



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: CONCEPTION DES SYSTEMES D'ASSAINISSEMENT

THEME :

**Diagnostic et réhabilitation d'un réseau d'assainissement de Brodj
El Emir Abdelkader commune de AIN ROMANA (W. Blida)**

Présenté par :

BENTAIBA IMAD EDDINE

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
AMMARI Abdelhadi	MCA	Président
BELLABAS/CHARIFI Salima	MCB	Examinatrice
BOUNNAH Younes	MAA	Examineur
TOUMI Samir	MCB	Promoteur

Session OCTOBRE 2023

Remerciment :

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers toutes les personnes qui ont contribué de manière significative à la réalisation de ce mémoire. Le chemin vers ce moment a été long et exigeant, et je n'aurais pas pu y parvenir sans le soutien et l'encouragement de nombreuses personnes exceptionnelles.

Tout d'abord, je tiens à remercier mon promoteur de mémoire, Mr S.Toumi , pour sa guidance, son expertise et sa patience tout au long de ce projet. Votre mentorat m'a été inestimable, et je suis reconnaissant pour votre dévouement à mon succès académique.

Mes remerciements vont également à ma famille, mon père ma mère et ma sœur pour leur soutien indéfectible tout au long de mes études. Votre amour, vos encouragements et vos sacrifices ont été ma source d'inspiration.

Un grand merci à mes amis et collègues, qui m'ont apporté leur soutien moral et qui ont partagé leurs connaissances et expériences avec moi.

Je tiens également à exprimer ma gratitude envers toutes les personnes qui ont participé à mes recherches en participant aux entretiens, en répondant aux questionnaires et en partageant leurs connaissances. Votre contribution a été essentielle pour la réussite de ce mémoire.

Enfin, je tiens à remercier toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à ma formation académique. Votre impact sur mon parcours est inestimable.

ملخص:

عرفت منطقة برج الأمير عبد القادر التابعة لبلدية عين رمانة تطورًا كبيرًا في السكان مما يزيد من مشكلة المياه المستعملة التي يتم تصريفها. تتميز هذه الشبكة بعدة نقاط تفريغ إلى الوادي. الذي يبرز التلوث ويكمن هدف عملنا في التجديد الكامل لهذه الشبكة بعد القيام بفحص كامل ، من أجل أفق مستقبلي وتوجيه مياه الصرف الصحي إلى محطة معالجة موزاية.

الكلمات المفتاحية: نقاط تفريغ / تجديد الشبكة / محطة معالجة موزاية

Resume :

La zone de bordj el amir abdelkader de la commune de ain romana connue un développement considérable dans la population qui engendre une augmentation des eaux usées rejetées . Ce réseau est caractérisé par plusieurs points de rejet vers l'oued. ce qui accentue la pollution. L'objectif de notre travail réside dans la rénovation totale de ce réseau après le diagnostic , pour un horizon ultérieur , et intercepter les rejets des eaux usées et les acheminer vers la station d'épuration de Mouzaia.

Mots-clés : Points de décharge vers la vallée/Rénovation complète de ce réseau/station de épuration mouzaia

Abstract :

The bordj el amir abdelkader area of the ain romana commune has experienced considerable population growth, which has led to an increase in wastewater discharge. This network is characterized by several points of rejection towards the wadi. which accentuates pollution. The objective of our work lies in the total renovation of this network, for a future horizon, and intercept the wastewater discharges and route them to the Mouzaia wastewater treatment plant.

Keywords: Discharge points to the valley/ Complete renovation of this network/ mouzaia treatment plant

1-Table de figures :

FIGURE 1.1 : IMAGE SATILITTE DE LA COMMUNE D'AIN ROMANA	3
FIGURE 1.2 : TEMPERATURE MAXIMALE ET MINIMALE A BORDJ EL AMIR ABDELKADER.....	4
FIGURE 1.3 : PRECIPITATION MAXIMALE ET MINIMALE A BORDJ EL AMIR ABDELKADER	5
FIGURE 1.4 :POURCENTAGE D'HUMIDITE DE BORDJ EL AMIR ABDELKADER.....	6
FIGURE 3.1 : REPRESENTATION DU ZONE NON ASSAINI	22
FIGURE 3.2 : GRAPHE CIRCULAIRE DE TYPE DE MATIERE DES COLLECTEUR.....	23
FIGURE 4.1 : SCHEMA REPRESENTATIF DES BRANCHEMENTS DANS LE SYSTEME SEPARATIF.....	40
FIGURE 4.2 : SCHEMA REPRESENTATIF DES BRANCHEMENTS DANS LE SYSTEME UNITAIRE.....	41
FIGURE 4.3 : SCHEMA REPRESENTATIF DES BRANCHEMENTS DANS LE SYSTEME PSEUDO-SEPARATIF	42
FIGURE 4.4 : REPRESENTE SCHEMAS TYPES DES RESEAUX D'EVACUATION.....	44
FIGURE 7.1: TYPE DES JOINTS	75
FIGURE7.2: EXEMPLE D'UN BRANCHEMENT SIMPLE.....	77
FIGURE 7.3: LES BOUCHES D'EGOUT	79
FIGURE7.4: SCHEMA REGARD SIMPLE	80
SOURCE : (FORUM-BTP.BLOGSPOT.COM).....	80
FIGURE7.5: SCHEMA REGARD DOUBLE.....	81
FIGURE 7.7 :DEVERSOIR D'ORAGE CLASSIQUE A SEUIL LATERAL BIAIS.....	83
SOURCE :(HYDRAULIQUEFORMATION.BLOGSPOT.COM).....	83
FIGURE 7.8 :DEVERSOIR D'ORAGE A DOUBLE SEUIL LATERAL	84
FIGURE 7.9 :DEVERSOIR D'ORAGE AVEC OUVERTURE DU RADIER	84
SOURCE :(HYDRAULIQUEFORMATION.BLOGSPOT.COM).....	84
FIGURE 8.1: PELLE HYDRAULIQUE.....	96
FIGURE8.2: LA CHARGEUSE	96
FIGURE8.3: LE COMPACTEUR.....	97
FIGURE8.4: LE BULLDOZER.....	97

2-Liste des tableaux :

TABLEAU 2.1: SERIE PLUVIOMETRIQUE DE LA STATION DE MOUZAIA	9
TABLEAU 2.2 : SERIE UTILISE	11
TABLEAU 2.3 : CARACTERISTIQUES DE LA SERIE	13
TABLEAU 2.4: RESULTAT DE L'AJUSTEMENT A LA LOI DE GUMBEL (HYFRAN)	14
TABLEAU 2.5 : RESULTAT DE L'AJUSTEMENT A LA LOI DE GALTON (HYFRAN).....	15
TABLEAU 2.6: RESULTAT DU TEST DE PEARSON χ^2.....	17
TABLEAU 2.7 : RESULTAT INTENSITE DE PLUIE	19
TABLEAU 3.1°: STATISTIQUE DU RESEAU PAR RAPPORT AUX MATERIAUX DES COLLECTEURS.	23
TABLEAU 3.2 : STATISTIQUE DU RESEAU PAR RAPPORT AUX DIAMETRES DES COLLECTEURS.	23
TABLEAU 3.2 : RESULTATS FINALS DES DEUX DIAGNOSTICS.	36
TABLEAU 4.1 :COEFFICIENT DE RUISSELEMENT EN FONCTION DES CATEGORIES D'URBANISME	46
TABLEAU 4.2 :COEFFICIENT DE RUISSELEMENT EN FONCTION DES SURFACES CONSIDERES	46
TABLEAU 4.3 :LES RESULTATS DE CR POUR CHAQUE BASSIN	47
TABLEAU 4.4 : RESULTATS D'ESTIMATION DE POPULATION	47
TABLEAU 4.5 : RESULTATS DE NOMBRE D'HABITANT POUR CHAQUE BASSIN	49
TABLEAU 5.1 : DEBITS DES EAUX USEES DOMESTIQUES POUR CHAQUE SOUS BASSIN	55
TABLEAU 5.2: DEBITS DES EAUX USEES DES EQUIPEMENTS PUBLICS POUR CHAQUE SOUS BASSIN.....	55
TABLEAU 5.3: FORMULES D'ASSEMBLAGE DES BASSINS VERSANTS DANS LA METHODE DE CAQUOT	61
TABLEAU 5.4 : DEBITS TOTAUX DES EAUX PLUVIALES A EVACUER	62
TABLEAU 8.2:DETERMINATION DES DIFFERENTS VOLUMES POUR LES COLLECTEURS PRINCIPAUX	100

Liste des planches :

Planche 01 : plan de masse avec réseau existant..

Planche 02 : plan final de trace de réseau.

Planche 03 : profil en long du collecteur RZ.

Planche 04 : les élément du réseau d'égout .

1	PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	2
1.1	SITUATION GEOGRAPHIQUE :	2
1.2	TOPOGRAPHIE DU SITE :	2
1.3	SITUATION CLIMATIQUE :	4
1.3.1	<i>Climat</i> :	4
1.3.2	<i>Température</i> :	4
1.3.3	<i>Pluviométrie</i> :	5
1.3.4	<i>Humidité</i> :	5
	CONCLUSION :	6
2	ETUDE HYDROLOGIQUE	8
2.1	TRAITEMENT DE LA SERIE PLUVIOMETRIQUE :	8
2.1.1	<i>Données de la série pluviométrique</i> :	9
2.1.2	<i>La série pluviométrique</i>	11
2.1.3	<i>Vérification de l'homogénéité de la série</i> :	12
2.2	ANALYSE DES DONNEES PLUVIOMETRIQUES ET CHOIX DU TYPE DE LOI D'AJUSTEMENT :	13
2.2.1	<i>Analyse des données statistiques</i> :	13
2.2.2	<i>Choix de la loi d'ajustement</i> :	13
2.2.2.1	Calcul des paramètres de l'ajustement de la loi de Gumbel :	14
2.2.2.2	Résultats de l'ajustement à la loi de Gumbel :	14
2.2.2.3	Ajustement à la loi de Galton (Log-normale) :	15
2.2.2.4	Résultat de l'ajustement à la loi de Galton (Hyfran)	15
2.2.2.5	Choix de la loi d'ajustement :	16
2.3	CALCUL DES PRECIPITATIONS ET DES INTENSITES DE COURTE DUREE :	17
2.3.1	<i>Précipitations de courte durée</i> :	18
2.3.2	<i>Intensités de courte durée</i> :	18
2.3.3	<i>Intensité moyenne maximale</i> :	18
2.3.4	<i>Résultats de calcul de l'intensité de pluie</i>	19
	Conclusion :	19
3	DIAGNOSTIC DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT.....	21
3.1	INTRODUCTION :	21
3.2	DESCRIPTION DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT EXISTANT :	21
3.2.1	<i>Statistiques du système d'assainissement existant</i> :	23
3.3	ELABORATION D'UN DIAGNOSTIC :	24
3.3.1	<i>Elaboration d'un diagnostic physique</i> :	24
3.3.1.1	Etat des ouvrages annexes.....	25
3.3.2	<i>Elaboration d'un diagnostic hydraulique</i> :	35
	Conclusion :	35
4	CALCUL DE BASE	38
4.1	INTRODUCTION :	38
4.2	DELIMITATION DES BASSINS URBAINS :	39
4.3	LES SYSTEMES DE COLLECTE ET D'EVACUATION.....	39
4.3.1	<i>SYSTEMES D'EVACUATION.....</i>	40
4.3.1.1	systèmes fondamentaux.....	40
4.3.1.1.1	- le système séparatif :	40
4.3.1.1.2	- le système unitaire :	41
4.3.1.1.3	- le système mixte :	41
4.3.1.2	système pseudo-séparatif.....	41
4.3.1.3	système composite.....	42

4.3.1.4	systèmes spéciaux.....	42
4.3.2	SCHEMAS TYPES DES RESEAUX D'EVACUATION :	42
4.3.2.1	le schéma perpendiculaire au cours d'eau.....	43
4.3.2.2	le schéma type « collecteur latéral ».....	43
4.3.2.3	le schéma type « collecteur transversal ».....	43
4.3.2.4	le schéma type « par zones étagées ».....	43
4.3.2.5	le schéma type « centre collecteur unique » et le schéma type radial.....	43
4.4	ESTIMATION DU COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT « CR » :.....	45
4.4.1	<i>Estimation du coefficient de ruissellement pour chaque sous bassin :</i>	46
4.5	ESTIMATION DE LA POPULATION DE LA ZONE D'ETUDE :.....	47
4.5.1	<i>Estimation de la population actuelle et future :</i>	47
4.6	CALCUL DU NOMBRE D'HABITANTS POUR CHAQUE SURFACE ELEMENTAIRE « Ai ».....	48
	Conclusion :.....	48
5	ESTIMATION DES DEBITS.....	51
5.1	INTRODUCTION :.....	51
5.2	ORIGINE ET NATURE DES EAUX USEES A EVACUER :.....	52
5.2.1	<i>Les eaux usées domestiques</i>	52
5.2.2	<i>Les eaux usées industrielles</i>	52
5.2.3	<i>Les eaux pluviales et de ruissellement</i>	53
5.2.4	<i>Les eaux parasites</i>	53
5.3	ESTIMATION DES DEBITS DES EAUX USEES :.....	54
5.3.1	LES DEBITS D'EAUX USEES DOMESTIQUES	54
5.3.2	<i>Débits des eaux usées des établissements publics :</i>	55
5.3.3	<i>Evaluation des débits d'eaux pluviales :</i>	55
5.3.3.1	La méthode rationnelle.....	56
5.3.3.1.1	Les hypothèses de la méthode rationnelle :.....	56
5.3.3.1.2	Temps de concentration :.....	57
5.3.3.1.3	Validité de La méthode rationnelle :.....	58
5.3.3.2	La méthode superficielle :.....	58
5.3.3.2.1	Evaluation des paramètres de Caquot :.....	59
5.3.3.2.1.1	• Paramètres liés à la pluviométrie :.....	59
5.3.3.2.2	Temps de concentration :.....	60
5.3.3.2.3	Validité de la méthode superficielle :.....	60
5.3.3.2.4	Formules d'assemblage et d'équivalence :.....	61
5.3.4	<i>Choix de la méthode :</i>	61
5.4	CALCUL DES DEBITS PLUVIAUX :.....	62
	Conclusion :.....	62
6	DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT.....	64
6.1	INTRODUCTION.....	64
6.2	MODE DE DIMENSIONNEMENT DES CANALISATIONS :.....	65
6.2.1	<i>FORMULE DE CHEZY (Ecoulement uniforme)</i>	65
6.2.2	<i>FORMULE DE MANNING-STRICKLER :</i>	65
6.3	PROCEDE DE CALCUL :.....	66
6.4	CONDITIONS D'ECOULEMENT ET DE DIMENSIONNEMENT :.....	68
	Conclusion :.....	69
7	LES ELEMENTS CONSTITUTIFS DU RESEAU.....	71
7.1	INTRODUCTION :.....	71
7.2	LES OUVRAGES PRINCIPAUX :.....	71
7.2.1	<i>Type de canalisation :</i>	72

7.2.2	Choix du type de canalisation :	73
7.2.3	Les joints des conduites :	73
7.3	ESSAIS DES TUYAUX PREFABRIQUES :	76
7.3.1	Essai à l'Écrasement :	76
7.3.2	Essai d'Étanchéité :	76
7.3.3	Essai de Corrosion :	76
7.4	LES OUVRAGES ANNEXES :	77
7.4.1	Les ouvrages normaux :	77
7.4.1.1	les branchements :	77
7.4.1.2	Les fossés.....	78
7.4.1.3	Les caniveaux.....	78
7.4.1.4	Les bouches d'égout :	78
7.4.1.5	les regards	79
7.4.2	Les ouvrages spéciaux :	82
7.4.2.1	Les Déversoirs d'orage.....	82
7.4.2.2	Type des déversoirs d'orage	82
7.4.2.2.1	Déversoir d'orage à seuil frontal.....	82
7.4.2.2.2	Déversoir d'orage à seuil latéral	83
7.4.2.2.3	Déversoir d'orage à double seuil latéral.....	84
7.4.2.2.4	Déversoir d'orage avec ouverture du radier.....	84
7.4.2.3	dimensionnement des déversoirs d'orage :	85
	Conclusion :	88
8	ORGANISATION DE CHANTIER :	90
8.1	INTRODUCTION :	90
8.1.1	Organisation de chantier :	90
8.1.2	Gestion du Personnel de Chantier :	90
8.1.3	Gestion des sous-traitants :	91
8.2	L'EMPLACEMENT DES CANALISATIONS :	91
8.2.1	Rues de moins de 15 m de largeur :	91
8.2.2	Rues plus larges :	91
8.2.3	Système Séparatif :	91
8.3	LE DECAPAGE :	92
8.4	L'EXCAVATION DES TRANCHEES ET DES FOUILLES POUR LES REGARDS	92
8.4.1	largeur du fond de la tranchée :	93
8.5	AMENAGEMENT DU LIT DE SABLE :	93
8.6	LA MISE EN PLACE DES CANALISATIONS D'ASSAINISSEMENT :	94
8.7	ENGINS UTILISE :	95
8.7.1	La pelle hydraulique.....	95
8.7.2	La chargeuse :.....	96
8.7.3	Le compacteur :	97
8.7.4	Le Bulldozer	97
8.8	DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF :	98
8.8.1	Evaluation économique des travaux :	98
8.8.1.1	Volume des déblais des tranchées « Vd».....	98
8.8.1.2	Volume occupé par le lit de sable Vls	99
8.8.1.3	Volume de la conduite Vc	99
8.8.1.4	Volume du remblai VR.....	99
8.8.2	Répartition des couts selon le programme défini :	100
	Conclusion :	101

Introduction générale :

L'assainissement des eaux usées est une composante essentielle de toute société moderne, visant à protéger la santé publique, préserver l'environnement et assurer un approvisionnement en eau propre et saine. Les réseaux d'assainissement, qui comprennent les canalisations, les stations de pompage et les installations de traitement des eaux usées, jouent un rôle fondamental dans la gestion efficace des eaux usées urbaines.

La wilaya de Blida dispose actuellement que de deux station d'épuration des eaux usées, celle de Magtaa Lazreg et une autre à Béni Méred

De ce fait, une grande partie des eaux usées est déversées directement dans les oueds constituant un danger pour les habitants, la faune et la flore, pour remédier à cet état, la Direction des ressources en eau de la wilaya a engagé plusieurs actions pour réaliser des STEP à travers le territoire de la wilaya, parmi eux celle de Boufarik , et d'autres STEP sont en phase d'étude et verront le lancement des travaux prochainement à l'exemple de celle de Mouzaia à Benchougrane et celle de L'Arbaa-Bougara

Par ailleurs et afin d'acheminer les eaux usées et de mieux préserver l'écoulement des eaux de l'oued Mouzaia, de plus en plus polluées par les rejets urbains situés en amont, notamment les eaux usées provenant des agglomérations la commune de Ain Romana la Direction des ressource en eau de la wilaya de Blida ont lancé l'opération « ETUDE D'ASSAINISSEMENT DE BORDJ EL AMIR ABDELKADER D'AIN ROMANA WILAYA DE BLIDA ».

1 Présentation de la zone d'étude

1.1 Situation géographique :

La commune d'Aïn Romana est située au Sud-Ouest de la wilaya de Blida, à environ **15 km** à l'Ouest de Blida et à environ **58 km** au Sud-Ouest d'Alger. Aïn Romana est une zone montagneuse, située dans le secteur Ouest de parc national de Chréa sur la montagne de Mouzaia, elle s'étend sur une superficie de **101.38 km²**, elle compte **12 529** habitants en 2008 et **14 699 habitants recensement 2014**, soit une densité de population de **124** habitants par km² et un taux d'accroissement de **2.7%**, elle est limitée :

Au Nord par la commune de Mouzaia wilaya de Blida.

A l'Ouest par la commune d'El Affroun wilaya de Blida.

A l'Est par la commune de Chiffa wilaya de Blida.

Au Sud par la commune Tamesguida wilaya de Médéa.

Lors du découpage administratif de 1984, la commune d'Aïn Romana est constituée à partir des localités suivantes:

Aïn Romana, Bordj Emir Abdelkader, Rayhane, Tala Ouelma, Sidi Ykhlef, N'Haoua, Milia, HaouchRouis, HaouchMta El' Khabus.

1.2 TOPOGRAPHIE DU SITE :

À l'échelle régionale, une observation scientifique révèle une variabilité significative de l'altitude du terrain, principalement influencée par deux types de relief distincts :

Au nord, nous trouvons la plaine de la Mitidja, tandis qu'au sud, les contreforts de l'Atlas Blidéen dominant. Cette configuration topographique engendre un dénivelé orienté du sud vers le nord, engendrant trois catégories de pentes bien définies :

Les pentes légères, caractérisées par des inclinaisons inférieures à 8% ;

Les pentes modérées, situées dans une fourchette comprise entre 8% et 20% ;

Les pentes prononcées, affichant des inclinaisons supérieures à 20%.

Le territoire associé à la commune de borj el amir abdelkader est principalement constitué de terrains à moyenne pente.

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude :

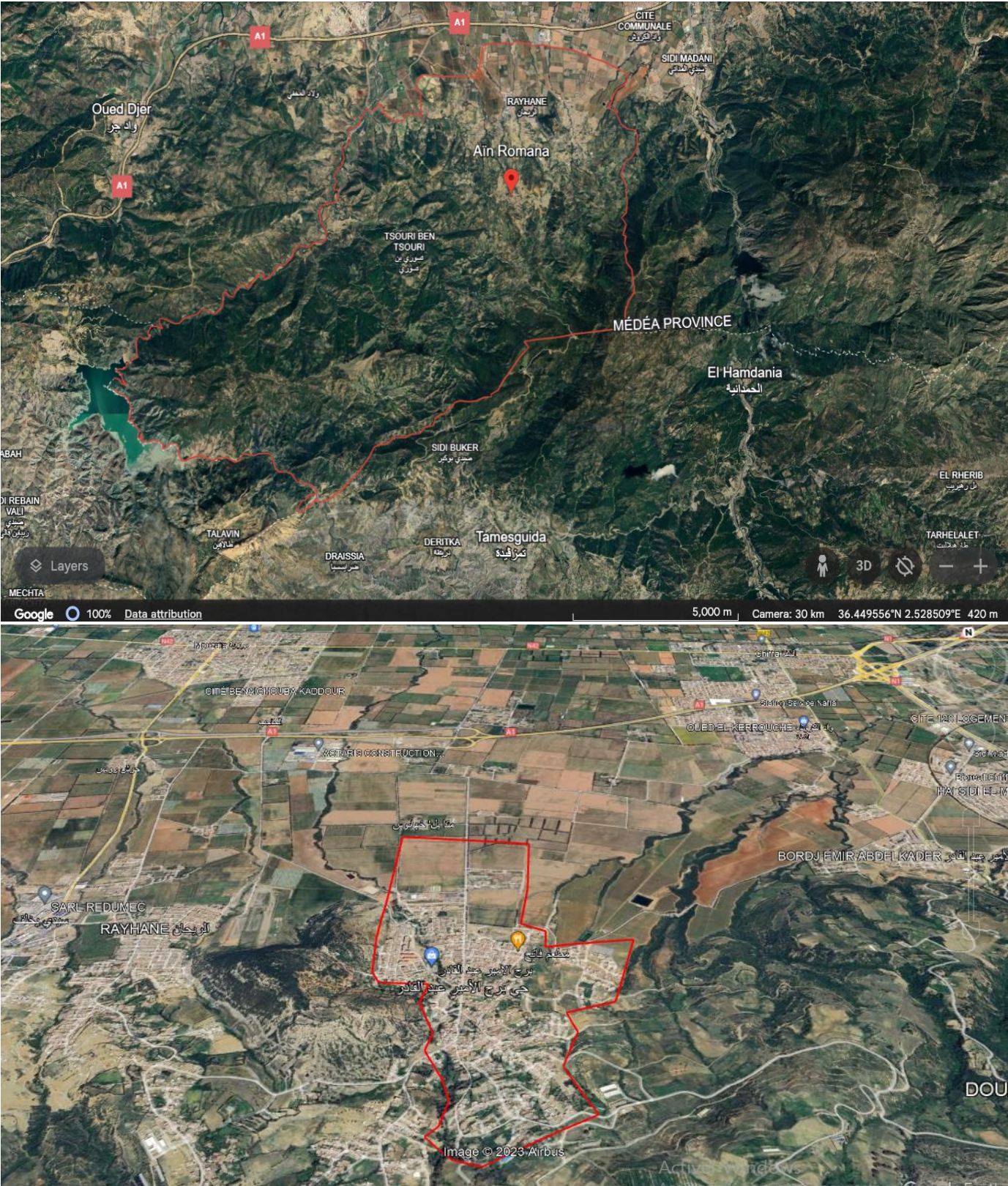


Figure 1.1 : IMAGE SATILITE de la commune d’Ain Romana

1.3 Situation climatique :

1.3.1 Climat :

Ain Romana possède un climat méditerranéen chaud, la température moyenne annuelle est de 15.9°C et les précipitations sont en moyenne de 67.3 mm.

Au mois de juillet, la température moyenne est de 27.6°C. Juillet est de ce fait le mois le plus chaud de l'année, Février est le mois le plus froid de l'année, la température moyenne est de 6.6°C à cette période, le record de chaleur est de 39°C enregistré en juillet 2012 et le record de froid de -8°C enregistré en février 2012.

1.3.2 Température :

La saison très chaude dure 3 mois, du 19 juin au 15 septembre, avec une température quotidienne moyenne maximale supérieure à 30 °C. Le mois le plus chaud de l'année à Ain Romania est août, avec une température moyenne maximale de 34 °C et minimale de 21 °C.

La saison fraîche dure 4,0 mois, du 20 novembre au 20 mars, avec une température quotidienne moyenne maximale inférieure à 20 °C. Le mois le plus froid de l'année à Ain Romania est janvier, avec une température moyenne minimale de 5 °C et maximale de 16 °C.

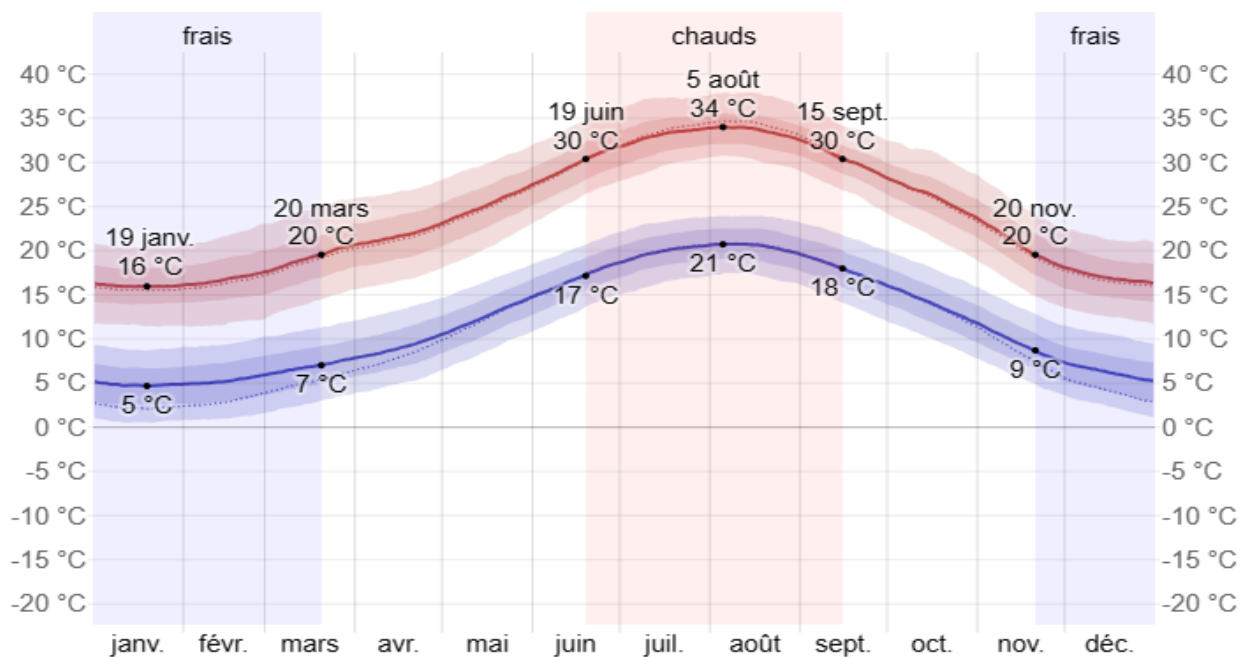


Figure 1.2 : Température maximale et minimale à BORDJ EL AMIR ABDELKADER

1.3.3 Pluviométrie :

La période pluvieuse de l'année dure 9,3 mois, du 31 août au 10 juin, avec une chute de pluie moyenne de 57 millimètres en mois de décembre.

La période sèche de l'année dure 2,7 mois, du 10 juin au 31 août. Le mois le moins pluvieux à Ain Romana est juillet, avec une chute de pluie moyenne de 2 millimètres.

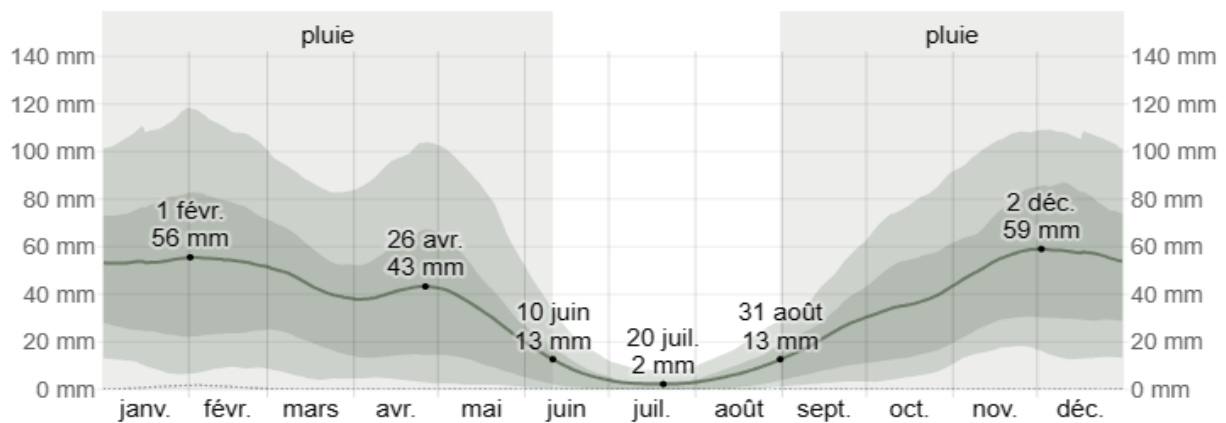


Figure 1.3 : Précipitation maximale et minimale à BORDJ EL AMIR ABDELKADER

1.3.4 Humidité :

Nous estimons le niveau de confort selon l'humidité sur le point de rosée, car il détermine si la transpiration s'évaporera de la peau, causant ainsi un rafraîchissement de l'organisme. Les points de rosée plus bas sont ressentis comme un environnement plus sec et les points de rosée plus haut comme un environnement plus humide. Contrairement à la température, qui varie généralement considérablement entre le jour et la nuit, les points de rosée varient plus lentement. Ainsi, bien que la température puisse chuter la nuit, une journée lourde est généralement suivie d'une nuit lourde.

Chiffa connaît des variations saisonnières considérables en ce qui concerne l'humidité perçue.

La période la plus lourde de l'année dure 3,5 mois, du 19 juin au 3 octobre, avec une sensation de lourdeur, oppressante ou étouffante au moins 10 % du temps. Le mois ayant le plus grand nombre de jours lourds à Chiffa est août, avec 11,7 jours lourds ou plus accablants.

Le jour le moins lourd de l'année est le 25 janvier, avec un climat lourd quasiment inexistant.

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude :

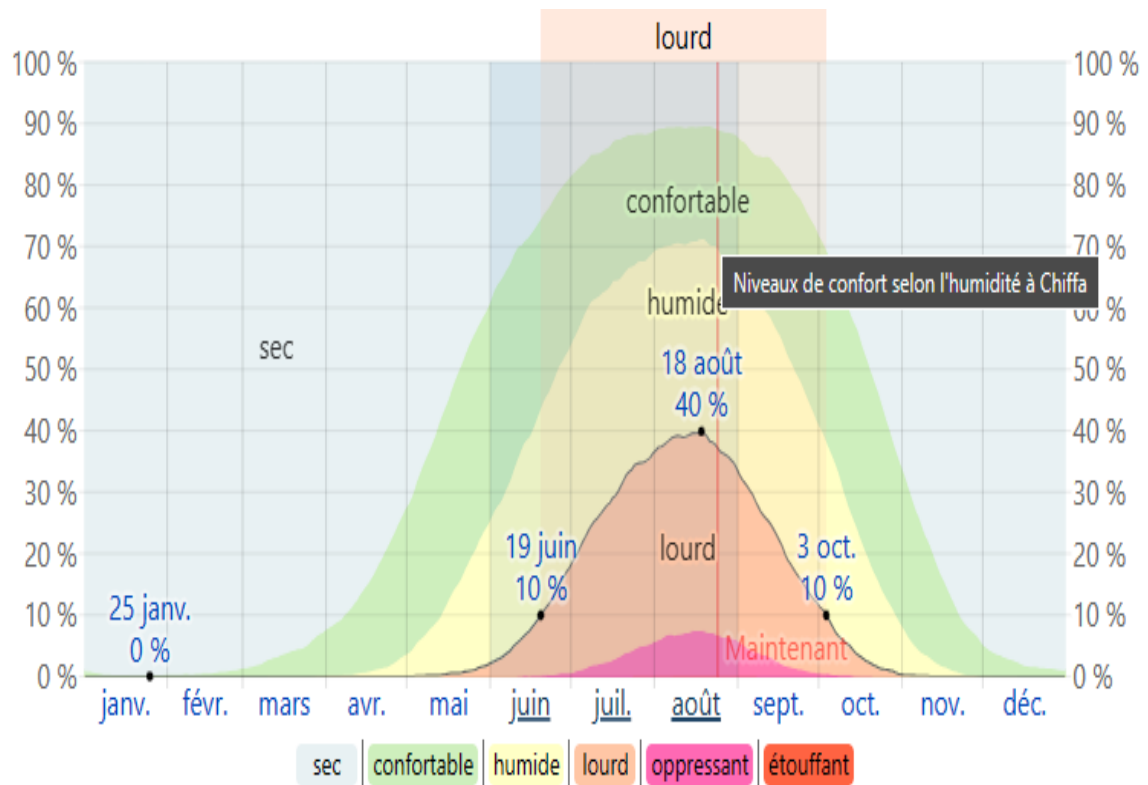


Figure 1.4 : pourcentage d'humidité De bordj el amir abdelkader

CONCLUSION :

Le premier chapitre englobe une description générale de la zone d'étude, étayée par la collecte de données provenant de diverses administrations. Ces données seront essentielles pour amorcer notre étude de projet.

Chapitre 2 :
ETUDE
HYDROLOGIQUE

2 Etude Hydrologique

L'hydrologie généralement définie comme la science qui se penche sur le cycle de l'eau dans la nature, en particulier sur les échanges entre l'atmosphère, la surface terrestre et son sous-sol. Elle s'attache également à évaluer les différents flux d'eau.

En ce qui concerne les réseaux d'assainissement, leur efficacité réside dans leur capacité à évacuer aussi bien les eaux usées domestiques que les eaux pluviales. Pour cela, il est essentiel de quantifier ces flux de manière précise. Alors que les eaux usées découlent directement de la quantité consommée, les eaux pluviales ne peuvent être évaluées qu'après avoir mené une étude hydrologique appropriée, permettant ainsi d'estimer les débits de ruissellement. Cette approche rigoureuse est nécessaire pour une gestion adéquate des systèmes d'assainissement.

2.1 Traitement de la série pluviométrique :

L'analyse des précipitations s'appuie sur les données pluviométriques collectées auprès de plusieurs stations réparties sur une zone topographique donnée. Cette méthode repose sur l'hypothèse que les précipitations enregistrées dans une station sont représentatives des précipitations tombées dans les environs de cette station,

La station de la ville de MOUZAIA est prise comme station de référence,

Station	cote	X(km)	Y(km)	Z(m)
mouzaia	021132	500.3	351.2	150

2.1.1 Données de la série pluviométrique :

Tableau 2.1: Série pluviométrique de la station de mouzaia

Année	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
1989/1990	4,2	14,5	16,4	21,9	30,9	22,9	22,1	8,2	11,8	0	0	4
1990/1991	2	33,2	6,1	2,5	55,7	14,8	25,4	35	27,8	5,2	4,9	5
1991/1992	0	37,8	19,8	24,8	17,7	31	25,2	10,5	26,6	0	0	6
1992/1993	17	19,4	12,1	14,4	57,5	16,2	3,3	16,7	0	0	0	5
1993/1994	41,6	30,6	0	18,5	33,1	-999	-999	3	-999	0	0	3,5
1994/1995	6,4	26,4	17	12,5	15,1	20	14,6	56	2,7	6,6	0	-999
1995/1996	33,5	36,2	2,5	13,5	13,4	22,7	10,5	22,5	5	-999	0,5	16
1996/1997	11,2	20	45,5	24	14,7	18	12	22	28	1,6	0	0
1997/1998	13,5	10,8	29	31	26,5	38,5	6,7	4	2	6	0	4
1998/1999	8	4,5	21	34	7,5	2,3	14,8	18,7	36,7	1	0	0
1999/2000	6,8	21	53	19	40,2	9,5	0	113	18,9	0	0	0
2000/2001	15,8	21,5	37,6	22,2	24,2	17	13,6	8,7	16	0	4,7	8,3
2001/2002	11,8	14	36,3	18,6	19,5	45,2	4,8	20,3	12,8	0	0	0
2002/2003	2,3	11,6	36,3	27,3	14,1	15,7	19,3	23	51	5,3	2,2	-999
2003/2004	2,5	26,7	31,4	23,2	38,2	27,5	15,2	19,3	1,4	0	0	0
2004/2005	0,4	23,2	15,1	36,1	20,5	13,1	0	2,5	28,6	0	0	-999
2005/2006	14,1	23,2	6,5	32,8	3,7	10,2	19,9	13,7	22,2	0	0	-999
2006/2007	37,5	21,5	27	17,6	2,2	4,5	8,5	3	12,5	5,3	0	-999
2007/2008	6	13,7	12,5	14,6	9,5	3,4	24,4	19,5	23,2	0	0	0
2008/2009	14,5	1,5	16,5	16,4	16	15	25	8	5,6	15,2	1,5	-999
2009/2010	0	11,7	13,8	20,7	14,5	29,6	20	27,2	31,8	8,5	-999	-999
2010/2011	3	16,7	30,2	19,8	11,2	33	39,8	32,6	6,3	0	0	14,5

Chapitre 2 : ETIDE HYDROLOGIQUE

2011/2012	0	17,5	13,5	0	27,8	21	8,7	44,5	40,5	0	0	-999
2012/2013	11,1	6,5	28	16,5	38,9	13,4	48,7	0	-999	13,5	-999	-999
2013/2014	-999	25,8	25,9	36,2	16,5	50,7	24,7	-999	3,5	6,5	0	-999
2014/2015	85,5	14,5	13,5	-999	48,2	16,4	68,7	60,3	9,5	0	0	-999
2015/2016	5	10,6	67,7	73,6	47	11,5	21	0	0	0	0	-999
2016/2017	21,3	26,5	26	46	14,5	30,2	30,5	32,5	22	15,5	0	-999
2017/2018	21,5	10,5	30,5	64	38	7,5	9,9	8,5	0	0	0	-999
2018/2019	17,4	13,5	18,5	8,7	0,5	0	20,5	40	0	0	0	-999
2019/2020	0	10,5	8,7	10,8	7,5	6,5	31,8	17,5	0	0	0	-999
2020/2021	0	0	50,6	23,5	8	18,5	10,6	38,5	38	0	-999	-999

2.1.2 La série pluviométrique

Tableau 2.2 : série utilise

1990	30,9
1991	55,7
1992	37,8
1993	57,5
1994	41,6
1995	56
1996	36,2
1997	45,5
1998	38,5
1999	36,7
2000	113
2001	37,6
2002	45,2
2003	51
2004	38,2
2005	36,1
2006	32,8
2007	37,5
2008	24,4
2009	25
2010	31,8
2011	39,8
2012	44,5
2013	48,7
2014	50,7
2015	85,5
2016	73,6
2017	46
2018	64
2019	40
2020	31,8
2021	50,6

2.1.3 Vérification de l'homogénéité de la série :

Il est essentiel de vérifier l'uniformité de la série avant de procéder à son ajustement.

L'homogénéisation des données constitue une analyse statistique cruciale pour éclairer une prise de décision éclairée. Cette procédure englobe les étapes suivantes :

*Identifier les anomalies présentes dans la série hydrologique et enquêter sur leurs origines ;

*Corriger ces anomalies en ayant recours à des méthodes appropriées.

La confirmation de l'homogénéité de la série se fait au moyen de la méthode du test de la médiane, dont le principe est le suivant :

-Classer l'échantillon par ordre croissant ;

-Calculer la médiane Me ;

-Substituer les valeurs de la série par la médiane Me dans le but de maintenir la cohérence des données.

(-) pour $X_i > Me$;

(+) pour $X_i < Me$;

*Calculons les quantités Ns et TS, avec :

Ns : nombre totale de séries de + ou de - ;

Ts : taille dae la plus grande série de + ou de - ;

$$Ns > \frac{1}{2}(n + 1 - u_{1-\frac{\alpha}{2}}\sqrt{n + 1}) \quad (2.1)$$

Si les conditions sont vérifiées donc l'homogénéité de l'échantillon est vérifiée.

2.2 Analyse des données pluviométriques et choix du type de loi d'ajustement :

2.2.1 Analyse des données statistiques :

L'analyse des précipitations en matière d'assainissement exige l'utilisation d'une série de données pluviométriques comprenant les valeurs maximales quotidiennes de précipitations sur la plus longue période possible. Nous utilisons comme référence la série de données pluviométriques de la station expérimentale de EL AFFROUN . Cette série de données couvre une durée de 31 ans, de 1990 à 2021. Ces informations nous ont été fournies par l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (A.N.R.H) à blida.

L'analyse statistique des données pluviométriques implique l'identification des propriétés empiriques d'un échantillon issu d'une série d'observations couvrant 32 années de précipitations mensuelles et de valeurs maximales journalières.

Tableau 2.3 : Caractéristiques de la série

Caractéristiques	Formules	Valeurs
La somme des Pmax j en (mm)	$\sum_{i=1}^{n=32} xi$	1484.2
la moyenne des Pmax j en (mm)	$x = \frac{\sum_{i=1}^{n=32} xi}{32}$	46.4
L'écart type « σ_x » ; Pour n > 30 ans	$\sigma X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n=32} (xi - x)^2}{32}}$	17.60
Coefficient de variation « Cv » :	$CV = \frac{\sigma}{x}$	0.38
L'exposant climatique :	b=0.37	

2.2.2 Choix de la loi d'ajustement :

L'efficacité d'une méthode d'estimation est conditionnée par la distribution probabiliste, la taille de l'échantillon et ses attributs. Néanmoins, diverses études comparatives, tant empiriques que théoriques, ont été menées pour établir les conditions sous lesquelles une distribution donnée se révèle performante.

Les deux lois généralement employées sont les suivantes :

la loi de GUMBEL

la loi de GALTON

2.2.2.1 Calcul des paramètres de l'ajustement de la loi de Gumbel :

La fonction de répartition de la loi de Gumbel est définie comme suit

$$F(x) = e^{-e^{-y}} \tag{2.2}$$

Où "y" représente la variable réduite associée à la loi de Gumbel, définie comme

$$y = \frac{x-x_0}{\alpha} = -\ln[-\ln(F(x))] \tag{2.3}$$

Avec les paramètres :

- x : la variable étudiée (Pmax,j)
- x0 : le paramètre de position (l'ordonnée à l'origine)
- α : le paramètre d'échelle (0α>0), également appelé "gradex"

L'expression du quantile s'exprime alors comme : x=ay + x0

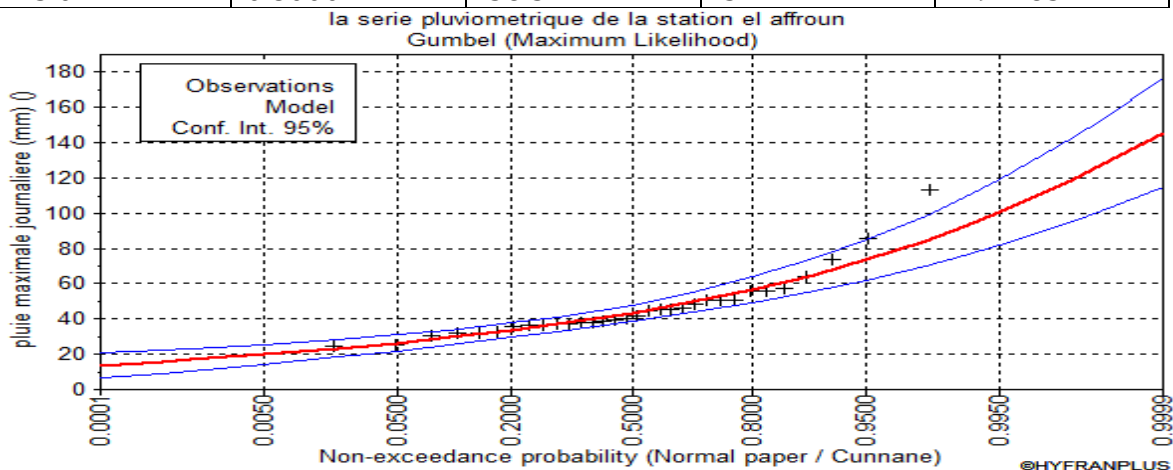
Les paramètres de la loi de Gumbel, par la méthode du maximum de vraisemblance :
 α=11.56 ; x0=39.13 mm

2.2.2.2 Résultats de l'ajustement à la loi de Gumbel :

Résultat de l'ajustement à la loi de Gumbel (Hyfran)

Tableau 2.4: Résultat de l'ajustement à la loi de Gumbel (Hyfran)

Période de retour T (ans)	Fréquence au non dépassement q	Valeur théorique XT (mm)	Ecart-type	Intervalle de confiance
100.0	0.9900	92.3	8.41	75.8-109
50.0	0.9800	84.3	7.31	69.9-98.6
20.0	0.9500	73.5	5.86	62.0-85
10.0	0.9000	65.2	4.78	55.8-74.5
5.0	0.8000	56.5	3.71	49.2-63.7



2.2.2.3 Ajustement à la loi de Galton (Log-normale) :

➤ La fonction de répartition de la loi Log-normale

$$F(x) = \sqrt{2\pi} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{u^2}{2}} du \quad (2.4)$$

Où "u" représente la variable centrée réduite de Gauss, définie comme :

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

Avec les paramètres :

- x : la variable étudiée (Pmax,j).
- $\ln(x)$: la moyenne des logarithmes de la variable x .
- $\sigma_{\ln(x)}$: l'écart-type des logarithmes de la variable x .

➤ L'expression du quantile s'exprime alors :

$$\ln(x) = u\sigma_{\ln(x)} + \overline{\ln(x)}$$

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

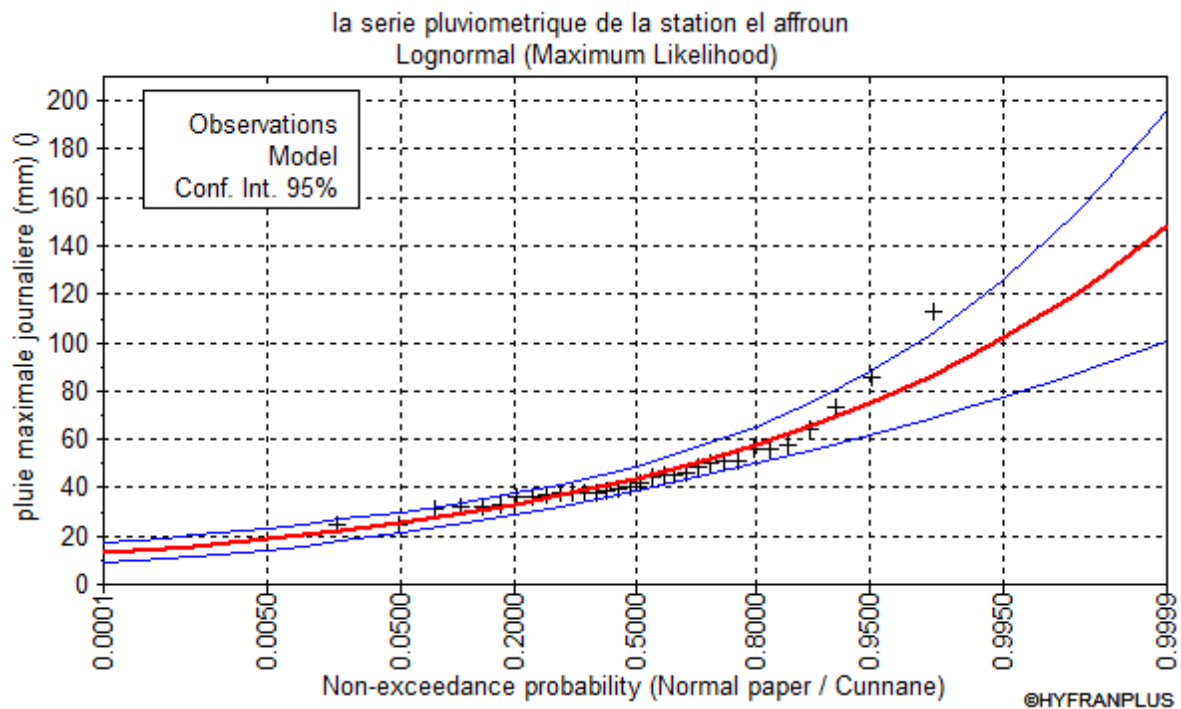
$$\sigma_{\ln(x)} = 0.32 \quad ; \quad \overline{\ln(x)} = 3.78$$

Résultats de l'ajustement à la loi de Galton :

Tableau 2.5 : Résultat de l'ajustement à la loi de Galton (Hyfran)

2.2.2.4 Résultat de l'ajustement à la loi de Galton (Hyfran)

Période de retour T (ans)	Fréquence au non dépassement q	Valeur théorique XT (mm)	Ecart-type	Intervalle de confiance
100.0	0.9900	93.9	10.6	73.2-115
50.0	0.9800	85.9	8.87	68.5-103
20.0	0.9500	75.1	6.74	61.9-88.3
10.0	0.9000	66.7	5.25	56.4-77.0
5.0	0.8000	57.7	3.91	50.1-65.4



2.2.2.5 Choix de la loi d'ajustement :

Une fois qu'un ajustement avec une distribution de probabilité théorique a été effectué, la question qui se pose est de déterminer si cette distribution convient ou non. Les critères de choix d'une distribution sont basés sur une évaluation visuelle de l'ajustement et un test de dispersion.

Test graphique :

Ce test repose sur l'observation visuelle des graphiques d'ajustement. Il implique l'examen de la distribution des points sur le papier probabilité et la vérification de la qualité de l'alignement, en recherchant l'absence de déformations ou de courbures indésirables.

Interprétation des graphiques

Lors de l'analyse visuelle des graphiques d'ajustement illustrés dans les figures, on constate que les ajustements graphiques à la loi de Gumbel et à la loi de Galton sont appropriés. Les points se rapprochent considérablement de la ligne théorique, présentant une convergence satisfaisante.

Test d'adéquation du χ^2 (chi-deux) :

Aussi appelé test de Khi-carré ou test de Pearson, ce test consiste à établir une décision d'adéquation en comparant les valeurs calculées et théoriques du χ^2 . Il est effectué avec un niveau de signification (risque) α de 5% et dépend du nombre de degrés de liberté de la distribution.

Tableau 2.6: Résultat du test de Pearson χ^2

Loi d'ajustement	Nombre de paramètre	Degré de liberté	χ^2 calculé	χ^2 théorique	Observation
Gumbel	2	5	5.50	11.07	χ^2 calculé < χ^2 théorique → Condition vérifiée
Log-normale	2	5	6.50	11.07	χ^2 calculé < χ^2 théorique → Condition vérifiée

Choix de la distribution :

Étant donné que l'adéquation de l'ajustement aux deux distributions a été confirmée et que les valeurs théoriques X_t sont très similaires pour les deux distributions, il est important de noter que de nombreuses études en hydrologie ont démontré que la loi Log-normale est particulièrement adaptée au Nord de l'Algérie. Par conséquent, la décision est de privilégier cette distribution : la loi de Galton (Log-normale).

2.3 Calcul des précipitations et des intensités de courte durée :

Dans cette section, nous allons déterminer les valeurs des précipitations de courte durée ainsi que leurs intensités, en nous appuyant sur les résultats de l'ajustement à la loi Log-normale.

2.3.1 Précipitations de courte durée :

Le calcul des précipitations de courte durée (les averses) se fonde sur les données des précipitations maximales journalières, en utilisant la relation suivante :

$$P_{t,p\%} = P_{max,j} \left(\frac{t}{24}\right)^b \quad (2.5)$$

Où :

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

$P_{max,j}$: précipitation maximale journalière (en mm) correspondant à une fréquence de dépassement donnée (p%).24

t_{24} : durée de l'averse en heures (24 heures pour une journée).

b : exposant climatique ; selon l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH) à Blida, $b=0.37$ pour la région d'étude.

2.3.2 Intensités de courte durée :

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

$$i_{t,p\%} = (P_{t,p\%})/t \text{ (mm/h)} \quad (2.6)$$

2.3.3 Intensité moyenne maximale :

Dans le contexte des projets d'assainissement, particulièrement pour l'estimation des débits pluviaux, l'intérêt se porte souvent sur l'intensité moyenne maximale associée à une durée courte $t=15$ minutes (0.25 heures) et à un retour périodique $T=10$ ans, pour des motifs techniques, économiques et de sécurité.

En se référant aux résultats antérieurs, on constate que :

2.3.4 Résultats de calcul de l'intensité de pluie.

Tableau 2.7 : Résultat intensité de pluie

Période de retour	Pluie.jmoy.max	Pj (1/T)	Intensité de pluie
ans	mm	mm	l/s/ha
02	46.4	43.23	80.99
05	46.4	59.30	111.10
10	46.4	69.98	131.10

Conclusion :

En conclusion, l'analyse des précipitations maximales journalières nous a conduit à la détermination de l'intensité moyenne maximale. Cela a été réalisé en se basant sur les résultats obtenus grâce à l'ajustement de la série pluviométrique à la loi Log-normale, ainsi que les calculs des précipitations de courte durée.

$$I=131.10 \text{ l/s/h}$$

CHAPITRE 3 :
DIAGANOSTIC DU
RESEAU
D'ASSAINISSEMENT

3 diagnostic du réseau d'assainissement

3.1 Introduction :

Dans cette phase, il faut un plan de diagnostique détaillé sur l'ensemble des ouvrages existants (Regards, Collecteurs et ouvrages de rejet), ce diagnostic sera établi à partir des visites de chantier pour l'identification des implantations des regards et rejets existants ensuite procéder à l'ouverture des regards afin de pouvoir identifier les points suivant :

- La nature des conduites (Matériau).
- Le diamètre des conduites.
- La profondeur des regards (Côte fil d'eau).
- Etat de dégradation des conduites.
- Etat de dégradation du génie civil des regards.
- Taux de remplissage des collecteurs.
- Etat de l'écoulement

Cette phase sera appuyée par un reportage photographique des anomalies constatées.

3.2 Description du réseau d'assainissement existant :

Lors des sorties effectuées nous avons identifié trois (03) rejets d'eau usée déversant directement sur les cours d'eau à l'aval de la localité de Bordj El Amir Abdelkader, principalement sur l'Oued El Had, ces rejets prennent en charge les bassins urbains de cette localité sur une surface totale de 37.8 hectares à travers un réseau existant qui s'étend sur une longueur totale de 10.75km.

Le rejet N°01 : alimenté par le collecteur principal le plus ancien de diamètre Ø1000 en béton armé traversant la ville le long de la route qui relie l'autoroute Est Ouest A1 et le chemin de wilaya CW62 sur une longueur de 1466 m, ce collecteur prend en charge 84% du bassin urbain de cette localité via des collecteurs secondaires dont leurs diamètres varient entre Ø300-Ø500 sur une longueur totale de 6740 m, ce rejet se déverse sur Oued El Had.

Le rejet N°02 : alimenté par un collecteur principal Ø600 en béton armé sur une longueur de 340 m, celui-ci prend en charge 12% du bassin urbain de cette localité via quatre collecteurs secondaires dont leurs diamètres varient entre Ø300-Ø400 sur une longueur totale de 2000 m, ce rejet se déverse sur Oued El Had.

Le rejet N°03 : prend en charge 4 % du bassin urbain de la localité via des collecteurs de diamètre qui varie entre Ø300-Ø400 sur une longueur totale de 470 m, ce rejet se déverse sur un cours d'eau.

Partie Est : cette zone d'une superficie de 17 hectares est en extension et nouvellement urbanisée, la zone est dépourvue d'un réseau public, les eaux usées sont rejetées directement sur le cours d'eau,



Figure 3.1 : représentation du zone non assaini

3.2.1 Statistiques du système d'assainissement existant :

Tableau 3.1°: Statistique du réseau par rapport aux matériaux des collecteurs.

Matériaux	Longueur (m)
Béton armé	2 053.00
Béton	2 464.00
Pehd Ondulé	4 982.00
PVC	693.00
Total	10 192.00 m

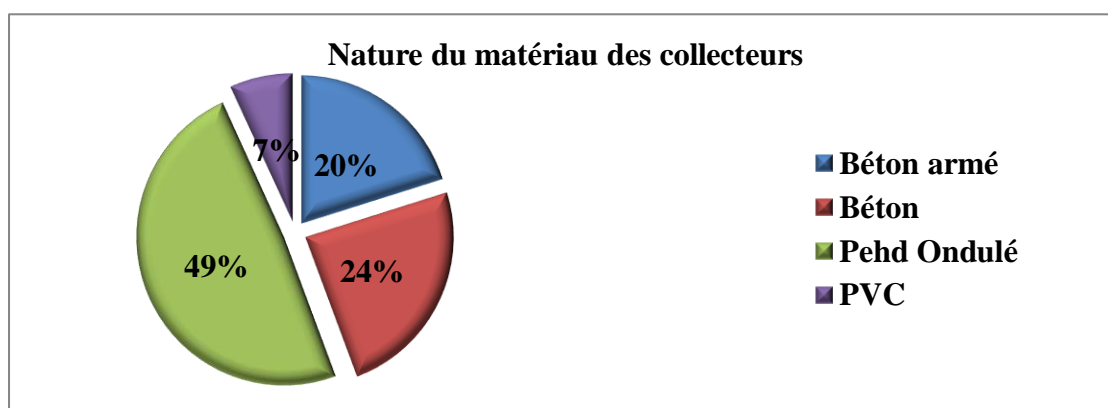


Figure 3.2 : graphe circulaire de type de matière des collecteur

Tableau 3.2 : Statistique du réseau par rapport aux diamètres des collecteurs.

Diamètre (Ø)	Longueur (m)	Pourcentage (%)
Ø 1000	1 446.00	14.2%
Ø 800	267.00	2.7%
Ø 600	340.00	3.3%
Ø 500	480.00	4.8%
Ø 400	3 434.00	33.7%
Ø 300	4 225.00	41.4%
Total	10 192.00 m	100%

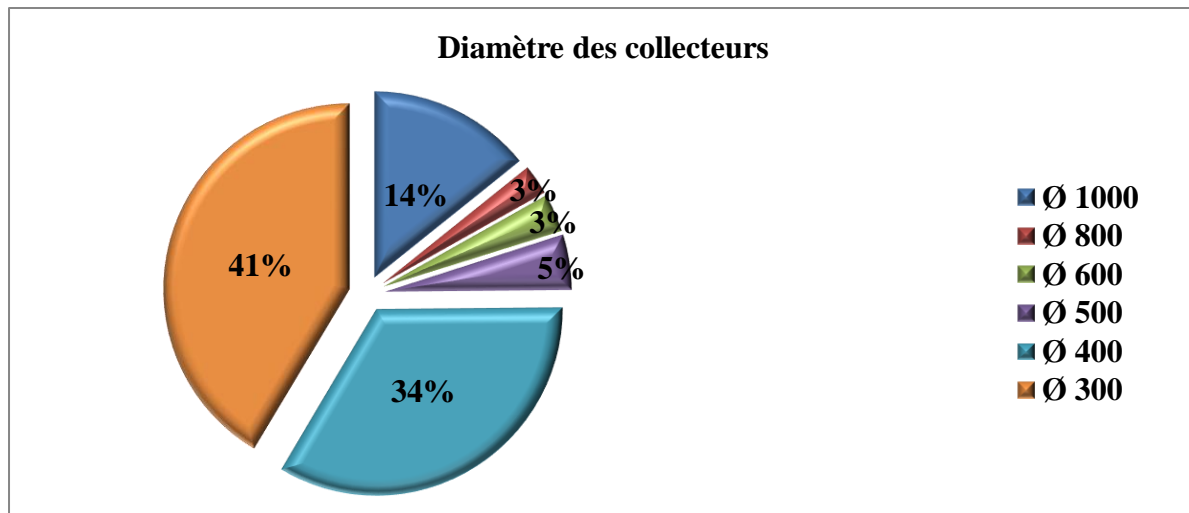


Figure 3.3 : graphe circulaire représenter les diamètres des collecteurs

3.3 Elaboration d'un diagnostic :

Dans le cadre de cette étude, le Bureau d'Etude a élaboré un plan de diagnostic de l'ensemble du système d'assainissement de la commune d'Ain Romana.

Ce plan est réparti sur deux phases suivant :

La première phase consiste à un diagnostic physique appuyée par un reportage photographique des anomalies constatées.

La deuxième phase consiste à élaborer une simulation hydraulique de l'ensemble du réseau pour vérifier le comportement hydraulique et l'auto-curage des collecteurs existants aux différents débits des périodes de retour.

3.3.1 Elaboration d'un diagnostic physique :

Cette phase a été réalisée par une équipe d'ouvriers, chapotée par l'ingénieur en hydraulique elle consiste à élaborer un rapport de diagnostic complet reproduisant l'état physique et réel des collecteurs existants ainsi d'identifier leurs paramètres hydrauliques (Diamètres, Matériaux, Taux de remplissage, l'état de l'écoulement).

- Identification des réseaux d'assainissement existants.
- Identification et recensements des rejets.
- Report du système d'assainissement existant sur un plan d'ensemble
- Description du fonctionnement du système d'assainissement existant

3.3.1.1 Etat des ouvrages annexes

Etat des déversoirs d'orages

Pour ce réseau d'assainissement en remarque absence totale des déversoirs d'orage

Etat des regards de visite



Lors des sorties sur le terrain nous avons aperçu des :

Regards ou le tampon empiète sous la chaussée (54 regards)

Regard avec problème de raccordement (20 regards)



Regard en état acceptable (90 regards)



Regards obstrue(37regards)



RC1			RC2		
					
	Matériaux	Côte Tampon (m)		Matériaux	Côte Tampon(m)
Arrivé	PEHD Ondulé Ø 500	255.81	Arrivé	PEHD Ondulé Ø 500	259.21
Départ	PEHD Ondulé Ø 500		Départ	PEHD Ondulé Ø 500	
Observation			Observation		
<ul style="list-style-type: none"> - Etat de la conduite : Bon état - Etat du regard : Bon état - Etat de l'écoulement : Débit faible - Taux de Remplissage : 03 à 05 cm - Raccordements non conforme et non ajustés - Tampon dégradé et perforé - Tampon rehaussé 			<ul style="list-style-type: none"> - Etat de la conduite : Bon état - Etat du regard : Bon état - Etat de l'écoulement : Débit faible - Taux de Remplissage : 03 à 05 cm - Vitesse d'écoulement : Faible - Raccordements non ajustés - Tampon rehaussé 		





	Matériaux	Côte Tampon (m)		Matériaux	Côte Tampon(m)
Arrivé	Béton Ø 300	243.52	Arrivé	Béton Ø 300	244.41
Départ	Béton Ø 300		Départ	Béton Ø 300	
Observation			Observation		
<ul style="list-style-type: none"> - Etat de la conduite : Conduite Ancienne - Etat du regard : Ancien - Etat de l'écoulement : Débit faible - Taux de Remplissage : 03 à 05 cm - Vitesse d'écoulement : Faible - Dépôt de déchet solide : 10 % - Tampon rehaussé 			<ul style="list-style-type: none"> - Etat de la conduite : Conduite Ancienne - Etat du regard : Ancien - Etat de l'écoulement : Débit faible - Taux de Remplissage : 03 à 05 cm - Vitesse d'écoulement : Faible - Dépôt de déchet solide : 70 % - Tampon rehaussé 		

RE4			RE5		
					
	Matériaux	Côte Tampon (m)		Matériaux	Côte Tampon(m)
Arrivé	PEHD Ondulé Ø 400	309.26	Arrivé	PEHD Ondulé Ø 400	310.85
Départ	PEHD Ondulé Ø 400		Départ	PEHD Ondulé Ø 400	
<p align="center">Observation</p> <ul style="list-style-type: none"> - Etat de la conduite : Bon état - Etat du regard : Bon état - Etat de l'écoulement : Débit faible - Taux de Remplissage : 03 à 05 cm - Présence des graviers au fond du radier du regard 			<p align="center">Observation</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tampon empiété sous la chaussée 		

RH10			RH11		
					
	Matériaux	Côte Tampon(m)		Matériaux	Côte Tampon (m)
Arrivé	Béton Ø 300	261.25	Arrivé	Béton Ø 300	263.22
Départ	Béton Ø 300		Départ	Béton Ø 300	
Observation			Observation		
<ul style="list-style-type: none"> - Etat de la conduite : Ancien collecteur - Etat du regard : Ancien - Déchets solides : 10 % - Etat de l'écoulement : Débit faible - Taux de Remplissage : 02 à 03 cm - Raccordement non ajusté 			<ul style="list-style-type: none"> - Etat de la conduite : Ancien collecteur - Etat du regard : Ancien - Déchets solides : 20 % - Etat de l'écoulement : Débit faible - Taux de Remplissage : 02 à 03 cm - Raccordement non ajusté 		

RI15			RI16-RI17		
					
	Matériaux	Côte Tampon (m)		Matériaux	Côte Tampon(m)
Arrivé	Béton Ø 400	261.74	Arrivé	Béton Ø 400	263.14
Départ	Béton Ø 400		Départ	Béton Ø 400	264.45
Observation			Observation		
<ul style="list-style-type: none"> - Etat de la conduite : Conduite ancienne - Etat du regard : Ancien - Dépôt de déchet solide : 15 % - Le collecteur de départ est obstrué à 15 % - Etat de l'écoulement : Débit faible 			<ul style="list-style-type: none"> - Tampon condamné à cause de la rouille - Etat de la conduite : Conduite ancienne - Etat du regard : Ancien 		

RJ5			RJ6		
					
	Matériaux	Côte Tampon (m)		Matériaux	Côte Tampon(m)
Arrivé	Béton Ø 300	244.95	Arrivé	Béton Ø 300	245.76
Départ	Béton Ø 300		Départ	Béton Ø 300	
Observation			Observation		
<ul style="list-style-type: none"> - Etat de la conduite : Ancien collecteur - Etat du regard : Ancien - Dépôt de déchet solide : 20 % - Etat de l'écoulement : Débit faible - Raccordement non ajusté 			<ul style="list-style-type: none"> - Etat de la conduite : Ancien collecteur - Etat du regard : Les voiles sont dégradés et démolis suite aux raccords non conformes - Dépôt de déchet solide : 20 % - Etat de l'écoulement : Débit faible 		

Etat de rejet :

Rejet N°01



	Matériaux	Côte G. Sup (m)	Côte fil d'eau (m)
Arrivé	Béton Armé Ø 1000	228.48	227.38
Départ			
Observation			
- Etat de la conduite : Non visible - Etat de l'écoulement : Débit moyen - Taux de Remplissage : 40 cm - L'ouvrage de rejet est remblayé par des gravats			

Rejet N°02



	Matériaux	Côte G . Sup (m)	Côte fil d'eau (m)
Arrivé	Béton armé Ø 600	228.53	227.63
Départ			

Observation

- Etat de la conduite : Bon état
- Ouvrage de rejet non réalisé
- Taux de Remplissage : 10 à 15 cm
- Vitesse d'écoulement : Moyen

Rejet N°03



	Matériaux	Côte Tampon(m)	Côte fil d'eau (m)
Arrivé	Non identifier	229.94	229.23
Départ	Non identifier		
Observation			
<ul style="list-style-type: none"> - Rejet obstrué - Collecteur en charge - Rejet sur cours d'eau naturel 			

3.3.2 Elaboration d'un diagnostic hydraulique :

L'objectif de cette mission est d'estimer les débits des eaux usées et pluviales actuels pour les différentes périodes de retour pour élaborer une simulation hydraulique sur le réseau existant et vérifier les capacités de fonctionnement des collecteurs existants.

Pour accomplir cette mission le BET doit exécuter un levé topographique afin de déterminer les côtes fil d'eau pour le calcul des pentes des collecteurs existants.

Conclusion :

Ce chapitre nous a permis d'acquérir des informations sur l'état actuel du réseau d'assainissement grâce à un diagnostic. Il y a une partie qui nécessitent une rénovation totale, et en plus de cela, la zone d'extension est dépourvue de tout réseau d'assainissement. En raison des problèmes engendrés par les rejets, il est impératif de prévoir la mise en place d'un réseau d'assainissement dans les zones qui ne sont pas encore équipées.

Tableau 3.2 : Résultats finals des deux diagnostics.

Collecteur	Diagnostic physique	Diagnostic hydraulique	Conclusion définitive
Collecteur A Rejet 1 - RA13	- Collecteur à maintenir	- Diamètre suffisant - Auto-curage vérifié	- Collecteur à maintenir
Collecteur B RA3 – RB14	- Collecteur à maintenir - Tronçon RB2-Rb16 à renouveler	- Diamètre suffisant - Auto-curage vérifié	- Tronçon RB2-Rb16 à renouveler
Collecteur C RA6 – RC14	- Collecteur à maintenir	- Diamètre suffisant - Auto-curage vérifié	- Collecteur à maintenir
Collecteur D RA1 – RD8	- Collecteur à renouveler	- Diamètre insuffisant	- Collecteur à renouveler
Collecteur E RA13 – RE22	- Collecteur à maintenir	- Diamètre insuffisant	- Collecteur à renouveler
Collecteur F Rejet 2 – RF10	- Collecteur à maintenir	- Diamètre suffisant - Auto-curage vérifié	- Collecteur à maintenir
Collecteur G RF10 - RG9	- Collecteur à renouveler - Tronçon RG3-Rg20 à maintenir - Tronçon RG5-Rg15 à maintenir	- Diamètre insuffisant	- Collecteur à renouveler
Collecteur H RF10 – RH13	- Collecteur à renouveler	- Diamètre insuffisant	- Collecteur à renouveler
Collecteur I RG1 – RI23	- Collecteur à maintenir - Tronçon RI8.1-RI15 à renouveler	- Diamètre insuffisant	- Collecteur à renouveler
Collecteur J RF8 – RJ8	- Collecteur à renouveler	- Diamètre insuffisant	- Collecteur à renouveler
Collecteur K RE14 - RK14	- Collecteur à renouveler - Tronçon RK11-RK12 obstrué	- Diamètre insuffisant	- Collecteur à renouveler
Collecteur L RA13 – RL10	- Collecteur à maintenir - Tronçon RA13-RL2 à renouveler	- Diamètre suffisant	- Tronçon RA13-RL2 à renouve
Collecteur M RL2 – RM17	- Tronçon RL2-RM7 à maintenir - Tronçon RM7-RM17 à renouveler	- Diamètre insuffisant	- Collecteur à renouveler
Collecteur N RM2 – RN7	- Collecteur à maintenir	- Diamètre suffisant	- Collecteur à maintenir
Collecteur O RN2 – RO8	- Collecteur à renouveler	- Diamètre insuffisant	- Collecteur à renouveler
Collecteur P RO4 – RP5	- Collecteur à maintenir - Tronçon RO4-RP7 à renouveler	- Diamètre insuffisant	- Collecteur à renouveler
Collecteur Q Rejet 3 – RQ15	- Collecteur à maintenir	- Diamètre suffisant du Rrejet3-RQ2	- Tronçon Rrejet3-RQ2 à renouveler
Collecteur R RA8– RR1	- Pas de constat physique	- Diamètre suffisant	- Collecteur à maintenir

CHAPITRE 4 :
CALCUL DE BASE

4 calcul de base

4.1 Introduction :

Le dimensionnement d'un réseau d'assainissement, qu'il soit destiné à une zone rurale ou urbaine, doit prendre en compte deux types de précipitations afin de répondre aux besoins :

Le transit des eaux usées vers les installations d'épuration, y compris les eaux résiduaires industrielles le cas échéant. Cela implique de concevoir le réseau de collecte des eaux usées de manière à acheminer efficacement ces eaux vers les installations de traitement appropriées.

L'évacuation des eaux pluviales de manière à prévenir la submersion des zones urbanisées et à éviter toute stagnation des eaux dans les points bas après des averses. Cela nécessite un réseau distinct pour gérer les eaux pluviales, notamment des canalisations, des bassins de rétention, des fossés, etc.

Le dimensionnement d'un réseau d'assainissement implique plusieurs étapes, notamment :

Calcul de base du réseau : Cela comprend l'évaluation de la demande hydraulique, de la capacité des canalisations, et d'autres paramètres liés au transport des eaux usées et des eaux pluviales.

Schéma de réseau : Concevoir le tracé global du réseau en déterminant l'emplacement des conduites, des regards, des ouvrages de régulation, etc.

Nombre de sous-bassins : Identifier et définir les sous-bassins ou zones de collecte des eaux pluviales, qui permettent de gérer efficacement les eaux de ruissellement dans des zones spécifiques.

Coefficient de ruissellement : Estimer le coefficient de ruissellement pour chaque sous-bassin. Ce coefficient représente la fraction des précipitations qui se transforme en ruissellement et est généralement basé sur des caractéristiques locales telles que la nature du sol, le type de revêtement, la topographie, etc.

En somme, le dimensionnement d'un réseau d'assainissement est une tâche complexe qui nécessite une compréhension approfondie des caractéristiques hydrologiques, des besoins locaux et des réglementations en vigueur. Il vise à garantir la gestion efficace des eaux usées et des eaux pluviales, contribuant ainsi à la protection de l'environnement et à la sécurité des zones urbanisées.

4.2 Délimitation des bassins urbains :

Le bassin versant est défini comme la zone de captage pour la collecte des eaux de ruissellement, qui concentre les eaux de ruissellement vers la sortie (appelée l'exutoire), les caractéristiques d'un bassin versant sont sa surface, sa pente moyenne, sa longueur hydraulique, son coefficient de ruissellement, etc.

Un sous-bassin versant est une partie ou une portion d'un bassin versant et présente les mêmes caractéristiques que ce dernier.

- **Le sous-bassin doit être divisé selon les conditions suivantes :**
- **La nature du sol**
- **Densité des maisons ou habitation**
- **Autoroutes et voiries**
- **Pente et limites naturelles (oueds, talweg, etc.).**

Le partage des bassins urbains a été élaboré sur un plan topographique suivant la collecte des eaux usées et pluviales des collecteurs existants.

Après avoir tracé les bassins, nous avons déterminé les caractéristiques de chaque bassin.

4.3 LES SYSTEMES DE COLLECTE ET D'EVACUATION

L'établissement d'un réseau d'assainissement d'une agglomération doit répondre à

deux préoccupations, à savoir :

- assurer une évacuation correcte des eaux pluviales de manière à empêcher la submersion des zones urbanisées,
- assurer l'élimination des eaux usées ménagères et des eaux vannes.

4.3.1 SYSTEMES D'EVACUATION

Quatre systèmes d'évacuation sont susceptibles d'être mis en service, en application des dispositions contenues dans l'instruction technique n° 77 284 du 22 juin 1977.

- a) systèmes fondamentaux,
- b) système pseudo-séparatif,
- c) système composite,
- d) systèmes spéciaux.

4.3.1.1 *systèmes fondamentaux*

On distingue :

4.3.1.1.1 - le système séparatif :

Il consiste à réserver un réseau à l'évacuation des eaux usées domestiques (eaux vannes et eaux ménagères) et sous certaines réserves de certains effluents industriels alors que l'évacuation de toutes les eaux météoriques (eaux pluviales) est assurée par un autre réseau.

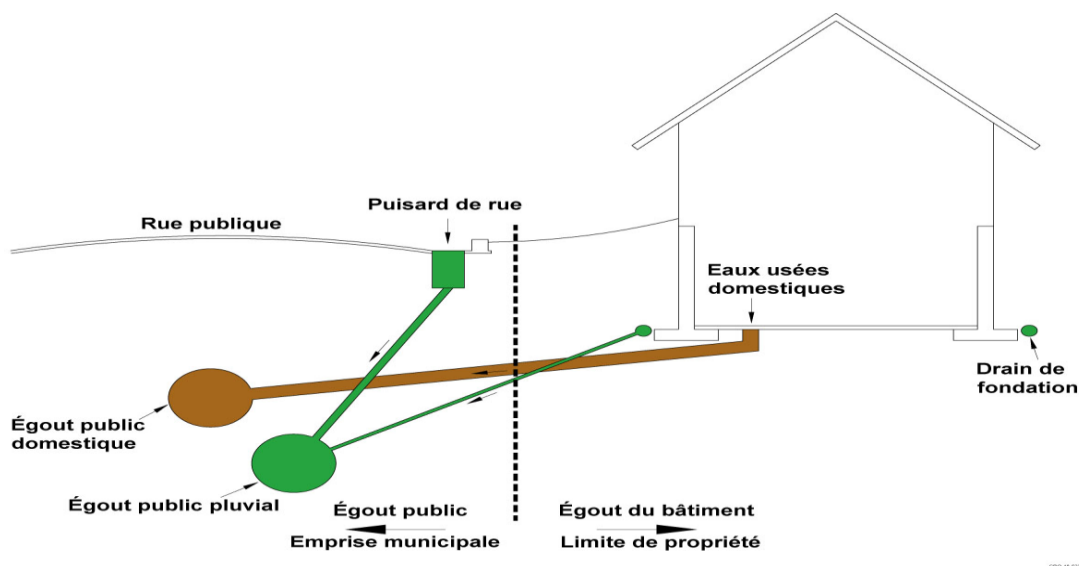


Figure 4.1 : schéma représentatif des branchements dans le système séparatif

Source : (www.gatineau.ca)

4.3.1.1.2 - le système unitaire :

L'évacuation de l'ensemble des eaux usées et pluviales est assurée par un seul réseau généralement pourvu de déversoirs d'orages permettant en cas d'orage le rejet direct, par surverse, d'une partie des eaux dans le milieu naturel.

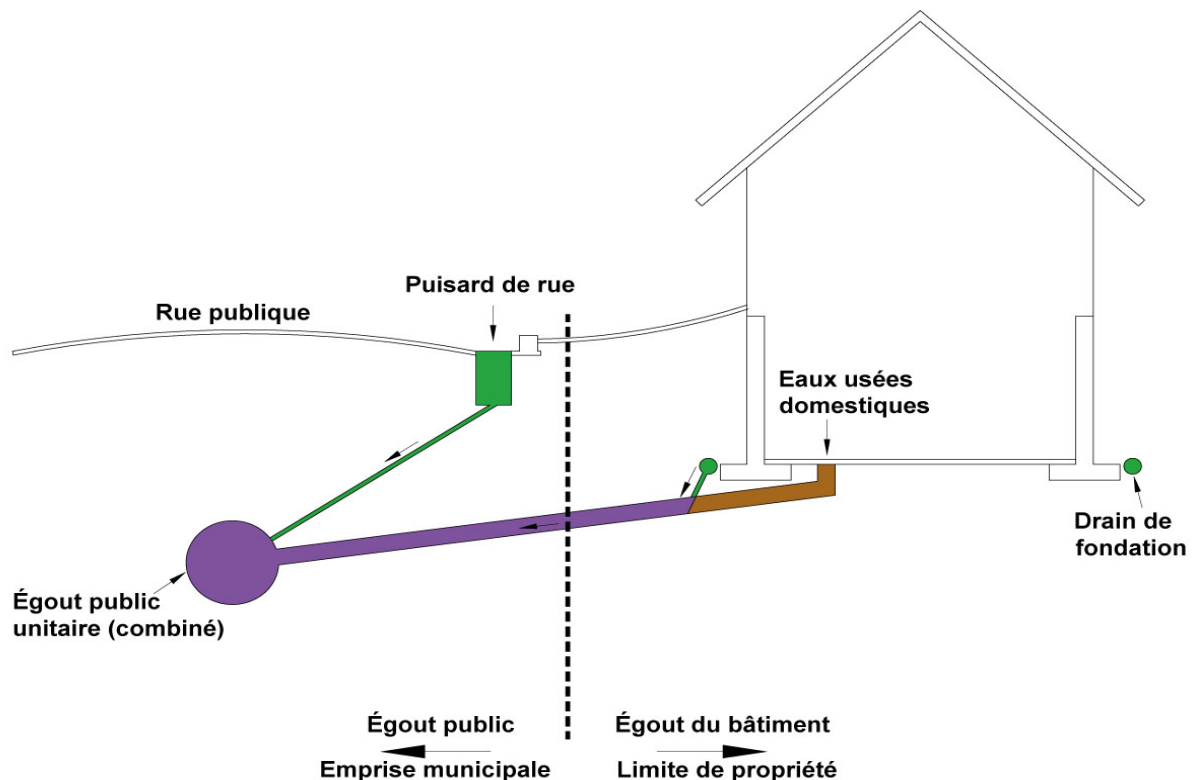


Figure 4.2 : schéma représentatif des branchements dans le système unitaire

Source : (www.gatineau.ca)

4.3.1.1.3 - le système mixte :

On appelle communément système mixte, un réseau constitué suivant les zones en partie d'un système unitaire et d'un système séparatif.

4.3.1.2 système pseudo-séparatif

L'usage a prévalu de désigner sous ce vocable des réseaux séparatifs où le réseau d'eaux usées peut recevoir certaines eaux pluviales provenant des propriétés riveraines.

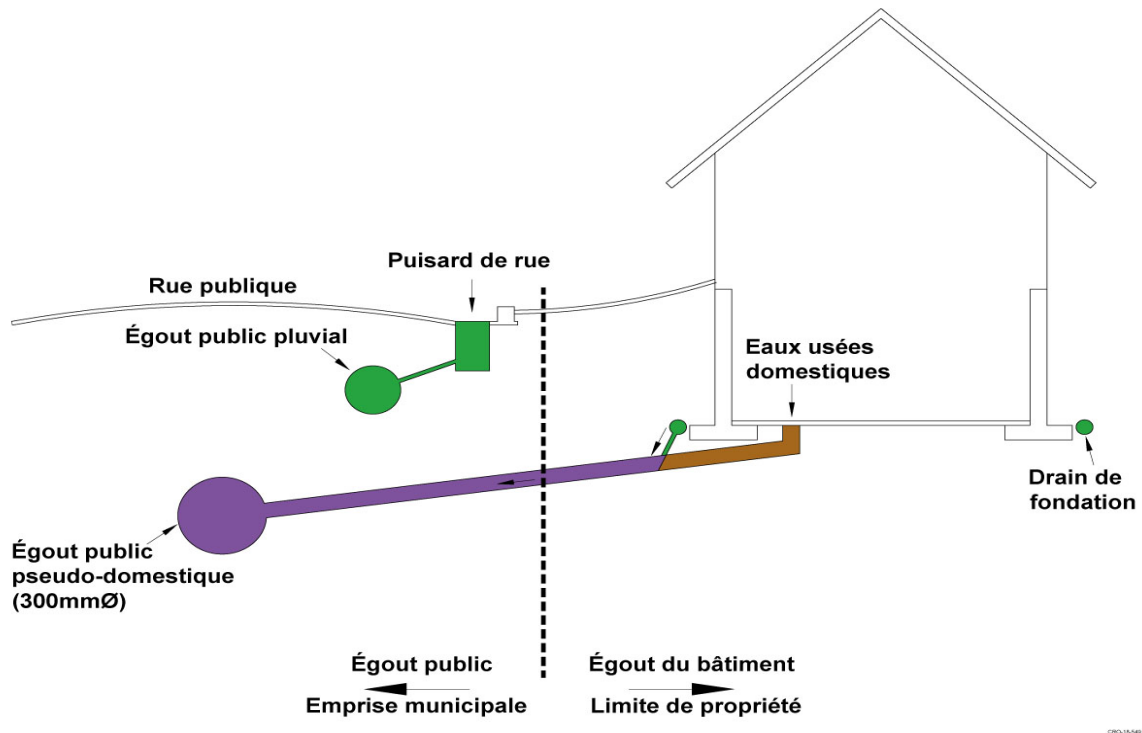


Figure 4.3 : schéma représentatif des branchements dans le système pseudo-séparatif

Source : (www.gatineau.ca)

4.3.1.3 système composite

C'est une variante du système séparatif qui prévoit, grâce à divers aménagements, une dérivation partielle des eaux les plus polluées du réseau pluvial vers le réseau d'eaux usées en vue de leur traitement.

4.3.1.4 systèmes spéciaux

système sous pression sur la totalité du parcours : le réseau fonctionne en charge de façon permanente sur la totalité du parcours.

Système sous dépression : le transport de l'effluent s'effectue par mise des canalisations en dépression.

4.3.2 SCHEMAS TYPES DES RESEAUX D'EVACUATION :

Bien que les réseaux d'évacuation revêtent des dispositions très diverses selon le système choisi, leur schéma (page suivante) se rapproche le plus souvent de l'un des cinq types décrits ci-après :

4.3.2.1 le schéma perpendiculaire au cours d'eau

C'est souvent celui des villes ou communes rurales qui ne se préoccupent que de l'évacuation par les voies les plus économiques et les plus rapides sans avoir un souci d'un assainissement efficace des eaux rejetées.

4.3.2.2 le schéma type « collecteur latéral »

Ce schéma oblige parfois à prévoir des stations de relèvement.

4.3.2.3 le schéma type « collecteur transversal »

Ce schéma permet de reporter par simple gravité l'ensemble des effluents plus loin à l'aval par rapport au schéma précédent.

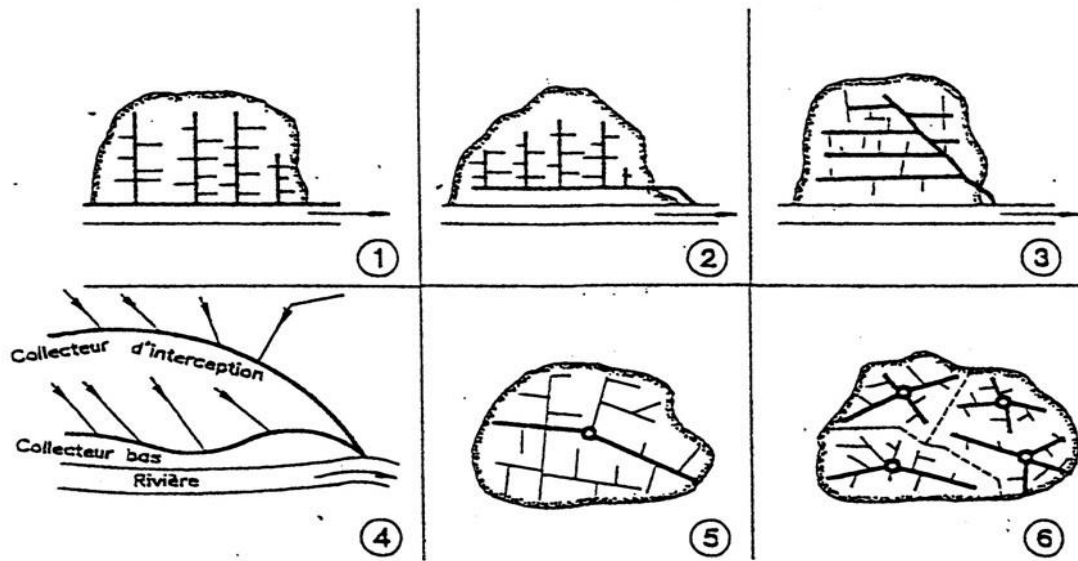
4.3.2.4 le schéma type « par zones étagées »

Ce schéma s'apparente au schéma précédent. Le collecteur bas qui doit souvent faire l'objet de relèvement, se trouve soulagé des apports des bassins dominants qui peuvent être évacués gravitairement.

4.3.2.5 le schéma type « centre collecteur unique » et le schéma type radial

Selon que le réseau converge vers un ou plusieurs points bas où l'on peut reprendre l'effluent pour le relever, on utilise ce type de schéma.

SCHEMAS TYPES DES RESEAUX D'EVACUATION



- | | |
|---|---|
| 1. Schéma type "perpendiculaire" | 4. Schéma type "zones étagées" |
| 2. Schéma type "collecteur latéral" | 5. Schéma type "centre collecteur unique" |
| 3. Schéma type "collecteur transversal" | 6. Schéma type "radial" |

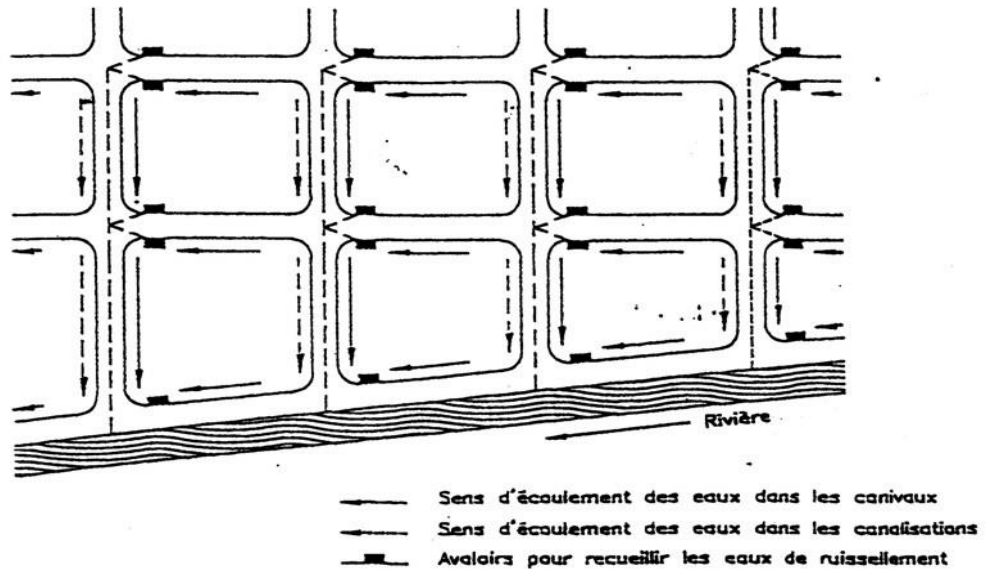


Figure 4.4 : REPRESENTE SCHEMAS TYPES DES RESEAUX D'EVACUATION

4.4 Estimation du Coefficient de ruissellement « Cr » :

Le coefficient de ruissellement, noté « Cr, » est un paramètre essentiel dans la gestion des eaux pluviales. Il est défini comme le rapport entre le volume d'eau qui ruisselle et le volume total de précipitations tombées sur une zone donnée, souvent exprimé en pourcentage. Ce coefficient joue un rôle crucial dans l'estimation des débits de crue lors de fortes précipitations, ce qui est essentiel pour le dimensionnement des réseaux d'assainissement et de drainage.

La valeur du coefficient de ruissellement dépend de plusieurs facteurs, notamment :

La nature du sol : Les types de sols, tels que l'argile, le sable, ou le roc, ont des coefficients de ruissellement différents en raison de leurs propriétés d'infiltration. Par exemple, un sol argileux aura tendance à générer plus de ruissellement qu'un sol sablonneux, car il absorbe moins d'eau.

Le mode d'occupation du sol : La manière dont la zone est aménagée, qu'elle soit urbanisée, agricole, forestière, etc., influence le coefficient de ruissellement. Les surfaces imperméabilisées, telles que les routes, les toits, et les parkings, génèrent plus de ruissellement que les zones naturelles.

L'inclinaison du terrain (la pente) : Les terrains en pente ont tendance à générer plus de ruissellement que les terrains plats, car l'eau a moins de temps pour s'infiltrer dans le sol.

La durée et l'intensité de la pluie : Des pluies intenses sur de courtes périodes génèrent généralement plus de ruissellement que des pluies légères sur de plus longues périodes.

La densité de la population : Les zones urbaines densément peuplées ont souvent plus de surfaces imperméabilisées, ce qui augmente le ruissellement.

Le degré de saturation du sol en eau : Si le sol est déjà saturé en eau en raison de précipitations antérieures, il a moins de capacité d'infiltration, ce qui augmente le ruissellement.

L'humidité de l'air : L'humidité atmosphérique peut influencer la capacité d'infiltration du sol. Un sol sec a généralement une meilleure capacité d'absorption que lorsqu'il est déjà humide.

La détermination précise du coefficient de ruissellement pour une zone donnée nécessite souvent des données météorologiques, géologiques, topographiques, et d'utilisation des terres spécifiques à cette zone. Des études hydrologiques approfondies sont généralement nécessaires pour obtenir des valeurs fiables de ce coefficient, ce qui est essentiel pour la gestion efficace des eaux pluviales et le dimensionnement des infrastructures de drainage et d'assainissement.

Tableau 4.1 : Coefficient de ruissellement en fonction des catégories d'urbanisme

Zone d'urbanisation	Coefficient de ruissèlement
Zone très dense	0,9
Zone dense	0,6-0,7
Zone moins dense	0,4-0,5
Quartiers résidentiels	0,2-0,3
Squares, jardin, prairie	0,05-0,2

Source : www.o2d-environnement.com

Tableau 4.2 : Coefficient de ruissellement en fonction des surfaces considérés

Nature superficielle du bassin versant	Coefficient de ruissellement C_r
Forêt	0,1
Prés, champs cultivés	0,2
Vignes	0,05 à 0,15
Rochers	0,7
Routes sans revêtement	0,7
Routes avec revêtement	0,9
Toitures	0,9

4.4.1 Estimation du coefficient de ruissellement pour chaque sous bassin :

On va estimer la valeur de coefficient de ruissellement pour chaque sous bassin, en se basant sur le plan de masse de la zone d'étude.

Tableau 4.3 :Les résultats de Cr pour chaque bassin

	S(ha)	Cr
bv1	5.95	0.5
bv2	3.92	0.85
bv3	1.93	0.7
bv4	2.97	0.45
bv5	3.33	0.9
bv6	7.38	0.15
bv7	4.84	0.03
bv8	7.39	0.1

4.5 Estimation de la population de la zone d'étude :

Plusieurs méthodes d'estimation de la population future ont été développées, dont la majorité sont établies pour une estimation à court terme, parmi ces méthodes la croissance géométrique qui consiste à exprimer la population future (P_n), en fonction de la population actuelle P_0 , du nombre d'année (n ans) de l'horizon d'étude et du taux d'accroissement géométrique annuel (α).

$$P_n = P_0 \times (1 + \alpha)^n \quad (4.1)$$

- Δn : Nombre d'année.
 - τ : Taux d'accroissement démographique moyen.
 - P_0 : Population actuelle (référence).
 - P_{2055} : Population à l'horizon 2055.
 - $\Delta n = 32$ ans.
 - Taux d'accroissement démographique de la commune Ain Romana ($\tau = 2.7\%$).
 - Population actuelle en 2014 = 5 681 hab.
- (Source d'information : ONS)**

$$P_{2023} = 5\,681 \times (1 + 0.027)^{32}$$

$$P_{2023} = 7031$$

4.5.1 Estimation de la population actuelle et future :

Tableau 4.4 : résultats d'estimation de population

Année	Habitation
2014	5681
2023	7031
2055	16492

4.6 Calcul du nombre d'habitants pour chaque surface élémentaire « Ai »

A défaut de connaître le nombre exact d'habitants de chaque surface élémentaire, on suit les étapes suivantes afin de pouvoir estimer ce dernier.

- On estime le coefficient de ruissellement de chaque surface drainée.
- On calcule le coefficient de ruissellement pondéré total.
- On calcule la densité partielle de chaque surface drainée.
- On déduit le nombre d'habitants dans chaque surface drainée.

-Calcul de la densité partielle :

Le calcul de la densité partielle correspondant à chaque surface élémentaire emble plus compréhensif à travers la relation suivante :

$$\text{Avec : } D_i = \frac{C_{ri} * P_t}{C_{rp} * A}$$

Di : densité partielle pour chaque sous bassin (hab / ha).

Cri: coefficient de ruissellement pour chaque sous bassin.

Crp : coefficient de ruissellement total pondéré.

A : surface totale à drainer (ha).

Pt : nombre total d'habitants (hab) à l'horizon .

Conclusion :

En conclusion, ce chapitre nous a permis d'établir les paramètres fondamentaux nécessaires à une estimation précise des débits d'évacuation, ce qui est essentiel pour réaliser un calcul hydraulique adéquat pour notre agglomération. Les principaux points à retenir sont les suivants :

Le système adopté est le système unitaire avec un schéma type zone étagées .

Nous avons déterminé le coefficient de ruissellement pour chaque sous-bassin, ainsi que le nombre d'habitants. Ces informations joueront un rôle crucial dans la conception et la planification de notre système d'assainissement.

Les résultats :

Tableau 4.5 : résultats de nombre d'habitant pour chaque bassin

	S(ha)	Cri	D_i	Pi(ha)
bv1	5.95	0.5	589.8807341	3510
bv2	3.92	0.85	1002.797248	3931
bv3	1.93	0.7	825.8330277	1594
bv4	2.97	0.45	530.8926607	1577
bv5	3.33	0.9	1061.785321	3536
bv6	7.38	0.15	176.9642202	1306
bv7	4.84	0.03	35.39284404	171
bv8	7.39	0.1	117.9761468	872

*CHAPITRE 5:
ESTIMATION DES
DEBITS*

5 estimation des débits

5.1 introduction :

Le calcul hydraulique du réseau d'assainissement est une étape cruciale pour garantir le bon fonctionnement de ce réseau. Il vise à assurer l'évacuation rapide des eaux usées hors des habitations et le transport de ces eaux dans des conditions d'hygiène satisfaisantes. Pour ce faire, plusieurs considérations doivent être prises en compte :

-L'évacuation rapide des eaux usées hors des habitations .

-Le transport des eaux usées dans des conditions d'hygiène satisfaisantes .

Tout à fait, les ouvrages d'évacuation dans un réseau d'assainissement, tels que les collecteurs et les regards, doivent respecter des normes spécifiques en ce qui concerne l'écoulement, l'implantation en profondeur et la résistance mécanique pour garantir le bon fonctionnement et la durabilité du réseau. Voici quelques points clés à considérer :

Respect des normes d'écoulement : Les ouvrages d'évacuation, tels que les collecteurs et les regards, doivent respecter des normes d'écoulement spécifiques. Cela signifie qu'ils doivent être dimensionnés pour gérer les débits d'eaux usées prévus sans risque d'obstruction ni de reflux. Le respect de ces normes garantit le bon fonctionnement du réseau.

Implantation en profondeur et résistance mécanique : Les collecteurs et les regards doivent être installés en respectant la profondeur adéquate pour assurer leur stabilité et leur durabilité. Ils doivent également être conçus pour résister aux charges extérieures, telles que la pression du sol et, dans certains cas, la circulation routière.

Meilleur choix du tracé des collecteurs : Le tracé du réseau de collecteurs doit être soigneusement étudié pour minimiser les contraintes hydrauliques, maximiser l'efficacité de l'écoulement et réduire les coûts. Le choix du tracé doit également prendre en compte les aspects environnementaux et urbanistiques.

Maintenance régulière et surveillance : Une fois le réseau en place, une planification de maintenance régulière est cruciale pour s'assurer que les ouvrages restent en bon état de fonctionnement. La surveillance continue du réseau à l'aide de systèmes de gestion des eaux usées permet de détecter rapidement les problèmes potentiels et d'y remédier.

5.2 Origine et nature des eaux usées à évacuer :

L'eau est altérée par l'activité humaine qu'elle soit domestique, industrielle, artisanale, agricole... En effet, après usage, l'eau est dite « polluée » et se doit d'être traitée avant de rejoindre le milieu naturel. Sans cela, elle pourrait causer de graves dommages car la capacité naturelle d'épuration des cours d'eau a pour effet de consommer l'oxygène de la rivière. Ce qui n'est pas sans conséquences sur la flore et la faune aquatiques. Lorsque l'importance du rejet excède la capacité d'autoépuration de la rivière, la détérioration de l'environnement peut être durable et les zones privées d'oxygène par la pollution entraînent la mort de la faune et de la flore ou créent des barrières infranchissables empêchant notamment la migration des poissons. La présence excessive de phosphates favorise le phénomène d'eutrophisation, soit la prolifération d'algues nuisible à la faune aquatique, pouvant rendre la baignade dangereuse et perturber la production d'eau potable.

5.2.1 Les eaux usées domestiques

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau et sont, essentiellement, porteuses de pollution organique :

eaux ménagères (salles de bains et cuisines) sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques...

eaux-vannes (rejets des toilettes) chargées de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux.

5.2.2 Les eaux usées industrielles

Très différentes des eaux usées domestiques, leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre.

En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent contenir :

des produits toxiques ; des solvants ; des métaux lourds ; des micropolluants organiques ;

des hydrocarbures...

Certaines de ces eaux usées font l'objet d'un prétraitement de la part des industriels avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte.

5.2.3 Les eaux pluviales et de ruissellement

Les eaux de pluie ne sont pas dépourvues de pollutions et peuvent constituer une cause de dégradations importantes des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. Ces eaux se chargent :

d'impuretés, au contact de l'air (fumées industrielles, résidus de pesticides...),

de résidus déposés, en ruisselant sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus, métaux lourds...).

5.2.4 Les eaux parasites

Les eaux claires parasites, couramment appelées "eaux parasites," désignent généralement les eaux non contaminées qui entrent accidentellement dans un réseau d'assainissement. Elles proviennent souvent des sources suivantes :

Drainage : Ces eaux proviennent généralement de systèmes de drainage des eaux pluviales ou de l'excès d'eau provenant de surfaces imperméabilisées, comme les chaussées, les trottoirs et les toits.

Infiltrations après une chute de pluie : Après une précipitation, l'eau peut s'infiltrer à travers le sol et pénétrer dans le réseau d'assainissement par des joints défectueux ou des fissures dans les canalisations.

Remontée de la nappe : Lorsque la nappe phréatique est proche de la surface, l'eau souterraine peut remonter dans le réseau d'assainissement par des joints mal confectionnés ou des fissurations dans les collecteurs.

Les eaux claires parasites peuvent être un problème dans les réseaux d'assainissement car elles augmentent la charge hydraulique sans nécessité, ce qui peut entraîner une surcharge du système et des coûts de traitement inutiles. Les principales causes de leur infiltration sont souvent liées à des problèmes d'infrastructure tels que des joints mal confectionnés ou déboîtés, des fissures dans les canalisations dues au tassement du sol ou à la croissance des racines des arbres.

La gestion efficace des eaux claires parasites nécessite une inspection régulière des réseaux d'assainissement pour identifier et réparer les sources d'infiltration. Des techniques de

réhabilitation, telles que la réparation des joints, la rénovation des canalisations ou la mise en place de revêtements d'étanchéité, peuvent être utilisées pour réduire l'infiltration d'eau non nécessaire dans le réseau d'assainissement. Cela contribue à optimiser le fonctionnement du système et à minimiser les coûts de traitement des eaux usées.

5.3 Estimation des débits des eaux usées :

Les écoulements d'eaux usées ou de temps sec se composent des écoulements d'eaux usées (domestiques, artisanales et industrielles) et des écoulements parasites (eaux pluviales injectées dans le réseau). Les débits d'eaux usées sont estimés en général d'après les consommations moyennes par habitant pour les eaux d'origines domestiques ou par activité pour les effluents industriels. Ces calculs sont simples et leur programmation ne nécessite pas des algorithmes complexes.

5.3.1 LES DEBITS D'EAUX USEES DOMESTIQUES

On détermine une consommation journalière de l'année se situant dans la fourchette de 100 à 250 l/j/hab (Ceau variable en fonction du contexte local : 200 à 250 l/j/habitans les habitats nouveaux ou rénovés et dans les grandes villes, 100 l/s pour des communes rurales).

On calcule le débit moyen Q_m avec :

$$Q_{moy,j} = Deau \cdot Nhab$$

Deau en l/j/hab

Q_m en l/s

On détermine le coefficient de pointe p qui est le rapport entre le débit maximal et le débit moyen au cours de la même journée.

$$Q_{p.dom} = Kp \times Q_{moy,j} \quad (5.1)$$

Avec :

- $Q_{p.dom}$: débit de pointe des eaux usées domestiques (L/s).
- $Q_{moy,j}$: débit moyen journalier rejeté (L/s).
- Kp : coefficient de pointe ; calculé à partir du débit moyen de rejet :

$$Kp = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{moy,j}}} \quad \text{si : } Q_{moy,j} \geq 2.81 \text{ L/s} \quad (5.2)$$

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

Les débits des eaux usées domestiques à évacuer sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau 5.1 : Débits des eaux usées domestiques pour chaque sous bassin

	pi	Qr	D(l/j/hab)	Qmoy(l/s)	Cp	Qp(l/s)
bv1	3510	0,8	200	6.499611792	2.48	16.11903724
bv2	3931	0,8	200	7.279565207	2.42	17.6165478
bv3	1594	0,8	200	2.951588414	2.95	8.707185821
bv4	1577	0,8	200	2.919909634	2.96	8.642932516
bv5	3536	0,8	200	6.547676148	2.47	16.17276009
bv6	1306	0,8	200	2.41851101	3	7.255533029
bv7	171	0,8	200	0.31722475	3	0.951674251
bv8	872	0,8	200	1.614525417	3	4.84357625

5.3.2 Débits des eaux usées des établissements publics :

L'évaluation de ces débits se fait de la même manière que les eaux domestiques, en se basant sur la consommation d'eau potable pour chaque type d'usager.

Tableau 5.2: Débits des eaux usées des équipements publics pour chaque sous bassin

	Equipment	Déq(l/personne)	Nu	Q _p ^{éq} (l/s)
BV1	ecole	20	220	0.124
BV2	mosque	30	200	0.166
BV4	ecole	20	250	0.138
BV5	mosque	30	220	0.183
BV5	CEM	20	210	0.116

5.3.3 Evaluation des débits d'eaux pluviales :

Le dimensionnement d'un réseau pluvial, qui vise à gérer efficacement les eaux de pluie, repose sur l'estimation des précipitations les plus fortes susceptibles de se produire dans une période de retour donnée, généralement 10 ans dans ce cas (débit décennal). Lors de précipitations, seule la fraction d'eau qui ruisselle est pertinente pour le dimensionnement d'un ouvrage donné, car c'est cette fraction d'eau qui doit être évacuée de manière adéquate par le réseau pluvial.

En fonction de l'étendue du bassin versant et de son niveau d'urbanisation, il existe deux méthodes essentielles pour évaluer les débits pluviaux :

- La méthode rationnelle.

- La méthode superficielle

5.3.3.1 La méthode rationnelle

La méthode que vous décrivez est la méthode rationnelle, également connue sous le nom de méthode de Lloyd-Davis ou méthode SCS (Service de Conservation des Sols). Elle est couramment utilisée pour estimer les débits pluviaux dans les bassins urbains de petite à moyenne taille, généralement inférieurs à 10 hectares. Cette méthode est basée sur l'idée de découper le bassin versant en secteurs limités par des lignes isochrones, où chaque secteur a une superficie définie.

La formule de la méthode rationnelle pour estimer les débits pluviaux est la suivante :

$$Q = \alpha \cdot Cr \cdot i \cdot A \quad (5.3)$$

Avec:

Q : Débit maximum de ruissellement.

A : Superficie de l'aire à drainer (ha).

Cr : Coefficient de ruissellement.

i : Intensité de précipitation (l / s / ha).

α : Coefficient correcteur de l'intensité tenant compte de la distribution de la pluie dans l'espace, dont sa détermination est en fonction de la forme du bassin.

5.3.3.1.1 Les hypothèses de la méthode rationnelle :

Cette méthode s'applique à la base des hypothèses suivantes :

- L'intensité maximale du ruissellement à tout point du réseau est en fonction du taux moyen de précipitations durant le temps de concentration.

- Le débit de pointe Q_p de l'hydrogramme de ruissellement est une fraction du débit précipité.
- L'intervalle de récurrence du débit de pointe Q_p est le même que celui de l'averse d'intensité uniforme i .

5.3.3.1.2 Temps de concentration :

C'est une caractéristique du bassin ; définie comme étant le temps mis par la pluie tombée au point le plus éloigné, en durée d'écoulement, pour atteindre l'entrée du collecteur qui doit évacuer l'apport de la surface considérée.

❖ Le temps de concentration « t_c » se compose de :

➤ t_1 (min) : temps mis par l'eau pour s'écouler dans les canalisations.

$$t_1 = \frac{L}{60v} \quad (5.4)$$

Avec :

- L : longueur de canalisation (m).

- v : vitesse d'écoulement (m/s).

- Le terme 60 pour la conversion de secondes (s) en minutes (min).

➤ t_2 : temps mis par l'eau pour atteindre le premier ouvrage d'engouffrement. En général, il varie de 2 à 20 min.

➤ t_3 (min) : temps de ruissellement superficiel dans un bassin ne comportant pas de canalisations.

$$t_3 = \frac{Ls}{11 \cdot \sqrt{i}} \quad (5.5)$$

Avec :

- L_s : parcours superficiel de l'eau dans le bassin (km).

- i : pente moyenne du parcours (%).

* Donc, trois (03) cas peuvent être envisagés :

- Le bassin ne comporte pas de canalisation : $t_c=t_3$.
- Le bassin comporte un parcours superficiel puis une canalisation : $t_c=t_1+t_3$.
- Le bassin est urbanisé et comporte une canalisation : $t_c=t_1+t_2$.

* Dans le cas général, pour les zones peu allongées, le temps de concentration « t_c (min) » est donné par la relation suivante :

$$T_c=3.98 * \left(\frac{L}{\sqrt{I}}\right)^{0.77} \quad (5.6)$$

Avec :

- L : cheminement hydraulique le plus long (km).
- I : pente moyenne du chemin parcouru (%).

5.3.3.1.3 Validité de La méthode rationnelle :

la méthode rationnelle est en effet adaptée aux bassins versants de petite à moyenne taille, généralement inférieurs à 10 hectares, et elle fournit des résultats fiables lorsqu'elle est utilisée dans ces conditions. Elle est particulièrement efficace pour estimer les débits pluviaux dans les zones où le temps de concentration, c'est-à-dire le temps nécessaire à l'eau pour atteindre le point de sortie du bassin versant, ne dépasse pas 30 minutes. Cependant, elle devient moins pratique à utiliser pour des zones de plus grande étendue en raison de la complexité des calculs.

Il faut délimiter l'aire totale à assainir afin d'y tracer le schéma d'ossature. Ensuite, il convient d'étudier les subdivisions correspondant aux sous bassins d'apport avec toutes les caractéristiques concernant : Les surfaces, les longueurs, les pentes, les coefficients de ruissellement moyens et pondérés,...etc.

5.3.3.2 .La méthode superficielle :

La méthode de Caquot ou la méthode superficielle est une variante de la méthode rationnelle. Ce modèle établit le bilan hydraulique du débit précipité sur le bassin versant jusqu'à l'instant à peu près égal au temps de concentration « t_c » où on observe le débit de pointe « Q_p » à l'exutoire. L'expression générale de la formule de Caquot est la suivante :

$$Q = K^{\frac{1}{U}} * C_R^{\frac{1}{U}} * I^{\frac{V}{U}} * A^{\frac{W}{U}} \quad (5.7)$$

Avec :

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

$$K = \frac{a * u}{6 + (\beta + \delta)}$$

$$u = 1 - b * f$$

$$v = c * b$$

$$w = 1 - \varepsilon + d * b$$

5.3.3.2.1 Evaluation des paramètres de Caquot :

5.3.3.2.1.1 • Paramètres liés à la pluviométrie :

- a, b : sont les coefficients de la formule de Montana (courbes IDF). Les valeurs qu'ils prennent sont issues d'un calcul purement hydrologique selon les régions, les périodes de retour et les fréquences.

- ε : abattement spatial de la pluie ;

$\varepsilon = 0.5$ pour $S < 100$ ha.

$\varepsilon = 0.03$ la valeur la plus adoptée.

• Paramètres caractérisant la transformation de la pluie en débit :

- $\beta + \delta = 1.1$: représente l'effet de stockage et d'écèlement, cette valeur devrait augmenter avec la taille des bassins.

• Paramètres concernant le bassin versant :

- $c=-0.41$; $d=0.51$; $f=-0.29$.

- μ : coefficient d'ajustement de la forme du bassin, donnée par :

$$\mu=0.28 \times M^{0.84}$$

Où :

$$M=L/\sqrt{Sc}$$

Avec :

- M : coefficient d'allongement qui caractérise la forme du bassin-versant.

- L : le plus long chemin hydraulique (m).

- Sc : étant la surface du carré équivalent qui est égale à celle du bassin (m²).

Remarque :

La valeur de « M » doit être supérieure à 0.8 (une valeur qui correspond à un bassin-versant en forme de demi-cercle). La formule de Caquot est donnée pour $M=2$. Et pour des valeurs de « M » différentes de 2, le débit de pointe « Q_p » donnée par la formule doit être corrigé par le coefficient d'influence :

$$m = \left(\frac{M}{2}\right)^{0.7 \cdot b}$$

5.3.3.2.2 Temps de concentration :

D'après DESBORDES, Le temps de concentration (valable pour les deux méthode) est donné par l'expression suivante :

$$t_c=0.28 \times M^{0.84} \times l^{-0.41} \times A^{0.51} \times Q_p^{-0.29} \quad (5.8)$$

Avec :

- t_c (min) ; l (m/m) ; A (ha) ; Q_p (m³/s)

5.3.3.2.3 Validité de la méthode superficielle :

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

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

5.3.3.2.4 Formules d'assemblage et d'équivalence :

Les méthodes de calcul du débit pluvial sont en général valables pour des bassins de caractéristiques physiques homogènes. L'application du modèle superficielle à un groupement de sous bassins hétérogènes nécessite l'emploi de formules d'équivalence.

Ces formules diffèrent selon la hiérarchie des sous bassins constituant le groupement ; des bassins seront dits en série lorsque l'exutoire d'un des bassins constitue l'entrée de l'autre, les bassins seront dits en parallèle lorsque leurs exutoires convergent vers le même bassin versant.

Tableau 5.3: Formules d'assemblage des bassins versants dans la méthode de Caquot

Paramètres équivalents	$A_{\text{éq}}$	$C_{\text{éq}}$	$I_{\text{éq}}$	$M_{\text{éq}}$
Bassins en série	$\sum A_i$	$\frac{\sum C_i * A_i}{\sum A_i}$	$\left(\frac{\sum L_i}{\sum \sqrt{I_i}}\right)^2$	$\frac{\sum L_i}{\sqrt{\sum A_i}}$
Bassins en parallèle			$\frac{\sum (I_i * Q_i)}{\sum Q_i}$	$\frac{L(tc; \max)}{\sqrt{\sum A_i}}$

5.3.4 Choix de la méthode :

la méthode rationnelle pour l'évaluation des débits pluviaux est approprié dans ce cas, en particulier si les conditions de validité de cette méthode sont respectées sur tous les sous-bassins, c'est-à-dire les superficies sont inférieures à 10 hectares.

5.4 Calcul des débits pluviaux :

Vu que les surfaces des sous bassins sont petites, les valeurs du coefficient « α » s'approchent de l'unité, par conséquent il sera pris égal à 1. Les résultats de calcul des débits pluviaux pour chaque surface élémentaire sont reportés respectivement dans le tableau suivant :

Tableau 5.4 : Débits totaux des eaux pluviales à évacuer

	S(ha)	Cr	Y	I(l/s/ha)	Q(l/s)	Q(m ³ /s)
bv1	5.95	0.5	1	131	389.725	0.389725
bv2	3.92	0.85	1	131	436.492	0.436492
bv3	1.93	0.7	1	131	176.981	0.176981
bv4	2.97	0.45	1	131	175.0815	0.1750815
bv5	3.33	0.9	1	131	392.607	0.392607
bv6	7.38	0.15	1	131	145.017	0.145017
bv7	4.84	0.03	1	131	19.0212	0.0190212
bv8	7.39	0.1	1	131	96.809	0.096809

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons entrepris l'estimation et l'évaluation des quantités d'eau à évacuer, englobant à la fois les eaux usées et les eaux pluviales. Il est important de noter que la zone d'étude a aucune industrie.

D'après les valeurs obtenues pour les débits, il est manifeste que les débits des eaux usées (domestiques et publiques) ne représentent qu'une fraction minime des débits pluviaux. Cette phase revêt une importance cruciale pour amorcer le prochain chapitre, qui portera sur le calcul hydraulique et le dimensionnement des conduites nécessaires pour gérer efficacement ces débits.

CHAPITRE 6 :
DIMENSIONNEMENT
DU RESEAU
D'ASSAINISSEMENT

6 Dimensionnement du réseau d'assainissement

6.1 Introduction

Le calcul hydraulique du réseau d'assainissement est essentiel pour garantir son bon fonctionnement. Voici quelques considérations clés pour assurer une évacuation efficace des eaux usées et le respect des normes d'écoulement :

Évacuation rapide des eaux usées : Les collecteurs d'assainissement doivent être dimensionnés de manière à permettre une évacuation rapide et efficace des eaux usées hors des habitations. Cela implique de prendre en compte le débit généré par les habitations ainsi que les débits de ruissellement pluvial qui peuvent survenir en cas d'averses importantes.

Transport dans des conditions d'hygiène satisfaisantes : Les conduites d'assainissement doivent être conçues pour maintenir des conditions hygiéniques satisfaisantes. Cela signifie qu'elles doivent être étanches pour éviter les fuites d'eaux usées ou d'odeurs désagréables. De plus, un système de ventilation adéquat peut être nécessaire pour prévenir l'accumulation de gaz dangereux dans les conduites.

Normes d'écoulement : Les collecteurs et les regards doivent être conformes aux normes d'écoulement locales ou nationales. Cela inclut des critères tels que la capacité de transport des débits attendus, la pente appropriée des conduites pour maintenir des vitesses d'écoulement adéquates sans érosion excessive ni dépôts, et la conception de regards pour faciliter l'inspection et la maintenance.

Implantation en profondeur : L'implantation en profondeur des conduites doit être réalisée de manière à résister aux charges extérieures. Cela inclut les charges dues au trafic routier, aux fondations de bâtiments, etc. Une analyse structurelle appropriée peut être nécessaire pour garantir la résistance mécanique des conduites.

Choix du tracé des collecteurs : Le tracé des collecteurs doit être soigneusement étudié pour minimiser les coûts de construction tout en respectant les exigences hydrauliques. Cela peut impliquer de suivre des axes de rue existants ou de choisir des itinéraires qui minimisent les impacts environnementaux.

le calcul hydraulique et la conception du réseau d'assainissement doivent prendre en compte à la fois les aspects hydrauliques et structurels pour garantir un bon fonctionnement du

système, une évacuation rapide des eaux usées et le respect des normes d'écoulement et d'hygiène. Une planification minutieuse et une coopération avec des ingénieurs spécialisés dans le domaine de l'assainissement sont souvent nécessaires pour atteindre ces objectifs.

6.2 Mode de dimensionnement des canalisations :

Connaissant en chaque point, les débits à évacuer et la pente des ouvrages, le choix des sections sera déduit de la formule d'écoulement adoptée. Les dimensions des canalisations varient compte tenu des diamètres courants de fabrication, ce qui apporte de ce fait, une capacité supplémentaire d'écoulement.

6.2.1 . FORMULE DE CHEZY (Ecoulement uniforme)

Dans l'instruction technique de 1977, les ouvrages sont calculés suivant une formule d'écoulement résultant de celle de CHEZY

$$V = C \sqrt{RI} \quad (6.1)$$

V : Vitesse d'écoulement en m/s

R : Rayon hydraulique avec $R=s/p$

S : section mouillée en m²

P : périmètre mouillé en m

I : Pente de l'ouvrage en m.p.m

C : Coefficient pour lequel on adopte celui donné par la formule de BAZIN

6.2.2 FORMULE DE MANNING-STRICKLER :

$$C = k * R_h^{1/6} \quad (6.2)$$

$$V = K * R_h^{2/3} * I^{1/2}$$

$$Q = K * R_h^{2/3} * I^{1/2} * S$$

K = Coefficient de Manning - Strickler

S = Section mouillée de l'ouvrage au m²

P = Périmètre mouillé de l'ouvrage en m

R = Rayon hydraulique de l'ouvrage S / P en m

I = Pente longitudinale de l'ouvrage en m/m

V = Vitesse de l'eau dans l'ouvrage en m/s

Q = Débit capable de l'ouvrage en m³/s

Valeurs courantes de K utilisées pour les études :

- Ouvrages en fonte, béton, grés, PVC, PEHD,... : K = 70 à 80

- Ouvrages métalliques en tôle ondulée : K = 40 à 45

- Fossés profonds engazonnés : K = 25 à 30

Il faut distinguer les coefficients annoncés par les fabricants (coefficients allant jusqu'à 110 calculés en laboratoire sur une canalisation neuve sans dépôt) et les coefficients réels qui tiennent compte de la fixation de matières en suspension dans le fond des ouvrages (ce biofilm se substitue alors au coefficient de Manning – Strickler du matériau de l'ouvrage).

6.3 Procédé de calcul :

1-Déterminer le débit et la pente pour chaque point.

2-Le diamètre calculé est exprimé par :

$$D_{CAL} = \left(\frac{3.2 * Q}{K * \sqrt{I}} \right)^{3/8} \quad (6.3)$$

Avec :

- Dcal (m) ; Q (m³/s) ; I (m/m)

3- Fixer le diamètre normalisé de la conduite « DN ».

4- La vitesse à pleine section est calculée à partir de la relation (VI.1) :

Pour un rayon hydraulique $R_h = D_n/4$; on a :

$$v_{ps} = K * \left(\frac{D_n}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * \sqrt{I} \quad (6.4)$$

Avec :

- v_{ps} (m/s) ; D_n (m) ; I (m/m)

5- Le débit à pleine section :

$$Q_{ps} = v_{ps} * \frac{\pi * D_n^2}{4} \quad (6.5)$$

Avec :

- Q_{ps} (m³/s) ; v_{ps} (m/s) ; D_n (m)

6- Le rapport des débits :

$$r_Q = Q/Q_{ps} \quad (6.6)$$

7- Déterminer les vitesses réelles par :

$$v = r_v * v_{ps} \quad (6.7)$$

Avec :

- r_v : rapport des vitesses, donnée comme suit :

$$r_v = -25.63 * r_Q^6 + 93.647 * r_Q^5 - 134.25 * r_Q^4 + 95.24 * r_Q^3 - 35.151 * r_Q^2 + 7.0395 * r_Q + 0.226 \quad (6.8)$$

8- La hauteur de remplissage :

$$H = r_H * D_N \quad (6.9)$$

Avec :

- r_H : rapport des hauteurs, donnée comme suit :

$$r_H = -11.423 * r_Q^6 + 40.641 * r_Q^5 - 55.497 * r_Q^4 + 37.115 * r_Q^3 - 12.857 * r_Q^2 + 2.8373 * r_Q + 0.0359 \quad (6.10)$$

Où :

- γ : un coefficient d'écoulement qui varie suivant les matériaux utilisés et la nature des eaux transportées.

6.4 Conditions d'écoulement et de dimensionnement :

Il est important de bien comprendre les principes d'écoulement en assainissement pour concevoir des systèmes efficaces tout en préservant l'intégrité des conduites. Voici quelques points clés à retenir :

Écoulement gravitaire: Dans la mesure du possible, les systèmes d'assainissement sont conçus pour permettre un écoulement gravitaire, c'est-à-dire que les eaux usées s'écoulent naturellement en suivant la pente du terrain sans nécessiter de pompes. Cela dépend de la topographie du terrain.

Vitesse d'auto-curage: Pour éviter la sédimentation de particules solides (comme le sable) dans les conduites, il est essentiel de maintenir une vitesse minimale d'écoulement. En général, on vise une vitesse d'au moins 0,6 m/s pour un dixième du débit de pleine section et 0,3 m/s pour un centième du débit de pleine section. Si ces vitesses ne sont pas atteintes, des dispositifs tels que des chasses automatiques ou des curages périodiques peuvent être nécessaires.

Vitesse d'érosion: Les conduites ne doivent pas permettre des vitesses d'écoulement excessives, généralement au-dessus de 4 à 5 m/s. Des vitesses plus élevées peuvent provoquer une érosion rapide des parois internes des conduites, en particulier en présence de sable, ce qui peut endommager les canalisations.

Pentes admissibles: Il est nécessaire de limiter les pentes des conduites pour éviter une vitesse d'écoulement excessive. Des pentes trop raides peuvent également causer des problèmes, notamment la dégradation des joints et du revêtement intérieur des conduites circulaires. Il est donc important de trouver un équilibre entre une pente suffisamment inclinée pour garantir l'écoulement et une pente qui n'endommagera pas la structure de la canalisation.

En somme, la conception d'un système d'assainissement doit tenir compte de nombreux facteurs, dont la topographie, la vitesse d'écoulement, la prévention de la sédimentation et de l'érosion, ainsi que la préservation des conduites. Cela nécessite une planification minutieuse et une compréhension approfondie des principes hydrauliques.

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons examiné l'aspect hydraulique, en particulier le dimensionnement du réseau de collecte des eaux usées et des eaux pluviales, y compris les collecteurs principaux existants et les nouveaux. Il est ressorti de notre analyse que les anciens collecteurs ne peuvent pas gérer les débits calculés, ce qui nécessite leur remplacement par de nouveaux collecteurs.

Il est important de noter que notre dimensionnement a pris en compte deux aspects essentiels :

La vitesse d'auto-curage,

La vitesse d'érosion,

Ces considérations sont essentielles pour garantir l'efficacité et la durabilité du système de collecte des eaux usées et pluviales.

CHAPITRE 7 :
LES ELEMENTS
CONSTITUFS DU
RESEAU

7 Les éléments constitutifs du réseau

7.1 Introduction :

Les ouvrages annexes jouent effectivement un rôle crucial dans la gestion efficace des réseaux d'égout. Ils remplissent diverses fonctions essentielles pour garantir le bon fonctionnement de ces réseaux, en particulier lors de conditions météorologiques extrêmes telles que de fortes pluies. Voici quelques-unes des raisons pour lesquelles ces ouvrages annexes sont d'une grande importance :

Collecte et Réception des Effluents : Certains ouvrages annexes, comme les regards et les postes de relevage, sont conçus pour collecter et acheminer efficacement les eaux usées des zones résidentielles et industrielles vers les stations d'épuration. Ils agissent comme des points de réception cruciaux pour les effluents.

Facilitation de l'Entretien : Certains ouvrages sont conçus pour faciliter l'entretien du réseau d'égout. Ils servent de points d'accès permettant aux équipes de maintenance d'inspecter, nettoyer et réparer le réseau de manière efficace.

Optimisation des Coûts : Les ouvrages annexes peuvent jouer un rôle économique important en contribuant à l'optimisation des coûts d'exploitation et de maintenance. Ils permettent de gérer plus efficacement les flux d'eaux usées et pluviales, réduisant ainsi la nécessité de surdimensionner le réseau.

Gestion des Eaux Pluviales : En particulier lors de fortes pluies, les ouvrages annexes tels que les déversoirs d'orage, les bassins de rétention et les réservoirs de stockage sont essentiels pour gérer temporairement les eaux pluviales excédentaires, prévenant ainsi les inondations et les débordements dans le réseau d'égout.

Séparation des Eaux Pluviales et Usées : Certains ouvrages sont conçus pour séparer les eaux pluviales des eaux usées, contribuant ainsi à prévenir la contamination des eaux usées et à réduire la charge sur les stations d'épuration.

7.2 Les ouvrages principaux :

Les formes et types d'ouvrages annexes préfabriqués utilisés dans les réseaux d'assainissement comme Caniveaux Cylindriques ; Ovoïdes Préfabriqués ; Ouvrages Visiteables .

Ces ouvrages préfabriqués sont essentiels pour la construction et l'entretien des réseaux d'assainissement. Ils offrent des solutions efficaces pour la collecte, le transport et le traitement des eaux usées et pluviales, tout en facilitant l'accès aux infrastructures pour les activités de maintenance et d'inspection. Le choix entre caniveaux cylindriques, ovoïdes préfabriqués et autres structures dépend des exigences spécifiques du projet d'assainissement et des caractéristiques du réseau.

7.2.1 Type de canalisation :

plusieurs matériaux couramment utilisés pour la fabrication de canalisations dans les réseaux d'assainissement et d'eau potable. Voici une brève description de chaque matériau :

Tuyaux en Béton non armé :

Les tuyaux en béton non armé sont fabriqués à partir de béton sans renforcement en acier. Ils sont principalement utilisés dans les applications de drainage des eaux pluviales et d'assainissement. Ils sont solides, résistants à la corrosion et durables.

Tuyaux en Béton Armé :

Les tuyaux en béton armé sont similaires aux tuyaux en béton non armé, mais ils sont renforcés avec de l'acier pour augmenter leur résistance à la tension. Ils sont utilisés dans des applications similaires, notamment pour les conduites d'égout et de drainage.

Tuyaux en Polychlorure de Vinyle (PVC) :

Les tuyaux en PVC sont largement utilisés dans les réseaux d'eau potable et d'assainissement. Ils sont légers, faciles à installer, résistants à la corrosion et durables. Le PVC est également utilisé pour les canalisations électriques.

Tuyaux en Fonte :

Les tuyaux en fonte sont robustes, résistants à la corrosion et durables. Ils étaient couramment utilisés pour les réseaux d'eau potable et d'assainissement, bien que leur utilisation ait diminué avec l'adoption de matériaux plus légers comme le PVC et le PEHD (Polyéthylène Haute Densité).

Le choix du matériau de canalisation dépend des exigences spécifiques du projet, notamment la nature du fluide transporté, la pression, la durabilité, les contraintes environnementales et budgétaires. Chacun de ces matériaux a ses avantages et inconvénients, et il est essentiel de sélectionner le matériau approprié pour garantir un fonctionnement fiable du réseau.

7.2.2 Choix du type de canalisation :

Pour faire le choix des différents types de conduite on doit tenir compte

- Des pentes du terrain
- Des diamètres utilisés
- De la nature du sol traversé
- De la nature chimique des eaux usées
- Des efforts extérieurs dus au remblai

Pour notre projet nous optons pour des collecteurs en PEHD. Ondulé pour tout le réseau et le Béton Armé et béton pour les tronçons qui passent par la chaaba 'oued .

7.2.3 Les joints des conduites :

Le choix judicieux des assemblages est lié à la qualité du joint. Ce dernier 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)

Pour les tuyaux en béton armé on a différents types des joints à utiliser :

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

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

joint torique :

Il est utilisé pour des diamètres variant entre 700 et 900mm, pour les sols faibles.

Il assure une bonne étanchéité pour les faibles pressions.

Joint à collet :

C'est un joint à emboîtement rigide, avec collage en ciment, il est utilisé que dans les bons sols et terrains à pente faible, à éviter dans les terrains argileux.

joint plastique :

Ce Joint assure une bonne étanchéité même si la conduite est en charge, la présence du cordon de la butée en bitume et la bague ou manchon en matière plastique contribuent à la bonne étanchéité, s'adapte à presque tous les sols si la confection est bien faite.

Voici ce que nous avons utilisé comme types de joints pour les collecteurs de type de matériau en PEHD

Joint à emboîtement :

Ce type de joint est simple à installer et ne nécessite pas d'outils spéciaux. Les bagues d'étanchéité en caoutchouc permettent de garantir une étanchéité fiable entre les tuyaux, tout en offrant une certaine flexibilité pour absorber les mouvements et les déformations.

Joint électrosoudable :

Ce type de joint crée une connexion solide et homogène entre les tuyaux en utilisant la technique de l'électrofusion. Il offre une excellente étanchéité et résistance mécanique, et est particulièrement adapté aux applications nécessitant une résistance élevée à la pression.

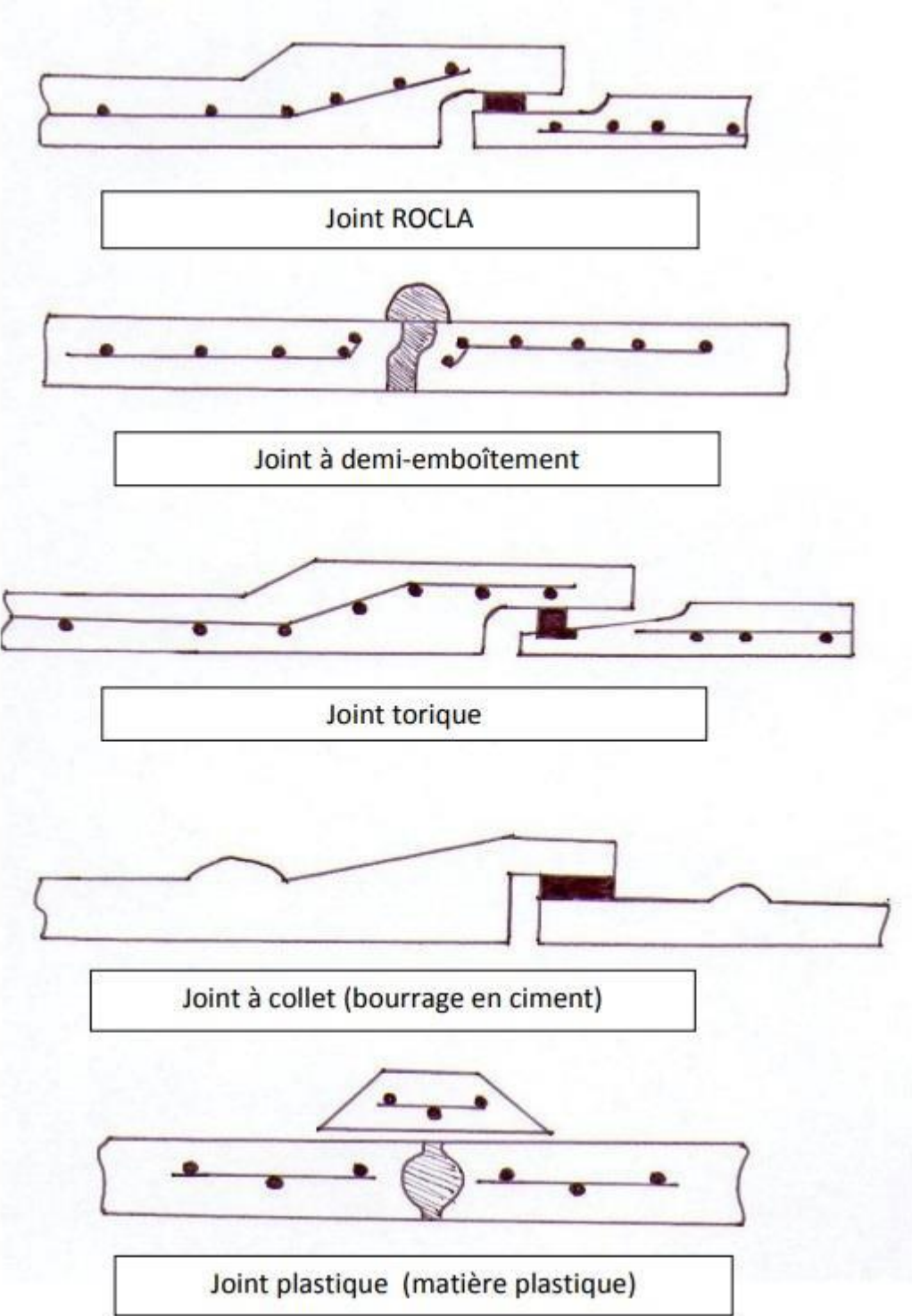


FIGURE 7.1: type des joints

7.3 Essais des tuyaux préfabriqués :

Il est tout à fait essentiel de réaliser des essais sur les tuyaux préfabriqués avant leur installation dans le réseau. Ces essais garantissent la qualité et la conformité des canalisations, ce qui est crucial pour le bon fonctionnement à long terme du réseau d'assainissement ou d'eau potable. Voici quelques informations supplémentaires sur les principaux essais mentionnés :

7.3.1 Essai à l'Écrasement :

Cet essai vise à déterminer la capacité des tuyaux à résister à des charges d'écrasement. Il est réalisé en utilisant une presse automatique, comme mentionné précédemment, pour appliquer une charge progressive sur les tuyaux jusqu'à ce qu'ils atteignent leur point de rupture par écrasement. Cet essai vérifie la résistance mécanique des canalisations.

7.3.2 Essai d'Étanchéité :

L'essai d'étanchéité sert à s'assurer que les tuyaux ne présentent aucune fuite ou infiltration indésirable. Les tuyaux sont soumis à une pression d'eau spécifique pour vérifier s'ils conservent leur étanchéité. Les tuyaux qui échouent à cet essai peuvent être sujets à des fuites dans le réseau, ce qui peut entraîner des problèmes environnementaux et de maintenance.

7.3.3 Essai de Corrosion :

L'essai de corrosion est réalisé pour évaluer la résistance des tuyaux aux effets corrosifs de l'eau ou de l'environnement. Il est essentiel de s'assurer que les canalisations ne se dégradent pas rapidement en raison de la corrosion, ce qui pourrait réduire leur durée de vie utile.

Échantillonnage : Pour effectuer ces essais de manière représentative, des échantillons de tuyaux sont prélevés au hasard dans chaque lot de canalisations. Le nombre d'échantillons prélevés est déterminé en fonction des normes et des pratiques de l'industrie. Le fait de prélever des échantillons au hasard garantit que les résultats des essais reflètent la qualité de l'ensemble de la production.

Ces essais sont essentiels pour assurer la qualité, la durabilité et la sécurité des canalisations utilisées dans les réseaux d'assainissement et d'eau potable. Ils permettent de s'assurer que les tuyaux répondent aux normes de qualité et performance spécifiées, minimisant ainsi les risques de problèmes futurs dans le réseau.

7.4 les ouvrages annexes :

les ouvrages annexes jouent un rôle essentiel dans la gestion des réseaux d'égout en contribuant à leur efficacité opérationnelle, en minimisant les coûts et en assurant la capacité du réseau à faire face aux conditions météorologiques défavorables. Leur installation et leur dimensionnement appropriés sont essentiels pour garantir le bon fonctionnement du réseau, notamment lors de fortes précipitations. ces ouvrages se présentent sous deux groupes :

- Les ouvrages normaux.
- Les ouvrages spéciaux.

7.4.1 Les ouvrages normaux :

Ce sont des ouvrages courants indispensables en amont ou sur le cours des réseaux. Ils assurent généralement la fonction de recette des effluents ou d'accès au réseau.

7.4.1.1 les branchements :

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

Un branchement comprend trois parties essentielles ;

Un regard de façade qui doit être disposé en bordure de la voie publique et au plus près de la façade de la propriété raccordée pour permettre un accès facile aux personnels chargés de l'exploitation et du contrôle du bon fonctionnement

Des canalisations de branchement qui sont de préférence raccordées suivant une oblique inclinée à 45° ou. 60° par rapport à l'axe général du réseau public.

Les dispositifs de raccordement de la canalisation de branchement sont liés à la nature et aux dimensions du réseau public.

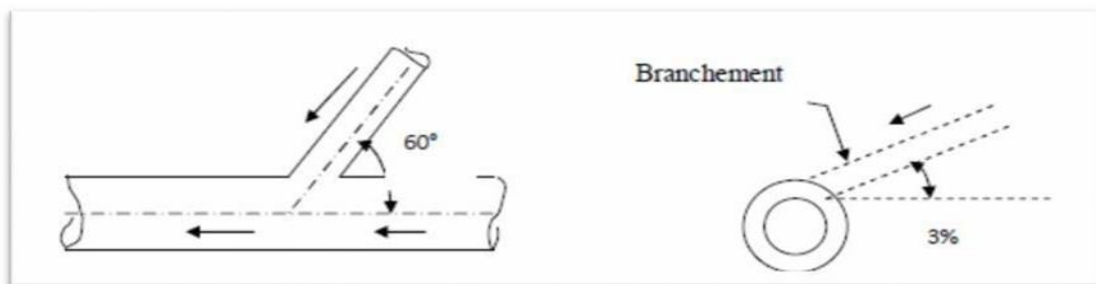


Figure7.2: Exemple d'un branchement simple

7.4.1.2 Les fossés

Les fossés sont destinés à la recueille des eaux provenant des chaussées en milieu rural. Ils sont soumis à un entretien périodique.

Dans notre cas, on les place au niveau des collecteurs secondaires raccordés aux collecteurs principaux .

7.4.1.3 Les caniveaux

Sont destinés au recueil des eaux pluviales ruisselant sur le profil transversal de la chaussée et trottoirs et au transport de ces eaux jusqu'aux bouches d'égout.

Dans notre projet, les caniveaux sont placés entre les bouches d'égout et au niveau des voiries étroites pour permettre l'évacuation des eaux pluviales vers les bouches d'égout.

7.4.1.4 Les bouches d'égout :

Les bouches d'égouts sont destinées à collecter les eaux en surface (pluviale et de lavage des chaussées).

Elles sont généralement disposées au point bas des caniveaux, soit sur le trottoir.

La distance entre les deux bouches d'égout est en moyenne de 50 m.

la section d'entrée est en fonction de l'écartement entre les deux bouches afin d'absorber le flot d'orage venant de l'amont.

Elles peuvent être classées selon deux critères : la manière de recueillir des eaux et la manière dont les déchets sont retenus.

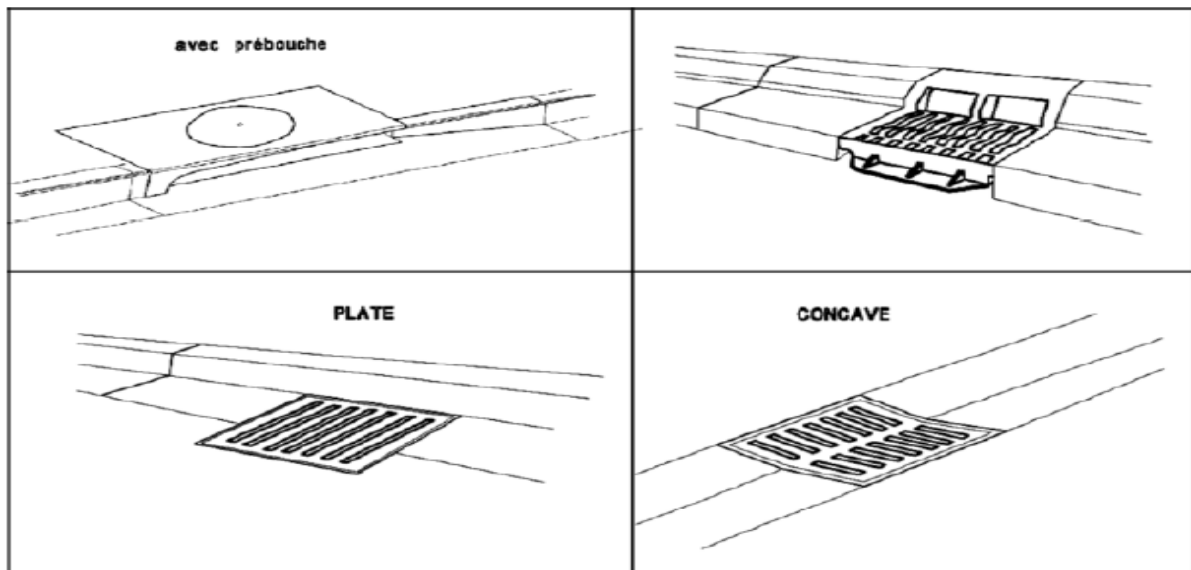


Figure 7.3: Les bouches d'égout

7.4.1.5 les regards

Les regards sont en fait des fenêtres par lesquelles le personnel d'entretien pénètre pour assurer le service et la surveillance du réseau.

Ce type de regard varie en fonction de l'encombrement et de la pente du terrain ainsi que du système d'évacuation.

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

La distance entre deux regards est variable

- 35 à 50 m en terrain accidenté.
- 50 à 80 m en terrain plat.

Sur les canalisations les regards doivent être installés

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

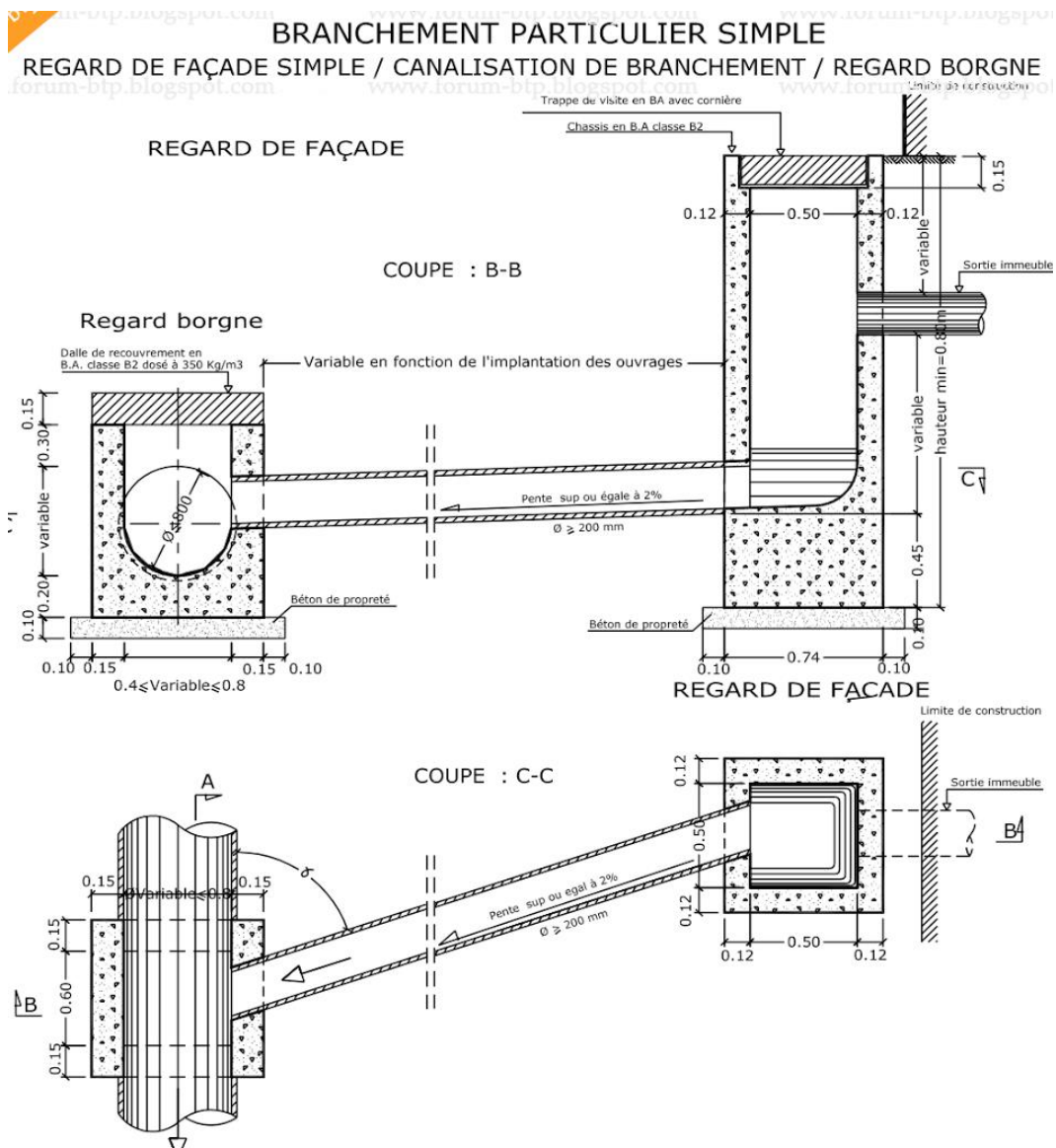


FIGURE7.4: schéma regard simple

source : (forum-btp.blogspot.com)

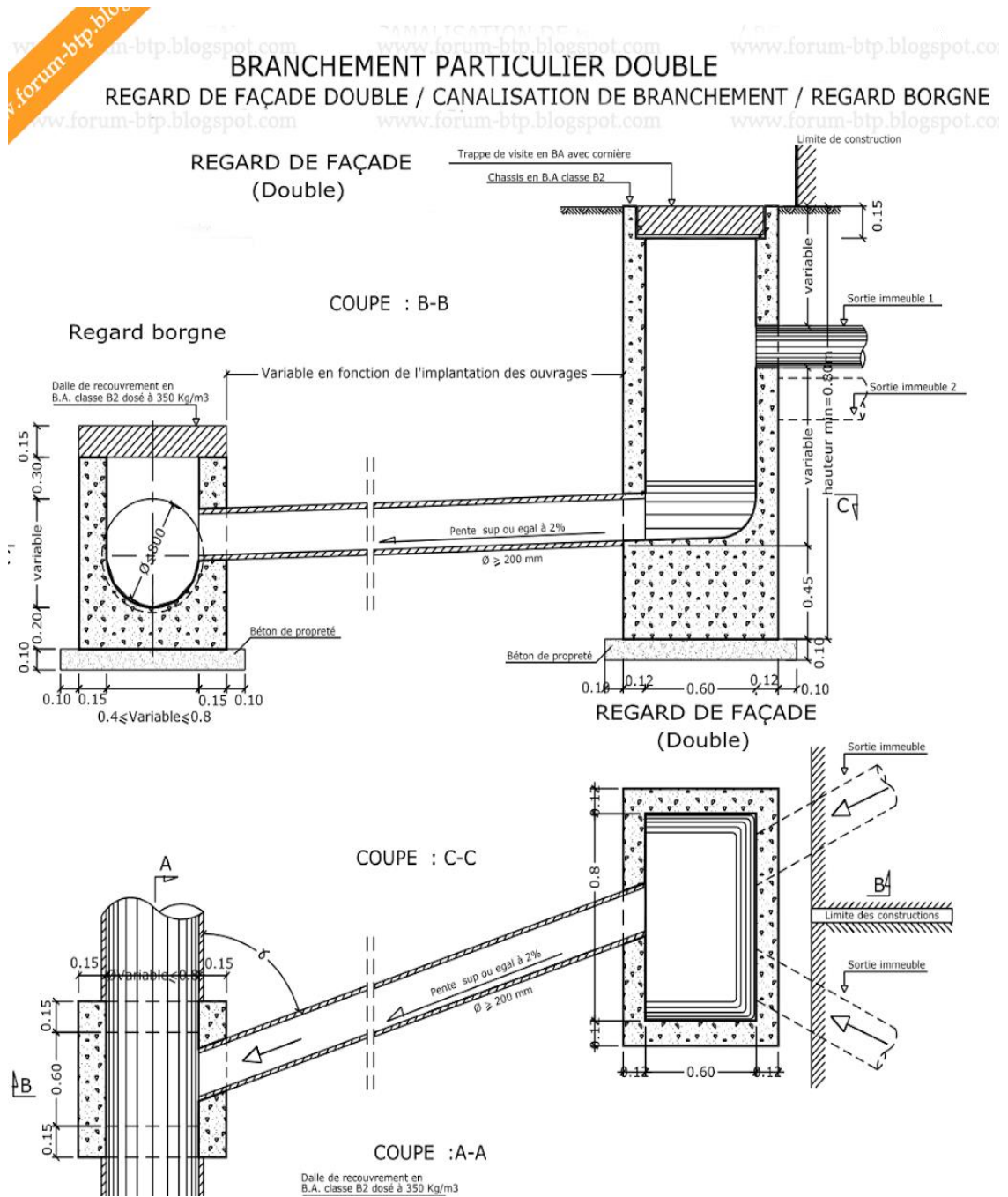


FIGURE7.5: schéma regard double

Source :(forum-btp.blogspot.com)

7.4.2 Les ouvrages spéciaux :

7.4.2.1 Les Déversoirs d'orage

Un **déversoir** est un dispositif dont la fonction essentielle est d'évacuer les pointes exceptionnelles des débits d'orage vers le milieu récepteur.

C'est donc un ouvrage destiné à décharger le réseau d'assainissement d'une certaine quantité d'eaux pluviales, de manière à réagir sur l'économie d'un projet en réduisant les dimensions du réseau aval.

Les **déversoirs d'orage** sont appelés à jouer un rôle essentiel, notamment dans le concept des réseaux en système unitaire.

L'étude d'un **déversoir d'orage** en unitaire ou d'une décharge d'eaux pluviales doit, en conséquence, être menée sur deux plans :

- d'abord sur le plan qualitatif, en recherchant la valeur de dilution de l'effluent que le milieu récepteur est susceptible d'accepter sans conséquences graves pour son équilibre ; le degré de dilution sera donc établi en fonction du pouvoir auto-épurateur du milieu récepteur ;
- ensuite sur le plan quantitatif, en recherchant les valeurs de débits compatibles avec l'économie générale du projet.

7.4.2.2 Type des déversoirs d'orage

On distingue différents types des **déversoirs d'orage** selon la pente, l'écoulement, la position de la STEP (station d'épuration).

- **Déversoirs d'orage** à seuil frontal.
- **Déversoirs d'orage** à seuil latéral.
- **Déversoirs d'orage** avec ouverture du radier.
- **Déversoir d'orage** à double seuil latéral.
- **Déversoir d'orage** avec ouverture du radier.

7.4.2.2.1 Déversoir d'orage à seuil frontal

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

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

L'implantation de ce type de **déversoir d'orage** est tout indiquée sur une branche de réseau adjacente à un collecteur de berge, à condition de n'être pas perturbée, par les mises en charge imposées à l'aval.



Figure 7.6: Déversoir d'orage à seuil frontal (coupe en plan).

Source : (hydrauliqueformation.blogspot.com).

7.4.2.2 Déversoir d'orage à seuil latéral

Le **déversoir d'orage** classique à seuil latéral biais ou unilatéral à seuil haut ou bas peut être équipé de dispositifs de vannage. Il présente l'intérêt majeur de permettre la conception d'un seuil long sans occuper beaucoup de place.

A l'aval de la chambre de déversement, le contrôle du débit conservé en système unitaire peut être réalisé par le choix d'un orifice calibré, situé à l'entrée du collecteur unitaire aval ou collecteur d'acheminement des eaux polluées vers la station d'épuration :

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

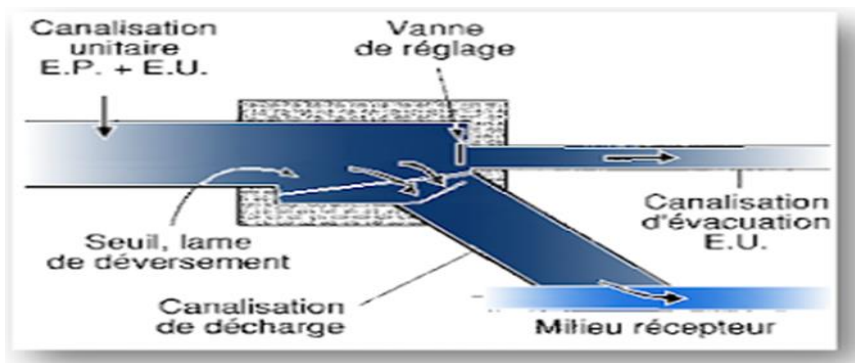


Figure 7.7 : Déversoir d'orage classique à seuil latéral biais

Source : (hydrauliqueformation.blogspot.com).

7.4.2.2.3 Déversoir d'orage à double seuil latéral

Dans ce type de **déversoir d'orage**, la cunette transitant le débit de temps sec et de « petite pluie » est suspendue dans la longueur de la chambre.

Il s'agit de cas bien particuliers, au niveau d'une chute dans le collecteur ou liés à de très fortes pentes.

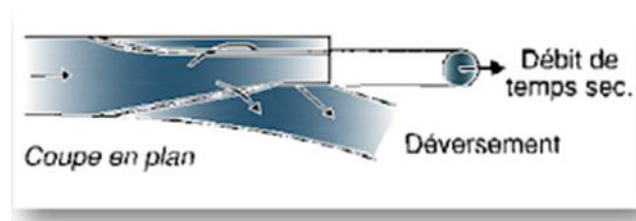


Figure 7.8 :Déversoir d'orage à double seuil latéral

Source :(hydrauliqueformation.blogspot.com).

7.4.2.2.4 Déversoir d'orage avec ouverture du radier

Dans ce type de **déversoir d'orage**, le débit de temps sec et de « petite pluie » passe par l'orifice dans le fond ou sur le côté du radier.

Le débit de fuite de temps sec ou de petite pluie se calcule selon la loi des orifices.

Il s'agit d'un type d'ouvrage à déconseiller fortement, qui a tendance à se boucher en permanence, donc à déverser souvent par temps sec.

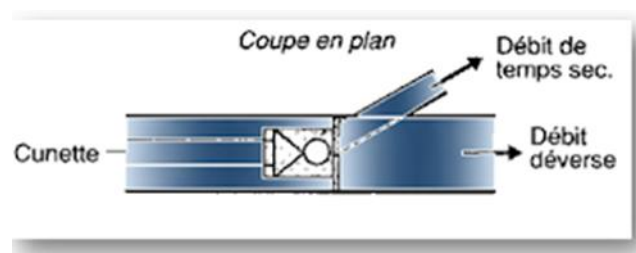


Figure 7.9 :Déversoir d'orage avec ouverture du radier

Source :(hydrauliqueformation.blogspot.com).

7.4.2.3 dimensionnement des déversoirs d'orage :

Mode de calcul :

Pour le calcul des déversoirs d'orage frontale On doit adopter :

- Le débit total de dimensionnement qui est égal à la somme des débits en temps sec (Q_{US}) et du débit pluvial (Q_P)

$$Q_T = Q_P + Q_{US} \quad (7.1)$$

- Débit de pointe transité vers le collecteur de rejet qui transporte les eaux vers la station d'épuration :

$$Q_{ST} = 3 \cdot Q_{US}$$

-Le débit rejeté vers l'Oued :

$$Q_R = Q_T - Q_{ST}$$

- On détermine la valeur de la lame déversée (H_r)

- On détermine la longueur du seuil, déversant (L).

B) – Les données de base sont les suivantes :

- Diamètre d'entrée : D_e = 1000 mm

- Débit des eaux pluvial : Q_{pl} = 1.57m³/s

- Débit à pleine section : Q_{ps} = 2.74 m³/s

- Débit d'eau usée : Q_{us} = 0.11m³/s

- Débit de temp sec : Q_{ts} = 0.33 m³/s

- La pente égale à 0,003m/m

C)- 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.

$$Z = 1 - 100/t_c \quad (7.2)$$

t_c : Temps de concentration (mn)

$$t_c = 18.11 \text{ mn}$$

$$\text{Donc } Z = 0.90$$

D)-Calcul du débit pluvial corrigé

$$Q_{pl.cor} = Z * Q_{pl} = 0.90 * 1.57 = 1.41 \text{ m}^3/\text{s} \quad (7.3)$$

$$Q_{pl.cor} = 1.41 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Le débit total : } Q_t = Q_{ts} + Q_{pl.cor} = 1.743 \text{ m}^3/\text{s}$$

E) -Hauteur d'eau allant vers le bassin de décantation :

Pour calculer la hauteur d'eau transitée vers le bassin de décantation on doit passer au calcul de :

$$R_Q = Q_{st}/Q_t \text{ et } R_h = H_{st}/D_e$$

Donc :

$$R_Q = 0.19 \text{ et a partir de l'abaque on trouve } R_h = 0.27$$

$$H_{st} = D_e \cdot R_h = 1000 * 0.20 = 200 \text{ mm}$$

$$H_{ST} = 200 \text{ mm}$$

F) -Hauteur de la lame déversant :

On doit calculer la hauteur de la lame d'eau déversant .

$$R_{Qt} = Q_t/Q_{ps} = 0.63 \text{ et a partir de l'abaque on trouve } R_t = h_t/D = 0.72$$

$$h_t = R_t * D = 720$$

En calcule la lame déversant :

$$h_d = h_t - H_{st} = 720 - 200 = 520 \text{ mm}$$

$$H_d = 520 \text{ mm}$$

G)Dédution de la largeur du seuil « L » :

On applique la formule de BAZIN

$$Q_{dév} = \mu * L * (H_{dév})^{3/2} \sqrt{2g} \quad (7.4)$$

- 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 au-dessus du seuil du déversoir

$$L = \frac{Q}{0.4 * (H_{dév})^{1.5} * \sqrt{2g}}$$

$$L = \frac{1.41}{0.4 * (0.52)^{1.5} * \sqrt{2 * 9.81}}$$

$$L = 5.09 \text{ m}$$

Conclusion :

Pour assurer une exploitation rationnelle de notre réseau d'assainissement, il est impératif de faire un choix judicieux en ce qui concerne les conduites qui le composent, en tenant compte de leur forme et du matériau de construction.

Dans notre cas, après avoir passé en revue les différents types de conduites disponibles, nous avons opté pour des conduites circulaires en béton armé, car elles répondent de manière satisfaisante aux exigences de notre projet. Par ailleurs, afin de faciliter les opérations de curage et d'assurer une meilleure sécurité pour notre réseau, nous avons entrepris l'implantation et le dimensionnement des différents éléments constitutifs du réseau d'égouts.

*CHAPITRE 8 :
ORGANISATION
DE CHANTIER*

8 ORGANISATION DE CHANTIER :

8.1 Introduction :

L'organisation et la gestion d'un chantier dans le secteur de l'hydraulique sont essentielles pour assurer le bon déroulement des projets. Voici une vue d'ensemble des principales activités liées à la gestion et à l'organisation d'un chantier dans ce domaine :

8.1.1 Organisation de chantier :

Planification du chantier : Élaboration d'un calendrier détaillé des travaux, identification des étapes clés et des jalons.

Allocation des ressources : Affectation du personnel, des équipements et des matériaux nécessaires à chaque phase du projet.

Définition des responsabilités : Attribution des rôles et des responsabilités à l'équipe de projet, y compris les ingénieurs, les contremaîtres et les ouvriers.

Établissement de plans d'urgence : Préparation de plans d'urgence en cas de problèmes inattendus sur le chantier.

Stockage des matériaux : Gestion des entrepôts de matériaux, y compris le contrôle des stocks, la rotation des matériaux et la prévention des pertes.

Maintenance des équipements : Programmation régulière de la maintenance préventive pour garantir que les équipements fonctionnent de manière optimale.

8.1.2 Gestion du Personnel de Chantier :

Recrutement et formation : Recrutement du personnel qualifié et formation sur les normes de sécurité, les procédures opérationnelles et les tâches spécifiques.

Suivi de la performance : Évaluation régulière de la performance de l'équipe de chantier et mise en place de mesures correctives si nécessaire.

Gestion des horaires : Établissement des horaires de travail, gestion des congés et des heures supplémentaires.

Coordination avec d'autres services : Communication efficace avec les autres départements de l'entreprise ou les sous-traitants qui peuvent être impliqués dans le projet.

8.1.3 Gestion des sous-traitants :

Supervision des sous-traitants, suivi de leur performance et de leur conformité aux spécifications du projet.

Notions d'Hygiène et de Sécurité sur les Chantiers :

Mise en place de protocoles de sécurité : Élaboration de procédures de sécurité strictes pour minimiser les risques d'accidents.

Formation à la sécurité : Formation du personnel aux règles de sécurité et aux premiers secours.

Inspection régulière : Réalisation d'inspections régulières pour s'assurer que les normes de sécurité sont respectées.

8.2 L'emplacement des canalisations :

dans un réseau d'assainissement est crucial pour assurer un fonctionnement efficace du système. Voici quelques principes généraux concernant l'emplacement des canalisations, en fonction de la largeur des rues et du type de réseau (séparatif ou unitaire) :

8.2.1 Rues de moins de 15 m de largeur :

Les conduites sont généralement placées dans l'axe de la chaussée.

Les branchements d'immeubles ont des longueurs similaires en raison de la position centrale de la canalisation principale.

8.2.2 Rues plus larges :

Dans les rues plus larges, la pose d'un égout sous chaque trottoir peut être nécessaire. Cela permet de séparer les réseaux d'eaux usées et d'eaux pluviales de manière plus efficace, ce qui est courant dans les systèmes séparatifs.

8.2.3 Système Séparatif :

Dans un système séparatif, où les eaux usées et les eaux pluviales sont traitées séparément, il est courant de poser une seule canalisation d'eaux pluviales en fouille commune avec l'une des canalisations d'eaux usées.

Cela réduit le coût d'installation en utilisant des tranchées communes pour les deux types de canalisations, mais elles restent physiquement séparées.

L'emplacement des canalisations doit également tenir compte d'autres facteurs tels que la profondeur à laquelle elles sont installées, la présence d'autres infrastructures souterraines, la topographie locale, et les réglementations locales en matière de construction et d'assainissement. Une planification minutieuse et une coordination avec d'autres services publics, tels que les services de voirie et d'eau potable, sont essentielles pour garantir une installation efficace et durable des canalisations d'assainissement.

8.3 Le décapage :

du terrain est une étape importante dans la préparation d'un site de construction ou dans d'autres projets d'aménagement du terrain. Il consiste à retirer la couche supérieure du sol, généralement composée de terre végétale, de végétation, de roches légères, de racines et d'autres matériaux organiques, afin d'exposer la couche de sol appropriée pour la construction ou d'autres activités.

8.4 L'excavation des tranchées et des fouilles pour les regards

dans un système d'assainissement est une étape importante dans la construction de l'infrastructure. Voici quelques points clés à prendre en compte lors de cette opération :

Planification préalable : Avant de commencer l'excavation, assurez-vous d'avoir un plan détaillé du réseau d'assainissement, y compris l'emplacement précis des regards. Ce plan doit être élaboré par des ingénieurs compétents.

Marquage des emplacements : Marquez avec précision l'emplacement des regards sur le terrain en utilisant des repères visuels ou des piquets pour vous assurer que les fouilles sont creusées au bon endroit.

8.4.1 largeur du fond de la tranchée :

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

$$B = d + (2 \cdot 0,3) \text{ (m)}$$

Avec :

B : largeur de la tranchée (m)

d : diamètre de la conduite (m)

b)-profondeur de la tranchée :

La profondeur de la tranchée est :

$$H = e + d + h \text{ (m)} \quad (8.2)$$

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.

8.5 aménagement du lit de sable :

Une étape cruciale dans l'installation des conduites d'assainissement. Voici les points clés à prendre en compte lors de cette opération :

Épaisseur minimale de sable : Le lit de pose en sable doit avoir une épaisseur minimale d'au moins 10 cm. Cette épaisseur garantit un support adéquat pour les conduites tout en répartissant uniformément la charge.

Nivellement : Le lit de pose en sable doit être nivelé avec précision pour correspondre aux cotes du profil en long du projet. Un lit de sable bien nivelé garantit que les conduites d'assainissement auront la pente appropriée pour un écoulement efficace des eaux usées.

Caractéristiques du sable : Le sable utilisé pour le lit de pose doit répondre à des spécifications précises. Il doit contenir au moins 12 % de particules de moins de 0,1 mm. Cela assure une granulométrie appropriée du sable pour une bonne compaction et une résistance suffisante.

L'aménagement du lit de sable est essentiel pour assurer la stabilité des conduites d'assainissement, minimiser les risques de dommages et garantir un écoulement efficace des eaux usées. Une attention particulière doit être portée à la qualité du sable utilisé et au nivellement précis du lit de pose pour assurer la durabilité du système d'assainissement.

8.6 La mise en place des canalisations d'assainissement :

Est une opération délicate qui nécessite une planification minutieuse et une exécution précise pour garantir le bon fonctionnement du système. Voici les étapes clés de la mise en place des canalisations :

Sélection des Conduites : Avant l'installation, il est essentiel de trier les conduites pour éliminer celles qui présentent des dommages, des fissures ou des chocs importants. Les conduites doivent être en bon état pour assurer l'intégrité du réseau.

Vérification des Corps Étrangers : Avant l'installation, il faut s'assurer qu'aucun corps étranger ne se trouve à l'intérieur des conduites. Tout objet étranger peut obstruer le système et causer des problèmes de drainage.

Inspection du Revêtement : Il est important de vérifier l'état du revêtement intérieur et extérieur des tuyaux. Tout dommage au revêtement peut compromettre la durabilité des conduites.

Pente Appropriée : Chaque conduite doit être posée avec une légère pente. Cette pente permet de créer des points d'évacuation pour l'air emprisonné lors du remplissage et facilite le bon écoulement des eaux usées pendant le fonctionnement du système. La pente doit être conforme aux spécifications du projet.

Mise en Place : Les conduites sont installées dans les tranchées préalablement creusées en respectant le trajet planifié. Il est essentiel de s'assurer que les conduites sont correctement alignées et que les joints sont correctement scellés pour éviter les fuites.

Remblayage : Une fois les conduites installées et testées avec succès, les tranchées sont remblayées avec soin pour stabiliser le sol au-dessus du réseau. Le remblayage doit être effectué conformément aux spécifications du projet.

Réhabilitation : Si le projet prévoit la réhabilitation des zones touchées par le creusement de tranchées, ces travaux de réhabilitation sont effectués pour restaurer l'état initial du site.

8.7 ENGINS utilisé :

8.7.1 La pelle hydraulique

1) Description et fonctionnement

La pelle est un engin de terrassement qui travaille en station. Elle est aussi appelée pelle mécanique, ou excavateur pour chargement stationnaire.

Elle est soit:

- portée (sur camion, wagon,...)
- automotrice sur chenilles, pneus ou rail
- à poste fixe sur socle

On peut adapter plusieurs équipements sur une pelle: crochet, marteau-piqueur, grue,... C'est pourquoi on dit qu'elle est l'engin universel de terrassement. La pelle se compose d'un châssis (qui peut être automoteur sur chenilles ou sur pneus). Sur ce châssis est monté un bras articulé, actionné par des vérins, à l'extrémité duquel peuvent être fixés différents types d'équipements pour le terrassement. La pelle ne sert pas à transporter le matériau excavé.



FIGURE 8.1: pelle hydraulique

8.7.2 La chargeuse :

C'est un engin qui est sur pneus ou sur chenilles. Les chargeuses à chenilles sont utilisées sur des terrains où les conditions du sol sont très mauvaises. Les chargeuses sur pneus sont employées de plus en plus à cause de leur grande mobilité (rapidité de manoeuvre, plus grande facilité de déplacement).

La chargeuse se compose d'un tracteur équipé d'un godet ou benne relevable au moyen de deux bras latéraux articulés. Le godet est basculant. La commande du levage et du basculement du godet est hydraulique.

Les chargeuses sont des engins de chargement les plus couramment utilisés, et font la même fonction que les pelles mécaniques.



FIGURE8.2: la chargeuse

8.7.3 Le compacteur :

Le compacteur est un engin lourd qui tasse la terre sous lui grâce à un ou plusieurs rouleaux en fonte ou plusieurs lignes de pneumatiques. Ce tassement donne au sol une plus grande compacité. Le compactage permet de réduire au minimum tout mouvement ultérieur de la surface (tassement ou gonflement), et d'obtenir une résistance plus élevée pour les fondations. Le compactage peut se faire par vibration ou par roulage.



FIGURE8.3: le compacteur

8.7.4 Le Bulldozer

Le bulldozer est un engin d'excavation et de refoulement qui se compose d'un tracteur sur chenilles ou sur pneus, muni à l'avant d'une lame horizontale perpendiculaire à l'axe longitudinal du tracteur (sens de la marche). La lame est fixée au châssis par deux forts longerons autorisant un mouvement de montée et de descente commandé par vérins hydrauliques :

- l'angle d'attaque de la lame est réglée par un vérin d'inclinaison.

- le levage de la lame est assuré par deux vérins fixés au châssis à l'avant du

Tracteur.



FIGURE8.4: le bulldozer

8.8 Devis quantitatif et estimatif :

Il est extrêmement important d'accompagner toute étude d'une estimation des coûts du projet. Cette analyse constitue un élément décisionnel lorsqu'il s'agit de choisir parmi plusieurs alternatives et elle contribue à déterminer l'ensemble des opérations de mise en œuvre. Un devis quantitatif et estimatif de la réalisation du projet est détaillé dans les sections suivantes. Les calculs impliquent de déterminer les quantités de toutes les opérations sur site pour la mise en œuvre (installation, excavation, remblayage, etc.) puis de les multiplier par leurs prix unitaires respectifs.

8.8.1 Evaluation économique des travaux :

L'évaluation économique consiste à déterminer les quantités de toutes les opérations à effectuer sur le terrain pour la réalisation du projet, puis les multiplier par le prix unitaire correspondant. I. Détermination des différents volumes :

8.8.1.1 Volume des déblais des tranchées « Vd »

Le volume des déblais des tranchées est donné par la relation suivant :

$$Vd=B.L.Htr \quad (8.1)$$

Avec : - Vd : volume des déblais en (m³) ;

- B : la largeur de la tranchée ;

$$B = D+2xc$$

Avec : - C : distance entre la conduite et la fouilles. C = 0.3m ;

- L : longueur totale de la tranchée (m) ;

- Htr : profondeur de la tranchée en (m) Htr = e +h+D

Ou : - e : épaisseur de la couche du lit de pose e = 0.10 ;

- h : profondeur minimale au-dessus de la génératrice supérieur en (m) h=0.8 .

8.8.1.2 Volume occupé par le lit de sable V_{ls}

Ce volume est donné par la formule suivante :

$$V_{ls} = E.B.L \quad (8.2)$$

Avec : - V_{ls} : volume occupé par le lit de sable V_{ls} en (m³) ;

- E : épaisseur de la couche du lit de sable $E = 0.10$ m ;

- B : largeur de la tranchée en (m) ;

- L : longueur totale de la tranchée en (m).

8.8.1.3 Volume de la conduite V_c

Le volume de la conduite est donné par la relation suivante :

$$V_c = \pi.D^2.L \quad (8.3)$$

- V_c : volume de la conduite en (m³) ;

- D : diamètre de la conduite en (m) ;

- L : longueur totale de la tranchée en (m).

8.8.1.4 Volume du remblai V_R

Le volume du remblai de la conduite est donné comme suit :

$$V_R = V_{DF} - V_{\text{évacué}} \quad (8.4)$$

Avec :

V_{DF} volume des déblais foisonné : $V_{DF} = V_D \times K_F$ en (m³) ;

K_F : coefficient de foisonnement $K_F = 1.25$;

$$V_{\text{évacué}} = V_{LS} + V_c \text{ en (m}^3\text{)}$$

Où : V_{LS} : volume occupé par le lit de sable ;

V_c : volume de la conduite en (m³) ;

8.8.2 Répartition des coûts selon le programme défini :

Le tableau suivant représente les différents volumes des travaux :

Désignation	V déblai	v conduite	v lit sable	v goudroné	v remblai
Système Assainissement	9248.8993	474.2826345	824.013	68.66775	7950.603666

Tableau 8.1: Détermination des différents volumes pour les collecteurs principaux

Le tableau suivant représente les travaux avec les prix unitaires :

Tableau 8-2 : Détermination du devis quantitatif et estimatif du projet.

N	Désignation des travaux	Unité	quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
A	Travaux de terrassement				
1	Démolition de la chaussée goudronnée	m	68.667	1110.00	76221.2025
2	Déblai	m	9248.899	488,59	4518919.709
3	Pose du lit de sable	m	824.013	2.637,60	2173416.689
4	Remblai de la tranchée	m	7950.603	570.00	4531844.089
5	Evacuation des déblais excédentaires	m	1622.869	195.00	316459.560
B	Canalisation				
	Canalisation en béton				
	300	ml	521.53	2300.00	6236013
	400	ml	4399.43	3158.00	582682.58
	500	ml	1526.36	4356.00	6648824.16
	600	ml	265.81	5870.00	1560304.7
C	Construction				
1	Construction des regards en béton armé entre (1.0X1.0 m) et (1.5X1.5m)	u	23	70000.00	1610000
2	Construction des regards en béton armé entre (1.5X1.5 m) et (1.8X1.8m)	u	74	80000.00	5920000
	Exécution des déversoirs d'orage	U	1	800000.00	800000.00
		THT			43248909.05
		TVA			19%
		TTC			51466201.77

Conclusion :

Le devis estimatif est essentiel pour obtenir une approximation du coût total du projet. Cette analyse est nécessaire avant le début des travaux afin de déterminer le cadre financier du projet et d'établir le budget global de sa réalisation, estimé à environ 51466201.77DA

Conclusion générale :

L'étude diagnostique des collecteurs existants effectuée au cours de ce projet nous a permis d'identifier les conduites de débordement, c'est-à-dire les tronçons incapables de gérer les débits actuels des eaux usées et pluviales.

Pour ce projet, nous avons prévu l'installation de deux nouveaux collecteurs un pour la zone non assainie. Le Collecteur Z qui connecte la zone non assainie au réseau existant, et le Collecteur S connecte le réseaux avec la step de mouzai

Nous avons également procédé au remplacement des anciens collecteurs principaux, qui ne parvenaient pas à assurer le drainage de l'eau même après le redimensionnement prenant en compte divers paramètres hydrauliques et leur état.

Dans le souci de préserver la santé publique et l'environnement, nous avons prévu un système de déversoir d'orage pour évacuer les eaux de pluie et diriger les eaux usées vers une step .

Pour compléter notre étude, nous avons fourni une estimation du coût du projet.

En conclusion, la mise en place d'un réseau d'assainissement repose sur plusieurs paramètres dépendant des caractéristiques du terrain, de la nature et du volume d'eau à évacuer, ainsi que de la planification urbaine de l'agglomération

Référence Bibliographique :

CHERARAD. (s.d.). Cours d'assainissement.

ETUDE DE DIAGNOSTIC ET REHABILITATION DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT DE LA COMMUNE DE L'YABOUS CENTRE (W.KHENCHELA).

LE DIMENSIONNEMENT DES RESEAU D'ASSAINISSEMENT DES AGGLOMERATIONS Document réalisé par : KERLOC'H Bruno (C.E.T.E. NORD - PICARDIE) et MAELSTAF Damien (DDE 80)

MATERIELS DU CHANTIER. Présenté par Mm. CHAIB Sihem

Mr.SAFRI. (s.d.). Cours hydraulique générale.

Polycopie organisation de chantier (Mrs.kahelrras).

polycopie cours assainissement (salah boualem).

TOUAIBIA.B, 2004 « Manuel pratique d'hydrologie ».

Annexe :

TABLE DE LA LOI NORMALE (FND)

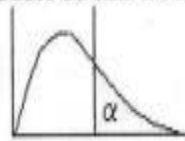
-2σ σ 0 σ +2σ

Cette table donne la valeur de la FND pour un $-3\sigma \leq z \leq +3\sigma$. Les entrées en face de $+z$ et de $-z$ sont pour 1.0, 1.1, 1.2, etc., et $-3.0, -3.1, -3.2$, etc., respectivement.

z	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-3.0	0.0044	0.0044	0.0044	0.0044	0.0044	0.0044	0.0044	0.0044	0.0044	0.0044
-2.9	0.0045	0.0045	0.0045	0.0045	0.0045	0.0045	0.0045	0.0045	0.0045	0.0045
-2.8	0.0047	0.0047	0.0047	0.0047	0.0047	0.0047	0.0047	0.0047	0.0047	0.0047
-2.7	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050
-2.6	0.0054	0.0054	0.0054	0.0054	0.0054	0.0054	0.0054	0.0054	0.0054	0.0054
-2.5	0.0059	0.0059	0.0059	0.0059	0.0059	0.0059	0.0059	0.0059	0.0059	0.0059
-2.4	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064
-2.3	0.0070	0.0070	0.0070	0.0070	0.0070	0.0070	0.0070	0.0070	0.0070	0.0070
-2.2	0.0076	0.0076	0.0076	0.0076	0.0076	0.0076	0.0076	0.0076	0.0076	0.0076
-2.1	0.0082	0.0082	0.0082	0.0082	0.0082	0.0082	0.0082	0.0082	0.0082	0.0082
-2.0	0.0088	0.0088	0.0088	0.0088	0.0088	0.0088	0.0088	0.0088	0.0088	0.0088
-1.9	0.0094	0.0094	0.0094	0.0094	0.0094	0.0094	0.0094	0.0094	0.0094	0.0094
-1.8	0.0099	0.0099	0.0099	0.0099	0.0099	0.0099	0.0099	0.0099	0.0099	0.0099
-1.7	0.0104	0.0104	0.0104	0.0104	0.0104	0.0104	0.0104	0.0104	0.0104	0.0104
-1.6	0.0108	0.0108	0.0108	0.0108	0.0108	0.0108	0.0108	0.0108	0.0108	0.0108
-1.5	0.0113	0.0113	0.0113	0.0113	0.0113	0.0113	0.0113	0.0113	0.0113	0.0113
-1.4	0.0117	0.0117	0.0117	0.0117	0.0117	0.0117	0.0117	0.0117	0.0117	0.0117
-1.3	0.0121	0.0121	0.0121	0.0121	0.0121	0.0121	0.0121	0.0121	0.0121	0.0121
-1.2	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125
-1.1	0.0129	0.0129	0.0129	0.0129	0.0129	0.0129	0.0129	0.0129	0.0129	0.0129
-1.0	0.0133	0.0133	0.0133	0.0133	0.0133	0.0133	0.0133	0.0133	0.0133	0.0133
-0.9	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137
-0.8	0.0141	0.0141	0.0141	0.0141	0.0141	0.0141	0.0141	0.0141	0.0141	0.0141
-0.7	0.0145	0.0145	0.0145	0.0145	0.0145	0.0145	0.0145	0.0145	0.0145	0.0145
-0.6	0.0149	0.0149	0.0149	0.0149	0.0149	0.0149	0.0149	0.0149	0.0149	0.0149
-0.5	0.0153	0.0153	0.0153	0.0153	0.0153	0.0153	0.0153	0.0153	0.0153	0.0153
-0.4	0.0157	0.0157	0.0157	0.0157	0.0157	0.0157	0.0157	0.0157	0.0157	0.0157
-0.3	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161
-0.2	0.0165	0.0165	0.0165	0.0165	0.0165	0.0165	0.0165	0.0165	0.0165	0.0165
-0.1	0.0169	0.0169	0.0169	0.0169	0.0169	0.0169	0.0169	0.0169	0.0169	0.0169
0.0	0.0173	0.0173	0.0173	0.0173	0.0173	0.0173	0.0173	0.0173	0.0173	0.0173
0.1	0.0177	0.0177	0.0177	0.0177	0.0177	0.0177	0.0177	0.0177	0.0177	0.0177
0.2	0.0181	0.0181	0.0181	0.0181	0.0181	0.0181	0.0181	0.0181	0.0181	0.0181
0.3	0.0185	0.0185	0.0185	0.0185	0.0185	0.0185	0.0185	0.0185	0.0185	0.0185
0.4	0.0189	0.0189	0.0189	0.0189	0.0189	0.0189	0.0189	0.0189	0.0189	0.0189
0.5	0.0193	0.0193	0.0193	0.0193	0.0193	0.0193	0.0193	0.0193	0.0193	0.0193
0.6	0.0197	0.0197	0.0197	0.0197	0.0197	0.0197	0.0197	0.0197	0.0197	0.0197
0.7	0.0201	0.0201	0.0201	0.0201	0.0201	0.0201	0.0201	0.0201	0.0201	0.0201
0.8	0.0205	0.0205	0.0205	0.0205	0.0205	0.0205	0.0205	0.0205	0.0205	0.0205
0.9	0.0209	0.0209	0.0209	0.0209	0.0209	0.0209	0.0209	0.0209	0.0209	0.0209
1.0	0.0213	0.0213	0.0213	0.0213	0.0213	0.0213	0.0213	0.0213	0.0213	0.0213
1.1	0.0217	0.0217	0.0217	0.0217	0.0217	0.0217	0.0217	0.0217	0.0217	0.0217
1.2	0.0221	0.0221	0.0221	0.0221	0.0221	0.0221	0.0221	0.0221	0.0221	0.0221
1.3	0.0225	0.0225	0.0225	0.0225	0.0225	0.0225	0.0225	0.0225	0.0225	0.0225
1.4	0.0229	0.0229	0.0229	0.0229	0.0229	0.0229	0.0229	0.0229	0.0229	0.0229
1.5	0.0233	0.0233	0.0233	0.0233	0.0233	0.0233	0.0233	0.0233	0.0233	0.0233
1.6	0.0237	0.0237	0.0237	0.0237	0.0237	0.0237	0.0237	0.0237	0.0237	0.0237
1.7	0.0241	0.0241	0.0241	0.0241	0.0241	0.0241	0.0241	0.0241	0.0241	0.0241
1.8	0.0245	0.0245	0.0245	0.0245	0.0245	0.0245	0.0245	0.0245	0.0245	0.0245
1.9	0.0249	0.0249	0.0249	0.0249	0.0249	0.0249	0.0249	0.0249	0.0249	0.0249
2.0	0.0253	0.0253	0.0253	0.0253	0.0253	0.0253	0.0253	0.0253	0.0253	0.0253
2.1	0.0257	0.0257	0.0257	0.0257	0.0257	0.0257	0.0257	0.0257	0.0257	0.0257
2.2	0.0261	0.0261	0.0261	0.0261	0.0261	0.0261	0.0261	0.0261	0.0261	0.0261
2.3	0.0265	0.0265	0.0265	0.0265	0.0265	0.0265	0.0265	0.0265	0.0265	0.0265
2.4	0.0269	0.0269	0.0269	0.0269	0.0269	0.0269	0.0269	0.0269	0.0269	0.0269
2.5	0.0273	0.0273	0.0273	0.0273	0.0273	0.0273	0.0273	0.0273	0.0273	0.0273
2.6	0.0277	0.0277	0.0277	0.0277	0.0277	0.0277	0.0277	0.0277	0.0277	0.0277
2.7	0.0281	0.0281	0.0281	0.0281	0.0281	0.0281	0.0281	0.0281	0.0281	0.0281
2.8	0.0285	0.0285	0.0285	0.0285	0.0285	0.0285	0.0285	0.0285	0.0285	0.0285
2.9	0.0289	0.0289	0.0289	0.0289	0.0289	0.0289	0.0289	0.0289	0.0289	0.0289
3.0	0.0293	0.0293	0.0293	0.0293	0.0293	0.0293	0.0293	0.0293	0.0293	0.0293

Annexe 1 table de Guess de la loi normale

Table du Khi-Deux



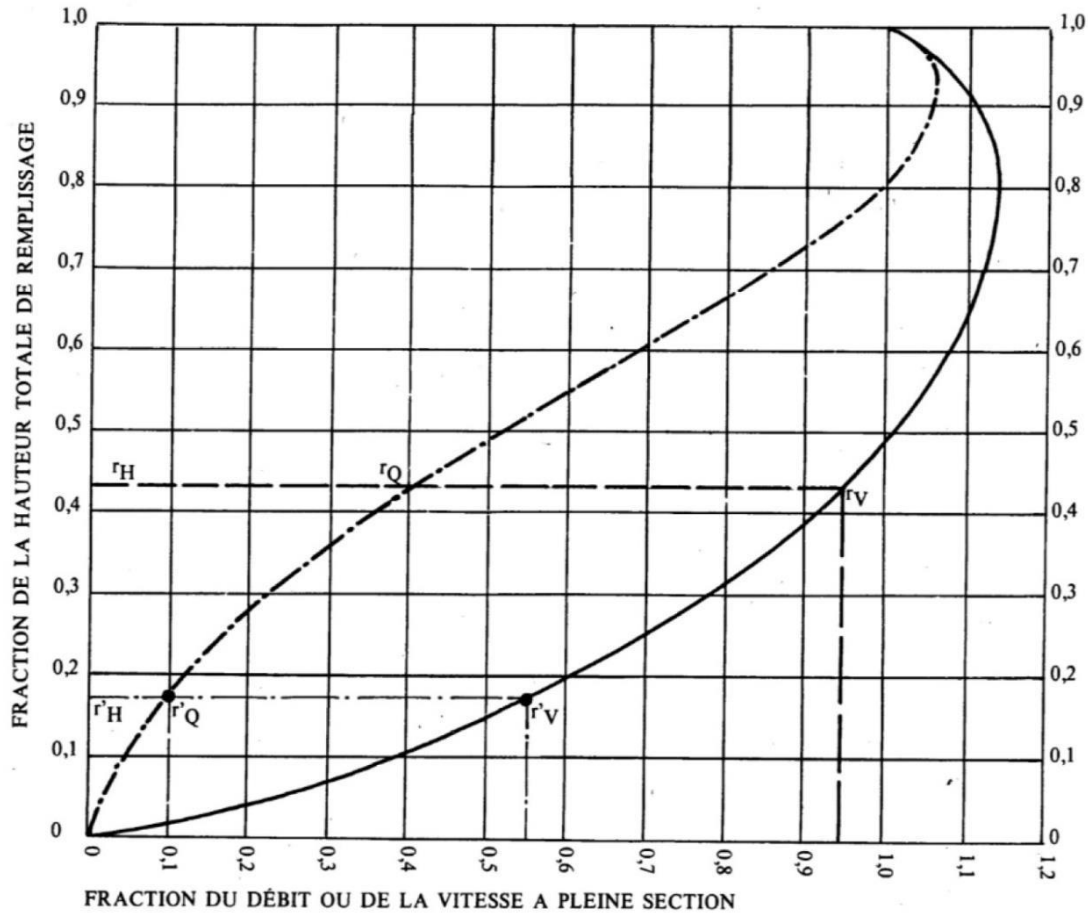
$\downarrow v, \alpha \rightarrow$	0,995	0,99	0,975	0,95	0,75	0,5	0,25	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005
1	4E-05	2E-04	1E-03	0,004	0,102	0,455	1,323	2,706	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,01	0,02	0,051	0,103	0,575	1,386	2,773	4,605	5,991	7,378	9,21	10,6
3	0,072	0,115	0,216	0,352	1,213	2,366	4,108	6,251	7,815	9,348	11,34	12,84
4	0,207	0,297	0,484	0,711	1,923	3,357	5,385	7,779	9,488	11,14	13,28	14,86
5	0,412	0,554	0,831	1,145	2,675	4,351	6,626	9,236	11,07	12,83	15,09	16,75
6	0,676	0,872	1,237	1,635	3,455	5,348	7,841	10,64	12,59	14,45	16,81	18,55
7	0,989	1,239	1,69	2,167	4,255	6,346	9,037	12,02	14,07	16,01	18,48	20,28
8	1,344	1,647	2,18	2,733	5,071	7,344	10,22	13,36	15,51	17,53	20,09	21,95
9	1,735	2,088	2,7	3,325	5,899	8,343	11,39	14,68	16,92	19,02	21,67	23,59
10	2,156	2,558	3,247	3,94	6,737	9,342	12,55	15,99	18,31	20,48	23,21	25,19
11	2,603	3,053	3,816	4,575	7,584	10,34	13,7	17,28	19,68	21,92	24,73	26,76
12	3,074	3,571	4,404	5,226	8,438	11,34	14,85	18,55	21,03	23,34	26,22	28,3
13	3,565	4,107	5,009	5,892	9,299	12,34	15,98	19,81	22,36	24,74	27,69	29,82
14	4,075	4,66	5,629	6,571	10,17	13,34	17,12	21,06	23,68	26,12	29,14	31,32
15	4,601	5,229	6,262	7,261	11,04	14,34	18,25	22,31	25	27,49	30,58	32,8
16	5,142	5,812	6,908	7,962	11,91	15,34	19,37	23,54	26,3	28,85	32	34,27
17	5,697	6,408	7,564	8,672	12,79	16,34	20,49	24,77	27,59	30,19	33,41	35,72
18	6,265	7,015	8,231	9,39	13,68	17,34	21,6	25,99	28,87	31,53	34,81	37,16
19	6,844	7,633	8,907	10,12	14,56	18,34	22,72	27,2	30,14	32,85	36,19	38,58
20	7,434	8,26	9,591	10,85	15,45	19,34	23,83	28,41	31,41	34,17	37,57	40
30	13,79	14,95	16,79	18,49	24,48	29,34	34,8	40,26	43,77	46,98	50,89	53,67
40	20,71	22,16	24,43	26,51	33,66	39,34	45,62	51,81	55,76	59,34	63,69	66,77
50	27,99	29,71	32,36	34,76	42,94	49,33	56,33	63,17	67,5	71,42	76,15	79,49
60	35,53	37,48	40,48	43,19	52,29	59,33	66,98	74,4	79,08	83,3	88,38	91,95
70	43,28	45,44	48,76	51,74	61,7	69,33	77,58	85,53	90,53	95,02	100,4	104,2
80	51,17	53,54	57,15	60,39	71,14	79,33	88,13	96,58	101,9	106,6	112,3	116,3
100	67,33	70,06	74,22	77,93	90,13	99,33	109,1	118,5	124,3	129,6	135,8	140,2

Annexe 2 Table du KHI-DEUX

ABAQUE 3-a

VARIATIONS DES DÉBITS ET DES VITESSES EN FONCTION DU REMPLISSAGE

a) Ouvrages circulaires



MODE D'EMPLOI.

Les abaques Ab. 3 et Ab. 4 (a et b) utilisés pour le choix des sections d'ouvrages, compte tenu de la pente et du débit, permettent d'évaluer la vitesse d'écoulement à pleine section.

Pour l'évaluation des caractéristiques capacitaires des conduites, ou pour apprécier les possibilités d'autocurage, le nomogramme ci-dessus permet de connaître la vitesse atteinte en régime uniforme pour un débit inférieur à celui déterminé à pleine section.

Les correspondances s'établissent, soit en fonction de la fraction du débit à pleine section, soit en fonction de la hauteur de remplissage de l'ouvrage.

Exemples :

Pour $r_Q = 0,40$, on obtient $r_V = 0,95$ et $r_H = 0,43$.

Pour $Q_{PS}/10$, on obtient $r'_V = 0,55$ et $r'_H = 0,17$ (autocurage).

Nota. — Pour un débit égal au débit à pleine section, la valeur du rapport $r_Q = 1,00$ est obtenue avec $r_H = 0,80$.

Le débit maximum ($r_Q = 1,07$) est obtenu avec $r_H = 0,95$.

La vitesse maximum ($r_V = 1,14$) est obtenue avec $r_H = 0,80$.

Ces dernières conditions d'écoulement à caractère assez théorique ne peuvent être obtenues que dans des conditions très particulières d'expérimentation.

ANNEXE

Diagnostic :

Conduit RK :

tron	cot amont	cot aval	LONGEUR	PENTE	debit	Dcalc	Dexi
RK14- RK13	419.42	417.6	18.27	0.099616858	0.405	0.336427505	300.0
RK13- RK12	417.6	401.3	153.99	0.105851029	0.405	0.332620164	300.0
RK12- RK11	401.3	395.46	42	0.139047619	0.405	0.316035402	300.0
RK11- RK10	395.46	389.22	48.49	0.128686327	0.405	0.320657628	300.0
RK10-RK9	389.22	385.76	44.82	0.07719768	0.405	0.352901176	300.0
RK9-RK8	385.76	382.44	47.31	0.070175439	0.405	0.35926854	300.0
RK8-RK7	382.44	376.45	50	0.1198	0.405	0.324988691	300.0
RK7-RK6	376.45	371.22	37.04	0.141198704	0.405	0.315127021	300.0
RK6-RK5	371.22	364.5	63.95	0.105082095	0.405	0.333075176	300.0
RK5-RK4	364.5	362.18	29.29	0.079207921	0.405	0.351204269	300.0
RK4-RK3	362.18	359.34	33.1	0.085800604	0.405	0.345978779	300.0
RK3-RK2	359.34	357.67	42.73	0.039082612	0.405	0.400942396	400.0
RK2-RK1	355.22	353.77	49.69	0.029180922	0.405	0.423518941	400.0
RK1-RE14	353.77	351.18	64.89	0.0399137	0.405	0.399363646	400.0

Conduite RE :

tronc	cot am	cot ava	L	i	Q	Dcalc	Dn
RE22-RE21	367.57	363.82	35	0.107142857	0.405	0.3318645	300.0
RE21-RE20	363.82	363.29	7.58	0.069920844	0.405	0.359513458	300.0
RE20-RE19	363.29	362.3	9.3	0.106451613	0.405	0.332267494	300.0
RE19-RE18	362.3	359.08	40.85	0.078824969	0.405	0.35152356	300.0
RE18-RE17	359.08	357.14	30.11	0.064430422	0.405	0.365068485	300.0
RE17-RE16	357.14	354.65	34.31	0.072573594	0.405	0.357012078	300.0
RE16-RE15	354.65	352.47	29.18	0.074708705	0.405	0.355076394	300.0
RE15-RE14	352.47	351.18	23.68	0.054476351	0.405	0.376738409	300.0
RE14-RE13	351.18	350.24	17.08	0.055035129	0.405	0.376018233	300.0
RE13-RE12	350.24	347.76	31.73	0.078159471	0.405	0.352082833	300.0
RE12-RE11	347.76	342.12	48.07	0.117328895	0.405	0.326261229	300.0
RE11-RE10	342.12	338.1	49.48	0.081244947	0.405	0.349536138	300.0
RE10-RE9	338.1	327.36	96.05	0.111816762	0.859	0.436451166	300.0

ANNEXE

RE9-RE8	327.36	323.7	28.55	0.128196147	0.859	0.425406525	300.0
RE8-RE7	323.7	321.74	21.64	0.090573013	0.859	0.45403928	300.0
RE7-RE6	321.74	317.23	36.87	0.122321671	0.859	0.429164525	300.0
RE6-RE5	317.23	310.51	58.02	0.11582213	0.859	0.433580547	300.0
RE5-RE4	310.51	309.26	16.85	0.074183976	0.859	0.471354393	300.0
RE4-RE3	309.26	308.26	14.93	0.066979236	0.859	0.480470711	300.0
RE3-RE2	308.26	293.08	203	0.074778325	0.859	0.470649666	300.0
RE2-RE1	293.08	292.49	11.75	0.050212766	0.859	0.507140217	400.0

Conduite RL :

tronc	cot am	cot ava	L	i	Q	Dcalc	Dn
RL10-RL9	335.83	329.6	58.72	0.10609673	0.454	0.347024461	400.0
RL9-RL8	329.6	325	37.63	0.122242891	0.454	0.337928473	400.0
RL8-RL7	325	320.96	29.08	0.138927098	0.454	0.329918491	400.0
RL7-RL6	320.96	318.43	29.1	0.086941581	0.454	0.360225166	400.0
RL6-RL5	318.43	316.55	32.08	0.058603491	0.454	0.387876581	400.0
RL5-RL4	316.55	305.8	142.17	0.075613702	0.454	0.369778468	400.0
RL4-RL3	305.8	302.87	30.5	0.096065574	0.454	0.353547486	400.0
RL3-RL2	302.87	300.94	22.34	0.086392122	0.454	0.360653633	400.0
RL2-RL1	300.94	293.8	98.13	0.072760624	0.639	0.423389918	400.0
RL1-RA13	293.8	291.6	25.82	0.085205267	0.639	0.411039569	400.0

ANNEXE

Conduit RM :

tronc	cot am	cot ava	L	i	Q	Dcalc	Dn
RM17- RM16	367	365	19.12	0.10460251	0.454	0.347948579	300.0
RM16- RM15	365	362.16	28	0.101428571	0.454	0.349964631	300.0
RM15- RM14	362.16	359.16	27.24	0.110132159	0.454	0.344603996	300.0
RM14- RM13	359.16	358.2	18.5	0.051891892	0.454	0.396824114	300.0
RM13- RM12	358.2	356.6	19.28	0.082987552	0.454	0.363382731	300.0
RM12- RM11	356.6	352.62	32	0.124375	0.454	0.336834648	300.0
RM11- RM10	352.62	341.42	88.26	0.126897802	0.454	0.335568796	300.0
RM10- RM9	341.42	338.4	27.54	0.109658678	0.454	0.344882493	300.0
RM9-RM8	338.4	335.33	27.73	0.110710422	0.454	0.34426579	300.0
RM8-RM7	335.33	330	36.86	0.144601194	0.454	0.327451501	300.0
RM7-RM6	330	315.92	71.47	0.197005737	0.454	0.30900423	300.0
RM6-RM5	315.92	313.87	10.06	0.203777336	0.454	0.307052392	300.0
RM5-RM4	313.87	310.95	16.12	0.181141439	0.454	0.313906908	300.0
RM4-RM3	310.95	306.18	35.38	0.134821933	0.454	0.331779165	300.0
RM3-RM2	306.18	303.5	30.03	0.089244089	0.454	0.358464014	300.0
RM2-RM1	303.5	301.9	28.6	0.055944056	0.639	0.444776901	300.0
RM1-RL2	301.9	300.94	13.53	0.070953437	0.639	0.425391268	300.0

ANNEXE

Conduit RP :

tronc	cot am	cot ava	L	i	Q	Dcalc	Dn
RP6-RP5	340.48	331.43	88.17	0.102642622	0.45	0.348027859	300.0
RP5-RP4	331.43	329.56	23.06	0.081092801	0.45	0.363750651	300.0
RP4-RP3	329.56	327.5	22.38	0.09204647	0.45	0.355211177	300.0
RP3-RP2	327.5	325.1	21.8	0.110091743	0.45	0.343485925	300.0
RP2-RP1	325.1	324	13.87	0.079307859	0.45	0.36527182	300.0
RP1-RO4	324	318.5	49.3	0.111561866	0.45	0.342632657	300.0

Conduit RO :

tronc	cot am	cot ava	L	i	Q	Dcalc	Dn
RO8-RO7	326.75	322.5	53.05	0.080113101	0.454	0.365792502	300.0
RO7-RO6	322.5	320.69	23.8	0.07605042	0.454	0.36937939	300.0
RO6-RO5	320.69	317.82	32.75	0.087633588	0.454	0.359690094	300.0
RO5-RO4	317.82	315.2	27.99	0.093604859	0.454	0.355271823	300.0
RO4-RO3	315.2	312.5	26.65	0.101313321	0.454	0.350039242	300.0
RO3-RO2	313	305.64	49.3	0.149290061	0.454	0.325498072	300.0
RO2-RO1	305.64	303.45	15.22	0.143889619	0.454	0.327754519	300.0
RO1-RN2	303.45	302.32	14.03	0.080541696	0.454	0.365426735	300.0

Conduit RN:

tronc	cot am	cot ava	L	i	Q	Dcalc	Dn
RN7-RN6	308.1	307.71	21.23	0.018370231	0.185	0.344311221	400.0
RN6-RN5	307.71	303.5	112.9	0.037289637	0.185	0.301508727	400.0
RN5-RN4	303.5	302.8	37.25	0.018791946	0.185	0.342849058	400.0
RN4-RN3	302.8	302.4	24.72	0.01618123	0.185	0.352600566	400.0
RN3-RN2	302.4	302.32	13.45	0.005947955	0.185	0.425381621	400.0
RN2-RN1	302.32	301.8	18.5	0.028108108	0.185	0.317919186	400.0

ANNEXE

Conduit RA :

tronc	cot am	cot ava	L	i	Q	Dcalc	Dn
RA13-RA12	291.6	288.64	43.89	0.067441331	1.49	0.589935416	1000.0
RA12-RA11	288.64	285.41	54.64	0.059114202	1.68	0.632531314	1000.0
RA11-RA10	285.41	279.87	84.24	0.065764482	1.68	0.620013092	1000.0
RA10-RA9	279.87	275.6	60	0.071166667	1.68	0.610903174	1000.0
RA9-RA8	275.6	270.7	99	0.049494949	1.68	0.653949305	1000.0
RA8-RA7	270.7	264.52	144.2	0.042857143	1.68	0.671846248	1000.0
RA7-AR6	264.52	255.4	161.2	0.056575682	1.68	0.637758361	1000.0
RA6-RA5	255.4	253.09	37.4	0.061764706	1.68	0.627350759	1000.0
RA5-RA4	253.09	251.66	28.05	0.050980392	1.68	0.650333542	1000.0
RA4-RA3	251.66	249.96	27.7	0.061371841	1.68	0.628101792	1000.0
RA3-RA2	249.96	248.15	32	0.0565625	1.68	0.637786228	1000.0
RA2-RA1	248.15	241.15	135	0.051851852	1.68	0.648270035	1000.0
RA1-RA0	241.15	230.57	224	0.047232143	1.68	0.659712464	1000.0
RA0-REJET1	230.57	227.3	340	0.009617647	1.68	0.88909638	1000.0
RA13-RA12	291.6	288.64	43.89	0.067441331	1.49	0.589935416	1000.0
RA12-RA11	288.64	285.41	54.64	0.059114202	1.68	0.632531314	1000.0
RA11-RA10	285.41	279.87	84.24	0.065764482	1.68	0.620013092	1000.0

ANNEXE

Conduit RI :

tronc	cot am	cot ava	L	i	Q	Dcalc	Dn
RI23-RI22	266.8	266.36	15.4	0.028571429	0.408	0.426376821	300.0
RI22-RI21	266.36	266	10	0.036	0.408	0.408295046	300.0
RI21-RI20	266	265.52	17.1	0.028070175	0.408	0.427794176	300.0
RI20-RI19	265.52	265.33	24.6	0.007723577	0.408	0.544897558	300.0
RI19-RI18	265.33	264.99	21.15	0.01607565	0.408	0.47492412	300.0
RI18-RI17	264.99	264.45	27.9	0.019354839	0.408	0.45867787	300.0
RI17-RI16	264.45	263.14	21.4	0.061214953	0.408	0.369611133	300.0
RI16-RI15	263.14	261.74	24.5	0.057142857	0.408	0.374412607	300.0
RI15-RI14	261.74	261.5	5.1	0.047058824	0.408	0.388293955	300.0
RI14-RI13	261.5	260.26	24	0.051666667	0.408	0.38155212	300.0
RI13-RI12	260.26	259	32	0.039375	0.408	0.401492071	300.0
RI12-RI11	259	258.3	16.4	0.042682927	0.408	0.395465105	300.0
RI11-RI10	258.3	257.6	13.31	0.052592036	0.408	0.380284244	300.0
RI10-RI9	257.6	253.8	45.03	0.084388186	0.408	0.348019052	300.0
RI9-RI8	253.8	252.16	61.2	0.026797386	0.408	0.43153249	300.0
RI8-RI7	252.16	251	13.43	0.08637379	0.408	0.346504763	300.0
RI7-RI6	251	249.81	18.9	0.062962963	0.408	0.367665062	300.0
RI6-RI5	249.81	247.3	35.8	0.070111732	0.408	0.360325563	300.0
RI5-RI4	247.3	246.9	14.6	0.02739726	0.408	0.42974491	300.0
RI4-RI3	246.9	246.5	26.8	0.014925373	0.408	0.481581566	300.0
RI3-RI2	246.5	246	13.2	0.037878788	0.408	0.404419014	300.0
RI2-RI1	246	245.7	27.2	0.011029412	0.408	0.509685482	300.0

ANNEXE

Conduite RH :

tronc	cot am	cot ava	L	i	Q	Dcalc	Dn
RH13-RH12	267.5	265.4	25.2	0.083333333	0.408	0.348840831	300.0
RH12-RH11	265.4	263.22	24.5	0.088979592	0.408	0.344579057	300.0
RH11-RH10	263.22	261.2	32	0.063125	0.408	0.367487921	300.0
RH10-RH9	261.2	259.27	37	0.052162162	0.408	0.380869905	300.0
RH9-RH8	259.27	257.82	25.4	0.057086614	0.408	0.374481744	300.0
RH8-RH7	257.82	255.9	32.1	0.059813084	0.408	0.37122015	300.0
RH7-RH6	255.9	253.4	36.8	0.067934783	0.408	0.362462886	300.0
RH6-RH5	253.4	251.91	24.7	0.060323887	0.408	0.370628731	300.0
RH5-RH4	251.91	250.29	32.2	0.050310559	0.408	0.38345971	300.0
RH4-RH3	250.29	248.25	36.5	0.055890411	0.408	0.375971638	300.0
RH3-RH2	248.25	247.26	24.7	0.040080972	0.408	0.400156531	300.0
RH2-RH1	247.26	245.71	31.4	0.049363057	0.408	0.384829135	300.0

Conduit RG :

tronc	cot am	cot ava	L	i	Q	Dcalc	Dn
RG9-RG8	265.48	263.7	28.5	0.06245614	0.408	0.368222642	300.0
RG8-RG7	263.7	262.09	25.5	0.063137255	0.408	0.367474545	300.0
RG7-RG6	262.09	259.07	47	0.064255319	0.408	0.366267071	300.0
RG6-RG5	259.07	255.96	47	0.066170213	0.408	0.364255908	300.0
RG5-RG4	255.96	253.54	46.5	0.052043011	0.408	0.381033252	300.0
RG4-RG3	253.54	250.47	47	0.065319149	0.408	0.365141111	300.0
RG3-RG2	250.47	248.09	47	0.050638298	0.408	0.382993143	300.0
RG2-RG1	248.09	245.5	46.5	0.055698925	0.408	0.376213653	300.0

Conduit RC :

tronc	cot am	cot ava	L	i	Q	Dcalc	Dn
RC14-RC13	269.47	266.4	40.4	0.075990099	0.183	0.262760747	500.0
RC13-RC12	266.4	264	40.4	0.059405941	0.183	0.275175222	500.0
RC12-RC11	264	261.35	41.6	0.063701923	0.183	0.271596285	500.0
RC11-RC10	261.35	259.93	23.2	0.061206897	0.183	0.2736386	500.0
RC10-RC9	259.93	259.29	23.5	0.027234043	0.183	0.318506944	500.0
RC9-RC8	259.29	259.13	36.4	0.004395604	0.183	0.448369889	500.0
RC8-RC7	259.13	258.12	30.4	0.033223684	0.183	0.306853419	500.0
RC7-RC6	258.12	257.1	32.7	0.031192661	0.183	0.310504285	500.0

ANNEXE

tronc	cot am	cot ava	L	i	Q	Dcalc	Dn
RC6-RC5	257.1	256.7	33	0.012121212	0.183	0.370712766	500.0
RC5-RC4	256.7	256.2	28.9	0.017301038	0.183	0.346787869	500.0
RC4-RC3	256.2	256.03	18.7	0.009090909	0.183	0.391258292	500.0
RC3-RC2	256.03	255.7	18.9	0.017460317	0.183	0.346192497	500.0
RC2-RC1	255.7	253.1	65.4	0.039755352	0.183	0.296698774	500.0

Conduit RJ :

tronc	cot am	cot ava	L	i	Q	Dcalc	Dn
RJ8-RJ7	247.43	246.25	17.4	0.067816092	0.408	0.362581747	300
RJ7-RJ6	246.25	245.67	16.5	0.049090909	0.408	0.38522825	300
RJ6-RJ5	245.76	244.95	16.7	0.064071856	0.408	0.366463487	300
RJ5-RJ4	244.95	243.88	20.3	0.058128079	0.408	0.373214458	300
RJ4-RJ3	243.88	242.7	33.1	0.035649547	0.408	0.409044636	300
RJ3-RJ2	242.7	241.48	28.4	0.042957746	0.408	0.394989499	300
RJ2-RJ1	241.48	241.17	20.4	0.015196078	0.408	0.479961242	300
RJ1-RF8	241.17	237.76	88.6	0.038487585	0.408	0.403211775	300

Conduit RB :

tronc	cot am	cot ava	L	i	Q	Dcalc	Dn
RB11-RB10	258.2	257.9	14	0.021428571	0.183	0.333151059	400.0
RB10-RB8	257.9	256.7	21	0.057142857	0.183	0.277186491	400.0
RB8-RB7	256.7	255.6	24.6	0.044715447	0.183	0.290229552	400.0
RB7-RB6	255.6	254.5	18.3	0.06010929	0.183	0.274568605	400.0
RB6-RB5	254.5	253.29	17	0.071176471	0.183	0.26600472	400.0
RB5-RB4	253.29	252.5	65	0.012153846	0.183	0.370525926	400.0
RB4-RB3	252.5	251.7	64	0.0125	0.183	0.368580029	400.0
RB3-RB2	251.7	251.01	30.6	0.02254902	0.183	0.329982562	400.0
RB2-RB1	251.01	250.74	75.35	0.003583278	0.183	0.46588082	400.0
RB1-RA3	250.74	249.96	64	0.0121875	0.183	0.37033387	400.0
RB14-RB13	258.1	257.5	23	0.026086957	0.183	0.321087232	400.0
RB13-RB12	257.5	256.9	24.3	0.024691358	0.183	0.32441449	400.0
RB12-RB5	256.9	253.29	43	0.083953488	0.183	0.25789633	400.0
RB9-RB8	257.1	256.7	18.3	0.021857923	0.183	0.331914143	400.0

ANNEXE

Conduit RQ :

tronc	cot am	cot ava	L	i	Q	Dcalc	Dn
RQ13-RQ12	249	247.51	55	0.027090909	0.183	0.318821797	300.0
RQ12-RQ11	247.51	246.37	26	0.043846154	0.183	0.291299856	300.0
RQ11-RQ10	246.37	244.9	22.7	0.064757709	0.183	0.27076048	300.0
RQ10-RQ9	244.9	242.26	35	0.075428571	0.183	0.263126415	300.0
RQ9-RQ8	242.26	240.95	25.6	0.051171875	0.183	0.282982157	300.0
RQ8-RQ7	240.95	238.9	22.7	0.09030837	0.183	0.254391986	300.0
RQ7-RQ2	238.9	234.5	58.4	0.075342466	0.183	0.263182773	300.0
RQ2-RQ1	234.5	232.1	35.3	0.067988669	0.183	0.26829994	300.0

Conduit RF :

tronc	cot am	cot ava	L	i	Q	Dcalc	Dn
RG1-RF10	245.5	243.28	32	0.069375	0.408	0.361039956	300
RF10-RF9	243.28	239.18	62	0.066129032	0.408	0.364298429	300
RF9-RF8	239.18	237.76	18	0.078888889	0.408	0.352444193	300
RF8-RF7	237.76	236.5	24.4	0.051639344	0.408	0.381589964	600
RF7-RF6	236.5	235.85	61.7	0.010534846	0.408	0.514088683	600
RF6-RF5	235.85	235.75	4.1	0.024390244	0.408	0.439215646	600
RF5-RF4	235.75	234.5	20.2	0.061881188	0.408	0.368861717	600
RF4-RF3	234.5	233.87	24	0.02625	0.408	0.433205622	600
RF3-RF2	233.87	232.06	41.3	0.043825666	0.408	0.393510868	600
RF2-RF1	232.06	231.55	31.2	0.016346154	0.408	0.473440501	600

ANNEXE

Conduit RD :

tronc	cot am	cot ava	L	i	Q	Dcalc	Dn
RD8-RD7	248.65	246.83	28	0.065	0.408	0.365476599	300
RD7-RD6	246.83	245.67	35.6	0.03258427	0.408	0.415998563	300
RD6-RD5	245.67	244.41	20.6	0.061165049	0.408	0.369667658	300
RD5-RD4	244.41	243.52	23.6	0.037711864	0.408	0.404754051	300
RD4-RD3	243.52	242.58	24.3	0.038683128	0.408	0.402828819	300
RD3-RD2	242.58	242.13	52.3	0.008604207	0.408	0.533976998	300
RD2-RD1	242.13	241.33	32.3	0.024767802	0.408	0.437952419	300
RD1-RA1	241.33	241.15	28.4	0.006338028	0.408	0.56547632	300

ANNEXE

DIMENSIONEMENT :

Conduit RZ :

tronc	cot am	cot ava	L	i	Q	Dcalc	Dn
RZ19-RZ18	271.15	266.42	74.5	0.063	0.183	0.272	300
RZ18-RZ17	266.42	262.72	57.01	0.065	0.183	0.271	300
RZ17-ZR16	262.72	260.22	43.3	0.058	0.183	0.277	300
ZR16-ZR15	260.22	254.84	85.5	0.063	0.183	0.272	300
RZ15-RZ14	254.84	252.43	40.72	0.059	0.183	0.275	300
RZ14-RZ13	252.43	250.81	25.88	0.063	0.183	0.272	300
RZ13-RZ12	250.81	249.81	34.26	0.029	0.183	0.314	400
RZ12-RZ11	249.81	249.68	25.54	0.005	0.183	0.436	500
RZ11-RZ10	249.68	249.55	35.06	0.004	0.183	0.463	500
RZ10-RZ9	249.55	249.47	44.2	0.002	0.183	0.490	500
RZ9-RZ8	249.47	248.06	49.02	0.029	0.183	0.315	400
RZ8-RZ7	248.06	246.53	22.17	0.069	0.183	0.268	300
RZ7-RZ6	246.53	245.21	9.56	0.138	0.183	0.235	300
RZ6-RZ5	245.21	240.39	82.68	0.058	0.183	0.276	300
RZ5-RZ4	240.39	238.67	32.37	0.053	0.183	0.281	300
RZ4-RZ3	238.67	236.08	23.07	0.112	0.183	0.244	300
RZ3-RZ2	236.08	234.2	24.77	0.076	0.183	0.263	300
RZ2-RZ1	234.2	234.07	21.98	0.006	0.183	0.360	400

ANNEXE

Conduite RS :

tronc	cot am	cot ava	L	i	Q	Dcalc	Dn
RS22-RS21	228.22	224.52	45.2	0.082	0.33	0.323241139	400
RS21-RS20	224.52	220.44	79.4	0.051	0.33	0.352730943	400
RS20-RS19	220.44	217.18	75.45	0.043	0.33	0.364383585	400
RS19-RS18	217.18	214.2	78.8	0.038	0.33	0.373601931	400
RS18-RS17	214.2	211.63	80.7	0.032	0.33	0.385835623	400
RS17-RS16	211.63	208.83	80.36	0.035	0.33	0.37938386	400
RS16-RS15	208.83	206.13	80.04	0.034	0.33	0.38169403	400
RS15-RS14	206.13	203.43	80.09	0.034	0.33	0.381738726	400
RS14-RS13	203.43	200.52	80.62	0.036	0.33	0.376880861	400
RS13-RS12	200.52	197.34	80.21	0.040	0.33	0.370308565	400
RS12-RS11	197.34	194.48	78.9	0.036	0.33	0.376581779	400
RS11-RS10	194.48	192.47	78.45	0.026	0.33	0.401895286	400
RS10-RS9	192.47	190.19	79.82	0.029	0.33	0.393784992	400
RS9-RS8	190.19	187.9	79.6	0.029	0.33	0.393258432	400
RS8-RS7	187.9	185.7	84.5	0.026	0.33	0.400688959	400
RS7-RS6	185.7	182.9	83.07	0.034	0.33	0.381750535	400
RS6-RS5	182.9	181.02	85.3	0.022	0.33	0.413403684	500
RS5-RS4	181.02	180.13	50.01	0.018	0.33	0.430317026	500
RS4-RS3	180.13	179.53	79.31	0.008	0.33	0.505180556	600
RS3-RS2	179.53	179.14	74.53	0.005	0.33	0.541331709	600
RS2-RS1	179.14	178.84	61.74	0.005	0.33	0.548904767	600
RS1-RS0	178.84	178.45	50.23	0.008	0.33	0.50272673	600

ANNEXE

Auto curage :

Conduit RZ

Tron	Vps	Qps	Rq	Rv	Rh	Vre	H	q/10	Vauto
RZ19-RZ18	3.54	0.250	0.731	1.080	0.631	3.827	0.189	0.0183	1.219
RZ18-RZ17	3.58	0.253	0.723	1.092	0.627	3.913	0.188	0.0183	1.232
RZ17-ZR16	3.38	0.239	0.767	1.099	0.651	3.713	0.195	0.0183	1.162
ZR16-ZR15	3.53	0.249	0.734	1.094	0.633	3.860	0.190	0.0183	1.213
RZ15-RZ14	3.42	0.242	0.757	1.098	0.645	3.755	0.194	0.0183	1.177
RZ14-RZ13	3.52	0.249	0.736	1.095	0.634	3.851	0.190	0.0183	1.210
RZ13-RZ12	4.27	0.536	0.341	0.892	0.399	3.811	0.160	0.0183	1.469
RZ12-RZ11	2.79	0.547	0.335	0.888	0.395	2.475	0.197	0.0183	0.958
RZ11-RZ10	2.38	0.467	0.392	0.925	0.432	2.200	0.216	0.0183	0.818
RZ10-RZ9	1.66	0.326	0.561	1.036	0.540	1.721	0.270	0.0183	0.654
RZ9-RZ8	4.24	0.533	0.344	0.894	0.401	3.789	0.160	0.0183	1.458
RZ8-RZ7	3.69	0.261	0.701	1.088	0.615	4.019	0.184	0.0183	1.271
RZ7-RZ6	5.23	0.369	0.496	0.996	0.500	5.204	0.150	0.0183	1.797
RZ6-RZ5	3.40	0.240	0.763	1.098	0.649	3.729	0.195	0.0183	1.168
RZ5-RZ4	3.24	0.229	0.799	1.103	0.671	3.575	0.201	0.0183	1.115
RZ4-RZ3	4.71	0.333	0.550	1.029	0.533	4.849	0.160	0.0183	1.620
RZ3-RZ2	3.87	0.274	0.669	1.080	0.598	4.184	0.179	0.0183	1.332
RZ2-RZ1	1.92	0.241	0.758	1.098	0.646	2.110	0.258	0.0183	0.661

ANNEXE

Conduit RS :

Tron	Vps	Qps	Rq	Rv	Rh	Vre	H	q/10	Vauto
RS22-RS21	6.11	0.767	0.430	0.951	0.458	5.811	0.183	0.033	2.588
RS21-RS20	5.67	0.712	0.464	0.974	0.479	5.521	0.192	0.033	2.401
RS20-RS19	5.20	0.653	0.506	1.002	0.506	5.209	0.202	0.033	2.201
RS19-RS18	4.86	0.611	0.540	1.024	0.527	4.977	0.211	0.033	2.059
RS18-RS17	4.46	0.560	0.589	1.050	0.555	4.683	0.222	0.033	1.890
RS17-RS16	4.67	0.586	0.563	1.037	0.541	4.837	0.216	0.033	1.977
RS16-RS15	4.59	0.577	0.572	1.041	0.546	4.782	0.218	0.033	1.945
RS15-RS14	4.59	0.577	0.572	1.041	0.546	4.781	0.218	0.033	1.944
RS14-RS13	4.75	0.597	0.553	1.031	0.535	4.898	0.214	0.033	2.012
RS13-RS12	4.98	0.625	0.528	1.016	0.520	5.059	0.208	0.033	2.109
RS12-RS11	4.76	0.598	0.552	1.030	0.534	4.905	0.214	0.033	2.016
RS11-RS10	4.00	0.503	0.657	1.076	0.592	4.307	0.237	0.033	1.695
RS10-RS9	4.23	0.531	0.622	1.064	0.573	4.496	0.229	0.033	1.790
RS9-RS8	4.24	0.533	0.620	1.063	0.572	4.508	0.229	0.033	1.796
RS8-RS7	4.03	0.507	0.651	1.075	0.589	4.335	0.236	0.033	1.709
RS7-RS6	4.59	0.576	0.572	1.042	0.546	4.780	0.218	0.033	1.944
RS6-RS5	5.80	1.138	0.290	0.862	0.367	4.997	0.183	0.033	2.456
RS5-RS4	5.21	1.023	0.323	0.881	0.387	4.590	0.194	0.033	2.207
RS4-RS3	4.89	1.383	0.239	0.831	0.335	4.066	0.201	0.033	2.072
RS3-RS2	4.07	1.150	0.287	0.860	0.365	3.499	0.219	0.033	1.724
RS2-RS1	3.92	1.108	0.298	0.866	0.372	3.396	0.223	0.033	1.661
RS1-RS0	4.96	1.401	0.236	0.829	0.333	4.110	0.200	0.033	2.100

ANNEXE

Tron	Vps	Qps	Rq	Rv	Rh	Vre	H	q/10	Vauto
RK14-RK13	7.89	0.991	0.409	0.736	0.443	5.810	0.177	0.0405	3.627
RK13-RK12	8.13	1.022	0.396	0.728	0.435	5.922	0.174	0.0405	3.739
RK12-RK11	9.32	1.171	0.346	0.695	0.402	6.480	0.161	0.0405	4.286
RK11-RK10	8.97	1.126	0.360	0.704	0.411	6.311	0.164	0.0405	4.123
RK10-RK9	6.95	0.872	0.464	0.775	0.480	5.381	0.192	0.0405	3.193
RK9-RK8	6.62	0.832	0.487	0.790	0.494	5.232	0.198	0.0405	3.045
RK8-RK7	8.65	1.087	0.373	0.712	0.420	6.163	0.168	0.0405	3.978
RK7-RK6	9.39	1.180	0.343	0.693	0.401	6.515	0.160	0.0405	4.319
RK6-RK5	8.10	1.018	0.398	0.729	0.436	5.908	0.175	0.0405	3.726
RK5-RK4	7.04	0.884	0.458	0.771	0.476	5.422	0.190	0.0405	3.235
RK4-RK3	7.32	0.920	0.440	0.758	0.464	5.552	0.186	0.0405	3.366
RK3-RK2	7.72	1.516	0.267	0.648	0.352	5.007	0.176	0.0405	3.550
RK2-RK1	6.67	1.310	0.309	0.673	0.379	4.490	0.189	0.0405	3.068
RK1-RE14	7.80	1.532	0.264	0.647	0.351	5.048	0.175	0.0405	3.588
RE22-RE21	8.18	1.028	0.394	0.726	0.434	5.945	0.174	0.0405	3.762
RE21-RE20	6.61	0.830	0.488	0.791	0.495	5.226	0.198	0.0405	3.039
RE20-RE19	8.16	1.024	0.395	0.727	0.435	5.932	0.174	0.0405	3.750
RE19-RE18	7.02	0.882	0.459	0.771	0.477	5.414	0.191	0.0405	3.227
Tron	Vps	Qps	Rq	Rv	Rh	Vre	H	q/10	Vauto
RE18-RE17	6.35	0.797	0.508	0.804	0.508	5.102	0.203	0.0405	2.917
RE17-RE16	6.73	0.846	0.479	0.785	0.489	5.284	0.196	0.0405	3.096

ANNEXE

Tron	Vps	Qps	Rq	Rv	Rh	Vre	H	q/10	Vauto
RE15-RE14	5.84	0.733	0.553	0.831	0.535	4.848	0.214	0.0405	2.682
RE14-RE13	5.86	0.737	0.550	0.829	0.533	4.863	0.213	0.0405	2.696
RE13-RE12	6.99	0.878	0.461	0.773	0.478	5.401	0.191	0.0405	3.213
RE12-RE11	8.56	1.076	0.377	0.715	0.422	6.121	0.169	0.0405	3.937
RE11-RE10	7.13	0.895	0.453	0.767	0.472	5.463	0.189	0.0405	3.276
RE10-RE9	6.57	1.289	0.666	0.879	0.597	5.777	0.298	0.0859	4.107
RE9-RE8	6.55	1.285	0.668	0.880	0.598	5.763	0.299	0.0859	4.095
RE8-RE7	6.89	1.352	0.635	0.869	0.580	5.989	0.290	0.0859	4.307
RE7-RE6	6.32	1.240	0.693	0.886	0.610	5.600	0.305	0.0859	3.951
RE6-RE5	6.14	1.205	0.713	0.890	0.621	5.467	0.311	0.0859	3.838
RE5-RE4	6.64	1.303	0.659	0.877	0.593	5.825	0.297	0.0859	4.151
RE4-RE3	6.11	1.199	0.716	0.891	0.623	5.445	0.311	0.0859	3.820
RE3-RE2	6.68	1.311	0.655	0.876	0.591	5.851	0.295	0.0859	4.176
RE2-RE1	6.00	1.696	0.507	0.803	0.507	4.818	0.304	0.0859	3.751
RL10-RL9	5.90	0.741	0.613	0.860	0.568	5.076	0.227	0.0454	2.843
RL9-RL8	5.70	0.716	0.634	0.869	0.580	4.952	0.232	0.0454	2.746
RL8-RL7	5.40	0.678	0.669	0.880	0.598	4.753	0.239	0.0454	2.602
RL7-RL6	5.20	0.653	0.695	0.887	0.612	4.611	0.245	0.0454	2.505
RL6-RL5	6.05	0.760	0.597	0.854	0.560	5.166	0.224	0.0454	2.916
RL5-RL4	6.01	0.755	0.601	0.856	0.562	5.142	0.225	0.0454	2.896
RL4-RL3	5.01	0.629	0.721	0.892	0.626	4.469	0.250	0.0454	2.414
RL3-RL2	5.06	0.636	0.714	0.891	0.622	4.507	0.249	0.0454	2.438
RL2-RL1	5.80	1.138	0.561	0.836	0.540	4.847	0.270	0.0639	3.221
RL1-RA13	4.60	0.903	0.708	0.889	0.618	4.091	0.309	0.0639	2.554

ANNEXE

Tron	Vps	Qps	Rq	Rv	Rh	Vre	H	q/10	Vauto
RM17- RM16	7.55	0.948	0.479	0.785	0.489	5.923	0.196	0.0454	3.638
RM16- RM15	7.47	0.938	0.484	0.788	0.492	5.886	0.197	0.0454	3.599
RM15- RM14	7.58	0.952	0.477	0.783	0.488	5.937	0.195	0.0454	3.652
RM14- RM13	5.69	0.715	0.635	0.869	0.580	4.949	0.232	0.0454	2.744
RM13- RM12	7.20	0.905	0.502	0.800	0.504	5.761	0.202	0.0454	3.470
RM12- RM11	7.53	0.946	0.480	0.785	0.490	5.914	0.196	0.0454	3.628
RM11- RM10	7.69	0.966	0.470	0.779	0.484	5.988	0.193	0.0454	3.705
RM10- RM9	7.59	0.953	0.476	0.783	0.488	5.942	0.195	0.0454	3.657
RM9-RM8	7.10	0.892	0.509	0.805	0.508	5.712	0.203	0.0454	3.421
RM8-RM7	7.65	0.961	0.473	0.780	0.485	5.969	0.194	0.0454	3.686
RM7-RM6	7.51	0.943	0.481	0.786	0.491	5.905	0.196	0.0454	3.618
RM6-RM5	7.41	0.931	0.488	0.791	0.495	5.859	0.198	0.0454	3.570
RM5-RM4	7.67	0.963	0.471	0.779	0.484	5.979	0.194	0.0454	3.695
RM4-RM3	7.60	0.955	0.476	0.782	0.487	5.946	0.195	0.0454	3.662
RM3-RM2	7.47	0.938	0.484	0.788	0.493	5.886	0.197	0.0454	3.598
RM2-RM1	8.22	1.613	0.396	0.728	0.435	5.983	0.218	0.0639	4.565

ANNEXE

RM1-RL2	8.10	1.590	0.402	0.732	0.439	5.928	0.220	0.0639	4.498
---------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	-------

Tron	Vps	Qps	Rq	Rv	Rh	Vre	H	q/10	Vauto
RP6-RP5	7.51	0.943	0.477	0.783	0.488	5.883	0.195	0.045	3.605
RP5-RP4	7.12	0.894	0.503	0.801	0.505	5.701	0.202	0.045	3.418
RP4-RP3	7.58	0.953	0.472	0.780	0.485	5.918	0.194	0.045	3.641
RP3-RP2	7.74	0.972	0.463	0.774	0.479	5.989	0.192	0.045	3.716
RP2-RP1	7.04	0.884	0.509	0.804	0.508	5.663	0.203	0.045	3.380
RP1-RO4	7.69	0.966	0.466	0.776	0.481	5.966	0.192	0.045	3.692
RO8-RO7	7.08	0.889	0.511	0.806	0.509	5.701	0.204	0.0454	3.409
RO7-RO6	6.89	0.866	0.524	0.814	0.518	5.613	0.207	0.0454	3.322
RO6-RO5	7.40	0.930	0.488	0.791	0.495	5.854	0.198	0.0454	3.566
RO5-RO4	7.65	0.961	0.473	0.780	0.485	5.969	0.194	0.0454	3.685
RO4-RO3	7.96	0.999	0.454	0.768	0.473	6.110	0.189	0.0454	3.834
RO3-RO2	7.60	0.955	0.476	0.782	0.487	5.946	0.195	0.0454	3.662
RO2-RO1	7.35	0.923	0.492	0.793	0.497	5.831	0.199	0.0454	3.541
RO1-RN2	7.09	0.891	0.509	0.805	0.509	5.710	0.203	0.0454	3.418
RN7-RN6	3.39	0.426	0.435	0.754	0.461	2.556	0.184	0.0185	1.169
RN6-RN5	4.83	0.606	0.305	0.670	0.376	3.237	0.150	0.0185	1.666
RN5-RN4	3.43	0.430	0.430	0.751	0.457	2.573	0.183	0.0185	1.183
RN4-RN3	3.18	0.399	0.463	0.774	0.479	2.461	0.192	0.0185	1.097
RN3-RN2	1.93	0.242	0.764	0.899	0.649	1.732	0.260	0.0185	0.765
RN2-RN1	4.19	0.526	0.351	0.699	0.406	2.928	0.162	0.0185	1.446

ANNEXE

Tron	Vps	Qps	Rq	Rv	Rh	Vre	H	q/10	Vauto
RA13-RA12	5.80	4.553	0.327	0.684	0.390	3.965	0.390	0.149	4.355
RA12-RA11	5.70	4.475	0.375	0.714	0.422	4.070	0.422	0.168	4.415
RA11-RA10	5.30	4.161	0.404	0.733	0.440	3.885	0.440	0.168	4.105
RA10-RA9	5.00	3.925	0.428	0.750	0.456	3.748	0.456	0.168	3.873
RA9-RA8	4.88	3.827	0.439	0.757	0.463	3.692	0.463	0.168	3.776
RA8-RA7	4.50	3.533	0.476	0.782	0.487	3.521	0.487	0.168	3.486
RA7-AR6	4.60	3.611	0.465	0.775	0.481	3.567	0.481	0.168	3.563
RA6-RA5	4.50	3.533	0.476	0.782	0.487	3.521	0.487	0.168	3.486
RA5-RA4	4.20	3.297	0.510	0.805	0.509	3.380	0.509	0.168	3.253
RA4-RA3	3.90	3.062	0.549	0.829	0.532	3.232	0.532	0.168	3.021
RA3-RA2	3.70	2.905	0.578	0.845	0.549	3.125	0.549	0.168	2.866
RA2-RA1	3.80	2.983	0.563	0.837	0.541	3.179	0.541	0.168	2.943
RA1-RA0	4.50	3.533	0.476	0.782	0.487	3.521	0.487	0.168	3.486
RA0-REJET1	3.50	2.748	0.611	0.860	0.568	3.010	0.568	0.168	2.711

ANNEXE

Tron	Vps	Qps	Rq	Rv	Rh	Vre	H	q/10	Vauto
RI23-RI22	6.60	1.296	0.315	0.676	0.382	4.465	0.191	0.0408	3.045
RI22-RI21	7.41	1.455	0.281	0.656	0.361	4.863	0.180	0.0408	3.418
RI21-RI20	6.54	1.284	0.318	0.678	0.384	4.437	0.192	0.0408	3.018
RI20-RI19	4.94	1.397	0.292	0.663	0.368	3.277	0.221	0.0408	2.279
RI19-RI18	4.95	0.972	0.420	0.744	0.451	3.685	0.225	0.0408	2.284
RI18-RI17	5.43	1.067	0.383	0.719	0.426	3.906	0.213	0.0408	2.506
RI17-RI16	6.19	0.777	0.525	0.815	0.518	5.039	0.207	0.0408	2.852
RI16-RI15	5.98	0.751	0.544	0.826	0.529	4.934	0.212	0.0408	2.756
RI15-RI14	5.42	0.681	0.599	0.854	0.561	4.634	0.224	0.0408	2.501
RI14-RI13	5.68	0.714	0.572	0.841	0.546	4.780	0.218	0.0408	2.620
RI13-RI12	4.96	0.623	0.655	0.876	0.591	4.345	0.236	0.0408	2.287
RI12-RI11	5.16	0.649	0.629	0.867	0.577	4.477	0.231	0.0408	2.382
RI11-RI10	5.73	0.720	0.567	0.838	0.543	4.807	0.217	0.0408	2.644
RI10-RI9	7.26	0.912	0.447	0.763	0.469	5.541	0.188	0.0408	3.349
RI9-RI8	4.09	0.514	0.794	0.902	0.667	3.692	0.267	0.0408	1.887
RI8-RI7	7.35	0.923	0.442	0.759	0.465	5.580	0.186	0.0408	3.388
RI7-RI6	6.27	0.788	0.518	0.810	0.514	5.082	0.205	0.0408	2.893
RI6-RI5	6.62	0.831	0.491	0.793	0.497	5.247	0.199	0.0408	3.052
RI5-RI4	6.47	1.269	0.322	0.680	0.387	4.398	0.193	0.0408	2.981
RI4-RI3	4.77	0.937	0.436	0.755	0.461	3.603	0.231	0.0408	2.201
RI3-RI2	7.60	1.492	0.273	0.652	0.356	4.957	0.178	0.0408	3.506
RI2-RI1	4.10	0.805	0.507	0.803	0.507	3.294	0.253	0.0408	1.892

ANNEXE

Tron	Vps	Qps	Rq	Rv	Rh	Vre	H	q/10	Vauto
RH13- RH12	7.22	0.906	0.450	0.765	0.471	5.521	0.188	0.0408	3.328
RH12- RH11	7.46	0.937	0.436	0.755	0.461	5.630	0.184	0.0408	3.439
RH11- RH10	6.28	0.789	0.517	0.810	0.513	5.086	0.205	0.0408	2.896
RH10-RH9	5.71	0.717	0.569	0.840	0.544	4.794	0.218	0.0408	2.633
RH9-RH8	5.97	0.750	0.544	0.826	0.529	4.933	0.212	0.0408	2.754
RH8-RH7	6.11	0.768	0.531	0.818	0.522	5.004	0.209	0.0408	2.819
RH7-RH6	6.52	0.818	0.499	0.798	0.502	5.198	0.201	0.0408	3.005
RH6-RH5	6.14	0.771	0.529	0.817	0.521	5.017	0.208	0.0408	2.831
RH5-RH4	5.61	0.704	0.579	0.845	0.550	4.738	0.220	0.0408	2.586
RH4-RH3	5.91	0.742	0.550	0.829	0.533	4.900	0.213	0.0408	2.725
RH3-RH2	5.01	0.629	0.649	0.874	0.588	4.374	0.235	0.0408	2.308
RH2-RH1	5.55	0.698	0.585	0.848	0.553	4.709	0.221	0.0408	2.561
RG9-RG8	6.25	0.785	0.520	0.811	0.515	5.069	0.206	0.0408	2.881
RG8-RG7	6.28	0.789	0.517	0.810	0.513	5.086	0.205	0.0408	2.897
RG7-RG6	6.34	0.796	0.513	0.807	0.510	5.113	0.204	0.0408	2.922
RG6-RG5	6.43	0.808	0.505	0.802	0.506	5.158	0.202	0.0408	2.965
RG5-RG4	5.70	0.716	0.570	0.840	0.544	4.791	0.218	0.0408	2.630
RG4-RG3	6.39	0.803	0.508	0.804	0.508	5.138	0.203	0.0408	2.946
RG3-RG2	5.63	0.707	0.577	0.844	0.549	4.749	0.220	0.0408	2.594
RG2-RG1	5.90	0.741	0.551	0.830	0.533	4.895	0.213	0.0408	2.721

ANNEXE

Tron	Vps	Qps	Rq	Rv	Rh	Vre	H	q/10	Vauto
RC14-RC13	3.88	0.274	0.668	0.880	0.598	3.411	0.179	0.0183	1.333
RC13-RC12	3.43	0.242	0.756	0.897	0.645	3.076	0.193	0.0183	1.179
RC12-RC11	3.55	0.251	0.730	0.893	0.630	3.171	0.189	0.0183	1.221
RC11-RC10	3.48	0.246	0.745	0.896	0.638	3.117	0.191	0.0183	1.197
RC10-RC9	4.13	0.518	0.353	0.700	0.407	2.887	0.163	0.0183	1.419
RC9-RC8	2.66	0.334	0.548	0.828	0.532	2.203	0.213	0.0183	0.915
RC8-RC7	4.56	0.572	0.320	0.679	0.385	3.095	0.154	0.0183	1.567
RC7-RC6	4.42	0.555	0.330	0.685	0.392	3.026	0.157	0.0183	1.519
RC6-RC5	2.75	0.346	0.529	0.817	0.521	2.249	0.208	0.0183	0.947
RC5-RC4	3.29	0.413	0.443	0.760	0.466	2.499	0.186	0.0183	1.131
RC4-RC3	2.38	0.299	0.611	0.860	0.568	2.049	0.227	0.0183	0.820
RC3-RC2	3.30	0.415	0.441	0.759	0.465	2.506	0.186	0.0183	1.136
RC2-RC1	7.79	1.529	0.120	0.503	0.245	3.920	0.122	0.0183	2.679
RB11-RB10	3.66	0.460	0.398	0.729	0.436	2.669	0.175	0.0183	1.259
RB10-RB8	5.98	0.751	0.244	0.634	0.338	3.791	0.135	0.0183	2.055
RB8-RB7	5.29	0.664	0.276	0.653	0.358	3.454	0.143	0.0183	1.818
RB7-RB6	6.13	0.770	0.238	0.630	0.334	3.864	0.134	0.0183	1.011
RB6-RB5	6.67	0.838	0.218	0.618	0.322	4.119	0.129	0.0183	1.893
RB5-RB4	2.76	0.346	0.529	0.817	0.520	2.251	0.208	0.0183	0.948
RB4-RB3	2.80	0.351	0.521	0.812	0.516	2.270	0.206	0.0183	0.961
RB3-RB2	3.75	0.472	0.388	0.722	0.430	2.712	0.172	0.0183	1.291
RB2-RB1	2.50	0.314	0.583	0.847	0.552	2.117	0.221	0.0183	0.860

ANNEXE

Tron	Vps	Qps	Rq	Rv	Rh	Vre	H	q/10	Vauto
RB1-RA3	2.76	0.347	0.528	0.816	0.520	2.253	0.208	0.0183	0.949
RB14- RB13	4.04	0.507	0.361	0.705	0.412	2.845	0.165	0.0183	1.389
RB13- RB12	3.93	0.493	0.371	0.711	0.419	2.793	0.167	0.0183	1.351
RB12-RB5	6.53	0.820	0.223	0.621	0.325	5.569	0.130	0.0183	1.831
RB9-RB8	3.70	0.464	0.394	0.727	0.434	2.685	0.174	0.0183	1.271
RQ13- RQ12	2.31	0.164	1.119	0.828	0.980	1.917	0.294	0.0183	0.796
RQ12- RQ11	2.94	0.208	0.880	0.912	0.730	2.686	0.219	0.0183	1.013
RQ11- RQ10	3.58	0.253	0.724	0.892	0.627	3.194	0.188	0.0183	1.231
RQ10-RQ9	3.86	0.273	0.671	0.881	0.599	3.401	0.180	0.0183	1.328
RQ9-RQ8	3.18	0.225	0.814	0.904	0.681	2.877	0.204	0.0183	1.094
RQ8-RQ7	4.23	0.299	0.613	0.860	0.569	3.636	0.171	0.0183	1.453
RQ7-RQ2	3.86	0.273	0.671	0.881	0.599	3.399	0.180	0.0183	1.328
RQ2-RQ1	3.67	0.259	0.706	0.889	0.618	3.260	0.185	0.0183	1.261
RD8-RD7	6.37	0.801	0.510	0.805	0.509	5.130	0.203	0.0408	2.939
RD7-RD6	4.51	0.567	0.720	0.892	0.625	4.024	0.250	0.0408	2.081
RD6-RD5	6.18	0.777	0.525	0.815	0.518	5.038	0.207	0.0408	2.851
RD5-RD4	4.85	0.610	0.669	0.880	0.598	4.273	0.239	0.0408	2.239
RD4-RD3	4.92	0.618	0.661	0.878	0.594	4.315	0.238	0.0408	2.267
RD3-RD2	5.22	1.475	0.277	0.654	0.358	3.412	0.215	0.0408	0.785
RD2-RD1	8.85	2.502	0.163	0.568	0.283	5.027	0.170	0.0408	4.082
RD1-RA1	4.48	1.266	0.322	0.681	0.387	3.048	0.232	0.0408	0.687

ANNEXE

Tron	Vps	Qps	Rq	Rv	Rh	Vre	H	q/10	Vauto
RJ8-RJ7	6.51	0.818	0.499	0.798	0.502	5.195	0.201	0.0408	3.002
RJ7-RJ6	5.54	0.696	0.586	0.849	0.554	4.700	0.222	0.0408	2.554
RJ6-RJ5	6.33	0.795	0.513	0.807	0.511	5.108	0.204	0.0408	2.918
RJ5-RJ4	6.03	0.757	0.539	0.823	0.527	4.960	0.211	0.0408	2.779
RJ4-RJ3	4.72	0.593	0.688	0.885	0.608	4.178	0.243	0.0408	2.177
RJ3-RJ2	5.18	0.651	0.627	0.866	0.576	4.488	0.230	0.0408	2.389
RJ2-RJ1	3.08	0.387	1.054	0.905	0.915	2.790	0.366	0.0408	1.421
RJ1-RF8	4.90	0.616	0.662	0.878	0.595	4.307	0.238	0.0408	2.262
RG1-RF10	6.58	0.827	0.493	0.794	0.498	5.230	0.199	0.0408	3.036
RF10-RF9	6.43	0.807	0.505	0.802	0.506	5.157	0.202	0.0408	2.964
RF9-RF8	7.02	0.882	0.463	0.774	0.479	5.432	0.192	0.0408	3.238
RF8-RF7	10.36	2.928	0.139	0.537	0.263	5.558	0.158	0.0408	4.777
RF7-RF6	5.77	1.632	0.250	0.638	0.342	3.685	0.205	0.0408	2.662
RF6-RF5	8.78	2.483	0.164	0.569	0.284	5.002	0.170	0.0408	4.051
RF5-RF4	11.56	3.267	0.125	0.513	0.250	5.928	0.150	0.0408	5.330
RF4-RF3	9.11	2.575	0.158	0.562	0.279	5.125	0.168	0.0408	4.202
RF3-RF2	11.78	3.328	0.123	0.509	0.247	5.990	0.148	0.0408	5.430
RF2-RF1	7.19	2.032	0.201	0.604	0.310	4.345	0.186	0.0408	3.316