 + \tau)^n \dots\dots\dots(I-1)$$

Avec :

P_n : Population futur a un horizon prévu.

P₀ : Population de l'année de référence.

τ : Taux d'accroissement annuel de la population.

n : Nombre d'années séparant l'horizon de calcul de l'année de référence.

- L'évaluation de la population est résumée dans le tableau suivant :

Tableau I.3: Evaluation de la population.

Année	2020	2025	2055
Nombre d'habitation	20738	24042	58357

I.2.7. Situation hydraulique

I.2.7.1. Alimentation en eau potable

La ville de Tiaret dispose d'un système d'alimentation en eau potable complexe et diversifié, composé de plusieurs infrastructures récemment améliorées pour répondre à la demande croissante. Ce système inclut 14 réservoirs.

Notre zone d'étude, Karman, est alimentée par un réservoir d'une capacité de 10 000 m³, qui s'alimente principalement à partir du bassin Chott Chergui. L'eau est acheminée par une conduite en PEHD de diamètre 630 mm, puis distribuée via une conduite secondaire de diamètre 315 mm.

- La dotation en eau est fixée à 150 litres par jour. (Source : DRE)

I.2.7.2. Assainissement

La zone de Karman est localisée sur deux bassins versants. Le réseau d'assainissement de cette zone est de type unitaire, composé de conduites en béton en forme circulaire, ayant un diamètre qui varie entre 600 et 1000 mm.

Il existe deux points de rejet dans cette zone : le premier est connecté à une station d'épuration (STEP), tandis que le second est à ciel ouvert.

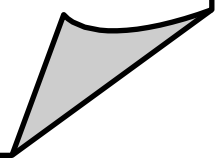
I.3. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons exposé les données essentielles relatives à notre région, couvrant la géographie, la topographie, la climatologie, l'hydrographie et la situation hydraulique actuelle. Ces informations serviront de fondement à notre projet, en particulier pour l'étude de l'évacuation des eaux usées et pluviales à Karman. Elles permettront de déterminer les débits requis pour le dimensionnement du réseau et des infrastructures d'évacuation, assurant

ainsi un fonctionnement efficace, fiable et durable qui protège à la fois la santé publique et l'environnement.

Chapitre II

Etude hydrologique



II.1. Introduction

L'hydrologie, science fondamentale de l'eau, joue un rôle essentiel dans la compréhension et la gestion des ressources hydriques, impactant des secteurs variés comme l'agriculture, l'ingénierie civile et l'assainissement. Les études hydrologiques permettent d'appliquer ces connaissances pour résoudre des problèmes pratiques liés à la gestion des bassins versants et à la prévision des inondations.

Dans le contexte de l'assainissement, l'hydrologie est cruciale pour concevoir des systèmes durables. Comprendre les déplacements de l'eau et ses interactions avec les sols et les roches est essentiel pour la gestion des eaux usées et la prévention des inondations. Cette compréhension permet de développer des solutions novatrices et durables, contribuant à la santé publique, à la préservation de l'environnement et au bien-être des communautés. En analysant les interactions entre l'eau, les sols et les infrastructures, on peut élaborer des stratégies durables pour gérer les ressources en eau et assurer un avenir sain et prospère.

II.2. Notions hydrologiques

II.2.1. Les averses

Une averse est une précipitation soudaine et de courte durée, souvent intense, qui peut prendre la forme de pluie, de grêle ou de neige. Elle se caractérise par un début et une fin brusque, ainsi que des variations rapides d'intensité. Les averses proviennent généralement de nuages convectifs comme les cumulonimbus et sont typiques des saisons intermédiaires ou des saisons des pluies dans les régions tropicales.

II.2.2. Choix de la période de retour

La période de retour est un concept utilisé en hydrologie pour décrire la fréquence à laquelle un événement météorologique, comme une averse intense, est susceptible de se reproduire. Elle est calculée en fonction de la probabilité que l'événement se produise au moins une fois par an. Par exemple, une averse avec une période de retour de 10 ans a une probabilité de 10 % de se produire chaque année.

Ce concept est essentiel pour la planification et la conception des infrastructures hydrauliques, telles que les systèmes de drainage et les barrages, afin de gérer efficacement les risques d'inondation associés à ces événements.

II.2.3. L'intensité moyenne de précipitation

Lors de l'étude d'une averse, il est nécessaire de calculer les intensités moyennes pour différentes valeurs d'intervalle de temps Δt .

L'intensité moyenne correspond au rapport entre la hauteur de pluie tombée et la durée Δt ,

$$I_m = \frac{\Delta h}{\Delta t} \dots \dots \dots (II-1)$$

Avec :

I_m : intensité moyenne de la pluie (mm/h, mm/min) ou intensité spécifique en prenant en compte la surface (l/s/ha).

h : hauteur de pluie de l'averse (mm).

t : durée de l'averse (h ou min).

Pour calculer l'intensité de précipitation, il faut :

- Étudier les données pluviométriques disponibles et choisir la loi statistique adaptée pour ajuster ces données.
- Déterminer les paramètres de cette loi et vérifier qu'elle correspond bien aux observations.
- Calculer ensuite la valeur de l'intensité moyenne des précipitations.

II.3. Analyse des données pluviométriques et calcul des différents paramètres de la série

En général, la première étape dans l'étude d'un projet d'assainissement consiste à analyser les données disponibles. Cela implique notamment l'établissement d'une série pluviométrique intégrant les précipitations journalières maximales sur une période suffisamment longue.

II.3.1. Caractéristique de la station pluviométrique

Tableau II.1 : Identification de la station pluviométrique de Tiaret.

Nom	Code	X	Y	Z (m)	Période D'observation
Tiaret	010407	35.366013°	1.316252°	1004	1992-2020 (29ans)

(Source : ANRH Tiaret)

II.3.2. La série pluviométrique

La station met à disposition une série de données pluviométriques comprenant les précipitations mensuelles et maximales journalières. Cette série couvre une période de 29 ans, allant de 1992 à 2020.

Tableau II.2 : Série pluviométrique (station de Tiaret) 1992-2020.

Année	Sep	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	AOÛT	P_{max}
1992	30.5	6.9	32.2	11.2	14.9	8.1	15.2	33.6	10.3	3.9	3.9	5.4	33.6
1993	4.1	6.6	12.8	23.6	2.6	1.5	8	16.4	18.7	7.2	1.9	2.3	18.7
1994	33.4	8.8	7.7	15.2	10.7	13.9	2.2	7.1	2.6	0	3.0	4.1	33.4
1995	32.9	27.4	13.0	11.7	21.4	4.9	27.7	10.8	1.7	4.4	0.1	10.4	32.9
1996	13.7	4.0	10.1	9.4	16	31.4	11.3	22.6	23	7.9	9.6	11.8	31.4
1997	4.5	9.9	2.6	12.5	14.5	4.6	0	34.4	16.8	12.3	12.1	17.1	34.4
1998	15.3	12.2	31.6	20.4	10.9	10.3	7.7	29.5	22.2	1.7	8.6	1.5	31.6
1999	1.9	4.8	6.4	18.8	71.4	7.1	37.4	6.5	18.4	44	0.1	5.4	71.4
2000	19.1	30.6	12.9	37.9	0.8	0.1	5.3	9.9	21.8	0.1	0.1	2.2	37.9
2001	21.2	56.4	22.8	12.8	21.9	7.7	2.5	22.3	2.9	0.8	15	2.3	56.4
2002	18.6	6.5	9.1	11.9	3.8	5.6	15.7	11.4	20.8	5.6	0.2	5.6	20.8
2003	3.0	5.2	23.9	37.1	12.1	11.3	4	32.6	9.1	11.7	0.4	16	32.6
2004	2.0	14.0	29.2	17.6	10.3	13.4	2	11.9	15.8	18.0	6.5	5.2	29.2
2005	10.0	9.6	12.3	46.8	7.3	6.6	11.1	2.6	1.6	3.3	1.2	0	46.8
2006	10.6	26.4	9.9	5.4	32	18.3	6.8	23.8	29.2	1.4	2.2	0	29.2
2007	11.0	10.2	4.2	8.9	6.8	16.3	19	36.6	3.5	2.3	2.5	2.8	36.6
2008	22.5	24.9	20.2	3.5	21.5	7.9	8.3	5.4	17.4	2.6	11.4	3.0	24.9
2009	8.7	22.4	20.6	31.5	17.4	20.2	35.4	25.5	6.8	4	4.9	4.2	35.4
2010	65.5	6.5	12.7	14.5	15.9	31.4	30	12.3	17.5	2.7	2.6	18.2	65.5
2011	4.00	7.5	24.2	8	14.5	16	19.4	14.8	26.4	15.4	1.6	4.5	26.4
2012	0.1	21.8	23.6	3	8.9	4	41.5	82.5	1.4	41.1	20.0	7.4	82.5
2013	7.5	15.3	65.1	19.7	21.8	23.6	37.9	75.4	28	0	0.2	2.1	75.4
2014	5.9	2.0	41.3	37.5	12.4	12.7	49.1	2.5	5.2	25.1	27.8	1.8	49.1
2015	48.6	36.5	17.2	30.4	13.2	22.3	19.1	0.5	61	6.8	13.4	7.3	48.6
2016	4.3	19.5	13.9	19	15.9	12.9	31.1	17.3	19.2	9.5	1.2	23.8	31.1
2017	1.6	3.6	12.2	17.3	48.2	8.1	4.8	2.2	10.6	10.2	0.2	4.6	48.2
2018	4.8	14.6	14.2	20.3	10.1	12.4	34.2	52.6	194	32.1	18.4	4.8	52.6
2019	19.3	13.1	18.5	25.1	22.6	11.5	18.9	19.8	5.5	0	10.6	0	25.1
2020	27.5	4.4	26.7	37.4	8	10.2	19	20.2	6.5	0	4.5	0	37.4

(Source : ANRH Tiaret)

II.3.3. Vérification de l'homogénéité de la série pluviométrique

Afin de garantir l'absence de rupture artificielles dans la série de données et d'évaluer son homogénéité, il est essentiel de procéder à une analyse statistique à l'aide du teste de la médiane, qui suit plusieurs étapes méthodiques.

- **Les étapes à suivre pour appliquer le teste de la médiane sont les suivantes :**

- a. Classer la série en ordre décroissant.
- b. Déterminer la médiane M de sorte que 50% des X_i soient inférieurs à M et 50% des X_i soient supérieurs à M.
 - Si N est impair, on prend la $\left(\frac{N+1}{2}\right)$ ième valeur.
 - Si N est pair, on prend la moyenne entre la $\left(\frac{N}{2}\right)$ ième valeur, et la $\left(\frac{N}{2} + 1\right)$ ième valeur.
 (Tel que : N est le nombre d'années).

✚ Étant donné que la série de données est impaire, donc M= 34.4

c. Attribuer un signe à chaque valeur de la série non triée.

✓ (+) : si $x_i > M$

✓ (-) : si $x_i < M$

d. Calculons les quantités N_s et T_s tel que :

➤ N_s : Nombre total de séries de (+) ou de (-)

➤ T_s : Taille de la plus grande série de (+) ou de (-)

e. Vérifier les conditions suivantes :

$$N_s > \frac{1}{2} \left(N + 1 - u_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{N + 1} \right)$$

$$T_s < 3,3(\log_{10} N + 1)$$

Tableau II.3 : Calcul des paramètres du test de la médiane.

Série triée par ordre croissant		Série non triée	
Rang	$P_{\max,j}(\text{mm})$	$P_{\max,j}(\text{mm})$	Signes
1	82.5	33.6	-
2	75.4	18.7	-
3	71.4	33.4	-
4	65.5	32.9	-
5	56.4	31.4	-
6	52.6	34.4	+
7	49.1	31.6	-

8	48.6	71.4	+
9	48.2	37.9	+
10	46.8	56.4	+
11	37.9	20.8	-
12	37.4	32.6	-
13	36.6	29.2	-
14	35.4	46.8	+
15	34.4	29.2	-
16	33.6	36.6	+
17	33.4	24.9	-
18	32.9	35.4	+
19	32.6	65.5	+
20	31.6	26.4	-
21	31.4	82.5	+
22	31.1	75.4	+
23	29.2	49.1	+
24	29.2	48.6	+
25	26.4	31.1	-
26	25.1	48.2	+
27	24.9	52.6	+
28	20.8	25.1	-
29	18.7	37.4	+

D'après le tableau ci-dessus, on trouve :

$$N_s = 14 \text{ et } T_s = 5$$

Tableau II.4 : Résultat du test de la médiane.

Paramètres	Valeur	Comparaison	Remarque
$\frac{1}{2} \left(N + 1 - u_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{N + 1} \right)$	9.63	$14 > 9.63$	Condition vérifiée
N_s	14		
$3,3(\log_{10} N + 1)$	8.21	$5 < 8,26$	Condition vérifiée
T_s	5		

✚ D'après les résultats du test de la médiane, on peut conclure que notre série est homogène.

III.4. Etude des précipitations maximales journalières

L'analyse des précipitations maximales mensuelles repose sur une approche statistique visant à évaluer les valeurs extrêmes et les variations des précipitations. Cette démarche nécessite un

ajustement des données à l'aide de lois de probabilité afin de caractériser précisément les précipitations observées.

Les principales étapes de cette analyse sont les suivantes :

- Classer les précipitations maximales mensuelles par ordre croissant.
- Calculer la fréquence empirique $F(x)$ (la probabilité de non-dépassement).
- Déterminer les paramètres statistiques des précipitations mesurées.
- Réaliser un ajustement graphique de la série pluviométrique.
- Identifier les quantiles ainsi que leurs intervalles de confiance.
- Évaluer les extrêmes des précipitations et leurs variations mensuelles.

II.5. Analyse statistique de la série pluviométrie

II.5.1. Caractéristiques empiriques

✓ **La moyenne :**

La moyenne des précipitations maximales journalières $\bar{P}_{max,j}$ durant 29 ans d'observations :

$$\bar{P}_{max,j} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{max,j}}{N} \dots \dots \dots (II-2)$$

Avec :

$P_{max,j}$: précipitation maximale journalière en (mm).

N : nombre d'années d'observation ($N=29$ ans).

$\bar{P}_{max,j}$: la moyenne de précipitation maximale journalière en (mm).

✓ **L'écart type σ_x :**

Pour $N < 30$, l'écart type :

$$\sigma_{P_{max,j}} = \left[\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (P_{max,j} - \bar{P}_{max,j})^2}{N-1}} \right] \dots \dots \dots (II-3)$$

✓ **Coefficient de variation :**

$$C_v = \frac{\sigma_{P_{max,j}}}{\bar{P}_{max,j}} \dots \dots \dots (II.4)$$

➤ On trouve les résultats suivants :

Tableau II.5 : Les caractéristique de la série pluviométrique.

Nombre d'années d'observation	29
Précipitation maximale	82.5
Précipitation minimale	18.7
Moyenne	40.7
Ecart type	16.4
Médiane	34.4
Coefficient de variation	0.404

(Source : HyfranPlus)

II.6. Ajustement de la série

Dans notre étude, nous allons ajuster notre série de précipitations à l'aide de trois lois statistiques différentes en utilisant le logiciel HYFRAN, puis choisir celle qui offre le meilleur ajustement. Les lois d'ajustement retenues sont :

- La loi de GALTON (ou loi log-normale) ;
- La loi de Gumbel;
- La loi de GEV (loi des extrêmes généralisés).

L'objectif est d'effectuer cet ajustement sur la série de précipitations maximales journalières afin de déterminer l'intensité de pluie et la période de retour associée.

a) Ajustement par la loi de GALTON (ou loi log-normale) :

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

$$F(x) = \sqrt{2\pi} \int_{-\infty}^u e^{\frac{u^2}{2}} du \dots \dots \dots (II-5)$$

Avec :

F(x) : fréquence au non dépassement ;

Dans le cas de la loi log normale la variable u est égal à :

$$u = \frac{\ln(x) - \overline{\ln(x)}}{\sigma_{\ln(x)}} \dots \dots \dots (II-6)$$

Avec :

u : La variable réduite de Gauss ;

$\overline{\ln(x)}$: La moyenne des logarithmes de la variable x ;

$\sigma_{\ln(x)}$: L'écart type des logarithmes de la variable x .

La formule de Galton est donnée par la formule suivante :

$$\ln(x) = u \times \sigma_{\ln(x)} + \overline{\ln(x)} \dots\dots\dots(\text{II-7})$$

- Les paramètres de loi de Galton sont calculés par la méthode de maximum de vrai semblance corrigé (par HYFRANPLUS) :

$$\sigma_{\ln(x)} = 0.375286 ; \overline{\ln(x)} = 3.63456$$

Tableau II.6 : Résultats de l'ajustement à la loi de Galton par le logiciel HyfranPlus.

T	q	X_T	Ecart- type	Intervalle de confiance (95%)
100	0.9900	90.7	12.3	66.5 - 115
50	0.9800	81.9	10.2	61.9 - 102
20	0.9500	70.2	7.59	55.4 - 85.1
10	0.9000	61.3	5.81	49.9 - 72.7
5	0.8000	52.0	4.23	43.7 - 60.3
3	0.6667	44.5	3.25	38.2 - 50.9
2	0.5000	37.9	2.64	32.7 - 43.1

- Tels que : $T = 1/(1-q)$

Avec :

T : période de retour (T=10ans) ;

q : probabilité au non dépassement ;

X_T : précipitation maximale journalière (mm).

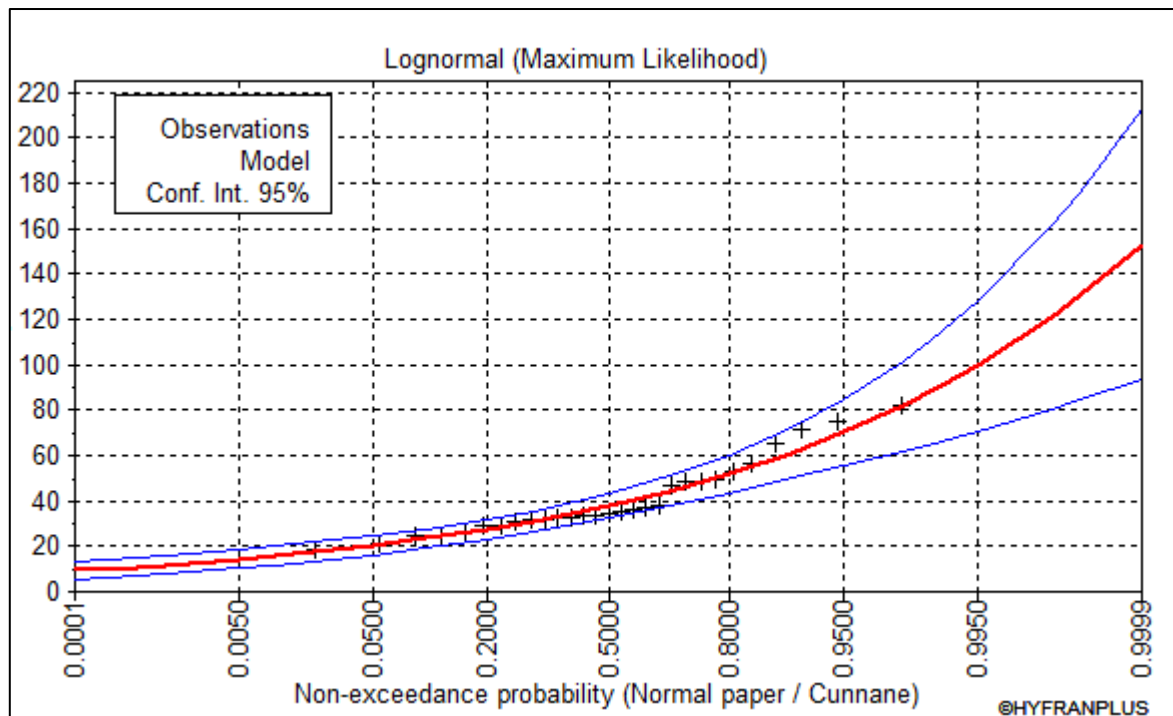


Figure II.1 : Ajustement par la loi de Galton.

b) Ajustement par la loi de Gumbel :

La fonction de la répartition de la loi du Gumbel :

$$F(x) = e^{-e^{-u}} \dots\dots\dots (II-8)$$

$$y = \frac{(x-x_0)}{\alpha} = -[\ln(-\ln(F(x)))] \dots\dots\dots (II-9)$$

Avec :

y : la variable réduite de Gumbel.

x_0 : le paramètre de position (en mm).

x : variable étudiée ($P_{\max, j}$) (en mm).

α : paramètre d'échelle appelée Gradex ($\alpha > 0$).

La formule de Gumbel est donnée par la formule suivante :

$$x = \alpha \times y + x_0 \dots\dots\dots (II-10)$$

Les paramètres de loi de Gumbel sont calculés par la méthode de maximum de vraisemblance corrigé :

$$\alpha = 11.7877 ; x_0 = 33.3816$$

Donc, la formule de Gumbel devient :

$$x = 11.7877 y + 33.3816 \dots\dots\dots(\text{II-11})$$

- Les résultats de l'ajustement de la loi de Gumbel par HyfranPlus sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau II.7: Résultats de l'ajustement à la loi de Gumbel par le logiciel HyfranPlus.

T	q	X _T	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
100	0.9900	87.6	9.03	69.9 - 105
50	0.9800	79.4	7.84	64.0 - 94.7
20	0.9500	68.4	6.29	56.1 - 80.7
10	0.9000	59.9	5.12	49.9 - 70.0
5	0.8000	51.1	3.97	43.3 - 58.8
3	0.6667	44.0	3.15	37.8 - 50.2
2	0.5000	37.7	2.56	32.7 - 42.7

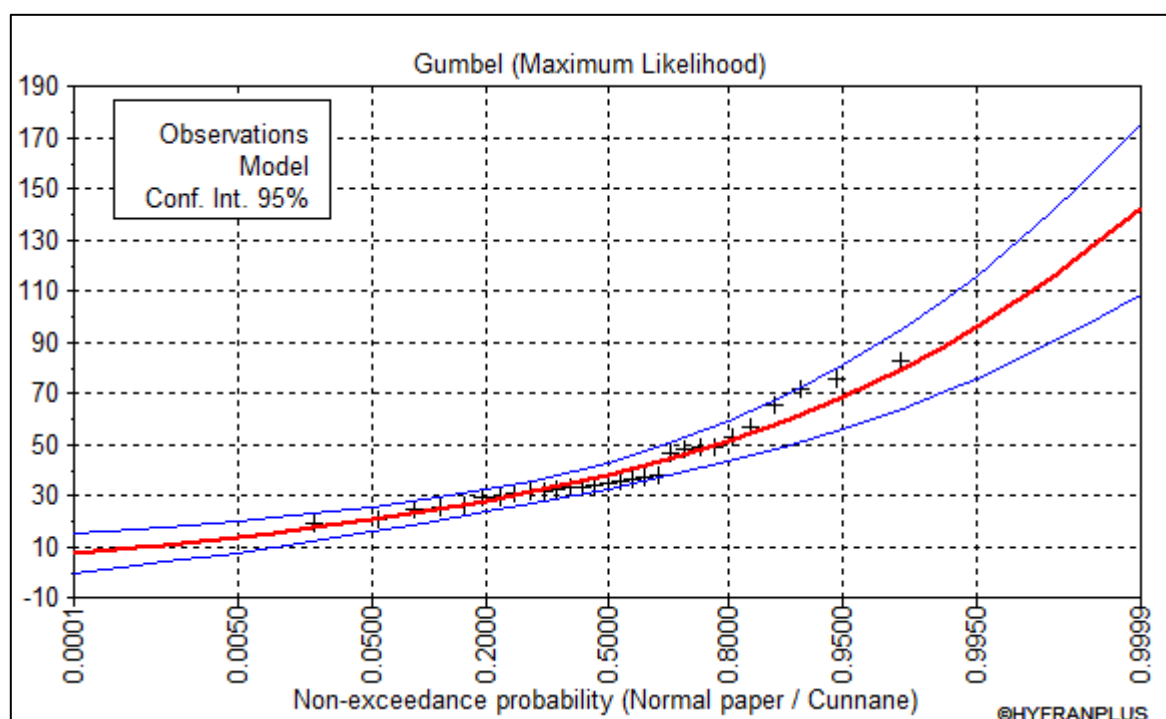


Figure II.2 : Ajustement par la loi de Gumbel.

c) Ajustement par la loi de GEV (loi des extrêmes généralisés) :

La formule de répartition de la loi d'extrêmes généralisée est :

$$F(x) = e^{-e^{-y}} \dots\dots\dots (II-12)$$

$$y = -\frac{1}{k} \ln \left(1 - \frac{k}{\alpha} (x - u) \right) \dots\dots\dots (II-13)$$

Avec :

x : variable étudiée (Pmax, j).

u : paramètre de position.

α : paramètre de dispersion ($\alpha > 0$).

k: paramètre de forme appelé indice des valeurs extrêmes.

La formule de GEV est donnée par la formule suivante :

$$x = u + \frac{\alpha}{k} (1 - e^{-ky}) \dots\dots\dots (II-14)$$

Les paramètres de loi de GEV sont calculés par la méthode de maximum de vraisemblance corrigé :

$$\alpha = 10.6453 ; k = -0.1632 ; u = 32.588$$

Donc, la formule de GEV devient :

$$x = 27.9282 - \frac{10.6453}{0.1632} (1 - e^{0.1632y}) \dots\dots\dots (II-15)$$

- Les résultats de l'ajustement de la loi de GEV par HyfranPlus sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau II.8 : Résultats de l'ajustement à la loi de GEV par le logiciel HyfranPlus.

T	q	X_T	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
100	0.9900	106	28.7	N/D
50	0.9800	90.7	19.7	52.0 - 129
20	0.9500	73.3	11.4	51.0 - 95.6
10	0.9000	61.5	7.23	47.4 - 75.7
5	0.8000	50.7	4.57	41.7 - 59.6
3	0.6667	42.9	3.34	36.4 - 49.5
2	0.5000	36.6	2.61	31.5 - 41.7

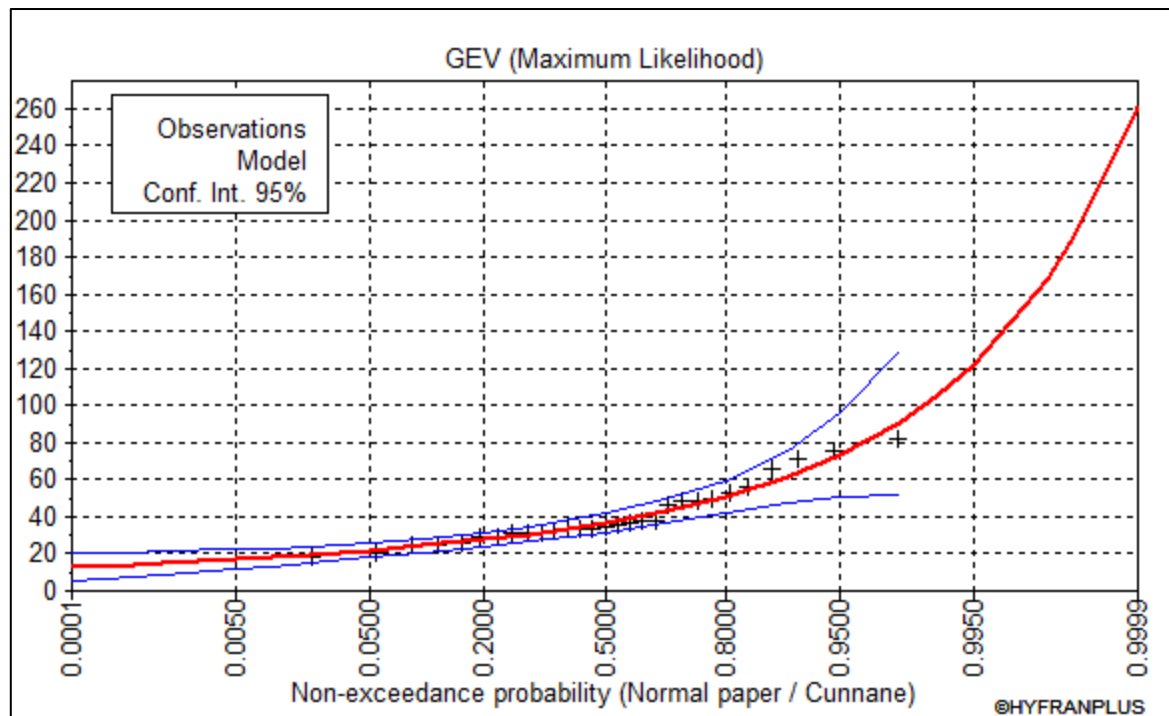


Figure II.3 : Ajustement par la loi de GEV.

II.7. Choix de la loi d'ajustement

Pour ajuster une loi de probabilité à des données, il est crucial de vérifier son adéquation via un test qui compare la distribution théorique à la distribution empirique. Dans notre étude, nous avons ajusté les précipitations maximales journalières aux lois de Gumbel, Galton et GEV avec le logiciel HyfranPlus. Le choix de la loi retenue repose sur l'analyse des paramètres hydrologiques (précipitations décennales), l'examen des graphiques et le test du χ^2 .

II.7.1. Test graphique

Ce test repose sur une analyse visuelle des graphiques d'ajustement, consistant à observer la disposition des points sur le papier de probabilité afin de vérifier qu'ils forment un alignement régulier, sans mauvaises courbures.

- Interprétation

On remarque que pour les trois cas, les points sont très proches de la droite théorique avec une bonne convergence.

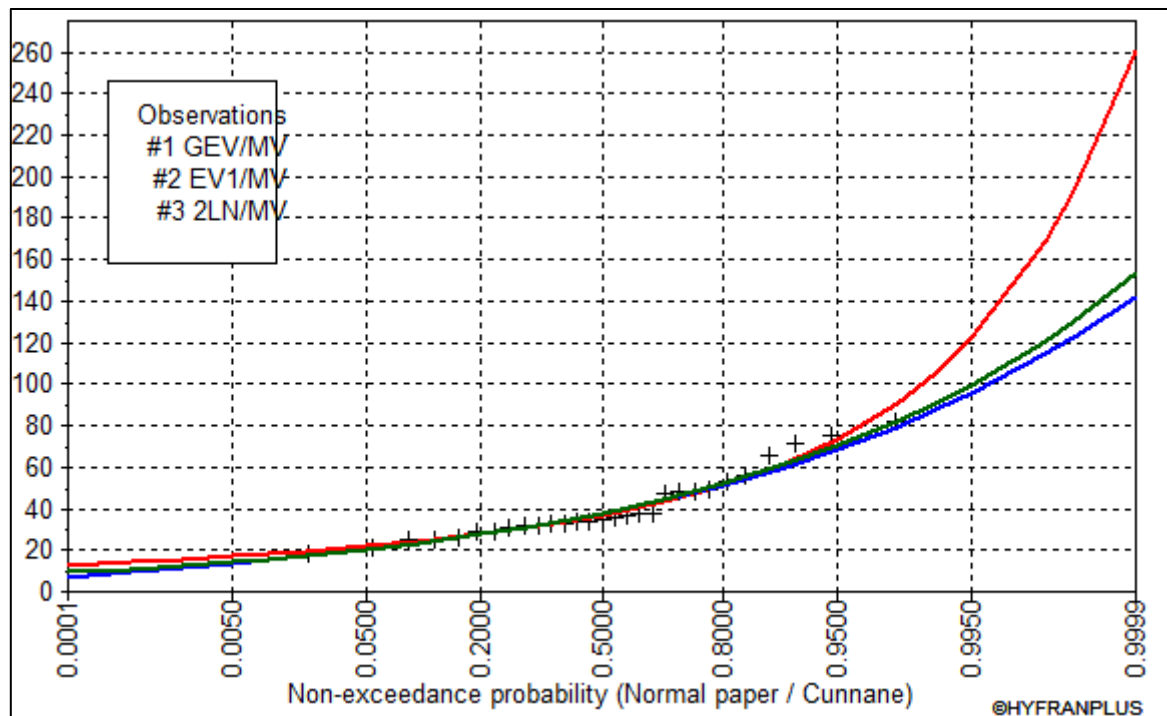


Figure II.4 : Comparaison des trois lois d'ajustement.

II.7.2. Test d'adéquation de Khi-deux « χ^2 »

Le test de Khi-deux, aussi appelé test du Khi-carré ou test de Pearson, est une méthode statistique utilisée pour vérifier la compatibilité d'une loi théorique avec un échantillon de taille N . Ce test consiste à comparer la valeur calculée de la statistique χ^2 à sa valeur théorique afin de décider si l'ajustement est acceptable.

- Pour choisir la loi la plus appropriée, nous comparons les variables χ^2 théorique et χ^2 calculé à un risque α de 5%, ce qui correspond à un seuil de signification de 95%, avec un nombre de degrés de liberté γ . Pour qu'une loi soit considérée comme vérifiée, les critères suivants doivent être respectés : $\chi^2_{\text{calculé}} < \chi^2_{\text{théorique}}$.^[1]

✚ Les précipitations décennales de chaque loi :

- $P_{\max, j}(\text{Galton}) = 61.3 \text{ mm.}$
- $P_{\max, j}(\text{GEV}) = 61.5 \text{ mm.}$
- $P_{\max, j}(\text{Gumbel}) = 59.9 \text{ mm.}$

Selon les résultats fournis par le logiciel HyfranPlus, on obtient les données suivantes :

Tableau II.9 : Les résultats du test Khi-deux.

Loi d'ajustement	Nombre de classe	P	Degré de liberté	$\chi^2_{\text{calculé}}$	$\chi^2_{\text{Théorique}}$	Comparaison	Remarque
Galton	7	0.0637	4	8.90	9.49	$8.90 < 9.49$	Vérifié
Gumbel	7	0.0775	4	8.41	9.49	$8.41 < 9.49$	Vérifié
GEV	7	0.0730	3	6.97	7.81	$6.97 < 7.81$	Vérifié

- **Interprétation :**

La validité du test est confirmée pour les trois lois, le test de Pearson indiquant que chacune d'elles est adéquate. Puisque l'ajustement est validé pour ces distributions et que les valeurs théoriques χ^2 sont très proches, la sélection finale se fera en faveur de la distribution correspondant à la plus grande précipitation.

II.7.3. Sélection de la loi

Sachant que l'adéquation de l'ajustement par les trois lois est confirmée, et que les valeurs théoriques χ^2 sont très proches pour les deux. Nous optons pour la considération de la pluie issue de la loi de GEV :

$$P_{\max, j}(\text{GEV}) = 61.5 \text{ mm.}$$

II.8. Calcul des pluies et des intensités de courte durée

Dans le cadre de notre analyse, nous déterminerons les valeurs et intensités des précipitations de courte durée. Cette estimation repose sur les résultats obtenus après l'ajustement selon la loi GEV. Le calcul des précipitations de courte durée s'appuie sur les précipitations maximales journalières, selon la relation suivante :

$$P_{t,p\%} = P_{\max, j, p\%} \times \left(\frac{t}{24}\right)^b \dots\dots\dots(\text{II-16})$$

Avec :

$P_{t, p\%}$: pluie de courte durée correspondante à une fréquence de dépassement donnée (p%) (en mm).

$P_{\max, j, p\%}$: pluie maximale journalière correspondante à une fréquence de dépassement donnée (p%) (en mm).

t : durée de l'averse (h).

b : exposant climatique, $b=0.37$, selon l'ANRH Tiaret.

- **Intensité moyenne de courte durée :**

Pour calculer l'intensité moyenne $i_{t, p\%}$ de la précipitation $P_{t, p\%}$ (en mm) sur une durée courte t (en heures) et à une fréquence de dépassement donnée $p\%$, nous utilisons la formule de **Montanari** :

$$I_{t, p\%} = \frac{P_{t, p\%}}{t} \dots \dots \dots (II-17)$$

Avec :

$i_{t, p\%}$: l'intensité moyenne de courte durée correspondante à une fréquence de dépassement donnée ($p\%$) (mm/h).

$P_{t, p\%}$: pluie de courte durée correspondante à une fréquence de dépassement donnée ($p\%$) (en mm).

t : durée de l'averse (h).

Dans les projets d'assainissement, l'estimation des débits pluviaux repose sur l'intensité moyenne maximale des précipitations calculées pour une durée courte de 15 minutes (0,25 heure) et une période de retour de 10 ans. Cette méthode est privilégiée pour des raisons à la fois technico-économiques et de sécurité, car une durée d'intégration brève permet de mieux prendre en compte les précipitations intenses et soudaines susceptibles de provoquer des dommages importants.

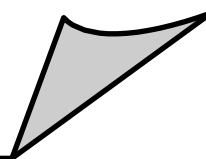
$$I_{15min, 10\%} = \frac{11.36}{0.25} = 45.44 \text{ mm/ha} = \frac{45.44 \times 10000}{3600} = 126.22 \text{ l/s/ha}$$

II.9. Conclusion

Pour notre étude hydrologique approfondie, nous avons réussi à déterminer l'intensité moyenne des précipitations. En utilisant la loi de GEV comme modèle d'ajustement le plus approprié, nous avons obtenu une intensité de pluie de 15 minutes pour une période de retour de 10 ans équivalant à 126.22 l/s/ha. Ces résultats ont été cruciaux pour concevoir de manière optimale notre réseau, garantissant ainsi une protection efficace contre les averses décennales.

Chapitre III

Calcul de base



III.1. Introduction

Ce chapitre présente la méthode de calcul hydraulique de base utilisée pour la conception du réseau d'assainissement. Elle repose sur la subdivision de la surface d'étude en surfaces élémentaires, afin de déterminer des coefficients de ruissellement appropriés et d'estimer la population associée à chaque unité. Ces données permettent d'évaluer les débits d'eaux usées et pluviales à prendre en compte. Le choix du tracé et du schéma d'évacuation dépend, quant à lui, des caractéristiques topographiques et urbaines de l'agglomération. Cette approche constitue le fondement du dimensionnement hydraulique du réseau, en garantissant son efficacité et sa durabilité.

III.2. Le découpage de la superficie en surfaces élémentaires

Le bassin versant correspond à une zone géographique délimitée, en général, par les lignes de crête ou les lignes de partage des eaux. Plusieurs paramètres doivent être pris en compte pour déterminer les surfaces élémentaires, et le découpage doit s'effectuer selon :

- La nature des sols ;
- La densité des habitations ;
- Les courbes de niveaux ;
- Les routes et voiries existantes ;
- Les pentes et les contre-pentes ;
- Les limites naturelles.

✚ Pour notre étude, la surface est décomposée en 17 surfaces élémentaires, le tableau ci-dessous représente les différentes superficies de ces dernières.

Tableau III.1 : Les superficies des surfaces élémentaires.

SB	Superficie (Ha)	SB	Superficie (Ha)
1	10	10	4
2	9	11	12
3	12	12	10
4	5	13	13
5	2	14	8
6	7	15	9
7	8	16	10
8	7	17	6
9	5		

III.3. Système d'évacuation des eaux

La conception d'un réseau d'assainissement pour une agglomération nécessite une attention particulière à deux enjeux essentiels :

- Garantir un drainage efficace des eaux pluviales afin de prévenir les inondations dans les zones urbaines et d'éviter la formation d'eaux stagnantes après de fortes précipitations ;
- Assurer l'évacuation des eaux usées domestiques, des eaux vannes, ainsi que, le cas échéant, des eaux usées industrielles.

Pour cela, on peut envisager un ou plusieurs réseaux de canalisations permettant l'écoulement des eaux usées, généralement par gravité.

Trois types de systèmes d'évacuation peuvent être mis en œuvre :

- Le système unitaire;
- Le système séparatif;
- Le système de pseudo-séparation.

III.3.1. Les différents systèmes d'assainissement

✓ Le système unitaire

Le système unitaire d'assainissement se caractérise par la collecte des eaux usées domestiques et des eaux pluviales dans une seule et même canalisation. Cette simplicité se traduit par la nécessité d'une seule canalisation par voie publique et d'un seul branchement par immeuble, ce qui réduit le nombre d'infrastructures nécessaires et facilite la gestion du réseau

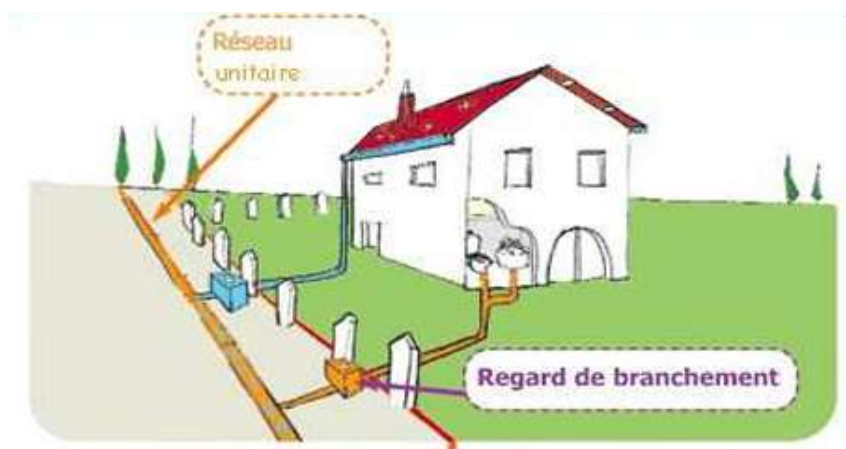


Figure III.1 : schéma représentatif des branchements dans le système unitaire.

(Source : Hydraulique au pluriel)

✓ Le système séparatif

Le système séparatif d'assainissement repose sur la gestion distincte des eaux usées domestiques et des eaux pluviales, ce qui le différencie nettement du système unitaire où ces deux types d'eaux sont évacués par un même réseau. [6]

Deux réseaux distincts:

- **Réseau eaux usées** : collecte les eaux usées provenant des ménages, industries, commerces, etc. Ces eaux sont dirigées vers une station d'épuration pour traitement avant rejet dans le milieu naturel.
- **Réseau eaux pluviales** : collecte les eaux de pluie issues des routes, toits, espaces publics, etc. Ces eaux sont généralement déversées directement dans les cours d'eau ou infiltrées dans le sol, souvent après un traitement ou une gestion adaptée pour limiter la pollution et les risques d'inondation.

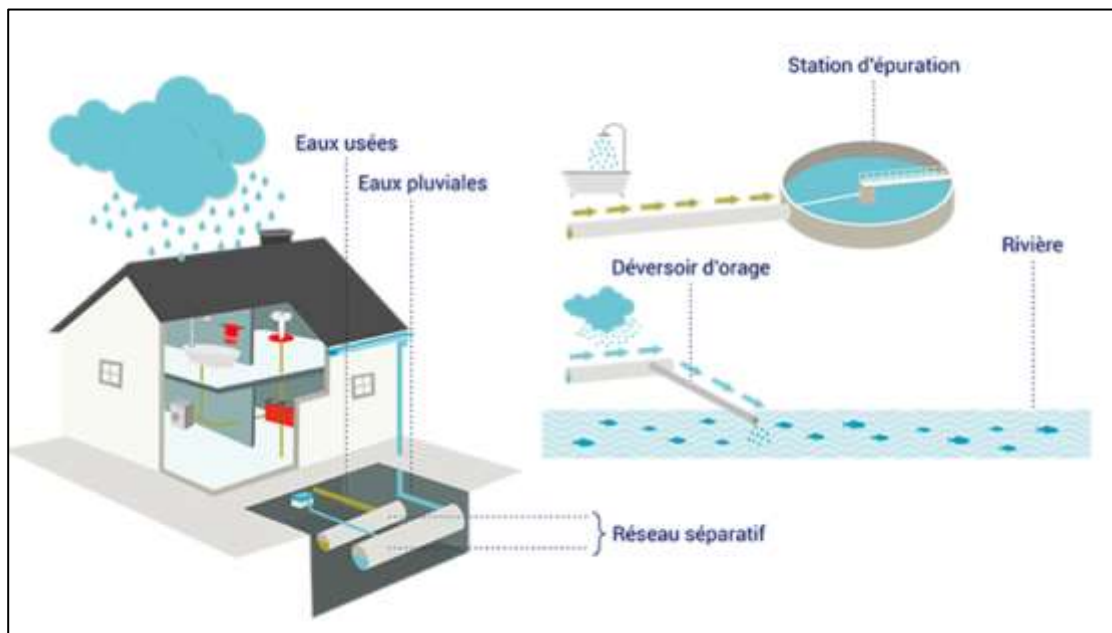


Figure III.2 : Schéma représentatif des branchements dans le système séparatif.

(Source : <https://tpdemain.com>)

✓ 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'ouvrage pluviaux. Il repose sur une collecte en commun des eaux de toiture et d'espace privés, avec celle des eaux usées. [6]

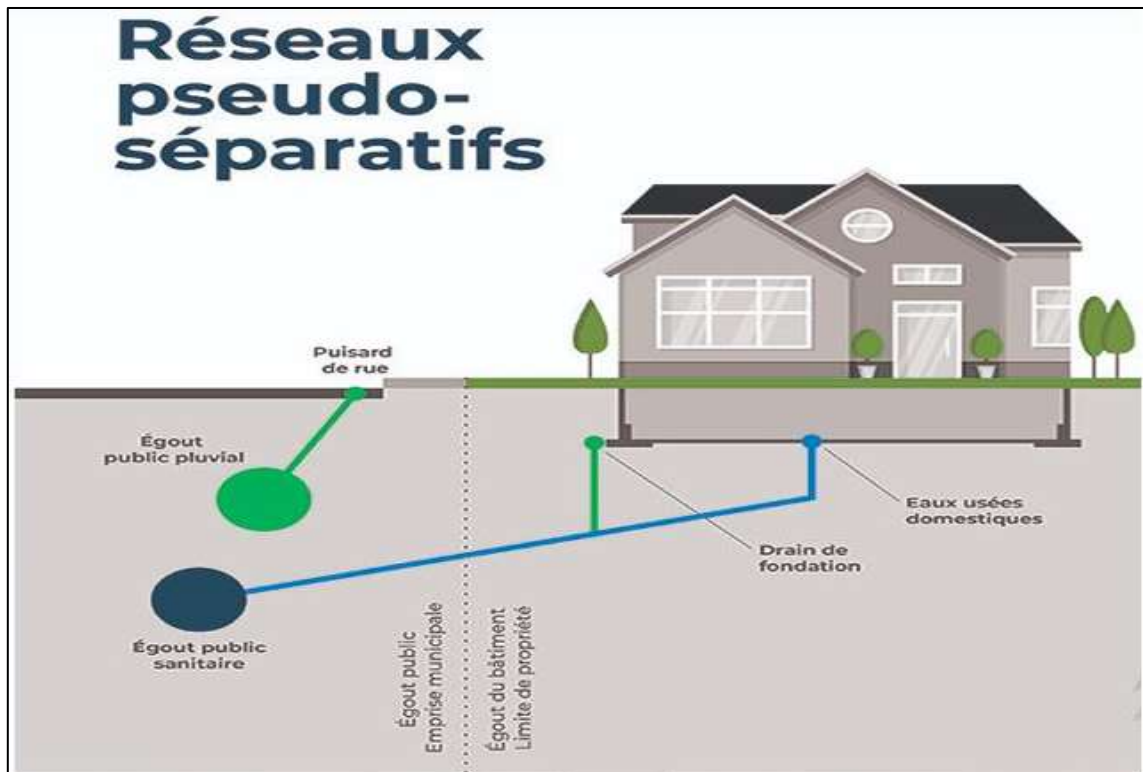


Figure III.3 : Schéma représentatif des branchements dans le système pseudo-séparatif.

(Source : GOMELLA)

Tableau III.2: Les avantages et les inconvénients des différents système d'évacuation.

Système	Avantages	Inconvénient
Unitaire	- Simplicité de réseau : une seule canalisation et un seul branchement par immeuble. - Coût d'installation souvent moindre (un seul réseau). - Fonctionnement gravitaire facilité dans les terrains en pente. - Débit plus régulier en temps sec, facilitant le dimensionnement de la station d'épuration.	- Risque de surcharge du réseau en cas de fortes pluies. - Nécessite une station d'épuration dimensionnée pour des débits très variables (eaux usées + pluviales). - Pollution possible des milieux naturels en cas de déversements d'orage.

Séparatif	- Meilleure qualité du traitement des eaux usées, car eaux pluviales et usées sont collectées séparément. - Réduction des risques de surcharge et débordement du réseau d'eaux usées. - Gestion spécifique des eaux pluviales (infiltration, rétention) possible.	- Coût plus élevé du fait de la construction et de l'entretien de deux réseaux distincts. - Complexité des branchements (deux raccordements par immeuble), source d'erreurs fréquentes. - Nécessite un réseau pluvial bien dimensionné pour éviter les inondations.
Pseudo-séparatif	- Combine avantages du séparatif en traitant les eaux les plus polluées. - Moins de problèmes de raccordement que le séparatif (moins de branchements doubles). - Permet une collecte partielle des eaux pluviales vers le réseau usé, améliorant la qualité des rejets.	- Apport d'eaux pluviales dans la station d'épuration peut perturber son fonctionnement. - Nécessite une gestion fine pour éviter surcharge et mauvais fonctionnement. - Complexité technique accrue par rapport au système unitaire.

✓ Système mixte

Le système mixte désigne un réseau d'assainissement qui combine, selon les zones, un système unitaire et un système séparatif. Autrement dit, certaines parties de la ville sont desservies par un réseau unitaire (où eaux usées et pluviales sont collectées ensemble) tandis que d'autres utilisent un réseau séparatif. Ce système est souvent adopté dans les agglomérations où les infrastructures existantes sont mixtes ou pour adapter la gestion des eaux selon les caractéristiques locales. ^[6]

✓ Système autonome

Le terme « système autonome » n'est pas explicitement défini dans les sources fournies. Toutefois, dans le contexte de l'assainissement, un système autonome désigne généralement une installation indépendante pour le traitement des eaux usées, non raccordée à un réseau collectif. Cela peut inclure des dispositifs individuels comme les fosses septiques, les microstations d'épuration ou autres systèmes locaux permettant le traitement des eaux usées à

proximité immédiate du lieu de production. Ce système est utilisé dans les zones non raccordées au réseau public ou en milieu rural. ^[6]

✓ **Système composite**

Le système composite est une variante du système séparatif. Il prévoit, par divers aménagements, une dérivation partielle des eaux les plus polluées du réseau pluvial vers le réseau d'eaux usées afin qu'elles soient traitées en station d'épuration. Ce système combine donc une séparation partielle des eaux pluviales et usées, permettant de mieux gérer la pollution des premières eaux de pluie tout en évacuant séparément le reste des eaux pluviales.

III.3.2. Le choix du système d'assainissement

Les principaux paramètres à considérer pour le choix d'un système d'évacuation des eaux usées et pluviales sont les suivants :

- **Aspect économique** : Il est recommandé de réaliser une étude comparative entre plusieurs variantes (système séparatif, unitaire, etc.) afin d'identifier la solution la plus rentable.
- **Conditions de rejet** : Les caractéristiques du milieu récepteur (cours d'eau, lac, système de gestion des eaux pluviales) et les normes environnementales doivent être prises en compte pour garantir la compatibilité des rejets.
- **Extension du réseau** : En cas d'agrandissement du réseau d'assainissement, le système existant doit être intégré dans la réflexion pour assurer la cohérence et la continuité du réseau.
- **Topographie du terrain naturel** : La pente et la configuration du terrain influencent l'écoulement gravitaire des eaux et le dimensionnement des canalisations.
- **Niveau d'urbanisation et encombrement** : La densité de l'habitat et la disponibilité de l'espace en sous-sol conditionnent le choix du système adapté.
- **Ouvrages existants** : Les infrastructures déjà en place et encore fonctionnelles doivent être prises en compte pour optimiser les investissements et éviter des travaux inutiles.
- **Cours d'eau récepteur** : Le débit d'étiage, la nature du cours d'eau et la possibilité de submersion de l'émissaire influencent le choix du système et les modalités de rejet.

✚ Pour notre projet, on a choisi "le système unitaire".

III.4. Schéma d'évacuation

Les réseaux d'assainissement fonctionnent principalement par écoulement gravitaire, ce qui les rend fortement dépendants de la topographie afin d'éviter des tranchées excessivement profondes. Selon le système d'assainissement choisi et la configuration du terrain, plusieurs schémas d'évacuation peuvent être distingués :

III.4.1. Les différents schémas d'évacuation

✓ Schéma perpendiculaire

Dans ce schéma, les collecteurs principaux sont installés perpendiculairement aux axes de circulation (rues, avenues). Les canalisations secondaires, souvent plus petites, se raccordent perpendiculairement aux collecteurs principaux. Ce type d'organisation est simple à mettre en œuvre et convient bien aux zones urbaines régulières avec un tracé orthogonal.

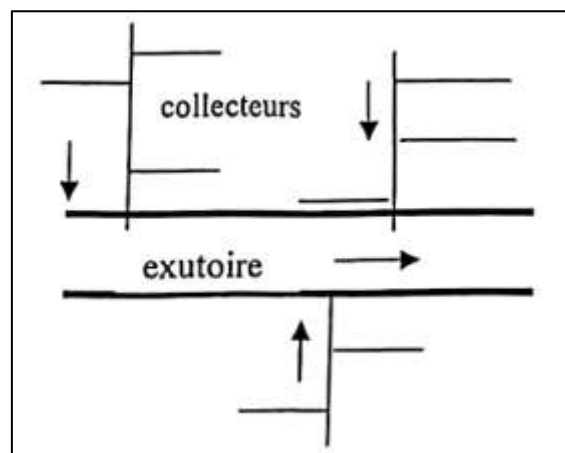


Figure III.4 : Schéma perpendiculaire

(Source : Polycopie SALAH BOUALEM)

✓ Schéma par déplacement latéral

Ce schéma consiste à déplacer latéralement les eaux vers un collecteur principal situé en bordure ou à proximité d'une voie de circulation. Les collecteurs secondaires convergent latéralement vers ce collecteur principal. Il est adapté aux terrains où il est difficile d'implanter des collecteurs sous les axes principaux, ou pour éviter des obstacles.

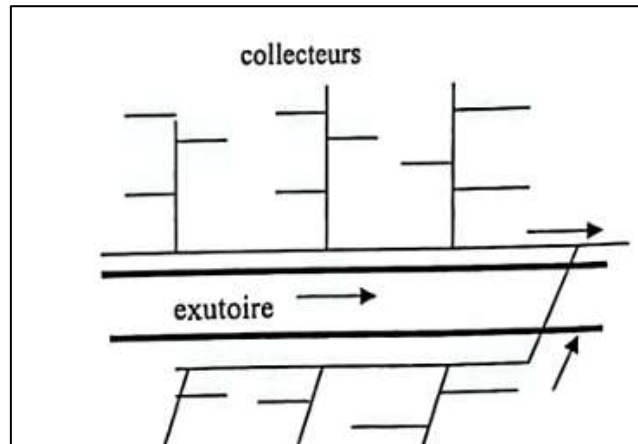


Figure III.5 : Schéma par déplacement latéral

(Source : Polycopie SALAH BOUALEM)

✓ Schéma du collecteur par zones étagées

Dans ce schéma, le réseau est divisé en plusieurs zones superposées selon la topographie naturelle du terrain, souvent en pente. Chaque zone possède son propre collecteur, situé à un niveau différent, permettant un écoulement par paliers successifs. Ce schéma est particulièrement adapté aux terrains accidentés ou vallonnés, facilitant l'évacuation gravitaire des eaux.

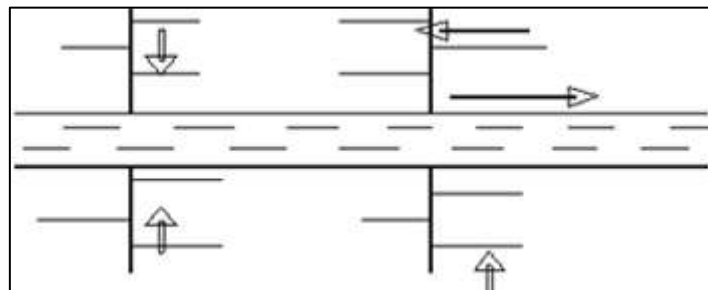


Figure III.6 : Schéma du collecteur par zones étagées

✓ Schéma type radial

Les canalisations convergent vers un point central, généralement une station d'épuration ou un collecteur principal. Les collecteurs secondaires rayonnent en étoile autour de ce point. Ce schéma est souvent utilisé dans les villes construites autour d'un centre historique ou d'un point bas naturel.

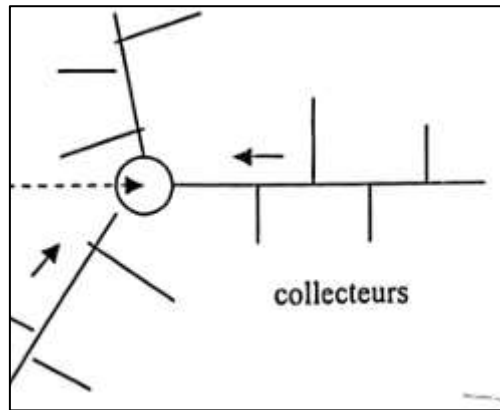


Figure III.7 : Schéma type radial

(Source : Polycopie SALAH BOUALEM)

✓ Schéma transversal ou oblique

Les collecteurs sont disposés de manière oblique ou transversale par rapport aux axes de circulation principaux. Ce type de schéma est choisi pour s'adapter à des contraintes spécifiques du terrain, comme des voies non orthogonales, des obstacles naturels ou artificiels, ou des réseaux existants à intégrer.

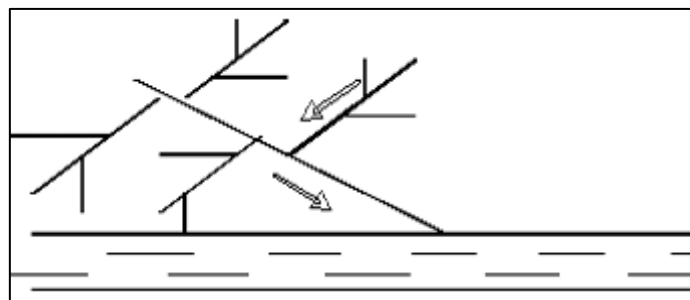


Figure III.8 : Schéma transversal ou oblique

III.4.2. Le choix du schéma d'évacuation

En analysant la nature du relief de l'agglomération, on doit choisir le schéma d'évacuation et son tracé, en fonction de :

- La répartition des habitations à travers la zone urbanisée ;
- La topographie du terrain et des pentes ;
- L'emplacement de la station d'épuration si elle existe ;
- L'endroit de l'exutoire.

✚ Pour notre projet, le schéma convenable est celui par déplacement latéral.

III.5. Le coefficient de ruissellement

Le coefficient de ruissellement est le rapport caractérisant le volume d'eau qui ruisselle de cette surface au volume d'eau tombé sur cette surface.

Ce coefficient peut doubler le débit d'eau pluviale, ce qui rend nécessaire un découpage homogène des sous-bassins pour minimiser les erreurs d'estimation. La valeur du coefficient de ruissellement, qui varie de 0,05 à 1, dépend de plusieurs facteurs, ^[4] notamment :

- La nature du sol.
- La pente du terrain.
- Le mode d'occupation du sol.
- La densité de la population.
- La durée de pluie.
- L'humidité de l'air.

III.5.1. Estimation du coefficient de ruissellement pour chaque surface élémentaire

✓ En fonction du type d'occupation du sol :

Tableau III.3 : Coefficients de ruissellement en fonction du type d'occupation du sol.

Type d'occupation du sol		Cr
Commercial		0.70-0.95
Résidentiel	Lotissement	0.30-0.50
	Collectifs	0.50-0.75
	Habitats dispersé	0.25-0.40
Industriel		0.50-0.80
Parcs et jardins publics		0.05-0.25
Terrains de sport		0.1-0.3
Terrains vagues		0.05-0.13
Terrains agricoles	Drainées	0.05-0.13
	Non drainées	0.03-0.07

(Source : Satin et al. (2006))

✓ En fonction de la catégorie d'urbanisation :

Tableau III.4 : Coefficients de ruissellement en fonction de la catégorie d'urbanisation

Catégories d'urbanisation	C _r
Habitations très denses	0.90
Habitations denses	0.60 – 0.70
Habitations moins denses	0.40 – 0.50
Quartiers résidentiels	0.20 – 0.30
Square – garde – prairie	0.05 – 0.20

(Source : Water Environment Fédération (1970))

✓ En fonction de la densité de la population :

Tableau III.5 : Coefficient de ruissellement en fonction de la densité de population. ^[3]

Densité de la population (hab / ha)	C _r
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 et plus	0.80 – 0.90

(Source : Polycopier Salah Boualem 2014)

✓ En fonction de la nature des surfaces :

Tableau III.6 : Coefficient de ruissellement en fonction de la nature des surfaces.

Nature de la surface	C _r
Toits en métal, tuile, ardoise	0.9
Chaussée avec peu de joints	0.85 – 0.9
Pavés en pierres naturelles, brique avec joints cimentés	0.75 – 0.85
Pavage en blocages	0.40 – 0.50
Surfaces goudronnées	0.25 – 0.60
Chemin en gravier	0.25 – 0.30
Gare, terrain de sport	0.10 – 0.30
Parcs, jardins, gazons	0.05 – 0.25
Forêts	0.01 – 0.20

(Source : Gomella et Guerree (1967))

✓ En fonction de surface drainée :

Tableau III.7 : Coefficient de ruissellement en fonction de surface drainée. ^[3]

Surface	C _r
Chaussée en béton asphaltée	0.70 - 0.95
Chaussée en brique	0.70 - 0.85
Toiture	0.75 - 0.95
Terrain gazonné, sol sablonneux	
Plat (pente < à 2 %).	0.05 - 0.10
Pente moyenne de 2 à 7 %.	0.10 - 0.15
Pente abrupte	0.15 - 0.20
Terrain gazonné, sol sablonneux	
Plat (pente < à 2 %).	0.13 - 0.17
Pente moyenne de 2 à 7 %.	0.18 - 0.22
Pente abrupte	0.25 - 0.35
Entrée de garage en gravier	0.15 - 0.30

(Source : Polycopier Salah Boualem 2014)

- Pour notre projet, le coefficient de ruissellement est déterminé en fonction de l'occupation du sol.

Le tableau suivant résume les résultats du coefficient de ruissellement pour chaque surface élémentaire :

Tableau III.8 : Détermination du coefficient ruissellement de chaque surface élémentaire.

SB	C _r	SB	C _r
1	0.56	10	0.69
2	0.58	11	0.57
3	0.46	12	0.61
4	0.63	13	0.43
5	0.65	14	0.58
6	0.60	15	0.66
7	0.61	16	0.61
8	0.62	17	0.55
9	0.62		

III.5.2. Détermination du nombre d'habitant pour chaque surface élémentaire

Après avoir déterminé les coefficients de ruissellement de chaque surface élémentaire, nous procédons au calcul du coefficient de ruissellement pondéré total de la surface. Cela permet de calculer la densité partielle de chaque surface élémentaire, à partir de laquelle le nombre d'habitants par unité de surface est estimé.

✓ Calcul du coefficient du ruissellement pondéré total :

Le coefficient du ruissellement pondéré total se calcul par la loi suivante :

$$C_{rp} = \frac{\sum A_i * C_{ri}}{A} \dots\dots\dots (III-1)$$

$$C_{rp} = \frac{78.5}{137} = 0.57$$

Avec :

C_{rp} : Le coefficient de ruissellement pondéré.

C_{ri} : Le coefficient de ruissellement de chaque surface élémentaire.

A_i : La surface élémentaire de chaque surface élémentaire.

A : Surface totale de l'agglomération.

✓ **Calcul de la densité partielle de chaque surface élémentaire :**

La densité partielle de chaque sous bassin est exprimée par la relation :

$$D_i = \frac{C_{ri} * P_t}{C_{rp} * A} \dots \dots \dots (III-2)$$

Avec :

C_{rp} : Le coefficient de ruissellement pondéré.

C_{ri} : Le coefficient de ruissellement de chaque surface élémentaire.

A : Surface totale de l'agglomération (137 ha).

P_t : nombre total d'habitants à l'horizon (58357 habitants).

✓ **Calcul du nombre d'habitant pour chaque surface élémentaire :**

Le nombre d'habitations pour chaque surface élémentaire est exprimé par la formule suivante :

$$P_i = D_i * A_i \dots \dots \dots (III-3)$$

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau III.9 : Détermination du nombre d'habitation pour chaque surface élémentaire.

SB	A_i (ha)	C_r	D_i	P_i (hab)
1	10	0.56	418	4180
2	9	0.58	432	3888
3	12	0.46	343	4116
4	5	0.63	471	2355
5	2	0.65	486	972
6	7	0.60	448	3136
7	8	0.61	458	3664
8	7	0.62	464	3248

9	5	0.62	463	2315
10	4	0.69	514	2056
11	12	0.57	427	5124
12	10	0.61	452	4520
13	13	0.43	425	5525
14	8	0.58	430	3440
15	9	0.66	490	4410
16	10	0.61	456	4560
17	6	0.55	411	2466

III.6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons découpé notre surface d'étude en 17 surfaces élémentaires optimisées, afin de minimiser les erreurs dans l'estimation des coefficients de ruissellement. Nous avons ensuite déterminé ces coefficients, dont les valeurs varient entre. Par la suite, nous avons estimé le nombre d'habitations correspondant à chaque surface élémentaire. Par ailleurs, un système unitaire d'assainissement ainsi qu'un schéma d'évacuation par déplacement latéral ont été adoptés.

Chapitre IV

Estimation des débits à évacuer

IV.1. Introduction

L'estimation des débits à évacuer constitue une étape fondamentale dans la conception et le dimensionnement des réseaux d'assainissement. Elle permet de déterminer les flux d'eaux usées et pluviales que le système devra collecter et transporter sans risque de débordement ou de reflux. Ces débits varient en fonction des caractéristiques du bassin versant, des activités humaines desservies, ainsi que des conditions climatiques.

Une estimation précise garantit non seulement la performance hydraulique du réseau, mais aussi la protection de l'environnement et la pérennité des infrastructures.

IV.2. Origine des eaux à évacuer

Les eaux usées et les eaux pluviales constituent deux types principaux d'eaux à gérer dans les réseaux d'assainissement.

IV.2.1. Les eaux usées

IV.2.1.1. Eaux usées d'origine domestique

Ces eaux usées provenant des différents usages domestiques sont principalement porteuses de pollution organique. Elles comprennent :

- Les eaux ménagères (eaux de cuisine, de lessive, de toilette...ect)
- Les eaux de vannes (en provenance des W.C., matières fécales et urines)

IV.2.1.2. Eaux usées du service public

Les eaux usées issues du service public proviennent des activités telles que l'administration, l'éducation, le tourisme, la santé, ainsi que d'autres services publics. Leur volume est estimé en fonction de la consommation d'eau potable nécessaire à chaque activité, exprimée en équivalent habitant. Ces eaux usées sont généralement collectées par les réseaux d'assainissement des eaux pluviales, sauf dans le cas d'un système d'assainissement unitaire où elles sont recueillies conjointement avec les eaux usées domestiques.

IV.2.1.3. Eaux usées industrielles

Les eaux industrielles sont celle en provenance des diverses usines de fabrication ou de transformation.

Elles sont extrêmement variées selon le genre d'industrie dont elles proviennent. Elles contiennent les substances les plus divers, pouvant être acide ou alcaline, corrosive ou entartrantes, à température élevée, souvent odorantes et colorées.

IV.2.1.4. Les eaux claires parasites

Ces eaux résultent soit de l'introduction dans le réseau de la nappe phréatique, en raison de son manque d'étanchéité, soit de l'introduction d'eaux pluviales par suite d'erreurs de branchements.

Les eaux parasites peuvent pénétrer dans les réseaux d'assainissement dans les cas suivants :

- Mauvaise pose de canalisation : les canalisations peuvent être mal posées, ce qui peut créer des fissures ou des défauts qui permettent aux eaux parasites de s'infiltrer.
- Mauvais raccordement entre les conduites concernant les joints : les joints entre les conduites doivent être bien étanches pour empêcher les eaux parasites de s'infiltrer.
- L'écoulement hypodermique : l'écoulement hypodermique est un phénomène qui se produit lorsque les eaux souterraines s'écoulent sur un substratum se trouvant sous la surface du terrain naturel. Ce phénomène peut soulever les canalisations et créer des fissures qui permettent aux eaux parasites de s'infiltrer.
- Fissuration du collecteur : les canalisations peuvent se fissurer, ce qui permet aux eaux parasites de s'infiltrer.
- Les racines des arbres : les racines des arbres peuvent soulever les canalisations et créer des fissures qui permettent aux eaux parasites de s'infiltrer.
- La remontée de la nappe : la remontée de la nappe phréatique peut soulever les canalisations et créer des fissures qui permettent aux eaux parasites de s'infiltrer.

La mesure des débits d'eaux parasites s'avère particulièrement complexe en raison de la nature du phénomène ; par conséquent, ce débit peut être estimé à 0,15 l/s/ha.

IV.2.2. Les eaux pluviales

Les eaux pluviales susceptibles d'être reçues dans un réseau d'égouts comprennent, outre les eaux météoriques recueillies directement sur la surface concernée, les eaux qui, du fait de la topographie ou de la main de l'homme, transitent par cette surface, soit qu'elles ruissellent sur le terrain, soit qu'elles y soient amenées par d'autres canalisations souterraines (eaux de pluie, de drainage ou de source).

IV.3. Evaluation des débits des eaux usées

Le débit des eaux usées circulant dans les canalisations dépend directement de la consommation d'eau. Cette variation résulte principalement du volume d'eau utilisé par les usagers. Il convient toutefois de souligner que l'ensemble de l'eau consommée ne retourne pas intégralement au réseau d'assainissement. En moyenne, on considère que seulement 70 % à 80 % de cette eau est effectivement évacuée, ce pourcentage étant désigné sous le terme de coefficient de rejet.

IV.3.1. Evaluation des débits des eaux domestiques

✓ Débit moyen journalier :

Les eaux usées à évacuer sont estimées en fonction de la quantité d'eau potable consommée. On peut calculer le débit moyen journalier des rejets en se basant sur la formule suivante :

$$Q_{moy,j}^{dom} = \frac{K_r \times D \times N_{hab}}{86400} \dots\dots\dots (IV-1)$$

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 2053 ().

K_r : Coefficient de rejet est estimé à 80% de la quantité d'eau potable consommée.

D : dotation journalière estimée à L/hab/j.

Le terme est pour la conversion de (L/j) en (L/s).

✓ Débit de pointe :

De la même manière que la consommation, les émissions d'eaux usées fluctuent également pendant la journée. Il s'agit donc de déterminer le débit de pointe des eaux usées, qui peut être calculé selon la formule suivante :

$$Q_p^{dom} = K_p \times Q_{moy,j}^{dom} \dots\dots\dots (IV-2)$$

Avec :

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 ; calculé à partir du débit moyen de rejet :

$$\begin{cases} K_p = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_{moy,j}^{dom}}} ; \text{ Si } Q_{moy,j}^{dom} \geq 2,8 \frac{L}{s} \\ K_p = 3 ; \text{ Si } Q_{moy,j}^{dom} \leq 2,8 \frac{L}{s} \end{cases}$$

L'évaluation des débits moyen usées, de pointe et de coefficient de pointe K_p de chaque surface élémentaire illustrés dans le tableau suivant :

Tableau IV.1 : Evaluation des débits des eaux usées domestiques pour chaque surface élémentaire.

SB	P _i	Dotation (l/j)	K _r	Q _{moy.usé} (l/s)	K _p	Q _{pt.usé} (l/s)
1	4180	150	0.8	5.80	2.53	14.67
2	3888	150	0.8	5.40	2.57	13.87
3	4116	150	0.8	5.71	2.54	14.50
4	2355	150	0.8	3.27	2.88	9.417
5	972	150	0.8	1.35	3	4.05
6	3136	150	0.8	4.35	2.69	11.70
7	3664	150	0.8	5.08	2.60	13.20
8	3248	150	0.8	4.51	2.67	12.04
9	2315	150	0.8	3.21	2.89	9.27
10	2056	150	0.8	2.85	2.98	8.49
11	5124	150	0.8	7.11	2.43	17.27
12	4520	150	0.8	6.27	2.49	15.61
13	5525	150	0.8	7.67	2.4	18.40
14	3440	150	0.8	4.77	2.64	12.59
15	4410	150	0.8	6.12	2.51	15.36
16	4560	150	0.8	6.33	2.49	15.76
17	2466	150	0.8	3.42	2.85	9.747

IV.3.2. Evaluation des débits des eaux publiques

L'évaluation de ces débits s'effectue de manière similaire à celle des eaux domestiques, en se fondant sur la consommation spécifique d'eau potable propre à chaque catégorie d'utilisateur.

D'après la classification de PNE notre agglomération est du type urbain avec un nombre d'habitant actuel de 20738 habitants, et selon le tableau des valeurs de coefficient de majoration selon le type de l'agglomération, on trouve que le coefficient de majoration est 40 % . Les résultats des calculs des débits d'eaux usées pour les équipements de chaque surface élémentaire sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau IV.2 : Evaluation des débits des eaux usées publics pour chaque surface élémentaire.

SB	Equipement	Unité	Dotation l/j/unité	Nbr d'unité	Q _{moy. usé} (l/j)	Q _{moy-usé} (l/s)	K _p	Q _{usé. pt}	Q _{eq.tot}
1	Lavage auto	Voiture	150	10	1500	0.017	3	0.052	0.052
2	École	Élève	30	350	10500	0.122	3	0.365	1.302
	Cem	Élève	30	800	24000	0.278	3	0.833	
	Mosquée	Fidèle	10	300	3000	0.035	3	0.104	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	Stade	Vestiaire	25	44	1100	0.013	3	0.038	0.038
7	Clinique dentaire	Lits	30	5	150	0.002	3	0.005	0.005
8	Mosquée	Fidèle	10	200	2000	0.023	3	0.069	0.069
9	Mosquée	Fidèle	10	200	2000	0.023	3	0.069	0.069
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	2 hangars	Employeur	30	8	240	0.003	3	0.008	0.008
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Ecole	Élève	30	400	12000	0.138	3	0.417	0.417
14	0	0	0		0	0	0	0	0
15	Mosquée	Fidèle	10	300	3000	0.034	3	0.104	1.39
	Lycée	Élève	30	1200	36000	0.417	3	1.25	

	Marché	m ²	5	200	1000	0.012	3	0.036	
16	Cem	Élève	30	650	19500	0.226	3	0.677	0.844
	CFPA	Personnes	15	150	2250	0.026	3	0.078	
	Hôpital	Lits	60	30	1800	0.021	3	0.063	
	Stade	Vestiaire	25	30	750	0.008	3	0.026	
17	2 Ecoles	Élève	30	700	21000	0.243	3	0.729	0.729

IV.3.3. Evaluation des débits des eaux parasites

Ce débit est compris entre 0,05 et 0,15 l/s/ha.

$$Q_{par} = A_i \times q \dots \dots \dots (IV-3)$$

Avec : q = 0,15 l/s/ha.

Les résultats de calcul de chaque surface élémentaire sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau IV.3 : Evaluation des débits des eaux parasites pour chaque surface élémentaire.

SB	Ai (ha)	q l/s/ha	Q_{parasite} l/s
1	10	0.15	1.5
2	9	0.15	1.35
3	12	0.15	1.8
4	5	0.15	0.75
5	2	0.15	0.3
6	7	0.15	1.05
7	8	0.15	1.2
8	7	0.15	1.05
9	5	0.15	0.75
10	4	0.15	0.6
11	12	0.15	1.8
12	10	0.15	1.5
13	13	0.15	1.95

14	8	0.15	1.2
15	9	0.15	1.35
16	10	0.15	1.5
17	6	0.15	0.9

IV.3.4. Les débits totaux des eaux usées à évacuer

Les débits totaux des eaux usées sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV.4 : Les débits totaux des eaux usées.

SB	Q_{pt.usé (dom)} l/s	Q_{pt.usé (eq)} l/s	Q_{parasite} l/s	Q_{usé.total} l/s
1	14.67	0.052	1.5	16.222
2	13.87	1.302	1.35	16.522
3	14.5	0	1.8	16.3
4	9.417	0	0.75	10.167
5	4.05	0	0.3	4.35
6	11.7	0.038	1.05	12.788
7	13.2	0.005	1.2	14.405
8	12.04	0.069	1.05	13.159
9	9.27	0.069	0.75	10.089
10	8.49	0	0.6	9.09
11	17.27	0.008	1.8	19.078
12	15.61	0	1.5	17.11
13	18.4	0.417	1.95	20.767
14	12.59	0	1.2	13.79
15	15.36	1.39	1.35	18.1
16	15.76	0.844	1.5	18.104
17	9.747	0.729	0.9	11.376

IV.4. Evaluation des débits pluviaux

Le dimensionnement d'un réseau pluvial s'appuie sur l'évaluation des précipitations les plus intenses correspondant à une période de retour spécifique, généralement de 10 ans (débit décennal).

Pour calculer les débits pluviaux nécessaires, on utilise des méthodes telles que la méthode rationnelle ou la méthode de Caquot.

Ces méthodes permettent de calculer les débits pluviaux en fonction de divers paramètres tels que l'intensité de la pluie, la superficie drainée, et les caractéristiques du bassin versant, afin de dimensionner correctement les infrastructures d'assainissement et de prévenir les risques d'inondation.^[3]

IV.4.1. Méthode rationnelle

La méthode rationnelle est une approche utilisée pour estimer le débit de pointe des eaux pluviales lors d'événements pluvieux intenses, le résultat est meilleur pour des surfaces plus faibles du fait de la bonne estimation du coefficient de ruissellement. Elle se base sur la formule qui exprime le débit de pointe comme le produit de la superficie du sous-bassin, de l'intensité de pointe de la pluie, un coefficient de ruissellement, et un coefficient réducteur de l'intensité de pluie.

Cette méthode est utilisée pour les surfaces inférieures à 150ha. Le débit pluvial est déterminé par la formule suivante : ^[3]

$$Q_{pluv} = \alpha \times C_r \times i \times A \dots \dots \dots (IV-4)$$

Avec :

Q_{pluv} : débit d'eau de ruissellement (l/s).

α : coefficient réducteur de l'intensité de pluie.

C_r : coefficient de ruissellement.

I : intensité moyenne de précipitations (l/s/ha).

A : la surface du sous-bassin (ha).

IV.4.1.1. Coefficient réducteur de l'intensité de pluie

C'est un coefficient déterminé expérimentalement qui tient compte de la répartition irrégulière des pluies courtes de forte intensité. si la surface est inférieure ou égale à 10 ha on prend α est égale à 1. Sinon, on considère une surface assimilée à un rectangle de longueur « x » et une largeur moyenne « y » drainée par un collecteur. ^[3]

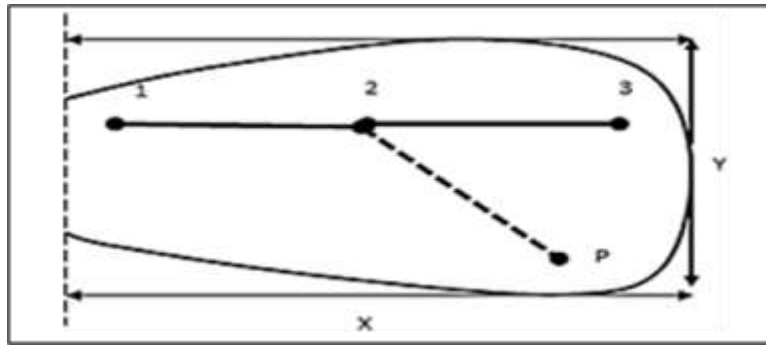


Figure IV.1 : Principe schématique de détermination du α . [3]

Avec :

P : point se trouve en amont du collecteur (1-2)

(P-2) : la distance du point 2 située à l'amont du tronçon étudié au point P.

Le tableau suivant présente les valeurs du coefficient « α » en fonction de la distance.

Tableau IV.5 : Valeur du coefficient réducteur « α », en fonction de la distance.

(P-2) en m	200	400	600	800	1000	1200	1400
$Y < X/2$	0.91	0.88	0.85	0.83	0.81	0.79	0.77
$Y > X/2$	0.9	0.86	0.83	0.8	0.78	0.76	0.75
(P-2) en m	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800
$Y < X/2$	0.76	0.75	0.73	0.72	0.7	0.69	0.68
$Y > X/2$	0.72	0.7	0.69	0.67	0.66	0.64	0.63

IV.4.1.2. Les hypothèses de la méthode rationnelle

Les hypothèses de la méthode rationnelle sont :

- ✓ Supposer que l'écoulement est uniforme.
- ✓ Supposer des surfaces élémentaires de forme remarquable ayant la même nature du sol.
- ✓ Le débit de pointe est observé à l'exutoire si la durée de l'averse est supérieure au temps de concentration de la superficie.
- ✓ Supposer que le coefficient de ruissellement est constant pendant toute la durée de pluie.
- ✓ Le débit de pointe est proportionnel à l'intensité moyenne maximale.

IV.4.1.3. Les limites de la méthode rationnelle

Il est nécessaire de vérifier les conditions d'application de la méthode rationnelle pour pouvoir l'appliquer, ces limites sont :

- **Coefficient de ruissellement:** $0.2 \leq Cr \leq 1$.
- **Surface totale:** $A < 150$ ha.
- **La pente:** $0.2\% \leq I \leq 5\%$.
- **Longueur de collecteur principale :** $200 \text{ m} \leq L \leq 2800 \text{ m}$.
- **Le temps de concentration** ne dépasse pas 30 min.

IV.4.1.4. Critique de la méthode rationnelle

- La décomposition de la surface totale en surfaces élémentaires est toujours assez grossièrement approchée.
- On suppose que le coefficient de ruissellement est constant sur toute la surface pendant la durée de l'averse ce qui est souvent loin de la réalité.
- Cette méthode ne tient pas compte de stockage de l'eau sur la surface.

IV.4.1.5. Les inconvénients de la méthode rationnelle

- L'estimation du temps de concentration est souvent difficile.
- Elle ne tient pas compte de la distribution spatiale des pluies (variation de l'intensité).
- Cette méthode sous-estime les débits de pointe observés.

IV.4.1.6. Le temps de concentration

C'est une caractéristique d'une surface définie comme étant le temps mis par la pluie tombée au point le plus éloigné à la durée d'écoulement pour atteindre l'entrée du collecteur qui doit évacuer l'apport drainée de la surface considéré. Le temps de concentration se compose :

- Du temps t_1 en minutes mis par l'eau pour s'écouler dans la canalisation de la longueur « L » avec une vitesse « v ».

$$t_1 = \frac{L}{60V} \dots\dots\dots (IV-5)$$

- Du temps t_2 mis par l'eau pour atteindre le premier ouvrage d'engouffrement. Ce temps varie de 2 à 20 min.
- Du temps t_3 de ruissellement dans une surface de pente I en % ne comportant pas de canalisation autrement dit du parcours superficiel de la surface de longueur L_s en km.

$$t_2 = \frac{L_s}{11\sqrt{I}} \dots\dots\dots (IV-6)$$

Trois cas peuvent être envisagés :

- La surface urbanisée ne comporte pas de canalisation : $t_c = t_3$.
- La surface urbanisée comporte un parcours superficiel puis une canalisation : $t_c = t_1 + t_3$.
- La surface urbanisée comporte une canalisation : $t_c = t_1 + t_2$.

IV.4.2. Calcul des débits pluviaux

Les résultats des calculs des débits pluviaux pour chaque surface élémentaire sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV.6 : Evaluation des débits des eaux pluviales pour chaque surface élémentaire.

SB	A _i (ha)	C _r	α	I l/s/ha	Q _{pluv} l/s
1	10	0.56	1	126.22	706.832
2	9	0.58	1	126.22	658.868
3	12	0.46	0.9	126.22	627.061
4	5	0.63	1	126.22	397.593
5	2	0.65	1	126.22	164.086
6	7	0.6	1	126.22	530.124
7	8	0.61	1	126.22	615.953
8	7	0.62	1	126.22	547.795
9	5	0.62	1	126.22	391.282
10	4	0.69	1	126.22	348.367
11	12	0.57	0.9	126.22	777.010

12	10	0.61	1	126.22	769.942
13	13	0.43	0.9	126.22	635.013
14	8	0.58	1	126.22	585.661
15	9	0.66	1	126.22	749.747
16	10	0.61	1	126.22	769.942
17	6	0.55	1	126.22	416.526

IV.5. Evaluation des débits totaux

On passe maintenant au calcul final des débits usés, pluviaux, parasites et d'équipement de notre agglomération dans chacun surface élémentaire :

Tableau IV.7 : Evaluation des débits totaux pour chaque surface élémentaire.

SB	Q_{usé.total} l/s	Q_{pluv} l/s	Q_{total} l/s
1	16.222	706.832	723.054
2	16.522	658.868	675.39
3	16.3	627.061	643.361
4	10.167	397.593	407.76
5	4.35	164.086	168.436
6	12.788	530.124	542.912
7	14.405	615.953	630.358
8	13.159	547.795	560.954
9	10.089	391.282	401.371
10	9.09	348.367	357.457
11	19.078	777.01	796.088
12	17.11	769.942	787.052
13	20.767	635.013	655.78
14	13.79	585.661	599.451
15	18.1	749.747	767.847
16	18.104	769.942	788.046
17	11.376	416.526	427.902

IV.6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons procédé à l'estimation des débits d'eaux usées et pluviales pour chaque sous-bassin.

Ces calculs hydrauliques ont permis d'approfondir notre compréhension du comportement des eaux au sein de notre réseau. Les données obtenues serviront à dimensionner avec précision le réseau et à planifier les ouvrages annexes indispensables.

Chapitre V
Diagnostic du système d'évacuation

V.1. Introduction

Le diagnostic d'un réseau d'assainissement est une étape clé pour évaluer l'état et le fonctionnement des canalisations chargées d'évacuer les eaux usées et pluviales. Il permet de détecter les défauts tels que fuites, obstructions ou infiltrations, qui peuvent nuire à la performance du réseau et à la qualité de l'environnement. Grâce à des inspections et mesures ciblées, ce diagnostic fournit un état précis du système, indispensable pour planifier des travaux de réparation ou d'amélioration. Ainsi, il garantit la durabilité et l'efficacité du réseau d'assainissement, tout en protégeant la santé publique.

Ce chapitre a pour objectif de diagnostiquer l'état du réseau de notre agglomération, tant sur le plan physique qu'hydraulique, afin d'identifier les différentes anomalies qui affectent ou risquent d'affecter le bon fonctionnement de l'ensemble du système d'évacuation.

V.2. Phases principales d'une étude de diagnostic

- a. Recueil et exploitation des données :** Organisation d'un plan pour collecter les informations essentielles sur la population, la surface drainée, le réseau (canalisations, ouvrages) et les facteurs de dégradation internes et externes. Ces données permettent d'identifier les signes extérieurs et symptômes internes des dysfonctionnements.
- b. Pré-diagnostic :** Examen initial du réseau pour repérer ses vulnérabilités, mettre à jour les plans et comprendre les impacts possibles sur l'environnement.
- c. Reconnaissance approfondie :** Inspection détaillée pour quantifier les fuites, détecter les eaux parasites, vérifier la présence de gaz corrosifs (H_2S) et évaluer la pollution.
- d. Étude fonctionnelle des bassins versants :** Délimitation des zones d'étude, analyse des besoins en eau, des flux de ruissellement et identification des zones à risque d'inondation ou de pollution.
- e. Conception de la nouvelle structure :** Proposition de mesures de réhabilitation, d'extension et de gestion des eaux pluviales pour améliorer et sécuriser le réseau.

Ces étapes garantissent un diagnostic complet, essentiel pour planifier des interventions adaptées et assurer la durabilité du système d'assainissement.

V.3. Diagnostic de l'état physique de réseau d'assainissement existant de l'agglomération

Le réseau d'assainissement de cette zone est de type unitaire, composé de conduites en béton en forme circulaire, ayant un diamètre de 600 mm.

Il existe deux points de rejet dans cette zone : le premier est connecté à une station d'épuration (STEP), tandis que le second est à ciel ouvert.

V.3.1. Etat des collecteurs du système d'assainissement

Le linéaire total du réseau d'assainissement de l'agglomération de Karman, relevé lors des inspections détaillées sur le terrain, s'élève à 4 324 mètres. Les diamètres des canalisations varient entre Ø300 mm et Ø1000 mm.

La synthèse des résultats de la modélisation du système d'assainissement de la ville est la suivante :

Tableau V.1 : Résultat des différentes anomalies rencontrées sur le réseau.

Tronçons	Diamètre	Emplacement	Anomalie
R2837-R2029	800	Près du lycée	- Débordement en période de pluie.
R2046-R1617	600	A l'émissaire karman	- Débordement en période de pluie. - Saturation au niveau des collecteurs.
R2837-R2046	800	Près du lycée	- Saturation au niveau des collecteurs.
R2044-R2046		A l'émissaire karman	- Courbure du collecteur vers la droite.

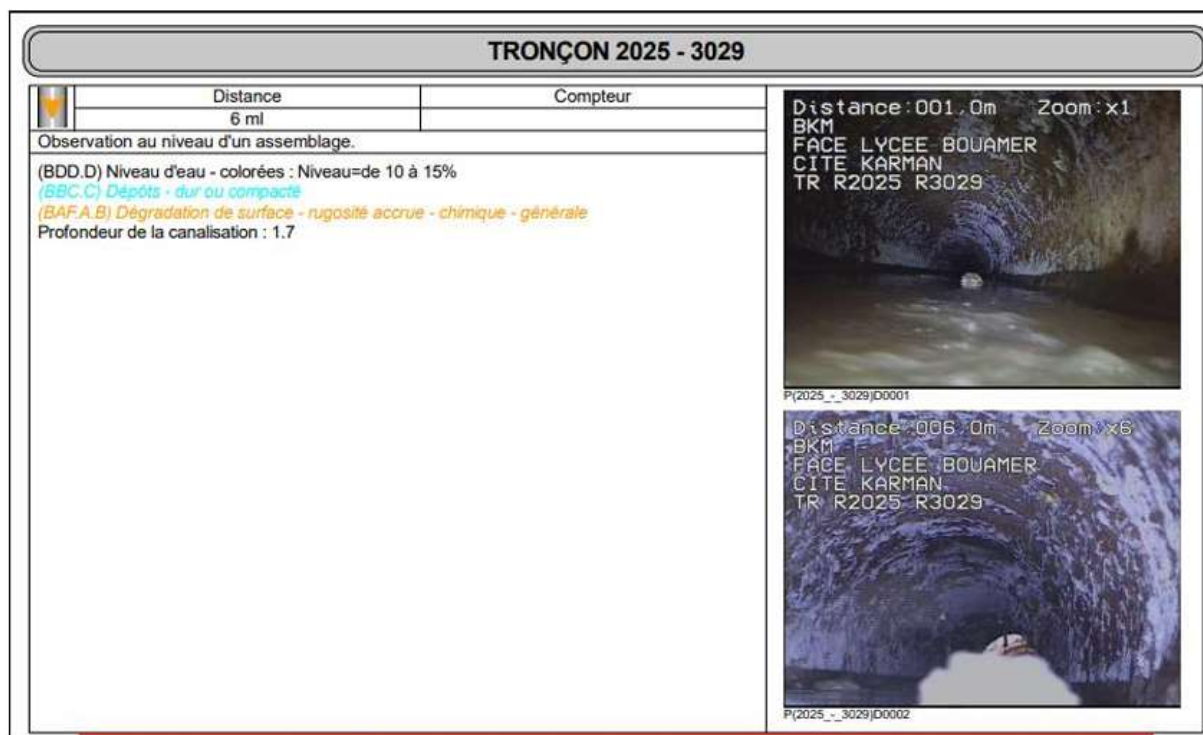


Figure V.1 : Un collecteur avec dépôts.

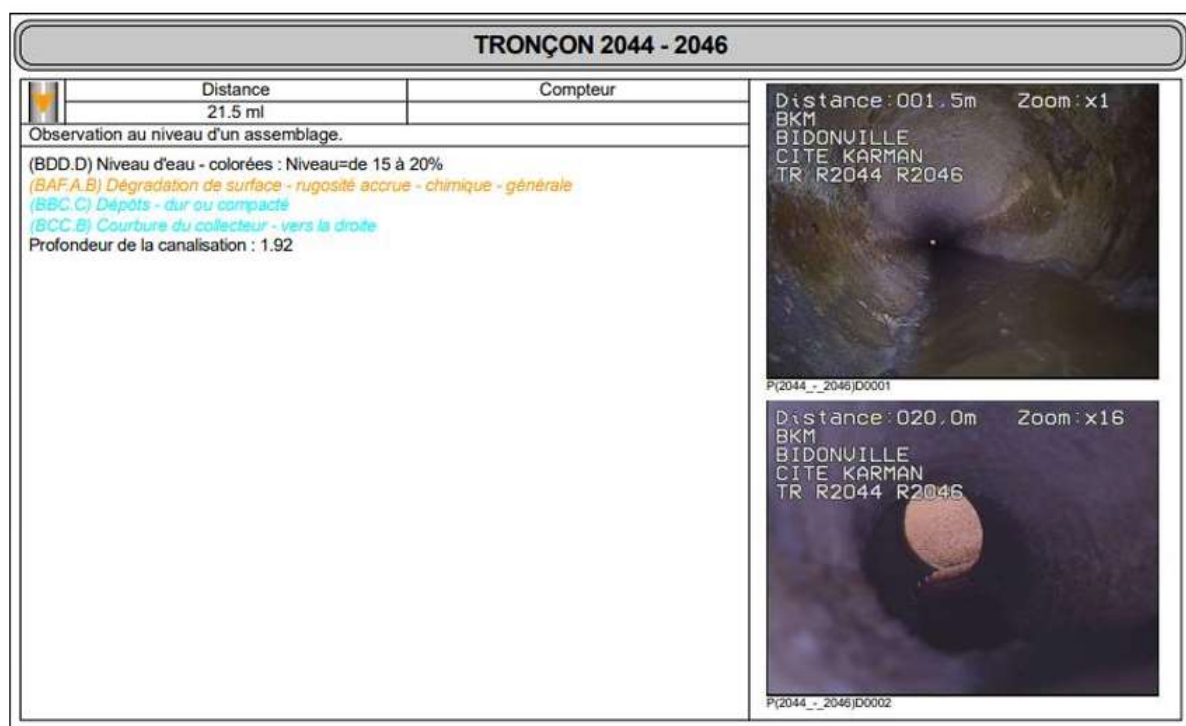


Figure V.2 : Collecteur avec une courbure.

V.3.2. Etat des ouvrages annexes

V.3.2.1. Les regards

Lors du diagnostic, les problèmes suivants ont été constatés concernant l'état des regards :

- Dépôts durs ou compactés, dégradation de la surface avec une rugosité accrue due à une altération chimique générale.
- Déplacement des assemblages.
- Présence de dépôts grossiers.

Les informations détaillées se trouvent en annexe N°02.



Figure V.3 : Un regard en mauvais état. (Date : 20/02/2024)



Figure V.4: Un regard sans couvert. (Date : 20/02/2024)

(Source : URBOR Tiaret)

V.3.2.2. Le déversoir d'orage

Cet ouvrage est inaccessible, il nécessite donc une réhabilitation, notamment en ce qui concerne l'évacuation des eaux pluviales. On ne constate aucun écoulement, ainsi que la présence de débris.

Tableau V.2: Information sur le DO.

Nom	Type	Flux	Flux	Flux	Localisation
		Entrants	Conservés	déversés	
OA01	DVO	Conduite	Conduite	Conduite	Est de la ville de karman à proximité de la salle omni sport
		BA Ø 800	BA Ø 800	BA Ø 800	

(Source : URBOR Tiaret)

Les informations détaillées se trouvent en annexe N°03.

V.3.3. Etat des rejets

En premier lieu quelques habitations rejetaient à l'air libre par un collecteur loin du réseau public qui est rattaché à la STEP, en suite s'est ajouté une partie d'une nouvelle cité à ce collecteur, néanmoins un tronçon a été détérioré par des dépôts d'agréats ce qui a créé deux rejets à ce niveau.

Une fiche de rejet est présentée en annexe N°03.

V.4. Constat

Le diagnostic de l'état physique du réseau d'assainissement de notre zone, nous permet de faire les constats suivants :

- Dégradation de la plupart des conduites de béton.
- L'absence de couvercle sur les regards.
- Déplacement des assemblages.
- Présence de dépôts grossiers dans les regards.
- Courbure du collecteur.

- Débordement des collecteurs en temps de pluies.
- Rejet à ciel ouvert vers les terres agricoles.
- Regards sous bitume.

V.5. Recommandations

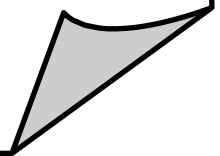
- Projection d'un nouveau collecteur d'assainissement.
- Rénovation du réseau d'évacuation.
- Rehaussement des regards sous bitumes.

V.6. Conclusion

Le diagnostic du réseau d'assainissement existant dans la zone de Karman a révélé de nombreuses défaillances, essentiellement dues à l'absence d'entretien systématique et à une gestion opérationnelle inefficace. L'état avancé de dégradation des ouvrages et des canalisations traduit une obsolescence généralisée du système.

Dans ce contexte, la réalisation d'un diagnostic hydraulique ne présente pas une valeur ajoutée significative. Il est donc techniquement justifié de procéder à la conception d'un nouveau réseau d'assainissement, en adéquation avec les besoins actuels et les prévisions d'extension urbaine, tout en respectant les exigences réglementaires et les bonnes pratiques en matière d'ingénierie des réseaux.

Chapitre VI
Calcul hydraulique du réseau
d'assainissement



VI.1. Introduction

Ce chapitre présente les principes de dimensionnement et les calculs hydrauliques nécessaires à la conception d'un réseau d'assainissement. Il vise à déterminer les caractéristiques des conduites pour assurer un écoulement efficace et sécurisé des eaux usées et pluviales.

VI.2. Conception du réseau d'assainissement

La conception d'un réseau d'assainissement consiste à représenter graphiquement l'ensemble des éléments qui composent les branches du réseau :

- **Les collecteurs** : Ils doivent être capables de transporter en permanence la totalité des débits fournis par les conduites qu'ils desservent. Leur définition repose sur plusieurs critères:
 - ✓ Positionnement
 - ✓ Profondeur
 - ✓ Dimensions (diamètre intérieur et extérieur, etc.)
 - ✓ Pente
- **Les regards** : De différents types (de visite, de jonction, etc.), ils sont également caractérisés par :
 - ✓ Leur emplacement
 - ✓ Leur profondeur
 - ✓ Leur cote

En règle générale, un système d'assainissement fonctionne par écoulement gravitaire, sauf dans certains cas spécifiques, comme les contre-pentes, où un système de relevage devient nécessaire.

VI.3. Dimensionnement du réseau d'assainissement

VI.3.1. Conditions d'écoulement et de dimensionnement

Le système d'évacuation retenu pour ce projet est un système gravitaire, caractérisé par un écoulement uniforme à surface libre. Ce dispositif doit garantir une vitesse d'écoulement suffisante pour assurer l'auto-curage, tout en prévenant la détérioration des conduites :

- **Vitesse minimale pour l'auto-curage :**
 - ✓ Au moins 0,6 m/s pour 10 % du débit de pleine section
 - ✓ Au moins 0,3 m/s pour 1 % du débit de pleine section
- **Limite de vitesse d'érosion:**
 - ✓ Entre 4 et 5 m/s, seuil maximal au-delà duquel les parois internes des conduites risquent une érosion importante, en particulier pour le béton. Cette limite varie selon le matériau constituant le collecteur.

Par conséquent, la conception du système gravitaire doit viser à maintenir des vitesses d'écoulement optimales, permettant à la fois un auto-curage efficace et la prévention des dommages dus à l'érosion des conduites.

VI.3.2. Les hypothèses considérées

Avant de procéder au calcul hydraulique d'un réseau d'assainissement, on considère les hypothèses suivantes :

- ✓ L'écoulement est uniforme à surface libre.
- ✓ La perte de charge engendrée est une énergie potentielle égale à la différence des côtes du plan d'eau en amont et en aval.
- ✓ Les canalisations d'égouts sont dimensionnées pour un débit en pleine section « Q_{ps} » ; malgré qu'en réalité, et dans la plupart du temps, elles ne débitent pas cette quantité.

VI.4. Mode de calcul

VI.4.1. Débit

Les débits circulants entre deux regards consécutifs, espacés d'une distance L , sont déterminés en répartissant proportionnellement le débit total selon le développement du réseau

pour chaque conduite. Cette répartition intervient après l'évaluation du débit global pour chaque sous-bassin (chapitre IV).

VI.4.1.1. Pour chaque sous bassin

Le débit unitaire est donné par la formule suivante :

$$Q_{moy.uni} = Q_t / \sum L \dots\dots\dots (VI-1)$$

Avec :

$Q_{moy.uni}$: Débit moyen unitaire en (l/s/ml).

Q_t : Débit total rejeté par chaque sous bassin en (l/s).

$\sum L$: Somme des longueurs des tronçons de chaque sous bassin en (m).

VI.4.1.2. Pour chaque tronçon

Le débit est donné par la formule suivante :

$$Q_{moy.t} = Q_{moy.uni} \times L \dots\dots\dots (VI-2)$$

Avec :

$Q_{moy.t}$: Débit moyen de chaque tronçon en (l/s).

$Q_{moy.uni}$: Débit moyen unitaire (l/s/ml).

L : Longueur du tronçon en (m).

VI.4.2. Pente

La pente de chaque tronçon est calculée par la formule suivante :

$$i = \frac{CT_{Amont} - CT_{Aval}}{L} \dots\dots\dots (VI-3)$$

Avec :

i : Pente de tronçon entre deux regards en (m/m).

CT_{amont} : Cote de terrain naturel à l'amont de tronçon en (m).

CT_{aval} : Cote de terrain naturel à l'aval de tronçon en (m).

L : Longueur de tronçon en (m).

VI.4.3. Diamètre

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

$$Q = V.S \dots\dots\dots (VI-4)$$

Avec :

Q : Débit en (m³ /s).

S : Section mouillée (m²).

V : Vitesse d'écoulement (m/s).

Pour le dimensionnement de notre réseau, on utilise la formule de Manning, le diamètre est déterminé par l'expression :

$$D = \left(\frac{3,2036 Q_t}{K_s \sqrt{I}} \right)^{\frac{3}{8}} \dots\dots\dots (VI-5)$$

Avec :

D_{cal} : Diamètre de la conduite en (m).

Q_t : Débit de chaque tronçon en (m³ /s).

I : Pente de chaque tronçon en (m/m).

K_s : Coefficient de rugosité dépend de la nature des parois (Maning-Strickler).

Pour notre réseau d'assainissement, on prend K_s= 100 m^{1/3}.s⁻¹ pour les conduites en PVC et K_s= 75 m^{1/3}.s⁻¹ pour les conduites en béton. Par la suite, on normalise les diamètres à l'aide d'un catalogue des diamètres normalisés.

VI.4.4. Vitesse

La vitesse plein section est calculée en fonction du diamètre normalisé (D_{nor}), la pente (I) de chaque tronçon et la nature de la conduite (k_s), à l'aide de la formule suivante:

$$V_{ps} = K_s \left(\frac{D_{nor}}{4} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (VI-6)$$

Après avoir déterminé la vitesse à pleine section, il suffit ensuite de calculer le débit à pleine section en utilisant cette vitesse, selon la formule suivante :

$$Q_{ps} = \pi \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^2 \cdot V_{ps} \dots \dots \dots (VI-7)$$

La vitesse moyenne d'écoulement (V_{moy}), la vitesse minimale d'écoulement (V_{min}), la hauteur de remplissage moyenne (H) et la hauteur de remplissage minimale (H_{min}) dans la conduite sont calculées à partir des relations suivantes :

○ Rapport des débits : $R_q = \frac{Q_t}{Q_{ps}} \dots \dots \dots (VI-8)$

○ Rapport des vitesses : $R_v = \frac{V_{moy}}{V_{ps}} \dots \dots \dots (VI-9)$

○ Rapport des hauteurs : $R_H = \frac{H}{D_{nor}} \dots \dots \dots (VI-10)$

✚ Les valeurs de R_v et R_h sont données en fonction R_q (abaque) en annexe.

L'analyse de la régression permet d'étudier les relations $R_v=f(R_q)$ et $R_h=f(R_q)$. Les relations sont les suivantes :

$$R_v = -25.63 * R_q^6 + 93.647 * R_q^5 - 134.25 * R_q^4 + 95.24 * R_q^3 - 35.151 * R_q^2 + 7.0395 * R_q + 0.2263 \dots \dots \dots (VI-11)$$

$$R_h = -11.423 * R_q^6 + 40.641 * R_q^5 - 55.497 * R_q^4 + 37.115 * R_q^3 - 12.875 * R_q^2 + 2.8373 * R_q + 0.0259 \dots \dots \dots (VI-12)$$

Les vitesses réelles :

$$V_r = R_v \times V_{ps} \dots \dots \dots (VI-14)$$

La hauteur de remplissage :

$$H = R_H \times D \dots \dots \dots (VI-15)$$

VI.6. Conclusion

Ce chapitre, consacré au dimensionnement du réseau d'assainissement, a mis en lumière l'importance d'une analyse rigoureuse des débits, des caractéristiques hydrauliques et des contraintes environnementales afin de déterminer des sections et des pentes adaptées. Ce travail de dimensionnement est fondamental pour assurer la performance et la pérennité du réseau.

Chapitre VII
Les éléments constitutifs d'un réseau
d'assainissement

VII.1. Introduction

Dans le secteur de l'assainissement, les éléments constitutifs d'un réseau d'égouts doivent garantir une évacuation rapide et efficace des eaux pluviales et des eaux usées, en évitant toute stagnation ou pollution. Ce réseau se compose de deux types d'ouvrages :

- **Les ouvrages principaux** : C'est les ouvrages qui ont pour rôle l'évacuation des eaux jusqu'à leur point de rejet.
- **Les ouvrages annexes** : Ils ont pour rôle de faciliter l'exploitation et l'entretien du réseau.

VII.2. Les ouvrages principaux

VII.2.1. Canalisations

Les canalisations sont des infrastructures destinées à transporter et évacuer les eaux usées et pluviales. Leur dimensionnement dépend du volume d'eau à évacuer. Ils se présentent principalement sous deux formes :

- **Collecteurs cylindriques** : préfabriqués en usine et identifiés par leur diamètre intérieur. Ils sont faciles à fabriquer et adaptés aux grandes sections. Cependant, ils nécessitent une tranchée large et leur faible vitesse d'écoulement en cas de faible tirant d'eau complique le curage et l'entretien.
- **Collecteurs ovoïdes** : également préfabriqués, ils sont désignés par leur hauteur et remplacent les conduites circulaires de plus de 800 mm de diamètre pour améliorer l'auto-curage. Leur principal inconvénient est leur sensibilité à l'inclinaison du sol, pouvant entraîner des déformations si le terrain est instable.

VII.2.1.1. Type de canalisation

a. Conduites en béton non armé

Les tuyaux en béton non armé sont fabriqués mécaniquement par un procédé assurant une compacité élevée du béton. La longueur utile ne doit pas dépasser 2,50m. Ces types de tuyaux ont une rupture brutale, mais à moins que la hauteur de recouvrement ne soit insuffisante. Elle survient aux premiers âges de la canalisation. Il est déconseillé d'utiliser les tuyaux non armés pour des canalisations visitables. ^[4]

b. Conduites en béton armé

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

génératrices, la deuxième est formée des spires en hélice continues d'un pas régulier maximale de 1.5m, La longueur utile ne doit pas être supérieure à 2m. ^[4]

c. Conduites en fibre-ciment

Les tuyaux et pièces de raccord en amiante-ciment se composent d'un mélange de ciment Portland et d'amiante en fibre fait en présence d'eau.

Ce genre se fabrique en deux types selon le mode d'assemblage ; à emboîtement ou sans emboîtement avec deux bouts lisses. Les diamètres varient de 60 à 500mm pour des longueurs variant de 4 à 5 m. Les joints sont exclusivement du type préformé. ^[4]

d. Conduites en grés artificiels

Les grés servant à la fabrication des tuyaux sont obtenus à parties égales d'argile et de sable argileux cuits entre 1200°C et 1300°C. Le matériau obtenu est très imperméable. Il est inattaquable aux agents chimiques, sauf l'acide fluorhydrique. L'utilisation de ce genre est recommandée dans les zones industrielles. La longueur minimale est de 1m. ^[4]

e. Conduites et raccords en polychlorure de vinyle (PVC) non plastifié

Les tuyaux présentent des avantages tel que une excellente étanchéité, une très grande facilité de pose, une assez bonne résistance mécanique et une bonne résistance à l'agression d'ordre chimique, mais ils sont sensibles aux chocs.

L'influence de la dilatation est spécialement importante et il doit en être tenu compte au moment de la pose. La longueur minimale est 6m. ^[4]

VII.2.1.2. Choix du type de canalisation

Plusieurs critères sont à considérer lors de la sélection des conduites :

- ✓ La composition chimique des eaux usées.
- ✓ Les contraintes exercées par le remblayage.
- ✓ La nature du sol traversé.

- ✓ La pente du terrain.
- ✓ Les diamètres nécessaires.

 Dans le cadre de notre projet, nous avons sélectionné des collecteurs cylindriques en PVC et en béton, principalement pour leur disponibilité et leur simplicité d'installation. Les conduites en PVC ont été privilégiées pour les diamètres compris entre 300 et 630 mm, tandis que les diamètres plus importants ont été équipés de canalisations circulaires en béton.

VII.2.2. Les joints des conduites

Les joints doivent être étanches sous toutes les sollicitations mécaniques possibles dans les Conditions d'essais et de service. Ils seront résistants contre la pénétration des racines et contre les attaques chimiques possibles. Les tuyaux d'assainissement à écoulement gravitaire sont soit en PVC assainissement à joint caoutchouc, soit en béton à emboîtement à collet avec joint à lèvres caoutchouc incorporé. ^[4]

✓ Les joints des conduites PVC-fibres ciment

Densité à assembler une canalisation en PVC avec une canalisation en fibres ciment, ce produit répond aux épreuves de réceptions à 0.4bar.

L'assemblage PVC-fibre ciment par pâte lubrifiante. Montage par poussée longitudinale, soit à la main, soit à l'aide d'une barre à mine interposer une cale de bois. ^[4]

✓ Les joints des conduites en béton armé

Le choix judicieux des assemblages est lié à la qualité du joint. Il est en fonction de la nature des eaux et leur adaptation vis-à-vis de la stabilité du sol et en fonction de la nature des tuyaux et de leurs caractéristiques (diamètre, épaisseur). ^[4]

✓ Joint type Rocla

Ce type de joint assure une très bonne étanchéité pour les eaux transitées et les eaux extérieures. Ce joint est valable pour tous les diamètres. ^[4]

✓ Joint à demi-emboîtement

Avec cordon de bourrage en mortier de ciment, ce joint est utilisé dans les terrains stables. Il y a risque de suintement si la pression est trop élevée. Il est à éviter pour les terrains à forte Pente. ^[4]

✓ Joint à collet

Ce type de joint requiert un bourrage avec du mortier de ciment et est destiné aux sols stables présentant une faible pente.

✓ Joint torique

Il est remplacé dans la plupart des cas par le Rocla. Il s'adapte pour les sols faibles à condition que la pression ne soit pas très élevée. Il s'adapte également pour les terrains en pente grâce au jeu de 1 cm. ^[4]

✓ Joint plastique

Ce joint est étanche et résistant même si la conduite est en charge. La présence du cordon en bitume et la bague ou manchon en matière plastique contribue à la bonne étanchéité, s'adapte presque à tous les sols si la confection est bien faite. ^[4]

✓ Joint mécanique

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

VII.3. Les ouvrages annexe

Les ouvrages annexes sont des éléments essentiels du réseau, au même titre que les canalisations, notamment pour son exploitation. Ils se répartissent en deux catégories principales :

- Les ouvrages normaux.
- Les ouvrages spéciaux.

VII.3.1. Les ouvrages normaux**a. Les branchements**

Ce sont des conduites de diamètres inférieurs au diamètre de la canalisation publique (environ 7/10) reliant le réseau vertical d'eaux usées 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 interne de la conduite. ^[3]

b. Les caniveaux

Les caniveaux sont destinés à collecter jusqu'à des bouches d'égout les eaux de la voirie. En cas d'existence d'un trottoir, ils sont constitués par une bordure et par une surface pavée ou une dalle préfabriquée. ^[2]

c. Les bouches égouts

Les bouches d'égout servent à l'introduction dans un égout des eaux de pluie et de lavage des chaussées. Elles sont normalement établies aux points bas des caniveaux correspondant généralement à une jonction de rues. ^[2]

d. Les fossés

Un fossé est une tranchée ou une excavation longitudinale creusée dans le sol, destinée principalement à recueillir, drainer ou canaliser les eaux de ruissellement. Il sert à faciliter l'écoulement des eaux et à délimiter des terrains.

Les fossés peuvent être secs ou remplis d'eau, et leur forme et revêtement varient selon leur usage et la nature du terrain. Ils sont souvent utilisés dans les zones où le sol est perméable pour faciliter le drainage et l'entretien.

e. Ouvrages d'accès au réseau (Les regards)

Les regards sont des ouvrages permettant un accès direct pour la surveillance et l'entretien du réseau d'assainissement. Ils se déclinent en plusieurs types, adaptés à des situations spécifiques :

- **Regard simple** : relie des collecteurs de diamètres identiques ou différents.

- **Regard latéral** : utilisé pour les collecteurs de grand diamètre ou en cas de contraintes d'espace.
- **Regard de chute** : conçu pour gérer les fortes pentes.
- **Regard double** : destiné aux réseaux séparatifs.
- **Regard toboggan** : employé lorsque des exhaussements ou remous sont présents.

La distance entre deux regards varie selon la topographie : de 50 à 80 mètres sur terrain plat, et de 35 à 50 mètres en terrain accidenté. Il est conseillé d'implanter un regard à chaque :

- Point de chute,
- Changement de pente,
- Variation de diamètre,
- Changement de direction,

✚ Dans notre projet, on a un terrain plat, donc la distance entre deux regards varie de 50 à 80 mètres.

VII.3.2. Les ouvrages spéciaux

VII.3.2.1. Les déversoirs d'orage

Il s'agit d'un équipement conçu pour évacuer les débits de pointe exceptionnels générés lors des orages. Son rôle est de soulager le réseau en déchargeant une partie des eaux pluviales.

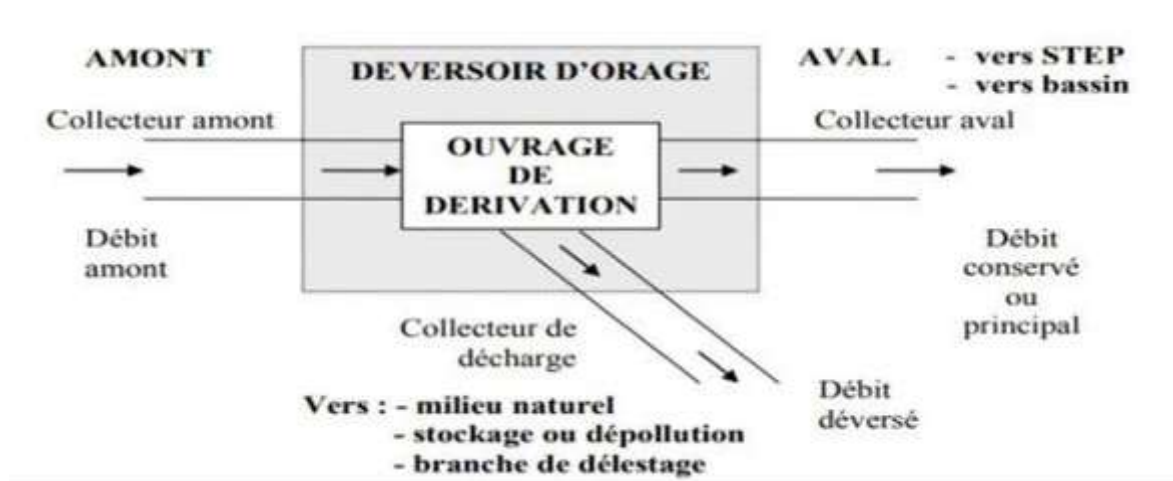


Figure VII.1: Schéma de fonctionnement d'un dvo.

VII.3.2.1.1. Emplacement des déversoirs d'orage

Avant de déterminer l'emplacement des déversoirs d'orage, plusieurs éléments doivent être pris en compte :

- Étudier le régime d'écoulement et les niveaux d'eau dans les canalisations en amont et en aval.
- Analyser la topographie du site ainsi que les variations de pente.
- Évaluer le milieu récepteur, son potentiel d'auto-épuration et les besoins en dilution.
- Vérifier la capacité de la station d'épuration afin d'éviter les surcharges et dysfonctionnements.

VII.3.2.1.2. Types de déversoir d'orage

- **Déversoir à seuil latéral avec conduite aval étranglée** : La présence d'un seuil élevé provoque la formation d'un ressaut dans la conduite d'amenée, ce qui nécessite un écoulement fluvial en amont. Les vannes sur les conduites de décharge peuvent être réglées en fonction du débit passant par le déversoir.
- **Déversoir à seuil latéral avec conduite aval libre** : Ce type maintient un débit constant en aval grâce à une conduite permettant un écoulement libre.
- **Déversoir d'orage à ouverture du fond** : Le débit des eaux usées s'évacue via une ouverture pratiquée dans le radier de la canalisation.

VII.3.2.1.3. Choix du déversoir d'orage

✚ Dans notre projet, on a opté pour deux déversoirs d'orage, le premier est de type frontal a la sortie de premier collecteur principale et le deuxième est de type latéral a la sortie du deuxième collecteur principale.

VII.3.2.1.4. Dimensionnement du déversoir d'orage

Le dimensionnement hydraulique du déversoir exige la connaissance des conditions hydrauliques à l'amont et à l'aval. Comme données de base, nous avons :

- ✓ Les diamètres à l'amont et à l'aval.
- ✓ Les pentes à l'amont et à l'aval pour connaître les types d'écoulement.

- ✓ Le débit critique d'arrivée.

Pour le calcul on doit adopter :

- Le débit d'arrivée ou de dimensionnement (critique) se compose du débit d'eaux pluviales, du débit d'eaux usées et des équipements et en fin le débit d'eaux parasites :

$$Q_t = Q_{usée} + Q_{pluvial} + Q_{parasite} \dots \dots \dots (VII.1)$$

- Pour le déversoir conduisant à la STEP prévu un débit de pointe dilué trois fois : ^[3]

$$S_{STEP} = 3Q_{usée} \dots \dots \dots (VII.2)$$

- Le débit rejeté vers l'Oued : ^[3]

$$Q_{rej} = Q_t - Q_{step} \dots \dots \dots (VII.3)$$

a. Le mode de calcul

❖ Calcul du temps de concentration :

Le temps de concentration est une caractéristique d'une surface définie comme étant le temps mis par la pluie tombée au point le plus éloigné à la durée d'écoulement pour atteindre l'entrée du collecteur qui doit évacuer l'apport drainée de la surface considéré. Le temps de concentration se compose :

Temps t_1 : mis par l'eau pour s'écouler dans la canalisation de la longueur « L » avec une vitesse « v ». ^[3]

$$t_1 = \frac{L}{60v} \dots \dots \dots (VII.4)$$

Temps t_2 : Varie entre 2 et 20 min.

❖ Calcul du coefficient de retardement :

Le coefficient de retardement a pour but la diminution des débits pluviaux, cette diminution peut être prise en considération dans le dimensionnement des déversoirs d'orage. Il est donné par : ^[3]

$$Z = 1 - \frac{t_c}{100} \dots \dots \dots (VII.5)$$

❖ Calcul du débit total corrigé :

$$Q_{t.cor} = Z \times Q_t \dots \dots \dots (VII.6)$$

❖ Calcul de la hauteur de la lame déversante :

$$R_{Qt} = \frac{Q_t}{Q_{ps}} \rightarrow \text{abaque} \rightarrow R_h = \frac{h_{aval}}{D} \text{ et } R_v = \frac{V}{V_{ps}}$$

$$h_{aval} = R_h \times D \dots \dots \dots (VII.7)$$

$$R_{Q_{eu}} = \frac{Q_{eu}}{Q_{ps}} \rightarrow \text{abaque} \rightarrow R_{h_{cr}} = \frac{h_{t_{cr}}}{D}$$

$$h_{t_{cr}} = R_{h_{cr}} \times D \dots \dots \dots (VII.8)$$

Avec :

$h_{t_{cr}}$: La hauteur maximale d'eau dans le déversoir est définie comme la hauteur critique.

✓ La hauteur d'eau déversante :

$$h_{dév} = h_{t_{cr}} - h_{aval} \dots \dots \dots (VII.9)$$

❖ Dédution de la largeur du seuil :

On applique la formule de Bazin :

$$Q_{dév} = \mu \cdot L \cdot h_{dév} \sqrt{2gh_{dév}} \dots \dots \dots (VII.10)$$

$$\rightarrow L = \frac{Q_{dév}}{\mu \times \sqrt{2g} \cdot h_{dév}^{3/2}}$$

Avec :

μ : coefficient de contraction de la lame déversante qui tient compte de l'écoulement

($\mu=0,4$) ;

L : La longueur du déversoir (longueur de la lame déversante) exprimée en mètres ;

g : accélération La pesanteur : $g = 9,81 \text{ m/s}^2$;

$H_{dév}$: La hauteur de charge en m.

a) Dimensionnement du déversoir n°01 :

- **Type** : Frontal.
- **Emplacement** : à la sortie du premier collecteur principale.

- Les données d'entrée :

Tableau VII.1 : Les données de base du DVO 01.

Donnée	Valeur
Diamètre d'entrée en mm	1500
Q_{totale} en m ³ /s	3.84
Q_{step} en m ³ /s	0.27
$Q_{\text{déversé}}$ en m ³ /s	3.57
Q_{ps}	6.89

- Temps de concentration :

➤ Calcul de t_1 :

Tableau VII.2 : Détermination du temps de concentration t_1 pour DVO 01.

Tronçon	Dist (m)	V (m/s)	t_1	$T_{\text{cumulé}}$
N1-N2	22.15	3.79	0.09740545	0.09740545
N2-N3	21.84	2.89	0.12595156	0.22335701
N3-N4	22.15	2.38	0.15511204	0.37846905
N4-N5	22.03	1.76	0.20861742	0.58708648
N5-N6	22.13	1.86	0.19829749	0.78538397
N6-N7	19.05	2.27	0.13986784	0.92525181
N7-N8	39.49	3.18	0.20697065	1.13222246
N8-N9	29.89	3.75	0.13284444	1.26506691
N9-N10	27.22	3.69	0.1229449	1.3880118
N10-N11	38.29	3.45	0.18497585	1.57298765
N11-N12	38.24	3.56	0.17902622	1.75201386
N12-N13	60.52	3.53	0.28574127	2.03775513
N13-N14	33.42	1.75	0.31828571	2.35604084
N14-N15	43.64	2.07	0.35136876	2.7074096
N15-N16	41.12	2.56	0.26770833	2.97511794
N16-N17	20.27	2.09	0.16164274	3.13676068
N17-N18	16.72	2.45	0.1137415	3.25050218
N18-N19	31.67	3.79	0.13927001	3.38977219
N19-N20	32.42	4.43	0.12197141	3.51174359
N20-N21	33.77	3.58	0.15721601	3.66895961
N21-N22	34.73	3.68	0.15729167	3.82625127
N24-N25	49.48	3.43	0.2404276	4.06667887
N25-N26	54.28	2.02	0.44785479	4.51453366
N26-N27	24.96	3.02	0.13774834	4.652282
N27-N28	15.75	3.34	0.07859281	4.73087482
N28-N29	14.36	3.44	0.06957364	4.80044846
N29-N30	15.79	3.33	0.07902903	4.87947749

N30-N31	17.57	2.6	0.11262821	4.9921057
N31-N32	24.2	3.41	0.11827957	5.11038527
N32-N33	14.64	2.13	0.11455399	5.22493926
N33-N34	15.31	2.57	0.09928664	5.3242259
N34-N35	15.07	3.16	0.07948312	5.40370902
N35-N36	13.97	2.2	0.10583333	5.50954235
N36-N37	15.67	4.42	0.05908748	5.56862983
N38-N39	14.56	3.36	0.07222222	5.64085206
N39-N40	15.58	4.12	0.06302589	5.70387795
N40-N41	18	4.69	0.06396588	5.76784383
N41-N42	34.09	2.82	0.20147754	5.96932137
N42-N43	20.77	3.18	0.10885744	6.07817882
N43-N44	7.6	3.16	0.04008439	6.1182632
N44-N45	24.47	2.86	0.14259907	6.26086227
N45-N46	17.11	3.01	0.09473976	6.35560203
N46-N47	20.67	2.16	0.15949074	6.51509277
N47-N48	11.43	3.25	0.05861538	6.57370815
N48-N49	25.82	2.89	0.14890427	6.72261242
N49-N50	28.39	2.62	0.18059796	6.90321038
N50-N51	24.89	2.51	0.16527224	7.06848263
N51-N52	44	2.69	0.27261462	7.34109725
N52-N53	46.75	2.6	0.29967949	7.64077674
N53-N54	61.68	2.8	0.36714286	8.0079196
N54-N55	77.1	2.76	0.46557971	8.47349931
N55-N57	97.62	2.8	0.58107143	9.05457073
N57-N537	26.73	3.19	0.13965517	9.19422591
N537-N538	39.96	2.83	0.23533569	9.4295616
N538-N539	40.76	3.01	0.22569214	9.65525373
N539-N540	58.94	3.68	0.26693841	9.92219214
N540-N541	52.86	3.56	0.24747191	10.169664
N541-542	78.17	4.03	0.32328371	10.4929478

On trouve : $t_1 = 10.49 \text{ min}$.

- On prend $t_2 = 15 \text{ min}$, Donc $t_e = 25.49 \text{ min}$.
- Coefficient de retardement : $z = 0.75$.
- Le débit total corrigé : $Q_{t, \text{cor}} = 0.75 * 3.84 = 2.88 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Calcul des hauteurs :

$$R_{Qt} = Q_t / Q_{ps} = 0.557, \text{ d'après l'abaque on trouve : } R_v = 0.52 ;$$

$$\text{Et on trouve : } h_{\text{aval}} = 1500 * 0.52 = 780 \text{ mm}.$$

$$R_{Q_{eu}} = Q_{eu} / Q_{ps} = 0.013, \text{ d'après l'abaque on trouve : } R_{h_{cr}} = 0.1 ;$$

$$\text{Et on trouve : } h_{t_{cr}} = 150 \text{ mm}.$$

- La hauteur d'eau déversante : $h_{dev} = 630\text{mm}$.
- La largeur du seuil : $L = 4\text{ m}$.

b) Dimensionnement du déversoir n°02 :

- Type : Latéral.
- Emplacement : à la sortie du deuxième collecteur principale.
- Les données d'entrée :

Tableau VII.3 : Les données de base du DVO 02.

Donnée	Valeur
Diamètre d'entrée en mm	1200
Q_{totale} en m^3/s	4.036
Q_{step} en m^3/s	0.258
$D_{déversé}$ en m^3/s	3.778
Q_{ps}	4.91

- Temps de concentration :

➤ Calcul de t_1 :

Tableau VII.4 : Détermination du temps de concentration t_1 pour DVO 02.

Tronçon	Dist (m)	V (m/s)	t_1	T cumulé
N56-N58	46.97	2.51	0.31188579	0.31188579
N58-N59	18.61	3.09	0.10037756	0.41226335
N59-N60	19.4	4.48	0.07217262	0.48443597
N60-N61	37.97	3.62	0.17481584	0.65925181
N61-N62	42.83	4.11	0.17368208	0.83293389
N62-N63	37.96	4.44	0.14249249	0.97542638
N63-N64	30.9	3.44	0.1497093	1.12513568
N64-N65	31.67	4.25	0.12419608	1.24933176
N65-N66	32.17	3.32	0.16149598	1.41082774
N66-N67	34.37	2.72	0.21060049	1.62142823
N67-N68	32.17	3.2	0.16755208	1.78898032
N68-N69	30.23	4.68	0.1076567	1.89663701
N69-N70	33.95	3.59	0.15761374	2.05425075
N70-N71	34.96	2.56	0.22760417	2.28185492
N71-N72	27.66	3.87	0.11912145	2.40097637
N72-N73	27.37	3.92	0.11636905	2.51734541
N73-N74	37.13	4.24	0.14595126	2.66329667

N74-N75	24.51	5.6	0.07294643	2.7362431
N75-N76	42.28	4.61	0.15285611	2.88909921
N76-N77	18.24	5.24	0.05801527	2.94711448
N77-N78	21.53	4.83	0.07429262	3.02140709
N78-N79	23.01	5.02	0.07639442	3.09780152
N79-N80	30.65	4.52	0.11301622	3.21081774
N80-N81	40.55	4.28	0.15790498	3.36872272
N81-N82	25.33	4.13	0.10221953	3.47094226
N82-N83	22.78	6.06	0.06265127	3.53359352
N83-N84	43.07	3.87	0.18548665	3.71908017
N84-N85	39.24	4.43	0.1476298	3.86670997
N85-N86	53.83	3.91	0.22945439	4.09616436
N86-N87	23.05	5.01	0.07667997	4.17284433
N87-N88	32.68	4.14	0.131562	4.30440633
N88-N88-1	23.07	4.16	0.09242788	4.39683421
N88-1-N89	15.35	5.36	0.0477301	4.44456431
N89-N90	30	3.32	0.15060241	4.59516672
N90-N91	28.77	3.37	0.14228487	4.73745159
N91-N92	31.24	3.25	0.16020513	4.89765672
N92-N93	30.58	3.64	0.14001832	5.03767503
N93-N94	29.35	3.03	0.16144114	5.19911618
N94-N95	30.17	3.03	0.1659516	5.36506777
N95-N96	29.26	4.19	0.11638823	5.481456
N96-N97	32.57	4.03	0.1346981	5.61615409
N97-N98	27.22	5.65	0.08029499	5.69644908
N98-N99	23.26	5.62	0.06897983	5.76542891
N99-N100	38.34	4.21	0.15178147	5.91721039
N100-N101	38.05	3.35	0.18930348	6.10651387
N101-N102	13.98	3.27	0.07125382	6.17776769
N102-N103	76.42	4.88	0.26099727	6.43876496
N103-N104	49.24	5.46	0.15030525	6.58907021
N104-N105	35.14	4.84	0.12100551	6.71007572
N105-N106	45.15	5.05	0.1490099	6.85908562
N106-N107	55.38	4.88	0.18913934	7.04822496

On trouve : $t_1 = 7.05 \text{ min}$.

➤ On prend $t_2 = 15 \text{ min}$, Donc $t_c = 22.05 \text{ min}$.

- Coefficient de retardement : $z = 0.78$.

- Le débit total corrigé : $Q_{t, \text{cor}} = 0.78 * 4.036 = 3.15 \text{ m}^3/\text{s}$.

- Calcul des hauteurs :

$R_{Qt} = 0.82$, d'après l'abaque on trouve : $R_v = 0.68$;

Et on trouve : $h_{\text{aval}} = 1200 * 0.68 = 816\text{mm}$.

$R_{Q_{\text{eu}}} = 0.017$, d'après l'abaque on trouve : $R_{h_{\text{cr}}} = 0.13$

Et on trouve : $h_{t_{\text{cr}}} = 1200 * 0.13 = 156\text{mm}$.

- **La hauteur d'eau déversante : $h_{\text{dev}} = 660\text{mm}$.**
- **La largeur du seuil : $L = 3.96\text{ m}$.**

VII.4. Conclusion

Pour assurer une exploitation optimale du réseau d'assainissement, il est indispensable de procéder à une sélection rigoureuse des conduites constitutives, en prenant en considération à la fois leur profil hydraulique et les caractéristiques mécaniques des matériaux employés.

Dans le cadre de cette étude, après une analyse comparative des différentes configurations disponibles, le choix s'est porté sur des conduites circulaires en béton armé et en PVC, répondant aux critères de performance hydraulique, de résistance mécanique et de durabilité requis par le projet. Par ailleurs, afin de garantir l'efficacité des opérations de curage et d'assurer la sécurité fonctionnelle du réseau, deux déversoirs d'orage ont été dimensionnés conformément aux débits de pointe anticipés.

Chapitre VIII
Organisation du chantier

VIII.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous élaborons l'organisation du chantier de notre projet, ce qui nous permettra d'estimer précisément le coût global de sa réalisation. Cette estimation repose sur le calcul des quantités nécessaires pour l'ensemble des opérations à effectuer sur le terrain, lesquelles sont ensuite multipliées par leurs prix unitaires respectifs. Par ailleurs, nous abordons également la planification des travaux afin d'évaluer la durée prévisionnelle du projet.

VIII.2. Phases d'exécution du projet

- La pose des canalisations s'effectue selon une séquence rigoureuse d'opérations :

VIII.2.1. Manutention et stockage des conduites**VIII.2.1.1. Manutention**

Afin de garantir l'intégrité des conduites, il est impératif de :

- Manipuler les conduites avec précaution, en évitant tout traînage ou roulement susceptible de les endommager.
- Les déposer sur des surfaces planes et stables, protégées des intempéries et des chocs mécaniques.

Le respect de ces consignes lors du transport, de la manutention et du stockage est essentiel pour préserver la qualité des matériaux avant installation.

VIII.2.1.2. Stockage

Le stockage doit être réalisé conformément aux prescriptions suivantes, afin de maintenir les conduites en parfait état avant mise en œuvre :

- L'aire de stockage doit être parfaitement plane et nivelée pour prévenir toute déformation des conduites.
- Elle doit être dégagée et facilement accessible pour optimiser les opérations de manutention.
- Les conduites et accessoires doivent être protégés des rayons solaires, des précipitations et des autres agressions climatiques.

- L'utilisation d'un abri ou d'une bâche de protection est recommandée pour assurer une protection optimale contre les conditions météorologiques.
- Les éléments (tuyaux, raccords, joints, etc.) doivent être stockés de manière ordonnée et identifiée, facilitant ainsi leur repérage et leur mise en œuvre.

VIII.2.2. Décapage de la terre végétale

Le décapage du sol constitue une étape préalable essentielle, consistant à retirer la couche superficielle du terrain sur une profondeur d'environ 10 centimètres. Cette couche, riche en matière organique (terre végétale, humus, racines), doit être éliminée avant le début des travaux de terrassement.

$$V = b \times H \times L \dots\dots\dots (VIII-1)$$

Avec :

H : Epaisseur de la couche végétale(m).

b : Largeur de la couche végétale(m).

L : Longueur totale de tranché(m).

Cette opération permet de :

- Éliminer les éléments organiques susceptibles de compromettre la stabilité du sol à long terme.
- Préparer une assise saine et stable pour les travaux ultérieurs.
- Réserver la terre végétale pour une éventuelle réutilisation.

VIII.2.3. Réalisation des tranchées et fouilles des regards

Les exigences liées à cette phase visent à :

- Garantir la correcte orientation et la pente des conduites.
- Assurer la stabilité du terrain d'assise.
- Maintenir des conditions de sécurité optimales durant les travaux.

Une préparation minutieuse du fond de fouille est cruciale pour assurer la qualité et la durabilité de l'installation des canalisations.

- ✓ **La profondeur de la tranchée :** Les profondeurs de fouille définies dans le projet doivent être strictement respectées, en tenant compte de l'espace requis pour l'installation du lit de pose.

$$H = e \times d \times h \dots \dots \dots \text{(VIII-2)}$$

Avec :

H : profondeur de la tranchée(m).

e : hauteur de lit de pose (m).

d : diamètre de la conduite (m).

h : la hauteur du remblai au-dessus de la conduite(m).

- ✓ **Largeur de la tranchée :** La largeur d'ouverture de tranchée est obtenue par la formule :

$$B = d + 2. c \dots \dots \dots \text{(VIII-3)}$$

Avec :

B : largeur de la tranchée(m).

d : diamètre de la conduite (m).

c : Espacement entre les parois de la tranchée et la conduite (c=0,3 m).

VIII.2.4. Aménagement du lit de sable

Les conduites doivent être posées sur un lit de sable soigneusement nivelé, conformément aux côtes du profil en long comme le montre la figure ci-dessous :

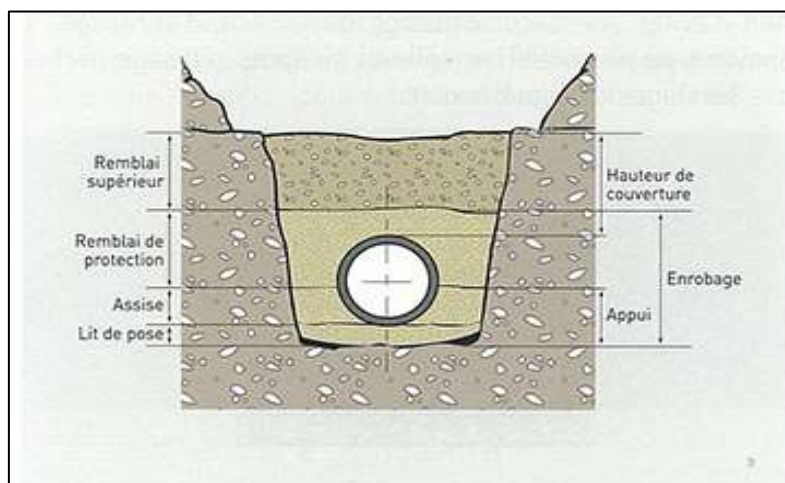


Figure VIII.1 : Pose canalisation.

VIII.2.5. Implantation des piquets

À chaque emplacement prévu pour l'installation d'un regard, un jalon ou piquet doit être positionné afin de matérialiser précisément le point d'implantation.

VIII.2.6. Pose des canalisations

Les différents contrôles réalisés lors de la pose ont pour objectifs de :

- Garantir la sécurité des opérations.
- Assurer l'étanchéité optimale des assemblages.
- Maintenir la géométrie et les pentes définies du réseau.
- Prévenir tout dommage aux conduites.

Le respect rigoureux de ces contrôles est indispensable pour assurer la qualité et la durabilité de l'installation.

VIII.2.7. Assemblage des canalisations

Le choix de la méthode de jonction des conduites dépend principalement de :

- La section et la forme des tuyaux.
- La nature du matériau constitutif.

L'adoption d'une méthode de jonction appropriée est cruciale pour garantir la fiabilité et la longévité du réseau.

VIII.2.8. Essai d'étanchéité

Après la pose des conduites en fond de tranchée, des essais d'étanchéité doivent être réalisés avant le remblaiement final.

✓ Méthodes d'essai:

- **Essai à l'eau** : remplissage des conduites sous pression hydraulique.
- **Essai à l'air** : mise sous pression d'air comprimé dans le réseau.
- **Essai à la fumée** : injection de fumée pour détecter d'éventuelles fuites.

✓ Objectifs des essais:

- Vérifier l'absence de fuites au niveau des joints et raccords.
- Contrôler l'intégrité globale du réseau.
- Identifier et localiser tout défaut d'étanchéité.

✓ Importance des essais:

- La réalisation de ces tests est indispensable pour garantir le bon fonctionnement et la durabilité du réseau d'assainissement sur le long terme. Ils permettent d'identifier et de corriger d'éventuels défauts avant le remblaiement définitif.
- Une fois les essais validés, le remblaiement de la tranchée peut être effectué en toute sécurité et avec confiance.

VIII.2.9. Réalisation des regards

Les principales étapes pour la construction d'un regard sont les suivantes :

- ✓ Réglage et compactage du fond du regard afin d'obtenir une surface plane et stable.
- ✓ Mise en place d'une couche de béton de propreté pour protéger le sol et faciliter les travaux ultérieurs.
- ✓ Installation du ferrailage du radier conformément aux spécifications techniques.
- ✓ Bétonnage du radier en respectant les épaisseurs et résistances prescrites.
- ✓ Mise en place du ferrailage des parois verticales.
- ✓ Installation du coffrage des parois.
- ✓ Bétonnage des parois en assurant une compaction optimale du béton.
- ✓ Décoffrage des parois après durcissement, en respectant les délais recommandés.
- ✓ Installation du ferrailage de la dalle supérieure.
- ✓ Mise en place du coffrage de la dalle.
- ✓ Bétonnage de la dalle en conformité avec les épaisseurs et résistances exigées.
- ✓ Décoffrage de la dalle après durcissement, en respectant les délais prescrits.

Tout au long de ces opérations, il est impératif de respecter les normes de sécurité, les spécifications techniques du projet ainsi que les temps de prise du béton, afin d'assurer la qualité et la pérennité du regard.

VIII.2.10. Réalisation des branchements

Les éléments constitutifs d'un branchement, de l'aval vers l'amont, sont :

- ✓ Le raccordement à la canalisation principale, généralement réalisé au niveau d'un regard.
- ✓ La canalisation de branchement proprement dite, qui assure l'acheminement des eaux depuis le bâtiment jusqu'à la canalisation principale.
- ✓ La canalisation de branchement doit être installée avec une pente minimale de 3 % afin d'assurer un écoulement optimal des eaux.
- ✓ Un regard collecteur peut être intégré au branchement, facilitant l'inspection et l'entretien du réseau.

En résumé, un branchement se compose du raccordement à la canalisation principale, de la canalisation de branchement proprement dite, d'un regard collecteur éventuel, ainsi que d'une boîte de branchement située à la limite du domaine public. L'ensemble de ces éléments garantit un acheminement efficace des eaux depuis le bâtiment jusqu'au réseau public.

VIII.2.11. Remblayage et compactage

Pour garantir la protection de la canalisation et assurer une transmission efficace des charges, le remblayage doit être réalisé avec un matériau similaire à celui utilisé pour le remblayage latéral.

✓ Objectifs du remblayage :

- **Protection de la canalisation** : prévenir tout dommage mécanique lors du remblayage et durant l'exploitation future du site.
- **Transmission des charges** : garantir une répartition homogène des charges afin d'éviter toute concentration de contraintes susceptibles de compromettre l'intégrité de la canalisation.

VIII.3. Choix des engins

Pour optimiser la productivité et la rentabilité des travaux, il est essentiel de sélectionner les engins adaptés à chaque opération, car chaque tâche nécessite un équipement spécifique.

VIII.3.1. Décapage de la terre végétale

Pour le décapage de la terre végétale, la niveleuse est préconisée sur les terrains faciles à décapier. En revanche, sur les terrains difficiles, l'utilisation d'un bulldozer est recommandée.

VIII.3.2. Excavation des tranchées

L'excavation des tranchées s'effectue à l'aide d'une pelle rétro, adaptée à tous types de terrain. Cet engin est largement utilisé en raison de son rendement élevé et de la qualité de travail qu'il offre.

VIII.3.3. Remblaiement des tranchées

Le remblaiement des tranchées est réalisé principalement avec un chargeur, qui permet de remplir efficacement les fouilles, casiers et tranchées après la pose des conduites. Pour des travaux de moindre envergure, un rétro chargeur peut être employé.

VIII.3.4. Compactage

Le compactage des remblais, notamment sur des surfaces étroites, est effectué à l'aide d'un compacteur à rouleaux lisses, garantissant un tassement optimal.

VIII.4. Détermination des différents volumes des travaux

VIII.4.1. Volume de la couche de terre végétale

$$V_{cv} = H_v \times L \times B \dots \dots \dots (VIII-4)$$

Avec :

V_{cv} : Volume de la couche de terre végétale en (m³).

H_v : Profondeur la couche de terre végétale (on prend $H_v = 0,1$ m).

L : Longueur totale de la tranchée en (m).

B : Largeur de la couche de terre végétale en (m).

VIII.4.2. Volume des déblais des tranchées

$$V_{\text{déb}} = B \times L \times H \dots\dots\dots (\text{VIII-5})$$

Avec :

$V_{\text{déb}}$: Volume des déblais des tranchées en (m³).

B : Largeur de la couche du tronçon en (m).

L : Longueur totale de la tranchée en (m).

H : Profondeur de la tranchée en (m).

VIII.4.3. Volume du lit du sable

$$V_{\text{ls}} = e \times L \times B \dots\dots\dots (\text{VIII-6})$$

Avec :

V_{ls} : Volume du lit du sable en (m³).

e : Epaisseur de la couche de sable en (m).

B : Largeur de la couche du tronçon en (m).

L : Longueur totale de la tranchée en (m).

VIII.4.4. Volume occupé par les conduites

$$V_{\text{cond}} = L \times \pi \times D^2 / 4 \dots\dots\dots (\text{VIII-7})$$

Avec :

V_{cond} : Volume occupé par les conduites en (m³).

L : Longueur totale de la tranchée en (m).

D : Diamètre de la conduite en (m).

VIII.4.5. Volume du remblai

$$V_r = v_{\text{déb}} - [V_{\text{cond}} + V_{\text{cv}} + V_{\text{ls}}] \dots\dots\dots (\text{VIII-8})$$

Avec :

V_r : Volume du remblai en (m³)

VIII.4.6. Volume excédentaire

$$V_{\text{excé}} = V_f - V_{\text{remb}} \dots\dots\dots \text{(VIII-9)}$$

Avec :

$V_{\text{excé}}$: Volume du sol excédentaire en (m3).

V_f : Volume du sol foisonné en (m3).

Tel que : $V_f = V_{\text{débl}} \cdot K_f$

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

Tableau VIII.1 : Coefficients de foisonnement pour différente nature de sol

Type de sol	K_f
Sable, matériaux fins	1.08-1.17
Limons argileux	1.14-1.28
Argiles	1.25-1.30

(Source : Métré de terrassement-cours génie civil)

✚ Les données relatives au calcul des volumes sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau VIII.2 : Résultats des calculs des volumes.

Le volume	$V_{\text{déc}} \text{ (m}^3\text{)}$	$V_d \text{ (m}^3\text{)}$	$V_{\text{ls}} \text{ (m}^3\text{)}$	$V_{\text{cond}} \text{ (m}^3\text{)}$	$V_{\text{rem}} \text{ (m}^3\text{)}$	$V_{\text{exc}} \text{ (m}^3\text{)}$
La valeur	3492.99	26815.74	1746.49	4729.35	16846.89	16136.47

VIII.5. Devis quantitatif et estimatif du projet

Tableau VIII.3 : Devis estimatif et quantitatif.

	Unité	Quantité	Prix Unitaire (DA)	Montant (DA)
Désignation des travaux				
Travaux de terrassement				
Décapage de la tranchée	m ³	3492.99	230	803387.7
Déblai	m ³	26815.74	400	10726296
Pose du lit de sable	m ³	1746.49	1600	2794384
Remblai de la tranchée	m ³	16846.89	400	6738756
Evacuation des déblaies excédentaire	m ³	16136.47	190	3065929.3
Canalisation				
Fourniture, transport et pose de canalisation				
Canalisation en PVC				
D=250mm	ml	348.417674	6000	2090506.043
D=400mm	ml	7346.89638	15000	110203445.6
D=500mm	ml	4268.75607	24800	105865150.6
D=630mm	ml	464.189567	40000	18567582.69
Canalisation en béton armé				
D=800mm	ml	825.372679	5040.4	4160208.453
D=1200mm	ml	995.139647	8429.08	8388111.694
D=1000mm	ml	644.091009	11015.82	7095190.621
D=1500mm	ml	580.564562	15899.52	9230697.864
Construction				
Construction des regards en béton armé	Unité	534	35000	18690000
Exécution des déversoirs d'orage	Unité	2	160000	320000
THT				308739646.6
TVA 19%				58660532.86
TTC				367400179.5

VIII.6. Planification des travaux

La planification des travaux vise à optimiser en permanence l'utilisation économique de la main-d'œuvre ainsi que des autres ressources mobilisées pour la réalisation du projet.

VIII.6.1. Techniques de planification

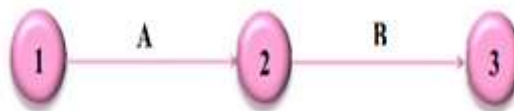
Deux méthodes principales de planification sont couramment utilisées :

- Méthodes basées sur le réseau,
- Méthodes basées sur le graphique.

VIII.6.1.1. Méthode basée sur le réseau

Le réseau est une représentation graphique d'un projet qui permet d'indiquer la relation entre les différentes opérations qui peuvent être successives, simultanées, convergentes et la durée de réalisation. On distingue deux types de réseaux ^[8] :

- ✓ **Réseau à flèches** : L'opération est représentée par une flèche et la succession des opérations par des nœuds.



- ✓ **Réseau à nœuds** : L'opération est représentée par un nœud et la succession des opérations par des flèches.

L'opération (B) ne peut commencer que si l'opération (A) est complètement achevée.



a) Construction des réseaux

La construction d'un réseau s'appuie sur un processus méthodique en six étapes :

- Élaboration d'une liste exhaustive des tâches à réaliser.
- Identification des dépendances entre les tâches, c'est-à-dire celles qui doivent être exécutées avant d'autres.
- Création de graphes partiels représentant les groupes de tâches interconnectées.
- Fusion des graphes partiels en un schéma global cohérent.

- Détermination des tâches d'entrée (début) et de sortie (fin) du projet.
- Assemblage final du réseau complet, intégrant toutes les tâches et leurs relations.

b) Méthode C.P.M (Chemin Critique)

L'objectif de la méthode du chemin critique est d'optimiser la durée totale du projet en s'appuyant sur trois phases distinctes :

- **Phase 1** : Détermination des ressources humaines nécessaires pour l'exécution des tâches.
- **Phase 2** : Analyse détaillée du réseau selon une échelle temporelle précise (par exemple, jour par jour), en fonction de l'unité de temps choisie.
- **Phase 3** : Ajustement du réseau en tenant compte des contraintes spécifiques de l'entreprise, permettant une planification adaptée aux besoins et objectifs du projet.

c) Étapes de la planification

La planification consiste à définir la séquence et le déroulement des travaux à réaliser. Ce processus comprend les étapes suivantes :

- **Collecte des informations** : Rassembler et synthétiser les données issues d'analyses comparatives afin d'établir un plan de réalisation pertinent et efficace pour le projet.
- **Décomposition du projet** : Fragmenter le projet en tâches distinctes, attribuer des responsabilités spécifiques, identifier les besoins matériels et définir une approche adaptée à chaque composante, pour une gestion précise et efficace.
- **Relations entre les tâches** : Identifier deux types de relations essentielles :
 - ✓ Relations logiques basées sur la dépendance stricte entre les tâches.
 - ✓ Relations préférentielles qui tiennent compte des priorités ou préférences dans l'organisation des travaux.

d) **Les paramètres de la méthode C.P.M** : Les éléments essentiels dans l'exécution de cette méthode sont les suivants :

DCP	Tr
DFP	DCPP
DFPP	MT

Avec :

- **TR** (Temps de réalisation) : la durée nécessaire pour accomplir la tâche.
- **DCP** (Date de commencement au plus tôt) : le moment le plus précoce où la tâche peut commencer.
- **DCPP** (Date de commencement au plus tard) : la date limite la plus tardive pour le début de la tâche.
- **DFP** (Date de finition au plus tôt) : la date la plus précoce à laquelle la tâche peut être terminée.
- **DFPP** (Date de finition au plus tard) : la date limite la plus tardive pour la fin de la tâche.
- **MT** (Marge totale) : la marge de temps disponible pour effectuer la tâche sans retarder le projet.

Et : **DFP = DCP + TR ; DCPP = DFPP – TR.**

e) Chemin critique (CC)

Le chemin critique correspond à la séquence d'opérations dont la marge totale est nulle ($MT = 0$) et qui détermine la durée totale requise (DTR) pour l'achèvement du projet.

Pour identifier ce chemin critique, il est nécessaire de vérifier la condition suivante :

$$MT = 0$$

f) Attribution des durées de chaque opération

L'estimation précise de la durée des opérations repose sur deux facteurs clés :

- La disponibilité des ressources, qu'elles soient humaines ou matérielles.
- L'ampleur et la complexité du projet.

En s'appuyant sur les normes C.N.A.T, la durée nécessaire (T) peut être calculée à l'aide de la formule suivante :

$$T = \frac{Qn}{N}$$

Avec :

Q : Quantité de travail à réaliser.

N : Rendement unitaire (productivité).

n : Nombre d'équipes mobilisées.

g) Symbole des différentes opérations et leurs durées

Les principales opérations à exécuter sont les suivantes :

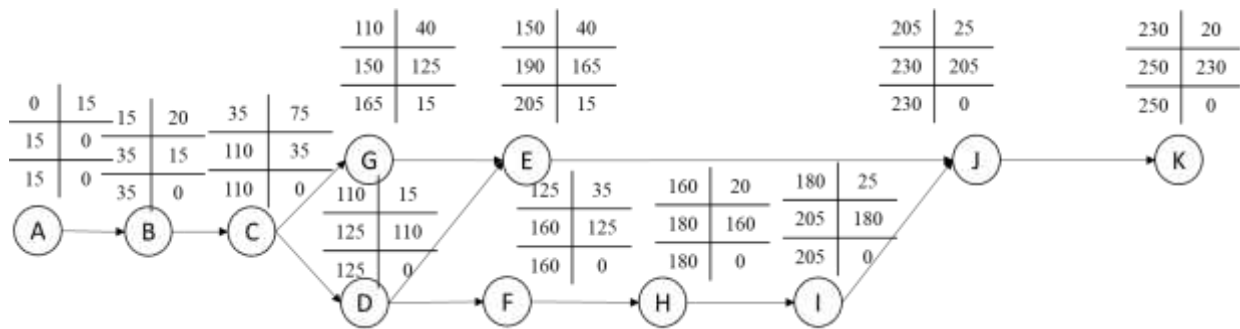
Tableau VIII.4 : Les symboles des différentes opérations.

Opération	Symbole	Durée (jour)
Piquetage	A	15
Décapage	B	20
Exécution des tranchées et des fouilles pour les regards	C	75
Aménagement du lit de sable	D	15
Construction des regards	E	40
La mise en place des canalisations en tranchées	F	35
Construction des ouvrages annexes	G	40
Assemblage des tuyaux	H	20
Faire des essais d'étanchéité pour les conduites et les joints.	I	25
Remblai des tranchées	J	25
Travaux de finition	K	20

Tableau VIII.4 : La successions des opérations.

Opération	Précède	Succède
A	-	B
B	A	C
C	B	D, G
D	C	E, F
E	D, G	J
F	D	H
G	C	E
H	F	I
I	H	J
J	I, E	K
K	J	-

✚ Notre réseau a nœud est le suivant :



- **Le chemin critique** : A-B-C-D-F-H-I-J-K.
- **La durée de réalisation est** : 250 jours.

VIII.7. Conclusion

Ce chapitre met en évidence l'importance de la planification du chantier avant le démarrage des travaux. Cette étape inclut l'évaluation précise des quantités de travaux à exécuter. Le calcul des volumes permet de réaliser un devis quantitatif et estimatif, document indispensable pour déterminer le coût global du projet.

Dans notre cas, le coût total du projet est évalué à **Trois cent soixante-sept millions quatre cent mille cent soixante-dix-neuf dinars et cinquante centimes.**

Conclusion

Conclusion générale

L'étude du réseau d'assainissement de l'agglomération de Karman a révélé plusieurs problèmes liés à un manque d'entretien et à une gestion insuffisante. Ces défauts ont entraîné une dégradation progressive du système, compromettant sa durabilité et posant des risques pour la santé et l'environnement.

Pour répondre à ces défis, un diagnostic complet a été réalisé, suivi d'un dimensionnement précis du réseau, prenant en compte les débits d'eaux usées et pluviales ainsi que les contraintes locales. Le réseau proposé est constitué de conduites circulaires en béton armé et en PVC, matériaux choisis pour leur résistance et leur étanchéité avec des diamètres qui varient de 250 à 1500.

Afin d'assurer un bon fonctionnement et faciliter l'entretien, des ouvrages annexes tels que des regards de visite et un déversoir d'orage ont été intégrés au projet. Ces équipements permettront de gérer efficacement les eaux pluviales et d'assurer la sécurité hydraulique du réseau.

Enfin, l'organisation du chantier a été planifiée pour garantir une exécution rapide et conforme aux exigences techniques et économiques. Le coût total estimé pour la réalisation de ce projet reflète l'importance d'un investissement adapté pour assurer un réseau d'assainissement performant et durable pour l'agglomération de Karman.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] TOUAIBIA, B., 2004 Manuel pratique d'hydrologie. Presse Madani Frères. Blida. Algérie.
- [2] GOMELLA, C., GUERREE, H., 1986 « Guide d'assainissement dans les agglomérations urbaines et rurales (tome 1), Eyrolles, Paris
- [3] SALAH.B, 2014« Polycopys d'assainissement », école nationale supérieure de l'hydraulique, Blida.
- [4] Bourrier R., Satin M., Selmi B., (1991) (Guide technique de l'assainissement, Ed. Le Moniteur, 775 pages,Paris .
- [5] Gouzrou, Abdeldjalil, 2013. L'hydraulique au pluriel. Édition 2013.
- [6] Kerloc'h, Bruno et Maelstaf, Damien. Le dimensionnement des réseaux d'assainissement des agglomérations. Document réalisé par : C.E.T.E. NORD - PICARDIE et DDE 80.
- [7] KAHLERRAS.D. Cours organisation de chantier 4 ème année ENSH2022.
- [8] BELAOUAKLI. B. Cours organisation de chantier2022.
- Etude du schéma directeur de la ville de Tiaret (URBOR)

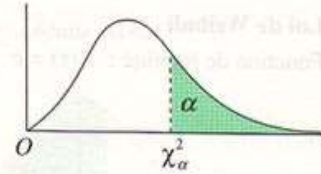
Les annexes

Annexe N° 01

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

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

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



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

Annexe N°02

Date d'inspection	15 /02/2023					
Situation	Cite Karmane					
Tronçon inspecté	Regard amont	3027	Regard aval	2046	Forme	Circulaire
Matériau	PVC-béton armé		Longueur (m)	1948,49		

TRONÇON 2024 - 2025		
	Distance 7 ml	Compteur
Observation au niveau d'un assemblage.		
(BDD.D) Niveau d'eau - colorées : Niveau=de 10 à 15% (BBC.C) Dépôts - dur ou compacté (BAFA.B) Dégradation de surface - rugosité accrue - chimique - générale Profondeur de la canalisation : 2.08		
		Distance: 001.0m Zoom: x1 BKM FACE LYCEE BOUAMER CITE KARMAN TR R2024 R2025 2C  P(2024 - 2025)I0001 Distance: 007.0m Zoom: x7 BKM FACE LYCEE BOUAMER CITE KARMAN TR R2024 R2025 2C  P(2024 - 2025)I0002

Distance	Compteur
9 m	

Observation au niveau d'un assemblage.

(BDD.D) Niveau d'eau - colorées : Niveau=de 10 à 15%

(BBC.C) Dépôts - dur ou compacté

(BAFA.B) Dégradation de surface - rugosité accrue - chimique - générale

Profondeur de la canalisation : 1.7

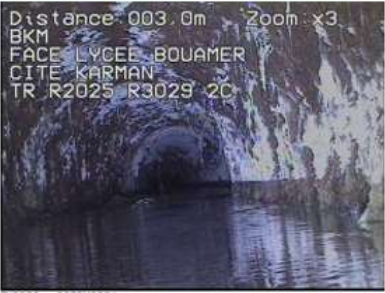
Distance: 003.0m Zoom: x3

BKM

FACE LYCEE BOUAMER

CITE KARMAN

TR R2025 R3029 2C



P(2025_3029)0001

Distance: 009.0m Zoom: x10

BKM

FACE LYCEE BOUAMER

CITE KARMAN

TR R2025 R3029 2C



P(2025_3029)0002

Inspection : ☒ =Normal ☐ =Inverse

TRONÇON OA01 - 2037	
Distance	Compteur
7.5 m	

Observation au niveau d'un assemblage.

(BDD.D) Niveau d'eau - colorées : Niveau=de 20 à 25%

(BAFA.B) Dégradation de surface - rugosité accrue - chimique - générale

(BBC.C) Dépôts - dur ou compacté

Profondeur de la canalisation : 2.21

Distance: 001.5m Zoom: x1

BKM

FACE LYCEE BOUAMER

CITE KARMAN

TR DUO R2037



P(OA01_2037)0001

Distance: 007.5m Zoom: x5

BKM

FACE LYCEE BOUAMER

CITE KARMAN

TR DUO R2037



P(OA01_2037)0002

TRONÇON 2039 - 2040

Distance	Compteur
9 m	

Observation au niveau d'un assemblage.

(BDD.D) Niveau d'eau - colorées : Niveau=de 15 à 20%
 (BAFA.B) Dégradation de surface - rugosité accrue - chimique - générale
 (BBC.C) Dépôts - dur ou compacté
 Profondeur de la canalisation : 3.73

Distance: 001.0m Zoom: x1
 BKM
 BIDONVILLE
 CITE KARMAN
 TR R2039 R2040 2C



P(2039_-_2040)0001

Distance: 009.0m Zoom: x10
 BKM
 BIDONVILLE
 CITE KARMAN
 TR R2039 R2040 2C



P(2039_-_2040)0002

Distance	Compteur
11 m	

Observation au niveau d'un assemblage.

(BDD.D) Niveau d'eau - colorées : Niveau=de 15 à 20%
 (BAFA.B) Dégradation de surface - rugosité accrue - chimique - générale
 (BBC.C) Dépôts - dur ou compacté
 Profondeur de la canalisation : 3.93

Distance: 001.5m Zoom: x1
 BKM
 BIDONVILLE
 CITE KARMAN
 TR R2040 R2041 2C



P(2040_-_2041)0001

Distance: 011.0m Zoom: x12
 BKM
 BIDONVILLE
 CITE KARMAN
 TR R2040 R2041 2C



P(2040_-_2041)0002

Inspection : =Normal =Inverse

TRONÇON 2041 - 2042			
	Distance 22.5 ml	Compteur	
Observation au niveau d'un assemblage.			
(BDD.D) Niveau d'eau - colorées : Niveau=de 15 à 20% (BAF.A.B) Dégradation de surface - rugosité accrue - chimique - générale (BBC.C) Dépôts - dur ou compacté Profondeur de la canalisation : 3.9			
Distance: 001.0m Zoom: x1 BKM BIDONVILLE CITE KARMAN TR R2041 R2042  P(2041_-_2042)00001 Distance: 022.5m Zoom: x18 BKM BIDONVILLE CITE KARMAN TR R2041 R2042  P(2041_-_2042)00002			

TRONÇON 3324 - OA01			
	Distance 5.5 ml	Compteur	
Observation au niveau d'un assemblage.			
(BDD.D) Niveau d'eau - colorées : Niveau=de 10 à 15% (BAJ.B) Déplacement d'assemblage - décentrage radial (BBC.B) Dépôts - grossier Profondeur de la canalisation : 2.1			
Distance: 001.0m Zoom: x1 BKM FACE LYCEE BOUAMER CITE KARMAN TR R3324 DUO  P(3324_-_OA01)00001 Distance: 005.5m Zoom: x4 BKM FACE LYCEE BOUAMER CITE KARMAN TR R3324 DUO  P(3324_-_OA01)00002			

Annexe N°03

Nom du déversoir d'orage	OA01
Situation	Karman EST
Coordonnées	X : 352 336 Y : 3 916 060 Z : 976.01
Etat de marche	Fonctionnel

I- Etat structurel

	Présence de fissures	Non
	Présence de corrosions	Non
	Détérioration du béton	Non

Observations :

II- Capacité hydraulique

	Déversement en temps de pluies	Oui
	Déversement en temps sec	Non
	Déversement pendant les heures de pointes	Non
	Contre pente	Non
	Obstruction du collecteur d'arrivée	Non
	Obstruction du collecteur du flux conservé	Non
	Obstruction du collecteur du flux déversé	OUI
	Existence d'un équipement de régulation (Vanne)	Non
	Fonctionnement de l'équipement de régulation	Non fonctionnel
	Présence de débris	OUI

Observations : cet ouvrage nécessite une réhabilitation notamment l'évacuation des eaux pluviales

Photos



ETAT DU MILIEU NATUREL

	En amont	Au droit du rejet	En aval
Rien à signaler	X		
Eau de couleur particulière			
Turbidité prononcée			
Odeurs particulières			
Hydrocarbures			
Détergents (mousses...)			
Eutrophisation prononcée			
Présence d'animaux morts			
Macro-pollution (sacs en plastique...)		X	
Traces d'érosion hydraulique			X
Encombrement (en cm - nature)			
Exutoire noyé par l'aval (cm)			
Autres observations			

PHOTOGRAPHIE

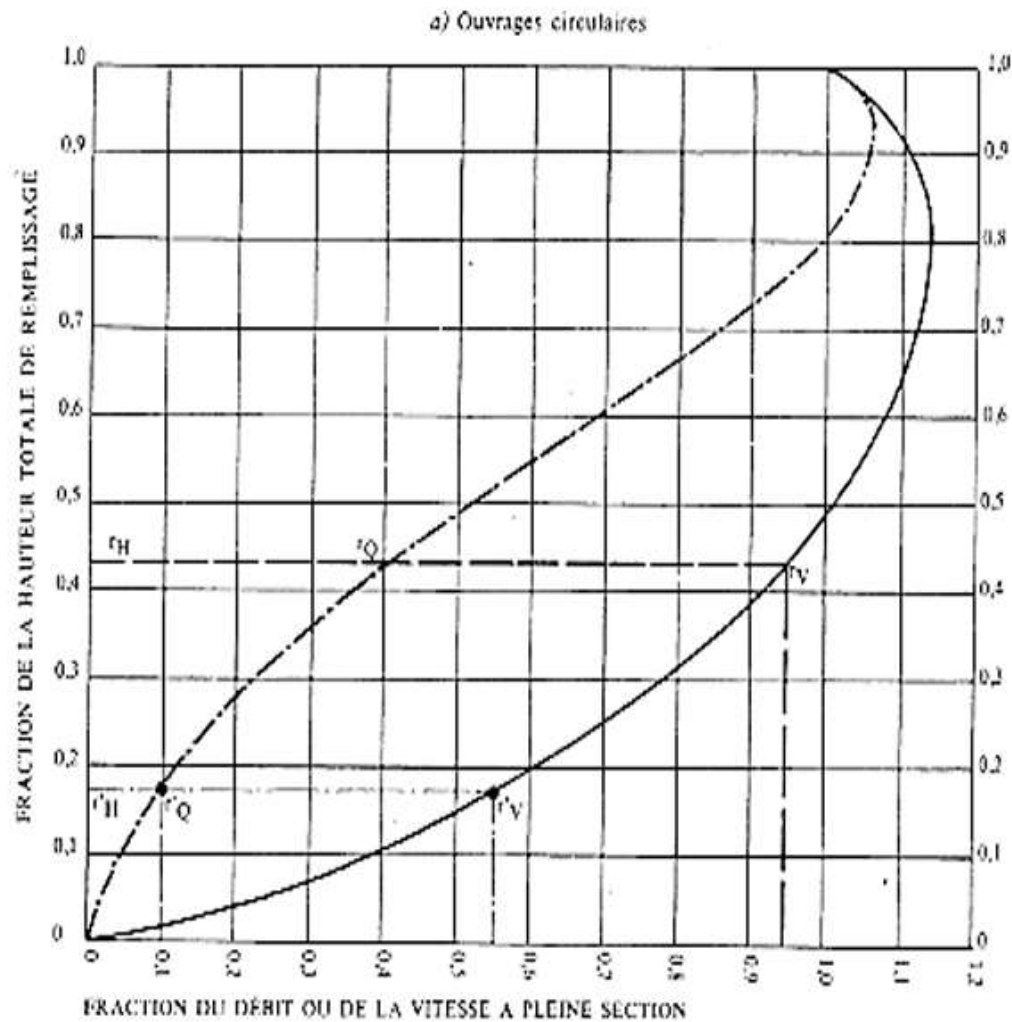


OBSERVATIONS

En premier lieu quelques habitations rejetaient à l'air libre par un collecteur loin du réseau public qui est rattaché à la STEP, en suite s'est ajouté une partie d'une nouvelle cité à ce collecteur, néanmoins un tronçon a été détérioré par des dépôts d'agrégats ce qui a créé deux rejets à ce niveau

Annexe N°04

Variation des débits et des vitesses en fonction du remplissage



Q_{ps1} : débit à pleine section

Q débit à évacuer

$$r_Q = \frac{Q}{Q_{ps1}} \quad r_v = \frac{V}{V_{ps}} \quad \text{et} \quad r_H = \frac{h}{\phi l}$$

Dans l'ensemble ci-contre :

$$r_Q = 0,40 \Rightarrow r_v = 0,95 \quad \text{et} \quad r_H = 0,42$$

Annexe N°05

Tronçon	C _{R,am} (m)	C _{R,av} (m)	Dist (m)	I (m/m)	Q _t (m³/s)	D _{cal} (mm)	D _{nor} (mm)	V _{ps} (m/s)	Q _{ps} (m³/s)	R _q	R _v	R _h	V (m/s)	H (mm)	Auto-curage
N1-N2	991.687	991.1	22.15	0.0265	0.726	536.9	800	4.18	2.099	0.346	0.907	0.405	3.79	0.324	Vérifie
N2-N3	991.099	990.822	21.84	0.0127	0.726	616.12	800	2.89	1.454	0.499	1	0.498	2.89	0.399	Vérifie
N3-N4	990.821	990.653	22.15	0.0076	0.726	678.32	800	2.24	1.125	0.645	1.062	0.58	2.38	0.464	Vérifie
N4-N5	990.752	990.673	22.03	0.0036	0.726	780.15	800	1.54	0.775	0.937	1.139	0.76	1.76	0.608	Vérifie
N5-N6	990.672	990.582	22.13	0.0041	0.726	762.86	800	1.64	0.822	0.883	1.137	0.727	1.86	0.582	Vérifie
N6-N7	990.582	990.452	19.05	0.0069	0.726	691.9	800	2.12	1.067	0.68	1.071	0.601	2.27	0.481	Vérifie
N7-N8	990.451	989.79	39.49	0.0168	0.726	585.19	800	3.32	1.668	0.435	0.959	0.462	3.18	0.37	Vérifie
N8-N9	989.79	989.018	29.89	0.0258	0.726	539.61	800	4.12	2.071	0.351	0.909	0.408	3.75	0.327	Vérifie
N9-N10	989.018	988.345	27.22	0.0247	0.726	543.96	800	4.03	2.027	0.358	0.914	0.414	3.69	0.331	Vérifie
N10-N11	988.345	987.55	38.29	0.0208	0.726	562.06	800	3.7	1.857	0.391	0.932	0.435	3.45	0.348	Vérifie
N11-N12	987.549	986.686	38.24	0.0226	0.726	553.3	800	3.86	1.937	0.375	0.923	0.425	3.56	0.213	Vérifie
N12-N13	986.685	985.349	60.52	0.0221	0.726	555.66	800	3.81	1.915	0.379	0.925	0.427	3.53	0.342	Vérifie
N13-N14	985.349	985.229	33.42	0.0036	0.726	781.01	800	1.54	0.773	0.94	1.139	0.762	1.75	0.609	Vérifie
N14-N15	985.229	984.995	43.64	0.0054	0.726	724.14	800	1.88	0.945	0.768	1.1	0.657	2.07	0.525	Vérifie
N15-N16	984.994	984.62	41.12	0.0091	0.726	655.92	800	2.45	1.23	0.59	1.045	0.548	2.56	0.438	Vérifie
N16-N17	984.619	984.508	20.27	0.0055	0.726	721.14	800	1.9	0.956	0.76	1.096	0.651	2.09	0.521	Vérifie
N17-N18	984.508	984.371	16.72	0.0082	0.726	668.88	800	2.32	1.168	0.622	1.055	0.566	2.45	0.453	Vérifie
N18-N19	984.47	983.628	31.67	0.0266	0.726	536.55	800	4.18	2.102	0.345	0.906	0.405	3.79	0.324	Vérifie
N19-N20	983.627	982.341	32.42	0.0397	0.726	497.78	800	5.11	2.568	0.283	0.866	0.361	4.43	0.289	Vérifie
N20-N21	982.34	981.568	33.77	0.0229	0.726	551.97	800	3.88	1.949	0.372	0.922	0.423	3.58	0.338	Vérifie
N21-N22	981.567	980.709	34.73	0.0247	0.726	544.05	800	4.03	2.026	0.358	0.914	0.414	3.68	0.331	Vérifie
N24-N25	980.709	979.69	49.48	0.0206	0.726	562.98	800	3.68	1.849	0.393	0.933	0.436	3.43	0.349	Vérifie
N25-N26	979.69	979.415	54.28	0.0051	0.726	732.32	800	1.83	0.917	0.792	1.109	0.672	2.02	0.537	Vérifie
N26-N27	979.415	979.055	24.96	0.0145	0.726	601.57	800	3.08	1.55	0.469	0.98	0.481	3.02	0.385	Vérifie
N27-N28	979.054	978.849	15.75	0.013	1.433	791.38	800	2.93	1.472	0.973	1.14	0.786	3.34	0.629	Vérifie

Tronçon	C _{R,am} (m)	C _{R,av} (m)	Dist (m)	I (m/m)	Q _t (m³/s)	D _{cal} (mm)	D _{nor} (mm)	V _{ps} (m/s)	Q _{ps} (m³/s)	R _q	R _v	R _h	V (m/s)	H (mm)	Auto-curage
N28-N29	978.849	978.65	14.36	0.0139	1.433	782.41	800	3.02	1.517	0.944	1.139	0.765	3.44	0.612	Vérifie
N29-N30	978.673	978.468	15.79	0.013	1.433	792.23	800	2.92	1.468	0.976	1.14	0.788	3.33	0.63	Vérifie
N30-N31	978.468	978.358	17.57	0.0063	1.433	908.34	1000	2.35	1.848	0.775	1.103	0.661	2.6	0.661	Vérifie
N31-N32	978.358	978.057	24.2	0.0125	1.433	798.24	1000	3.32	2.608	0.549	1.028	0.526	3.41	0.231	Vérifie
N32-N33	978.056	977.999	14.64	0.0039	1.433	990.24	1000	1.87	1.468	0.976	1.14	0.788	2.13	0.788	Vérifie
N33-N34	977.998	977.906	15.31	0.0061	1.433	913.22	1000	2.32	1.822	0.787	1.107	0.668	2.57	0.668	Vérifie
N34-N35	977.905	977.752	15.07	0.0102	1.433	828.65	1000	3.01	2.361	0.607	1.051	0.558	3.16	0.558	Vérifie
N35-N36	977.751	977.693	13.97	0.0042	1.433	978.12	1000	1.93	1.517	0.945	1.139	0.765	2.2	0.765	Vérifie
N36-N37	977.717	977.316	15.67	0.0256	1.433	697.49	1000	4.76	3.738	0.383	0.928	0.43	4.42	0.43	Vérifie
N38-N39	977.316	977.143	14.56	0.0119	1.433	804.96	1000	3.25	2.551	0.562	1.034	0.532	3.36	0.532	Vérifie
N39-N40	977.143	976.812	15.58	0.0212	1.433	722.39	1000	4.34	3.404	0.421	0.95	0.454	4.12	0.454	Vérifie
N40-N41	976.812	976.276	18	0.0298	1.433	677.85	1000	5.14	4.034	0.355	0.912	0.412	4.69	0.412	Vérifie
N41-N42	976.276	976.012	34.09	0.0078	1.433	872.54	1000	2.62	2.057	0.697	1.075	0.611	2.82	0.611	Vérifie
N42-N43	976.011	975.797	20.77	0.0103	1.433	826.64	1000	3.03	2.376	0.603	1.049	0.555	3.18	0.555	Vérifie
N43-N44	975.796	975.719	7.6	0.0102	1.433	828.85	1000	3.01	2.359	0.607	1.051	0.558	3.16	0.558	Vérifie
N44-N45	975.719	975.523	24.47	0.008	1.433	866.54	1000	2.67	2.095	0.684	1.072	0.603	2.86	0.603	Vérifie
N45-N46	975.522	975.367	17.11	0.0091	1.433	847.15	1000	2.84	2.226	0.644	1.061	0.579	3.01	0.579	Vérifie
N46-N47	975.367	975.283	20.67	0.0041	1.433	985.02	1000	1.9	1.489	0.962	1.14	0.777	2.16	0.777	Vérifie
N47-N48	975.283	975.158	11.43	0.0109	1.433	818	1000	3.11	2.444	0.586	1.044	0.546	3.25	0.546	Vérifie
N48-N49	975.158	974.946	25.82	0.0082	1.433	862.95	1000	2.7	2.119	0.676	1.07	0.598	2.89	0.598	Vérifie
N49-N50	974.946	974.764	28.39	0.0064	1.433	904.54	1000	2.38	1.869	0.767	1.099	0.656	2.62	0.656	Vérifie
N50-N51	974.764	974.622	24.89	0.0057	1.433	924.44	1000	2.25	1.764	0.813	1.118	0.685	2.51	0.231	Vérifie
N51-N52	974.622	974.318	44	0.0069	1.433	891.26	1000	2.48	1.944	0.737	1.088	0.637	2.69	0.637	Vérifie
N52-N53	974.318	974.157	46.75	0.0034	3.84	1470.84	1500	2.29	4.038	0.951	1.139	0.769	2.6	0.154	Vérifie

Tronçon	C _{R,am} (m)	C _{R,av} (m)	Dist (m)	I (m/m)	Q _t (m³/s)	D _{cal} (mm)	D _{nor} (mm)	V _{ps} (m/s)	Q _{ps} (m³/s)	R _q	R _v	R _h	V (m/s)	H (mm)	Auto-curage
N53-N54	974.157	973.912	61.68	0.004	3.84	1430.93	1500	2.46	4.346	0.884	1.137	0.728	2.8	0.109	Vérifie
N54-N55	973.912	973.613	77.1	0.0039	3.84	1438.14	1500	2.43	4.288	0.896	1.138	0.735	2.76	1.102	Vérifie
N55-N57	973.713	973.322	97.62	0.004	3.84	1429.49	1500	2.47	4.357	0.881	1.137	0.726	2.8	1.089	Vérifie
N57-N537	973.422	973.271	26.73	0.0056	3.84	1340.76	1500	2.93	5.169	0.743	1.09	0.64	3.19	0.961	Vérifie
N537-N538	973.271	973.109	39.96	0.0041	3.84	1424.69	1500	2.49	4.397	0.873	1.135	0.722	2.83	1.082	Vérifie
N538-N539	973.109	972.913	40.76	0.0048	3.84	1381.86	1500	2.7	4.769	0.805	1.115	0.68	3.01	1.02	Vérifie
N539-N540	972.913	972.442	58.94	0.008	3.84	1255.39	1500	3.49	6.161	0.623	1.056	0.567	3.68	0.85	Vérifie
N540-N541	972.442	972.053	52.86	0.0074	3.84	1275.12	1500	3.35	5.91	0.65	1.063	0.582	3.56	0.874	Vérifie
N541-542	972.053	971.27	78.17	0.01	3.84	1203.59	1500	3.9	6.893	0.557	1.031	0.53	4.03	0.795	Vérifie
N56-N58	987.856	987.526	46.97	0.007	0.677	626.7	630	2.2	0.685	0.988	1.141	0.798	2.51	0.503	Vérifie
N58-N59	987.526	987.313	18.61	0.0114	0.677	571.92	630	2.81	0.874	0.774	1.102	0.661	3.09	0.416	Vérifie
N59-N60	987.313	986.733	19.4	0.0299	0.677	477.62	630	4.54	1.414	0.479	0.987	0.487	4.48	0.307	Vérifie
N60-N61	986.733	986.091	37.97	0.0169	0.677	531.37	630	3.41	1.064	0.636	1.059	0.574	3.62	0.362	Vérifie
N61-N62	986.091	985.091	42.83	0.0233	0.677	500.32	630	4.01	1.249	0.542	1.024	0.522	4.11	0.329	Vérifie
N62-N63	985.091	983.984	37.96	0.0292	0.677	479.79	630	4.48	1.397	0.485	0.991	0.49	4.44	0.309	Vérifie
N63-N64	983.984	983.519	30.9	0.015	0.677	543.23	630	3.22	1.003	0.675	1.069	0.598	3.44	0.377	Vérifie
N64-N65	983.519	982.703	31.67	0.0258	0.677	491.1	630	4.21	1.313	0.516	1.01	0.507	4.25	0.32	Vérifie
N65-N66	982.703	982.261	32.17	0.0137	0.677	552.53	630	3.08	0.959	0.706	1.078	0.617	3.32	0.389	Vérifie
N66-N67	982.261	981.976	34.37	0.0083	0.677	607.47	630	2.39	0.745	0.909	1.139	0.743	2.72	0.468	Vérifie
N67-N68	981.976	981.571	32.17	0.0126	0.677	561.86	630	2.94	0.917	0.738	1.088	0.638	3.2	0.402	Vérifie
N68-N69	981.571	980.544	30.23	0.034	0.677	466.26	630	4.84	1.508	0.449	0.968	0.47	4.68	0.296	Vérifie
N69-N70	981.544	980.978	33.95	0.0167	0.677	532.83	630	3.39	1.056	0.641	1.06	0.577	3.59	0.364	Vérifie
N70-N71	980.978	980.721	34.96	0.0073	0.677	621.4	630	2.25	0.701	0.966	1.14	0.78	2.56	0.491	Vérifie
N71-N72	980.81	980.45	27.66	0.013	2.522	978.82	1000	3.39	2.665	0.946	1.139	0.766	3.87	0.766	Vérifie

Tronçon	C _{R,am} (m)	C _{R,av} (m)	Dist (m)	I (m/m)	Q _t (m³/s)	D _{cal} (mm)	D _{nor} (mm)	V _{ps} (m/s)	Q _{ps} (m³/s)	R _q	R _v	R _h	V (m/s)	H (mm)	Auto-curage
N72-N73	980.65	980.284	27.37	0.0134	2.522	973.97	1000	3.44	2.7	0.934	1.139	0.758	3.92	0.758	Vérifie
N73-N74	980.484	979.894	37.13	0.0159	2.522	942.88	1000	3.75	2.944	0.857	1.132	0.712	4.24	0.712	Vérifie
N74-N75	979.894	979.107	24.51	0.0321	2.522	826.26	1000	5.33	4.187	0.602	1.049	0.555	5.6	0.555	Vérifie
N75-N76	978.807	977.966	42.28	0.0199	2.522	903.91	1000	4.2	3.295	0.765	1.099	0.655	4.61	0.655	Vérifie
N76-N77	977.966	977.466	18.24	0.0274	2.522	851.01	1000	4.93	3.87	0.652	1.063	0.584	5.24	0.584	Vérifie
N77-N78	977.789	977.305	21.53	0.0225	2.522	883.28	1000	4.46	3.504	0.72	1.082	0.626	4.83	0.626	Vérifie
N78-N79	977.305	976.737	23.01	0.0247	2.522	868.01	1000	4.68	3.671	0.687	1.072	0.605	5.02	0.605	Vérifie
N79-N80	976.737	976.162	30.65	0.0188	2.522	913.91	1000	4.08	3.2	0.788	1.108	0.669	4.52	0.669	Vérifie
N80-N81	976.162	975.505	40.55	0.0162	2.522	939.33	1000	3.79	2.974	0.848	1.129	0.707	4.28	0.707	Vérifie
N81-N82	975.505	975.127	25.33	0.0149	2.522	954.19	1000	3.63	2.852	0.884	1.137	0.728	4.13	0.728	Vérifie
N82-N83	975.47	974.57	22.78	0.0395	2.522	794.63	1000	5.92	4.646	0.543	1.024	0.522	6.06	0.522	Vérifie
N83-N84	974.57	974.01	43.07	0.013	2.522	978.91	1000	3.39	2.664	0.947	1.139	0.766	3.87	0.766	Vérifie
N84-N85	974.01	973.311	39.24	0.0178	2.522	922.96	1000	3.97	3.117	0.809	1.116	0.683	4.43	0.683	Vérifie
N85-N86	973.311	972.596	53.83	0.0133	2.522	974.94	1000	3.43	2.693	0.936	1.139	0.76	3.91	0.76	Vérifie
N86-N87	973.04	972.472	23.05	0.0246	2.522	868.27	1000	4.67	3.668	0.688	1.073	0.605	5.01	0.605	Vérifie
N87-N88	972.914	972.426	32.68	0.0149	2.522	953.66	1000	3.64	2.856	0.883	1.137	0.727	4.14	0.727	Vérifie
N88-N88-1	972.775	972.425	23.07	0.0152	2.522	951.02	1000	3.67	2.878	0.876	1.136	0.723	4.16	0.723	Vérifie
N88-1-N89	972.425	971.98	15.35	0.029	2.522	842.26	1000	5.07	3.978	0.634	1.059	0.573	5.36	0.573	Vérifie
N89-N90	971.98	971.732	30	0.0083	2.522	1064.98	1200	3.06	3.46	0.729	1.085	0.631	3.32	0.758	Vérifie
N90-N91	971.732	971.483	28.77	0.0086	2.522	1057.09	1200	3.12	3.53	0.715	1.08	0.622	3.37	0.747	Vérifie
N91-N92	971.483	971.238	31.24	0.0078	2.522	1076.37	1200	2.98	3.364	0.75	1.093	0.645	3.25	0.774	Vérifie
N92-N93	971.238	970.92	30.58	0.0104	2.522	1020.79	1200	3.43	3.874	0.651	1.063	0.583	3.64	0.7	Vérifie
N93-N94	970.92	970.731	29.35	0.0065	2.522	1116.21	1200	2.7	3.053	0.826	1.122	0.693	3.03	0.832	Vérifie
N94-N95	970.831	970.637	30.17	0.0065	2.522	1116.13	1200	2.7	3.053	0.826	1.122	0.693	3.03	0.832	Vérifie

Tronçon	C _{R,am} (m)	C _{R,av} (m)	Dist (m)	I (m/m)	Q _t (m³/s)	D _{cal} (mm)	D _{nor} (mm)	V _{ps} (m/s)	Q _{ps} (m³/s)	R _q	R _v	R _h	V (m/s)	H (mm)	Auto-curage
N95-N96	970.637	970.206	29.26	0.0147	2.522	956.46	1200	4.08	4.609	0.547	1.027	0.525	4.19	0.629	Vérifie
N96-N97	970.506	970.073	32.57	0.0133	2.522	974.84	1200	3.88	4.381	0.576	1.039	0.54	4.03	0.648	Vérifie
N97-N98	970.073	969.157	27.22	0.0337	2.522	819.02	1200	6.17	6.97	0.362	0.916	0.416	5.65	0.499	Vérifie
N98-N99	969.157	968.383	23.26	0.0333	2.522	820.86	1200	6.13	6.929	0.364	0.917	0.417	5.62	0.501	Vérifie
N99-N100	968.383	967.811	38.34	0.0149	2.522	953.92	1200	4.11	4.642	0.543	1.025	0.522	4.21	0.627	Vérifie
N100-N101	967.811	967.488	38.05	0.0085	2.522	1060.26	1200	3.1	3.502	0.72	1.082	0.626	3.35	0.751	Vérifie
N101-N102	967.488	967.377	13.98	0.008	2.522	1073.35	1200	3	3.389	0.744	1.091	0.641	3.27	0.77	Vérifie
N102-N103	967.377	966.093	76.42	0.0168	4.036	1112.92	1200	4.36	4.924	0.82	1.12	0.689	4.88	0.827	Vérifie
N103-N104	966.093	964.974	49.24	0.0227	4.036	1051.5	1200	5.07	5.729	0.704	1.077	0.616	5.46	0.739	Vérifie
N104-N105	964.974	964.397	35.14	0.0164	4.036	1117.82	1200	4.31	4.867	0.829	1.124	0.695	4.84	0.834	Vérifie
N105-N106	963.397	962.562	45.15	0.0185	4.036	1093.13	1200	4.57	5.166	0.781	1.105	0.665	5.05	0.798	Vérifie
N106-N107	961.562	960.634	55.38	0.0168	4.036	1113.43	1200	4.35	4.918	0.821	1.121	0.69	4.88	0.828	Vérifie
N108-N109	994.154	993.866	32.48	0.0089	0.143	321.82	352.6	1.87	0.182	0.785	1.107	0.668	2.06	0.235	Vérifie
N109-N110	993.866	992.597	41.16	0.0308	0.143	254.77	352.6	3.48	0.339	0.421	0.95	0.454	3.31	0.16	Vérifie
N110-N111	992.597	992.266	11.23	0.0294	0.143	256.99	352.6	3.4	0.332	0.431	0.956	0.46	3.25	0.162	Vérifie
N111-N112	992.266	991.847	44.13	0.0095	0.143	317.76	352.6	1.93	0.188	0.759	1.096	0.651	2.12	0.23	Vérifie
N112-N113	992.193	991.467	46.66	0.0156	0.143	289.6	352.6	2.47	0.241	0.593	1.046	0.55	2.59	0.194	Vérifie
N113-N114	991.467	991.204	46.63	0.0056	0.143	350.42	352.6	1.49	0.145	0.986	1.141	0.796	1.7	0.281	Vérifie
N114-N115	991.204	990.076	45.68	0.0247	0.143	265.62	352.6	3.11	0.304	0.471	0.982	0.483	3.06	0.17	Vérifie
N115-N116	990.076	987.626	18.16	0.135	0.143	193.18	352.6	7.28	0.71	0.201	0.78	0.302	5.06	0.107	Vérifie
N116-N117	987.626	987.085	21.11	0.0256	0.143	263.82	352.6	3.17	0.309	0.462	0.976	0.478	3.09	0.168	Vérifie
N117-N118	987.085	985.79	57	0.0227	0.143	269.8	352.6	2.99	0.291	0.491	0.995	0.494	2.97	0.174	Vérifie
N118-N119	985.79	985.285	60.05	0.0084	0.143	325.07	352.6	1.82	0.177	0.807	1.115	0.681	2.03	0.24	Vérifie
N120-N121	991.068	990.374	21.93	0.0317	0.143	253.5	352.6	3.53	0.344	0.416	0.947	0.45	3.34	0.159	Vérifie

Tronçon	C _{R,am} (m)	C _{R,av} (m)	Dist (m)	I (m/m)	Q _t (m³/s)	D _{cal} (mm)	D _{nor} (mm)	V _{ps} (m/s)	Q _{ps} (m³/s)	R _q	R _v	R _h	V (m/s)	H (mm)	Auto-curage
N121-N122	990.374	989.609	22.16	0.0345	0.143	249.48	352.6	3.68	0.359	0.398	0.936	0.44	3.44	0.155	Vérifie
N122-N123	989.609	989.123	15.35	0.0317	0.143	253.51	352.6	3.52	0.344	0.416	0.947	0.45	4.01	0.159	Vérifie
N123-N124	989.489	989.057	12.87	0.0336	0.143	250.72	352.6	3.63	0.354	0.404	0.94	0.443	3.41	0.156	Vérifie
N124-N125	989.458	989.103	59.77	0.0059	0.143	346.98	352.6	1.53	0.149	0.96	1.139	0.776	1.74	0.273	Vérifie
N125-N126	989.297	988.832	12.26	0.0379	0.143	245.06	352.6	3.86	0.377	0.38	0.926	0.428	3.57	0.151	Vérifie
N126-N127	988.832	988.545	48.73	0.0059	0.143	347.42	352.6	1.52	0.148	0.963	1.14	0.778	1.73	0.274	Vérifie
N127-N128	988.545	988.123	40.91	0.0103	0.143	312.9	352.6	2.01	0.196	0.729	1.085	0.631	2.18	0.223	Vérifie
N128-N129	988.362	987.959	34.7	0.0116	0.143	306.09	352.6	2.13	0.208	0.687	1.072	0.605	2.29	0.213	Vérifie
N129-N130	987.959	987.871	14.79	0.006	0.143	346.43	352.6	1.53	0.15	0.956	1.139	0.773	1.75	0.272	Vérifie
N130-N131	987.871	987.419	19.8	0.0228	0.143	269.59	352.6	2.99	0.292	0.49	0.994	0.493	2.97	0.174	Vérifie
N131-N13	987.419	986.789	16.04	0.0393	0.143	243.45	352.6	3.93	0.383	0.373	0.922	0.423	3.62	0.149	Vérifie
N132-N117	986.789	986.591	8.22	0.0241	0.143	266.77	352.6	3.08	0.3	0.476	0.985	0.486	3.03	0.171	Vérifie
N133-N134	988.989	988.708	19.12	0.0147	0.143	292.61	352.6	2.4	0.235	0.609	1.051	0.559	2.53	0.197	Vérifie
N134-N135	988.708	988.579	22.04	0.0059	0.143	347.88	352.6	1.52	0.148	0.967	1.14	0.78	1.73	0.275	Vérifie
N135-N136	988.579	987.762	51.29	0.0159	0.143	288.42	352.6	2.5	0.244	0.586	1.044	0.546	2.61	0.193	Vérifie
N136-N137	987.762	987.383	50	0.0076	0.143	331.39	352.6	1.73	0.168	0.849	1.13	0.707	1.95	0.249	Vérifie
N137-N138	987.383	987.206	20.4	0.0087	0.143	323.27	352.6	1.84	0.18	0.795	1.111	0.674	2.05	0.238	Vérifie
N138-N139	987.206	986.78	23.07	0.0185	0.143	280.52	352.6	2.69	0.263	0.545	1.025	0.523	2.76	0.184	Vérifie
N139-N140	986.78	986.028	28.89	0.026	0.143	263.01	352.6	3.2	0.312	0.459	0.974	0.476	3.11	0.168	Vérifie
N141-N142	989.049	988.634	29.49	0.0141	0.143	295.09	352.6	2.35	0.229	0.623	1.056	0.567	2.48	0.2	Vérifie
N142-N143	988.634	988.494	19.45	0.0072	0.143	335	352.6	1.68	0.164	0.874	1.135	0.722	1.9	0.255	Vérifie
N143-N144	988.494	988.244	18.81	0.0133	0.143	298.37	352.6	2.28	0.223	0.642	1.061	0.578	2.42	0.204	Vérifie
N144-N145	988.244	987.829	21.15	0.0196	0.143	277.3	352.6	2.78	0.271	0.528	1.017	0.514	2.82	0.181	Vérifie
N145-N146	987.829	987.302	31.59	0.0167	0.143	285.87	352.6	2.56	0.25	0.573	1.038	0.538	2.66	0.19	Vérifie
N146-N147	987.302	987.054	21.53	0.0115	0.143	306.44	352.6	2.13	0.207	0.689	1.073	0.606	2.28	0.214	Vérifie

Tronçon	C _{R,am} (m)	C _{R,av} (m)	Dist (m)	I (m/m)	Q _t (m³/s)	D _{cal} (mm)	D _{nor} (mm)	V _{ps} (m/s)	Q _{ps} (m³/s)	R _q	R _v	R _h	V (m/s)	H (mm)	Auto-curage
N147-N148	987.054	986.676	24.74	0.0153	0.143	290.61	352.6	2.45	0.239	0.598	1.048	0.553	2.57	0.195	Vérifie
N148-N149	986.676	986.534	11.33	0.0125	0.143	301.67	352.6	2.22	0.216	0.661	1.066	0.589	2.36	0.208	Vérifie
N149-N150	986.534	986.376	10.02	0.0158	0.143	288.9	352.6	2.49	0.243	0.589	1.045	0.547	2.6	0.193	Vérifie
N150-N151	986.376	986.174	21.26	0.0095	0.143	317.75	352.6	1.93	0.188	0.759	1.096	0.651	2.12	0.23	Vérifie
N151-N152	986.174	985.966	24.05	0.0087	0.143	323.25	352.6	1.84	0.18	0.795	1.11	0.674	2.05	0.238	Vérifie
N152-N153	985.966	985.792	21.29	0.0082	0.143	326.95	352.6	1.79	0.175	0.819	1.12	0.689	2	0.243	Vérifie
N153-N118	982.63	980.565	23.75	0.0869	0.143	209.78	352.6	5.84	0.57	0.251	0.838	0.338	4.89	0.119	Vérifie
N154-N155	993.475	993.272	19.85	0.0102	0.133	304.88	352.6	2	0.196	0.68	1.071	0.601	2.15	0.212	Vérifie
N155-N156	993.272	993.037	25.11	0.0094	0.133	310.12	352.6	1.92	0.187	0.712	1.08	0.62	2.07	0.219	Vérifie
N156-N157	993.037	992.927	22.48	0.0049	0.133	350.07	352.6	1.39	0.135	0.983	1.141	0.793	1.58	0.28	Vérifie
N157-N158	992.927	992.48	21.36	0.0209	0.133	266.63	352.6	2.87	0.28	0.476	0.985	0.485	2.82	0.171	Vérifie
N158-N159	992.48	991.834	44.13	0.0146	0.133	285.19	352.6	2.39	0.234	0.569	1.037	0.536	2.48	0.189	Vérifie
N159-N160	991.834	991.756	15.74	0.005	0.133	349.19	352.6	1.4	0.136	0.976	1.14	0.788	1.59	0.278	Vérifie
N160-N161	991.756	991.618	33.48	0.0041	0.133	361.31	352.6	1.27	0.124	1.069	1.121	0.91	1.43	0.321	Vérifie
N161-N162	991.618	990.36	35.66	0.0353	0.133	241.78	352.6	3.72	0.363	0.366	0.918	0.419	3.42	0.148	Vérifie
N162-N163	991.268	991.116	36.01	0.0042	0.133	360.29	352.6	1.28	0.125	1.061	1.133	0.894	1.45	0.315	Vérifie
N163-N164	991.116	990.417	38.16	0.0183	0.133	273.38	352.6	2.68	0.262	0.508	1.005	0.503	2.7	0.178	Vérifie
N164-N165	990.417	989.371	38.49	0.0272	0.133	253.87	352.6	3.27	0.319	0.417	0.948	0.451	3.1	0.159	Vérifie
N165-N166	989.371	988.369	40.2	0.0249	0.133	258.06	352.6	3.13	0.305	0.436	0.959	0.462	3	0.163	Vérifie
N166-N167	988.369	987.894	22.37	0.0212	0.133	265.91	352.6	2.89	0.282	0.472	0.983	0.483	2.84	0.17	Vérifie
N167-N168	987.894	987.617	23.94	0.0116	0.133	298.04	352.6	2.13	0.208	0.64	1.06	0.577	2.26	0.203	Vérifie
N168-N169	987.617	986.783	27.05	0.0309	0.133	247.92	352.6	3.48	0.34	0.392	0.933	0.435	3.24	0.154	Vérifie
N169-N170	986.783	985.681	35.77	0.0308	0.133	248	352.6	3.48	0.339	0.392	0.933	0.436	3.24	0.154	Vérifie
N171-N172	993.932	992.698	39.99	0.0309	0.133	247.91	352.6	3.48	0.34	0.392	0.933	0.435	3.24	0.154	Vérifie

Tronçon	C _{R,am} (m)	C _{R,av} (m)	Dist (m)	I (m/m)	Q _t (m³/s)	D _{cal} (mm)	D _{nor} (mm)	V _{ps} (m/s)	Q _{ps} (m³/s)	R _q	R _v	R _h	V (m/s)	H (mm)	Auto-curage
N172-N173	992.698	992.071	34.28	0.0183	0.133	273.41	352.6	2.68	0.262	0.509	1.005	0.504	2.69	0.178	Vérifie
N173-N174	992.071	991.573	35.59	0.014	0.133	287.6	352.6	2.34	0.229	0.582	1.042	0.544	2.44	0.192	Vérifie
N174-N175	991.573	991.213	15.66	0.023	0.133	262	352.6	3	0.293	0.454	0.971	0.473	2.92	0.167	Vérifie
N175-N176	991.213	990.257	38.91	0.0246	0.133	258.71	352.6	3.11	0.303	0.439	0.961	0.464	2.99	0.164	Vérifie
N176-N177	990.257	990.017	28.82	0.0083	0.133	316.95	352.6	1.81	0.176	0.14	0.692	0.253	1.25	0.089	Vérifie
N177-N178	990.017	989.828	41.9	0.0045	0.133	355.74	352.6	1.33	0.13	1.026	1.146	0.838	1.52	0.296	Vérifie
N178-N179	989.828	989.452	25.85	0.0146	0.133	285.43	352.6	2.39	0.233	0.57	1.037	0.537	2.48	0.189	Vérifie
N179-N180	989.452	989.017	29.38	0.0148	0.133	284.42	352.6	2.41	0.235	0.565	1.035	0.534	2.5	0.188	Vérifie
N180-N181	989.017	988.863	24.52	0.0063	0.133	334.17	352.6	1.57	0.153	0.868	1.131	0.719	4.01	0.253	Vérifie
N181-N182	988.863	988.756	23.39	0.0045	0.133	355.01	352.6	1.34	0.13	1.02	1.146	0.831	1.53	0.293	Vérifie
N182-N183	988.756	987.85	23.63	0.0384	0.133	238.01	352.6	3.88	0.379	0.351	0.91	0.409	3.53	0.144	Vérifie
N171-N172	993.932	992.698	39.99	0.0309	0.133	247.91	352.6	3.48	0.34	0.392	0.933	0.435	3.24	0.154	Vérifie
N172-N173	992.698	992.071	34.28	0.0183	2.47	817.78	352.6	6.69	0.653	0.183	0.87	0.378	4.26	0.136	Vérifie
N173-N174	992.071	991.573	35.59	0.014	0.133	287.6	352.6	7.08	0.691	0.192	0.767	0.296	5.03	0.104	Vérifie
N174-N175	991.573	991.213	15.66	0.023	0.133	262	352.6	7.08	0.691	0.192	0.767	0.296	5.03	0.104	Vérifie
N175-N176	991.213	990.257	38.91	0.0246	0.133	258.71	352.6	3.11	0.303	0.439	1.14	0.464	3.54	0.164	Vérifie
N176-N177	990.257	990.017	28.82	0.0083	0.133	316.95	352.6	1.81	0.176	0.754	1.094	0.648	1.98	0.228	Vérifie
N177-N178	990.017	989.828	41.9	0.0045	0.133	355.74	352.6	1.33	0.13	1.026	1.146	0.838	1.52	0.296	Vérifie
N178-N179	989.828	989.452	25.85	0.0146	0.133	285.43	352.6	2.39	0.233	0.57	1.037	0.537	2.48	0.189	Vérifie
N179-N180	989.452	989.017	29.38	0.0148	0.133	284.42	352.6	2.41	0.235	0.565	1.035	0.534	2.5	0.188	Vérifie
N180-N181	989.017	988.863	24.52	0.0063	0.133	334.17	352.6	1.57	0.153	0.868	1.134	0.719	1.78	0.253	Vérifie
N181-N182	988.863	988.756	23.39	0.0045	0.133	355.01	352.6	1.34	0.13	1.02	1.146	0.831	1.53	0.293	Vérifie
N182-N183	988.756	987.85	23.63	0.0384	0.133	238.01	352.6	3.88	0.379	0.351	0.91	0.409	3.53	0.144	Vérifie
N184-N185	988.006	987.484	28.91	0.0181	0.081	227.61	352.6	2.66	0.26	0.312	0.886	0.382	2.36	0.135	Vérifie
N185-N186	987.484	986.862	30.09	0.0207	0.081	221.92	352.6	2.85	0.278	0.291	0.872	0.367	2.48	0.13	Vérifie

Tronçon	C _{R,am} (m)	C _{R,av} (m)	Dist (m)	I (m/m)	Q _t (m³/s)	D _{cal} (mm)	D _{nor} (mm)	V _{ps} (m/s)	Q _{ps} (m³/s)	R _q	R _v	R _h	V (m/s)	H (mm)	Auto-curage
N186-N187	986.862	986.098	26.37	0.029	0.081	208.3	352.6	3.37	0.329	0.246	0.833	0.335	2.81	0.118	Vérifie
N187-N188	986.098	985.806	29.98	0.0097	0.081	255.51	352.6	1.96	0.191	0.425	0.952	0.456	1.86	0.161	Vérifie
N188-N189	985.806	985.552	20.12	0.0127	0.081	243.29	352.6	2.23	0.217	0.372	0.922	0.423	2.05	0.149	Vérifie
N189-N190	985.552	985.443	54.16	0.002	0.081	343.68	352.6	0.89	0.087	0.936	1.139	0.759	1.01	0.268	Vérifie
N190-N191	985.443	985.125	44.55	0.0071	0.081	270.84	352.6	1.67	0.163	0.496	0.998	0.497	1.67	0.175	Vérifie
N191-N192	985.125	984.754	22.57	0.0164	0.081	231.7	352.6	2.54	0.248	0.327	0.896	0.392	2.27	0.138	Vérifie
N192-N193	984.754	984.098	44.47	0.0148	0.081	236.4	352.6	2.41	0.235	0.345	0.906	0.405	2.18	0.143	Vérifie
N193-N194	984.098	983.803	10.15	0.0291	0.081	208.1	352.6	3.38	0.33	0.246	0.832	0.335	2.81	0.118	Vérifie
N194-N195	983.803	983.151	38.97	0.0167	0.081	230.87	352.6	2.56	0.25	0.324	0.894	0.39	2.29	0.138	Vérifie
N195-N196	983.151	981.788	31.84	0.0428	0.081	193.6	352.6	4.1	0.4	0.203	0.781	0.303	3.2	0.107	Vérifie
N197-N198	986.368	985.961	40.65	0.01	0.081	254.29	352.6	1.98	0.193	0.419	0.949	0.452	1.88	0.16	Vérifie
N198-N199	985.961	985.434	37.55	0.014	0.081	238.61	352.6	2.35	0.229	0.354	0.911	0.411	2.14	0.145	Vérifie
N199-200	985.434	985.08	23.51	0.0151	0.081	235.49	352.6	2.43	0.237	0.341	0.904	0.402	2.2	0.142	Vérifie
N200-N201	985.08	983.846	31.24	0.0395	0.081	196.52	352.6	3.94	0.384	0.211	0.792	0.309	3.12	0.109	Vérifie
N202-N203	988.202	986.196	95.7	0.021	0.043	174.55	235.2	2.19	0.095	0.452	0.97	0.472	2.12	0.111	Vérifie
N203-N204	986.196	985.731	33.95	0.0137	0.043	189.05	235.2	1.77	0.077	0.56	1.033	0.531	1.83	0.125	Vérifie
N204-N205	985.731	985.46	29.69	0.0092	0.043	203.88	235.2	1.45	0.063	0.684	1.072	0.604	1.55	0.142	Vérifie
N205-N206	985.46	985.048	38.03	0.0108	0.043	197.53	235.2	1.57	0.068	0.629	1.057	0.57	1.66	0.134	Vérifie
N206-N207	985.048	984.548	25.67	0.0195	0.043	176.97	235.2	2.11	0.092	0.469	0.981	0.482	2.07	0.113	Vérifie
N207-N208	984.548	983.084	36.31	0.0403	0.043	154.39	235.2	3.04	0.132	0.326	0.895	0.392	2.72	0.092	Vérifie
N208-N209	983.084	981.821	23.59	0.0535	0.043	146.4	235.2	3.5	0.152	0.283	0.866	0.361	3.03	0.085	Vérifie
N209-N210	981.821	980.845	34.12	0.0286	0.043	164.65	235.2	2.56	0.111	0.387	0.93	0.433	2.38	0.102	Vérifie
N210-N21-1	980.845	980.088	31.36	0.0241	0.043	170.01	235.2	2.35	0.102	0.422	0.951	0.454	2.23	0.107	Vérifie
N211-N212	988.352	987.396	19.2	0.0498	0.184	255.95	352.6	4.42	0.431	0.426	0.954	0.457	4.22	0.161	Vérifie

Tronçon	C _{R,am} (m)	C _{R,av} (m)	Dist (m)	I (m/m)	Q _t (m³/s)	D _{cal} (mm)	D _{nor} (mm)	V _{ps} (m/s)	Q _{ps} (m³/s)	R _q	R _v	R _h	V (m/s)	H (mm)	Auto-curage
N212-N213	987.396	985.731	35.88	0.0464	0.184	259.38	352.6	4.27	0.416	0.442	0.963	0.466	4.11	0.164	Vérifie
N213-N214	985.731	984.64	34.35	0.0317	0.184	278.52	352.6	3.53	0.344	0.534	1.02	0.517	3.6	0.182	Vérifie
N214-N215	984.64	984.091	30.36	0.0181	0.184	309.48	352.6	2.66	0.26	0.708	1.078	0.618	2.87	0.218	Vérifie
N215-N216	984.091	983.732	16.11	0.0223	0.184	297.68	352.6	2.96	0.288	0.638	1.06	0.575	3.13	0.203	Vérifie
N216-N217	983.732	981.953	39.02	0.0456	0.184	260.24	352.6	4.23	0.413	0.446	0.966	0.468	4.08	0.165	Vérifie
N217-N218	983.633	982.896	36.03	0.0205	0.184	302.45	352.6	2.83	0.276	0.666	1.067	0.592	3.02	0.209	Vérifie
N218-N219	983.272	982.457	27.26	0.0299	0.184	281.66	352.6	3.42	0.334	0.55	1.028	0.526	3.52	0.186	Vérifie
N219-N220	982.457	982.137	25.2	0.0127	0.184	330.76	352.6	2.23	0.218	0.845	1.129	0.705	2.52	0.248	Vérifie
N220-N221	982.137	981.962	18.53	0.0094	0.184	349.72	352.6	1.92	0.188	0.98	1.141	0.791	2.19	0.279	Vérifie
N221-N222	982	981.452	35.08	0.0156	0.184	318.13	352.6	2.48	0.242	0.762	1.097	0.653	2.72	0.23	Vérifie
N222-N223	981.76	981.31	34.11	0.0132	0.184	328.46	352.6	2.27	0.222	0.829	1.124	0.695	2.55	0.245	Vérifie
N223-N224	981.31	980.586	28.29	0.0256	0.184	289.96	352.6	3.17	0.309	0.595	1.047	0.551	3.32	0.194	Vérifie
N224-N225	981.128	980.485	29.66	0.0217	0.184	299.14	352.6	2.92	0.285	0.646	1.062	0.58	3.1	0.205	Vérifie
N225-N226	981.057	980.596	42.3	0.0109	0.184	340.33	352.6	2.07	0.202	0.912	1.139	0.744	2.36	0.262	Vérifie
N226-N227	980.596	980.073	41.08	0.0127	0.184	330.56	352.6	2.23	0.218	0.844	1.128	0.704	2.52	0.248	Vérifie
N228-N229	983.105	983	40.68	0.0026	0.19	440.6	440.6	1.17	0.178	1.069	1.122	0.909	1.31	0.401	Vérifie
N229-N230	983	981.829	73.85	0.0159	0.19	321.08	440.6	2.89	0.441	0.431	0.956	0.46	2.77	0.202	Vérifie
N230-N231	981.829	981.688	25.59	0.0055	0.19	391.25	440.6	1.71	0.26	0.73	1.086	0.632	1.85	0.279	Vérifie
N231-N232	981.688	981.188	62.2	0.008	0.19	364.71	440.6	2.06	0.314	0.605	1.05	0.557	2.16	0.245	Vérifie
N232-N233	981.188	980.599	66.22	0.0089	0.19	357.84	440.6	2.17	0.33	0.575	1.039	0.54	2.25	0.238	Vérifie
N233-N234	980.599	979.804	80.68	0.0099	0.19	351.06	440.6	2.28	0.348	0.547	1.026	0.524	2.34	0.231	Vérifie
N234-N235	979.804	979.538	14.68	0.0181	0.19	313.14	440.6	3.09	0.471	0.403	0.939	0.443	2.91	0.195	Vérifie
N235-N236	979.538	979.347	18.55	0.0103	0.19	348.09	440.6	2.33	0.355	0.534	1.02	0.518	2.38	0.131	Vérifie
N236-N237	979.347	979.134	15.39	0.0138	0.19	329.47	440.6	2.7	0.412	0.462	0.976	0.477	2.64	0.21	Vérifie
N237-N238	979.134	978.98	14.79	0.0104	0.19	347.36	440.6	2.35	0.357	0.532	1.019	0.516	2.39	0.227	Vérifie

Tronçon	C _{R,am} (m)	C _{R,av} (m)	Dist (m)	I (m/m)	Q _t (m³/s)	D _{cal} (mm)	D _{nor} (mm)	V _{ps} (m/s)	Q _{ps} (m³/s)	R _q	R _v	R _h	V (m/s)	H (mm)	Auto-curage
N238-N239	978.98	978.944	15.65	0.0023	0.19	462.16	440.6	1.1	0.167	1.138	0.546	0.935	0.6	0.5	Vérifie
N239-N240	978.944	978.645	14.53	0.0206	0.19	305.75	440.6	3.3	0.502	0.378	0.925	0.427	3.05	0.188	Vérifie
N240-N241	978.645	978.546	15.23	0.0065	0.19	379.35	440.6	1.85	0.283	0.672	1.069	0.596	1.98	0.263	Vérifie
N241-N242	978.546	978.38	14.44	0.0115	0.19	341.23	440.6	2.46	0.375	0.507	1.004	0.503	2.47	0.221	Vérifie
N242-N243	978.38	978.166	19.21	0.0111	0.19	343	440.6	2.43	0.37	0.514	1.009	0.506	2.45	0.223	Vérifie
N244-N245	982.99	982.255	80.5	0.0091	0.19	356.12	440.6	2.2	0.335	0.568	1.036	0.536	2.27	0.236	Vérifie
N245-N246	982.255	981.593	72.16	0.0092	0.19	355.76	440.6	2.2	0.335	0.566	1.036	0.535	2.28	0.236	Vérifie
N246-N247	981.593	980.842	75.33	0.01	0.19	350.26	440.6	2.29	0.35	0.543	1.025	0.522	2.35	0.23	Vérifie
N247-N248	980.842	979.878	79.73	0.0121	0.19	337.87	440.6	2.53	0.385	0.494	0.996	0.495	2.52	0.218	Vérifie
N248-N249	979.878	978.712	65.37	0.0178	0.19	314.07	440.6	3.07	0.468	0.406	0.941	0.445	2.89	0.196	Vérifie
N257-N258	978.599	978.445	33.43	0.0046	0.119	339.53	352.6	1.35	0.131	0.906	1.139	0.741	1.53	0.261	Vérifie
N258-N259	978.445	978.31	30.82	0.0044	0.119	343.03	352.6	1.31	0.128	0.931	1.139	0.756	1.49	2.31	Vérifie
N259-N260	978.31	978.112	35.13	0.0056	0.119	327.08	352.6	1.49	0.145	0.82	1.12	0.689	1.67	0.243	Vérifie
N260-N261	978.112	978.01	22.25	0.0046	0.119	339.88	352.6	1.34	0.131	0.908	1.139	0.742	1.53	0.262	Vérifie
N261-N262	978.01	977.847	30.54	0.0053	0.119	330.37	352.6	1.45	0.141	0.842	1.128	0.703	1.63	0.248	Vérifie
N262-N263	977.847	977.617	50.73	0.0045	0.119	340.76	352.6	1.33	0.13	0.915	1.139	0.746	1.52	0.263	Vérifie
N263-N264	977.617	977.425	27.68	0.0069	0.119	314.51	352.6	1.65	0.161	0.739	1.089	0.638	1.8	0.225	Vérifie
N264-N265	977.425	976.569	39.53	0.0216	0.119	254.13	352.6	2.91	0.284	0.418	0.949	0.452	2.76	0.159	Vérifie
N250-N251	980.246	979.261	33.86	0.0291	0.119	240.41	352.6	3.38	0.33	0.361	0.915	0.415	3.09	0.146	Vérifie
N251-N252	979.261	978.845	32.08	0.013	0.119	279.79	352.6	2.25	0.22	0.541	1.023	0.521	2.31	0.184	Vérifie
N252-N253	978.845	978.459	16.08	0.024	0.119	249.25	352.6	3.07	0.3	0.397	0.936	0.439	2.87	0.155	Vérifie
N253-N254	978.809	978.529	16.34	0.0172	0.119	265.39	352.6	2.6	0.253	0.47	0.981	0.482	2.55	0.17	Vérifie
N254-N255	978.529	978.282	17.76	0.0139	0.119	276.17	352.6	2.33	0.228	0.522	1.013	0.511	2.37	0.18	Vérifie
N255-N256	978.282	977.483	33.72	0.0237	0.119	249.85	352.6	3.05	0.298	0.4	0.937	0.441	2.86	0.155	Vérifie
N295-N296	981.173	980.832	20.18	0.0169	0.0937	243.31	352.6	2.58	0.252	0.373	0.922	0.423	2.37	0.149	Vérifie

Tronçon	C _{R,am} (m)	C _{R,av} (m)	Dist (m)	I (m/m)	Q _t (m³/s)	D _{cal} (mm)	D _{nor} (mm)	V _{ps} (m/s)	Q _{ps} (m³/s)	R _q	R _v	R _h	V (m/s)	H (mm)	Auto-curage
N296-N297	980.832	980.646	18.87	0.0099	0.0937	269.23	352.6	1.97	0.192	0.488	0.993	0.492	1.95	0.174	Vérifie
N297-N298	980.646	980.184	18.84	0.0245	0.0937	226.97	352.6	3.1	0.303	0.31	0.885	0.38	2.74	0.134	Vérifie
N298-N299	980.184	979.879	20.51	0.0148	0.0937	249.38	352.6	2.41	0.235	0.398	0.936	0.439	2.26	0.155	Vérifie
N299-N300	979.879	979.487	24.83	0.0158	0.0937	246.4	352.6	2.49	0.243	0.385	0.929	0.431	2.31	0.152	Vérifie
N300-N301	979.487	979.388	12.23	0.008	0.0937	279.78	352.6	1.78	0.173	0.541	1.023	0.521	1.82	0.184	Vérifie
N301-N302	979.388	979.246	20.51	0.0069	0.0937	287.51	352.6	1.65	0.161	0.581	1.042	0.543	1.72	0.192	Vérifie
N302-N303	979.246	979.089	17.17	0.0091	0.0937	273.26	352.6	1.89	0.185	0.508	1.005	0.503	1.9	0.177	Vérifie
N303-N304	979.089	978.846	17.07	0.0142	0.0937	251.32	352.6	2.36	0.231	0.406	0.941	0.444	2.22	0.157	Vérifie
N304-N305	978.846	978.649	23.14	0.0085	0.0937	276.83	352.6	1.83	0.178	0.526	1.015	0.513	1.85	0.181	Vérifie
N305-N306	978.649	978.386	18.89	0.0139	0.0937	252.35	352.6	2.34	0.228	0.411	0.944	0.447	2.21	0.158	Vérifie
N306-N307	978.386	977.986	25.13	0.0159	0.0937	246.08	352.6	2.5	0.244	0.384	0.928	0.43	2.32	0.152	Vérifie
N307-N308	977.986	977.839	26.15	0.0056	0.0937	299.32	352.6	1.48	0.145	0.647	1.062	0.581	1.58	0.205	Vérifie
N308-N309	977.839	977.674	11.56	0.0143	0.0937	251.21	352.6	2.37	0.231	0.406	0.941	0.444	2.23	0.157	Vérifie
N309-N310	977.674	976.756	19.66	0.0467	0.0937	201.14	352.6	4.28	0.418	0.224	0.809	0.319	3.46	0.113	Vérifie
N310-N311	976.756	976.318	20.48	0.0214	0.0937	232.9	352.6	2.9	0.283	0.332	0.898	0.396	2.6	0.139	Vérifie
N311-N312	976.318	974.549	54.3	0.0326	0.0937	215.2	352.6	3.58	0.349	0.269	0.854	0.351	3.05	0.124	Vérifie
N277-N278	979.447	979.386	17.06	0.0036	0.0937	325.53	352.6	1.19	0.116	0.81	1.116	0.683	1.32	0.241	Vérifie
N278-N279	979.386	979.242	23.06	0.0062	0.0937	293.49	352.6	1.56	0.153	0.614	1.053	0.562	1.65	0.198	Vérifie
N279-N280	979.242	979.069	10.1	0.0172	0.0937	242.63	352.6	2.6	0.253	0.37	0.92	0.421	2.39	0.149	Vérifie
N280-N281	979.069	977.98	19.4	0.0561	0.0937	194.33	352.6	4.69	0.458	0.205	0.784	0.305	3.68	0.107	Vérifie
N281-N282	977.98	977.407	20.72	0.0277	0.0937	221.91	352.6	3.29	0.321	0.291	0.872	0.367	2.87	0.13	Vérifie
N282-N283	977.407	977.235	36.48	0.0047	0.0937	309.32	352.6	1.36	0.133	0.707	1.078	0.617	1.46	0.218	Vérifie
N283-N284	977.235	976.849	16.43	0.0235	0.0937	228.84	352.6	3.03	0.296	0.316	0.889	0.385	2.7	0.136	Vérifie
N284-N285	976.849	976.707	16.38	0.0087	0.0937	275.78	352.6	1.85	0.18	0.52	1.012	0.51	1.87	0.18	Vérifie
N285-N286	976.707	976.616	16.04	0.0057	0.0937	298.4	352.6	1.5	0.146	0.642	1.061	0.578	1.59	0.204	Vérifie

Tronçon	C _{R,am} (m)	C _{R,av} (m)	Dist (m)	I (m/m)	Q _t (m³/s)	D _{cal} (mm)	D _{nor} (mm)	V _{ps} (m/s)	Q _{ps} (m³/s)	R _q	R _v	R _h	V (m/s)	H (mm)	Auto-curage
N286-N287	976.616	976.38	18.72	0.0126	0.0937	257.23	352.6	2.22	0.217	0.432	0.957	0.46	2.13	0.162	Vérifie
N287-N288	976.38	976.154	14.37	0.0157	0.0937	246.71	352.6	2.48	0.242	0.387	0.93	0.432	2.31	0.152	Vérifie
N288-N289	976.154	974.731	40.39	0.0352	0.0937	212.07	352.6	3.72	0.363	0.258	0.845	0.344	3.14	0.121	Vérifie
N289-290	974.731	974.617	30.43	0.0038	0.0937	322.52	352.6	1.22	0.119	0.79	1.109	0.671	1.35	0.236	Vérifie
N290-N291	974.617	974.376	17.91	0.0135	0.0937	253.95	352.6	2.3	0.224	0.418	0.948	0.452	2.18	0.159	Vérifie
N291-N292	974.376	974.278	17.04	0.0057	0.0937	297.94	352.6	1.5	0.147	0.639	1.06	0.576	1.59	0.203	Vérifie
N292-N293	974.278	974.012	13.04	0.0204	0.0937	234.93	352.6	2.83	0.276	0.339	0.903	0.401	2.55	0.141	Vérifie
N293-N294	974.012	973.424	21.72	0.0271	0.0937	222.81	352.6	3.26	0.318	0.295	0.875	0.37	2.85	0.13	Vérifie
N330-N331	981.434	980.108	67.34	0.0197	0.2657	349.64	440.6	3.22	0.491	0.541	1.023	0.521	3.3	0.23	Vérifie
N331-N332	980.108	979.622	17.27	0.0281	0.2657	326.99	440.6	3.85	0.587	0.452	0.97	0.472	3.74	0.208	Vérifie
N332-N333	979.622	979.288	18.88	0.0177	0.2657	356.7	440.6	3.06	0.466	0.57	1.037	0.537	3.17	0.237	Vérifie
N333-N334	979.288	979.144	11.46	0.0126	0.2657	379.99	440.6	2.58	0.393	0.675	1.069	0.598	2.76	0.263	Vérifie
N334-N335	979.144	979.028	16.62	0.007	0.2657	424.97	440.6	1.92	0.292	0.91	1.139	0.743	2.18	0.328	Vérifie
N335-N336	979.028	978.29	41.53	0.0178	0.2657	356.39	440.6	3.06	0.467	0.569	1.037	0.536	3.18	0.236	Vérifie
N336-N337	978.29	977.569	49.72	0.0145	0.2657	370.23	440.6	2.77	0.422	0.63	1.057	0.571	2.93	0.251	Vérifie
N337-N338	978.171	977.256	32.04	0.0285	0.2657	326.11	440.6	3.88	0.592	0.449	0.968	0.47	3.76	0.207	Vérifie
N338-N339	978.083	977.654	28.91	0.0148	0.2657	368.71	440.6	2.8	0.426	0.623	1.056	0.567	2.95	0.25	Vérifie
N339-N340	977.983	977.521	17.59	0.0263	0.2657	331.14	440.6	3.73	0.568	0.468	0.98	0.481	3.65	0.212	Vérifie
N340-N341	977.521	977.12	11.71	0.0342	0.2657	315.23	440.6	4.25	0.648	0.41	0.944	0.447	4.01	0.197	Vérifie
N341-N342	977.12	976.725	14.97	0.0264	0.2657	330.99	440.6	3.73	0.569	0.467	0.98	0.481	3.66	0.212	Vérifie
N342-N343	976.725	976.34	16.58	0.0232	0.2657	338.89	440.6	3.5	0.534	0.498	0.999	0.498	3.5	0.219	Vérifie
N343-N344	976.34	975.666	24.7	0.0273	0.2657	328.89	440.6	3.8	0.578	0.459	0.975	0.476	3.7	0.21	Vérifie
N344-N345	975.666	975.339	36.43	0.009	0.2657	404.99	440.6	2.18	0.332	0.8	1.113	0.677	2.42	0.298	Vérifie
N345-N346	975.339	973.658	37.68	0.0446	0.2657	299.91	440.6	4.85	0.74	0.359	0.914	0.414	4.44	0.183	Vérifie
N346-N347	973.658	973.107	38.98	0.0141	0.2657	372.02	440.6	2.73	0.416	0.638	1.06	0.576	2.9	0.254	Vérifie

Tronçon	C _{R,am} (m)	C _{R,av} (m)	Dist (m)	I (m/m)	Q _t (m³/s)	D _{cal} (mm)	D _{nor} (mm)	V _{ps} (m/s)	Q _{ps} (m³/s)	R _q	R _v	R _h	V (m/s)	H (mm)	Auto-curage
N347-N348	973.107	971.846	39.45	0.032	0.2657	319.25	440.6	4.11	0.626	0.424	0.952	0.456	3.91	0.201	Vérifie
N348-N349	971.846	970.741	38.35	0.0288	0.2657	325.53	440.6	3.9	0.594	0.447	0.967	0.469	3.77	0.207	Vérifie
N349-N350	970.741	969.202	40.83	0.0377	0.2657	309.54	440.6	4.46	0.68	0.391	0.932	0.435	4.16	0.192	Vérifie
N350-N351	969.202	969.069	5.93	0.0224	0.2657	341.35	440.6	3.44	0.524	0.507	1.005	0.503	3.45	0.222	Vérifie
N362-N363	979.453	978.523	21.06	0.0441	0.2657	300.5	440.6	4.83	0.736	0.361	0.915	0.416	4.42	0.183	Vérifie
N363-N364	978.523	978.096	20.02	0.0213	0.2657	344.38	440.6	3.36	0.512	0.519	1.012	0.509	3.4	0.224	Vérifie
N364-N365	978.096	977.514	30.88	0.0188	0.2657	352.5	440.6	3.15	0.481	0.553	1.029	0.527	3.25	0.232	Vérifie
N365-N366	977.514	976.174	44.94	0.0298	0.2657	323.45	440.6	3.97	0.605	0.439	0.962	0.465	3.82	0.205	Vérifie
N366-N367	976.174	975.279	38.13	0.0235	0.2657	338.3	440.6	3.52	0.536	0.495	0.997	0.496	3.51	0.219	Vérifie
N367-N368	975.279	974.221	43.45	0.0244	0.2657	335.95	440.6	3.59	0.547	0.486	0.992	0.491	3.56	0.216	Vérifie
N368-N369	974.221	973.886	27.99	0.012	0.2657	383.89	440.6	2.51	0.383	0.694	1.074	0.609	2.7	0.268	Vérifie
N369-N370	973.886	972.905	36.32	0.027	0.2657	329.46	440.6	3.78	0.576	0.462	0.976	0.477	3.69	7.31	Vérifie
N370-N371	972.905	972.543	33.19	0.0109	0.2657	390.6	440.6	2.4	0.366	0.727	1.084	0.63	2.6	0.278	Vérifie
N352-N353	980.034	979.819	32.16	0.0067	0.2657	428.27	440.6	1.88	0.286	0.929	1.139	0.755	2.14	0.333	Vérifie
N353-N354	979.819	979.456	32.16	0.0113	0.2657	387.95	440.6	2.44	0.372	0.714	1.08	0.622	2.64	0.274	Vérifie
N354-N355	979.456	979.136	20.13	0.0159	0.2657	363.89	440.6	2.9	0.442	0.602	1.049	0.555	3.04	0.244	Vérifie
N355-N356	979.136	978.694	32.69	0.0135	0.2657	375.22	440.6	2.67	0.407	0.653	1.064	0.584	2.84	0.257	Vérifie
N356-N357	978.998	978.168	42.21	0.0197	0.2657	349.68	440.6	3.22	0.491	0.541	1.024	0.521	3.3	0.23	Vérifie
N357-N358	978.168	976.954	43.39	0.028	0.2657	327.3	440.6	3.84	0.586	0.454	0.971	0.473	3.73	0.208	Vérifie
N358-N359	976.954	976.162	37.06	0.0213	0.2657	344.36	440.6	3.36	0.512	0.519	1.012	0.509	3.4	0.224	Vérifie
N359-N360	976.162	975.329	33.56	0.0248	0.2657	334.72	440.6	3.62	0.552	0.481	0.989	0.489	3.58	0.215	Vérifie
N360-N361	975.329	973.687	37.29	0.044	0.2657	300.66	440.6	4.82	0.735	0.362	0.915	0.416	4.41	0.183	Vérifie
N384-N385	976.91	975.936	52.43	0.0186	0.39	408.15	440.6	3.13	0.477	0.817	1.119	0.688	3.51	0.303	Vérifie
N385-N386	975.936	975.311	41.84	0.0149	0.39	425.17	440.6	2.81	0.428	0.911	1.139	0.744	3.2	0.328	Vérifie
N386-N387	975.311	974.385	37.92	0.0244	0.39	387.76	440.6	3.59	0.547	0.713	1.08	0.621	3.88	0.274	Vérifie

Tronçon	C _{R,am} (m)	C _{R,av} (m)	Dist (m)	I (m/m)	Q _t (m³/s)	D _{cal} (mm)	D _{nor} (mm)	V _{ps} (m/s)	Q _{ps} (m³/s)	R _q	R _v	R _h	V (m/s)	H (mm)	Auto-curage
N387-N388	974.385	973.092	38.87	0.0333	0.39	365.93	440.6	4.19	0.639	0.611	1.052	0.56	4.41	8.31	Vérifie
N388-N389	973.092	972.365	41.33	0.0176	0.39	412.37	440.6	3.05	0.464	0.84	1.127	0.702	3.43	0.309	Vérifie
N389-N390	972.753	972.156	31.18	0.0192	0.39	405.83	440.6	3.18	0.485	0.805	1.114	0.68	3.54	0.3	Vérifie
N390-N391	972.381	969.107	75.76	0.0432	0.39	348.4	440.6	4.78	0.728	0.536	1.021	0.518	4.88	0.228	Vérifie
N391-N392	969.107	966.079	65.36	0.0463	0.39	343.9	440.6	4.95	0.754	0.517	1.011	0.508	5	0.224	Vérifie
N392-N393	966.079	963.977	41.61	0.0505	0.39	338.36	440.6	5.16	0.787	0.496	0.998	0.496	5.15	0.219	Vérifie
N393-N394	963.977	962.194	32.79	0.0544	0.39	333.72	440.6	5.36	0.817	0.478	0.986	0.486	5.28	0.214	Vérifie
N372-N373	980.018	978.948	34.39	0.0311	0.2968	334.48	440.6	4.05	0.618	0.481	0.988	0.488	4.01	0.215	Vérifie
N373-N374	978.948	977.782	34.65	0.0336	0.2968	329.6	440.6	4.21	0.642	0.462	0.976	0.478	4.12	0.21	Vérifie
N374-N375	977.782	977.122	19.87	0.0332	0.2968	330.38	440.6	4.19	0.638	0.465	0.978	0.479	4.1	9.31	Vérifie
N375-N376	977.122	976.219	38.03	0.0237	0.2968	351.88	440.6	3.54	0.539	0.55	1.028	0.526	3.64	0.232	Vérifie
N376-N377	976.219	975.884	39.93	0.0084	0.2968	427.6	440.6	2.11	0.321	0.925	1.139	0.752	2.4	0.332	Vérifie
N377-N378	975.884	974.922	24.5	0.0393	0.2968	320.19	440.6	4.55	0.694	0.428	0.954	0.458	4.35	0.202	Vérifie
N378-N379	974.922	974.686	28.01	0.0084	0.2968	427.22	440.6	2.11	0.322	0.923	1.139	0.751	2.4	0.331	Vérifie
N379-N380	974.686	973.854	32.55	0.0255	0.2968	347.07	440.6	3.67	0.56	0.53	1.018	0.515	3.74	0.227	Vérifie
N380-N381	973.854	973.015	31.09	0.027	0.2968	343.51	440.6	3.78	0.575	0.516	1.01	0.508	3.81	0.224	Vérifie
N381-N382	973.015	972.337	32.13	0.0211	0.2968	359.77	440.6	3.34	0.509	0.584	1.043	0.544	3.48	0.24	Vérifie
N382-N383	972.337	971.768	32.8	0.0174	0.2968	373.12	440.6	3.03	0.461	0.643	1.061	0.579	3.21	0.255	Vérifie
N395-N396	977.567	977.039	25.99	0.0203	0.2968	362.35	440.6	3.27	0.499	0.595	1.047	0.551	3.43	10.31	Vérifie
N396-N397	977.039	976.424	20.38	0.0302	0.2968	336.3	440.6	3.99	0.609	0.488	0.993	0.492	3.97	0.217	Vérifie
N397-N398	976.925	976.812	18.51	0.0061	0.2968	454.2	440.6	1.79	0.273	1.087	1.075	0.951	1.93	0.419	Vérifie
N398-N399	976.812	976.423	27.94	0.0139	0.2968	388.9	440.6	2.71	0.413	0.718	1.082	0.625	2.93	0.275	Vérifie
N399-N400	976.735	976.425	24.93	0.0124	0.2968	397.22	440.6	2.56	0.391	0.76	1.097	0.651	2.81	0.287	Vérifie
N400-N401	976.425	975.763	29.63	0.0223	0.2968	355.93	440.6	3.43	0.523	0.567	1.036	0.535	3.56	0.236	Vérifie
N401-N402	975.763	975.206	27.29	0.0204	0.2968	361.93	440.6	3.28	0.5	0.593	1.046	0.55	3.44	0.242	Vérifie

Tronçon	C _{R,am} (m)	C _{R,av} (m)	Dist (m)	I (m/m)	Q _t (m³/s)	D _{cal} (mm)	D _{nor} (mm)	V _{ps} (m/s)	Q _{ps} (m³/s)	R _q	R _v	R _h	V (m/s)	H (mm)	Auto-curage
N402-N403	975.605	975.256	27.9	0.0125	0.2968	396.74	440.6	2.57	0.392	0.758	1.096	0.65	2.82	0.286	Vérifie
N403-N404	975.495	974.861	34.74	0.0183	0.2968	369.58	440.6	3.11	0.473	0.627	1.057	0.569	3.28	0.251	Vérifie
N404-N405	974.861	974.574	27.71	0.0103	0.2968	411.21	440.6	2.34	0.356	0.834	1.125	0.698	2.63	0.307	Vérifie
N405-N406	974.574	974.231	29.6	0.0116	0.2968	402.5	440.6	2.47	0.377	0.787	1.107	0.669	2.74	11.31	Vérifie
N395-N396	977.567	977.039	25.99	0.0203	0.1945	309.24	440.6	3.27	0.499	0.39	0.931	0.434	3.05	0.191	Vérifie
N396-N397	977.039	976.925	20.38	0.0056	0.1945	393.25	440.6	1.72	0.263	0.74	1.089	0.639	1.88	0.281	Vérifie
N397-N398	976.925	976.812	18.51	0.0061	0.1945	387.63	440.6	1.79	0.273	0.712	1.08	0.621	1.94	0.274	Vérifie
N398-N399	976.812	976.735	27.94	0.0028	0.1945	449.73	440.6	1.21	0.184	1.058	1.136	0.889	1.37	0.391	Vérifie
N399-N400	976.735	976.425	24.93	0.0124	0.1945	339	440.6	2.56	0.391	0.498	0.999	0.498	2.56	0.219	Vérifie
N400-N401	976.425	975.763	29.63	0.0223	0.1945	303.77	440.6	3.43	0.523	0.372	0.921	0.422	3.16	0.186	Vérifie
N401-N402	975.763	975.605	27.29	0.0058	0.1945	391.14	440.6	1.75	0.267	0.729	1.085	0.632	1.9	0.278	Vérifie
N402-N403	975.605	975.495	27.9	0.0039	0.1945	420.63	440.6	1.44	0.22	0.885	1.137	0.729	1.64	0.321	Vérifie
N403-N404	975.495	974.861	34.74	0.0183	0.1945	315.41	440.6	3.11	0.473	0.411	0.944	0.447	2.93	0.131	Vérifie
N404-N405	974.861	974.574	27.71	0.0103	0.1945	350.94	440.6	2.34	0.356	0.546	1.026	0.524	2.4	0.231	Vérifie
N405-N406	974.574	974.124	29.6	0.0152	0.1945	326.41	440.6	2.83	0.432	0.45	0.969	0.471	2.75	0.207	Vérifie
N425-N426	975.615	975.436	39.57	0.0045	0.1945	409.65	440.6	1.55	0.236	0.825	1.122	0.693	1.74	0.305	Vérifie
N426-N427	975.436	975.283	39.77	0.0038	0.1945	422.68	440.6	1.42	0.217	0.897	1.138	0.736	1.62	0.324	Vérifie
N427-N428	975.283	974.845	37.61	0.0117	0.1945	343.13	440.6	2.48	0.378	0.514	1.009	0.507	2.5	0.223	Vérifie
N428-N429	974.845	974.411	24.08	0.018	0.1945	316.22	440.6	3.08	0.47	0.414	0.946	0.449	2.92	0.198	Vérifie
N429-N430	974.411	974.261	24.91	0.006	0.1945	388.34	440.6	1.78	0.272	0.716	1.081	0.623	1.93	0.275	Vérifie
N430-N431	974.261	973.911	20.51	0.0171	0.1945	319.45	440.6	3	0.458	0.425	0.953	0.456	2.86	0.201	Vérifie
N431-N432	973.911	972.868	35.48	0.0294	0.1945	288.53	440.6	3.94	0.6	0.324	0.894	0.39	3.52	0.131	Vérifie
N432-N433	972.868	972.464	39.82	0.0101	0.1945	352.23	440.6	2.31	0.353	0.552	1.029	0.527	2.38	0.232	Vérifie
N433-N434	972.464	972.165	42.77	0.007	0.1945	377.48	440.6	1.92	0.293	0.663	1.066	0.591	2.05	0.26	Vérifie
N434-N435	972.165	972.089	21.35	0.0035	0.1945	429.15	440.6	1.37	0.208	0.934	1.139	0.758	1.56	0.334	Vérifie

Tronçon	C _{R,am} (m)	C _{R,av} (m)	Dist (m)	I (m/m)	Q _t (m³/s)	D _{cal} (mm)	D _{nor} (mm)	V _{ps} (m/s)	Q _{ps} (m³/s)	R _q	R _v	R _h	V (m/s)	H (mm)	Auto-curage
N435-N436	972.089	971.984	32.25	0.0033	0.1945	435.89	440.6	1.31	0.2	0.974	1.14	0.786	1.49	0.346	Vérifie
N436-N437	971.984	971.419	27.5	0.0206	0.1945	308.48	440.6	3.3	0.502	0.387	0.93	0.433	3.06	0.191	Vérifie
N418-N419	974.941	974.457	30.89	0.0157	0.1945	324.64	440.6	2.88	0.438	0.444	0.965	0.467	2.77	0.206	Vérifie
N419-N420	974.457	973.826	35.64	0.0177	0.1945	317.34	440.6	3.06	0.466	0.418	0.948	0.452	2.9	0.199	Vérifie
N420-N421	973.826	973.276	32.8	0.0168	0.1945	320.54	440.6	2.98	0.453	0.429	0.955	0.458	2.84	0.202	Vérifie
N421-N422	973.276	972.986	33.91	0.0086	0.1945	363.47	440.6	2.13	0.324	0.6	1.048	0.553	2.23	0.141	Vérifie
N422-N423	972.986	972.589	27.55	0.0144	0.1945	329.9	440.6	2.76	0.42	0.463	0.977	0.478	2.69	0.211	Vérifie
N423-N424	972.589	972.451	31.47	0.0044	0.1945	412.05	440.6	1.52	0.232	0.838	1.126	0.701	1.72	0.309	Vérifie
N438-N439	976.538	976.466	15.55	0.0046	0.1945	408.72	440.6	1.56	0.237	0.82	1.12	0.689	1.74	0.304	Vérifie
N439-N440	976.466	975.981	38.45	0.0126	0.1945	338.02	440.6	2.58	0.394	0.494	0.997	0.496	2.57	0.218	Vérifie
N440-N441	975.981	975.507	36.41	0.013	0.1945	336.18	440.6	2.62	0.399	0.487	0.992	0.492	2.6	0.217	Vérifie
N441-N442	975.507	975.114	49.43	0.0079	0.1945	368.68	440.6	2.05	0.312	0.623	1.056	0.567	2.16	0.25	Vérifie
N442-N443	975.114	974.496	34.87	0.0177	0.1945	317.2	440.6	3.06	0.466	0.417	0.948	0.451	2.9	0.199	Vérifie
N443-N444	974.496	974.364	41.53	0.0032	0.1945	437.68	440.6	1.3	0.198	0.984	1.141	0.795	1.48	0.35	Vérifie
N454-N455	974.89	974.407	37.73	0.0128	0.1417	299.45	352.6	2.24	0.219	0.648	1.062	0.581	2.38	0.205	Vérifie
N455-N456	974.407	974.296	36.25	0.0031	0.1417	391.43	352.6	1.1	0.107	0.324	1.030	0.695	1.78	1.303	Vérifie
N456-N457	974.296	973.748	30.5	0.018	0.1417	280.98	352.6	2.65	0.259	0.547	1.026	0.524	2.73	0.185	Vérifie
N457-N458	973.748	973.234	32.4	0.0159	0.1417	287.63	352.6	2.49	0.243	0.582	1.042	0.544	2.6	0.192	Vérifie
N458-N459	973.615	973.044	40.84	0.014	0.1417	294.53	352.6	2.34	0.229	0.62	1.055	0.565	2.47	0.199	Vérifie
N459-N460	973.044	970.58	53.26	0.0463	0.1417	235.31	352.6	4.26	0.416	0.341	0.904	0.402	3.85	0.142	Vérifie
N460-N461	970.58	969.673	36.06	0.0251	0.1417	263.8	352.6	3.14	0.307	0.462	0.976	0.478	3.07	0.168	Vérifie
N461-N462	969.673	968.611	42.77	0.0248	0.1417	264.45	352.6	3.12	0.305	0.465	0.978	0.479	3.05	0.169	Vérifie
N445-N446	973.658	972.332	38.91	0.0341	0.1417	249.22	352.6	3.66	0.357	0.397	0.936	0.439	3.42	0.161	Vérifie
N446-N447	972.332	971.581	36.43	0.0206	0.1417	273.81	352.6	2.84	0.278	0.51	1.007	0.505	2.86	0.178	Vérifie
N447-N448	971.581	969.938	33.27	0.0494	0.1417	232.44	352.6	4.4	0.43	0.33	0.897	0.394	3.95	0.139	Vérifie

Tronçon	C _{R,am} (m)	C _{R,av} (m)	Dist (m)	I (m/m)	Q _t (m³/s)	D _{cal} (mm)	D _{nor} (mm)	V _{ps} (m/s)	Q _{ps} (m³/s)	R _q	R _v	R _h	V (m/s)	H (mm)	Auto-curage
N448-N449	969.938	969.487	34.16	0.0132	0.1417	297.67	352.6	2.28	0.222	0.638	1.06	0.575	2.41	0.203	Vérifie
N449-N450	969.487	969.271	28.84	0.0075	0.1417	330.98	352.6	1.72	0.167	0.846	1.129	0.706	1.94	0.249	Vérifie
N450-N451	969.271	968.537	38.63	0.019	0.1417	278.03	352.6	2.73	0.266	0.532	1.019	0.516	2.78	0.182	Vérifie
N451-N452	968.537	967.75	34.69	0.0227	0.1417	268.97	352.6	2.98	0.291	0.487	0.992	0.492	2.96	0.173	Vérifie
N452-N453	967.75	964.592	57.15	0.0553	0.1417	227.6	352.6	4.66	0.454	0.312	0.886	0.382	4.13	0.135	Vérifie
N463-N464	979.912	978.963	36.23	0.0262	0.1417	261.82	352.6	3.2	0.313	0.453	0.97	0.472	3.11	0.167	Vérifie
N464-N465	978.963	978.566	31.68	0.0125	0.1417	300.64	352.6	2.22	0.216	0.655	1.064	0.586	2.36	0.206	Vérifie
N465-N466	978.566	978.277	34.47	0.0084	0.1417	324.07	352.6	1.81	0.177	0.8	1.113	0.677	2.02	0.239	Vérifie
N466-N467	978.277	977.946	31.97	0.0103	0.1417	311.59	352.6	2.02	0.197	0.721	1.082	0.626	2.18	0.221	Vérifie
N467-N468	977.946	977.766	15.28	0.0118	0.1417	303.98	352.6	2.15	0.21	0.675	1.069	0.597	2.3	0.211	Vérifie
N468-N469	977.766	977.532	16.44	0.0142	0.1417	293.61	352.6	2.36	0.23	0.615	1.053	0.562	2.49	0.198	Vérifie
N469-N470	977.532	977.233	27.89	0.0107	0.1417	309.45	352.6	2.05	0.2	0.707	1.078	0.618	2.21	0.218	Vérifie
N470-N471	977.233	976.336	44.91	0.02	0.1417	275.46	352.6	2.8	0.273	0.519	1.011	0.509	2.83	0.179	Vérifie
N471-N472	976.336	975.756	38.93	0.0149	0.1417	291.05	352.6	2.42	0.236	0.601	1.049	0.554	2.53	0.195	Vérifie
N472-N473	975.756	975.502	10.75	0.0237	0.1417	266.75	352.6	3.05	0.298	0.476	0.985	0.486	3	0.171	Vérifie
N474-N475	976.654	976.425	31.54	0.0073	0.128	320.62	352.6	1.69	0.165	0.778	1.104	0.663	1.86	0.234	Vérifie
N475-N476	976.591	976.385	37.4	0.0055	0.128	337.8	352.6	1.47	0.143	0.894	1.138	0.734	1.67	0.259	Vérifie
N476-N477	976.385	976.125	27.42	0.0095	0.128	304.84	352.6	1.93	0.188	0.68	1.07	0.601	2.07	0.212	Vérifie
N477-N478	976.315	976.149	27.07	0.0061	0.128	330.93	352.6	1.55	0.151	0.846	1.129	0.705	1.75	0.249	Vérifie
N478-N479	976.149	975.974	29.19	0.006	0.128	332.17	352.6	1.53	0.15	0.855	1.131	0.71	1.74	0.251	Vérifie
N479-N480	975.974	975.872	20.18	0.005	0.128	343.24	352.6	1.41	0.137	0.933	1.139	0.757	1.6	0.267	Vérifie
N480-N481	975.872	975.623	26.86	0.0093	0.128	306.23	352.6	1.91	0.186	0.688	1.073	0.606	2.05	0.214	Vérifie
N481-N482	975.779	975.525	21.97	0.0116	0.128	293.77	352.6	2.13	0.208	0.616	1.053	0.563	2.24	0.198	Vérifie
N482-N483	975.525	975.314	24.82	0.0085	0.128	311.18	352.6	1.83	0.178	0.718	1.082	0.625	1.98	0.22	Vérifie
N484-N485	982.619	982.336	29.65	0.0095	0.128	304.59	352.6	1.93	0.189	0.678	1.07	0.6	2.07	0.211	Vérifie

Tronçon	C _{R,am} (m)	C _{R,av} (m)	Dist (m)	I (m/m)	Q _t (m³/s)	D _{cal} (mm)	D _{nor} (mm)	V _{ps} (m/s)	Q _{ps} (m³/s)	R _q	R _v	R _h	V (m/s)	H (mm)	Auto-curage
N485-N486	982.336	982.123	32.07	0.0066	0.128	325.94	352.6	1.61	0.158	0.812	1.117	0.685	1.8	0.241	Vérifie
N486-N487	982.123	981.747	39.65	0.0095	0.128	304.9	352.6	1.93	0.188	0.68	1.071	0.601	2.06	0.212	Vérifie
N487-N488	981.747	981.461	27.34	0.0105	0.128	299.37	352.6	2.03	0.198	0.648	1.062	0.581	2.15	0.205	Vérifie
N488-N489	981.461	981.134	31.71	0.0103	0.128	300.06	352.6	2.01	0.196	0.652	1.063	0.584	2.14	0.206	Vérifie
N489-N490	981.39	981.244	27.99	0.0052	0.128	341.1	352.6	1.43	0.14	0.917	1.139	0.748	1.63	0.264	Vérifie
N490-N491	981.244	980.929	35.2	0.009	0.128	308.13	352.6	1.88	0.183	0.699	1.076	0.613	2.02	0.183	Vérifie
N491-N492	980.929	980.483	36.59	0.0122	0.128	290.87	352.6	2.19	0.213	0.6	1.048	0.553	2.29	0.195	Vérifie
N492-N493	980.483	979.967	30.04	0.0172	0.128	272.78	352.6	2.6	0.253	0.505	1.004	0.502	2.6	0.177	Vérifie
N493-N493	979.967	979.218	38.06	0.0197	0.128	265.86	352.6	2.78	0.271	0.472	0.983	0.483	2.73	0.17	Vérifie
N495-N496	978.328	977.848	30.44	0.0158	0.128	277.17	352.6	2.49	0.243	0.527	1.016	0.514	2.53	0.181	Vérifie
N496-N497	977.848	977.453	36.83	0.0107	0.128	297.93	352.6	2.05	0.2	0.639	1.06	0.576	2.17	0.203	Vérifie
N497-N498	977.453	977.283	27.32	0.0062	0.128	329.86	352.6	1.56	0.153	0.839	1.127	0.701	1.76	0.247	Vérifie
N498-N499	977.283	977.114	30.32	0.0056	0.128	336.75	352.6	1.48	0.144	0.886	1.137	0.729	1.68	0.257	Vérifie
N499-N500	977.114	976.861	29.04	0.0087	0.128	309.76	352.6	1.85	0.18	0.709	1.079	0.619	1.99	0.218	Vérifie
N502-N503	980.832	980.124	30.19	0.0235	0.128	257.27	352.6	3.03	0.296	0.432	0.957	0.46	2.9	0.162	Vérifie
N503-N504	980.124	979.751	37.22	0.01	0.128	301.86	352.6	1.98	0.193	0.662	1.066	0.59	2.11	0.208	Vérifie
N504-N505	979.751	979.375	27.73	0.0136	0.128	285	352.6	2.31	0.225	0.568	1.036	0.536	2.39	0.189	Vérifie
N505-N506	979.375	979.116	30.69	0.0084	0.128	311.74	352.6	1.82	0.177	0.721	1.083	0.627	1.97	0.221	Vérifie
N506-N507	979.116	979.024	22.98	0.004	0.128	358.4	352.6	1.25	0.122	1.047	1.143	0.868	1.43	0.306	Vérifie
N507-N508	979.024	978.672	35.55	0.0099	0.128	302.47	352.6	1.97	0.192	0.666	1.067	0.592	2.1	0.209	Vérifie
N509-N510	978.677	978.245	48.24	0.009	0.1028	283.82	352.6	1.87	0.183	0.562	1.034	0.532	1.94	0.193	Vérifie
N510-N511	978.245	977.348	50.92	0.0176	0.1028	250.06	352.6	2.63	0.257	0.401	0.938	0.441	2.47	0.156	Vérifie
N511-N512	977.348	977.177	46.51	0.0037	0.1028	335.19	352.6	1.2	0.117	0.875	1.136	0.723	1.37	0.255	Vérifie
N512-N513	977.177	976.545	39.5	0.016	0.1028	254.61	352.6	2.5	0.244	0.421	0.95	0.453	2.38	0.16	Vérifie
N513-N514	976.545	975.494	46.02	0.0228	0.1028	238.14	352.6	2.99	0.292	0.352	0.91	0.409	2.72	0.144	Vérifie

Tronçon	C _{R,am} (m)	C _{R,av} (m)	Dist (m)	I (m/m)	Q _t (m³/s)	D _{cal} (mm)	D _{nor} (mm)	V _{ps} (m/s)	Q _{ps} (m³/s)	R _q	R _v	R _h	V (m/s)	H (mm)	Auto-curage
N514-N515	975.494	975.365	45.91	0.0028	0.1028	353	352.6	1.05	0.102	1.005	1.144	0.814	1.2	0.287	Vérifie
N515-N516	975.365	974.925	45.8	0.0096	0.1028	280.11	352.6	1.94	0.19	0.542	1.024	0.522	1.99	0.184	Vérifie
N516-N517	974.925	973.927	43.6	0.0229	0.1028	238.08	352.6	3	0.292	0.352	0.91	0.409	2.73	0.144	Vérifie
N517-N518	973.927	973.671	13.3	0.0193	0.1028	245.76	352.6	2.75	0.269	0.383	0.927	0.43	2.55	0.151	Vérifie
N519-N520	983.287	983.05	48.61	0.0049	0.1028	318.15	352.6	1.38	0.135	0.762	1.097	0.653	1.52	0.23	Vérifie
N520-N521	983.05	982.796	39.39	0.0064	0.1028	301.88	352.6	1.59	0.155	0.662	1.066	0.59	1.7	0.208	Vérifie
N521-N522	982.796	982.356	34.2	0.0129	0.1028	265.25	352.6	2.25	0.219	0.469	0.981	0.482	2.2	0.17	Vérifie
N522-N523	982.356	981.862	28.49	0.0173	0.1028	250.75	352.6	2.61	0.255	0.404	0.94	0.443	2.45	0.156	Vérifie
N523-N524	981.862	981.289	42.73	0.0134	0.1028	263.19	352.6	2.29	0.224	0.459	0.975	0.476	2.23	0.168	Vérifie
N524-N525	981.289	980.789	41.26	0.0121	0.1028	268.12	352.6	2.18	0.213	0.483	0.99	0.489	2.16	0.173	Vérifie
N525-N526	980.789	980.031	37.99	0.02	0.1028	244.27	352.6	2.8	0.273	0.377	0.924	0.426	2.58	0.15	Vérifie
N526-N527	980.031	979.19	47.82	0.0176	0.1028	250.14	352.6	2.63	0.256	0.401	0.938	0.441	2.46	0.156	Vérifie
N527-N528	979.19	978.873	29.27	0.0108	0.1028	273.83	352.6	2.06	0.201	0.511	1.007	0.505	2.08	20.31	Vérifie
N528-N529	978.873	978.581	36.7	0.0079	0.1028	290.35	352.6	1.76	0.172	0.597	1.047	0.552	1.85	0.195	Vérifie
N529-N530	978.581	978.447	35.46	0.0038	0.1028	333.66	352.6	1.22	0.119	0.865	1.134	0.717	1.38	0.253	Vérifie
N530-N531	978.447	977.618	36.7	0.0226	0.1028	238.65	352.6	2.98	0.291	0.354	0.911	0.411	2.71	0.145	Vérifie
N531-N532	977.618	977.183	24.97	0.0174	0.1028	250.52	352.6	2.62	0.255	0.403	0.939	0.442	2.46	0.156	Vérifie
N532-N533	976.684	976.152	30.68	0.0174	0.1028	250.75	352.6	2.61	0.255	0.404	0.94	0.443	2.45	0.156	Vérifie
N533-N534	976.152	974.865	44.2	0.0291	0.1028	227.58	352.6	3.38	0.33	0.312	0.886	0.382	2.99	0.135	Vérifie