République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abderrahmane MIRA de Bejaia

جامعة بجاية
Tasdawit n'Bgayet
Université de Béjaïa

Faculté de Technologie
كلية التكنولوجية
Université de Béjaïa

Faculté de Technologie
Département d'**Hydraulique**

Laboratoire d'Hydraulique appliquée et environnement

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par :

Mlle. Khelloufi Sarah

Mr. Gaci Idir

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER en Hydraulique**

Option : **Hydraulique Urbaine**

INTITULE :

ETUDE DIAGNOSTIC DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT DE SIDI AHMED BEJAIA

Soutenu le **04 /10 /2021**

Encadré par : **Mr. Hamchaoui Samir**

Membre de jury :

- Président : **Mr. Hamouche A**

  Examinateur (s) : **Mme. Benslimane M**

-

Année Universitaire : 2020/2021

Remerciements

Nous tenons à remercier particulièrement notre encadreur Mr.Hamchaoui Samir pour son soutien et l'aide précieuse qu'il nous a prodigué durant l'élaboration de ce travail.

Nous Vifs remerciement vont également aux membres de jury ainsi qu'au corps des enseignants du département hydraulique, qui ont permis l'aboutissement de notre cycle de formation.

Notre reconnaissance infinie s'adresse à Mr Bouress Hakim pour son assistance et les conseils inestimables qu'il nous a apportés durant notre de stage et même après.

Sommaire

Introduction générale 2

I.1. Introduction 4

I.2. Aspect générale de la ville Bejaïa 4

I.2.1. Situation physique de la ville de Bejaïa 4

I.2.2. Localisation 4

I.2.3. Situation physique de la zone d'étude 4

I.2.4. Situation climatique 5

I.2.5. Température 5

I.2.6. Précipitation 6

I.2.7. Urbanisme 7

I.3. Milieu naturel et rejets 8

I.3.1. Les oueds et chaaba de la zone d'étude 9

I.3.2. Les rejets 11

I.4. Aspect des principaux ouvrages du système d'assainissement 14

I.4.1. Linéaire du réseau 14

I.4.2. Station de pompage 14

I.4.3. Les ouvrages spécieux 15

I.5 Conclusion 17

II.1. Introduction 19

II.2. Objectif des compagnes de mesures 19

II.3. Les grandeurs mesurables 19

II.4. Présentation du bassin métrologie de la zone d'étude 20

II.5. Présentation des techniques de mesurage 20

II.5.1. Mesure de pluie : 20

II.5.2. Les étapes de la compagne de mesure 21

II.5.3. Les appareils de mesure 21

II.5.4. Implantation des appareils 22
II.5.5. Technique de mesurage de la pluviométrie de la zone d'étude 23
II.5.5.1. Analyse de la mesure pluviométrique 23
II.5.5.2. Mesure de débit 27
II.5.5.3. Presentation des mesures de suivi des postes de refoulement 38
II.5.5.4. Analyse de temps sec de la zone d'étude 40
II.5.5.5. Analyse de temps de pluie de la zone d'étude 43
II.5.5.6. Resultats des points de mesure par temps de pluie 44
II.5.5.7. Synthèse générale par bassin de métrologie par temps de pluie 45
II.5.5.8. Mesure de la pollution 48
II.5.5.9. Critéres de choix et d'implantation des préleveurs automatique 48
II.5.5.10. Mise en œuvre du materiel de prélèvement 48
II.5.5.11. Durée de conservation de l'échantillon 49
II.5.5.12. Technique de mesure suivi sur la zone d'étude 49
II.6. Conclusion 52
III . 1. Introduction 54
III.2. Définition de SWMM et PCSWMM 54
III.2.1. Capacité de PCSWMM 54
III.2.2. La modélisation dans PCSWMM 56
III.2.3. Objets conceptuel de PCSWMM 56
III.2.4. Paramétrage de PCSWMM 58
III.2.5. Construction du modèle hydrologique 59
III.2.6. Construction du modèle hydraulique 61
III.3. QGIS 65
III.3.1. Le role d'un QGIS 66
III.3.2. Présentation de l'interface de QGIS 66
III.4. Conclusion 67
IV.1. Introduction 70

IV.2. Investigation nocturne....70
IV.2.1. Recherche des eaux claires parasites d'eaux de nappe et d'eaux nappe et d'eau potable 70
IV.3. Synthèse des visites nocturnes....78
IV.4. Diagnostic des collecteurs 79
IV.4.1. Investigation télévisée.... 79
IV.4.2. Contrôle de branchement.... 80
IV.4.3. La Méthode de Réflectométrie d'Impulsion Radar.... 82
IV.5. Inspection des collecteurs de SIDI Ahmed....83
IV.6. Synthèse et résultats....92
IV.6.1. Bilan des inspections des collecteurs-Généralités 92
IV.6.2. Inspection des collecteurs non visitables.... 93
IV.7. Diagnostic du fonctionnement hydraulique....105
IV.7.1. Diagnostic hydraulique détaillé d'un collecteur sur Sidi Ahmed.... 106
IV.7.1.1. Situation de temps sec....106
IV.7.1.2. Pluie de projet période de retour 6mois....108
IV.7.1.3. Pluie de projet période de retour 20 ans 109
IV.7.2. Diagnostic qualitatif des oueds.... 110
IV.8. Diagnostic des ouvrages associés au réseau 111
IV.8.1. Station de pompage d'Aamriw 111
IV.8.2. Diagnostic des ouvrages de régulation (OR).... 112
IV.8.2.1. Ouvrage de régulation N° 01 113
IV.8.2.2. Ouvrage de régulation N° 02 114
IV.8.2.3. Ouvrage de régulation N° 03 116
IV.8.2.4. Ouvrage de régulation N° 04 117
IV.9. Conclusion 117
V.1. Introduction....119
V.2. Réhabilitation 119
V.2.1. Définition 119

V.2.2. Objectif des travaux de réhabilitation 120
V.2.3. Réhabilitation ou remplacement par tranchée à ciel ouvert 121
V.2.3.1. D'un point de vue socio-économique 121
V.2.3.2. D'un point de vue technique 121
V.2.4. Classement de technique de réhabilitation 122
V.2.4.1. Classement en fonction de critères technique 122
V.2.4.2. Classement selon la norme européenne N° EN 155 W1 209 122
V.2.5. Travaux préalables à toute réhabilitation 122
V.2.5.1. Travaux préparatoires 122
V.2.6. Techniques pour les collecteurs non visitables 123
V.2.7. Techniques pour les collecteurs visitables 124
V.2.7.1. Risques et mesures de prévention 124
V.2.7.2. Technique de réhabilitation 125
V.3. Résultats du schéma directeur d'assainissement 125
V.3.1. Les solutions techniques 125
V.3.2. Consistance du schéma directeur 126
V.3.2.1. Programme de travaux 127
V.3.2.2. Action liée à la réhabilitation du réseau de collecte 128
V.3.2.3. Actions liées à l'exploitation du système d'assainissement 128
V.4. Avant projet détaillé des Opérations de travaux 129
V.4.1. Note de calcul 129
V.4.1.1. Évolution attendues à horizon 2035 129
V.4.1.2. Conception et dimensionnement des ouvrages 130
V.5. Programme de travaux et d'actions à court, moyen et long terme 132
V.5.1. Approche générale et planification 132
V.5.2. Travaux à court terme liés au renforcement et au renouvellement du réseau de collecte 134
V.5.2.1. Collecteur de Sidi Ahmed 134
V.5.2.2. Amélioration de la station de refoulement Aamriw 137

V.5.3. Travaux à moyen et long terme liés au renforcement et au renouvellement du réseau de collecte 137
V.5.4. Actions à court terme liées à la réhabilitation du réseau de collecte 138
V.5.4.1. Principe généraux suivis pour la réhabilitation des collecteurs 138
V.5.4.2. Réhabilitation Oued Salomon 140
V.5.4.3. Réhabilitation des collecteurs 140
V.5.4.4. Réhabilitation des ouvrages connexes 141
V.5.5. Actions liées à l'exploitation 145
V.5.5.1. Mise en accessibilité du réseau 146
V.5.5.2. Surveillance de l'évolution des désordres 147
V.6. Conclusion 148
Conclusion générale 150

Listes des Figures

Figure I. 1 : représentation de la zone SIDI AHMED sous GOOGLE EARTH. 5

Figure I. 2 : Changement de température mensuel pour Bejaia (1991-2020). 5

Figure I. 3 : précipitation mensuelle de la ville de Bejaia 6

Figure I. 4 : Schéma synoptique primaire de fonctionnement du système d'assainissement de la zone sidi Ahmed 8

Figure I. 5 : Diagramme représentant la répartition des oueds et des affluents. 9

Figure I. 6 : les déférents oueds et chaaba's qui font partie de la zone d'étude 10

Figure I. 7 : Positionnement de la station de pompage sur la carte de Bejaia 15

Figure II. 1 : Site de mesure. 20

Figure II. 2 : pluviomètre à auget basculant 22

Figure II. 3 : implantation des pluviographes 23

Figure II. 4 : Courbe IDF pour de faibles périodes de retour 24

Figure II. 5 : Mesure des précipitations journalières-présentation graphique 25

Figure II. 6 : Précipitations horaires du 01 mai au 02 mai. 26

Figure II. 7 : Précipitations horaires du 05 au 07 Mai. 27

Figure II. 8 : cas d'un déversoir Triangulaire 30

Figure II. 9 : cas d'un déversoir Triangulaire 31

Figure II. 10 : principe de la mesure simultanée du couple hauteur-vitesse. 32

Figure II. 11 : principe de la répartition d'un flux de temps sec. 35

Figure II. 12 : illustration technique temps de marche-vue sur tablette contrôle 39

Figure II. 13 : Illustration technique temps de marche-vue sur les pinces ampérométriques. 39

Figure II. 14 : Illustration technique temps de transit-vue sur débitmètre. 39

Figure II. 15 : Illustration technique temps de transit-pose des capteurs ultrasons. 40

Figure II. 16 : comparaison des apports d'eaux usées et d'ECP par bassin de collecte. 42

Figure II. 17 : illustration méthodologique de l'estimation des surfaces actives 43

Figure II. 18 : matériel d'échantillonnages – préleveurs multi flacons. 49

Figure II. 19 : illustration d'un échantillonneur avec un bac à 24 flacons. 50

Figure II. 20 : Installation d'un préleveur automatique sigma. 51

Figure II. 21 : Préparation de l'échantillon moyen. 51

Figure II. 22 : Illustration des eaux claires parasites. 52

Figure III. 1 : Intégration des sous bassins de collecte dans PCSWMM. 59

Figure III. 2 : Intégration des séries pluviométriques dans PCSWMM. 60

Figure III. 3 : Méthode de Desbordes dans PCSWMM pour la transformation pluie-débit. 61

Figure III. 4 : intégration des caractéristiques des regards (jonctions) dans PCSWMM. 61

Figure III. 5 : Intégration des caractéristiques des ouvrages spéciaux (Stockage) dans PCSWMM. 62

Figure III. 6 : Intégration des courbes de stockage pour les ouvrages spéciaux dans PCSWMM. 62

Figure III. 7 : Intégration des caractéristiques des rejets (exutoires) dans PCSWMM. 62

Figure III. 8 : Intégration des sections en travers des Oued-Chaabat dans PCSWMM. 63

Figure III. 9 : Intégration des courbes de forme sections ovoïdale des collecteurs dans PCSWMM. 63

Figure III. 10 : Intégration des caractéristiques des collecteurs dans PCSWMM. 63

Figure III. 11 : Intégration manuelle des caractéristiques des déversoirs d'orages dans PCSWMM 64

Figure III. 12 : Intégration manuelle des caractéristiques des orifices dans PCSWMM 64

Figure III. 13 : Modèle hydrologique et hydraulique construit sous PCSWMM. 65

Figure III. 14 : QGIS. 65

Figure III. 15 : les principaux composants de l"interface de QGIS 66

Figure III. 16 : l'interface de QGIS 67

Figure IV. 1 : photos d'illustration des compagnes nocturnes. 73

Figure IV.2 : vide visible par le défaut sur une conduite à SIDI AHMED engendrant une Exfiltration 78

Figure IV. 3 : Plan des collecteurs à inspecter. 84

Figure IV. 4 : Plan des oueds à inspecter. 85

Figure IV. 5 : Exemple d'une feuille de relevé d'inspection pédestre et vidéo-périscopique des collecteurs.. 88
Figure IV. 6 : Exemple d'une fiche d'inspection. 88
Figure IV. 7 : Logigramme de la méthode RERAU. 92
Figure IV. 8 : Vue générale d l'exutoire du cuvelage de « l'Oued Salamon 1 ». 102
Figure IV. 9 : Diagnostic et réhabilitation du tronçon de l'oued Salomon 01 103
Figure IV. 10 : Détail des informations présentes sur un profil en long issu de PCSWMM. 106
Figure IV. 11 : Collecteur sur SA - Situation temps sec avec dépôts. 107
Figure IV. 12 : Collecteur sur SA - Situation temps sec sans dépôts 107
Figure IV. 13 : Collecteur sur SA – Pluie projet 6 mois avec dépôt. 108
Figure IV. 14 : Collecteur sur SA – Pluie projet 6 mois sans dépôt. 108
Figure IV. 15 : Collecteur sur SA – Pluie projet 20 ans avec dépôt. 109
Figure IV. 16 : Collecteur sur SA – Pluie projet 20 ans sans dépôt. 109
Figure IV. 17 : Profil de l'oued Salomon 110
Figure IV. 18 : Débits mesurés sur la partie aval de l'Oued Salomon. 111

Figure V. 1 : Profile projeté équivalent ∅ 1500-base 600 mm. 132
Figure V. 2 : Plan des opérations 135
Figure V. 3 : Plan des opérations. 135

Liste des Tableaux

Tableau I. 1 : Analyse pluviométrique de la ville de Bejaia 1907-2015. (Source : Étude Stucky Enhyd) 7

Tableau I. 2 : La répartition de la population sur le bassin de la zone d'étude SIDI AHMED. 7

Tableau I. 3 : Les caractéristiques des Oueds. 10

Tableau I. 4 : Les caractéristiques des Chaâbas. 10

Tableau I. 5 : le nombre de point de rejets localisée dans le bassin de SA. 11

Tableau I. 6 : Les caractéristiques des points de rejet existant. 11

Tableau I. 7 : caractéristiques des équipements hydromécaniques de la station de pompage. (Source : SCE) 15

Tableau I. 8 : les avantages et les inconvénients des ouvrages de régulation. 16

Tableau II. 1 : Caractéristique en hauteur de pluviométrie (mm) pour de faibles périodes de retour. 24

Tableau II. 2 : Caractéristique de la période de retour de certaines pluies observées durant la compagne de métrologie. 24

Tableau II. 3 : Mesure des précipitations journalières 25

Tableau II. 4 : synthèse par temps sec et par point de mesure. 41

Tableau II. 5 : synthèse des eaux usées par bassins de métrologie. 42

Tableau II. 6 : synthèse des données minimum et maximum par site de mesure. 45

Tableau II. 7 : synthèse par temps de pluie et par site de mesure. 45

Tableau II. 8 : synthèse des résultats par temps de pluie et par bassin de métrologie. 47

Tableau IV. 1 : catégorisation des eaux sur la base de la conductimétrie 74

Tableau IV. 2 : Catégorisation des eaux sur la base des taux de NH4 74

Tableau IV. 3 : synthèse des inspections nocturnes par point sur le bassin SIDI AHMED. 76

Tableau IV. 4 : Synthèse des inspections nocturne par tronçon sur le bassin de SIDI AHMED. 77

Tableau IV. 5 : Caractéristiques électrique par rapport au milieux 82

Tableau IV. 6 : Linéaire de collecteur à inspecter. 84

Tableau IV. 7 : Linéaire des oueds à inspecter. 84

Tableau IV. 8 : Extrait du tableau des notes des défauts pour l'indice INF4 et EXF4..... 89

Tableau IV. 9 : Tableau de détermination de la note du tronçon à partir de la moyenne des notes des Défauts et de la densité. 90

Tableau IV. 10 : Échelle de notation global d'un tronçon inspecté selon le format pivot ONA… 91

Tableau IV. 11 : Les défauts de l'inspection caméra. 93

Tableau IV. 12 : Inspection pédestre « Oued Salomon »..... 95

Tableau V. 1 : Solutions technique. Source SCE..... 125

Tableau V. 2 : les opérations à suivre dans la zone d'étude. 127

Tableau V. 3 : Collecteurs à réaliser le long de la RN24. 134

Tableau V. 4 : collecteur sur Sidi Ahmed. 136

Tableau V. 5 : Trop-pleins à réaliser sur l'opération LOT2_01 137

Tableau V. 6 : Collecteur coté école des cadets..... 137

Tableau V. 7 : Synthèse du nombre de regards à réhabiliter par catégorie..... 143

Tableau V. 8 : Inventaire et préconisation relatifs aux ouvrages spéciaux existants. 144

Tableau V. 9 : Travaux de libre accessibilité par priorité et thématique 146

Tableau V. 10 : Les ouvrages existants à curer..... 147

Liste des abréviations

BE : Béton

DAO : Dessin assistée par ordinateur

EU : Eaux usées

EP : Eaux pluviales

ECP : Eaux claires parasites

H2S : Gaz d'hydrogène et de soufre

MCD : Model conceptionnel des données

OR : Ouvrage de régulation

OMM : Organisation mondiale métrologique

PH : Point haut de système

PU : Plan urbanisme

PRV : Polyester renfort de verre

POS : Plan d'occupation des sols

RERAU : Réhabilitation des réseaux d'assainissement urbain

SR : Station de refoulement

SCE : Société

SWMM : Strom water model

SDA : Schéma directeur d'assainissement

Remerciements

Nous tenons à remercier particulièrement notre encadreur Mr.Hamchaoui Samir pour son soutien et l'aide précieuse qu'il nous a prodigué durant l'élaboration de ce travail.

Nous Vifs remerciement vont également aux membres de jury ainsi qu'au corps des enseignants du département hydraulique, qui ont permis l'aboutissement de notre cycle de formation.

Notre reconnaissance infinie s'adresse à Mr Bouress Hakim pour son assistance et les conseils inestimables qu'il nous a apportés durant notre de stage et même après.

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

L'assainissement consiste à assurer l'évacuation des eaux usées et pluviales, ainsi que leur rejet dans les exutoires naturels, après traitements compatibles avec les exigences de santé publique et de l'environnement.

Ces objectifs nécessitent un entretien efficace des systèmes de collecte et de traitement et leur maintien en état, y compris l'évacuation « sans danger » des différents déchets qu'ils génèrent (produits de curage : matières de vidange, refus de dégrillage, graisses, sables et boues ; etc…).

Les systèmes d'Assainissement dépendent à l'évidence de l'occupation des sols et ; réciproquement ; les choix d'urbanisme ne peuvent pas se faire sans tenir compte des contraintes d'Assainissement.

En effet ; un système d'Assainissement est en perpétuelle évolution, et le problème majeur que l'on rencontre en Algérie c'est la gestion, par ce que la majorité des agglomérations possèdent un réseau.

Pour atteindre notre but (fiabilité des réseaux) il faut bien vérifier les conduites d'écoulement.

Notre travail de fin d'étude concerne le diagnostic du réseau d'assainissement de la Zone de Sidi Ahmed qui fait partie de la wilaya de Bejaia.

Et pour bien cadrer cette étude, nous avons suivi un plan de travail axé sur cinq parties :

La première partie c'est la présentation de la zone d'étude qui couvre les différents chaaba et oueds ainsi que les ouvrages spéciaux existent. La deuxième partie englobe le matériel et les méthodes utilisées pour réaliser l'étude, les résultats du projet et l'interprétation de ces derniers. Ce qui concerne la troisième partie c'est la présentation des différents logiciels utilisés pour faciliter notre travail. Ensuite c'est le développement des résultats déduit par les différentes méthodes de diagnostic qu'on a suivi. En fin c'est la réhabilitation.

CHAPITRE I : PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

I.1. Introduction

Le projet concerne l'étude de diagnostic (renouvellement et extension) du système d'assainissement de la ville de Bejaia plus précisément la zone de Sidi Ahmed, sachant que cette étude est faite pour améliorer les problèmes qui travers cette agglomération ces dernières années, et qui sont le résultat d'une conjonction défavorable qui dépend de plusieurs paramètres.

I.2. Aspect générale de la ville Bejaïa

I.2.1. Situation physique de la ville de Bejaïa

Bejaia est une ville encadrée par les montagnes, comme elle est considérée la ville la plus importante de la Kabylie en termes de population environs à 185000 habs et une superficie de 120,22 km². Elle est située à 180km à l'est d'Alger et 150km à l'ouest de Constantine, sur la cote. [1]

I.2.2. Localisation

La ville de Bejaïa est abordée :

- Au nord par la Méditerranée.
- À l'est par la Méditerranée.
- Au sud-est par la commune de Tichy.
- Au sud par la commune de Tala Hamza.
- Au sud-ouest par la commune d'Oued Ghir.
- À l'Ouest par la commune de Toudja.

I.2.3. Situation physique de la zone d'étude

L'aire d'étude se situe dans la partie nord-ouest de la commune de Bejaia, elle s'étend sur une surface de 127.15 Ha.

Notre zone qui est SIDI AHMED est délimiter par :

- Le cartier d'Ighil el bordj au Nord-Ouest.
- Parc Gouraya au Nord-est.

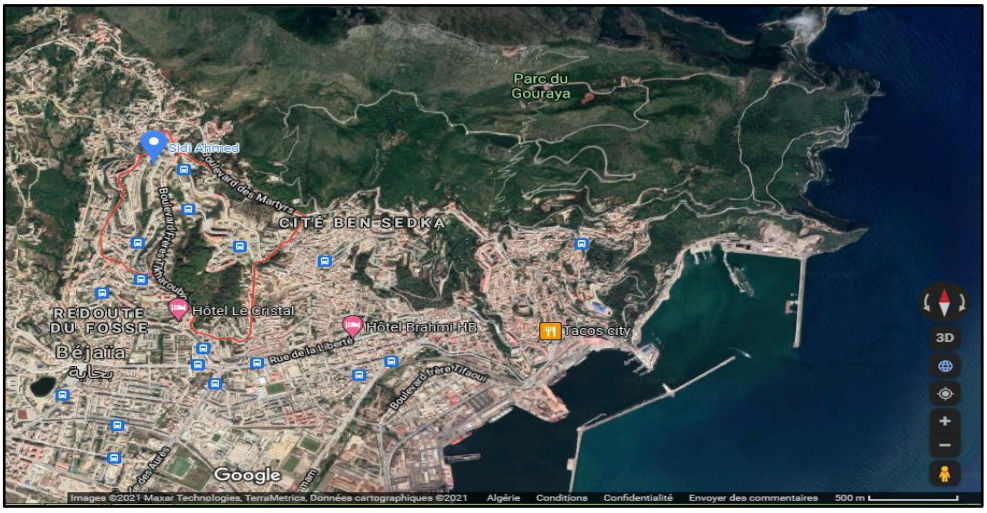


Figure I.1 : *représentation de la zone SIDI AHMED sous GOOGLE EARTH* **[2]**

I.2.4. Situation climatique

La zone de SIDI AHMED bénéficie d'un climat des zones méditerranées caractérisée par deux grandes saisons, un hiver pluvieux et doux et un été chaud et sec. Ce climat est conditionné par sa situation géographique et la nature des reliefs dominant. [3]

I.2.5. Température

La figure ci-après montre la variation mensuelle de température de la zone d'étude de la période 1991-2020 :

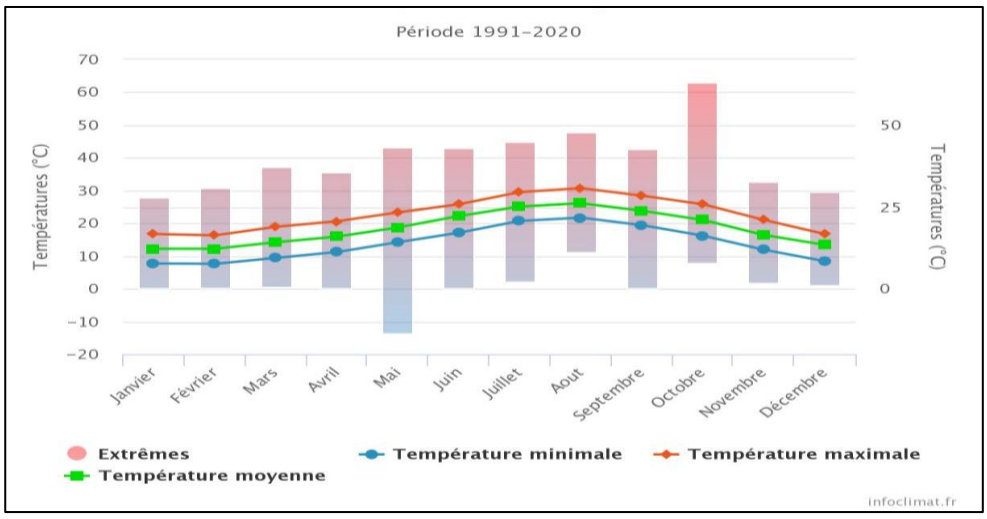


Figure I. 2 : *Changement de température mensuel pour Bejaia (1991-2020)* **[4]**

I.2.6. Précipitation

La hauteur moyenne des précipitations annuelles relevées entre 1993 et 2006 est de 720 mm, ce qui concerne les précipitations moyennes mensuelles ne représente que 6,5% de la pluviométrie annuelle dans la saison sèche apparaît nettement de juin à août, par contre dans la période humide (de novembre à février) elle représente plus de 58% de la pluviométrie annuelle, comme le montre la figure ci-après :

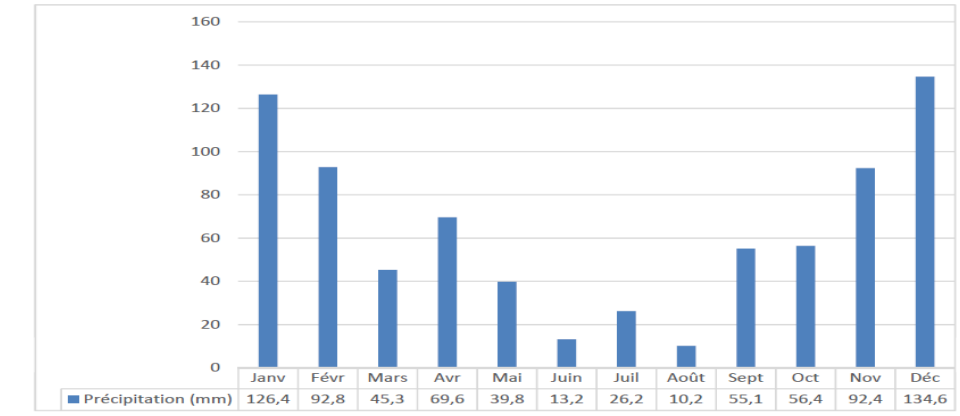


Figure I.3 : précipitation mensuelle de la ville de Bejaia *[5]*

Une analyse des pluies extrêmes a été réalisée grâce aux enregistrements des pluies journalières maximales ayant eu lieu depuis 1907 jusqu'à 2015, et qui sont indiquées sur le tableau suivant :

Tableau I.1 : *Analyse pluviométrique de la ville de Bejaia 1907-2015 [6]*

Année	Pj_{max}	Année	Pj_{max}	Année	Pj_{max}	Année	Pj_{max}
1907	105,5	1927	109,6	1959	145,2	1986	36,0
1908	88,3	1928	45,5	1960	58,2	1987	90,0
1909	59,7	1929	115	1961	32	1988	47,0
1910	71	1930	57	1969	107,0	1989	35,6
1911	80	1931	111,9	1970	109,0	1990	57,0
1912	57,2	1932	71,8	1971	56,0	1991	54,5
1913	56,3	1933	90,6	1972	71,3	1992	38,5
1914	47,5	1934	59,9	1973	56,0	1996	33,0
1915	86,6	1935	68,2	1974	70,0	1997	81,1
1916	100	1936	57,9	1975	53,5	1998	90,1
1917	92,8	1937	45,9	1976	52,0	1999	46,1
1918	76,5	1938	86,4	1977	62,3	2000	40,1
1919	39	1939	78,5	1978	35,3	2001	114,5
1920	76,8	1940	87,1	1979	43,9	2002	72,0

1921	57,6	1953	74,1	1980	80,0	2003	64,5
1922	50,2	1954	66	1981	61,5	2004	38,0
1923	64,3	1955	63,3	1982	74,5	Taille	76
1924	48,2	1956	60,4	1983	68,0	Moyenne	70,5
1925	159	1957	85	1984	60,4	Écart type	26,1
1926	93,2	1958	125,4	1985	55,0	Coef de varia	0,37

I.2.7. Urbanisme

Deux méthodes ont été suivies pour la réparation de la population :

1- La première c'est la méthode évolution du nombre de construction qui induit l'absence de migration interne de la population déjà habitante de la ville, autrement il s'agit de répartir uniquement les nouveaux habitants depuis le dernier recensement détaillé.

2- La seconde est basée sur un taux d'habitant par construction (6.3 habitants par construction), cela intègre donc le phénomène de migration interne puisque la seule variable est l'évolution du nombre de construction depuis le dernier recensement détaillé.

De ces éléments, il en résulte que la variation spatiale de la population globale évolue nettement moins vite que le nombre de construction.

Le tableau ci-après nous permettant de cerner la répartition de la population sur le bassin de la zone d'étude SIDI AHMED :

Tableau I.2 : *La répartition de la population sur le bassin de la zone d'étude SIDI AHMED [7]*

Bassin	**Recensement 2008**		**FDP 2015**	**Évolution Du nombre de construction Entre 2008 Et 2015**	**Nombre estimé D'habitant supplémentaire 2015/recensement 2008**	**Nombre Estimé d'habitant 2015**	
Nom	**Population Totale**	**Totale Logements**	**Nombre de constructions**			**Méthode Construction RGPH**	**Méthode Taux Habitant**
Sidi Ahmed	23595	6137	3074	105%	730	24325	19239

A. Superficie

La zone ou l'aire d'étude représente un des bassins versant de la ville de Bejaia avec une superficie de 5,324 km² et un périmètre de 12309.777m, qui sont déterminés grâce à logiciel QGIS après la délimitation du bassin sur la carte de Bejaia. **[8]**

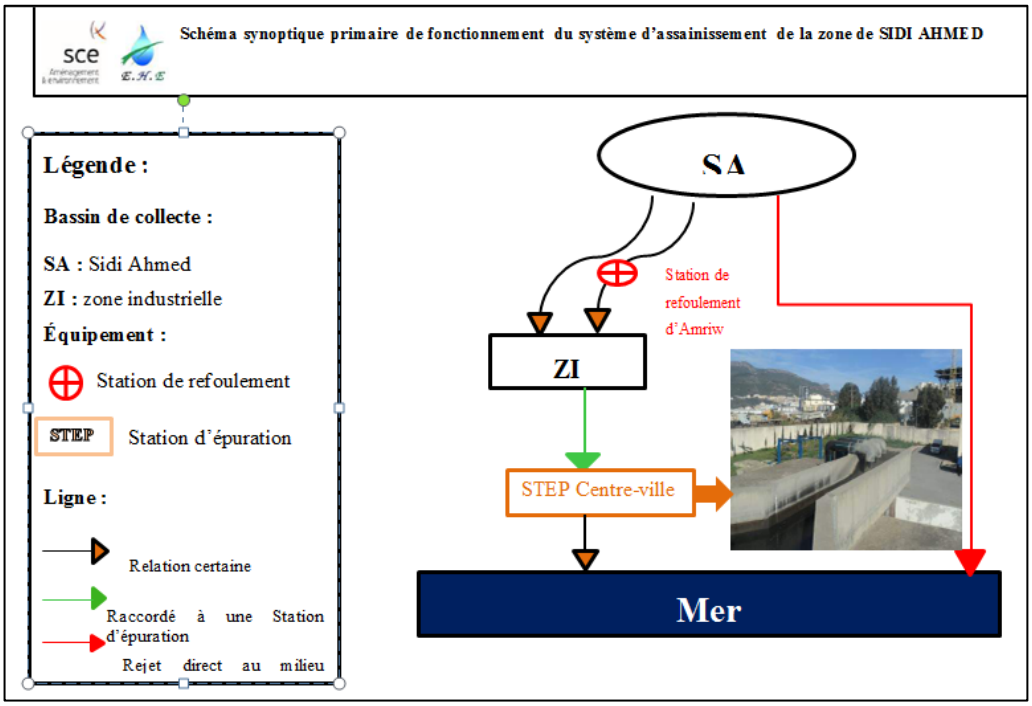


Figure I.4 : *Schéma synoptique primaire de fonctionnement du système d'assainissement de la zone sidi Ahmed* ***[9]***

B. Descriptive générale du système d'assainissement de la zone d'étude

Les eaux polluées de la zone de Sidi Ahmed se raccordent partiellement au bassin de collecte de la zone industrielle comme elles se rejettent en partie directement au milieu récepteur.

I.3. Milieu naturel et rejets

La zone de SIDI AHMED parcourue par nombreux oueds et chaaba. Ce nombre important de cours d'eaux est la résultante de la topographie naturelle de l'aire d'étude conjointe à une abondance pluviométrique.

On distingue trois types les plus notables des oueds et chaaba :

- **Les oueds à l'état naturel :** souvent située sur les hauteurs, ces oueds ne sont délimités que par leur lit.
- **Les oueds canalisés mais toujours à ciel ouvert :** situé un peu plus en aval que les précédent, ces oueds ont été canalisés afin de limités leur impact sur la zone urbaine.
- **Les oueds canalisés en galerie fermée :** situé au cœur des zones urbaines, ces oueds ont été fermés pour répondre à une problématique sanitaire. En effet leur pollution très avancée fait d'eux un vecteur de maladie potentiel, et à l'été l'odeur qui se dégage serait insupportable s'il été à ciel ouvert.

I.3.1. Les oueds et chaaba de la zone d'étude

Ce sont des cours d'eaux de type canalisé ou fermé, contaminée par des déchets ménagères, industriels et de construction ainsi que par des eaux usées, qui représente un fort taux d'encombrement, en plus de ça ils induisent grâce à leur contamination et encombrement des problématiques sanitaires et de protection des biens et des personnes (inondation).

Le bassin de SIDI AHMED comprend 3 oueds qui sont les suivants :

- Oued Sidi Ahmed.
- Oued Salomon.
- Affluant Oued Salomon 1.
- Oued N'dfali.
- Affluent Oued N'dfali 1.
- Affluent Oued N'dfali 2.
- Affluent Oued Salomon 2.
- Affluent Oued N'dfali 3.

Qui sont répartie comme suivant :

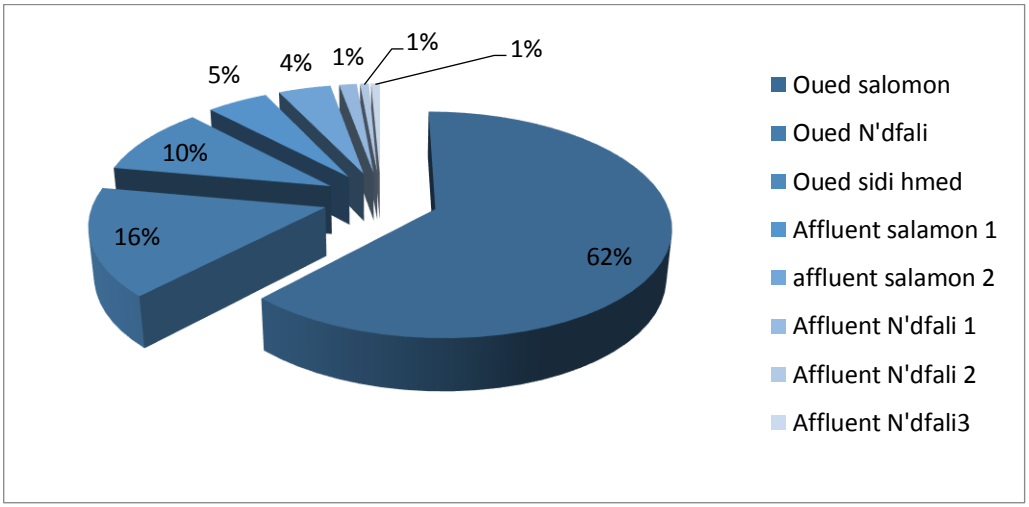


Figure I. 5 : *Diagramme représentant la répartition des oueds et des affluents* ***[10]***

La figure suivante montre les différents oueds et chaaba qui font partie de la zone d'étude :

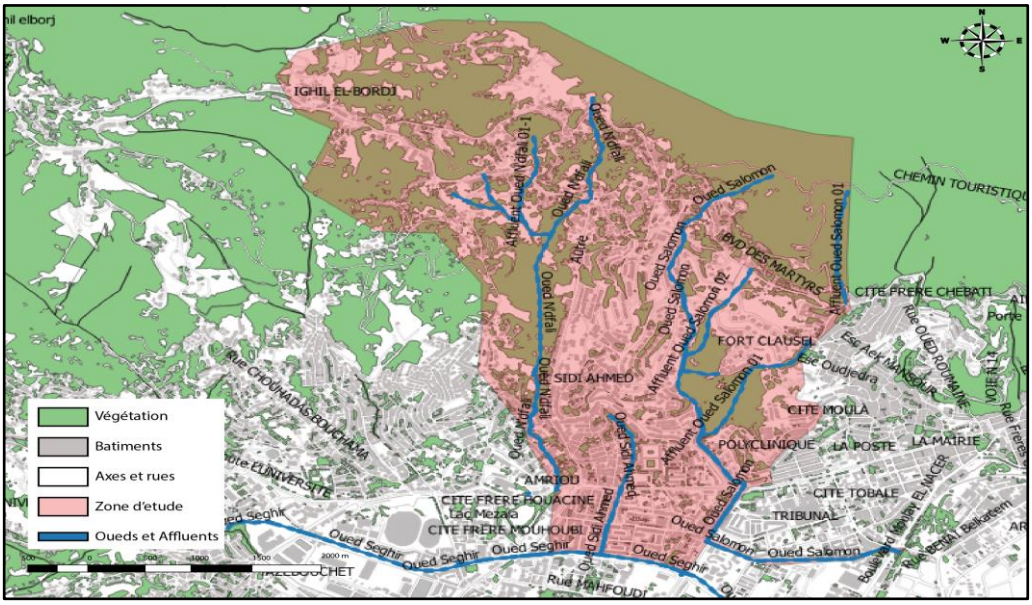


Figure I.6 : *les différents oueds et chaabas qui font partie de la zone d'étude [11]*

A. Les caractéristiques des oueds

Tableau I.3 : *Les caractéristiques des Oueds [12]*

Nom des oueds	Classe	Type	Matériau	Rang D'affluence	Linéaire Commune(m)
Sidi Ahmed	Enterré-galerie fermée	Rivière temporaire	Béton	Affluent Oued Sghir	887
Salamon	À ciel ouvert-canalisé	Rivière temporaire	Béton	Affluent oued Danous	4604.8
Salamon	À ciel ouvert état naturel	Rivière temporaire	Béton	Affluent oued Danous	
Salamon	Enterrée-galerie fermée	Rivière temporaire	Béton	Affluent oued Danous	
N'dfali	À ciel ouvert état naturel	Rivière temporaire	Béton	Affluent oued Sghir	1130.2

A. Les caractéristiques des chaâbas

Tableau I.4 : *Les caractéristiques des Chaâba. [13]*

Nom chaaba	Classe	Type	Matériau	Linéaire(m)
Affluent Salamon 1	À ciel ouvert état naturel	Rivière temporaire	Berge naturelle	1695,7
Affluent Salamon 2	À ciel ouvert état naturel	Rivière temporaire	Berge naturelle	787,4

Affluent N'dfali 1	À ciel ouvert état naturel	Rivière temporaire	Berge naturelle	893.1
Affluent N'dfali 2	À ciel ouvert état naturel	Rivière temporaire	Berge naturelle	180.6
Affluent N'dfali 3	À ciel ouvert état naturel	Rivière temporaire	Berge naturelle	278.8

I.3.2. Les rejets

Au niveau de la wilaya de Bejaïa, la mer (La Méditerrané) est l'exutoire naturel des oueds et chaâba. Ce qui concerne l'ensemble de l'aire d'étude, 40 points de rejets ont été identifié et localisé. Le tableau suivant quantifie le nombre d'exutoire (point de rejet) selon sa nature qui dépend directement du réseau amont lié.

Tableau I.5 : *le nombre de point de rejets localisée dans le bassin de SA* ***[14]***

Bassin	Nature de l'exutoire						Totale
	Rejet de Réseau D'eaux Pluviales	Rejet D'eaux Traitées	Rejet direct De réseau d'eaux usées Strict	Rejet direct De réseau Unitaire	Rejet Sauvage	TP : Surverse D'ouvrages Spéciaux (Hors Do)	
Sidi Ahmed	16	0	10	13	3	2	44

A. . Les caractéristiques des points de rejet existant

Tableau I.6 : *Les caractéristiques des points de rejet existant* ***[15]***

Milieu récepteur (Points de rejets)	Type de milieu récepteur	Nom de la voie	L'origine des rejets	Technique de mesurage
Affluent Oued Salamon 2	Chaaba	Rue la CNEP Sidi Ahmed	Rejet direct de réseau d'eaux usées strict	Empotage
Oued Salomon	Oued	Boulevard des frères Tikharoubine	Rejet de réseau d'eaux pluviales	Empotage
Oued Salomon	Oued	Boulevard des frères Tikharoubine	Rejet direct de réseau d'eaux usées strict	Empotage
Oued Salomon	Oued	Boulevard des frères Tikharoubine	Rejet de réseau d'eaux pluviales	Empotage
Oued N'Dfali	Oued	Route de Boulimat/ Route National N° 24	Rejet de réseau d'eaux pluviales	Empotage
Oued Salomon	Oued	Boulevard des frères Tikharoubine	Rejet direct de réseau unitaire	Empotage
Oued Salomon	Oued	RUE RESIDENTIELLE DE SIDI AHMED AIT-SALEH BRAHIM	Rejet direct de réseau unitaire	Empotage

Oued Salomon	Oued		Rejet direct de réseau unitaire	Empotage
Oued N'Dfali	Oued	BOULEVARD KRIM BELKACEM	Surverse d'ouvrages spéciaux (hors DO)	Empotage
Oued Salomon	Oued	Rue Ramtani	Rejet direct de réseau d'eaux usées strict	Empotage
Oued Salomon	Oued	Rue de la liberté¨	Rejet de réseau d'eaux pluviales	Empotage
Oued Sidi Ahmed	Oued	Boulevard de l'ALN	Rejet de réseau d'eaux pluviales	Empotage
Oued Sidi Ahmed	Oued	Boulevard de l'ALN	Rejet direct de réseau unitaire	Empotage
Oued N'Dfali	Oued	Boulevard des Martyrs /Dar Nacer	Rejet de réseau d'eaux pluviales	Empotage
Oued N'Dfali	Oued	Route de Boulimat/ Route National N° 24	Rejet direct de réseau unitaire	Empotage
Oued Salomon	Oued	Boulevard des frères Tikharoubine	Rejet de réseau d'eaux pluviales	Empotage
Oued Salomon	Oued	Boulevard des frères Tikharoubine	Rejet de réseau d'eaux pluviales	Empotage
Affluent Oued Salomon 01	Chaaba	Rue résidentielle les D	Rejet direct de réseau d'eaux usées strict	Empotage
Oued Salomon	Oued	Rue chouhada Melleli	Rejet de réseau d'eaux pluviales	Empotage
Oued N'Dfali	Oued	Route de Boulimat/ Route National N° 24	Rejet sauvage	Empotage
Oued N'Dfali	Oued	Route de Boulimat/ Route National N° 24	Rejet direct de réseau unitaire	Empotage
Oued N'Dfali	Oued	Route de Boulimat/ Route National N° 24	Rejet sauvage	Empotage
Oued Salomon	Oued	Rue de la liberté	Rejet direct de réseau unitaire	Empotage
Affluent Oued Salomon 01	Chaaba	Rue résidentielle les D	Rejet de réseau d'eaux pluviales	Empotage
Oued N'Dfali	Oued	Route de Boulimat/ Route National N° 24	Rejet sauvage	Empotage
Oued N'Dfali	Oued	Route de Boulimat/ Route National N° 24	Rejet direct de réseau unitaire	Empotage

Oued N'Dfali	Oued	Route de Boulimat/ Route National N° 24	Surverse d'ouvrages spéciaux (hors DO)	Empotage
Affluent Oued Salomon 01	Chaaba	RUE RESIDENTIELLE DE SIDI AHMED AIT-SALEH BRAHIM	Rejet direct de réseau unitaire	Empotage
Oued N'Dfali	Oued	Route de Boulimat/ Route National N° 24	Rejet direct de réseau unitaire	Empotage
Oued Salomon	Oued	Rue de la liberté¨	Rejet direct de réseau unitaire	Empotage
Oued Salomon	Oued	Rue chouhada Melleli	Rejet direct de réseau d'eaux usées strict	Empotage
Affluent Oued Salomon 01	Chaaba	RUE RESIDENTIELLE DE SIDI AHMED AIT-SALEH BRAHIM	Rejet de réseau d'eaux pluviales	Empotage
Oued Salomon	Oued	Boulevard des frères Tikharoubine	Rejet de réseau d'eaux pluviales	Empotage
Oued N'Dfali	Oued	Boulevard des Martyrs /Dar Nacer	Rejet direct de réseau unitaire	Empotage
Oued Salomon	Oued	Rue Ramtani	Rejet de réseau d'eaux pluviales	Empotage
Oued Salomon	Oued	Route des Aurès	Rejet direct de réseau unitaire	Empotage
Oued Salomon	Oued	Boulevard des frères Tikharoubine	Rejet direct de réseau d'eaux usées strict	Empotage
Oued Salomon	Oued	Boulevard des frères Tikharoubine	Rejet direct de réseau d'eaux usées strict	Empotage
Oued Salomon	Oued	Route des Aurès	Rejet direct de réseau d'eaux usées strict	Empotage
Oued Salomon	Oued	Boulevard des frères Tikharoubine	Rejet direct de réseau unitaire	Empotage
Oued N'Dfali	Oued	Route de Boulimat/ Route National N° 24	Rejet direct de réseau d'eaux usées strict	Empotage
Oued Salomon	Oued	Rue les D	Rejet de réseau d'eaux pluviales	Empotage
Oued Salomon	Oued	Boulevard des frères Tikharoubine	Rejet direct de réseau d'eaux usées strict	
Oued N'Dfali	Oued	RN24	Rejet de réseau d'eaux pluviales	Empotage

Oued N'Dfali	Oued	Route de Boulimat/ Route National N° 24	Rejet de réseau d'eaux pluviales	Empotage

En conclusion la majorité des exutoires existants contribuent directement au rejet direct des eaux usées au milieu naturel par leur conception et non suite à des erreurs de raccordement.

I.4. Aspect des principaux ouvrages du système d'assainissement

I.4.1. Linéaire du réseau

Le linéaire total du réseau d'assainissement de la zone d'étude SIDI AHMED recensé lors des inspections est de l'ordre 7367,3 m, caractériser par trois formes circulaires, cadre carrée ou rectangle. La quasi-totalité des réseaux inspectés en mode gravitaire d'un pourcentage de 99,9%, et 0,1% restés représente des réseaux inspectés en mode refoulement, et qui transportent trois types d'effluents unitaire, les eaux usées et les eaux pluviales. [16]

I.4.2. Station de pompage

Dans notre aire d'étude il existe une seule station de pompage gérer par L'APC, situé dans le bassin de collecte de Semina à côté du rond-point d'Amriw environ de 50m de la maison de culture, elle collecte les eaux pluviales de la trémie routière de même et les refoulés vers le réseau de la rive gauche de l'Oued Sghir qui lui achemine les effluents vers la station d'épuration du centre-ville « zone industrielle ». Elle est équipée par deux pompes d'un débit unitaire théorique de $87m^3/h$, et un débit total potentiel de $173\,m^3/h$ constitue d'une chambre des pompes d'aspiration, refoulement et de commande équipés par un groupe électrique, permettant le bon fonctionnement avec des bonnes conditions afin de satisfaire les besoins de débit et de pression.

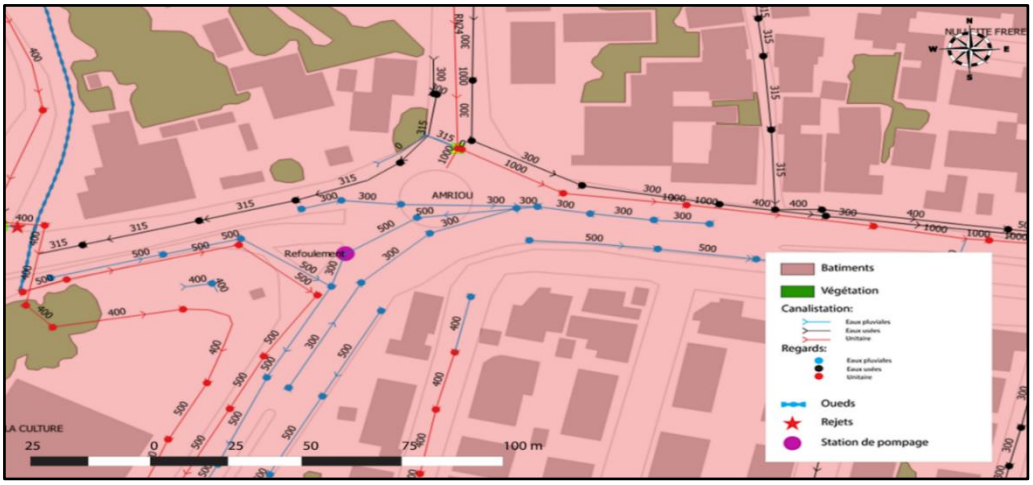


Figure I.7 : *Positionnement de la station de pompage sur la carte de Bejaia* ***[17]***

Les principales caractéristiques de la station de pompage existante sont synthétisées dans le tableau suivant :

Tableau I. 7 : *caractéristiques des équipements hydromécaniques de la station de pompage* ***[18]***

Station de pompage d'Amriw	
Mode de relevage	Refoulement
Situation actuelle	En fonction
Type d'effluent	Eaux pluviales
Destination finale des effluents	Oued Sghir
Bâche	
Cote TN (m NGA)	17.77
Forme	Rectangulaire
Profondeur (m)	12.00
Équipements électromécaniques	
Nombre de pompes	2
Système de fonctionnement	1+1
Débit unitaire théorique des pompes (m^3/h)	87
Débit théorique totale de l'installation (m^3/h)	173
HMT (mce)	12
Puissance unitaire des pompes (KW)	11
Conduite de refoulement	
Diamètre interne (mm)	300
Matériau	Acier
Linéaire (ml)	25

I.4.3. Les ouvrages spécieux

A. Les ouvrages de régulation

Le système d'assainissement de la zone d'étude SIDI AHMED présente 15 ouvrages de régulation. Ces ouvrages spéciaux se distinguent d'autres ouvrages de régulation par deux éléments. Ils ne disposent pas de lame déversant réglée sur un débit spécifique mais d'une seule ou plusieurs conduites déversantes située altimétriquement au-dessus des conduites conservées, autrement la régulation s'effectue sur un contrôle altimétrique de la mise en charge du réseau

d'assainissement. Les flux déversés ne sont pas rejetés au le milieu naturel mais conservés dans le système d'assainissement et empruntent un autre chemin hydraulique.

Ce type de régulation présente trois avantages mais il possède deux inconvénients majeurs :

Tableau I. 8 *: les avantages et les inconvénients des ouvrages de régulation*

Ouvrages de régulation	
Avantages	**Inconvénient**
La simplicité et la rusticité de la conception et de la pose. Le niveau de calage peut s'effectuer par une simple observation des niveaux de mise en charge et ne nécessite pas de calcul hydraulique du réglage et du débit déversé. Les flux déversés sont conservés dans le système d'assainissement et limitent ainsi la consommation du milieu naturel par des effluents bruts tout en soulageant hydrauliquement un axe de collecte ou de transfert des effluents.	Le fonctionnement par mise en charge facilite la sédimentation des matières solides et au final l'encombrement du système. Il nécessite un curage préventif régulier et fréquent de la part du gestionnaire du réseau.

La quasi-totalité de ces ouvrages de régulation existent n'a pas été conçue au moment de la pose des réseaux de collecte et d transfert des effluents comme un organe de régulation, ils sont la résultante d'une solution simple et rapide pour résoudre un problème de mise en charge ou de débordement du réseau d'assainissement.

Les cas qui nécessitent la création des ouvrages de régulation :

1- Au niveau d'une rue l'acteur local pose un réseau de type séparatif mais avec le temps le nombre de mauvais branchement augmente fortement (les eaux usées dans le réseau d'eau pluviales les eaux pluviales dans le réseau d'eaux usées), cela entraîne des réseaux sature par temps de pluie (souvent le réseau d'eaux usées), à cet effet un ouvrage de régulation est créé pour rééquilibrer le niveau de mise en charge.

2- Suite à la mise en place d'un obstacle ou d'une forte sédimentation, le réseau s'encombre fortement et provoque un risque de mise en charge ou un débordement par temps sec ou de pluie, dans ce cas il est important de créer un ouvrage de régulation afin d'abaisser le niveau de charge du réseau pour le but de modifier le cheminement hydraulique des effluents.

3- Lors de la pose d'une nouvelle conduite, celle-ci rencontre une autre conduite existante ce qui nécessite de crée un regard ou un ouvrage de régulation, ce genre d'opportunisme peut générer des dysfonctionnements ultérieurs en aval d'une des conduites par surcharge hydraulique.

Chapitre I Présentation de la zone d'étude

Dans ce chapitre nous avons donné une présentation générale de notre site d'étude. En effet les données de notre étude ont été résumées du point de vue climatologique et démographique, puis nous avons énuméré les oueds et les chaabas existants et les rejets existant ainsi les ouvrages spéciaux.

CHAPITRE II : LES TECHNIQUES DE MESURES

Chapitre II Les techniques de mesures

II.1. Introduction

En hydrologie urbaine, les termes de mesure ou de métrologie sont associés à un ensemble de méthodes et d'outils ayant trait aux appareils de mesure, au suivi, à l'analyse et au traitement des données en différents points du système d'assainissement.

II.2. Objectif des compagnes de mesures

Les différentes mesures faites :

1- Permettent aux gestionnaires de détecter les défaillances fonctionnelles des réseaux, parties de réseau ou de l'ouvrage pris isolément. Citons par exemple, la diminution de capacité d'écoulement due à la vétusté des canalisations (accroissement de la rugosité, infiltration d'eau par manque d'étanchéité), le mauvais réglage du seuil des déversoirs d'orage et ses conséquences néfastes sur la qualité des eaux de surface,…etc.

2- Permettent aux gestionnaires de mieux gérer leurs réseaux par une meilleure adoption des techniques aux besoins réels, et leur permettent ainsi d'optimiser leur budget d'entretien et de rénovation.

II.3. Les grandeurs mesurables

Les paramètres à mesurer (en dehors des données structurelles du site) peuvent se regrouper en trois grandes catégories, à savoir la pluie, le débit, et la pollution .

1. La mesure de la pluie

La pluie c'est un phénomène variable dans le temps et dans l'espace, de façon elle représente la variable d'entrée du système d'assainissement, et leur mesure est très importante pour l'étude. Généralement sa mesure est faite point par point et exprimée en terme d'intensité en fonction du temps.

2. Les mesures de débit et de pollution

Ces deux mesures représentent à la fois les variables les plus importantes de sortie du système d'assainissement, et leurs mesures doivent se faire d'une façon stimulante en temps sec ou en temps de pluie et en termes de débit et de concentration en fonction du temps.

II.4. Présentation du bassin métrologie de la zone d'étude

Le bassin de collecte de Sidi Ahmed a une forte topographie ; il s'agit d'un secteur d'urbanisation relativement récent constitué d'immeuble collectifs denses en partie bas du bassin et de résidences individuelles, et de petits collectifs dans la partie haute du bassin, ainsi il est composé de deux bassins de métrologie SA01 et SA02 qui sont définit comme suivant :

SA01 : ce bassin et structuré par la partie amont de oued Salamon et la route de Sidi Ahmed, comme il se raccorde au bassin métrologie de Smina qui lui-même se rejette dans le bassin métrologie de la ville.

SA02 : ce bassin est structuré autour de l'oued Sidi Ahmed et ainsi la rive gauche de l'oued N'dfali, et se rejette directement dans l'oued dans l'oued Sghir.

Figure II. 1 : *Site de mesure*

II.5. Présentation des techniques de mesurage

II.5.1. Mesure de pluie

La mesure de pluie est primordiale pour être en mesure de caractériser l'évènement auquel le réseau va réagir et de correctement modéliser cette réaction.

Elle permet :

✓ D'identifier les périodes de temps sec strict, qui seront utilisées pour le calage des débits de temps sec (eaux usées et eaux parasitaires).

✓ Fournir des évènements de calage et de validation pour le modèle (par rapport aux mesures réalisées en réseau).

Cette donnée de pluie est essentielle pour une modélisation fine de la réaction du réseau d'assainissement. L'influence de la donnée de pluie est directe, Si les cumuls de pluie sont surestimés de 20%, alors les débits seront directement surestimés de 20%. L'emplacement devra donc être correctement choisi, et les mesure devront subir une procédure de validation par croissement des données enregistrées sur plusieurs sites.

II.5.2. Les étapes de la compagne de mesure

Une compagne de mesure comprendra les étapes suivantes :

1- Recherche et analyse des données pluviométriques existante sur la zone. Une prise de contact avec les services météorologiques permet de prendre connaissance des contraintes spécifiques, de tendances pluviométriques.

2- En fonction des objectifs de l'étude, la période de mesure est définie (étude de la réaction à un orage ou à des pluies fines d'hiver) en s'appuyant sur les analyses pluviométriques annuelles et mensuelles.

3- Choix des sites d'implantation en fonction des contraintes naturelles (axe de propagation privilégie, barrière naturelle…), des contraintes urbanistiques et de l'emplacement des points de mesure en réseau.

4- Choix de l'appareil.

5- Installation des pluviomètres.

6- Suivi de la compagne de mesure.

II.5.3. Les appareils de mesure

On distingue plusieurs sortes de pluviomètres :

- **Les pluviomètres totalisateurs**

Destinées à données la quantité de pluie tombée pendant une certaine période.

Leur principe de fonctionnement est de capter le flux de précipitation par une bague réceptrice de diamètre normé, et l'envoyé dans un réservoir où le technicien peut lire le cumul sur une éprouvette graduée.

- **Les pluviomètres enregistreurs (pluviographe)**

Les pluviographes permettent de mesurer et d'enregistrer l'évolution de l'intensité au cours du temps de précipitation, par l'intermédiaire d'un dispositif de mesure de la hauteur instantanée de pluie. Le pluviomètre le plus répandu est le pluviomètre à augets basculeurs, chaque basculement est enregistré par un système mécanique ou électrique et qui correspond à une cote pluviométrique P=V/A (1)

D'où :

V : le volume des augets et sa valeur en générale de l'ordre de 2 à 20m^3.

Autour d'une pièce pivotante, ces deux augets tarés (à 20g en général) reçoivent une quantité précise de précipitation avant de basculer vers l'autre auget.

Figure II. 2 : *pluviomètre à auget basculant*

II.5.4. Implantation des appareils

Plusieurs contraintes régissent l'implantation d'un pluviomètre :

- ✓ La norme OMM de 1996 préconise de placer le pluviomètre dans un endroit dégagé à 1.5m du sol. Si le pluviomètre est placé trop haut, on peut avoir un déficit en eau sur la mesure à cause du vent.
- ✓ Il s'agit de le positionner à la verticale et de garantir un ancrage solide.
- ✓ Le positionnement à proximité d'un obstacle pour permet de protéger du vent, et qui doit se fait à une distance de 4 fois la hauteur de l'obstacle.

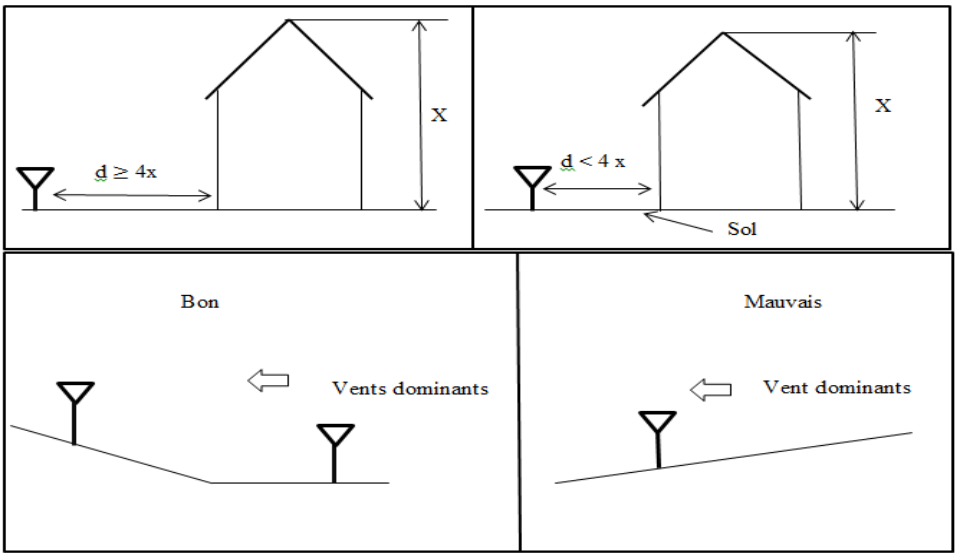


Figure II. 3 : *implantation des pluviographes*

✓ Il est souhaitable d'éviter les terrains pentus, notamment si la direction de la pente et celle des vents dominants coïncident.

II.5.5. Technique de mesurage de la pluviométrie de la zone d'étude

On a installé un pluviographe avec un poids d'auget de 0.2mm associé à une centrale d'acquisition de données au niveau du toit terrasse du bureau du groupement.

II.5.5.1. Analyse de la mesure pluviométrique

La compagne de mesure a duré 55 jours, 16 jours de pluies significatives (supérieur à 1 mm/jour), ont été enregistrés pour un pluviomètre total de 127 mm. Pendant cette compagne de mesure on a enregistré que la journée du 6mai à 19h00 au 07 mai à 6h00 comme la journée la pluvieuse avec une intensité maximale horaire de 15.8mm/h pour une chute de pluie totale de 31.2 mm. Grâce au croisement des précipitations et de l'agenda métrologique qui nous a permis de choisir les journées de calage potentiel pour le modèle hydraulique :

- Journée de calage de temps sec : 23 et 24 avril 2016.
- Journée de calage de temps de pluie : 08 et 09 avril 2016 ainsi que le premier mai 2016.

Les tableaux et les graphiques suivants présentent les résultats de la mesure de précipitations en données journalières et en période horaire, ainsi que la période de retour de certaines pluies standards :

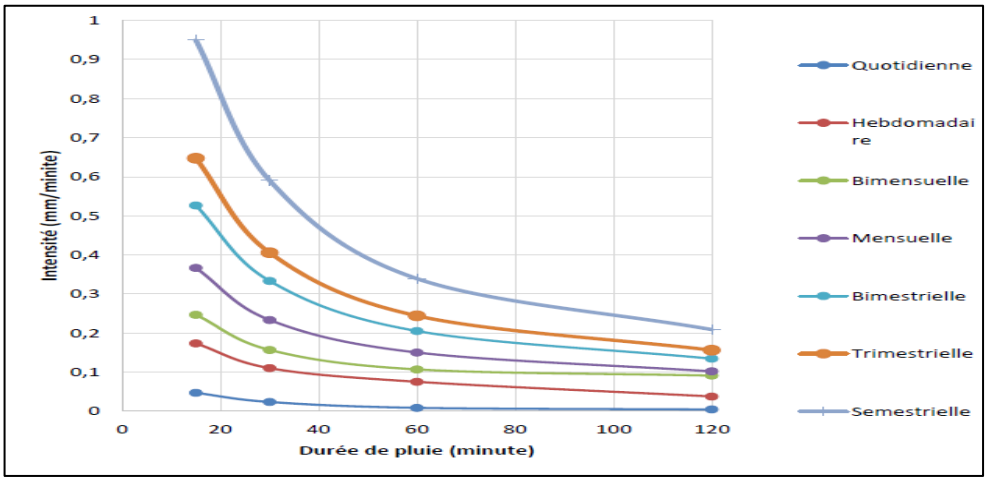


Figure II. 4 : *Courbe IDF pour de faibles périodes de retour* ***[19]***

Tableau II. 1 : *Caractéristique en hauteur de pluviométrie (mm) pour de faibles périodes de retour* ***[20]***

Durée de la pluie (min)	Fréquence de la pluie				
	Quotidienne	Hebdomadaire	Bimensuelle	Mensuelle	Bimestrielle
15	0.7	2.6	3.7	5.5	7.9
30	0.7	3.3	4.7	7	10
60	0.5	4.5	6.4	9	12.3
120	0.5	4.5	10.9	12.2	16.1

Tableau II. 2 : *Caractéristique de la période de retour de certaines pluies observées durant la compagne de métrologie* ***[21]***

		Période de retour de la pluie		
Date heure début	Date heure fin	Borne inferieur	Borne supérieur	Hauteur cumulée (mm)
23/03/2016 14h00	23/03/2016 15h00	Quotidienne	Hebdomadaire	3,0
2/04/2016 01h30	02/04/2016 06h15	Quotidienne	Hebdomadaire	3,4
10/03/2016 02h45	10/03/2016 4h45	Quotidienne	Hebdomadaire	3,6
12/03/2016 13h15	12/03/2016 15h15	Quotidienne	Hebdomadaire	4,4
31/05/2016 12h00	31/05/2016 20h30	Quotidienne	Hebdomadaire	5,2
05/04/2016 22h00	06/04/2016 02h15	Quotidienne	Hebdomadaire	6,2
01/05/2016 7h45	01/05/2016 9h30	Quotidienne	Hebdomadaire	6,2
22/03/2016 17h00	22/03/2016 19h00	Hebdomadaire	Bimensuelle	6,4
08/04/2016 17h00	08/04/2016 18h30	Bimensuelle	Bimensuelle	7 ,2
01/03/2016	01/03/2016	Quotidienne	Hebdomadaire	7,4

5h30	11h30			
23/03/2016 21h45	24/03/2016 01h00	Bimensuelle	Mensuelle	8,0
08/04/2016 21h00	09/04/2016 00h30	Bimensuelle	Mensuelle	8,6
01/05/2016 12h30	01/05/2016 17h15	Hebdomadaire	Bimensuelle	10,0
06/04/2016 16h45	07/04/2016 02h45	Quotidienne	Hebdomadaire	10,2
06/03/2016 8h45	06/03/2016 17h00	Hebdomadaire	Bimensuelle	10,4
01/04/2016 17h45	01/04/2016 23h00	Hebdomadaire	Bimensuelle	10,6
11/03/2016 13h45	11/03/2016 19h30	Bimensuelle	Mensuelle	21,6
08/03/2016 10h45	08/03/2016 18h45	Hebdomadaire	Bimensuelle	27,4
06/05/2016 18h45	06/05/2016 23h45	Bimensuelle	-	28,6
11/03/2016 22h15	12/03/2016 11h30	Mensuelle	Bimensuelle	43,0
10/03/2016 7h30	11/03/2016 10h45	Hebdomadaire	Bimensuelle	45,4

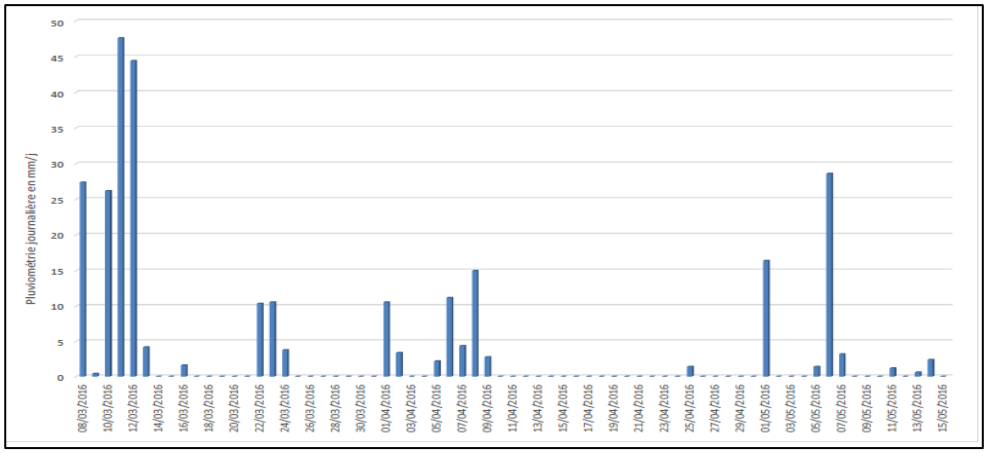


Figure II. 5 *: Mesure des précipitations journalières-présentation graphique* ***[22]***

Tableau II. 3 : *Mesure des précipitations journalières* ***[23]***

Date	**08/03/2016**	**09/03/2016**	**10/03/2016**	**11/03/2016**	**12/03/2016**	**13/03/2016**	**14/03/2016**	**15/03/2016**
Hauteur de pluie (mm/j)	27,4	0,4	26,2	47,6	44,4	4,2	0,0	0,0
Date	**16/03/2016**	**17/03/2016**	**18/03/2016**	**19/03/2016**	**20/03/2016**	**21/03/2016**	**22/03/2016**	**23/03/2016**
Hauteur de pluie (mm/j)	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,4	10,6
Date	**24/03/2016**	**25/03/2016**	**26/03/2016**	**27/03/2016**	**28/03/2016**	**29/03/2016**	**30/03/2016**	**31/03/2016**
Hauteur de pluie (mm/j)	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Date	**01/04/2016**	**02/04/2016**	**03/04/2016**	**04/04/2016**	**05/04/2016**	**06/04/2016**	**07/04/2016**	**08/04/2016**
Hauteur de pluie (mm/j)	10,6	3,4	0,0	0,0	2,2	11,2	4,4	15,0
Date	**09/04/2016**	**10/04/2016**	**11/04/2016**	**13/04/2016**	**14/04/2016**	**15/04/2016**	**16/04/2016**	**17/04/2016**
Hauteur de pluie (mm/j)	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Date	**18/04/2016**	**19/04/2016**	**20/04/2016**	**21/04/2016**	**22/04/2016**	**23/04/2016**	**24/04/2016**	**25/04/2016**
Hauteur de pluie (mm/j)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4
Date	**26/04/2016**	**27/04/2016**	**28/04/2016**	**29/04/2016**	**30/04/2016**	**01/05/2016**	**02/05/2016**	**03/05/2016**
Hauteur de pluie (mm/j)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Date	**04/05/2016**	**05/05/2016**	**06/05/2016**	**07/05/2016**	**08/05/2016**	**09/05/2016**	**10/05/2016**	**11/05/2016**
Hauteur de pluie (mm/j)	0,0	1,4	28,6	3,2	0,0	0,0	0,0	1,2
Date	**12/05/2016**	**13/05/2016**	**14/05/2016**	**15/05/2016**				
Hauteur de pluie (mm/j)	0,0	0,6	2,4	0,0				
Minimum	0,0	**Maximum**	28,6	**Moyenne**	3,2	**Totale**	127,0	

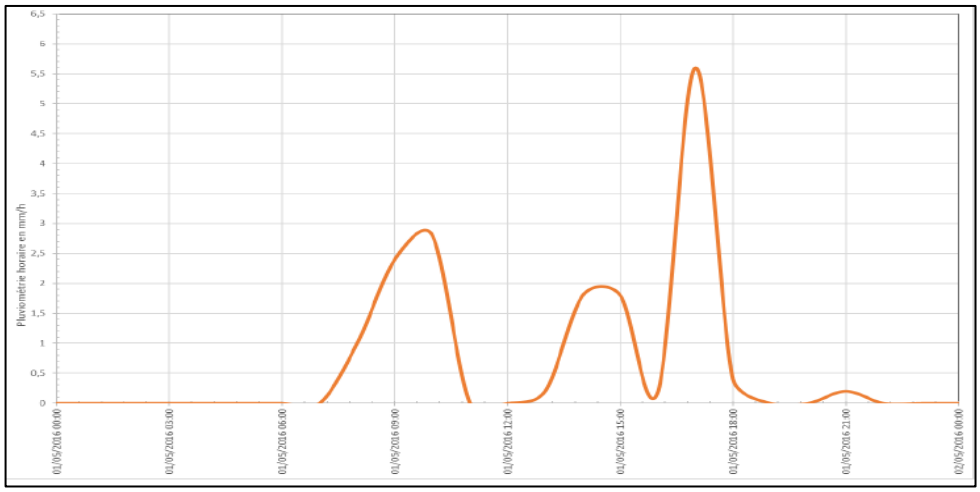


Figure II. 6 : *Précipitations horaires du 01 mai au 02 mai* ***[24]***

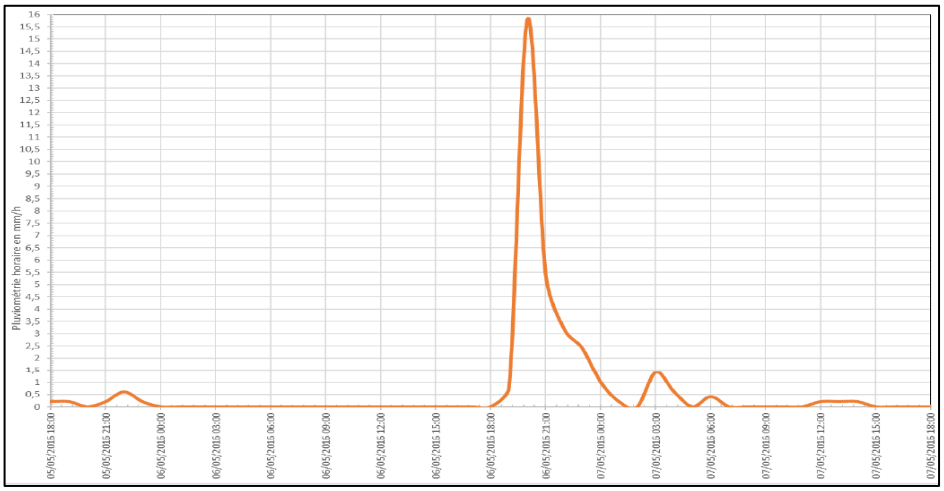


Figure II. 7 : *Précipitations horaires du 05 au 07 Mai* [25]

II.5.5.2. Mesure de débit

La mise en œuvre d'une compagne de mesure doit respecter les exigences métrologiques afin d'obtenir des données les plus fiables possibles.

➢ **Les étapes d'une compagne de mesure de débit**

1. Analyse du réseau existant

L'analyse préalable du réseau est essentielle pour s'assurer que les points sont placées aux endroits adéquats et que chaque singularité soit représentée en terme de fonctionnement. L'analyse porte en particulier sur les points suivants :

- ✓ Fonctionnement globale du réseau.
- ✓ Découpage des bassins d'apport.
- ✓ Position des ouvrages spéciaux.
- ✓ Contrainte générales de la zone d'étude (points bas, zones plates...).
- ✓ Position des pluviomètres.
- ✓ Fonctionnement spécifiques du réseau.

2. Définition des objectifs et choix de la période de mesure

On définit les objectifs de représentation attendus et par voie de conséquence la période de mesure adéquate (temps sec ou temps de pluie, orage estivaux, pluie hivernale).

Les mesures recherchées dans cette étape sont les suivantes :

- ✓ Hauteur d'eau, débit, vitesses à l'exutoire des bassins d'apport.
- ✓ Les débits en sortie des postes de pompage (temps de fonctionnement des pompes).
- ✓ Les hauteurs d'eau sur les déversoirs d'orage et les volumes rejetés.
- ✓ Les hauteurs d'eau et les débits aux points singuliers (bassin de rétention)

3. Choix des sites d'implantation

Les sites d'implantation sélectionnés doivent être validés par une visite de terrain qui permet d'affiner les contraintes d'implantation et de déterminer la mise en place du capteur peut se faire dans de bonnes conditions.

4. Choix des techniques et du matériel de mesure

Choix des techniques de mesure doit prendre en compte l'ordre de grandeur à mesurer et les contraintes d'implantation. Les techniques les plus courantes sont :

4.1. Mesure de la hauteur d'eau

La hauteur d'eau se mesure par le capteur piézo-résistif, la sonde de ce dernier est placée au fond du radier, ou légèrement au-dessus d'un éventuel dépôt.

La mesure de la hauteur est indirecte, le capteur en réalité détermine la pression hydrostatique de la colonne d'eau au-dessus du capteur, la hauteur déduite de la relation suivante :

$$h = \frac{D_p}{P\ g} \qquad (2)$$

Avec :

- h : hauteur d'eau.
- D_p : différence de pression mesurée par le capteur.
- p : masse volumique de l'eau.
- g : accélérateur de la pesanteur.

Lors de l'installation de cet appareil, plusieurs précaution sont nécessaires :

- ✓ D'accès permettant l'installation de boîtiers de conditionnement.
- ✓ Section bétonnée régulière et uniforme.
- ✓ Section ne se Facilité d'accès à toute heure.

- ✓ Regard de visite au droit de l'écoulement.
- ✓ Cheminée ne mette pas en charge.
- ✓ Section exempte de dépôts.
- ✓ Tracé sans singularité, rectiligne, loin de tout obstacle, coude, confluence ou défluence.
- ✓ Pente uniforme de préférence inférieur à 2%, sinon les vitesses d'écoulement sont trop élevées.
- ✓ Site non soumis aux risques de vandalisme, aux parasites électriques, aux risques de foudre.

4.2. Mesure de débit

Le débit est une grandeur déduite de la mesure de la hauteur et/ou de la vitesse.

Deux techniques sont disponibles :

- ✓ Calcul du débit à partir de la hauteur d'eau sur une lame déversante.
- ✓ Calcul du débit par mesure simultanée de la vitesse et de la hauteur par un dispositif hauteur/vitesse**.**

Le choix entre les deux méthodes de mesure est guidé par :

- ✓ La hauteur d'eau minimale en réseau : la hauteur/vitesse ne peut être mis en œuvre que si la hauteur d'eau est supérieure à 10 cm.
- ✓ Les vitesses d'écoulement : si les vitesses d'écoulement élevées, on privilégie la hauteur-vitesse.
- ✓ Si le collecteur est susceptib sse.le de subir des mises en charge, il est préférable d'utiliser le hauteur-vite

4.2.1.Mesure sur lame déversante

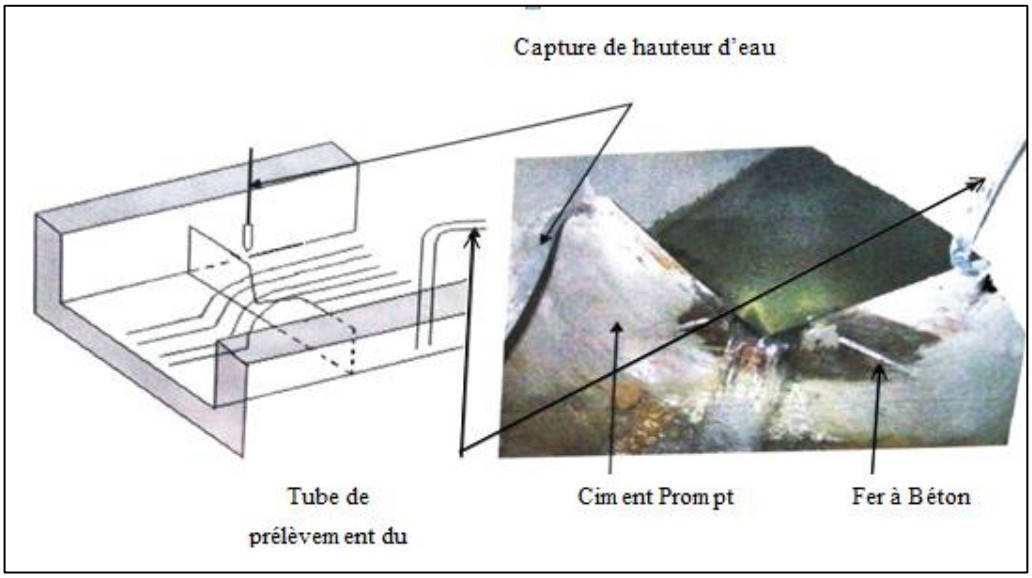
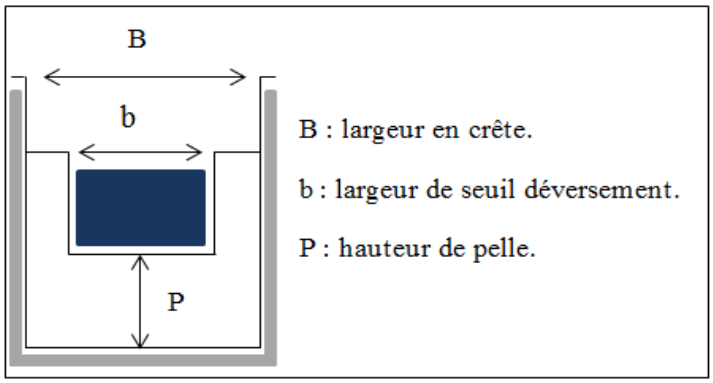


Figure II. 8 : *cas d'un déversoir Triangulaire*

Pour les mesures en assainissement, les principaux dispositifs utilisés sont :

- **Déversoir rectangulaire sans contraction latérale en paroi mine :**

Se rencontre principalement lorsque l'instrumentation est faite sur un déversoir existant ou que les débits au droit du seuil sont trop élevés pour permettre l'utilisation d'un seuil triangulaire. Il est utile de préciser que le canal doit être de section rectangulaire, constante sur une grande longueur (6 à 10 fois la hauteur d'eau ou 10 fois la largeur de lame déversante.). Le seuil peut être constitué de tôle ou une construction en biseau.



Une des formules de débit pouvant été utilisée est la formule de Weisbach :

$$\boldsymbol{Q = \frac{2}{3}\, C_c \sqrt{2g}\, b\, h^{3/2}} \qquad (3)$$

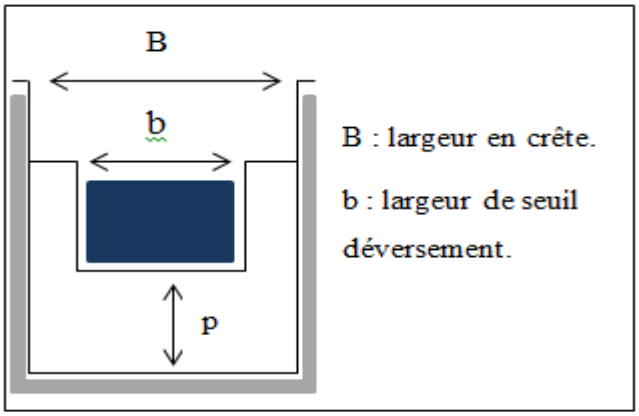
Avec :

- Q : débit (m^3/s).
- C_c : coefficient de contraction.
- b : largeur du canal (m).
- h : hauteur d'eau.

- **Déversoir rectangulaire avec contraction latérale en paroi mince :**

L'échancrure rectangulaire doit être centrée. h_{max} Étant la hauteur d'eau maximum dans l'échancrure, hauteur de pelle ne dois pas être inférieur à $2h_{max}$.

De même, de part et d'autre du seuil, la distance entre l'échancrure et le bord du canal doit être au minimum égale à $2h_{max}$.



- **Déversoir triangulaire (pointe vers le bas et centrée) avec contraction latérale en Paroi mince :**

Pour la mise en place d'une lame déversante, à l'inverse du seuil horizontal, il permet de conserver une bonne qualité de mesure pour les faibles débits. Il peut également mesurer une large gamme de débits plus importants.

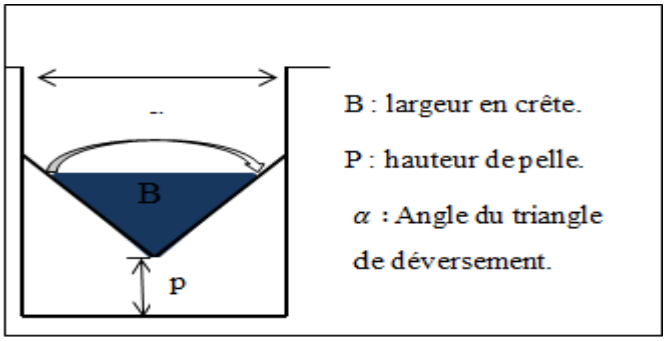


Figure II. 9 : *cas d'un déversoir Triangulaire*

Ou on applique la formule générale : $\boldsymbol{Q = \frac{8}{15} C_c \sqrt{2g}\, tng\left(\frac{\alpha}{2}\right) h^{5/2}}$ (4)

Avec :

- Q : débit (m^3/s).
- C_c : coefficient de contraction (sans unité)
- α : angle de l'échancrure (radians)
- g : accélération de la pesanteur (9.81 m/s ²).
- h : hauteur d'eau mesurée (m).

A. *Mesure par dispositif hauteur/vitesse*

Le débitmètre hauteur/vitesse, plus communément appelé doppler, associé deux types de capteur, un capteur de vitesse qui utilise l'effet doppler, ce dernier émet une onde à ultrasons à contre-courant qui se propage dans le fluide et il calcul à son tour le temps que l'onde met pour revenir (ce qui permet de déterminer la vitesse du fluide), le seconde capteur est un capteur piézométrique qui mesure la hauteur d'eau dans la canalisation. En combinant les deux mesures on résulte la surface mouillé et la vitesse et donc le débit.

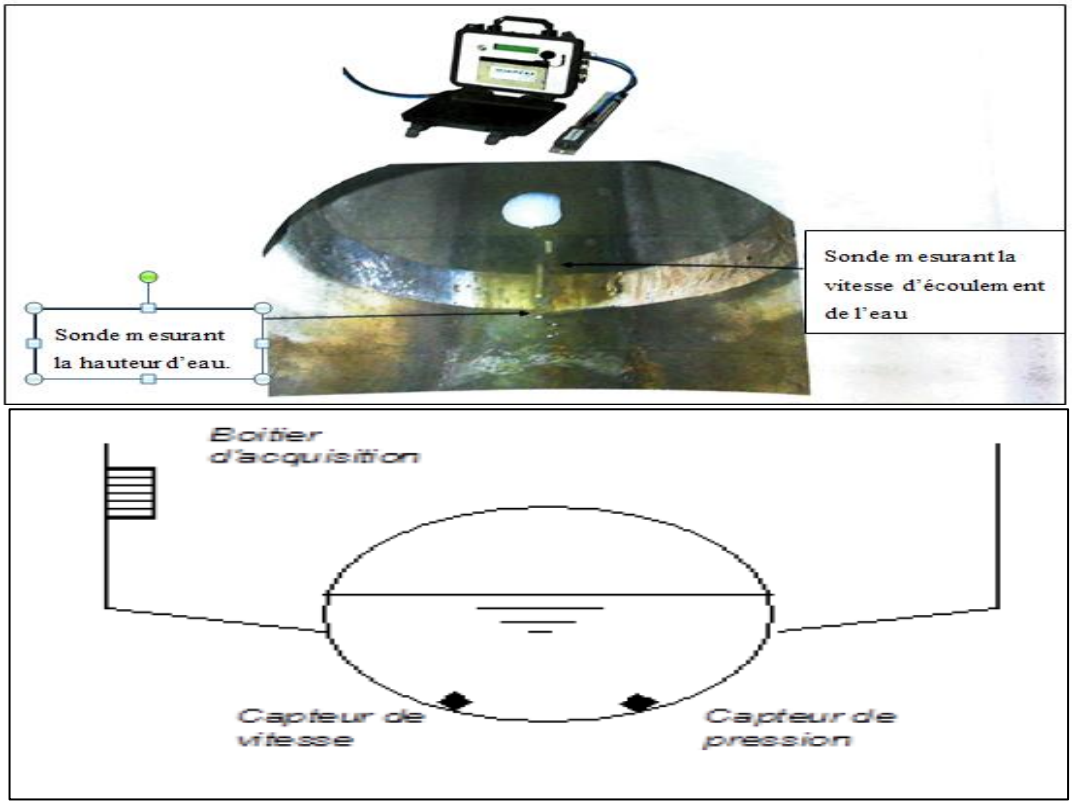


Figure II. 10 : *principe de la mesure simultanée du couple hauteur-vitesse*

L'installation du dispositif hauteur/vitesse est laborieuse sous l'eau, il est préférable de détourner le flux lorsqu'on en la possibilité. Les calages métalliques permettent une installation plus facile, en permettant de Controller l'orientation de la sonde. Le capteur peut également être placé sur un support flottant.

Pour l'utilisation d'un doppler on a besoin d'une lame d'eau d'au moins 7cm pour que les ondes ultrasons se propagent correctement. De plus, il convient de poser le doppler dans une section de droite pour éviter de se trouver dans régime d'écoulement perturbé afin d'avoir un recul minimum pour l'émission des ondes.

- Mesure de la hauteur d'eau par la loi de Manning

Il n'est parfois pas possible d'installer dans certaines conduites, ni des déversoirs de mesure en raison notamment de leur taille et de la force motrice de l'eau, ni d'équiper la canalisation d'un débitmètre à effet doppler. Dans ce cas est effectuée uniquement l'acquisition de la hauteur d'eau, d'où la pente moyenne de la conduite sur le tronçon étudié est estimée à partir de levée topographiques, et le coefficient de rugosité (coefficient de Strickler) est estimé à partir de l'observation visuelle de la nature et de l'état de la paroi intérieure de la canalisation. Il est ensuite possible de déterminer la vitesse de l'effluent en utilisant la formule de Manning Strickler : $\boldsymbol{v = K\, R_H^{2/3} I^{1/2}}$ (5)

Avec :

- K : coefficient de Strickler, dépendent de la nature et de l'état de la paroi.
- R_H : Rayon hydraulique (rapport de la section mouillée sur le périmètre mouillé)
- I : pente de la canalisation.

5. *Implantation des points de mesure*

La rigueur avec laquelle cette étape sera réalisée conditionne la qualité des résultats.

Les informations à relever sont :

- Hauteur de dépôt.
- Diamètre de collecteur.
- Conditions d'écoulement : turbulence, remous…

6. *Exploitation des mesures de temps sec*

L'objectif de cette étape est de déterminer ou de recaler les débits de temps sec, pour chaque point de mesure, et pour chaque période caractéristique (semaine ouvrable, week-end,..)

A. Composantes de débit de temps sec

Les débits de temps sec sont composés de :

- Les eaux usées strictes.
- Les eaux claires parasites (ECP).

Les eaux usées strictes se composent de :

- Les eaux usées issues des activités domestiques. Elles contiennent une pollution principalement organique variant avec les saisons et la période de la semaine.
- Les eaux industrielles, variées selon le type d'activités et les variations saisonnieres/hebdomadaires.

Les ECPs peuvent se définir comme la fraction de l'effluent collectée par un réseau d'eaux usées ruénissant les conditions suivantes :

- Parasite : il s'agit d'eaux censées ne pas être collectées par un réseau d'assinissement et qui perturbent le fonctionnement de celui-ci et de la station d'épuration.
- Claires : elle se définissent ainsi dans la mesure où elle ne sont pas chargées en termes de pollution, en raison de leur origine.
- Elle diférencient des eaux claires météoriques par leur origine et par leur mode de captation par le réseau d'assainissement.
- Elles sont captées par les collecteurs :

- De manieres permenante ou semi-permanante directement dans le sous-sol par des dégradations des collecteurs : fissures, casse, déboitement, perforations, …
- De manière ponctuelle et par temps sec par les bouches d'engouffrement du reseau.

- Leurs origines sont multiples et variées :

- Nappe permanente, perchée ou temporaire.
- Fuites du réseau public ou privé d'eau potable.
- Drainage de la couche superficielle du sous-sol par temps sec et après une période pluvieuse.
- Eaux de lavage des sols impréabilisés.
- Eaux de chantier.

- Vidange d'ouvrage de stockage d'eau potable.
- Cours d'eau ou fossé suite à un mauvais raccordement.

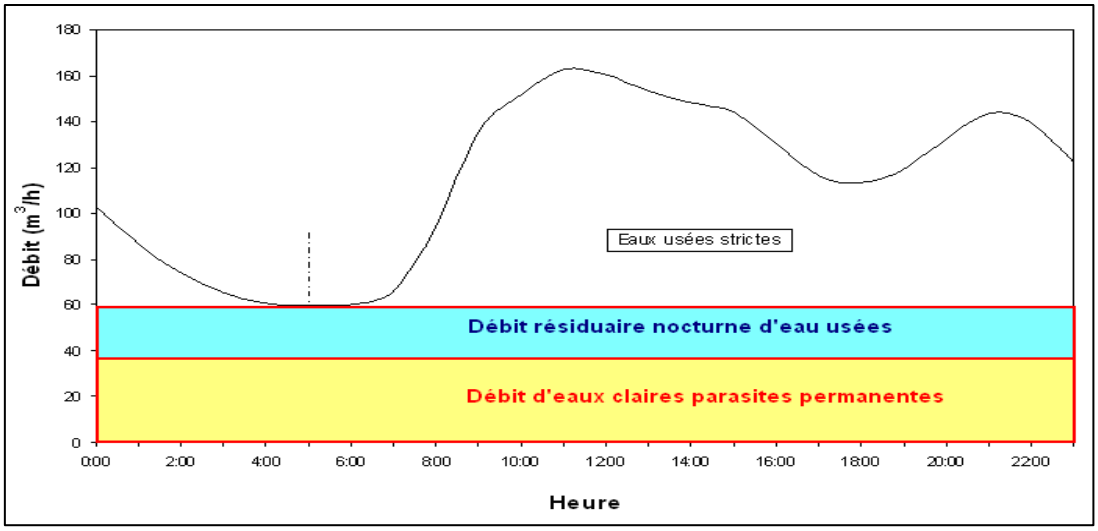


Figure II. 11 : *principe de la répartition d'un flux de temps sec* **[26]**

Dans ce cas, il peut s'ecrire : $Q_{epi} = Q_{mn} - K.Q_{eu}$ (6)

$$Q_t = Q_{epi} + Q_{eu}.$$ (7)

Avec :

- Q_{epi} : débit d'eaux parasites d'infiltration.
- Q_{mn} : débit minimum nocturne.
- Q_{eu} : débit moyen journalier d'eaux usées strictes.
- Q_t : débit moyen journalier totale.

Les équations deviennent par conséquent : $Q_{epi} = \frac{Q_{mn} - K\,Q_{eu}}{1-K}$ (8)

Dans le cas de point de suivi d'un débit transité par un poste de pompage, la méthode précédente est reprise avec une modification. N'est pas pris le débit minimum nocturne mais le débit moyen nocturne afin de tenir compte de l'effet tampon dans les baches de pompage.

Pour l'ensemble des points de mesure, il est vérifié que le débit minimum nocturne correspond bien au débit minimum horaire journalier et que les phénomènes de débit de cloche régulier sont observés. Les données sont corrigées en conséquencce. En effet, la majorté des

eaux claires parasité provenant du réseau d'eau potable, le maximum d'eaux claires captées peut se produire en journée au moment de la distribution de l'eau potable (phénomène de tournée d'eau potable par secteur de distribution).

B. Calcul des débits d'eaux usées strictes

Le calcul de la première composante des débits de temps sec consiste à définir pour les périodes temporelles des jours ouvrables et du week-end :

- Le débit moyen journalier.
- Le profil de modulation.

La distinction des deux périodes temporelles permet de modéliser des différences de temps de pluie.

Le détail du calcul est le suivant :

- Isolation des chroniques journalières retenues comme représentatives du temps sec.
- Distinguer jours ouvrables et week-end.
- Calculer le débit moyen horaire pour chaque pas de temps horaire.
- Calculer le débit moyen journalier et le profil de modulation.

C. Calcul des débits d'ECPP

On distingue trois méthodes pour le calcul d'ECPP :

C.1. Méthodes des minimas nocturnes

On retient le débit minimum nocturne comme le débit d'ECPP. On peut le moduler à l'aide d'un coefficient de 0,7 à 1 pour tenir compte d'une activité nocturne résiduelle.

C'est la méthode la plus simple et la plus recommandée, en appliquant la formule suivante :

$$\boldsymbol{Q(ECPP) = c * Q_{minnoct}} \qquad (9)$$

Avec :

- $Q_{(ECPP)}$: débit horaire d'ECPP (m^3/h).
- C : coefficient de rejet (sans dimension).
- $Q_{minnoct}$ débit minimum nocturne (m^3/h).

C.2. Méthode du rapport nycthéméral

Le rapport nycthéméral s'exprime ainsi : $$n = \frac{Q_{moyen\ horaire\ nocturne}}{Q_{moyen\ diurne}} \quad (10)$$

Si le débit moyen horaire ne baisse pas dans des proportions équivalentes à baisse de l'activité humaine, on peut conclure à l'absence d'eaux parasites.

C.3. Méthode des dilutions

Le flux journalier de NTK constitue le paramètre le plus représentatif du nombre d'habitants raccordes aux points de mesure.

En admettant un coefficient de rejet, compris entre 90 et 95%, ainsi qu'un ratio de consommation d'eau potable par habitant, on calcul un débit théorique d'eaux usées.

La comparaison de ce débit théorique et du débit de temps sec mesuré permet d'estimer le taux d'ECPP.

7. Exploitation des mesures de temps de pluie

L'exploitation des mesures de temps de pluie doit permettre de déterminer les surfaces actives (surface qui contribuent effectivement au ruissellement) raccordées à chaque point de mesure.

Cette exploitation suit trois étapes :

- ✓ Sélection d'évènements pluvieux pour corréler la surface active au niveau de pluie (pluie moyenne, pluie forte, etc…).
- ✓ Définition des sur débits de temps de pluie.
- ✓ Calcul des surfaces actives.

La surface active suit la formule suivante : $$S_{(active)} = \frac{[V_{(tot)} - V_{(tsec)}]}{h} \quad (11)$$

Avec :

- $S_{(active)}$: surface active (m^2).
- $V_{(tot)}$: volume totale mesuré (m^3).
- $V_{(tsec)}$: volume de temps sec (m^3).
- h : hauteur de pluie cumulée.

II.5.5.3. Presentation des mesures de suivi des postes de refoulement

Pour la détermination du débit traité par un poste de pompage, il est procédé classiquement comme suit :

- Enregistrement des démarrages/arrêts des pompe par la pose de pinces ampérométriques sur chaque pompe en fonctionnement.
- Mise en place d'un débitmètre à temps de transit sur la conduite de refoulement, afin d'estimer les débits à prendre en compte au droit de chaque pompe.

Le principe consiste à estimer le débit pompé par chacune des pompes puis à enregistrer les démarrages et les arrêts de chacune des pompes de la station afin de reconstituer le débit pompé.

Toute fois la zone de Sidi Ahmed, il y a un seul cas concernant l'étalonnage des pompes et le calcul du débit transite qui est le cas de SR d'Aamriw.

Ci-dessous quatre photographies illustrent la technique des pinces ampérométriques et l'étalonnage par technique temps de transit-ultrason.

Figure II. 12 : *illustration technique temps de marche-vue sur tablette contrôle*

Figure II. 13 : *Illustration technique temps de marche-vue sur les pinces ampérométriques*

Figure II. 14 : *Illustration technique temps de transit-vue sur débitmètre*

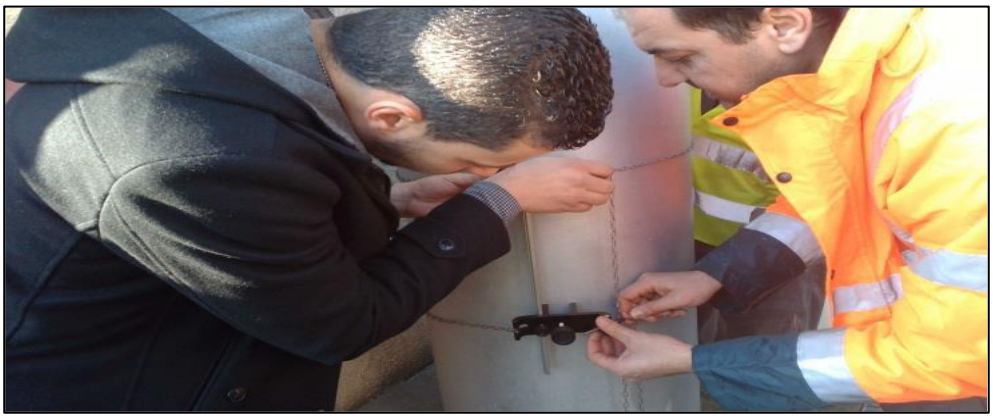


Figure II. 15 : *Illustration technique temps de transit-pose des capteurs ultrasons*

II.5.5.4. Analyse de temps sec de la zone d'étude

1. La méthodologie suivie :

- ✓ L'estimation des ECPs :

On a utilisée dans cette étude la méthode du débit minimum nocturne, il existe donc un débit résiduel nocturne d'eaux usées proportionnel au débit journalier d'eaux usées ($Q_{(eu)}$), dont la proportion peut varier selon les caractéristiques du réseau, à savoir sa longueur et sa pente.

Des études menées sur ce débit d'eaux usées résiduel que l'on appellera (Q_{nr}), ont permis d'évaluer certaines valeurs modulées de cette proportion exprimée par le coefficient K :

- Réseau long, faible pente : K = 0.25 à 0.40.
- Réseau court, forte pente : K =0.15 à 0.25.

Ainsi, les débits minimums nocturnes enregistrés peuvent être assimilés aux débits d'eaux claires qui circulent en permanence dans le réseau auxquels il faut ajouter ce débit résiduel nocturne d'eaux usées.

Le coefficient K dépend en partie de la forme du bassin versant (allongé ou ramassé), en ce sens il est un dérivé du coefficient de Gravelius (connu sous le nom d'indice de compacité) est le rapport du périmètre du bassin P à celui d'un cercle de même surface A, il est calculé par la formule suivante : $K = \frac{0.28\,P}{\sqrt{A}}$ (12)

Il tend vers 1.12 pour un bassin de forme ramassée (circulaire), et variée entre 1.4 à 1.6 pour un bassin de forme allongée.

2. Les resultats des points de mesure par temps sec

Les éléments significatifs retenir sont les suivants :

- 2 points de mesure sur 3 ont une pluralité des régimes de fonctionnements (les débits observés ne sont pas similaires d'un jour sur l'autre). Cela provient de l'influence des effluents de type industriel ou administratif. En effet, les usagers de ce type peuvent réaliser des lâchers d'eau liés à certaines de leurs activités : vidange et nettoyage d'une cuve par exemple, période de lavage industriel de pièce dans le procédé.

- Tous les sites de mesure sont influencés par le phénomène des ECPs transitoires.

Autrement dit le volume d'ECP drainé en période sèche par le réseau dépend fortement de la quantité des pluies des jours précédents. En cas de fortes pluies, l'eau est stockée dans le sol, percole et finit par s'infiltrer par les multiples défauts d'étanchéité des collecteurs. Cela traduit un mauvais état physique général des collecteurs du réseau mais aussi très probablement des

branchements aussi bien dans leur partie publique que dans leur partie privée. En d'autres termes, le réseau d'assainissement de la zone d'étude Sidi Ahmed n'est globalement plus étanche et les collecteurs se comportent comme des drains récupérant l'eau présente dans le sol.

- Le volume d'ECP résiduelles est très important pour l'ensemble des sites puisqu'il varie 62% et 63%.

La station de pompage Aamriw qui est censée pomper exclusivement des eaux pluviales également des ECP. De ce fait, elle fonctionne quasiment tous les jours et non uniquement les jours de pluies.

- Les volumes journaliers collectés par bassin de métrologie sont très variables mais restent en cohérence avec le nombre de bâtiment et la taille de ses bassins.

Le tableau suivant synthésie les resultats par temps sec et par point de mesure :

Tableau II. 4 : *synthèse par temps sec et par point de mesure. Source : SCE*

Bassin metrologie	Nature Du réseau	Pluralité Des régimes de fonctionn-ment	Volume moyen journalier (m^3/j)	Volume moyen journalier EU strict (m^3/j)	Volume moyen journalier ECP strict (m^3/j)	Présence ECP transitoire	ECP (%)	Débit point horaire (m^3/h)	Débit myen horaire (m^3/h)	Coef De pointe	Débit Min horaire (m^3/h)
SR aamriw	pluvial	Oui	29	00	29	Oui	100	31.4	1.2	-	0.0
SA02	Oued	Non	1204	458	746	oui	62	76.3	50.2	1.5	32.7
SA01	Oued	Oui	5052	1887	3165	oui	63	486.8	210.5	2.3	138.8

3. Synthèse des volumes d'eaux usées strictes (EUS)

Les volumes d'eaux usées enregistrés par bassin de métrologie ainsi que la comparaison avec les débits sanitaires théoriques sont représentés dans le tableau ci-après :

Tableau II. 5 : *synthèse des eaux usées par bassins de métrologie. Source : SCE*

Bassin	*Débit sanitaire et données théoriques (m^3/j)*						Volume moyen journalier EU strict (m^3/j)	Taux de raccordement hydraulique (%)	Débit de pointe horaire (m^3/h)	Débit moyen horaire (m^3/h)	Coeff de pointe
	Débit sanitaire reten (m^3/j)	Équivalent habitant	Débit horaire Moyen (m^3/j)	Majoration pointe saisonnière (+15)	Coeff de pointe	Débit horaire de pointe (m^3/h)					
SA01	1979	13193	82.5	12.4	1.8	173.6	1887	95	486.4	210.5	2.3
SA02	**965**	**6434**	**40.2**	**6.0**	**2.1**	**97.9**	**458**	**48**	**76,3**	**50.2**	**1.5**

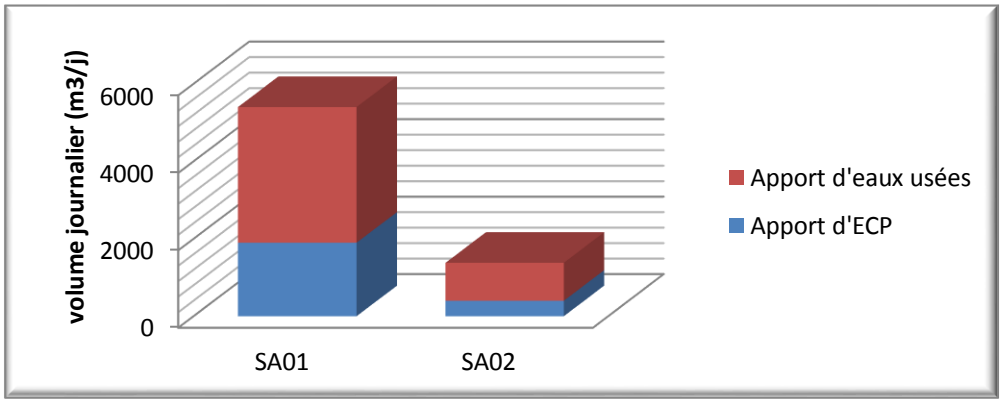


Figure II. 16 : *comparaison des apports d'eaux usées et d'ECP par bassin de collecte* ***[27]***

II.5.5.5. Analyse de temps de pluie de la zone d'étude

La méthodologie suivie :

Les apports en eaux pluviales sont déduits sur chaque point de mesure en continu des réactions enregistrées à la suite des épisodes pluvieux interceptés.

La méthodologie adoptée est la suivante :

- Identification des épisodes pluvieux significatifs. Il est entendu par épisode significatif un événement indépendant engendrant des réactions quantifiables sur les points de mesures.

- Pour chaque épisode pluvieux, quantification du sur volume induit par la pluie par différence entre le volume mesuré sur la période pluvieuse de référence et le volume théorique de temps sec correspondant.

En fin pour chaque point de mesure, établissement de courbes de corrélation pluie/sur volume. La pente de la droite de régression linéaire correspond à la valeur de la surface active théorique drainée par le point de mesure (figure ci-dessous).

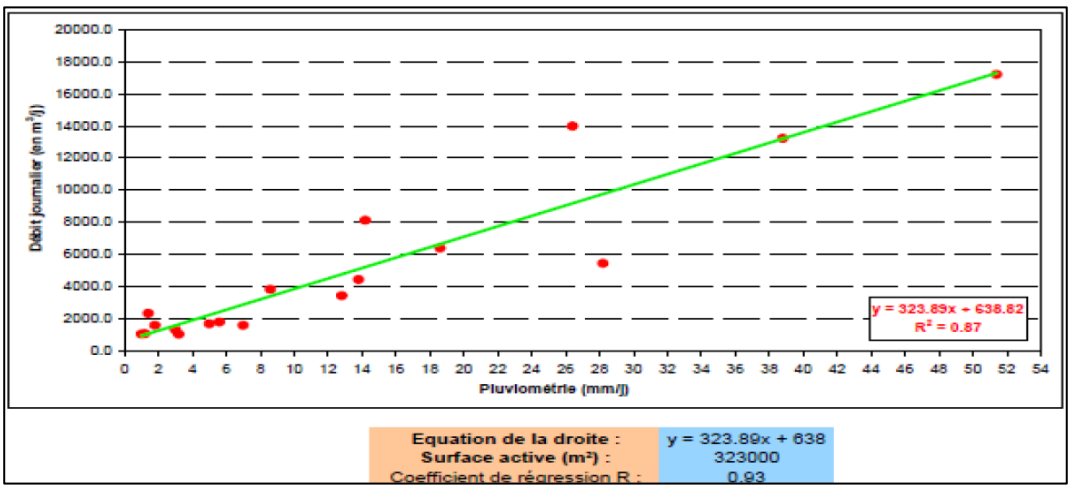


Figure II. 17 : *illustration méthodologique de l'estimation des surfaces actives* **[28]**

- Sur les secteurs séparatifs, cette surface active quantifie les eaux claires parasites météoriques et permet d'identifier les secteurs où un nombre significatif de branchements sont non conformes.

- Sur les secteurs unitaires, la valeur de la surface active est utilisée comme valeur de référence pour le calage des coefficients de ruissellement des bassins de collecte dans le cadre de la modélisation hydrologique.

Vérification de la condition d'autocurage :

La littérature technique indique des conditions d'autocurage différentes, qui sont résumé ci-après :

- Instruction technique 77-284-France-données réglementaires, système unitaire :

✓ Vitesse maximale de 3 m/s.

✓ Vitesse de 0.9 – 1 m/s à pleine section pour respecter les conduites de forme circulaire et les autres (ovoïde, cadre avec cunette, …).

✓ Vitesse de 0.6 m/s au 1/10 m/s.

✓ Vitesse de 0.3 m/s au 1/100 m/s.

▪ Norme NF EN 752-4-France et Union européennes-données normatives, système unitaire :

✓ Diamètre < 300 mm et pour un débit moyen de temps sec, vitesse de

0.7 m/s.

✓ Diamètre supérieur > 300 mm, vitesse de l'ordre de 1 m/s pour les pluies fréquemment atteint (sans précision sur cette fréquence mais généralement comprise entre deux et six mois) - vitesse maximale de 10 m/s.

II.5.5.6. Resultats des points de mesure par temps de pluie

Avant de procéder à l'analyse de ces éléments, il est nécessaire de souligner que :

✓ Les données minimums sont généralement acquises par temps sec. Il est intéressant d'analyser le rapport et l'évolution entre le temps sec et le temps de pluie.

✓ Une valeur négative en hauteur d'eau n'est pas une erreur de mesure, cela signifie que le niveau d'eau est inférieur à la lame déversante du trop-plein ou du déversoir d'orage. A l'inverse une hauteur d'eau toujours positive est le signe d'un dysfonctionnement majeur : déversement permanent au lieu récepteur d'effluent brut.

✓ Les hauteurs d'eau indiquées ont été calculées par rapport au radier de la conduite aval.

✓ L'analyse des conditions d'autocurage ne concerne les oueds canalisés à ciel ouvert, hors champs normatifs.

✓ L'analyse de la charge du réseau ne concerne pas les sites de mesure par temps de marche ou débitmètre électromagnétique sur conduite en charge.

Les deux tableaux suivants montrent les résultats par temps de pluie et par point de mesure :

Tableau II. 6 : *synthèse des données minimum et maximum par site de mesure* ***[29]***

Bassin métrologie	Nature Du réseau	Dimension de conduite			Type de mesurage	Hauteur (mm)		Vitesse (cm/s)		Débit (m^3/h)	
		Forme	Diamètre (mm) largeur (mm)	Hauteur (mm)		Min	Max	Min	Max	Min	Max
SR Aamriw	pluvial	-	-	-	Temps de marche de 2 pompes	-	-	-	-	0	61
SA01	Oued	Cadre	2000	1000	Hauteur-vitesse	350	1527	3	110	25	3607
SA02	Oued	Cadre	2320	750	Seuil	158	320	-	-	13	1112

Remarque :

- Période d'acquisition 60 min.
- La case en rouge représente la mise en charge (la hauteur d'eau) a dépassé la capacité de la canalisation.

Tableau II. 7 : *synthèse par temps de pluie et par site de mesure [30]*

Bassin métrologie	Nature du réseau	Nombre de mises en charge du réseau	Surface active (ha)	Coefficient de corrélation	Pertes initiales (mm)	Temps de repense (min)
SR Aamriw	Pluvial	-	0.1	0.57	-	99
SA01	Oued	6	29.1	0.99	0.1	82
SA02	Oued	0	8.5	0.97	0.1	84

II.5.5.7. Synthèse générale par bassin de métrologie par temps de pluie

Les éléments significatifs complémentaires à retenir sont les suivants :

- Pour les calculs des données par bassin il a été tenu compte des résultats des mesures sur les trop-pleins et les déversoirs d'orage suivis (dans notre bassin y'a que les trop-pleins), mais le grand nombre d'ouvrages de déversement ou de régulation interne n'ont pas permis de les suivre tous. En conséquence, le calcul est réalisé sur les surfaces actives et le taux de captation.
- Un réseau d'assainissement est considéré en charge quand la hauteur d'eau atteint au moins les deux tiers de la section du collecteur.
- Il est rappelé que les pluies mesurées maximales n'ont atteint que les fréquences relativement faibles.
- L'analyse sur les pertes initiales et les temps de réponse correspondent aux attendus. Ce sont des valeurs avec les surfaces actives qui serviront à caler le modèle hydraulique.
- Ces dépendent :

- De la structure du réseau, un réseau unitaire aura un temps de réponse plus rapide qu'un réseau séparatif, pour les réseaux séparatifs de Sidi Ahmed assimilés à des réseaux unitaires suite aux mauvais raccordements.

- De la forme de la taille du bassin concerné, en effet plus le bassin à une forme allongée plus le temps de réponse est important. À l'inverse plus le bassin à une forme concentrique, moins le temps de réponse est important.

- Du linéaire du réseau, en effet le temps de parcours de l'eau est logiquement plus long quand le linéaire du réseau en amont de site de mesure est important.

- Le taux de captation est le rapport entre la surface active déterminée sur le bassin et la surface imperméabilisée totale de ce bassin, cette dernière reprend les surfaces de voirie et des bâtiments, les espaces verts ne sont pas compris dans cette définition en raison de leur capacité d'infiltration.

- Ce taux captation traduit la part de la surface imperméabilisée réellement raccordée au réseau d'assainissement. Le solde se rejette directement au milieu récepteur ou via des réseaux pluviaux stricts, une part de ces eaux peut aussi s'infiltre dans la mesure où toutes les voiries ne sont pas imperméabilisées totalement ou partiellement. Enfin en raison de l'état d'encombrement des bouches d'engouffrement, de leur mauvais emplacement ou encore de leur mauvais état, une part des eaux pluviale ruisselle sur ces surfaces imperméabilisées puis elles stagnent sur les chaussées avant de rejoindre le réseau ou le milieu récepteur.

- Il est donc entendu que ce taux de captation n'est qu'une synthèse à un moment donné puisque d'une part les conditions physiques et hydrauliques peuvent varier, d'autre part ce taux de captation varie à chaque pluie (dépendant de la relation fréquence-durée-intensité des précipitations).

- De l'analyse croisée surface active-surface imperméabilisée-taux de captation, il ressort des situations variables selon les bassins, à savoir :

- La surface active globale de l'air de métrologie est de l'ordre de 38 ha pour une surface imperméabilisée globale de 278 ha.

- Ce taux global paraît cohérent en regard d'une part de la structure de l'assainissement de la zone d'étude (mélange entre réseau unitaire et pseudo-séparatif ainsi que des oueds structurants assimilable à des réseaux d'assainissement) qui aura une tendance à faire monter ce taux, d'autre part du problème majeur de captation des eaux de pluie cumulé à un fort niveau d'encombrement (facilitation des mises en charge et des effets tampon) qui auront tendance à faire baisser ce taux de captation.

- L'effet tampon (stockage en réseau) cumulé à la captation des eaux d'infiltration aura une tendance à transformer les eaux pluviales à rejet rapide en eaux claires parasites transitoires.

Le tableau suivant synthétise les résultats par temps de pluie et par bassin de métrologie :

Tableau II. 8 : *synthèse des résultats par temps de pluie et par bassin de métrologie [31]*

Bassin métrologie	**Linéaire du réseau (km)**	**Linéaire d'oued (km)**	**Linéaire globale (km)**	**Nombre de construction raccordée**	**Surface totale (ha)**	**Surface imperméabilisé (ha)**	**Pluralité des régimes de fonctionnement**
SA01	33.0	6.3	39.3	1479	273.6	124.0	Oui
SA02	22.2	1.2	23.4	1688	445.8	153.7	Non
Bassin métrologie	Présence ECP transitoire	Débit de pointe horaire (m^3/h)	Nombre de mise en charge du réseau	Surface active (ha)	Taux de captation (%)	Pertes initiales (mm)	Temps de repenses (min)
SA01	Oui	3607	6	29.1	23%	0.1	82
SA02	Oui	1112	0	8.5	6%	0.1	84

II.5.5.8. Mesure de la pollution

Elle a pour but d'étudier la variabilité spatiale des caractéristiques et des origines des polluants par temps et par temps de pluie.

Le pollutogramme mesuré représente la donnée indispensable à l'étude et à la modélisation de la pollution et l'évaluation de ses erreurs est déterminante. La détermination d'un pollutogramme nécessite la réalisation d'une procédure analytique qui comprend généralement : l'échantillonnage, le transport et la conservation des échantillons et les analyses.

II.5.5.9. Critéres de choix et d'implantation des préleveurs automatique

Neufs critères ont été établis pour le choix et l'installation d'un préleveur automatique :

1- Emplacement de la section de mesure ; éviter les sections à très faibles vitesses d'écoulement, et celles situées à l'aval d'un coude ou d'un raccordement de deux conduites.

2- Placer la prise d'eau à une profondeur correspondant à 40-60% d la colonne d'eau et a une distance suffisante des parois d la cunette.

3- Vitesse de prélèvement > vitesse d'écoulement.

4- Ne pas utiliser de crépines.

5- Vitesse de prélèvement > 10 vitesses de sédimentation.

6- Vitesse de prélèvement > vitesse d'affouillement.

7- Tuyau de prélèvement rigide, sans goulots d'étranglement ni courbures vives et suit une pente ascendante entre la prise d'eau et le préleveur.

8- Diamètre de tuyau de prélèvement > 12 mm

9- Volume de tuyau < volume de l'échantillon prélevé.

II.5.5.10. Mise en œuvre du materiel de prélèvement

Les échantillonnages sont réalisés au moyen de préleveurs multi flacons, l'échantillonnage étant programmé en mode uniforme sur une unité de temps ou asservi au débit écoulé. Les préleveurs utilisés sont isothermes ou réfrigérés :

Figure II. 18 : *matériel d'échantillonnages – préleveurs multi flacons*

Une purge entre chaque prélèvement est nécessaire afin d'éliminer les risques de contamination de l'échantillon par les matériaux du préleveur en contact avec l'échantillon.

II.5.5.11. Durée de conservation de l'échantillon

La représentativité de l'échantillon est fortement impactée par la durée de conservation de l'échntillon. Après 24h, on observe une tendance à l'augmentation des MES, MVS et du Zinc et à la diminution des teneurs en DCO et en NTK.

Les concetration totales des paramètres polluants ne varient généralement pas beaucoup après 29h de conservation, quelque soit la température de stockage (4,10 ou 16°c), hormis le cas des MES et MVS.

Les concentrations des paramètres de pollution dissoute (DCO, NTK, et Zinc) sont fortement influencées par la température et la durée de conservation. On peut dans ce cas précis perdre 50% de l'information.

La température et la durée de stockage impacte également la distribution dissous/particulaire (en particulier l'azote de temps de pluie).

Les concentrations en NH4 sont très sensibles à la durée et à la température de conservation.

Les valeurs de DCO totale varient très peu après 24h de conservation jusqu'à des températures de 20°C.

II.5.5.12. Technique de mesure suivi sur la zone d'étude

L'acquisition de la donnée pollution sur un site de mesure est le résultat de plusieurs techniques de mesurage et de contrôle.

En effet, la partie prélèvement décrite ci-après est une technique de contrôle. Les flux de pollution sont obtenus en analysant divers paramètres physico-chimique (technique de mesurage de laboratoire) et l'acquisition des débits transités sur une période donnée (technique de mesurage de débitmètre).

Les bilans pollution sont réalisés réalisée à l'aide d'un préleveur automatique, comportant 24h flacons de 1L chacun.

Figure II. 19 : *illustration d'un échantillonneur avec un bac à 24 flacons*

Un tuyau d'adduction équipé d'une crépine permet de prélever les échantillons d'effluent. Chaque prélèvement est recueilli dans un flacon stocké dans une enceinte isotherme.

La crépine à l'extrémité du tuyau d'adduction est positionnée pour réaliser des prélèvements représentatifs. Si elle est placée au fond de la conduite, elle aspirera une très grande quantité de matières en suspension sédimentées.

Les prélèvements seront programmés de la manière suivante : par temps sec, et afin de satisfaire les objectifs de mesure de la dilution :

- 4 prélèvements de 0.25L/h constituent un échantillon horaire par flacon.
- Reconstitution des échantillons moyens pondérés à partir des données de débits et des différents flacons horaire : nocturne et diurne.
- Le calcul du flux journalier s'effectue en sommant les flux diurne et les flux nocturne.

Figure II. 20 : *Installation d'un préleveur automatique sigma*

Les paramètres physico-chimiques suivants sont analysés sur chaque échantillon : PH, DCO, DBO5, MES, NTK, NH^{4+}, P_{total}.

Les analyses sont effectuées en respectant les normes d'analyse AFNOR. Les préleveurs sont réfrigérés grâce à des sacs de glace et tenu à l'ombre pendant la période de prélèvement. Une fois les échantillons reconstitués, les échantillons sont stockés dans des flocons étanches, avec un minimum d'aire (afin d'éviter une évolution trop importante des paramètres (DBO5 et DCO), à une température faible (dans une glacière par exemple) et à l'abri de la lumière. Ils sont envoyés à un laboratoire d'analyse agréé dans un délai de 24 heures, le laboratoire ONA d'Alger.

Par ailleurs, nous procédons à la mesure in situ, et pour chaque fraction horaire de prélèvement des paramètres suivants : PH conductivité, ce qui permet d'apprécier l'évolution de la qualité de l'effluent tout au long de la journée et d'en analyser la cohérence avec la production d'eaux usées (diurne/nocturne). Cela permet notamment d'apprécier les éventuelles interactions avec les eaux claires parasites.

Figure II. 21 : *Préparation de l'échantillon moyen*

Figure II. 22 : *Illustration des eaux claires parasites*

II.6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons donné une présentation générale des techniques de mesures appliquées sur notre zone d'étude Sidi Ahmed ainsi que leurs résultats. Cette étude nous permettra de commencer notre diagnostic dans le chapitre suivant.

CHAPITRE III : PRÉSENTATION DES LOGICIELS UTILISÉS

Chapitre III Présentation des logiciels utilisés

III . 1. Introduction

L'avènement des technologies informatiques a permis de substituer certaines expériences par les simulations numériques. Ainsi, la modélisation est devenue une attitude commune à la recherche scientifique. Elle rejoint les attitudes premières que sont l'expérimentation et l'observation et peut même, dans certains cas, substituer ces dernières non sans induire du même coup quelques difficultés.

III.2. Définition de SWMM et PCSWMM

SWMM (Storm Water Mangement Model) est un programme de simulation hydrologique développé par l'agence de la protection de l'environnement aux Etats-Unis (USEPA) en collaboration avec un groupe de recherche situé à l'université de Floride et à l'université de l'état d'Oregon. Depuis son premier développement en 1971, ce modèle a suivi des évolutions successives et en est actuellement à sa cinquième version. Ce programme permet la simulation du comportement des eaux pluviales tant d'un point de vue quantitatif que qualitatif. Il est particulièrement bien adapté au bassin urbain pour le calcul des réseaux d'assainissement simples ou complexes et s'applique soit pour des évènements ponctuels ou pour des simulations continues. SWMM fait partie de modèle mathématique. Plus précisément, c'est un modèle à base physique qui transforme les précipitations en écoulement en utilisant une méthode de réservoirs non-linéaires, les pertes par infiltration étant estimées par l'équation de Horton ou celle de Green-Ampt. L'écoulement est transporté dans des conduites ou chenaux prédéfinis sur la base des équations de St-Venant. Le logiciel PCSWMM est fondé sur le modèle de calcul SWMM 5. Il y intègre une interface de système d'information géographique (SIG) simplifiée. Il permet ainsi d'importer et de traiter d'une façon aisée les fichiers de logiciels SIG régulièrement utilisés par les collectivités pour maintenir à jour les données de leur réseau. **[32]**

III.2.1. Capacité de PCSWMM

PCSWMM intègre une grande quantité de processus hydrologiques afin de simuler le ruissellement du bassin urbain :

− pluie variable dans le temps.

− évaporation des surfaces d'eau.

− accumulation et fonte des neiges.

− interception et stockage dans les dépressions.

− infiltration dans le sol non saturé.

− percolation et écoulement souterrain.

− échange entre les eaux souterraines et le système de drainage.

− transport par réservoir non-linéaires de l'écoulement.

Il dispose également d'une palette variée de fonctions hydrauliques afin de transférer les débits à travers un réseau d'assainissement de conduite, chenaux, unité de traitement, de stockage et ouvrage de diversion. Ainsi, SWMM permet :

− de manipuler des réseaux de taille illimitée ;

− d'utiliser une grande variété de conduite à section standard ainsi que des canaux naturels.

− de modéliser des ouvrages hydrauliques tels que des unités de rétention/traitement, des pompes, des ouvrages de diversions, des déversoirs et des orifices .

− d'utiliser l'onde cinématique ou l'onde dynamique comme méthode de routage .

− d'appliquer des écoulements externes tels que des débits d'eaux usées par temps sec .

− de simuler le fonctionnement des pompes, orifices et déversoirs en fonction de lois définies par l'utilisateur.

En complément à la modélisation de la production et du transport de l'écoulement, PCSWMM simule les phénomènes liés à l'évolution des charges polluantes, à savoir :

− accumulation du polluant en fonctions du type d'utilisation du sol .

− contribution directe de la déposition due à la pluie.

− réduction de l'accumulation par temps sec conséquent au nettoyage des routes.

− réduction du lessivage conséquent aux ouvrages de gestion alternatifs.

− lessivage spécifique à chaque type d'utilisation du sol.

− ajout de débit d'eau usée par temps secs. **[33]**

III.2.2. La modélisation dans PCSWMM

Dans SWMM, la réalité est simplifiée à l'aide de quatre compartiments entre lesquels il simule les échanges et transferts.

❖ Le compartiment « atmosphérique » : Compartiment qui contient les données des précipitations qui vont tomber dans le compartiment surface de terrain.

Le compartiment « surface de terrain » : Il est représenté par un ou plusieurs bassins de drainage qui reçoivent les précipitations du compartiment atmosphérique sous forme de pluie ou de neige. Ces précipitations sont alors infiltrées dans le sous-sol ou transformées en ruissellement introduit dans le compartiment transport.

❖ Le compartiment « souterrain » :Il reçoit les infiltrations et transfert une partie des ses écoulements dans le compartiment transport.

❖ Le compartiment « transport » : Il est représenté par un réseau d'élément de transport (canaux, conduites, pompes, etc.) et d'unité de stockage/traitement. Les apports proviennent du ruissellement du compartiment « Surface de terrain », des écoulements du compartiment « Souterrain », et d'hydrographes définis par l'utilisateur (eaux usées par temps sec par exemple).

Tous ces compartiments sont construits avec l'aide d'une palette d'objets disponibles dans SWMM. Ces objets sont caractérisés par des paramètres (surface, pourcentage imperméable, pente rugosité géométrie de la canalisation, etc.) qui vont permettre de représenter au mieux le bassin hydrologique modélisé. **[34]**

III.2.3. Objets conceptuel de PCSWMM

1- *Objets hydrologiques*

A. Pluie : Cet objet contient les données de précipitation qui sont, soit définie par l'utilisateur, soit tirée d'un fichier externe. Elles peuvent être introduites sous forme d'intensité, de volume ou de volume cumulé.

B. Bassin de Captage : Le bassin de captage est l'objet qui représente les compartiments « surface de terrain » et « souterrain ». Il correspond en fait à l'unité hydrologique qui va recevoir la pluie et la transformer en écoulement de surface et écoulement souterrain. Il peut être divisé en deux parties composées de surface imperméable et perméable. Les paramètres principaux de cet objet sont : la topographie du bassin, le taux d'imperméabilité, la pente, le type d'utilisation du sol, la rugosité.

C. Aquifère : Comme son nom l'indique, cet objet va permettre de simuler les échanges se déroulant dans le sous-sol du modèle. Il intègre les mouvements verticaux conséquents de l'infiltration des eaux de l'objet "Bassin de captage" et les mouvements horizontaux en direction d'un point de sortie ou d'un réseau de drainage par exemple. Un même aquifère peut être partagé avec plusieurs bassin de captage. Le comportement de l'aquifère est caractérisé par les paramètres suivants : porosité, conductivité hydraulique, capacité de rétention, profondeur d'évapotranspiration.

D. Module Neige : Cet objet contient les paramètres afin de caractériser l'accumulation, l'évacuation et la fonte des précipitations sous forme de neige à l'intérieur d'un bassin de captage. Il permet de définir trois zones :

- région imperméable ou la neige est évacuée mécaniquement.
- région imperméable ou la neige n'est pas évacuée.
- région perméable ou la neige n'est pas évacuée.

Dans cet objet il est possible de définir les coefficients de fonte neige, la température minimum pour la fonte, la hauteur de neige initiale, et les conditions d'évacuations mécaniques de la neige.

E. Climat : Cet objet permet de déterminer les paramètres relatifs à la météorologie. Plus précisément il permet d'intégrer les séries de température afin PCSWM puisse simuler le processus d'évaporation et de fonte des neige.

2- Objets hydrauliques

Il existe deux types d'objets hydrauliques : les nœuds (node) et les liens (link). Il est nécessaire d'insérer un nœud à l'amont et à l'aval de chaque lien. Outre leurs fonctions propres, les différentes nœuds permettent de définir les paramètres topographiques des liens qui leurs sont associés.

A. Les nœuds : Les nœuds se comptent au nombre de quatre :

- **Nœud de jonction :** Les nœuds de jonction sont des points permettant créer des liens entre différents objets. En réalité ils peuvent représenter la confluence de deux canaux ou un regard dans un réseau d'assainissement. Signalons que si la capacité de la conduite ne permet pas le transit de tout le flux, le débit en excès peut-être stocké temporairement et réintroduit dans le réseau lorsque la conduite n'est plus surchargée. Le paramètre principal de cet objet est l'altitude.

- **Nœud de chute :** Ce sont les objets constituant les points finaux situés en aval du réseau. Ils permettent de définir les conditions limites de l'écoulement lorsque la méthode de résolution utilise le modèle de l'onde cinématique.

- **Nœud de diversion de l'écoulement :** Ce sont les nœuds qui permettent de séparer un écoulement en deux.

B. Les liens : Les liens sont caractérisés par cinq objets différents :

- **Conduites :** Ils représentent les tuyaux ou canaux dans lesquels les eaux vont s'écouler d'un nœud à un autre. Leur section transversale peut être sélectionnée dans une liste de section standard ou définie par l'utilisateur. Les principaux paramètres nécessaires aux conduites sont : la longueur, la rugosité, l'élévation par rapport au point bas du nœud amont et aval, ainsi que la géométrie de la section transversale.

- **Pompes :** Les pompes ont pour but de relever les eaux.

- **Les régulateurs d'écoulement :** Ce sont des structure ou artifices qui ont pour fonctions de contrôler ou détourner les écoulements.

Ils sont typiquement utilisés pour :

− contrôler les écoulements dans les systèmes de rétention.

− prévenir les risques de surcharge du système.

− détourner les eaux dans les différents systèmes de traitements.

SWMMM dispose de trois types de régulateurs. L'objet Orifice qui correspond à une ouverture dans un mur et dont l'écoulement est simulé par une fonction prédéfinie. L'objet Déversoir qui permet de modéliser les déversoirs à section rectangulaire, triangulaire ou trapézoïdale. Enfin, l'objet exutoire permet de contrôler l'écoulement à la sortie d'un ouvrage de rétention en définissant une courbe de débit de refoulement en fonction de la charge. **[35] [36]**

III.2.4. Paramétrage de PCSWMM

Un fichier de projet vide a été créé sous PCSWMM qui comprend l'ensemble des paramètre suivants :

- Calcul de la longueur auto actif pour les canalisations
- Décalage des canalisations par rapport au radier des regards défini en décalage (calcul des cotes radier amont et aval correspondantes par le logiciel).

- Unité de débit : m^3/s.
- Moteur de calcul utilisé : SWMM5.1.009.
- Système de coordonnées : WGS84 UTM Zone 31 Nord.
- Définition des préférences générales suivantes : "Calculer la largeur du sous bassin" et "Calculer la hauteur du noeud".
- Définition des préférences d'affichage pour les différents objets. [37]

III.2.5. Construction du modèle hydrologique

L'objectif d'un modèle hydrologique est de reproduire la réaction des bassins de collecte à un évènement pluvieux réel ou synthétique (pluie réelle ou pluie de projet) en termes de débit ruisselé.

La costruction du modèle consiste en :

1- Import des sous bassin de collecte du modèle :

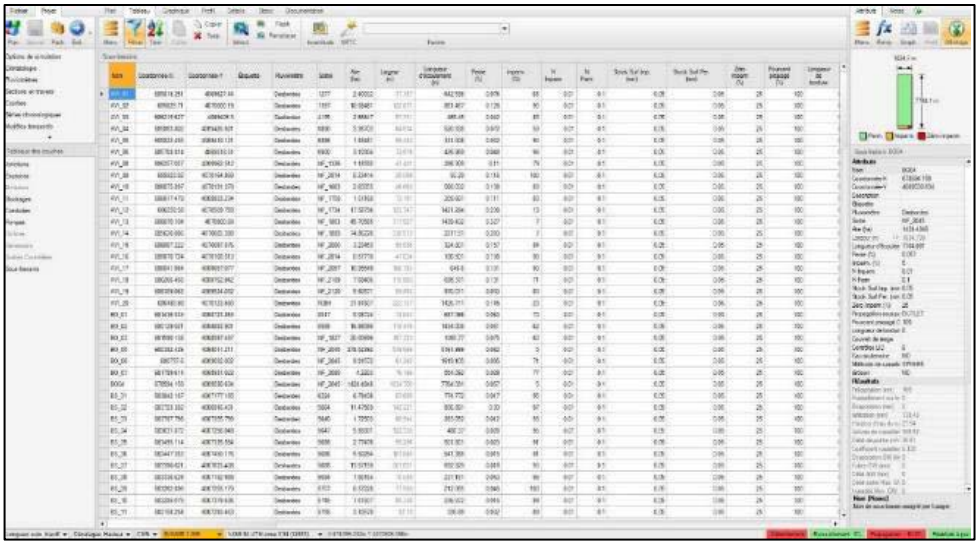


Figure III. 1 : *Intégration des sous bassins de collecte dans PCSWMM*

1- Intégration des différentes séries pluviométriques : telles que la pluviométrie mesurée par le Pluviographe afin de caler le modèle , ainsi que la pluviométrie de différentes périodes de retour pour les simulations futures.

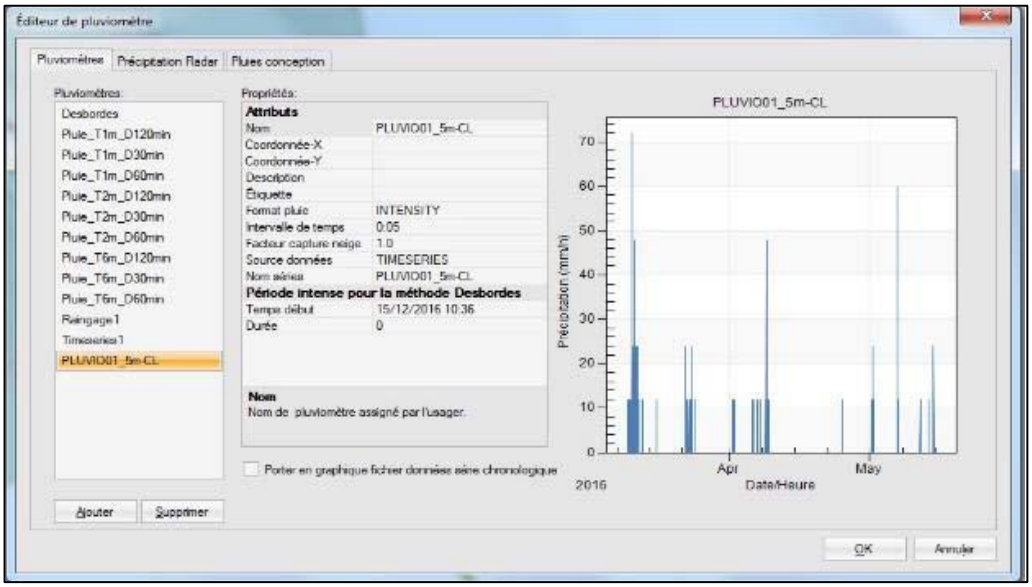


Figure III. 2 : *Intégration des séries pluviométriques dans PCSWMM*

Suivant les caractéristiques des sous bassins de collectes, les modèles de transformation pluie-débit suivants seront utilisés :

1- Dans le cas des surfaces de ruissellement perméables, un modèle de Horton a été utilisé pour la modélisation des processus d'infiltration. Un modèle de pertes initiales du type constant lui a été associé. Enfin, le calcul de ruissellement (propagation de la pluie nette issue des deux modèles précédents) a été réalisé à l'aide du modèle SWMM5 (méthode du réservoir non linéaire, préférable à la méthode de Desbordes). Il s'agit d'une méthode de calcul de ruissellement adaptée à l'étude des sols perméables car elle permet de tenir compte des antécédents pluviométriques, et donc du degré de saturation initial du sol, ainsi que de la variation de la capacité d'infiltration du sol au cours de l'événement pluvieux (saturation progressive) .

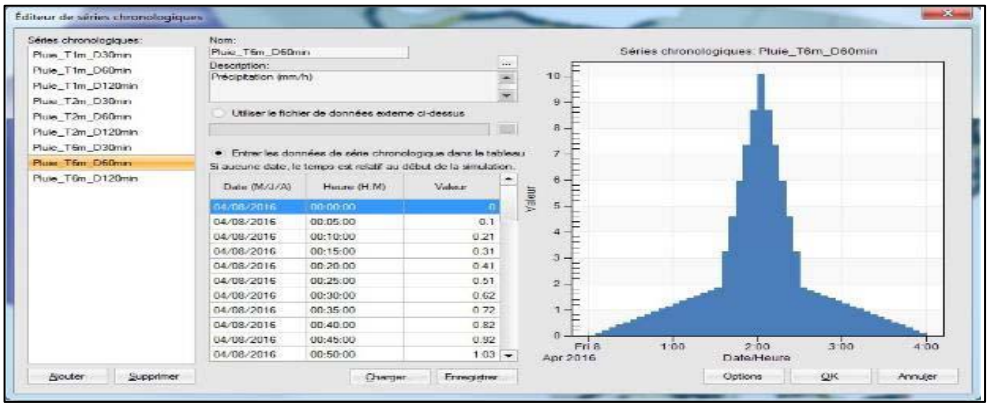


Figure III. 3 : *Méthode de Desbordes dans PCSWMM pour la transformation pluie-débit*

Dans le cas des surfaces de ruissellement imperméables, un modèle de pertes initiales du type constant sera utilisé et le calcul de ruissellement (propagation de la pluie nette issue des deux modèles précédents) sera réalisé à l'aide du modèle SWMM5 également.

III.2.6. Construction du modèle hydraulique

L'objectif du modèle hydraulique est de reproduire la propagation des hydrogrammes issus de la modélisation hydrologique dans le réseau d'assainissement.

Afin de construire le modèle hydraulique, il est nécessaire de suivre les étapes suivantes :

1- Import des jonctions du modèle (regards)

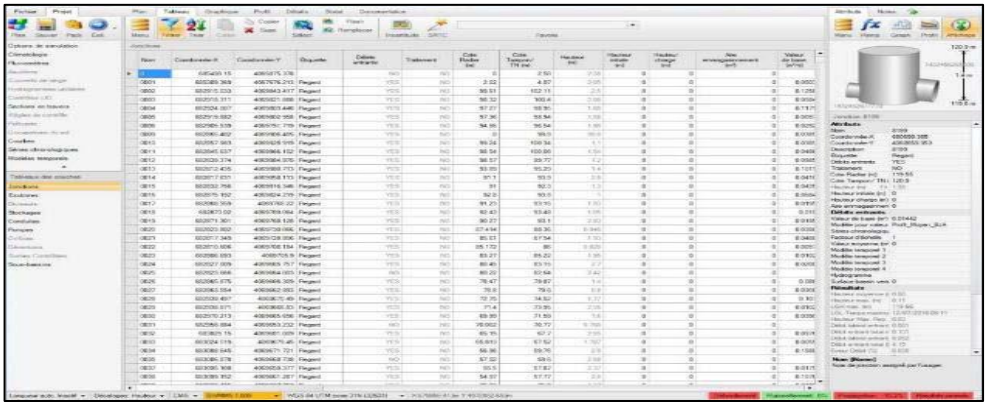


Figure III. 4 : *intégration des caractéristiques des regards (jonctions) dans PCSWMM*

2- Import des stockages du modèle (ouvrages spéciaux)

- Intégration des caractéristiques des ouvrages :

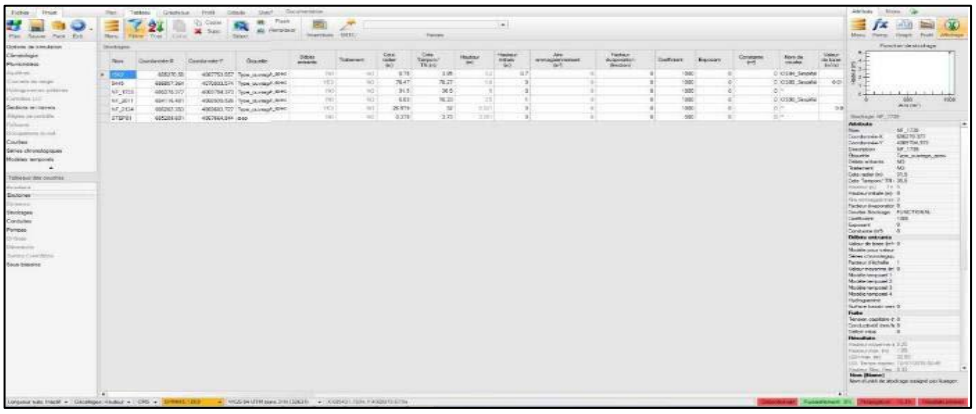


Figure III. 5 : *Intégration des caractéristiques des ouvrages spéciaux (Stockage) dans PCSWMM*

- Intégration manuelle des Courbes de stockage pour les ouvrages spéciaux :

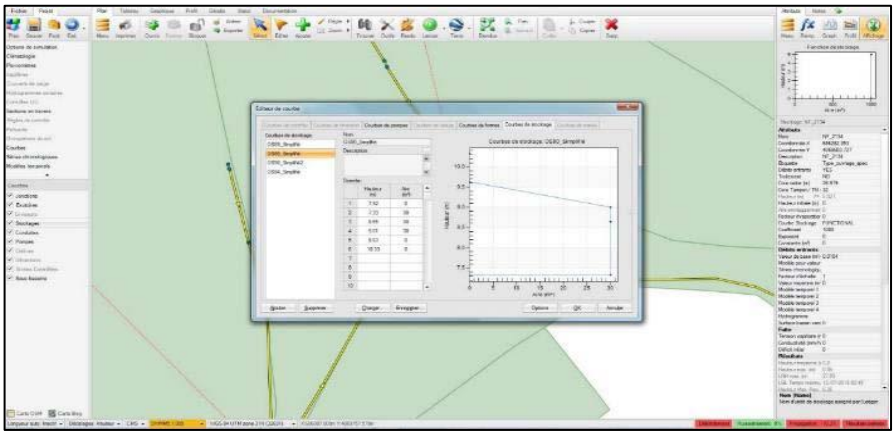


Figure III. 6 : *Intégration des courbes de stockage pour les ouvrages spéciaux dans PCSWMM*

3- Import des exutoires du modèle (rejets)

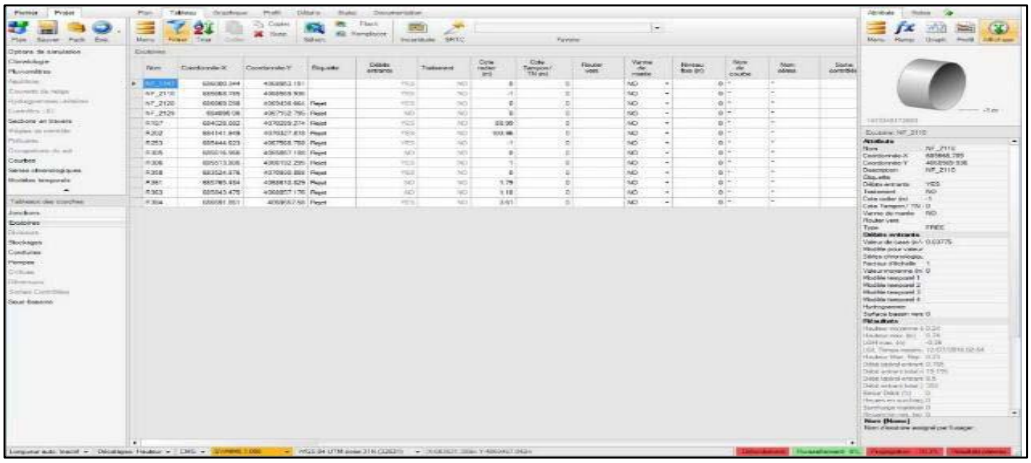


Figure III. 7 : *Intégration des caractéristiques des rejets (exutoires) dans PCSWMM*

4- Import des profils en travers et courbe de forme du modèle

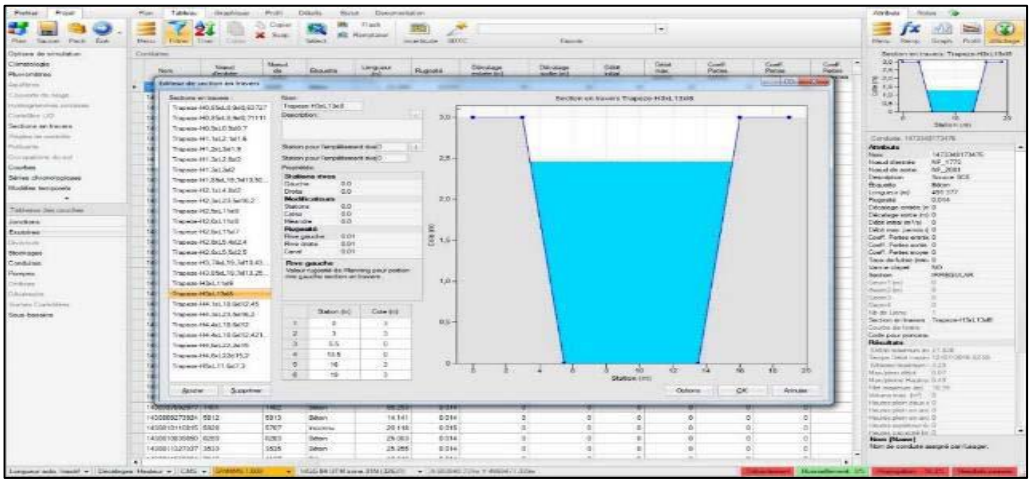


Figure III. 8 : *Intégration des sections en travers des Oued-Chaabat dans PCSWMM*

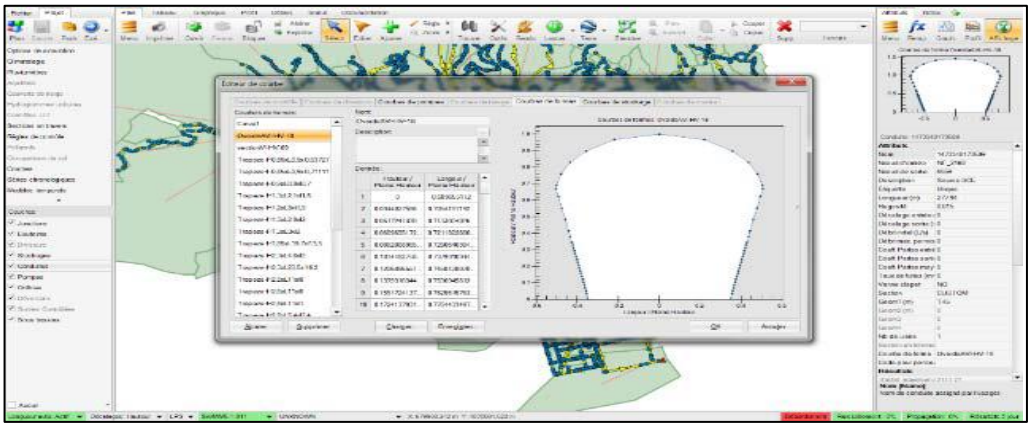


Figure III. 9 : *Intégration des courbes de forme sections ovoïdale des collecteurs dans PCSWMM*

5- Import des collecteurs du modèle

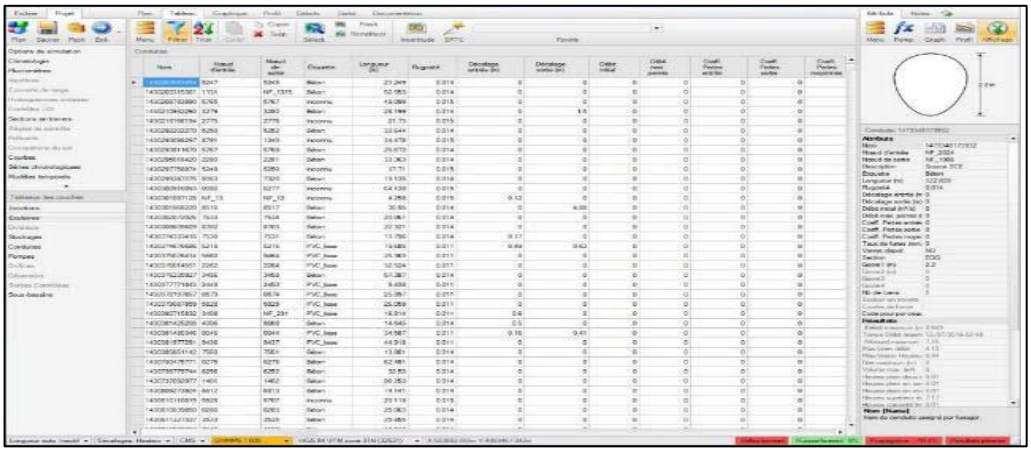


Figure III. 10 : *Intégration des caractéristiques des collecteurs dans PCSWMM*

6- Création manuelle des déversoirs :

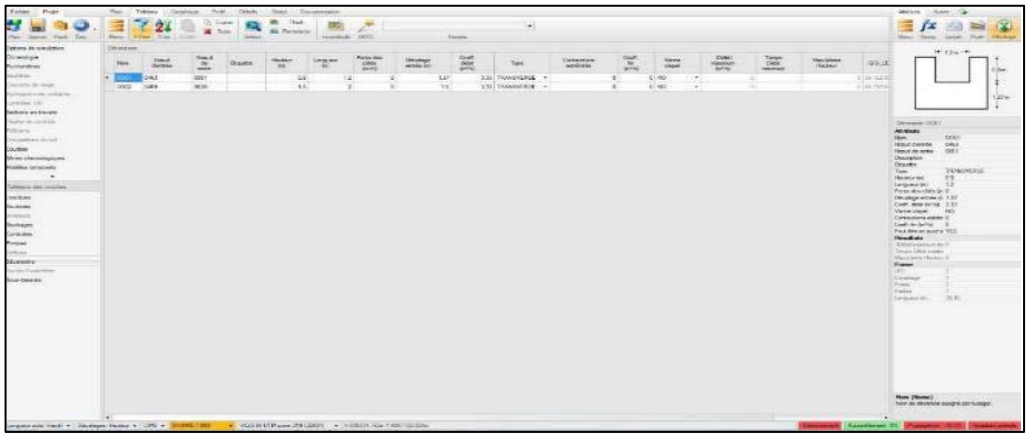


Figure III. 11 : *Intégration manuelle des caractéristiques des déversoirs d'orages dans PCSWMM*

7- Intégration manuelle des ouvrages de régulation (Orifices)

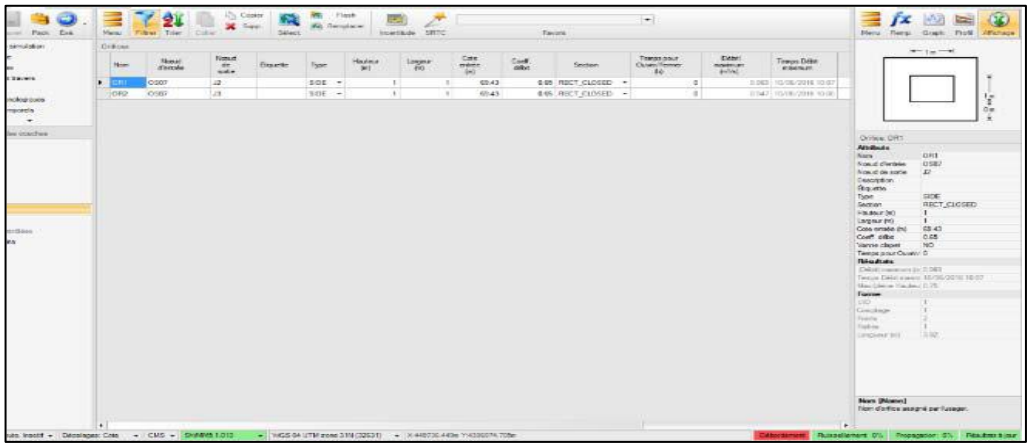


Figure III. 12 : *Intégration manuelle des caractéristiques des orifices dans PCSWMM*

8- *Interpolation des données manquantes*

A l'aide des différents outils de PCSWMM et manuellement telle que les cotes des regards non inspectés.

9- Le modèle hydrologique et hydraulique de Béjaia est construit

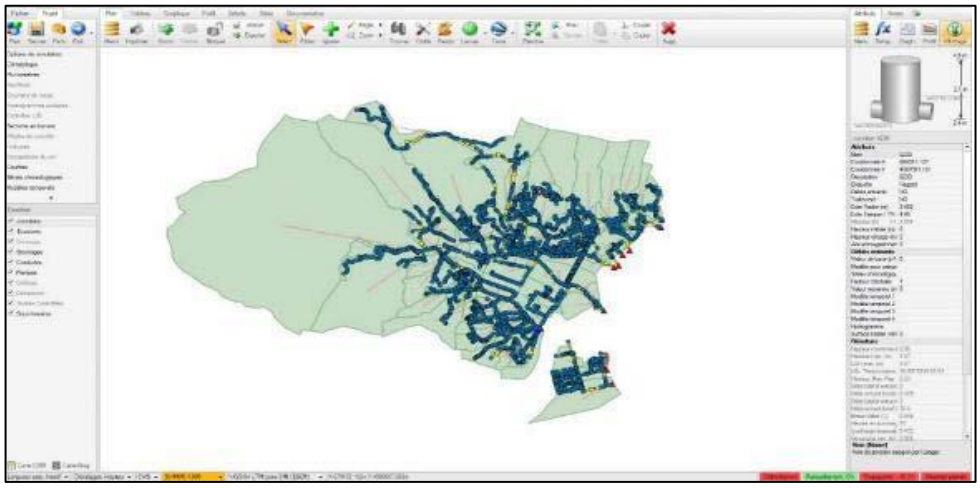


Figure III. 13 : *Modèle hydrologique et hydraulique construit sous PCSWMM*

III.3. QGIS

QGIS est un logiciel SIG libre (open source). Il a été conçu en mai 2002. En juin 2002, il s‟est établi en tant que projet sur Source Forge. Depuis 2007, il a été développé par Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). QGIS est distribué sous la licence GNU GPL (General Public License). Ceci permet aux utilisateurs de le partager et de le modifier librement (modifier le code source), tout en ayant la garantie d‟avoir accès à un programme SIG non onéreux et librement modifiable. **[38]**

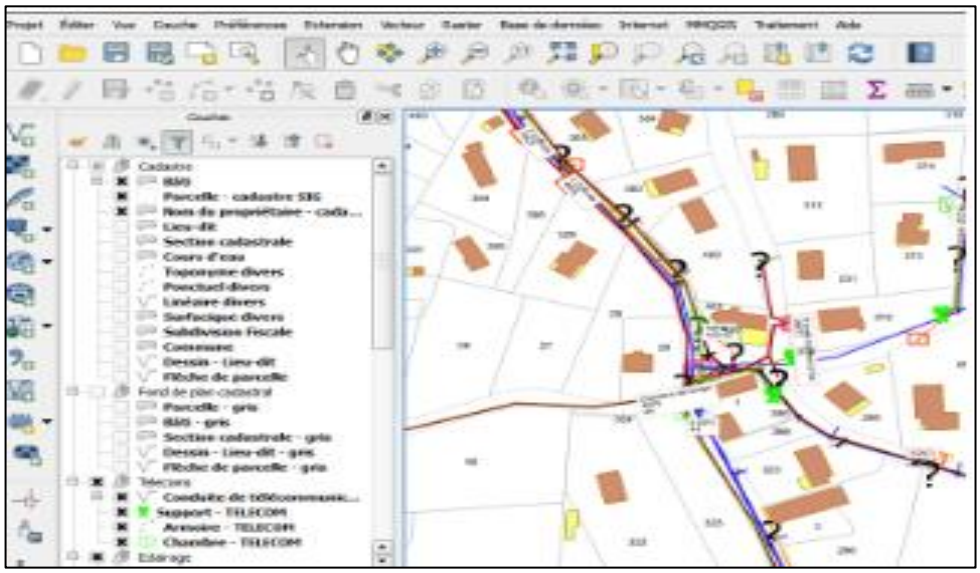


Figure III. 14 : *QGIS*

III.3.1. Le role d'un QGIS

Aujourd"hui, QGIS est utilisé pour les projets SIG suivants :

1. Visualisation des données sur les eaux usées, intégration des bases de données supplémentaires, et accès direct aux protocoles d"inspection et de cameras vidéos.
2. Visualisation et édition pour les systèmes de planification urbaine.
3. Environnementale, de gestion de l"hydrologie, et de gestion des eaux usées.
4. Visualisation des données d"inventaire souterrain (assainissement, adduction d"eau potable, gaz, électricité, et récemment réseaux de télécommunication).
5. Visualisation des données topographiques et cadastrales.
6. Visualisation et édition de l"inventaire communal des sites naturels protégés.
7. Visualisation et édition des données de planification urbaine et régionale.
8. Visualisation et édition des données de l"infrastructure routière.
9. Visualisation de statistiques créées directement depuis la base de données des habitants passés et présents.
10. Planification et Visualisation pour l"aménagement énergétique (fourniture de gaz, chauffage à partir d"eaux usées, énergie géothermique en sous-sol, centrales de chauffage, etc.).

Actuellement d"autres projets similaires sont développés. [39]

III.3.2. Présentation de l'interface de QGIS

L"interface utilisateur de QGIS comprend un ensemble d'outils nécessaires et interactifs permettant ainsi une analyse plus approfondie et complète de données graphiques. Les résultats sont visuellement affichés sous forme de couches thématique pour une analyse plus riche et utile aux décideurs. L"interface est ainsi composée des éléments suivants :

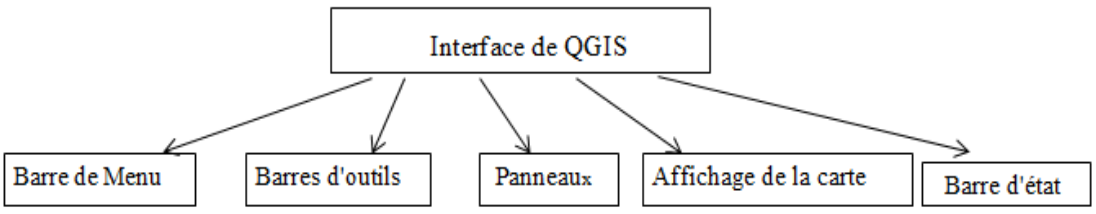


Figure III. 15 : *les principaux composants de l'interface de QGIS*

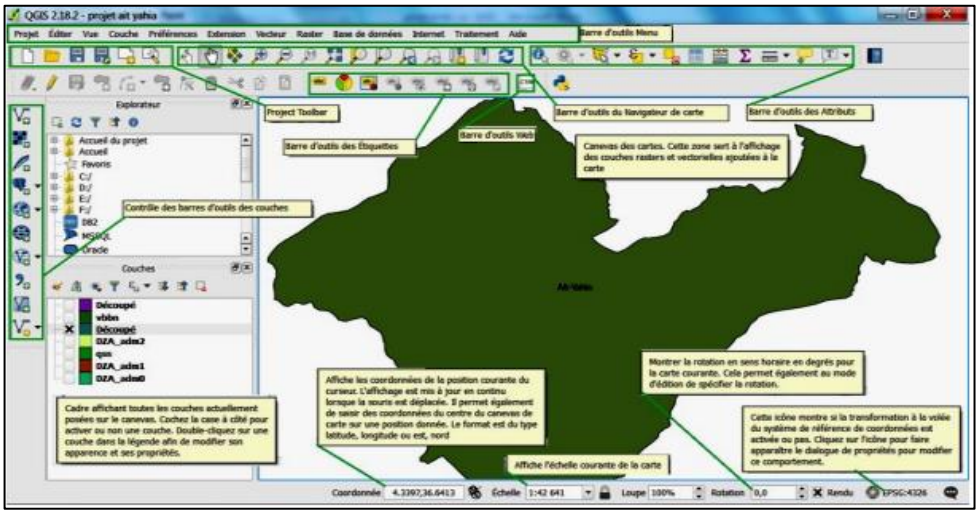


Figure III. 16 : *l'interface de QGIS*

III.4. Conclusion

La modélisation du réseau d'assainissement de notre étude a été réalisée par le logiciel PCSWMM selon les étapes suivantes :

- Construction du modèle

1- Travaux préparatoires sous environnement QGIS.

- Définition de la structure à modéliser

- Définition des travaux topographiques réalisés

- Définition et caractérisation des bassins de collecte

2- Construction du modèle sous PCSWMM

- Paramétrage de PCSWMM

- Construction du modèle hydrologique

- Construction du modèle hydraulique

3- Préparation et intégration des conditions aux limites

- Débits de temps sec

- Débit temps de pluie

- Pluies de projet

- Calage et validation du modèle par temps sec puis par temps de pluie

1- Calage par temps sec réalisé sur la base d'une journée de temps sec observée durant la campagne de mesures.

2- Calage par temps de pluie réalisé sur la base d'un événement pluvieux intercepté durant la campagne de mesures.

3- Validation du modèle réalisé sur la base d'un second événement pluvieux intercepté durant la campagne de mesures.

- Simulation du fonctionnement hydraulique de la situation actuelle avec et sans encombrement

1- Simulation hydraulique temps sec

2- Simulation hydraulique temps de pluie (pluie métrologie)

3- Simulation hydraulique pour les pluies de projet

- Pluie de projet période de retour 6 mois.
- Pluie de projet période de retour 2 ans.
- Pluie de projet période de retour 5 ans.
- Pluie de projet période de retour 10 ans
- Pluie de projet période de retour 20 ans

CHAPITRE IV :

DIAGNOSTIC DES RÉSEAUX D'ASSAINISSEMENT DE LA ZONE SIDI AHMED

*IV.*1. Introduction

L'étude diagnostique peut être préventive ou consécutive au constat d'un dysfonctionnement. Elle a pour but de déceler les anomalies, les analyser et les interpréter pour ensuite les maîtriser et les supprimer. Elle doit donc détailler les origines des problèmes observés.

IV.2. Investigation nocturne

Elle permet de sectoriser les intrusions d'ECP pour chaque bassin d'apport. Elle permet aussi de mesurer précisément les débits nocturnes qui sont théoriquement correspondent aux infiltrations d'eau claires dans le réseau en supposant qu'aucun rejet n'a lieu pendant la nuit. En effet, il est difficile de se baser uniquement sur les débits mesurés avec les seuils car la norme régissant ces mesures spécifie qu'il existe une grande incertitude sur les petits débits que sont les débits nocturnes. Il est donc judicieux de se rendre sur place et de vérifier les débits qui s'écoulent réellement dans le réseau à l'aide d'empotages.

A. Objectifs des investigations nocturnes

Son objectif est de préciser les profils en long des débits nocturnes, pratiquement regard par regard sur les tronçons à l'origine d'apport parasites importants et hiérarchiser tronçon par tronçon, les apports d'eaux claires parasites et localiser les passages caméras à réaliser.

B. Procédure des investigations nocturnes

Ces inspections nocturnes (généralement entre 23h00 et 6h00) du réseau structurant seront Réalisées par temps sec, avec des mesures ponctuelles du débit et de la concentration en ammonium NH^{4+} afin de localiser les tronçons responsables des apports importants d'eaux parasites, et d'orienter les investigations complémentaires du type passage caméra. Compte tenu des conditions de réalisations des mesures et des observations faites durant ces dernières, il y aura lieu, dans certains cas, d'isoler temporairement un ou des tronçons de collecteur (utilisation d'obturateurs) pour quantifier précisément l'apport d'une antenne remarquable, utiliser des tests au colorant pour identifier précisément l'origine des ECP.

IV.2.1. Recherche des eaux claires parasites d'eaux de nappe et d'eaux nappe et d'eau potable

A. Objectifs

La quantification et la localisation des apports parasites (ECPP, ECPT et ECP-EP) constituent un des enjeux majeurs du diagnostic. Leur recherche répond à un double objectif :

- Mesurer leur impact sur le fonctionnement du système d'assainissement :
  - Surcharges hydrauliques du réseau (impact limité pour les collecteurs en structure unitaire).
  - Surcoût financier en termes de consommation énergétique et en consommable de traitement.
  - Dilution importante de l'effluent pouvant impacter les performances épuratoires d'un traitement biologique et induire un surcoût énergétique.
- Localiser ces apports parasites car ils indiquent la présence des défauts étanchéité dus principalement à des anomalies structurelles (cassures, déboîtement, …).

Pendant la nuit, on marque l'absence de l'activité humaine ce qui implique que les réseaux transitent un faible volume d'eaux usées. Les apports parasites d'infiltration deviennent prépondérants et peuvent être mesurés par sous-secteur ou tronçon de réseau.

Cette étape de diagnostic a ainsi pour objectif de :

- Pré-localiser les tronçons de collecteurs responsables d'apports importants d'eaux parasites.
- Hiérarchiser les tronçons les plus sensibles aux infiltrations.
- Établir un programme d'investigations détaillées par des inspections télévisées des tronçons prioritaires permettant de localiser précisément et déterminer la nature de l'anomalie structurelle responsable des apports parasites.

B. Méthodologie

À la fin de la compagne de mesure, une première interprétation des résultats a permis d'identifier les bassins qui apportent des quantités significatives d'ECPs.

Ces bassins de collecte sont hiérarchisés par rapport à leur ‘’index d'ECPs ‘’ correspondant au rapport du débit moyen journalier d'ECPs sur le linéaire total de collecteur pour chaque bassin de collecte. Le programme d'inspections nocturnes est défini sur la base :

- Des bassins de collecte présentant les index les plus élevés.
- Des secteurs présentant d'importants défauts structurels (dégradation des collecteurs…).

Les visites nocturnes des réseaux de notre étude, au cours desquelles des mesures ponctuelles de débit sont effectuées par temps sec entre minuit et 5h du matin.

La méthodologie mise en œuvre prend en compte la faible accessibilité aux collecteurs :

- Dans un premier temps préalablement aux inspections nocturnes, les points sont sélectionnés de façon à avoir une répartition homogène des points de mesure sur l'ensemble du réseau, des bassins de collecte et des secteurs ciblés, en privilégiant les nœuds principaux du réseau accessibles.
- Dans un second de temps, au cours des inspections nocturnes certains regards ne permettant pas de faire une mesure ponctuelle, il s'avère nécessaire de déplacer en amont ou en aval le point de mesure. Pour certains points, il été nécessaire de mettre à nu les regards. Lorsqu'un débit important est mesuré au cours de l'inspection nocturne, des points supplémentaires sont réalisés afin de localiser plus finement les apports d'eaux claires parasites.

Les mesures instantanées de débit sont réalisées à l'aide d'une des deux méthodes suivantes :

- Mesure par empotage : remplissage d'une capacité étalonné pendant une durée de Δt :

$$Q = \frac{volume\ (v)}{\Delta t} \qquad (13)$$

- Mesure de la vitesse de l'effluent, mesure de la section mouillée et l'application de la formule :

$$Q = vitesse \times section \qquad (14)$$

La première méthode est préférable car la vitesse d'écoulement est rarement homogène sur l'ensemble d'une section mouillée.

En parallèle des mesures ponctuelles de débit, des analyses ponctuelles qualitatives de conductivité et de NH^{4+} sont effectuées sur certains points présentant des eaux chargées afin d'évaluer le taux dilution de l'effluent nocturne mesuré. En effet, il subsiste toujours une part d'eaux usées dans les effluents nocturnes due à la persistance d'une faible activité humaine en période nocturne et au temps de ressuyage du réseau (durée dépendant de la pente générale du réseau et du taux de dépôt dans les collecteurs.)

Ces mesures qualitatives réalisées à l'aide d'un conductimètre portable et de bandelettes NH^{4+} permettent d'évaluer le taux de dilution des effluents nocturnes et de corriger ainsi les valeurs des débits d'eaux parasites mesurés.

Les ECPs peuvent entrer dans le réseau :

- Dans un regard par une fissure.
- Par un branchement.

- Dans un tronçon qui sera clairement identifié et qui pourra faire l'objet d'une inspection télévisé.

Les visites nocturnes offrent une bonne précision géographique pour identifier les tronçons ou les ensembles de tronçons où produisent les infiltrations des eaux parasites les plus importantes.

En revanche la précision d'un point de vue quantitatif est moins bonne étant donné qu'il s'agit de mesures ponctuelles. Les débits mesurés sur un bassin de collecte lors des inspections nocturnes seront donc comparés à l'évaluation des eaux claires parasites obtenue par les mesures en continu à l'aval de bassin de collecte (l'évaluation basée sur le traitement de mesure en continu sur une période supérieure à un mois). Ainsi les débits des eaux parasites d'infiltration et les densités d'apport par linéaire de conduite peuvent être calculés. Par ailleurs, les mesures ponctuelles réalisées pendant les périodes nocturnes permettent aussi de recaler ou de valider les mesures en continu pendant la nuit.

C. Organisation des inspections nocturnes

Les recherches d'apport d'eaux parasites ont été effectuées la première fois en juin sur deux journées, puis entre le 15 et le 20 septembre 2016, sur le bassin de Sidi Ahmed.

Figure IV. 1 : *photos d'illustration des compagnes nocturnes*

La différence entre les eaux claires, eaux mélanges et les eaux usées se fait sur la base de la conductimétrie selon les catégories du tableau suivant :

Tableau IV. 1 : *catégorisation des eaux sur la base de la conductimétrie [40]*

Conductimétrie (µS/cm)	Catégorisation	Part des ECP dans le débit mesuré
< 700	Eaux claires	En forte proportion (plus que 90%)
>700 et < 1400	Eaux mélangées	En fonction de la conductimétrie
>1400 et < 2000	Eaux usées	En faible proportion (moins de 10%)
>2000	Eaux saumâtre ou industrielles	Indéterminable mais présence possible

Pour le cas particulier des eaux mélangées, plus une eau a une conductimétrie proche des 700 $\mu S/cm$ plus la part correspondant à des eaux claires parasites importante.

Cependant en raison des faibles pentes du réseau d'assainissement, une eau claire peut se recharger en ion minérale ou organique par percolation. Dans ce cas, la conductivité augmente. Afin d'affiner l'analyse qualitative, il est tenu compte également du paramètre NH4 (témoin d'eaux usées) dont l'appréciation de gamme est précisée dans le tableau ci-dessous.

Tableau IV. 2 : *Catégorisation des eaux sur la base des taux de NH4*

NH4 (mg/l)	Catégorisation	Part des ECP dans le débit mesuré
≤10	Eaux claires	En forte proportion (plus de 90%)
>10 et ≤ 50	Eaux mélangées	En proportion importante
>50 et ≤ 50	Eaux mélangées	Indéterminable
>100	Eaux usées	En faible proportion (moins de 90%)

D. Adaptation au cas particulier de Sidi Ahmed

Les inspections terrain ont montré clairement que la présence d'eau de nappe (ECPT) dans la zone d'étude n'était pas avérée de manière franche. En effet les quelques sources et résurgences existantes sont très vites captées par les nombreux oueds et chaabas.

Cependant, la présence d'ECP-EP est très nette à l'issue de la compagne de métrologie. C'est la raison pour laquelle l'horaire des inspections nocturnes a été ajusté à celui des tours d'eau, variable selon les secteurs de distribution d'eau potable, mais souvent compris entre 05h00 et 10h00. L'intérêt est d'optimiser cette recherche d'eaux claires parasites puisque les ECP-EP ne sont présentes essentiellement que pendant les horaires de distribution.

La seconde caractéristique du système de la zone Sidi Ahmed est le caractère diffus des ECP, mis en évidence lors de la compagne de métrologie. Autrement dit, il existe probablement de nombreux points d'infiltration compte tenu de l'état du génie civil des regards et des canalisations majoritairement en béton.

La méthode d'estimation des débits instantanés a une limite métrologique (écart mesurable entre même deux points de mesures de l'ordre de 0.2 à 0.3 L/s) qui ne pourra pas permettre de distinguer plusieurs points d'intrusion de cette manière.

On a également rencontrés des difficultés pour établir des bilans quantitatifs précis compte tenu des difficultés d'accès au réseau : regards inexistants, bitumés, impossible à ouvrir ou encore noyés. Le plan d'inspection initial a dû être revu sur le terrain, et les linéaires sur lesquels est calculé le bilan des ECPs est souvent plus long qu'escompté. Parfois, à défaut, le volume d'ECP est calculé entre où a été effectuée la mesure, et les têtes de réseau amont '' TR'', ce qui conduit à qualifier un ensemble de tronçon unique.

Pour cette raison, comme plusieurs conduites de diamètres différents peuvent être impliquées dans la génération d'un volume donné d'ECP, la densité d'infiltration a été exprimée comme le rapport entre les volumes des ECP et le linéaire de la conduite (en l/j/m), quel qu'n soit le diamètre.

L'interprétation des résultats se fait comme suit :

- En-dessous de 0.2 L/s les ECPs sont considérées comme négligeables car dans la marge d'erreur de la mesure.
- On considère que le niveau d'ECP devient préoccupant pour une densité supérieure à 60 l/j/m.
- Les valeurs négatives correspondent à des exfiltrations d'ECP entre l'amont et l'aval, en raison des défauts d'étanchéité du réseau.
- En raison de ce phénomène, plus le linéaire considérer est long, plus l'incertitude relative à l'interprétation d'ECP est élevée, car les phénomènes d'infiltration et d'exfiltration peuvent s'annihiler.
- Les résultats les plus significatifs correspondent donc aux densités importantes observées sur les linéaires courts.

E. Exploitation des résultats

Le tableau suivant synthétise les résultats par point des inspections nocturnes :

Tableau IV. 3 : *synthèse des inspections nocturnes par point sur le bassin SIDI AHMED [42]*

Numéro de regard	Débit (L/s)	Conductivité ($\mu s/cm$)	NH4 (mg/l)	Ph	Remarque
2901	/	677	100	2.24	Eaux claires avec une part d'EU résiduelle
3167	/	582	50	2.53	Eaux claires avec une part d'EU résiduelle
2907	/	812	200	1.51	Eaux claires avec une part d'EU résiduelle
2911	0.2	661	50	1.7	Eaux claires avec une part d'EU résiduelle
2918	0.3	660	100	2.01	Eaux claires avec une part d'EU résiduelle
2921	0.6	690	10	1.8	Eaux claires parasites
2888	0.25	671	25	1.9	Eaux claires parasites
2924	0.2	920	200	1.91	Eaux claires avec une part d'EU résiduelle
2923	0.35	730	100	1	Eaux claires avec une part d'EU résiduelle
2873	/	862	100	0	Eaux claires avec une part d'EU résiduelle
2928	0.4	735	50	0.72	Eaux claires avec une part d'EU résiduelle
2939	0.4	753	50	2	Eaux claires avec une part d'EU résiduelle
2857	0.35	706	25	1.58	Eaux claires parasites
2858	/	774	25	1.16	Eaux claires avec une part d'EU résiduelle
2860	/	750	25	2.68	Eaux claires avec une part d'EU résiduelle
3165	/	/	/	/	Pas d'écoulement
3168	/	/	/	/	Tampon inaccessible
2919	/	/	/	/	Pas d'écoulement
2852	/	/	/	/	Pas d'écoulement
8833	/	/	/	/	Dalle inaccessible
3399	0.2	1400	200	8.2	Eaux usées
3398	3	1060	25	8	Eaux claires avec une part d'EU résiduelle
3455	0.01	400	0	8.5	Eaux claires parasites
3186	1.5	1200	25	8	Eaux claires avec une part d'EU résiduelle
3394	0.01	800	10	7.90	Eaux claires avec une part d'EU résiduelle
3457	0.1	1060	7.7	7.7	Eaux claires avec une part d'EU résiduelle
9355	3	1410	25	7.7	Eaux usées
2162	1	884	100	5.40	Eaux claires avec une part d'EU résiduelle
2166	/	/	/	/	Pas d'écoulement
3090	3	683	50	5.80	Eaux claires avec une part d'EU résiduelle
3091	0.3	818	100	5.10	Eaux claires avec une part d'EU résiduelle
3309	2	744	50	6.28	Eaux claires avec une part d'EU résiduelle
3351	5	1283	200	7.63	Eaux usées
3399	2	1057	100	5.27	Eaux claires avec une part d'EU résiduelle
9415	2	678	10	5.18	Eaux claires parasites
9416	0.2	940	200	5.05	Eaux claires avec une part d'EU résiduelle
2804	2.5	1364	50	6.82	Eaux usées
2949		1026	25	5.14	Eaux claires avec une part d'EU résiduelle
3130		1116	25	7.40	Eaux claires avec une part d'EU résiduelle
7612		764	100	5.67	Eaux claires avec une part d'EU résiduelle
7820		1287	50	6.45	Eaux usées

Remarque :

- Les cases marquées en bleu claire représentent les points inspectés où la présence d'ECP est avérée.
- Les cases marquées en bleu foncé représentent les points inspectés où la présence d'une eau mélangée (ECP + EU) est avérée.

Tableau IV. 4 : *Synthèse des inspections nocturne par tronçon sur le bassin de SIDI AHMED [43]*

Regard aval	Regard amont	Débit ECP (l/s)	Débit ECP (m^3/j)	Linéaire (m)	Densité d'infiltration (l/j/m)
3130	TR	3	259	780	332
2949	2923	2.65	229	368	622
2924	TR	0.2	17	280	62
7820	2804-TR	2.5	216	2437	89
7623	9355	- 2.5	-216	244	- 885
3186	7623	1	86	18	4800
9355	7614-3394	1.99	172	60	2866
3457	41	0	-	28	-
2923	2924-2921	-0.45	-39	180	-216
2921	2918	0.3	26	24	1080
2918	2911	0.4	35	72	480
7613	55	-0.5	-43	525	-82
7614	222-56-7613	-1.5	-130	1186	-109
3499	TR	0.15	13	1410	9
3399	TR	0.2	17	338	51
2567	TR	0.2	17	797	22
3090	3086	0	-	50	-

Remarque :

Les densités d'infiltration sont importantes sur notre bassin. La bonne accessibilité du réseau a permis de dresser un diagnostic intéressant représentatif du secteur. Celui-ci nous confirme l'importance des eaux claires parasites, qui avait été pressentie suite à la compagne de métrologie, et ce sur des gammes de linéaires très variées. L'alternance de valeurs positives et négatives témoignent de phénomènes d'exfiltration .

IV.3. Synthèse des visites nocturnes

- La quasi-intégralité de réseau inspectable a été observée via ses principaux nœuds lorsqu'ils étaient accessibles.
- Le réseau inspecté exclut tous les oueds et réseaux interceptant les oueds majoritaires en raison de la présence évidente d'eaux claires.
- L'état de dégradation général du réseau de Sidi Ahmed pourrait laisser croire à la présence importante des eaux claires parasites (entrée d'eau par les fissures,

effondrement, défaut d'étanchéité). Dans les faits, ces défauts contribuent autant aux infiltrations qu'aux exfiltrations comme l'illustre parfaitement la photo ci-dessous qui montre une dégradation importante du radier conduisant à une exfiltration de l'intégralité du débit provenant de l'amont.

Figure IV. 2 : *vide visible par le défaut sur une conduite à SIDI AHMED engendrant une Exfiltration*

Au regard de ces éléments, l'enseignement principale de cette campagne est que les ECPs ont un caractère diffus, non permanant et transitoire, qui empêche de les mesurer et les localiser avec précision.

Il n'est pas possible d'identifier des tronçons ou des secteurs présentant un fort taux d'ECP pouvant être réduit par une intervention ponctuelle de réhabilitation ou remplacement. Le diagnostic structurel de l'état des collecteurs, nous permettre de mieux identifier les collecteurs à réhabiliter ou remplacer en priorité.

Rappellent par ailleurs que toute intervention sur les réseaux sans intervenir sur les branchements en partie publique et privé revient à ignorer une partie non négligeable des ECPs sur laquelle il est très difficile de travailler car cela touche directement les usagers. Néanmoins, les travaux en cours sur le réseau d'eau potable devraient conduire à une diminution des ECPs.

IV.4. Diagnostic des collecteurs

IV.4.1. Investigation télévisée

L'inspection télévisée est un outil particulièrement adapté aux réseaux non visitable. Elle permet de vérifier l'état et le fonctionnement de l'ouvrage en service.

Les principaux défauts diagnostiqués par l'inspection télévisée sont les suivants :

- Dépôts sur le radier (sables, résidus sur le radier).
- Dépôt à hauteur de fil d'eau (en générale des graisses).
- Dépôts sur la paroi en voûtes (traces de mise ne charge).
- Variation de pentes matérialisées par la stagnation de l'eau ou variation de taux de remplissage.
- Mise en charge partielle ou totale.
- Absence de joint de butée décalage, déboîtement.
- Ovalisation avec ou sans effondrement.
- Trous de poinçonnement et corrosion.
- Branchements pénétrants, racines.

Le curage des canalisations constitue un préalable obligatoire à toute inspection télévisée. Étant donnée défaut d'entretien de certains réseaux d'assainissement, il faudra parfois 2 ou 3 passages d'hydro cureuse, combiné avec une aspiration des matériaux, pour obtenir un état propreté suffisant. Cela peut entraîner un surcoût par rapport aux coûts affichés par les entreprises spécialisées

A. Matériel d'inspection télévisée

L'auscultation visuelle se fait à l'aide d'une caméra vidéo téléguidée pour les conduites non visuelles (diamètres de 1200mm et moins) ou portée à l'épaule pour les conduites visitables (1200mm et plus). Il existe différents types de caméra pour l'inspection télévisée, associes ou non à d'autres outils :

- ✓ La caméra téléobjectif.
- ✓ La caméra de télévision conventionnelle.
- ✓ La caméra télescopique.
- ✓ Le sonar combiné à une caméra d'inspection conventionnelle. **[44]**

A.1 Inspection par caméra téléobjectif

L'inspection réalisée à l'aide de la caméra de téléobjectif d'apprécier l'état structural et fonctionnel des sections de conduite d'égouts, sans introduction humaine dès les regards et sans dérivation des débits. Cette méthode d'inspection permet de visionner jusqu'à 30 mètres de part et d'autre de la section de conduite. Il est possible de poser un diagnostic sommaire de la conduite et d'évaluer les besoins en inspection télévisée conventionnelle et en nettoyage. **[45]**

A.2. *Inspection par caméra de télévision conventionnelle (CCTV)*

Ce type d'inspection permet de vérifier, de façon détaillée, l'état général de la conduite, ce qui comprend les déficiences structurales et fonctionnelles de même que les déficiences de construction et les problématiques d'étanchéité. Puisqu'une inspection télévisée est motivée par des objectifs précis quant aux résultats attendus il importe de les définir au préalable. Il faut de plus se rappeler que l'inspection permet de recueillir que des observations sur l'état intérieur d'une conduite, à u moment bien précis de sa vie. Les rapports générés doivent donc refléter uniquement et fidèlement les observations constatées à partir de l'intérieur d'un tuyau. Aucune extrapolation ni aucune supposition quant à la détérioration ne doit être incorporée l'identification des défectuosités.

A.3. ***Inspection par caméra télescopique (branchement)***

L'inspection par camera télescopique est une évolution de la technologie d'inspection par caméra de télévision conventionnelle. Cette méthode d'inspection est née du besoin d'inspecter les branchements par l'intérieur de la conduite principale. L'utilisation de la caméra télescopique permet donc d'ausculter les branchements sans déranger les citoyens. La plupart des conduites peuvent être auscultés par cette technique. **[46]**

IV.4.2. Contrôle de branchement

A. Objectifs du contrôle de branchement

Les tests à la fumée permettent de repérer précisément :

- ✓ Les points d'intrusions d'eaux pluviales qui peuvent être des gouttières, des avaloirs, des grilles ou autres.
- ✓ Différentes sorties mal raccordées.

B. Procédure de fumigation

Bien que ces types de tests soient plus intéressants pour les réseaux séparatifs, ils restent néanmoins utiles pour les réseaux unitaires. Un test fumigène consiste à faire circuler de la fumée dans un tronçon isolé par obturation, et de suivre l'apparition de la fumée par différentes sorties mal raccordées. Le matériel utilisé se compose de :

- ✓ D'un moteur ;
- ✓ D'un ventilateur ;
- ✓ D'un socle, servant de plate-forme au générateur de fumée, et de fermeture pour le regard ;

- ✓ D'un agent fumigène : formule multi-chimique, produisant une fumée non nocive et très dense

Ce type de test n'est généralement utilisé que pour vérifier la bonne séparation des branchements en réseaux séparatifs. L'injection se fait alors sur un tronçon du collecteur des eaux usées, et toute apparition de fumée par une bouche de collecte des eaux pluviales traduit un mauvais raccordement. [47]

C. Procédure au colorant

Un test aux colorants consiste à injecter de la fluorescéine, ou de la rhodamine, ou du chlorure de lithium, en un point de collecte donnée suivant la vérification recherchée (lavabo, WC, avaloirs sur voirie, ...). Dans le cas d'un réseau unitaire, et particulièrement dans les zones ayant eu un système d'assainissement autonome, ce test est intéressant pour vérifier que tout a bien été raccordé au réseau d'assainissement collectif, et que la fosse septique est bien mise hors d'usage. Pour un réseau séparatif, cette technique est assez rapide pour vérifier que les eaux vannes et ménagères sont bien raccordées à la canalisation des eaux usées, et que le drainage des eaux pluviales se fait bien par la canalisation prévue à cet effet. En outre, dans les zones industrielles, cette technique sert à vérifier qu'aucun rejet industriel, non conventionné, ou non prétraité, n'est rejeté dans le réseau collectif. Les tests aux colorants restent tout de même plus délicats, plus longs, et plus coûteux à mettre en œuvre que les tests fumigènes, bien qu'ils soient, dans certains cas complémentaires. En effet, en prenant le problème de l'accès aux points d'injections les tests fumigènes sont menés à partir de la voirie publique, alors que les tests aux colorants, le sont chez les particuliers.

IV.4.3. La Méthode de Réflectométrie d'Impulsion Radar

Cette technique prend le nom de "radar" quand le milieu étudié est aérien, et le nom de "géorama" quand le milieu étudié est le sous-sol. C'est ce deuxième cas qui nous intéresse.

A. Objectifs

L'auscultation géo radar permet de caractériser la structure de l'ouvrage, la nature de l'encaissant, ainsi que la qualité des interfaces. Sont ainsi détectés les désordres suivants :

- ✓ Cavités et poches d'eau.
- ✓ Zones d'entraînement de fines et sols décomprimés.
- ✓ Géométrie de l'encaissant, suivi d'interface.

✓ Présence d'armatures, contrôle des emboîtements.

B. Principe

Le géo radar travaille sur des fréquences de quelques centaines de MHz à 1 GHz (le choix de la fréquence dépend des dimensions de l'ouvrage). En traversant le sol, une partie de l'énergie est absorbée, une autre partie est réfléchie soit sur des obstacles (points durs), soit sur des interfaces entre deux milieux de caractéristiques électriques différentes : le pouvoir de pénétration et la vitesse de propagation varient suivant les milieux. Un gradient progressif n'est pas détecté a priori : seules le sont les discontinuités. Dans un milieu donné, les théories de Maxwell démontrent que plus la fréquence d'un rayonnement électromagnétique n'est élevée, plus vite elle est absorbée. De plus, cette absorption croit avec la conductivité électrique du milieu, et décroît avec la constante diélectrique.

Tableau IV.5 : *Caractéristiques électrique par rapport aux milieux [48]*

Milieux	Conductivité (S m)	Constante diélectrique (F m)	Vitesse de propagation (M)	Alternative
Air	0	1	0.3	0
Roche sèche	10^{-8}	5	0.12	1
Sable humide	10^{-3}	30	0.05	0.3
Eau	10^{-2}	50	0.03	0.1

Remarque :

- Au niveau des conduites visitables, l'auscultation par radar géophysique permet de caractériser la structure de l'ouvrage, la nature de l'encaissant, ainsi que la qualité des interfaces.
- Au niveau des conduites visitables, l'apport est limité à une auscultation en surface qui permet de détecter la présence de cavités essentiellement

IV.5. Inspection des collecteurs de SIDI Ahmed

A. Élaboration du plan d'inspection

Le groupement a choisi de visiter l'intégralité des canalisations et oueds en galerie enterrée fermée car ces galeries sont le réceptacle des réseaux d'assainissement, ou bien constituent l'ossature du réseau de collecte. Le schéma directeur déterminera le devenir de ces oueds :

- Intégration au réseau d'assainissement (cas minoritaire).
- Ou retour à leur fonction initiale stricte d'oued (cas majoritaire).

Dans le premier cas le diagnostic des désordres observés servira de base au programme de réhabilitation.

Dans le second cas, il sera nécessaire de prévoir des collecteurs d'assainissement dits de ceinture des oueds et intercepteurs des réseaux d'assainissement secondaire. La connaissance des points de raccordement des branchements et des réseaux de collecte des eaux usées permettra d'établir des plans de travaux précis.

A.1. Programme des inspections des collecteurs suivi

Le programme des inspections des collecteurs a été découpé en trois séries :

Série 1 : le programme visé à expertiser de près les éléments suivants :

- État structurelle des conduites dégradées constaté à partir des inspections des regards.
- Tronçon avec une présence avérée d'H2S.
- Tronçon où la présence de racines a été constatée au niveau des regards.
- Tronçon soupçonné d'être obstrué par un obstacle (selon les déclarations des exploitants ou des maîtres d'ouvrage et à partir des inspections de regards).
- Fonction et localisation des collecteurs ainsi que leur point de jonction.
- Tronçon incertain suite à la mise à jour du plan de réseau.
- Tronçon présentant un trafic routier important et donc à risque de dégradation accélérer.

Série 2 : le programme concernant :

- Les collecteurs avec mise en charge fréquente par temps de pluie.
- Les collecteurs reliés à des points de mesure présentent une forte différence entre la valeur mesurée et celle attendue.
- Tronçon avec de forts apports parasites inspectés lors des visites nocturnes.

Série 3 : le programme basé sur :

- Les collecteurs présentant un décalage entre les constats de terrain et les résultats de la modélisation.
- Les collecteurs où une restructuration importante est envisagée et transformant un réseau secondaire ou tertiaire en un réseau structurant.

Les deux tableaux ci-dessous récapitulent les linéaires de collecteurs et des oueds à inspecter par bassin versant.

Tableau IV. 6 : *Linéaire de collecteur à inspecter*

Bassin versant	Sidi Ahmed
Linéaire à inspection caméra (m)	1271
Linéaire à inspection impossible (m)	4256,2

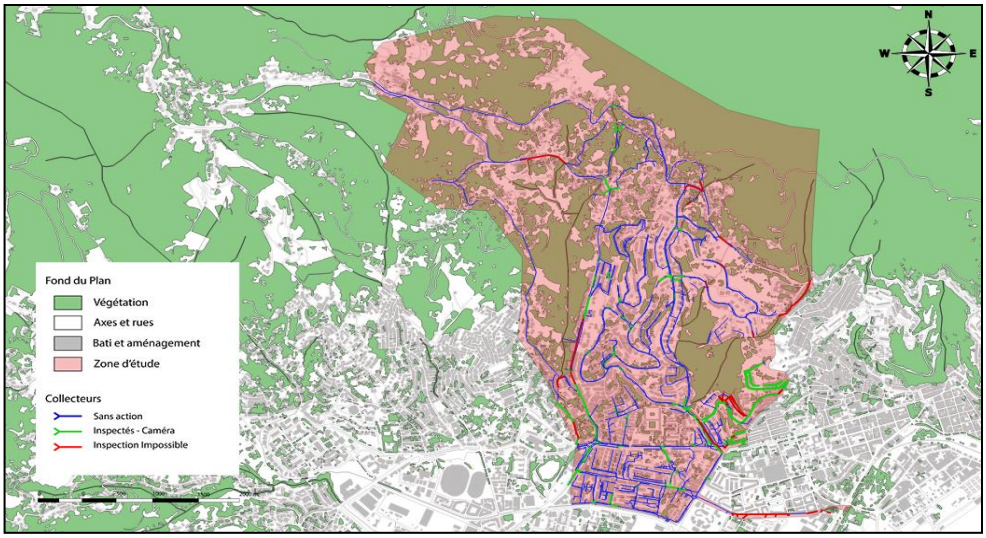


Figure IV. 3 : *Plan des collecteurs à inspecter*

Tableau IV. 7 : *Linéaire des oueds à inspecter* ***[49]***

Bassin versant	Sidi Ahmed
Linéaire à inspection pédestre (m)	1100,9
Linéaire à inspection impossible (m)	759
Linéaire à inspection caméra (m)	401.1
Totale	2261

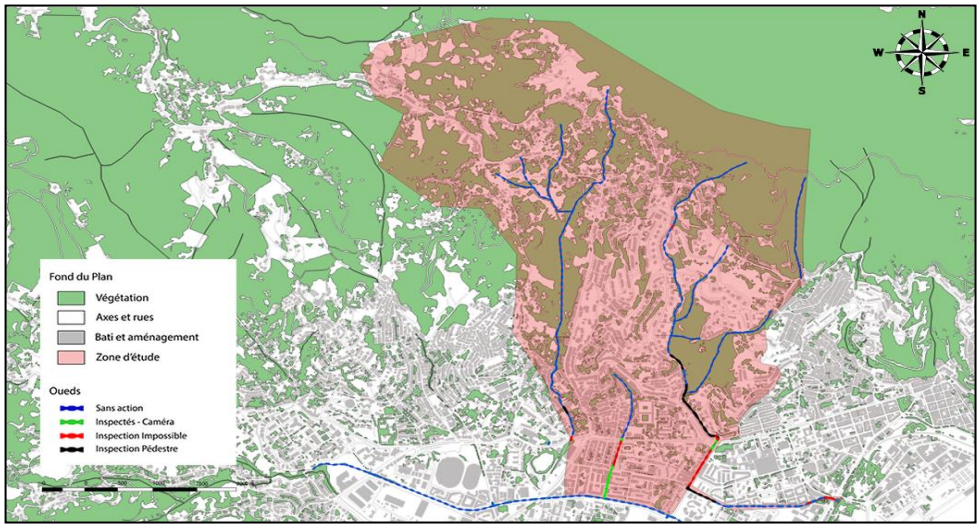


Figure IV. 4 : *Plan des oueds à inspecter*

Le linéaire total de collecteurs et oueds à inspecter à Sidi Ahmed est de 7788.2 m. Compte tenu de ce linéaire et de la diversité des cas rencontrés, ce programme est jugé représentatif de la situation générale rencontrée à Sidi Ahmed.

B. Méthodologie des inspections des collecteurs

B.1. Définition

Le terme « collecteur soumis à l'inspection » s'entend pour toute conduite du réseau d'assainissement quel que soient sa forme ou son usage (EU, EP, eaux unitaires) mais ayant un mode de fonctionnement gravitaire. De fait, les conduites de refoulement sont exclues de ce type d'inspection dans la mesure où elles fonctionnent en charge et sont non accessibles.

Les oueds et chaabas en galerie enterrée et fermée sont intégrés au plan d'inspection des collecteurs et traitées d'une manière identique aux collecteurs d'assainissement.

Il existe deux techniques d'inspection des collecteurs utilisées pour l'étude :

- **Inspection pédestre** : pour les collecteurs de diamètre (ou hauteur pour les cadres) supérieur à 1400 mm
- **Inspection vidéo-périscopique :** pour les collecteurs de diamètre (ou hauteur pour les cadres) inférieur ou égal à 1000 mm.

Pour les collecteurs de diamètre (ou hauteur pour les cadres) compris entre 1100 à 1300 mm on applique inspection vidéo-périscopique ou pédestre selon le linéaire à inspecter ou le niveau d'encombrement.

- Pour les cadres et les ovoïdes, il est également nécessaire d'avoir une largeur minimale de 800mm pour pouvoir réaliser une inspection pédestre.
- Pour les collecteurs de grande taille, la première tentative d'inspection est pédestre. Cependant, si ce type d'inspection n'est pas possible, (inspection impossible), une inspection vidéo-périscopique est automatiquement programmée.
- Une fois le programme établi, les tronçons choisis sont rendus accessibles par un débitumage-rehausse ou un levage des dalles des regards à visiter lorsque ces derniers sont inaccessibles (non munis d'un tampon standard accessible).

B.2. Nature des observations effectuées : Les inspections de collecteur sont réalisées de jour pour des raisons de visibilité et portent sur :

- L'état de la conduite (état de surface, propreté, absence de défaut susceptible de nuire à la résistance mécanique ou chimique...).
- L'alignement des tuyaux en plan et en profil.

- La qualité des emboîtements.
- Le positionnement et la qualité apparente des joints.
- L'identification du type de raccordement et la qualité du raccordement des branchements sur la canalisation.
- La localisation des obstacles à l'écoulement.
- La section d'origine du tuyau (défaut par rapport à la section nominale)
- La régularité de la pente :
    - En positionnant les points hauts et les points bas.
    - En indiquant la longueur des contrepentes visibles.
- La localisation des infiltrations.

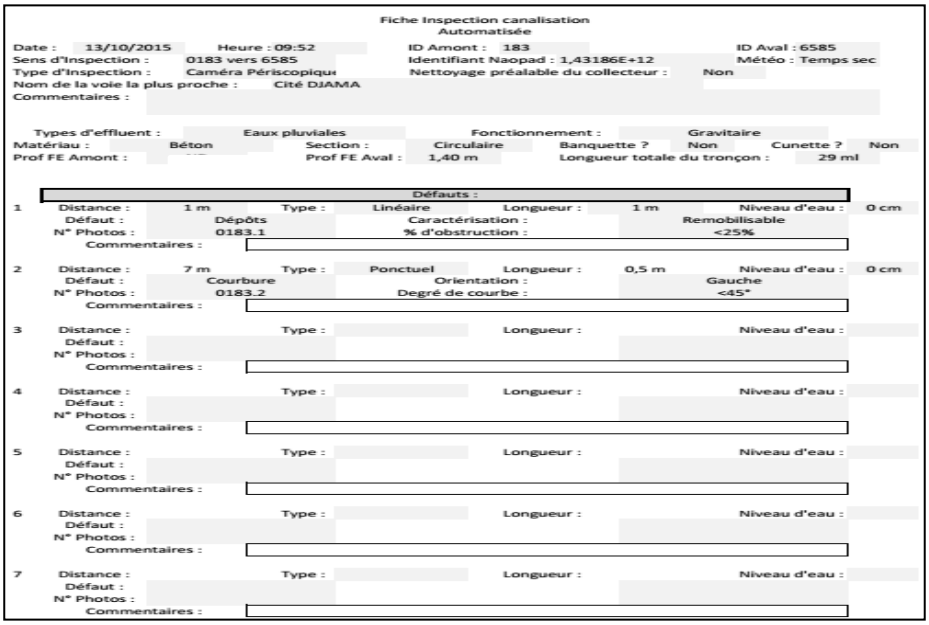
La prestation de terrain est conforme à la norme NF-EN-13508 relative aux l'inspections télévisuelles (ITV). Cette norme est en effet très complète en termes de défauts observables et prévoit des rendus détaillés en concordance avec nos standards. Le relevé des observations s'effectue sur une fiche Excel développé par le groupement et adaptée au contexte algérien. La liste complète des défauts est la suivante. Des précisions sont systématiquement apportées :

- Déformation.
- Fissure.
- Contre pente ;
- Rupture/ Effondrement.
- Dégradation de surface.
- Branchement.
- Déplacement d'assemblage.
- Sol visible par défaut.
- Vide visible par le défaut.
- Dépôts.
- Autres obstacles.
- Infiltration / Exfiltration.
- Courbure.
- Niveau d'eau.
- Perte de visibilité.

L'aération prolongée des collecteurs est parfois insuffisante pour faire disparaître cette vapeur et permettre une meilleure visibilité à l'intérieur des collecteurs.

- **Inspection terminée avant le nœud d'arrivée.**
- **Changement de matériau.**
- **Changement de dimension :** Les réductions de section peuvent constituer un obstacle à l'écoulement.
- **Trace de mise en charge :** Les mises en charges dans le réseau sont liées au problème capacitaire des conduites. L'évolution de ce défaut est liée à celle des dépôts et obstacles à l'écoulement.
- **Réparation défectueuse.**

La figure suivante illustre un rapport de terrain :



Fiche Inspection canalisation Automatisée

Date : 13/10/2015 Heure : 09:52 ID Amont : 183 ID Aval : 6585
Sens d'Inspection : 0183 vers 6585 Identifiant Naopad : 1,43186E+12 Météo : Temps sec
Type d'Inspection : Caméra Périscopiqu Nettoyage préalable du collecteur : Non
Nom de la voie la plus proche : Cité DJAMA
Commentaires :

Types d'effluent : Eaux pluviales Fonctionnement : Gravitaire
Matériau : Béton Section : Circulaire Banquette ? Non Cunette ? Non
Prof FE Amont : Prof FE Aval : 1,40 m Longueur totale du tronçon : 29 ml

Défauts :

1 Distance : 1 m Type : Linéaire Longueur : 1 m Niveau d'eau : 0 cm
Défaut : Dépôts Caractérisation : Remobilisable
N° Photos : 0183.1 % d'obstruction : <25%
Commentaires :

2 Distance : 7 m Type : Ponctuel Longueur : 0,5 m Niveau d'eau : 0 cm
Défaut : Courbure Orientation : Gauche
N° Photos : 0183.2 Degré de courbe : <45°
Commentaires :

3 Distance : Type : Longueur : Niveau d'eau :
Défaut :
N° Photos :
Commentaires :

4 Distance : Type : Longueur : Niveau d'eau :
Défaut :
N° Photos :
Commentaires :

5 Distance : Type : Longueur : Niveau d'eau :
Défaut :
N° Photos :
Commentaires :

6 Distance : Type : Longueur : Niveau d'eau :
Défaut :
N° Photos :
Commentaires :

7 Distance : Type : Longueur : Niveau d'eau :
Défaut :
N° Photos :
Commentaires :

Figure IV. 5 : *Exemple d'une feuille de relevé d'inspection pédestre et vidéo-périscopique des collecteurs* ***[50]***

La figure suivante est l'exemple d'une fiche d'inspection présente sur support numérique. La fiche prévoit la possibilité d'indiquer jusqu'à onze défauts ou observation.

Etude de diagnostic et de réhabilitation des réseaux d'assainissement
Lot 2 – Villes de Tizi Ouzou et Bejaia

RAPPORT D'INSPECTION : Pédestre

Tronçon : 14743645162391 — Sens d'écoulement : Sans Objet vers Sans Objet
Type de canalisation : Gravitaire Eaux pluviales — Sens d'inspection : Aval Vers Amont
Date d'inspection : 15/09/2016 — Météo : Temps sec
Longueur totale du tronçon (m) : 13,3 — Curage préalable : Non
Dimensions (mm) : Cadre carré ou rectangle — Matériau : Béton
Présence d'une banquette : Non — Présence d'une cunette : Non
Profondeur fil d'eau amont (m) : — Profondeur fil d'eau aval (m)
Voirie la plus proche : Route Nationale N 12
Commentaire général : Canalisation

Observation 1

Distance (m)	Type d'observation	Niveau d'eau estimé (m)
3,9	Ponctuel	2

Caractérisation : Vide visible par le défaut : Bas Droite
Remarques : Un vide d'une section carrée 50/50 cm

Observation

Distance (m)	Type d'observation	Niveau d'eau estimé (m)
18,4	Ponctuel	2

Caractérisation : Autres obstacles : <10%
Remarques : Traversée d'une conduite d'eau potable en PEHD DN 400

Observation 3

Distance (m)	Type d'observation	Niveau d'eau estimé (m)
19,3	Ponctuel	2

Caractérisation : Branchement pénétrant :
Remarques : DN 300 eaux pluviales

Observation 4

Distance (m)	Type d'observation	Niveau d'eau estimé (m)
20	Linéaire sur 11 m	7

Caractérisation : Dépôts : Remobilisable <10%
Remarques : 10 cm de dépôt

Figure IV. 6 : *Exemple d'une fiche d'inspection [51]*

B.3. Outil de diagnostic

La méthodologie appliquée appliqué a été inspirée par le projet français RERAU mais adaptée au contexte algérien. RERAU, abréviation de « Réhabilitation des Réseaux d'Assainissement Urbains » est un outil de gestion patrimoniale découpée en 5 parties. Celle qui nous intéresse ici, est appelée « Rerau 5/6 » et regroupe la phase « d'auscultation et diagnostic des réseaux non visitables et élaboration d'une politique de gestion patrimoniale ». Elle a été étendue aux collecteurs visitables afin d'avoir une méthodologie harmonisée entre les différents types de collecteurs.

On a neuf indicateurs majeurs et pertinents dans le contexte algérien, principalement basés sur les observations faites durant les inspections. Ceux-ci sont :

- **INF 4 et EXF 4 :** ce sont en réalités deux indicateurs souvent regroupés en un seul car ils s'obtiennent à partir des mêmes défauts et suivant la même pondération. Cet indicateur regroupe les problématiques d'infiltration et exfiltration.
- **HYD 3 :** regroupe les problématiques perturbantes l'hydraulique au sein de la canalisation.

- **ENS 4 :** traite la problématique d'ensablement des conduites.
- **EFF 4** : traite la problématique d'effondrement des collecteurs.
- **BOU 4 :** traite la problématique de bouchage des canalisations.
- **DSC 7 :** traite la problématique de dégradation de surface des collecteurs.
- **ATC 7 :** traite la problématique d'attaque chimique de la conduite.
- **RAC 5 :** traite la problématique d'intrusion racinaire dans la canalisation.
- **ABR 4 :** traite la problématique d'érosion de l'intérieur du collecteur.

Chacun de ces indicateurs est évalué à l'aide d'une note de 1 à 4, du meilleur état au plus dégradé. La méthode RERAU a défini quel type de défauts contribuait à la dégradation de cette note et en quelle proportion. Cette détermination se fait pour chaque indicateur à l'aide d'un algorithme basé sur les densités.

Dans une optique de simplification, il est accordé à chaque défaut une note fixée basée sur le cas du collecteur (exemple : une fissure ouverte, correspond à une note de 3 sur 4).

Tableau IV.8 : *Extrait du tableau des notes des défauts pour l'indice INF et EXF*

Défaut	Note pour l'indice
Déformation horizontale	2
Déformation verticale	2
Fissure superficielle	1
Fissure fermée	1
Fissure ouverte	3
Rupture	3
Effondrement	4
Dégradation de surface chimique	2
Dégradation de surface mécanique	2
Branchement pénétrant	0
Déplacement d'assemblage	3
Sol visible par le défaut en haut à gauche	4
Sol visible par le défaut en haut à droite	4
Sol visible par le défaut en bas à gauche	4
Sol visible par le défaut en bas à droite	4
Déformation horizontale	2

Pour chaque tronçon inspecté, il est réalisé une moyenne des défauts entrant dans la composition de chaque indice arrondi à l'entier le plus proche pour obtenir une note sur 4. Cette note n'est pas du tout représentative de l'état de l'ensemble du tronçon, en effet, il suffirait de n'avoir qu'une seule fissure ouverte sur un collecteur de 50 m par exemple, pour avoir une note de 3, soit un collecteur assez dégradé.

Cette note est alors croisée avec la densité de défaut entrant dans le calcul de l'indice concerné à l'aide d'un tableau.

Tableau IV.9 : *Tableau de détermination de la note du tronçon à partir de la moyenne des notes des Défauts et de la densité* ***[55]***

		Moyenne des notes des défauts			
		1	2	3	4
Densité de Défauts (nb/ml)	< 0.1	1	1	1	2
	< 0.25	1	2	2	3
	< 0.5	2	2	3	4
	> 0.5	3	4	4	4

Les coefficients dans ce tableau ont été choisis à dire d'expert dans un premier temps. Puis quand un nombre significatif d'inspections est disponible, ils ont été ajustés au contexte.

Cependant, ce croisement ne donne pas la note finale. En effet, il a été jugé que certains défauts devaient entraîner une dégradation immédiate de la note du tronçon. Par exemple, pour le critère.

INF et EXF, l'effondrement sur un tronçon constitue une perte totale de la structure de la canalisation.

Celle-ci est alors entièrement perméable aux infiltrations, et ne remplit plus son rôle de transport. De plus, cette situation présente un risque d'effondrement complet de la structure donc potentiellement de la voirie avec des conséquences importantes pour les riverains.

Une extrapolation de la note RERAU est réalisée afin d'obtenir une note. La qualification de la gravité et de l'urgence de la note globale du tronçon est rappelée ci-dessous :

Tableau IV.10 : *Échelle de notation globale d'un tronçon inspecté.* ***[56]***

Notation format pivot ONA	
Gravité	Appréciation du risque
1	Risque le plus grave - Intervention immédiate.
2	Risque très important (défauts pouvant évoluer rapidement) - Intervention sous quinzaine.
3	Gravité 3 : Risque important pouvant évoluer - Intervention dans l'année.
4	Risque potentiel - Intervention avant 2 ans.
5	Risque modéré - Intervention à moyen terme ou à l'occasion d'autres travaux.
6	Sans gravité - Peut rester en l'état.

B.4. Moyens et Matériels :

Les inspections pédestres de collecteur s'effectuent par le cheminement à l'intérieur de la conduite d'une équipe de deux hydrauliciens. La localisation des observations s'effectue à l'aide d'un odomètre. Un des équipiers a été muni d'une caméra portative de type « GO Pro » fixée sur le casque. Il ne s'agit pas de filmer de manière exhaustive comme pour une inspection caméra l'ensemble des défauts mais de disposer d'une aide à la rédaction et à l'illustration des rapports de terrain en complément des notes manuscrites de terrain.

L'inspection vidéo-périscopique est réalisée avec une caméra fixe mais rotative (hydro zoom). Ce type d'équipement est destiné au contrôle visuel rapide des canalisations depuis un regard de visite.

Il est composé d'un écran relié par perche télescopique carbone avec câble intégré à un module caméra et enregistrement vidéo sur carte SD.

Ce matériel intègre un zoom (35 m à 40 m de portée) et un éclairage LED puissant lui permettant de réaliser rapidement un état général des réseaux. En outre il permet la sélection des prises de vue ou des vidéos via le clavier-écran.

Autant pour les inspections vidéo-périscopiques que pédestres, ensemble des équipiers ont été munis d'équipements de protections collectifs et individuels comme des vêtements de protection étanches, des casques, des lampes tous étanches et à la norme ATEX (norme de protection applicable en enceinte confinée, Atmosphère Explosive) ainsi que le détecteur de gaz ($H_2S, CH_4, \ CO \ et \ O_2$).

Figure IV.7 : *système d'inspection portable pour diagnostic rapide des réseaux utilisé à Sidi Ahmed (hydro zoom). Source : hydrovidéo.*

IV.6. Synthèse et résultats

IV.6.1. Bilan des inspections des collecteurs-Généralités

Une grande partie du réseau s'est avérée impossible à inspecter, pour différentes raisons :

- **L'accessibilité des regards :** tampon sous bitume ou sous terre, absence de point d'accès, présence de dalles béton cassables et non manipulables même avec un treuil hydraulique. Ce problème se rencontre aussi bien sur les réseaux d'assainissement que les oueds cuvelés.
- Des collecteurs en charge de 60 à 80 % d'eau ne permettant ni une bonne visibilité de l'intérieur, ni la progression humaine.
- L'effondrement des couloirs des cuvelages bloquant la visibilité ou la progression des équipes. Ce point est également un risque majeur de sécurité pour le personnel intervenant
- La sédimentation de matières en provenance des eaux usées et de macro-déchets urbains

Fermentescibles, ou de matériaux de construction, provoquant la production de sulfure

D'hydrogène de manière importante. Les détecteurs de gaz permettent de connaître la situation et les masques à gaz permettent de travailler jusqu'à des taux d'H2S de l'ordre de 10 à 15 ppm.

Au-delà les consignes de sécurité ont impliqué l'arrêt des inspections et l'évacuation du personnel.

- Pour quelques secteurs, il s'agit d'un problème de circulation trop dense associé à une étroitesse des rues et un fort niveau de stationnement de véhicule. Il existe parfois des points d'accès utilisables mais une inspection impose l'ouverture d'un ou plusieurs points d'accès pendant un temps long de l'ordre de 30 à 60 minutes pour les inspections par Hydrozoom et de l'ordre de 1 à 3 heures pour les inspections pédestres. Dans ces secteurs il n'est pas possible de bloquer la circulation pour de telles périodes sans autorisation d'intervention.

Néanmoins, l'impossibilité de conduire les inspections est en soi une information d'importance, qui sera exploitée lors de l'établissement du programme de réhabilitation :

- Un fort niveau d'encombrement se traduira par l'intégration du collecteur dans le programme prioritaire de curage curatif.
- Un problème d'accès se traduira par la proposition de mise en place de regards.
- Des problèmes de circulation conduiront le Groupement de recommander la pose de raquette ou d'antenne de petit réseau collecteur d'assainissement située au niveau du trottoir avant son raccordement au réseau principal. Cette technique présente le double avantage d'éviter l'effet des branchements et donc évite la fragilisation structurelle de la conduite, mais également

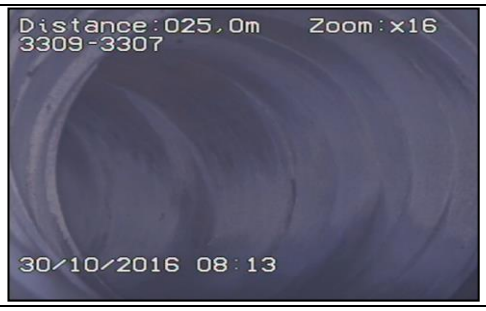
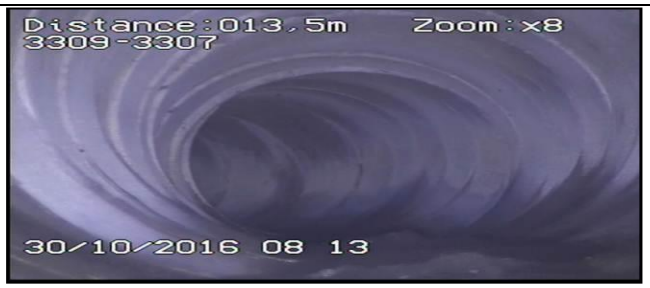
facilite l'accès et donc l'entretien du réseau. Des points d'accès sur les trottoirs avec conduite d'accès à la conduite principale peuvent aussi être envisagés dans le cas de collecteurs de grande taille.

- Les problèmes d'H2S conduiront souvent à des propositions de curage mais aussi de renouvellement des réseaux dans la mesure où la présence de ce gaz se traduit par des attaques chimiques des collecteurs et donc à terme un risque structurel majeur pouvant se terminer par l'effondrement de la conduite.

IV.6.2. Inspection des collecteurs non visitables

❖ **Inspection télévisée des collecteurs :**

Tableau IV.11 : *Les défauts de l'inspection caméra*

<table>
<tr><th colspan="2">Tronçon 3309 vers 3307</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Période : Temps sec
Nettoyage Préalable : Non
Types d'effluents : Unitaire
Fonctionnement : Gravitaire
Matériau : béton
Section : circulaire
Prof FE Amont : ND
Prof FE Aval : 2.32 m
Longueur totale Dy tronçon : 194.2 ml
Niveau d'eau : 5 cm</td><td>
</td></tr>
<tr><td>Déplacent d'assemblage- déboîtement
Trace de mise en charge linéaire d'une longueur de 32.5m < 50%</td></tr>
<tr><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>Vide visible par le défaut</td><td>Courbure ponctuelle < 45° vers la gauche</td></tr>
<tr><th colspan="2">Tronçon 2215 vers 2217</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Période : Temps sec
Nettoyage Préalable : Non
Types d'effluents : unitaire
Fonctionnement : Gravitaire
Matériau : béton
Section : circulaire
Prof FE Amont : 3.02 m
Prof FE Aval : 2.84 m
Longueur totale Dy tronçon : 12 ml
Niveau d'eau : 2 cm</td><td>
</td></tr>
<tr><td>Obstacle ponctuel d'une longueur de 0.5m < 0.25%</td></tr>
</table>

	Déplacent d'assemblage- déboîtement longitudinal
Tronçon 2109 vers 2235	
Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** unitaire **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** béton **Section :** circulaire **Prof FE Amont :** 3.02 m **Prof FE Aval :** 2.84 m **Longueur totale Dy tronçon :** 28 ml **Niveau d'eau :** 2 cm	
	Rupture ponctuelle d'une longueur de 0.5 m Déplacent d'assemblage ponctuel - déboîtement longitudinal

IV.6.3. Inspection des collecteurs visitables

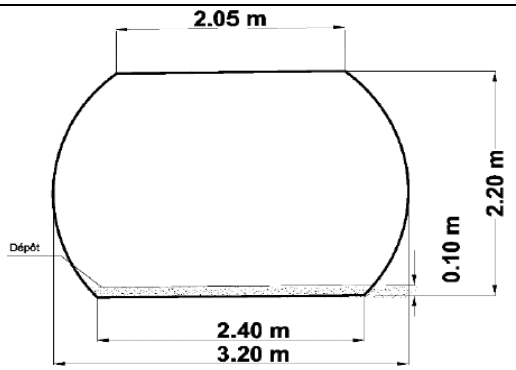
Les oueds

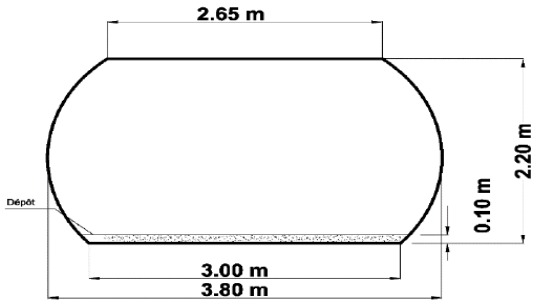
- **Oued Salomon :** L'inspection de l'Oued Salomon s'est déroulée sur plusieurs parties, le rétrécissement du cuvelage et les contraintes du terrain nous ont obligées de réaliser en plusieurs tronçons

A. Résultats '' Oued Salomon _01''

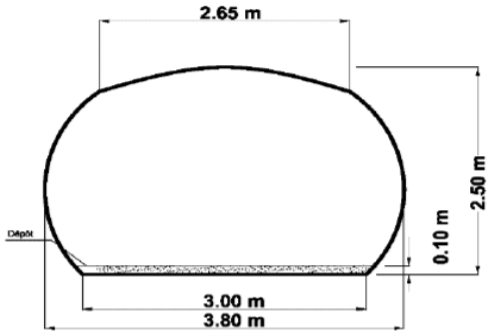
Tableau IV.12 : *Inspection pédestre « Oued Salomon ».*

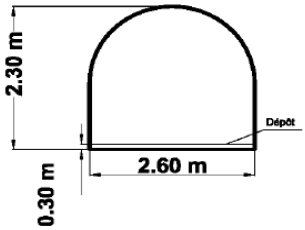
Date d'inspection le 07/05/2016					
Intitulé de la voie/ situation			Oued Salomon		
Tronçon : début du cuvelage jusqu'à l'aval					
Sens d'écoulement		Début	Amont	Au	Aval
Sens de visite		Exutoire à côté de l'école des cadets		au	À côté de l'entrée du quartier Ghir (Rue Bou chicha Tahar)
Matériaux : béton armé		Longue du cuvelage inspecté : 286 m			
Accès	Exutoire à côté de l'école des cadets	Fin	À côté de l'entrée du quartier Ghir (Rue Bou chicha Tahar)	Position de l'Oued : sous trottoir et sous chaussée.	
Commentaire : l'inspection est dans le contre-sens de l'écoulement des effluents de l'Oued Salomon					
Nombres des regards identifiés		0 regard, deux ouvrages spéciaux.			
Forme du cuvelage : ovoïde, cadre et cadre voûté.					

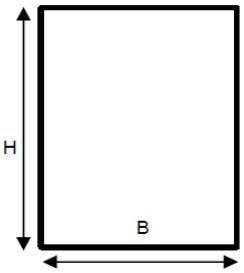




Ovoïde : H = 2200 mm, L_{max} = 3200 mm et H = 2200 mm, L_{max} = 3800 mm.







Ovoïde : H = 2500 mm, L_{max} = 3800 mm. Cadre voté : H = 2300 mm, B= 2600
Cadre : H = 2900 mm, B = 2600 m Cadre : H = 2100 mm, B = 1500 mm.

Niveau d'état général	Niveau de dépôt (cm)	Niveau d'eau (cm)	Branchement droite/gauche	Distance du regard l'observation (m)	Observation	Numéro de photo
				0.00	Dimension de l'Oued cuvelé Ovoïde « H =2170 mm et L_{max} = 2300 mm »	
					Accès et entame de l'inspection à partir de l'exutoire à coté d l'école des cadets.	
5	20	18	D	12.10	Emboîtement insuffisant, joint non colmaté	OSAL1_01
			G	54.40	Branchement pénétrant mal renformi EP en PVC Ø 315	OSAL1_02
			D	55.80	Branchement mal renformi EP en PVC Ø 315	OSAL1_03
	0			58.50	Pas de dépôt	
		20	G	72.40	Branchement mal renformi EU en PVC Ø 500	OSAL1_04
			D	76.10	Branchement mal renformi EP en PVC Ø 315	OSAL1_05
				93.20	Ouverture aération	OSAL1_06
			G	107.70	Branchement EP en PVC Ø 315 bouché	OSAL1_07
				113.20	Ouverture aération	

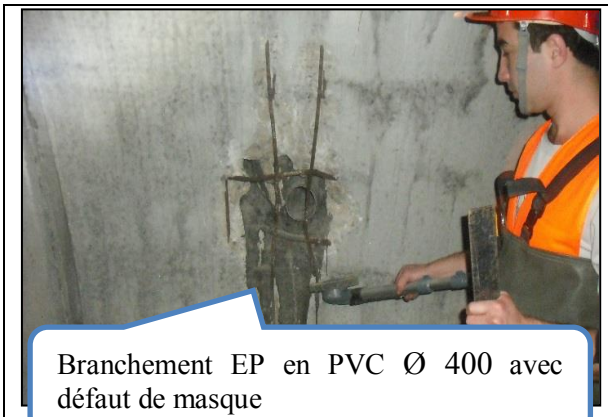
			D	119.80	Branchement mal renformi EP en PVC Ø 315	OSAL1_08
6	5	10		153.70	Élargissement de la section 3.80 m	OSAL1_09
4				153.70	Dépôt	
			D	155.40	Branchement retrait et mal renformi EP en PVC Ø 400	OSAL1_10
			D	167.90	Branchement EP en PVC Ø 400 avec un défaut de masque.	OSAL1_11
				172.30	Ouverture aération	OSAL1_12
3	50	15		180.90	Ouverture aération + dépôt dur à cet endroit	OSAL1_13
5	0	20	D	185.50	Branchement EP en PVC Ø 315	
				190.00	Ouverture aération dans le plancher	
			D	202.00	Branchement EP en PVC Ø 315	
				205.80	Ouverture aération	OSAL1_14
				206.20	Changement de forme en ovoïde voûté H = 2.50 m et L_{max} = 3.80 m	OSAL1_15
			D	209.20	Branchement EP en PVC Ø 315	
			D	212.60	Branchement EP en PVC Ø 315	
4		20	G	213.20	Branchement mal renformi EP en PVC Ø 500	OSAL1_16
				213.20	Seuil 5 cm diminution dans la hauteur de l'ovoïde	OSAL1_17
			G	215.30	Branchement mal renformi EP en BE Ø 300	OSAL1_18
			G	225.90	L'absence de joint causant des infiltrations	OSAL1_19
				243.40	Passage de conduite d'AEP en acier	OSAL1_20
6	10			243.40	Changement de section, fin de l'ovoïde et début d'un cadre rectangulaire de H = 2.90 m, B = 2.60 m sur 6 m longue et début du dessabler.	OSAL1_21
	30	50		249.40	Dessabler avec sa deuxième partie voûtée sur une longueur de 4 m et comme matériau la pierre de taille avec H = 2.30 m et B = 2.60 m.	OSAL1_22
5	0	10		253.40	Passage de conduite AEP acier	OSAL1_23
					Retour à la section de l'Ovoïde voûté : H = 2.50 m	

					et L_{max} = 3.80 m	
			D	254.80	Branchement EP en PVC Ø 300 non renformi	
			D	257.60	Arrivée d'Oued Salomon à 90° à droite par ouverture 2.00 ×1.40, accumulation de dépôt à ce point	OSAL1_24
4		20		260.30	Arrivé du collecteur EU en BE Ø 1000 venant du quartier Sghir	OSAL1_25
	10	27	G	263.20	04 Branchement EU particulier	
				263.30	Changement de section et de matériau (Parpaing) 2.10 ×1.50, reste de coffrage du plancher	OSAL1_26
	25	35	D	275.30	Branchement mal renformi EU en BE Ø 300	OSAL1_27
			D	282.30	Branchement EU en PVC Ø 300	
				286.00	Fin de l'inspection.	OSAL1_28

A.1. Photos d'illustrations des défauts « Oued Salomon _01 »

Dimension de l'Oued Salomon « Ovoïde H = 2200 mm, L_{max} = 3200 mm »	
OSAL1_01	**OSAL1_02**
Emboîtement insuffisant, joint non colmaté.	Branchement pénétrant mal renformi EP en PVC Ø 315
OSAL1_03	***OSAL1_04***
Branchement mal renformi EP en PVC Ø 315	Branchement mal renformi EU en PVC Ø 500, armature du voile apparent
OSAL1_05	***OSAL1_06***

<table>
<tr><td>
Branchement mal renformi EU en PVC Ø 500, armature du voile apparent</td><td>
Ouverture pour l'aération</td></tr>
<tr><td>OSAL1_07</td><td>OSAL1_08</td></tr>
<tr><td>
Branchement EP en PVC Ø 315 bouché</td><td>
Branchement mal renformi EP en PVC Ø 315, armature du voile apparentes</td></tr>
<tr><td colspan="2">Dimension de l'Oued Salomon « Ovoïde H = 2200 mm, L_{max} = 3800 mm »</td></tr>
<tr><td>OSAL1_09</td><td>OSAL1_10</td></tr>
<tr><td>
Élargissement de la section 3.80 m à partir de ce point.</td><td>
Branchement en retrait et mal renformi EP en PVC Ø 400</td></tr>
<tr><td>OSAL1_11</td><td>OSAL1_13</td></tr>
</table>

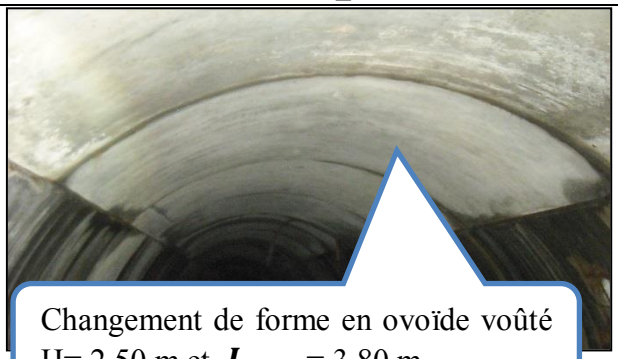


Branchement EP en PVC Ø 400 avec défaut de masque

Dépôt dur, un roc

Dimension de l'Oued Salomon « Ovoïde voûté H = 2500 mm, L_{max} = 3800 mm »

OSAL1_15

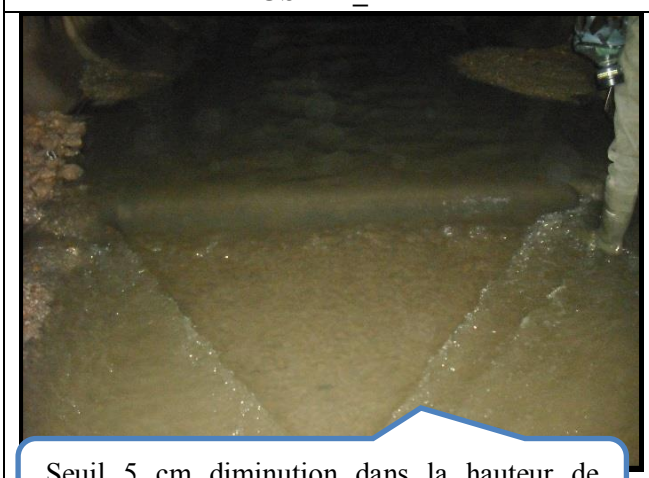


Changement de forme en ovoïde voûté H= 2.50 m et L_{max} = 3.80 m

OSAL1_16

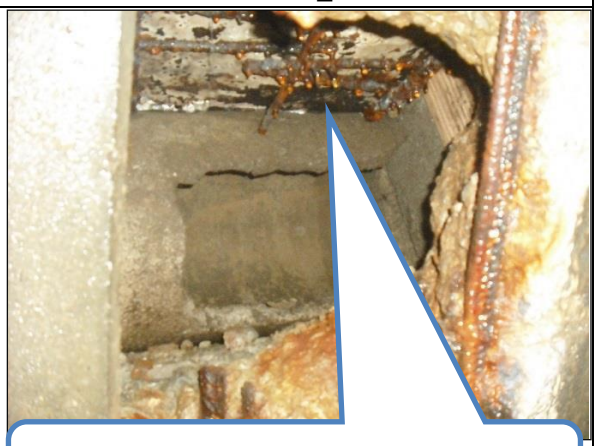
Branchement mal renformi EP en PVC Ø 500

OSAL1_17



Seuil 5 cm diminution dans la hauteur de l'ovoïde

OSAL1_18



Branchement mal renformi EP en BE Ø 300

OSAL1_19

OSAL1_20

L'absence de joint causant des infiltrations

Passage de conduite d'AEP en acier

Dimension de l'Oued Salomon « cadre H = 2900 mm, B = 3600 mm »	***Dimension de l'Oued Salomon « cadre voûté H = 2300 mm, B = 3600 mm »***
OSAL1_21	**OSAL1_22**

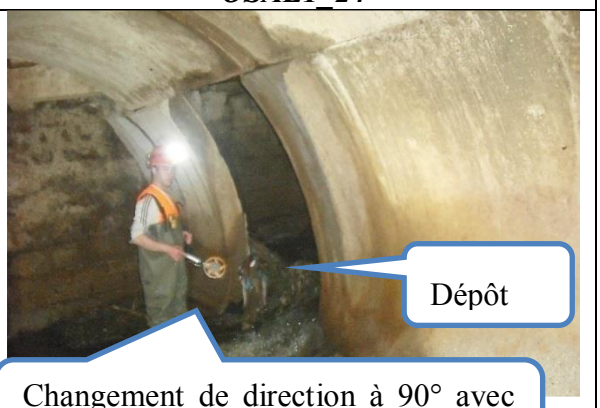
Changement de section, fin de l'ovoide et début d'un cadre rectangulaire de H = 2.90 m, B = 2.60 m sur 6 m longuer et début du déssableur (OS90)

Dessableur avec sa deuxieme partie vouté sur une longueur de 4 m et comme matériau la pierre de taille avec H = 2.30 m et B = 2.60 m (OS90)

Dimension de l'Oued Salomon « Ovoïde voûté H = 2500 mm, L_{max} = 3800 mm »	
OSAL1_23	***OSAL1_24***

Passage des réseaux de d'autres concessionnaires

Retour à la section de l'ovoïde voûté : H= 2.50 m et L_{max} = 3.80 m



Dépôt

Changement de direction à 90° avec une ouverture de 2.00 x 1.40

	Dimension de l'Oued Salomon « cadre H = 2100 mm, B = 1500 mm »
OSAL1_25	***OSAL1_26***

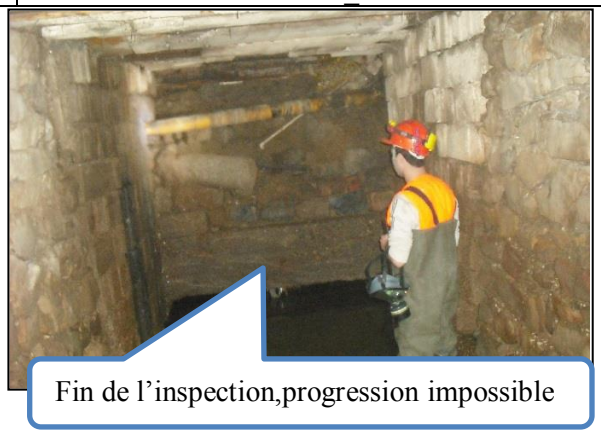
<table>
<tr>
<td>
</td>
<td>
</td>
</tr>
<tr>
<td>OSAL1_27</td>
<td>OSAL1_28</td>
</tr>
<tr>
<td>
</td>
<td> 
</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="2">Inspection du cuvelage terminée à 286 m</td>
</tr>
</table>

Figure IV. 8 : *Vue générale d l'exutoire du cuvelage de « l'Oued Salamon 1 »*

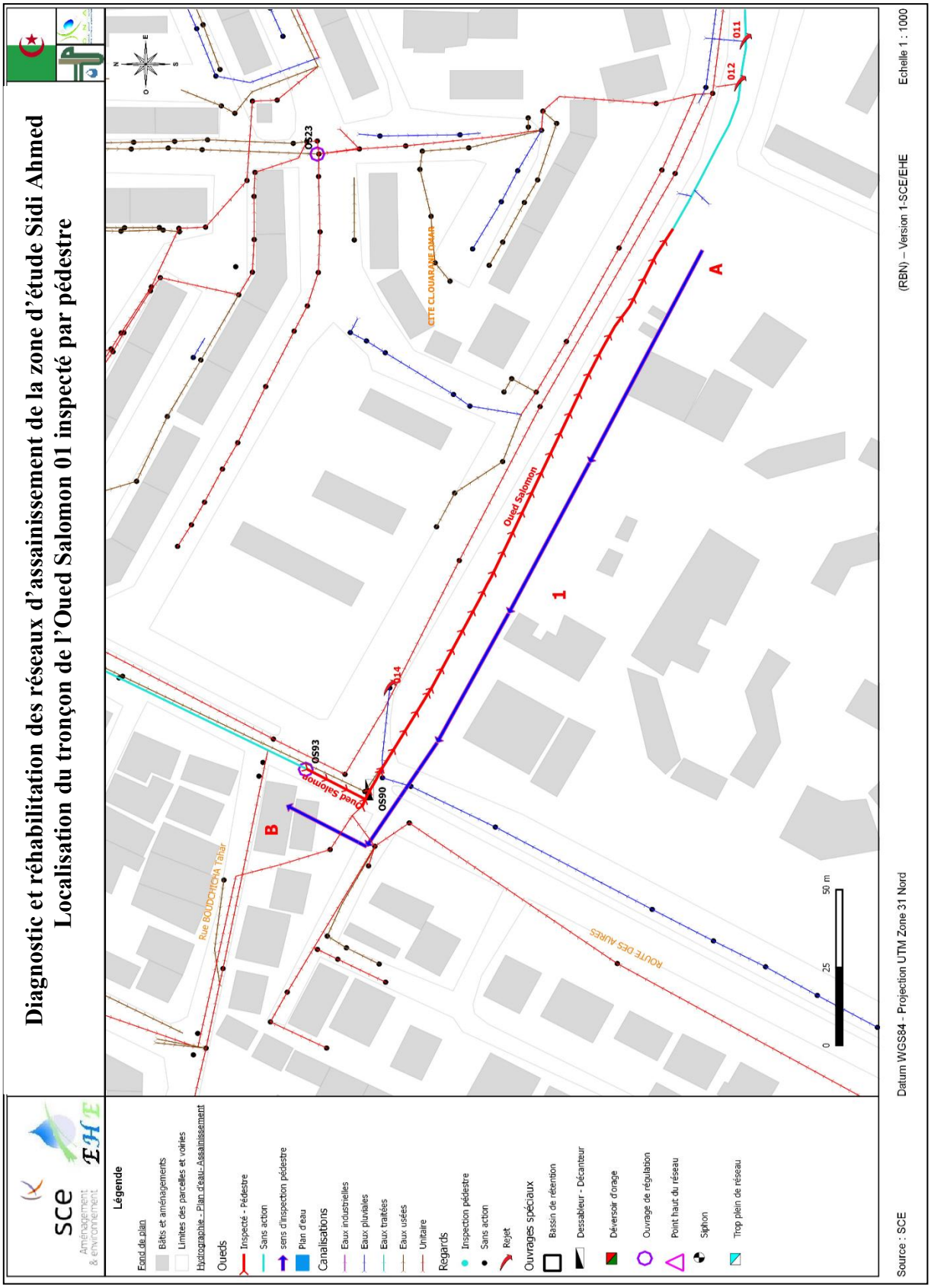


Figure IV.8 : *Diagnostic et réhabilitation du tronçon de l'oued Salomon 01*

B. Synthèse Oued Salomon

Oued Salomon à différentes sections, dues aux traversées des chaussées et à des contraintes de passage de réseaux des autres concessionnaires, à ces endroits la hauteur du cuvelage se rétrécit.

Ses différentes sections sont :

- Section ovoïdale : « Ovoïde H = 2200 mm et B = 3200 mm »
- Section ovoïdale : « Ovoïde H = 2200 mm et B = 3800 mm »
- Section ovoïdale : « Ovoïde H = 2500 mm et B = 3800 mm »
- Section rectangulaire voûté : « cadre voûté H = 2300 mm et B = 2600 mm »
- Section Rectangulaire : « Cadre : H= 2900 mm et B = 2600 mm »
- Section Rectangulaire : « Cadre : H= 2100 mm et B = 1500 mm »
- Section Rectangulaire : « Cadre : H= 2000 mm et B = 2500 mm »
- Section Rectangulaire : « Cadre : H= 1800 mm et B = 2000 mm »
- Section Rectangulaire : « Cadre : H= 1700 mm et B = 2000 mm »
- Section Rectangulaire : « Cadre : H= 1600 mm et B = 2000 mm »
- Section Rectangulaire : « Cadre : H= 1500 mm et B = 2000 mm »
- Section Rectangulaire : « Cadre : H= 1450 mm et B = 2000 mm »
- Section Rectangulaire : « Cadre : H= 1400 mm et B = 2000 mm »
- Section Rectangulaire : « Cadre : H= 1200 mm et B = 2000 mm »

Nous avons constaté après inspection de ce cuvelage ce qui suit :

- Que l'inspection ne peut se faire sur tout le linéaire du cuvelage à cause de l'encombrement et du niveau d'eau qui peuvent mettre en danger nos équipes.
- Cet état de fait résulte d'un encombrement important du cuvelage qui nécessite un vrai curage avec les moyens adéquats à ce type d'ouvrage
- 05 ouvrages spéciaux sur cet Oued qui ne sont pas entretenus et qui ne remplissent leur Fonction convenablement.
- Un nombre très important de branchements d'eaux usées à déconnecter de cet Oued.
- Des branchements mal renformi, dés fois pénétrant qui peuvent générer des infiltrations et Exfiltrations.
- Les fissures et les défauts de joints qui causent des infiltrations dans le cuvelage.

- Les intrusions racinaires peuvent causer des désordres dans la structure du cuvelage ainsi que des fissures.
- Les traversées à mi-hauteur du cuvelage des conduites des autres concessionnaires pouvant être des obstacles à long terme s'il n'y a pas de surveillance.
- L'état du génie-civil de l'ouvrage est assez potable sur la partie coté école de cadets vu qu'il est récent, mais la partie amont est assez dégradée.
- Il n'y a pas d'ouvrage de décantation et de protection entre la partie naturelle et la partie cuvelée.
- Les branchements sont réalisés de l'extérieur du cuvelage et les travaux de finition à l'intérieur ne sont jamais réalisés.

IV.7. Diagnostic du fonctionnement hydraulique

L'objectif de ce diagnostic est de simuler différents événements caractéristiques afin de réaliser une analyse détaillée du fonctionnement hydraulique des systèmes d'assainissement, par temps sec et par temps de pluie. Les tronçons présentant des insuffisances hydrauliques ont ainsi été identifiés. La gravité et la nature des désordres sont précisées :

- ✓ Zones d'écoulement à surface libre (sans problème donc).
- ✓ Zones d'écoulement avec mise en charge sans débordement.
- ✓ Zones de débordement.

Les causes des insuffisances sont clairement identifiées à l'aide du modèle : sous-dimensionnement, influence aval, problème de conception …

Le diagnostic hydraulique est établi dans les situations suivantes :

- ✓ Situation actuelle, avec encombrement actuel du réseau (envasements mesurés)
- ✓ Situation "ensemble du réseau curé", afin d'estimer l'impact de l'envasement des collecteurs sur le fonctionnement

Les sections suivantes présentent successivement :

- ✓ Les résultats détaillés et commentés sur deux collecteurs, de sorte à illustrer de manière pédagogique la démarche suivie sur l'ensemble du réseau. La succession des profils issus des simulations illustre l'apparition progressive des désordres à mesure que l'intensité des pluies augmente
- ✓ La synthèse des résultats par temps sec sur l'ensemble des bassins
- ✓ La synthèse des résultats sur l'ensemble des bassins pour une pluie mensuelle
- ✓ La synthèse des résultats sur l'ensemble des bassins pour différentes pluies de projet

- ✓ Des éléments de résultat de modélisation sur les oueds. Les oueds n'ont pas vocation à faire partie du réseau d'assainissement et le schéma directeur aura pour objectif de les rendre à leur fonction naturelle d'écoulement des eaux pluviales strictes.

Le schéma ci-dessous fournit les clés de lecture des profils présentés, issus du logiciel de modélisation :

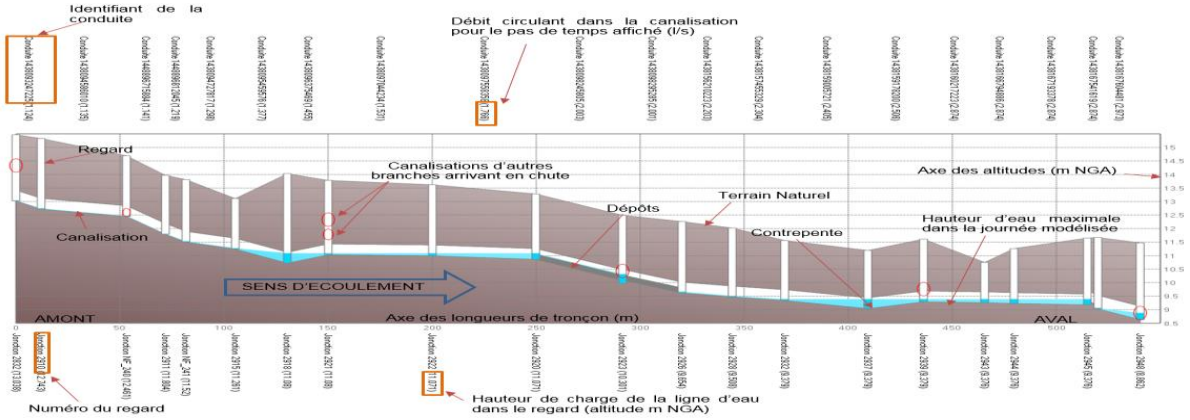


Figure IV.9 : *Détail des informations présentes sur un profil en long issu de PCSWMM*

IV.7.1. Diagnostic hydraulique détaillé d'un collecteur sur Sidi Ahmed

IV.7.1.1. Situation de temps sec

A. Avec dépôt

Les deux profils suivants représentent la situation la plus courante puisqu'il s'agit de la simulation par temps sec avec dépôt.

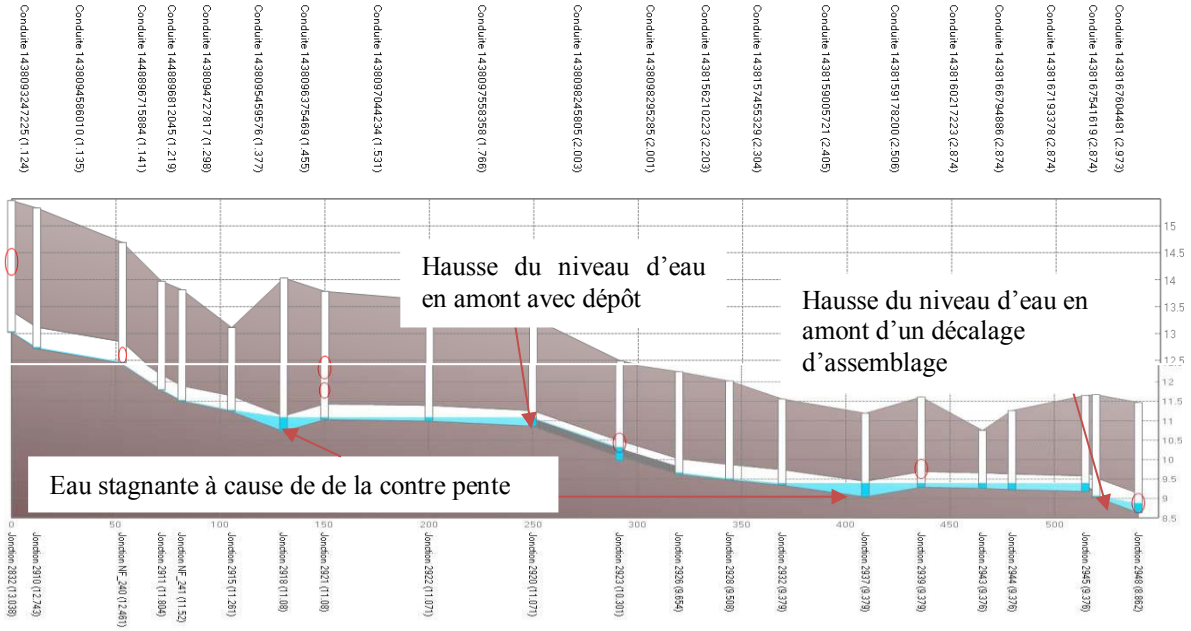


Figure IV.10 : *Collecteur sur SA - Situation temps sec avec dépôts*

- Les contrepentes forment des cuvettes où l'eau stagne imposant déjà un niveau d'eau parfois important.
- Un décalage d'assemblage (la canalisation aval est 14cm plus haut que le fond du regard) engendre des eaux stagnantes.
- Les dépôts ne limitent pas encore le débit mais provoquent une stagnation d'eau en amont.

B. Sans dépôt

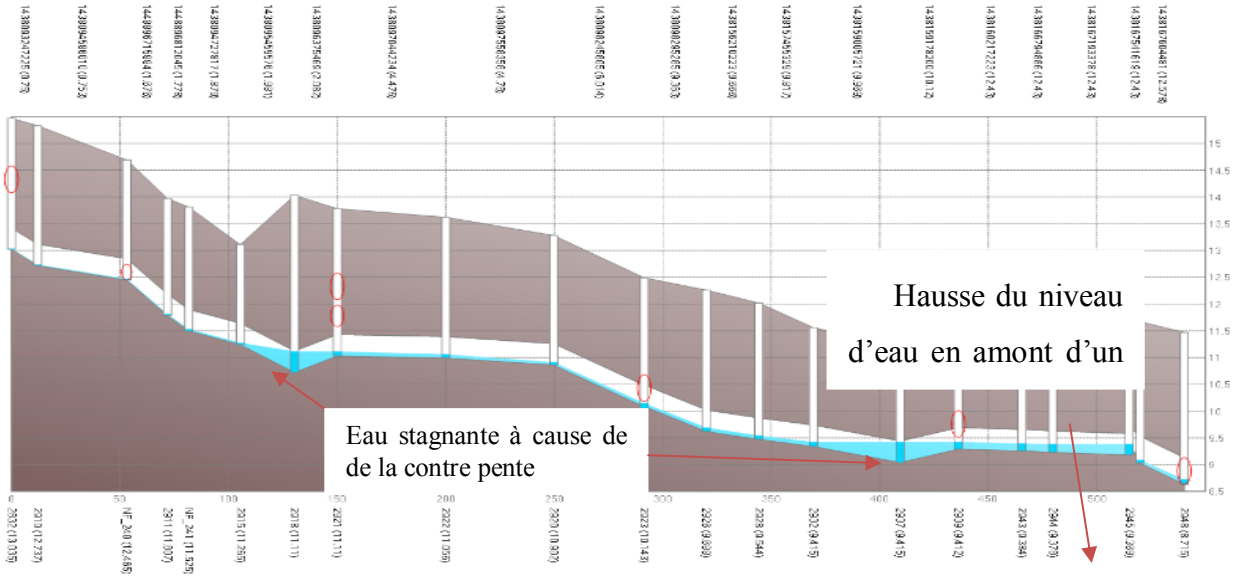


Figure IV.11 : *Collecteur sur SA - Situation temps sec sans dépôts*

- Les contrepentes forment des cuvettes où l'eau stagne imposant déjà un niveau d'eau parfois.
- Un décalage d'assemblage (la canalisation aval est 14cm plus haut que le fond du regard) engendre des eaux stagnantes.
- Le curage permet de limiter la mise en charge du collecteur...

IV.7.1.2. Pluie de projet période de retour 6mois

A. Avec dépôt

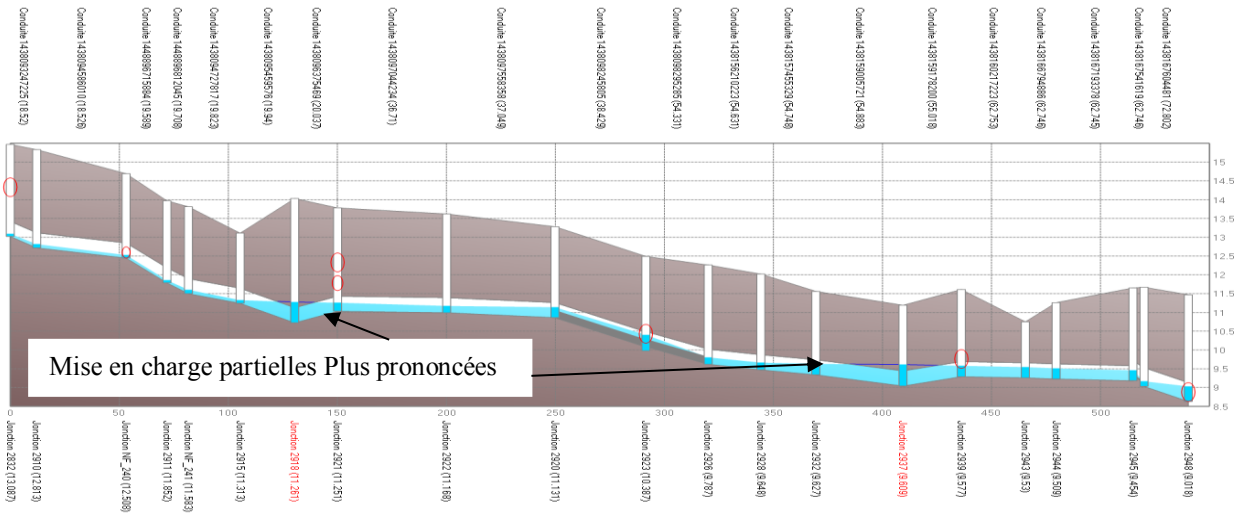


Figure IV.12 : *Collecteur sur SA – Pluie projet 6 mois avec dépôt*

Les mises en charges sont de plus en plus prononcées au niveau des contrepentes sans provoquer de débordement.

B. Sans dépôt

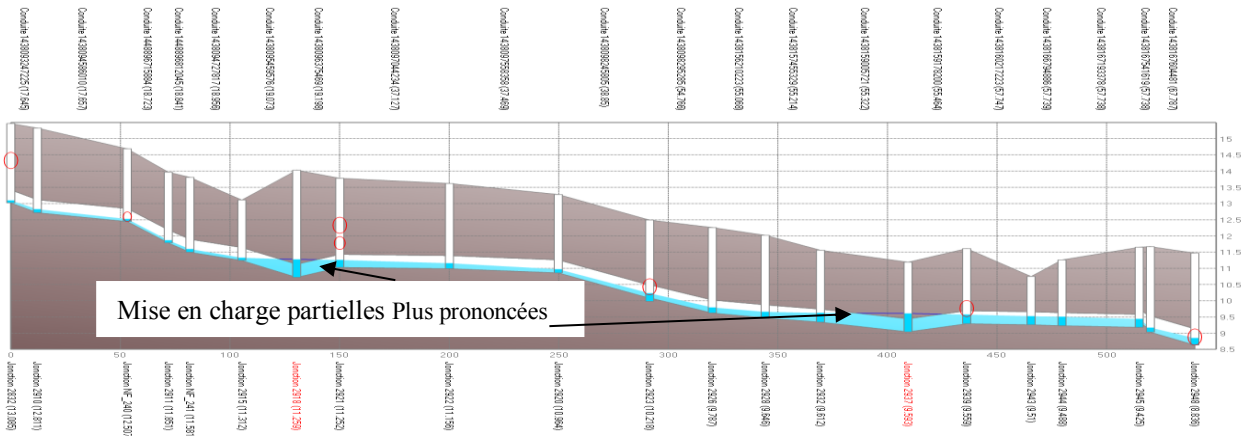


Figure IV.13 : *Collecteur sur SA – Pluie projet 6 mois sans dépôt*

La suppression des dépôts ne permet pas de supprimer les mises en charge au niveau des contrepentes mais les limite.

IV.7.1.3. Pluie de projet période de retour 20 ans

A. Avec dépôt

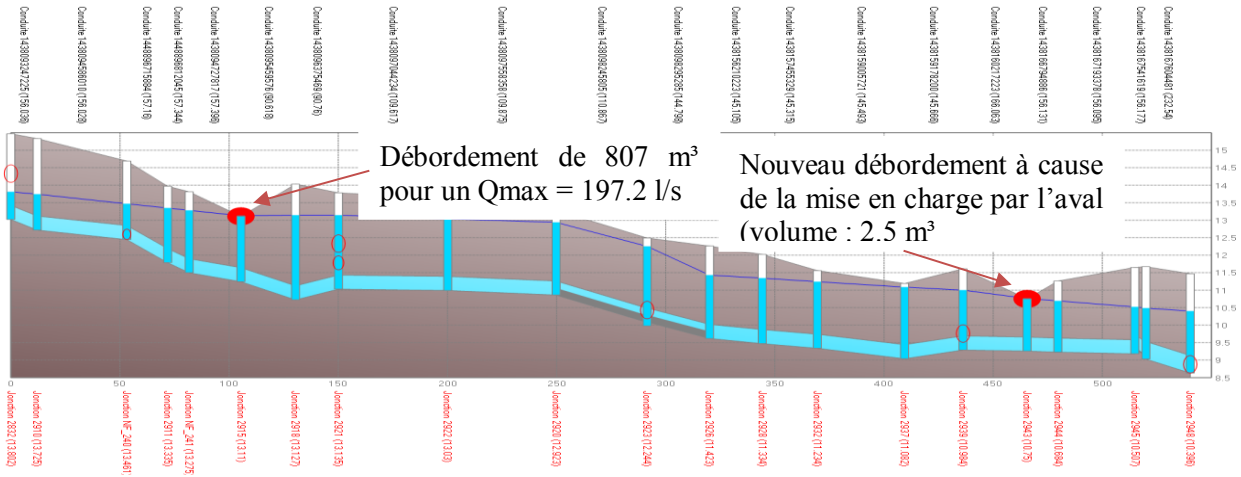


Figure IV.14 : *Collecteur sur SA – Pluie projet 20 ans avec dépôt*

Le collecteur est intégralement en charge. Le débit du débordement dans la dépression du terrain naturel augmente de 19% par rapport à la pluie période de retour 10 ans. Un nouveau petit débordement se produit dans une autre dépression naturelle à cause de la mise en charge par l'aval, mais celui-ci est limité.

B. Sans dépôt

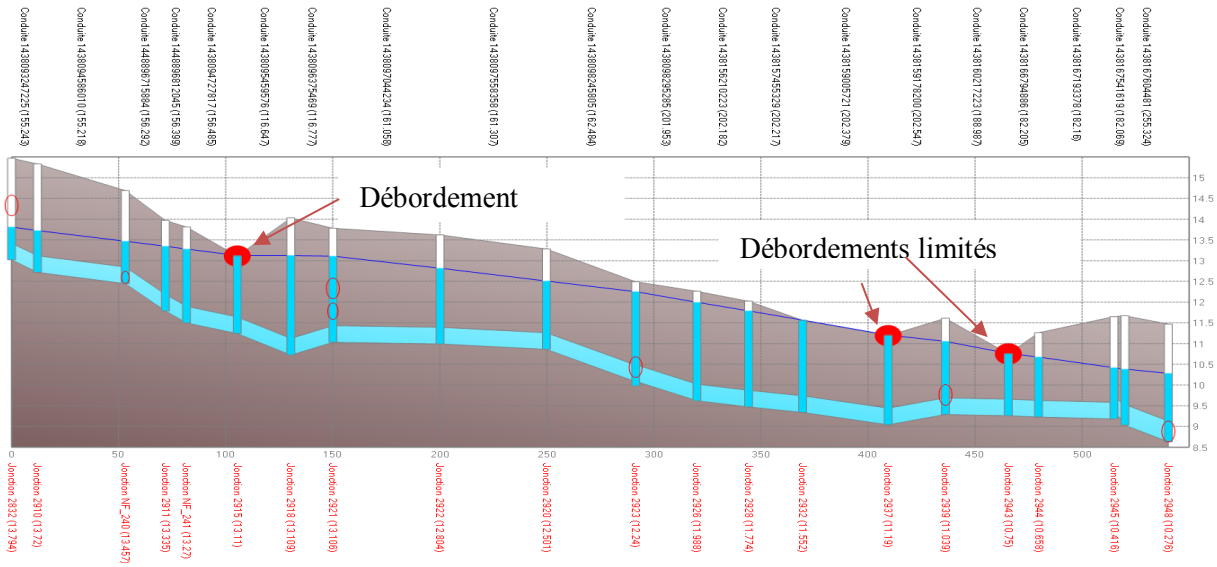


Figure IV.15 : *Collecteur sur SA – Pluie projet 20 ans sans dépôt*

Le collecteur est totalement en charge et deux nouveaux débordements de faible ampleur s'ajoutent à celui plus en amont.

IV.7.2. Diagnostic qualitatif des oueds

Le réseau hydrographique superficiel, composé des Oueds et des Chaabas qui sillonnent la zone, est aujourd'hui le principal exutoire et vecteur d'évacuation vers la mer des eaux usées, notamment par les nombreux rejets directs observés vers les oueds. Cependant, ils n'ont pas vocation à rester partie intégrante du réseau d'assainissement, et l'un des objectifs du schéma directeur consistera à supprimer tous les rejets d'eaux usées actuellement réalisés par temps sec.

La simulation d'une partie du réseau hydrographique superficiel sur la zone d'étude dans le cadre de cette étude était cependant indispensable pour conserver la continuité hydraulique des écoulements et quantifier l'influence de ces oueds sur les réseaux d'assainissement. En effet, la mise en charge par l'aval (oued) des collecteurs d'assainissement structurants est un facteur déterminant de l'occurrence des débordements à partir d'une certaine intensité de pluie.

Compte tenu des très grandes dimensions de ces oueds, il n'est pas pertinent de détailler le comportement de ces oueds pour chaque pluie projet. L'analyse présentée ci-après porte sur la pluie période de retour 50 ans qui est la plus défavorable pour ce réseau et permet l'analyse la plus complète. Les résultats des modélisations (capacités hydrauliques, mises en charge, débordements) sont présentés ci-dessus :

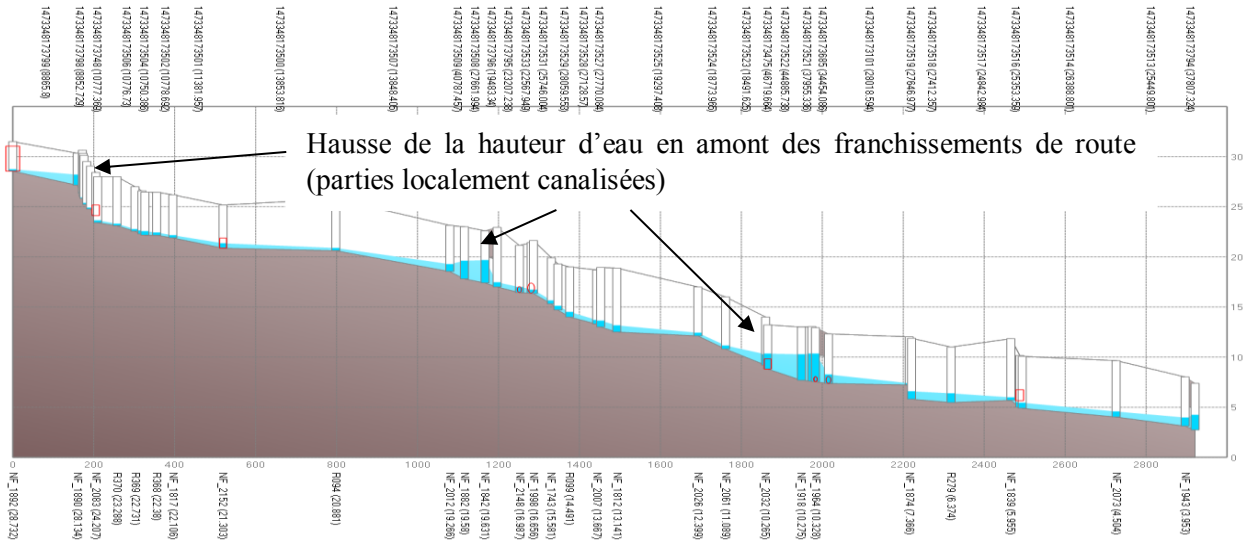


Figure IV.16 : *Profil de l'oued Salomon*

Dans le cas des oueds canalisés moins longs et concentrant des bassins à dominante urbanisée comme l'Oued Salomon, la réaction à la pluie est plus rapide et la sollicitation du collecteur plus grande car il n'y a pas de phénomène de lissage de la courbe.

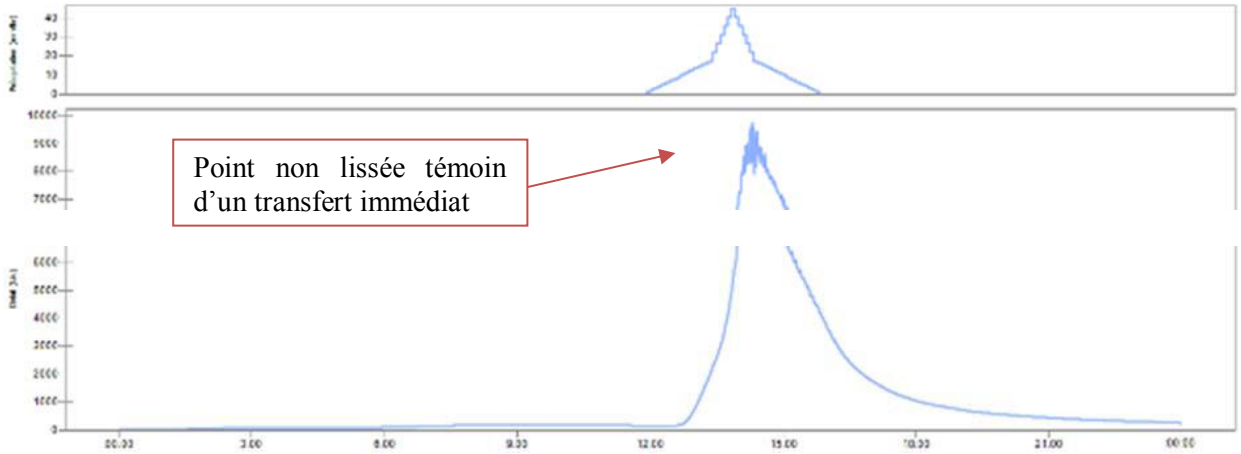


Figure IV.17 : *Débits mesurés sur la partie aval de l'Oued Salomon.*

Les oueds canalisés connaissent des saturations voire des insuffisances très locales à cause d'un transit très rapide des débits générés par les surfaces imperméables. La refonte du système d'assainissement proposée dans le cadre de cette étude devra soulager une partie de ces oueds et donc de les conserver en l'état actuel sans que cela ne remette en cause leur fonctionnement pour la pluie 50 ans.

L'absence de dysfonctionnement majeur pour la pluie de période de retour 50 ans justifie de ne pas détailler les autres pluies projets de moindre intensité, forcément moins impactantes.

IV.8. Diagnostic des ouvrages associés au réseau

IV.8.1. Station de pompage d'Aamriw

La station est globalement en bon état et son fonctionnement est conforme à son rôle. Cependant, il faut signaler que la conception de la trappe d'accès et l'absence d'échelle dans la bâche ne permettent pas une vérification aisée de son état et son entretien. De ce fait, il a été constaté un début d'encrassement de la bâche, et s'il n'est pas traité rapidement, pourra être un problème en situation de la station dans la future.

L'étalonnage effectué a montré que les débits unitaires des pompes ne correspondent pas au débit théorique. Il a été mesuré pour chaque pompe un débit de 61 m³/h soit une baisse de capacité de pompage de l'ordre de 30%. Ceci pourrait avoir des conséquences pour des événements pluvieux de forte intensité ou d'importance en volume, voire entraîné « l'inondation

» de la trémie. Enfin, la campagne de métrologie a montré que la SR fonctionnait également par temps sec parce que son réseau ou sa bâche drainait des eaux claires parasites.

IV.8.2. Diagnostic des ouvrages de régulation (OR)

Le système d'assainissement de Sidi Ahmed présente 16 ouvrages de régulation. Ces ouvrages spéciaux « OR » se distinguent des autres ouvrages de régulation par deux éléments. Ils ne disposent pas de lame déversante réglée sur un débit spécifique mais d'une ou plusieurs conduites déversantes situées altimétriquement au-dessus de la ou des conduites des flux conservés. Autrement dit la régulation s'effectue sur un contrôle altimétrique de la mise en charge du réseau d'assainissement. Les flux déversés ne sont pas rejetés au milieu naturel mais conservés dans le système d'assainissement et empruntent un autre chemin hydraulique.

Ce type de régulation présente deux avantages mais possède un inconvénient majeur :

- Avantage : Simplicité et rusticité de la conception et de la pose. Le niveau de calage peut s'effectuer par une simple observation des niveaux de mise en charge et ne nécessite pas de calcul hydraulique du réglage du débit déversé
- Avantage : Les flux déversés sont conservés dans le système d'assainissement et limitent ainsi la contamination du milieu naturel par des effluents bruts tout en soulageant hydrauliquement un axe de collecte ou de transfert des effluents
- Inconvénient : Le fonctionnement par mise en charge facilite la sédimentation des matières solides et l'encombrement du système. Il nécessite un curage préventif régulier et fréquent de la part du gestionnaire du réseau.

La quasi-totalité de ces ouvrages de régulation n'a pas été conçue au moment de la pose de réseaux de collecte et de transfert des effluents comme un organe de régulation. Ils sont la résultante d'une solution simple et rapide apportée par un acteur local à un problème de mise en charge ou de débordement du réseau d'assainissement. Leur nombre très important en témoigne. Les trois cas les plus fréquents ayant conduit à leur création sont les suivants :

- Au niveau d'une rue, l'acteur local pose un réseau de type séparatif mais avec le temps le nombre de mauvais branchements augmentent fortement (eaux usées dans le réseau d'eaux pluviales et eaux pluviales dans le réseau d'eaux usées). À terme, un des réseaux sature par temps de pluie (souvent le réseau d'eaux usées) et un ouvrage de régulation est créé pour rééquilibrer le niveau de mise en charge sur ces deux réseaux devenus de fait un double réseau unitaire
- Suite à la mise en place d'un obstacle ou d'une forte sédimentation, un réseau s'encombre fortement provoquant des mises en charges ou des débordements par temps sec ou de pluie. Un

ouvrage de régulation est alors créé afin d'abaisser le niveau de charge du réseau voire de modifier le cheminement hydraulique des effluents

- Lors de la pose d'une nouvelle conduite, celle-ci rencontre une autre conduite existante. Par opportunisme, l'entreprise crée alors un regard et un ouvrage de régulation. Ce genre d'opportunisme peut générer des dysfonctionnements ultérieurs en aval d'une des conduites par surcharge hydraulique. Ces cas ne sont pas forcément isolés dans la mesure où une grande partie des réseaux d'assainissement semble avoir été posée sans plan de projet et sans réalisation d'un plan de récolement.

Il existe quelques cas particuliers d'ouvrages de régulation sans flux déversés mais avec une régulation du débit aval par la mise en place d'une lame fixe provoquant une contraction de la section du collecteur. Ces ouvrages n'ont pas été non plus forcément conçus ainsi mais sont devenus des OR suite à des modifications d'un collecteur ou à la transformation d'un oued à ciel ouvert en une galerie enterrée fermée. Ces ouvrages spéciaux ont été localisés tant sur des réseaux d'assainissement (eaux pluviales, eaux usées et unitaire) que des oueds en galerie enterrée fermée. Ces derniers ont été intégrés dans le présent rapport dans la mesure où l'oued est partie intégrante du système d'assainissement actuel.

On notera que d'autres ouvrages de régulation existent sur les cours d'eau à ciel ouvert mais ils n'ont pas été intégrés à la présente étude quand il a été considéré qu'ils n'avaient pas de fonction de régulation « assainissement » mais une fonction de régulation exclusive aux oueds.

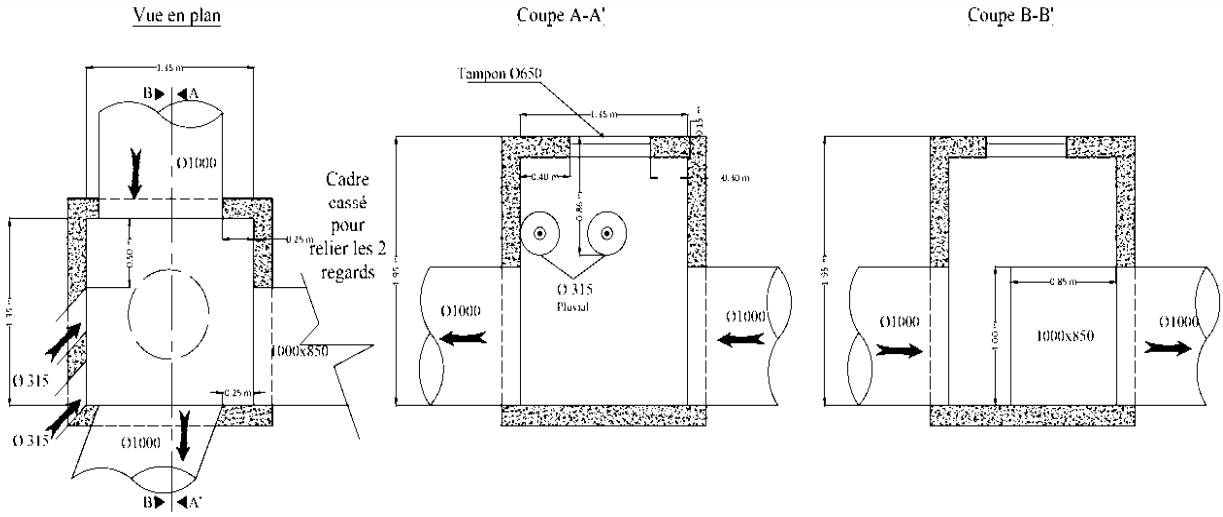
Il est nécessaire de préciser que la création de ces ouvrages de régulation peut certes apporter une solution ponctuelle locale mais également déplacer ou provoquer le problème en amont ou en aval du point traité.

Leur grand nombre contribue à la complexité du système d'assainissement et perturbe fortement le contrôle du système par le gestionnaire du réseau.

Enfin, la création de ces ouvrages spéciaux par plusieurs acteurs locaux voire des riverains sans concertation avec le gestionnaire témoigne du problème de coordination de la gestion de l'assainissement.

IV.8.2.1. Ouvrage de régulation N° 01

A. Schéma



B. Caractéristique d'ouvrage

	Type				
	Amont			Aval	
	Flux entrant1	**Flux entrant2**	**Flux entrant3**	**Flux conservé**	**Flux déversé**
Diamètre (mm)	1000	315	315	850*1 0000	1000
Matériaux	Béton				
Cote Tampon CT (NGA)	17.96				
Cote fil d'eau CFE (NGA)	16.01	17.11	17.11	16.01	16.01
Profondeur de fil d'eau (m)	1.95	0.55	0.55	1.95	1.95
Hauteur de dépôt (cm)	ND	ND	ND	5	5

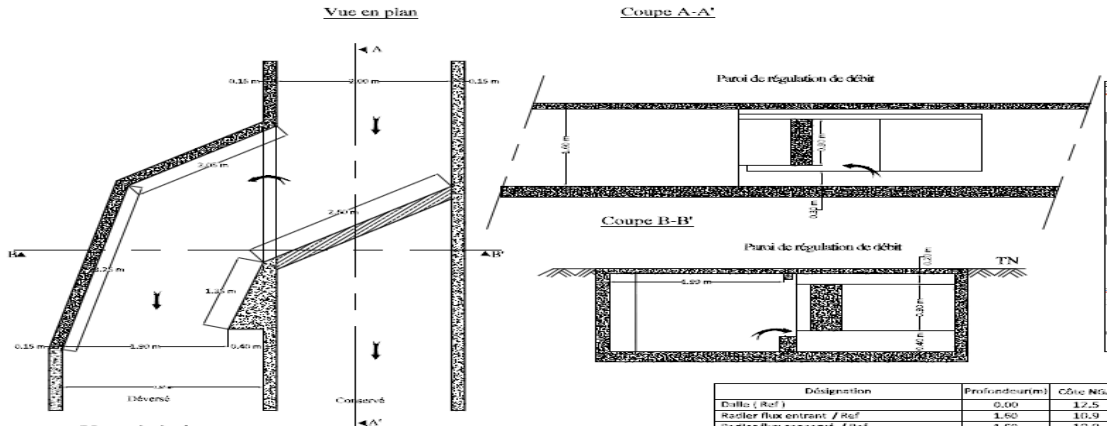
Type d'effluent : Unitaire
Présence de racines : Non
Présence de H2O : 0
Corrosion prononcée : Non
Seuil dégradé : Non
Génie civil dégradé : Oui
Échelons manquants : Oui
Obstacle : Oui
Débordement : Non
Dépôts importants : Oui
Trace de mise en charge : Non
Fonctionnement : Crée pour relier deux collecteurs de nature différente

Vue générale	Flux entrant	Flux conservé

Armatures du cadre apparentes

IV.8.2.2. Ouvrage de régulation N° 02

A. Schéma



B. Caractéristique de l'ouvrage

	Type		
	Amont	Aval	
	Flux entrant1	Flux conservé	Flux déversé
Diamètre (mm)	2000*1600	2000*1600	1900*1600
Matériaux	Béton		
Cote Tampon CT (NGA)	ND		
Cote fil d'eau CFE (NGA)	ND	ND	ND
Profondeur de fil d'eau (m)	1.60	1.60	1.60
Hauteur de dépôt (cm)	20	20	ND

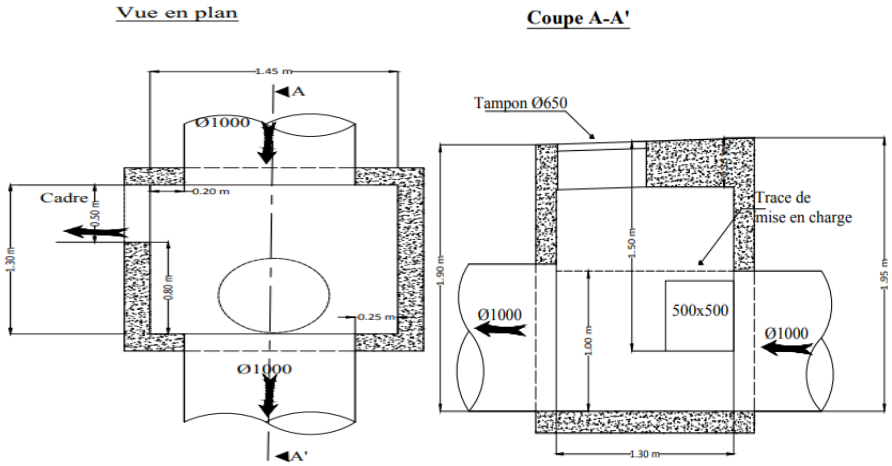
Type d'effluent : Oued
Présence de racines : Oui
Présence de H2O : 0
Corrosion prononcée : Non
Seuil dégradé : Oui
Génie civil dégradé : Oui
Échelons manquants : Oui
Obstacle : Oui
Débordement : Non
Dépôts importants : Oui
Trace de mise en charge : Non
Fonctionnement : Le tirant d'eau au-dessus des 300 mm, l'eau est dispatchée en 2 canaux. Présence d'une paroi de régulation sur la conduite du flux conservé permettant la régulation du débit.

Arriver gravitaire	Paroi de régulation de débit	Lame déversante

-Selon les acteurs locaux il a été conçu comme décanteur de 5m de hauteur. En pratique il ne reste plus Que 1,60 m de section de passage comme il peut être observé sur les photos et sur le schéma établi.
-L'eau s'écoule sur une couche de dépôts meubles de 20 cm, reposant sur un substrat. On déduit que Si l'ouvrage initial fait effectivement 5 m de profondeur, il est actuellement comblé sur plus de 3 m D'épaisseur par des dépôts solidifiés. Il ne remplit donc plus sa fonction de décantation. Par contre, par La présence d'une paroi en milieu d'ouvrage, il agit comme un ouvrage de régulation des flux.
-Présence de racines.
- Présence de cailloux et des gravats favorisant l'encrassement du canal et générant un mauvais écoulement.
-A certain moment le canal est ouvert par manque de dalles exposant les piétons à des dangers.

IV.8.2.3. Ouvrage de régulation N° 03

A. Schéma



B. Caractéristique de l'ouvrage

	Type		
	Amont	Aval	
	Flux entrant	Flux conservé	Flux déversé
Diamètre (mm)	1000	1000	500*500
Matériaux	Béton		
Cote Tampon CT (NGA)	21.18		
Cote fil d'eau CFE (NGA)	19.23	19.28	19.68
Profondeur de fil d'eau (m)	1.95	1.90	1.50
Hauteur de dépôt (cm)	30	30	30

Type d'effluent : Unitaire
Présence de racines : Non
Présence de H2O : 0
Corrosion prononcée : Non
Seuil dégradé : Non
Génie civil dégradé : Oui
Échelons manquants : Oui
Obstacle : Non
Débordement : Non
Dépôts importants : Oui
Trace de mise en charge : Oui
Fonctionnement : Le tirant d'eau au-dessus des 450 mm, le regard fonctionnera en ouvrage de régulation.

Flux entrant	Flux déversé	Flux conservé

-Relier deux regards mitoyens par la cassure de la paroi qui les séparent.
- La mise en charge permanente de conduites en amont.
-Niveau de dépôt est important.
- Armatures des parois favorisent l'accrochage des déchets

IV.8.2.4. Ouvrage de régulation N° 04 (voir annexe 02)

IV.9. Conclusion

Le réseau est dans un état dégradé. Le nombre de défauts moyen par tronçon est également important. La majorité des défauts constatés sont fonctionnels ou d'ordre structurel ayant un fort impact sur le fonctionnel. Il s'agit de branchements pénétrants, de dépôts importants, de racines, … Ces défauts témoignent d'une mauvaise pratique des entreprises réalisatrices et des contrôles de réception des réseaux neufs dans la mesure où un grand nombre de ces défauts sont présents dès la pose de la conduite. Globalement les conduites de grande taille sont les plus endommagées et les canalisations d'eaux pluviales et oueds sont également les plus touchées.

CHAPITRE V :
RÉHABILITATION

V.1. Introduction

L'étude de diagnostic nous a permis de faire une mise au point sur l'état, le fonctionnement, et les conditions d'exploitation du réseau d'assainissement existant. Ce préalable est nécessaire pour établir des préconisations de travaux.

Les techniques de réhabilitation sont nombreuses. Leur choix est fonction des caractéristiques du réseau (Nature, matériau, section), de la nature, de l'importance et de la fréquence des désordres de structure, d'étanchéité et/ou d'écoulement. Outre ces critères techniques, le procédé choisi devra également tenir compte de critères économiques, sociaux …etc.

V.2. Réhabilitation

V.2.1. Définition

Par techniques de réhabilitation on entend « toutes mesures entreprises pour restaurer ou améliorer les performances d'un réseau d'assainissement existant. La réhabilitation, selon les différents dictionnaires, est l'action de remise en état.

La notion de réhabilitation englobe cinq types d'actions : le renouvellement, la réparation, la rénovation, le renforcement, et le remplacement :

- **Le Renouvellement :** c'est la construction d'un nouveau collecteur, dont les capacités et les propriétés sont les mêmes que celles de l'ancien.
- **La Réparation :** c'est la rectification de dégâts structurels, et la reconstruction d'éléments de longueur.
- **La Rénovation :** c'est la remise en état d'une longueur donnée du réseau existant, pour améliorer ses performances, en excluant tout type d'entretien courant.
- **Le Renforcement :** en plus du réseau existant, un deuxième améliorera les capacités totales d'écoulement.
- **Le Remplacement** : c'est la construction d'un nouveau collecteur, dont les performances, englobant celles de l'ancien, leurs sont en général supérieures.

Nous remarquons que les deux premiers types d'actions visent à améliorer l'état structurel du réseau, et les deux dernières visent à améliorer les conditions hydrauliques, alors que la rénovation peut concerner l'état structurel ou les capacités hydrauliques. Les techniques de

réhabilitation des réseaux d'assainissement sont toujours réalisées sans tranchée, par l'intérieur du collecteur. Elles ne nécessitent pas l'ouverture d'une fouille.

V.2.2. Objectif des travaux de réhabilitation

Les objectifs à atteindre par la réhabilitation doivent toujours être indiqués. En effet ce sont eux qui conditionnent le choix de la technique ainsi que les préconisations de contrôles. Les principaux objectifs sont les suivants :

- Rétablir les caractéristiques mécaniques compatibles avec les sollicitations auxquelles l'ouvrage est soumis.
- Rétablir le bon fonctionnement hydraulique pour un écoulement correct des effluents.
- Rétablir l'étanchéité de l'ouvrage existant.
- Lutter contre l'abrasion et la corrosion.
- Améliorer les conditions d'exploitation.

V.2.3. Réhabilitation ou remplacement par tranchée à ciel ouvert

Pour remédier aux désordres constatés, deux solutions sont possibles : le remplacement de l'ouvrage défectueux ou sa réhabilitation. Les deux ont leur place dans un processus de remise en état. Mais on perçoit tout l'intérêt pour l'environnement urbain de développer des techniques par voie interne, réduisant ainsi au minimum les nuisances et les conséquences socio-économiques de l'ouverture d'une tranchée. La problématique ‘’avec ou sans tranchée’’ se pose de plus en plus aux décideurs urbains.

V.2.3.1. D'un point de vue socio-économique

L'intervention sur un ouvrage se situant en centre-ville pose de nombreux problèmes qui ne sont pas liés à l'assainissement et qui viennent compliquer la réalisation du chantier.

L'ouverture d'une tranchée touche nécessairement l'environnement du site par le bruit, la poussière, l'impact visuel du chantier, le trafic des camions et engins de travaux publics, ralentissement sur l'activité commercial de la rue par la présence du chantier, ainsi que le gène de la circulation automobile. Ces nuisances occasionnées par l'ouverture d'une tranchée en site urbain encombré sont de plus en plus mal supportées par le public.

« *Certains chercheurs étrangers ont montré que le coût social des chantiers en tranchée à ciel ouvert pouvait aller jusqu'à doubler le prix réel du chantier, en quantifiant les détours imposés aux automobilistes, les pertes de chiffres d'affaires des commerçants et des recettes publiques* »

V.2.3.2. D'un point de vue technique

La réhabilitation par l'intérieur se justifie pleinement en présence d'obstacles tels que :

- La nature spécifique du sol (instabilité...).
- La présence de nappes.
- L'encombrement du sous-sol par les concessionnaires (gaz, eau, électricité...) autres ouvrages.
- Un habitat dense.
- Le respect d'une chaussée récente.
- La grande profondeur du réseau.

V.2.4. Classement de technique de réhabilitation

V.2.4.1. Classement en fonction de critères technique

A. Techniques structurantes ou non structurantes

Les techniques de réhabilitation sont classées en deux catégories, selon leur aptitude à reprendre ou non les charges dynamiques et statiques appliquées sur le tuyau enterré. Ces techniques sont dites structurantes ou non structurantes.

B. Techniques ponctuelles ou continues

Les techniques sont dites ponctuelles ou continues selon qu'elles réparent l'ouvrage localement, au droit de chaque dégradation, ou qu'elles réhabilitent l'ensemble du tronçon.

C. Techniques destructives ou non destructives

Non destructives : Concernent les méthodes dont la mise en œuvre ne nécessite pas la destruction de l'ouvrage en place. L'ouvrage dégradé est conservé en l'état.

destructives : Impliquent la destruction totale du collecteur dégradé et son remplacement par l'intérieur, sans ouverture d'une tranchée. Il existe deux grandes catégories procédées : le microtunnelier, mange tube et l'éclate tuyau.

V.2.4.2. Classement selon la norme européenne N° EN 155 W1 209

A. Les techniques de renouvellement

Construction d'un réseau neuf se substituant à un réseau d'assainissement existant.

B. Les techniques de rénovation

Travaux utilisant tout ou partie de l'ouvrage existant en améliorant ses performances actuelles.

C. Les techniques d'entretien ou de maintenance des réseaux

Rectification de défauts localisés.

V.2.5. Travaux préalables à toute réhabilitation

V.2.5.1. Travaux préparatoires

A. Vérification de l'ouvrage

Une inspection télévisée ou visuelle doit, dans un premier temps, permettre de vérifier que l'état de la canalisation n'a pas évolué depuis l'étude d diagnostic d'état.

B. Préparation de l'état d'accueil

Avant que ne débutent les travaux de réhabilitation, on doit affranchir de toutes les difficultés rencontrées au niveau de la préparation de la canalisation et de la mise en place du chantier, ensuite un nettoyage soigné de la canalisation avec déffirents méthodes, afin d'éliminer tout dépôt de calcaire, de béton, de graisse et/ou branchement pénétrant et racines.

C. Travaux annexes

Certains types de dégradations (défauts ponctuels) imposent des réparations à ciel ouvert afin de pouvoir procéder par la suite à la réhabilitation de la canalisation dans les meilleures conditions possibles.

V.2.6. Techniques pour les collecteurs non *visitables*

Certaines de ces techniques sont également pratiquées en réseaux visitables : c'est le cas de chemisages, tubages, injections et éventuellement manchettes. Il faut tout de même savoir qu'elles sont plus couramment utilisées en non visitable.

A. Robots multifonctions : Est une technique structurante et/ou non structurante selon le cas permet. Ils permettent le rétablissement hydraulique, le colmatage des fissures, ainsi que la mise en œuvre des diverses autres techniques de réhabilitation.

B. Injections ponctuelles d'étanchement : Il existe différents types d'injections : les injections d'étanchement et les injections de consolidation et de régénération. Dans les ouvrages non visitables nous ne procédons qu'à des injections d'étanchement. Cette dernière est consistée à introduire dans les canalisations, par l'intermédiaire d'un regard, pour rétablir l'étanchéité du collecteur en supprimant ponctuellement les infiltrations ou exfiltrations d'eau entre le sous-sol et le collecteur. Ainsi sont traitées localement la défaillance des joints, les fissures circulaires et les perforations de la canalisation.

C. Manchette (ou chemisage partiel) : C'est une technique peut être structurante, consolidante ou non structurante, rarement utilisée dans les conduites visitables selon l'objectifs de la réhabilitation. Elle permet de rétablir l'hydraulicité et l'étanchéité de la canalisation, ainsi que de lutter contre la corrosion et l'abrasion.

D. Chemisage continu : C'est une réhabilitation de type continue structurante et/ou non structurante pour remédier aux problèmes d'étanchement, d'anticorrosion ou d'anti-abrasion, qui équivaut à un véritable tuyau sans joints, est préformé en usine aux dimensions du tronçon à réhabiliter. Cette technique rarement employer sur les canalisations visitables de section variables et de diamètre allant jusqu'à 2000mm.

E. Tubage : Cette technique ne peut pas être mise en œuvre sur les petits collecteurs en raison de la diminution de la section qu'elle entraîne, comme elle est utilisable même sur les conduites visitables dans le cas d'un tubage avec remplissage du vide annulaire. Le tubage est pour l'objectif de mettre en place dans la canalisation à réhabiliter une nouvelle conduite d'un diamètre inférieur, cet assemblage des éléments se fait par collage, thermo soudage ou emboîtement.

F. Les techniques destructives : Ces techniques sont fondées sur la destruction totale du collecteur dégradé et son remplacement par l'intérieur, sans ouverture de tranchée. Il s'agit de tubage après broyage à l'aide d'un micro tunnelier (micro tunnelier « mange tube ») ou après éclatement de la canalisation dégradée « éclate tuyau ». Le mange tube et l'éclate tuyau sont utilisés lorsque la statique de l'ancienne canalisation porte à préjudice et qu'on ne peut plus recourir aux procédés de réhabilitation non destructifs ou au remplacement traditionnel par tranchée. L'ouverture de fosses de travail peut s'avérer indispensable de même que de grandes courbes nécessitent des fouilles ponctuelles.

V.2.7. Techniques pour les collecteurs visitables

Un certain nombre de techniques applicables dans les collecteurs non visitables peuvent être utilisées dans les collecteurs visitables : c'est le cas des injections d'étanchement, du chemisage, du tubage.

V.2.7.1. Risques et mesures de prévention

- Risque de présence de gaz (H2S/CO).
- Risque de manque d'Oxygène.
- Risque d'inondation.
- Risque d'explosion.
- Consigne d'alerte.

V.2.7.2. Technique de réhabilitation

A. Injections

Cette est non structurante lorsqu'il s'agit d'injections d'étanchement et structurante lorsqu'elles ont pour objectif de consolider la structure de l'ouvrage, voire même de stabiliser les terrains environnants (mélange à base de ciment). Ces injections sont réalisées à l'aide de manchon, d'aiguilles, ou d'injecteurs préalablement scellés.

B. Projection à la lance de béton, mortier ou résines

Cette technique est pour l'objectif de parfaire l'étanchéité et/ou consolider la structure de l'ouvrage. Ce revêtement équivaut à un chemisage de l'ouvrage. On distingue par ailleurs les revêtements dits souples (résines) des revêtements rigides.

C. pose de coques préfabriquées

Cette technique a été conçue pour rénover toutes les formes d'égouts et de grands ouvrages, et de rétablir l'étanchéité et l'hydraulicité de l'ouvrage dégradé ainsi que de lutter contre l'abrasion et la corrosion. Ce procédé consiste à mettre en place des coques «mono-segment ou multi-segment » composées de matériaux souples (plastique de type PVC, PEHD…) ou rigides (GRC, PRV…), qui sont construit en usine aux dimensions de la conduite, et qui doivent être adaptables à tout gabarit d'ouvrages existants. Les éléments peuvent recouvrir soit seulement le radier, soit les pieds droits et la voûte, soit en fin tout le périmètre de l'ouvrage.

V.3. Résultats du schéma directeur d'assainissement

V.3.1. Les solutions techniques

Les solutions techniques mise en œuvre par le Groupement pour répondre aux objectifs du schéma directeur d'assainissement de la ville de Bejaia sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau V. 1 : *Solutions technique. Source SCE*

N°	Solutions proposés	Causes	Objectifs
01	Remplacement des tampons cassés ou manquants	Dégradation et absence de tampons	Protection de la santé publique Optimisation de la gestion
02	Détection et rehausse des Regards	Absence des regards	Accessibilité au réseau Optimisation de la gestion
03	Réalisations des points d'accès		
04	Curage (réseaux, regards et ouvrage spéciaux)	Encombrements du réseau	Libre écoulement Optimisation de la gestion Protection de la santé publique Protection des biens et personnes
05	Ajustement – suppression - maintien des déversoirs d'orage	Supprimer les déversements en temps sec et pour la pluie mensuelle ainsi que les surcharges des collecteurs amont et aval par temps de pluie	Protection de la santé publique Protection des biens et personnes
06	Renfoncement des collecteurs	Capacité insuffisante	Protection des biens et personnes
07	Remplacement des collecteurs	État physique, étanchéité des collecteurs et risque d'effondrement	Protection de la santé publique Protection des biens et personnes Réduction des eaux claires parasites Optimisation de la gestion
08	Projection de nouveaux Collecteurs	Collectes des rejets et accompagnement du développement urbain de la ville	Protection de la santé publique Assainissement des nouveaux POS PU
09	Projection de trop-pleins et de déversoirs d'orages	Réduire les dimensions des collecteurs et ouvrages en avals	Protection de la santé publique Protection des biens et personnes Réduire le coût des travaux

10	Traitement des infiltrations au niveau des joints de collecteurs visitable	Étanchéités des collecteurs	Réduction les eaux claires parasite Optimisation de la gestion
11	Projection de bassin tampon et de réseaux-réservoir	Supprimer les déversements en temps sec et pour la pluie mensuelle ainsi que les surcharges des collecteurs amont et aval par temps de pluie Limiter des déversements au milieu récepteur en cas de défaillance des ouvrages	Protection de la santé publique Protection des biens et personnes Protection des ouvrages Sécurisation du système de collecte et de transfert des effluents
12	Projection de décanteur - Dégrilleur	Protection des ouvrages	
13	Actions spécifiques aux effluents industriels	Risque d'encombrement Risque de dégradation du génie civil des collecteurs et ouvrages	Protection de la santé publique Protection des biens et personnes Protection des ouvrages
14	Aménagement hydraulique (toboggan ou aménagement spécifique adapté)	Risque d'abrasion mécanique Risque de dégradation du génie civil des collecteurs et ouvrages	Protection de la santé publique Protection des biens et personnes Protection des ouvrages

V.3.2. Consistance du schéma directeur

Le schéma directeur propose une structuration du réseau d'assainissement fondée sur :

■ La mise en place d'ouvrages spéciaux sur le réseau visant à retenir les eaux de pluie dans le réseau et ainsi éviter tout débordement du réseau jusqu'à fréquence de pluie décennale

■ La restauration de la fonction naturelle des oueds, à savoir le transport des eaux pluviales de ruissellement et non celui des eaux usées.

■ Une réhabilitation ou un redimensionnement ciblés des collecteurs.

La mise en œuvre des recommandations du schéma directeur repose sur plusieurs types d'actions :

■ Un programme de travaux sur le réseau.

■ Un programme d'actions liées à la réhabilitation du système d'assainissement.

■ Un programme d'actions liées à l'exploitation du système d'assainissement.

V.3.2.1. Programme de travaux

Les travaux sont devisés en deux :

- **Les travaux de court terme** : visent deux objectifs
  1. Mettre en place la restructuration prévue du système d'assainissement, en implantant les ouvrages requis : stations de pompage, ouvrages de stockage et de rétention des eaux, collecteurs structurants gravitaires et de refoulement. Il est important de préciser que ces ouvrages prévus à court terme sont dimensionnés selon les hypothèses et les besoins, il ne sera pas nécessaire de les modifier lors des phases de travaux de moyen et long terme
  2. Résoudre les dysfonctionnements observés ou simulés pour répondre aux objectifs assignés en matière de protection de l'environnement, des biens et des personnes.
- **Les travaux à moyen et long terme :** portent sur la réhabilitation et le remplacement progressif des conduites et ouvrages du réseau.

Les travaux proposés sur la zone de Sidi Ahmed sont les suivants :

Tableau V. 2 : *les opérations à suivre dans la zone d'étude.*

Opération	Description
SA_LOT_01	Pose et remplacement de collecteur
SA_LOT_02	
SA_LOT_03	
SA_LOT_04	
SA_LOT_05	
SA_LOT_06	
SA_LOT_07	
SA_LOT_08	
SA_LOT_09	
SA_LOT_10	

V.3.2.2. Action liées à la réhabilitation du réseau de collecte

Le programme d'actions de réhabilitation porte sur des conduites et ouvrages existants sans modification de leurs caractéristiques dimensionnelles ni fonctionnelles. Il s'agit :

- De remplacements ponctuels et à l'identique de faibles linéaires de collecteurs.
- D'interventions localisées de réparation sur collecteurs et ouvrages.
- D'actions de surveillance de l'évolution de désordres constatés.

Les travaux de réhabilitation concernent ainsi :

- Regards et chambre à réhabiliter en termes de génie civil.

■ Reprise en génie civil – aménagement hydraulique de la chute d'eau.

■ Travaux de réhabilitation de la galerie visitable assimilée à un réseau unitaire notamment reprise de conduite pénétrante, traitement d'infiltration…

■ Travaux de renouvellement de conduite à taille identique avec ou sans reprofilage de la pente :

Remplacement complet entre deux regards.

Remplacement ponctuel.

■ Travaux sur les ouvrages spéciaux existants.

■ Des trop-pleins et ouvrages de répartition à supprimer avec maintien du regard existant dont des regards à réhabiliter en termes de génie civil.

V.3.2.3. Actions liées à l'exploitation du système d'assainissement

Cette catégorie comprend des travaux de mise en accessibilité du réseau :

■ Remplacement des tampons (cassés ou manquants).

■Reprise de regard à fermeture sous forme de dalle à rendre accessible et exploitable par une fermeture circulaire (tampon).

■ Poursuite des travaux de détection et rehausse des regards circulaires existants.

V.4. Avant projet détaillé des Opérations de travaux

V.4.1. Note de calcul

V.4.1.1. Évolution attendues à horizon 2035

D'une manière générale, il est attendu que les paramètres actuels restent relativement constants. La dotation hydrique actuelle est une valeur moyenne. Dans la mesure où aucune évolution notable n'est anticipée concernant le taux d'équipement des ménages, la tarification des services d'eau potable, ou le mode de vie des ménages, il a été convenu que la dotation hydrique resterait constante à horizon 2035. La valeur (arrondie) de 150 L/j/habitant est donc retenue comme hypothèse pour les usagers domestiques. De même, un coefficient de restitution de 0,8 est conservé.

Il n'existe aucune raison de voir augmenter ou diminuer la dotation hydrique des administrations ; elle est également supposée constante jusqu'en 2035.

Il en va de même pour les consommations industrielles ; comme vu précédemment, aucune évolution notable des activités industrielles n'est attendue. Il est supposé que les délocalisations de certaines industries seront compensées par le développement des autres, ou l'implantation de logements. De plus, la tendance des industries actuellement est de réduire leur consommation en adoptant des procédés industriels plus économes ou en favorisant la réutilisation de leurs effluents dans les cycles de production.

La dotation hydrique des services est également supposée calquée sur celle des abonnés domestiques, donc constante ; les volumes consommés varieront donc en fonction de la seule évolution de la population.

Le débit sanitaire moyen a donc été obtenu en appliquant une dotation hydrique tous usages confondus de 150 L/j/habitant.

Le coefficient de restitution a été maintenu à 0,8.

Enfin, il a été appliqué un coefficient de pointe journalier de 15% conformément aux hypothèses retenues lors des séminaires.

Le débit de pointe horaire a été calculé également selon les mêmes règles :

■ Si le coefficient de pointe est inférieur à trois, application de ce coefficient de pointe calculé

■ Si le coefficient de pointe est supérieur ou égal à trois, application d'un coefficient de pointe égal à trois.

V.4.1.2. Conception et dimensionnement des ouvrages

A. Regard de jonction et chambre de dissipation

Cet équipement est potentiellement équipé d'un trop-plein. Les cotes des fils d'eau des canalisations d'arrivée proviennent de :

■ Modélisation numérique

■ Relevé terrain (topographie et inspection de regard)

■ Interpolation à partir des relevés de terrain, du modèle numérique et des projets de DAO Canalisation.

Le dimensionnement de la chambre de dissipation est empirique selon les règles suivantes :

■ La canalisation la plus importante est retenue comme base de dimensionnement

■ Pour les canalisations de diamètre inférieur ou égal à 400 mm, chambre carrée d'arête 1 m

■ Pour les canalisations de diamètre supérieur à 400 mm, chambre carrée d'arête de :

Arête = 1000 + [Diamètre (ou la hauteur) – 400] en mm.

Dans les secteurs à forte pente et quand cela est possible, des arrivées en chute sont prévues afin de faciliter :

■ La dissipation d'énergie

■ Le dégazage des eaux en cas de formation d'H2S en réseau par exemple

■ La ré-oxygénation des effluents.

Ces chutes sont accompagnées d'un toboggan hydraulique afin de faciliter le libre écoulement et ainsi éviter la sédimentation des matières.

B. Trop-plein

Chaque trop-plein est équipé d'un clapet de nez afin d'éviter d'éventuelles remontées des eaux des oueds. Cela permet d'éviter de gêner les riverains en bloquant les odeurs. Ce type d'équipement nécessite un entretien régulier.

C. Réseau – réservoir en réseau

L'urbanisation de la zone d'étude est très dense et la pression foncière très forte. Il n'a pas été possible de localiser des terrains disponibles pour implanter des bassins tampons sur l'ensemble des sites nécessaires. Dans ce cas, et en accord avec les acteurs locaux lors des séminaires, il a été retenu d'utiliser des techniques de réseau – réservoir. Il s'agit de conduites de grande taille à forte capacité de stockage. Leur fonction est similaire à celle des bassins tampons.

Dans la mesure où les ovoïdes ne sont pas fabriqués sur place en Algérie, les cadres construits in-situ ont été privilégiés. Toutefois les cadres ne permettent pas un libre-écoulement de temps sec, ils sont constitués à leur base de demi-conduite circulaire. Cette base est

dimensionnée pour véhiculer les débits de pointe de temps sec et les premiers flots de la pluie mensuelle, facilitant ainsi l'auto-curage.

Les pentes de ces conduites ont été abaissées volontairement (entre 0,5 et 1%) afin d'augmenter leur capacité de stockage. Ce qui implique un entretien préventif régulier.

Chaque compartiment de réseau-réservoir sera équipé d'une vanne guillotine murale. L'objectif est de pouvoir isoler l'équipement si nécessaire. Il permet également une manipulation de nettoyage (fermeture volontaire de la vanne puis vidange rapide du réservoir).

Le choix d'un profil ou d'un autre dépend :

- Des débits de pointe de temps sec.
- Des contraintes topographiques du site.
- Des contraintes d'encombrement du sous-sol.
- Du besoin de stockage sur ce site.

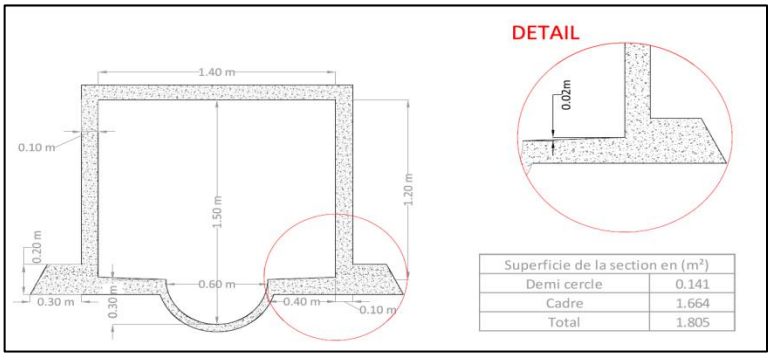


Figure V. 1 : *Profile projeté équivalent Ø 1500-base 600 mm. Source SCE*

D. Bassin tampon

L'ouvrage est en forme rectangulaire dans la mesure où ces bassins étant enterrés, les contraintes mécaniques du sol sont moindres. Les bassins de forme rectangulaire permettent également d'alléger les coûts de construction.

Afin de limiter la sédimentation et de faciliter son entretien, le radier du bassin sera pourvu d'une pente de 1%.

V.4.2. Avant-projet détaillé

Tous les travaux sont détaillés par opération. Les opérations sont réparties en deux lots :

1. Lot 1 : Tous les travaux liés aux ouvrages (conduite de refoulement associées, trop-pleins associés, bassin tampon et décanteur).
2. Lot 2 : Tous les travaux liés au réseau gravitaire (conduite, réseau – réservoir, trop-pleins associés).

V.5. Programme de travaux et d'actions à court, moyen et long terme

V.5.1. Approche générale et planification

Pour mettre en œuvre la restructuration du système d'assainissement, et résoudre les problèmes identifiés lors du diagnostic, On a défini un certain nombre de travaux à engager sur le réseau, et d'actions (autres que travaux) à mener. En effet, pour une meilleure efficience du système de collecte et de traitement, il ne suffit pas de réaliser des investissements en termes de travaux ; il est également nécessaire d'engager des actions complémentaires en termes d'exploitation du système.

Ces travaux et actions sont étalés dans le temps. Ainsi, les travaux de court terme visent à mettre en place la restructuration prévue du système d'assainissement, en implantant les ouvrages requis : ouvrages de stockage et de rétention des eaux, collecteurs structurants gravitaires et de refoulement. Il est important de rappeler que ces ouvrages prévus à court terme sont dimensionnés selon les hypothèses et besoins à horizon 2035 : il ne sera pas nécessaire de les modifier lors des phases de travaux de moyen et long terme.

Cet objectif se décline de la manière suivante dans le programme de travaux à court terme :

■ Mise en place des axes majeurs de transfert à l'échelle de la zone, en privilégiant les axes d'écoulement naturels hydrographiques.

■ Mise en place de stations de pompage lorsqu'un écoulement gravitaire des effluents est impossible.

■ Mise en place de conduites permettant de raccorder les réseaux existants actuellement en rejet direct à un réseau principal ou secondaire.

■ Mise en place d'ouvrages de stockage par temps de pluie, pour supprimer tout rejet au milieu naturel jusqu'à la pluie mensuelle. Ils servent également à sécuriser les ouvrages et les réseaux en cas de défaillance (par exemple panne d'électricité).

■ Mise en place d'ouvrages de régulation en réseau (déversoirs d'orage, trop-pleins) pour optimiser les déversements au–delà de la pluie mensuelle et les mises en charge par temps de pluie.

■ Remplacement ou pose de collecteurs dans certaines zones visant à

1- Répondre aux dysfonctionnements du réseau observés lors de la phase de diagnostic (sous dimensionnements, dégradation majeure)

2- Structurer et prévoir le raccordement des futurs développements ou restructurations urbaines majeurs programmés.

Les travaux à moyen et long terme portent quant à eux sur la réhabilitation et le remplacement progressif des conduites et ouvrages du réseau en fonction de leur état de dégradation.

V.5.2. Travaux à court terme liés au renforcement et au renouvellement du réseau de collecte

Cette partie représente les travaux de renforcement et de renouvellement du réseau de collecte qui s'en déduisent ainsi que leurs caractéristiques dimensionnelles à court terme.

V.5.2.1. Collecteur de Sidi Ahmed

Le bassin de collecte de Sidi Ahmed compte un linéaire des travaux de l'ordre de 6153 ml

A. Zone de travaux LOT2_06, LOT2_07, LOT2_08, LOT2_09

Tableau V. 3 : *Collecteurs à réaliser le long de la RN24.*

Opération	Forme	diamètre	Matériau	Linéaire (m)	N° de regard	Type de travaux
SALOT2_09	circulaire	600	PEHD ondulé	908	23	Remplacement de collecteur
SALOT2_08	circulaire	600	PEHD ondulé	796	24	Remplacement de collecteur
SALOT2_07	circulaire	600	PEHD ondulé	778	22	Remplacement de collecteur
SALOT2_06	circulaire	600	PEHD ondulé	231	23	Remplacement de collecteur
	circulaire	600	PEHD ondulé	412		

■ **L'opération LOT2_09 :** Ce collecteur qui a été reprofilé (pente revue) et redimensionné pour prendre en charge les effluents qui sont collectés tous le long de la RN24.

■ **L'opération LOT2_08 :** Ce collecteur qui est le prolongement de l'opération 08, a été reprofilé (pente revue) et redimensionné pour prendre en charge les effluents qui sont collectés tous le long de la RN24. .

■ **L'opération LOT2_07 :** Ce collecteur qui est le prolongement de l'opération 07, a été reprofilé (pente revue) et redimensionné pour prendre en charge les effluents qui sont collectés tous le long de la RN24 et la zone de Tala Ouariane.

■ **L'opération LOT2_06 :** Ce collecteur qui est le prolongement de l'opération 06, a été reprofilé (pente revue) et redimensionné pour prendre en charge les effluents qui sont collectés tous le long de la RN24.

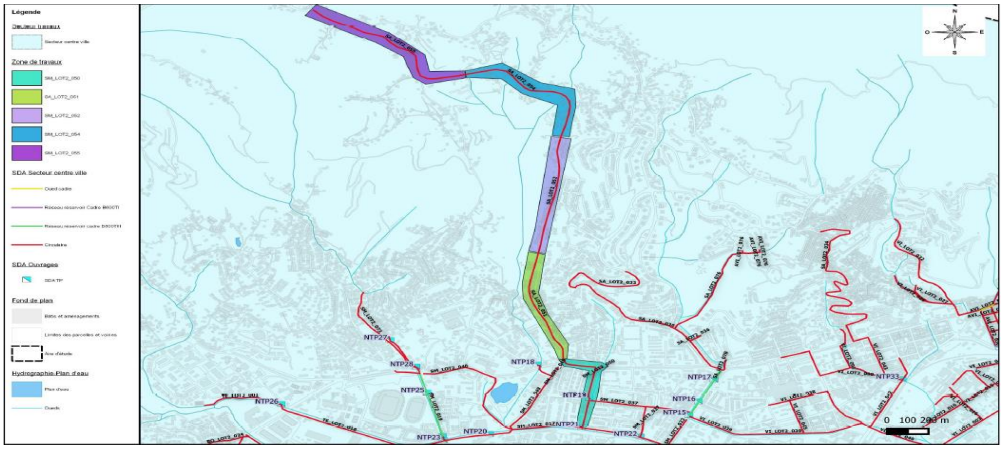


Figure V. 2 : *Plan des opérations*

B. Zone de travaux LOT2_01, LOT2_02, LOT2_04, LOT2_10, LOT2_11

Ces opérations matérialisent les collecteurs qui drainent les effluents qui sont collectés sur le bassin de Sidi Ahmed et vont rejoindre le collecteur ceinturant l'Oued Seghir via un collecteur – réservoir sur la route des Aurès. Elles sont situées :

■ Opération LOT2_02, le long de la route menant vers Sidi Ahmed à côté du Cristal 20.

■ Opération LOT2_04, le long de la route menant vers Sidi Ahmed à de l'Agence Mobilis et AXA Assurances.

■ Opération LOT2_10, le long de l'affluent d'Oued Salomon menant vers la cité Tala N'thziouine.

■ Opération LOT2_11, à l'amont du rond-point Dawadji.

■ Opération LOT2_01, le long de la route des Aurès du rond-point Dawadji jusqu'à Oued Seghir.

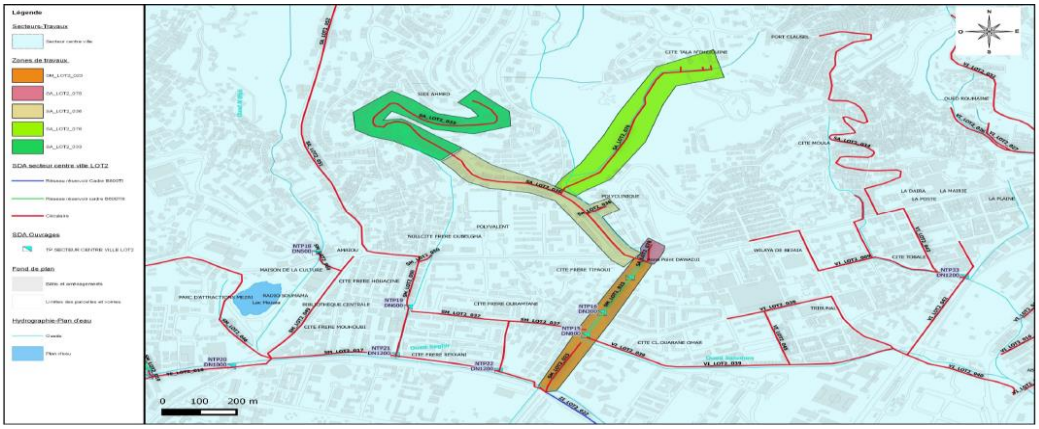


Figure V. 3 : *Plan des opérations*

Tableau V. 4 : *collecteur sur Sidi Ahmed*

Opération	Forme	diamètre	Matériau	Linéaire (m)	N° de regard	Type de travaux
SALOT2_02	circulaire	600	PEHD ondulé	547	25	Remplacement de collecteur
		800	Béton	266		
SALOT2_04	circulaire	600	Béton	701	24	Remplacement de collecteur
		400	PEHD ondulé	7		
		800	Béton	56		
		800	Béton	18		
SALOT2_10	circulaire	400	PEHD ondulé	606	24	Création de collecteur
SALOT2_11	circulaire	500	PEHD ondulé	81	7	Création de collecteur
SALOT2_01	circulaire	400	PEHD ondulé	30	17	Remplacement de collecteur et création d'un tronçon de collecteur
		500	PEHD ondulé	205		
		500	PEHD ondulé	16		
		500	PEHD ondulé	13		
		600	PEHD ondulé	13		

■ **L'opération LOT2_02 :** Ce collecteur a été reprofilé (pente revue) et surtout redimensionné pour prendre en charge les effluents qui sont collectés sur une partie de Sidi Ahmed et supprimer les débordements récurrents en temps de pluie ainsi que les dysfonctionnements hydrauliques constatés (mise en charge,…).

■ **L'opération LOT2_04 :** C'est la continuité de l'opération 02 collecteur , pareil ce collecteur a été reprofilé (pente revue) et surtout redimensionné pour prendre en charge les effluents qui sont collectés sur une partie de Sidi Ahmed et supprimer les débordements

récurrents en temps de pluie ainsi que les dysfonctionnements hydrauliques constatés (mise en charge,…).

■ **L'opération LOT2_10 :** Ce collecteur est nouveau, il a été projeté pour prendre en charge les rejets de quelques bâtiments (cité Tala N'thziouine) de Sidi Ahmed qui n'ont pas étés raccordés au réseau d'assainissement et qui sont en rejets direct dans le milieu récepteur (Affluent d'Oued Salomon).

■ **L'opération LOT2_11 :** Ce collecteur est nouveau, il a été projeté pour prendre en charge les rejets de quelques bâtiments (cité CNR) à l'amont du rond-point Dawadji qui n'ont pas étés raccordés au réseau d'assainissement et qui sont en rejets direct dans le milieu récepteur (Oued Salomon).

■ **L'opération LOT2_01 :** Ce collecteur a été reprofilé (pente revue), redimensionné en collecteur réservoir sur sa première partie pour pouvoir stocker les premières pluies(pluie mensuelle) et éliminer les débordements récurrents en temps de pluie ainsi que les dysfonctionnements hydrauliques constatés (mise en charge,…).son prolongement avec un nouveau collecteur permettra l'acheminement gravitaire des effluents vers la STEP Centre-Ville et via le collecteur ceinture de Oued Seghir .

Tableau V. 5 : *Trop-pleins à réaliser sur l'opération LOT2_01*

Opération	Type	Nature des effluents déversés ou traités	Forme section déversante	Diamètre section déversante	Section (m²)	Pelle (m)	Pente (mm/m)	Fil d'eau (NGA)
LOT2_01	TP	Unitaire	circulaire	600	0.28	1.89	10	8.62
	TP	Unitaire	circulaire	500	0.20	1.64	10	8.85
	TP	Unitaire	circulaire	500	0.20	1.65	10	9.45

C. Zone de travaux LOT2_05

Tableau V. 6 : *Collecteur coté école des cadets*

Opération	Forme	diamètre	Matériau	Linéaire (m)	N° de regard	Type de travaux
SALOT2_05	circulaire	400	PEHD ondulé	224	29	Remplacement de collecteur
		600	PEHD ondulé	326		
		800	Béton	308		

- **L'opération LOT2_05** : Ce collecteur a été reprofilé (pente revue) et surtout redimensionné pour prendre en charge les effluents qui sont collectés sur une partie du côté École des cadets et ainsi supprimer les dysfonctionnements hydrauliques constatés (mise en charge,…).

V.5.2.2. Amélioration de la station de refoulement Aamriw

1. Réaménagement de la trappe d'accès à la bâche.
2. Remplacement des pompes au débit unitaire théorique.
3. Mise en place d'un programme de curage préventif de l'installation.

V.5.3. Travaux à moyen et long terme liés au renforcement et au renouvellement du réseau de collecte

Le renouvellement et l'extension de réseaux de collecte. Ils sont répartis sur l'ensemble des quartiers comme dans le bassin de collecte de Sidi Ahmed, sont particulièrement concernés. Ils sont actuellement assainis en réseau collectif. Cependant il n'a pas été possible d'identifier et de localiser des réseaux de collecte ni de définir précisément leur exutoire. Le réseau de ces quartiers est inaccessible, le plus souvent il n'y a pas de regard ou des réseaux de boîtes de branchement en béton non armées et enterrées ou bitumées. Ils ont été construits le plus souvent par les riverains eux-mêmes ou par l'APC sans dimensionnement et sans plan de projet ou de récolement. C'est pour cela la quasi-totalité de ces réseaux sont à renouveler et à redimensionner dans les règles de l'art.

Le bassin de collecte de Sidi Ahmed compte un linéaire des travaux prévus à moyen et long teme de l'ordre de 15841 ml

V.5.4. Actions à court terme liées à la réhabilitation du réseau de collecte

Le programme de travaux de réhabilitation exposé dans cette section porte sur des conduites et ouvrages existants sans modification de leurs caractéristiques dimensionnelles ni fonctionnelles. Il s'agit :

1- De remplacements ponctuels et à l'identique de faibles linéaires de collecteurs.
2- D'interventions localisées de réparation sur collecteurs et ouvrages.
3- D'actions de surveillance de l'évolution de désordres constatés.

V.5.4.1. Principe généraux suivis pour la réhabilitation des collecteurs

Réhabilitation des collecteurs est à envisager lorsque ceux-ci sont en mauvais état (dégradation de la structure, affaissement, …) et/ou lorsqu'ils ne sont pas étanches et donc soumis à l'intrusion d'eaux claires parasites ou encore à l'exfiltration des eaux usées.

Outre les risques hydrauliques, tant sur le réseau que sur les ouvrages, la présence de ces apports parasites a la particularité d'engendrer une dilution de l'effluent, ce qui perturbe le processus de traitement des stations d'épuration et favorise les départs vers le milieu naturel.

Il est précisé que les techniques à appliquer aux collecteurs visitables et non visitables sont de nature et de principe identiques. Seule diffère la mise en œuvre, via des robots pour les collecteurs non visitables et par l'intervention directe d'équipes humaines à l'intérieur pour les collecteurs visitables.

Il est également précisé que dans le cadre d'un schéma directeur, une technique de réhabilitation est proposée en tant que principe afin de corriger une anomalie. Cependant celle-ci doit être prise comme une possibilité technique afin de déterminer une enveloppe financière de travaux. D'autres techniques alternatives peuvent parfois s'appliquer.

Les techniques de renouvellement des conduites ou leur reprise ponctuelle ont été favorisé toutefois lors des opérations de réhabilitation, il conviendra à l'opérateur et au conducteur de travaux de réaliser les phases préliminaires et projet d'opération de maîtrise d'œuvre notamment une opération de curage et d'inspection visuelle (caméra ou pédestre) afin de déterminer la technique la plus appropriée.

Selon la nature des anomalies mises en évidence et le matériau initial de la conduite, le type d'intervention préconisée est bien évidemment différent :

1- **Mauvaise étanchéité de regards de visite :** L'intervention à prévoir est basée sur un étanchement grâce à l'utilisation d'une résine de synthèse ou la pose d'un revêtement en « matières plastiques » pour l'ensemble du regard y compris son radier. Cette dernière technique présente l'avantage de se protégé également des attaques chimiques et dans certains cas selon les matériaux de se prémunir des risques d'abrasion et de faciliter le libre écoulement.

2- **Mauvaise étanchéité des collecteurs :** Les techniques de réhabilitation proposées dépendent de la nature des anomalies constatées et de la fréquence des anomalies sur un tronçon donné :

- **Traitement par application de résine :** Un robot multifonctions permet, au niveau d'un joint défectueux d'une fissure radiale ou d'une fissure longitudinale, l'injection d'une résine Époxyde. Celui-ci assure également les travaux préparatoires de fraisage ainsi que les travaux de surfaçage et de finition. Cette technique n'est pas structurante.
- **Pose d'une manchette structurante :** Dans le cas de défauts plus contraignants (casses, perforations), il peut être fait appel à la mise en place d'une manchette constituée d'un tissu en fibres de verre imprégné de résine polyester. Le positionnement de la manchette s'effectue grâce à un manchon gonflable permettant sa polymérisation. Il s'agit en fait d'un chemisage partiel des parois
- **Gainage structurant – résine :** Cette technique consiste à introduire par les regards de visite une gaine mise en place par réversion à l'air comprimé. La gaine est une résine qui se trouve polymérisée par une circulation de vapeur d'eau, ou autre technique comparable. C'est une technique structurante. Les défauts traités sont les fissures, les perforations, les joints absents, la corrosion des tuyaux. Le recours à cette technique implique une certaine densité d'anomalies sur un linéaire assez limité.
- **Gainage structurant – PRV :** Cette technique est similaire à la précédente dans son objectif mais se pose différemment. Il s'agit de coque ou de semi-coque (base radié) préfabriqué et fixé in situ par emboutissage et collage par résine. Elle est réservée plutôt au collecteur de gros diamètre.
- **Remplacement d'un collecteur :** Les techniques précédemment décrites ne nécessitent pas d'ouverture de fouille. Lorsque cette contrainte n'existe pas, la méthode traditionnelle qui consiste à remplacer une portion de canalisation largement dégradée s'applique
- **Reprise ponctuelle par l'extérieur :** Certaines anomalies ponctuelles, comme des décalages de canalisations, ne peuvent être solutionnées par l'intérieur et l'ouverture d'une fouille au droit du défaut s'impose quand le défaut est d'importance. Le remplacement du collecteur peut s'imposer mais ce type de travaux se distingue du cas précédent par son linéaire au maximum à 30 ml.

V.5.4.2. Réhabilitation Oued Salomon

Les travaux préconisés devront être effectués par l'intérieur, ils se résument ainsi :

■ Fraisage, découpage de la conduite pénétrante et reprise du masque et de son étanchéité au droit du raccordement.

■ Fraisage de la fissure et / ou des racines, reprise de la fissure par injection de résine ou de mortier et surfaçage de la paroi de la conduite.

■ Les problèmes de dépôts seront traités lors du curage de la conduite.

■ Les courbures et les changements de forme et de dimension sont autant de point de surveillance.

V.5.4.3. Réhabilitation des collecteurs

Les préconisations sur les conduites ont été limitées aux techniques disponibles en Algérie afin de favoriser les marchés de travaux nationaux. En effet il s'agit de multiples chantiers de petite taille, il n'est pas envisageable pour des raisons économiques et de taux de réponse d'opter pour des marchés internationaux qui auraient l'avantage d'agrandir les palettes de techniques possibles.

Les préconisations sont basées sur les inspections réalisées dans le cadre du diagnostic. Les catégories de préconisations sont les suivantes :

1- Reprise ponctuelle : il s'agit de défauts qui ont un impact sur la performance du système, qui peuvent conduire à une pollution du milieu récepteur ou encore présenter un risque pour la voirie et les riverains. Quoique ponctuels ces travaux sont à entreprendre sous deux ans au titre des travaux d'urgence. Ces désordres sont les suivants :

- Sol ou vide visible par le défaut (perforation).
- Fissure.
- Rupture et effondrement.
- Infiltration.
- Exfiltration.
- Branchement pénétrant.
- Racine.

2- Renouvellement de conduites : ces travaux sont liés aux mêmes problèmes que ci-dessus, mais concernent l'intégralité du tronçon entre deux regards de visite, lorsque la fréquence des désordres sur le tronçon est importante.

Lors des renouvellements de conduite à réaliser, les travaux suivants sont à prévoir afin d'encore améliorer la performance du système :

Pose d'une cunette dans tous les regards situés sur le chemin du renouvellement.

Reprise de l'intégralité des branchements dans leur partie publique au minimum avec pose d'un tabouret à la frontière du branchement privé – public. Il est recommandé de privilégier les raccordements des branchements dans les regards et d'éviter ainsi le raccordement direct dans les conduites.

V.5.4.4. Réhabilitation des ouvrages connexes

A. Regards

Différentes catégories de réhabilitation ont été définies en fonction de la nature du désordre constaté mais aussi de la nature de la réhabilitation. Elles sont les suivantes :

A.1. Réhabilitation du génie civil des regards

Ce type de travaux concerne la reprise du génie civil complet du regard (chambre et radier). Il s'agit surtout de travaux de fraisage et de colmatage. Cela peut être fait à base de mortier mais il est fortement conseillé d'effectuer ces travaux avec des résines spécialisées. Les causes de dégradation du génie civil des regards se résument ainsi :

Attaque chimique : L'H2S se combinant avec l'O2 atmosphérique se transforme en acide sulfurique dégradant les bétons et les fers. Des effluents industriels acides ou basiques contribuent également à ce type de dégradation.

Infiltration d'eaux claires parasites : via des fissures ou des perforations.

Intrusion racinaire : via des fissures ou des perforations.

Conduite pénétrante : un branchement mal effectué, pénétrant ou non, peut être source de dégradation du génie civil. Les risques d'abrasion mécanique (lors de chute ou des vitesses d'écoulements excessives par exemple) doivent être également pris en compte.

A.2. Aménagement hydraulique

Le réseau de Sidi Ahmed comporte des chutes, qui ont deux grands types de conséquence :

Associé à des réseaux à forte pente (vitesse excessive) ou encore des chutes de grande importance – supérieure à un mètre (lié à l'énergie cinétique ainsi acquise), le risque d'abrasion mécanique est avéré.

Les matières et les liquides n'ont pas la même vitesse de chute dans un même effluent. En conséquence, une chute d'eau génère une séparation et favorise ainsi la sédimentation des matières fermentescibles et inertes qui ne sont plus entraînées. À terme, cela produit de l'H2S et des obstructions.

Un des aménagements hydrauliques possible est la mise en place d'un toboggan (permettant à la fois de supprimer la chute et à la fois de guider l'effluent dans une cunette). D'autres options peuvent exister pour réduire les chutes ou la vitesse de l'écoulement. Il peut être cité :

Réduire les hauteurs de chutes par paliers disposés en cascade, uniquement dans le cas de grandes chambres.

Mise en place d'un tubage du collecteur permettant d'accompagner l'effluent jusqu'au radier aval.

Mise en place de chicane dans les collecteurs de grande taille principalement ou dans les grandes chambres au niveau des radiers. Cependant ce type d'aménagement est à réserver à des effluents peu chargés puisqu'il crée une difficulté de curage supplémentaire. C'est à éviter dans un réseau unitaire.

A.3. Suppression des traversées de réseau

Des traversées de regard par des conduites non liées au réseau d'assainissement ont été constatées. Ces traversées peuvent constituer un obstacle favorisant ou générant des obstructions et des encombrements. Selon la nature de la conduite, il peut s'agir d'une situation explosive (gaz) ou de source d'ECP (eau potable, eaux salines). A l'inverse, en cas de mise en charge du regard, la contamination par des eaux usées du réseau d'eau potable est possible.

Ce type de travaux nécessite d'identifier le réseau traversant puis de déplacer l'un des réseaux en concertation avec l'autre concessionnaire.

Le tableau ci-dessous quantifie le nombre d'opérations de réhabilitation de regard par catégorie.

Tableau V. 7 : *Synthèse du nombre de regards à réhabiliter par catégorie*

Thème	Justification	Zone Sidi Ahmed
Regard et chambre à réhabiliter : Génie civil	Attaque chimique	13
	Infiltration	45
	Intrusion racinaire	5
	État hydraulique-conduite pénétrante	0
	Totale génie civil	**63**
Aménagement hydraulique	Mise en place d'un toboggan	50
	Aménagement à déterminer au cas par cas	78
	Totale aménagement hydraulique	**128**
Traversé Réseau	ADE	1
	Gaz	0
	Non déterminé	1
	Télécom	1
	Totale traversé	**3**

A. Ouvrage spéciaux

Le diagnostic du système d'assainissement a montré que les ouvrages spéciaux existants sont :

■ Des sources de rejet direct d'effluents bruts par temps sec ou par temps de pluie.

■ A l'origine de confusion sur la nature des réseaux de collecte (eaux pluviales, eaux usées et unitaires).

■ Souvent mal dimensionnés ou mal positionnés géographiquement ou altimétriquement pour évacuer les eaux pour les pluies de fréquence supérieure à un mois.

■ Non gérés, non accessibles perdant ainsi leur fonction primaire (pour les décanteurs) et favorisant l'encombrement.

Le tableau ci-après inventorie les ouvrages spéciaux du réseau actuel et indique les préconisations concernant leur devenir.

Tableau V. 8 : *Inventaire et préconisation relatifs aux ouvrages spéciaux existants*

Code	Type	Travaux	
		Action	**Réhabilitation**
OS1	TP de réseau	Suppression	Maintien d'un regard à réhabiliter
OS2	OR	Suppression	Maintien d'un regard à réhabiliter
OS3	TP de réseau	Maintien jusqu'à la mise en place du projet SDA puis création d'un nouveau TP	-
OS12	OR	Mise en place d'une cunette pour faciliter le libre-écoulement	Réhabilitation du regard
OS20	OR	Suppression	Maintien d'un regard à réhabiliter
OS39	OR	Suppression	-
OS44	OR	Suppression	-
OS47	OR	Suppression	-
OS52	OR	Suppression	-
OS62	OR	Maintien jusqu'au renouvellement des conduites	-
OS63	PH	Conservation sans Changement	-
OS64	OR	Maintien jusqu'au renouvellement des conduites	-
OS65	OR	Maintien jusqu'au renouvellement des conduites	-
OS68	PH	Suppression	-
OS71	OR	Maintien jusqu'au renouvellement des conduites Mise en place d'une cunette pour faciliter le libre-écoulement	-
OS72	OR	Maintien jusqu'au renouvellement des conduites Mise en place d'un programme de curage préventif semestriel Mise en place d'une cunette pour faciliter le libre-écoulement	-
OS90	Dessableur	Mise en place d'un programme de curage préventif annuel Mise en place de point d'accès (regard et trappe)	Réhabilitation de la chambre
OS91		Mise en place d'un programme de curage préventif semestriel Mise en place de point d'accès (regard et trappe)	-
OS92		Mise en place d'un programme de curage préventif semestriel Mise en place de point d'accès (regard et trappe)	-

OS93		Mise en place d'un programme de curage préventif semestriel Mise en place d'une cunette pour faciliter le libre-écoulement Mise en place de point d'accès (regard et trappe)	-
OS95		Mise en place d'un programme de curage préventif semestriel Mise en place d'une cunette pour faciliter le libre-écoulement	-

V.5.5. Actions liées à l'exploitation

L'optimisation du système d'assainissement ne peut être garantie seulement par une politique de restructuration et de réhabilitation de ce système, mais par une juste adéquation entre cette restructuration et une gestion performante du système lui-même. L'efficacité de la gestion d'un réseau d'assainissement dépend de trois caractéristiques indispensables :

- L'accessibilité.
- Le libre écoulement dans les conduites.
- Le bon fonctionnement des systèmes de pompage.

Il est proposé de rétablir pleinement l'accès au réseau et son libre écoulement. Les travaux et actions à engager seront entrepris dans un ordre logique :

- Dans un premier temps, rendre accessibles les canalisations et leurs points d'accès.
- Puis en second lieu rétablir le libre écoulement par curage. Un découpage en tranches permettra une meilleure rationalisation des travaux à réaliser.

V.5.5.1. Mise en accessibilité du réseau

Les travaux d'accessibilité sont évalués en cinq thématiques principales se traduisant par des opérations de travaux différentes, et aussi sont classés par ordre de priorité d'intervention.

Le tableau ci-après en présente la synthèse par thématique et par priorité.

Tableau V. 9 : *Travaux de libre accessibilité par priorité et thématique*

Priorité	Thème
1	Tampon circulaire manquant à remplacer
2	Tampon circulaire cassé à remplacer
3	Regards à rendre accessible et à rehausser
4	Regards à rendre accessible par la reprise de la fermeture en tampon
5	Regards à rendre accessible, reprise de la fermeture et à rehausser

Les arguments de classement prioritaire et de thématiques sont les suivants :

■ **Priorité 1 :** Il s'agit des tampons circulaires manquants. Ils sont prioritaires dans la mesure où ils sont dangereux pour les riverains et les usagers mais représentent également une source d'introduction d'éléments indésirables pour le système d'assainissement (matériaux de construction déchet ménagers et industriels, …).

■ **Priorité 2** : Il s'agit des tampons circulaires cassés. Ils sont prioritaires dans la mesure où ils sont dangereux pour les riverains et les usagers mais représentent eux aussi une source d'introduction d'éléments indésirables pour le système d'assainissement. De plus les débris du tampon une fois dégradé peuvent chuter dans le regard et venir obstruer le réseau d'assainissement.

■ **Priorité 3 :** Il s'agit des regards circulaires non accessibles, sous terre ou sous bitume. Les opérations de mise en accessibilité sont relativement simples : Détection – Débitumage – Rehausse.

■ **Priorité 4 :** Il s'agit des dalles en béton dites accessibles car visibles, en bon état, cassées ou encore manquantes. L'opération est un peu plus complexe dans la mesure où elle nécessite de reprendre le génie civil du regard afin de remplacer le cadre existant par un cadre se finissant sur un tampon classique de voirie

■ **Priorité 5 :** Il s'agit des dalles en béton enterrées. En sus des opérations et difficultés évoquées en priorité 3 et 4, un problème supplémentaire peut survenir à la détection.

A. Curage

Il est proposé de rétablir le libre écoulement sur l'intégralité du réseau d'assainissement via un plan de curage préventif et curatif proposé ci-après distinguant :

■ Le curage des collecteurs et celui des ouvrages.

■ Les urgences et les priorités selon les résultats de diagnostic.

À titre informatif, à ce plan ont été ajoutés les ouvrages n'existant pas encore actuellement mais qui sont proposés dans le cadre des travaux de renforcement et d'extension du réseau de collecte.

Chaque collecteur a été classé dans une seule catégorie. Quand les critères impliquaient son classement dans plusieurs catégories, la classe la plus prioritaire a été retenue.

Le curage des regards de visites n'est pas indiqué spécifiquement dans la mesure où il est considéré que ces derniers sont curés en concomitance avec les réseaux associés.

Le tableau suivant montre les types d'ouvrages existants ou en phase d'achèvement par fréquence de curage et entretien.

Tableau V. 10 : *Les ouvrages existants à curer. Source : SCE*

Fréquence de curage et d'entretien	**Type d'ouvrage en réseau**
trimestrielle	SR de refoulement
semestrielle	Trop-plein
	Ouvrage de régulation
	Point haut
Annuelle	Déssableur-Décanteur

V.5.5.2. Surveillance de l'évolution des désordres

Certains des désordres constatés lors des inspections du réseau de la phase de diagnostic, bien que sans impact significatif actuellement sur la performance du système et n'impliquant donc pas de travaux d'urgence, peuvent évoluer et à moyen et long termes nécessiter des interventions et des travaux de réhabilitation. Il est donc conseillé de les surveiller de manière proactive. Ces désordres ou observations sont les suivants :

■ **Dégradation de surface :** Ce type de défaut peut évoluer en pénétration de racine, en fissure ou encore en perforation.

■ **Déplacement d'assemblage :** Ce type de défaut peut évoluer en perforation voire en affaissement.

■ **Courbure :** Selon l'importance de celle-ci, ce type d'observation peut conduire à des défauts de type encombrement, abrasion mécanique ou encore fissure ou perforation.

■ **Changement de matériau :** Il s'agit souvent d'un point de faiblesse d'un collecteur si les matériaux ne sont pas compatibles. Ce type d'observation peut conduire à des fissures, à des pénétrations de racines, à des perforations voire une désolidarisation structurante de la conduite donc à des affaissements et des effondrements.

■ **Changement de dimension :** Il s'agit souvent d'un point de faiblesse d'un collecteur à l'extérieur hors d'un regard. Ce type d'observation peut conduire à des fissures, à des

pénétrations de racines, à des perforations voire une désolidarisation structurante de la conduite donc à des affaissements et des effondrements.

■ **Trace de mise en charge :** Il s'agit d'une observation témoignant souvent d'autres désordres hydrauliques. Il convient de les surveiller afin de se prémunir de toutes dégradations supplémentaires du collecteur menant à des débordements non maîtrisés.

■ **Déformation :** Ce type de défaut peut devenir une source d'encombrement du réseau et peut également évoluer vers une réduction de la capacité hydraulique du collecteur et sur le long terme à une rupture ou un effondrement du collecteur.

Il est également recommandé d'inspecter certains collecteurs qui n'ont pas pu être inspectés lors de la phase de diagnostic en raison de leur trop fort encombrement. Il convient de les rendre accessible et de les curer dans la mesure où ils restent pertinents de les inspecter.

V.6. Conclusion

Il est très important dans un projet de réhabilitation de bien définir les objectifs du traitement. Si le but est de masquer une infiltration ponctuelle ou de traiter une casse ponctuelle, les techniques de maintenance (ou de réparation ponctuelle) sont parfaitement adaptées. Si par contre le but est de remettre à neuf une canalisation entre deux regards, avec des essais d'étanchéité et une demande de garantie ou de longévité, les techniques de réhabilitation continue et remplacement sont préférables. En tout état de cause il n'est pas rigoureux, techniquement parlant, de comparer un de réparations ponctuelles avec un projet de réhabilitation.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Conclusion générale

Au cour de cette étude, nous avons essayé d'élaborer un diagnostic structurel et foncionel de l'ensemble du réseau de la zone Sidi Ahmed Bejaia.

Notre réseau est équipé de nombreux ouvrages spéciaux (trop-pleins, dessableurs, point haut de réseau) qui d'une manière générale requièrent un curage à courte échéance, puis une surveillance et une maintenance préventive.

Sur le plan fonctionnel, la campagne de métrologie et les inspections nocturnes ont permis de dresser un premier bilan quantitatif de la performance du système d'assainissement à l'échelle de la zone. Il confirme un taux important d'eaux claires parasites (56% en moyenne), touchant tous le bassin de collecte. Les rejets au milieu récepteur sont nombreux et une faible partie des effluents parvient jusqu'à une station d'épuration. Les ECP ont un caractère diffus, transitoire, qui empêche de les mesurer et les localiser avec précision. Il n'est pas possible d'identifier des tronçons ou des secteurs présentant un fort taux d'ECP pouvant être réduit par une intervention ponctuelle de réhabilitation ou remplacement.

Le système d'assainissement se met régulièrement en charge par temps de pluie, jusqu'à potentiellement déborder sur la chaussée. Ces débordements proviennent directement du fort taux d'encombrement des collecteurs qu'on a remarqué lors des inspections du réseau, au point de rendre ctte dernière impossibles sur certains tronçons. Par ailleurs, la conception du système d'assainissement en petits réseaux rejoignant très vite le milieu récepteur le plus proche (les nombreux chaaba et oueds) multiplie le nombre de points de rejet mais également induit un sousdimensionnement global du réseau.

La modélisation hydraulique du réseau met en évidence les limites du système actuel. Par temps sec, les effluents transitent sans débordement malgré des mises en charge ponctuelles, toutefois la plus large partie est rejetée directement au milieu récepteur sans traitement. Par temps de pluie, et à mesure que la période de retour des pluies augmente, le réseau tend à déborder et ce y compris pour une pluie mensuelle dans les zones où le réseau est très encombré. Au-delà d'une pluie bisannuelle, certaines zones débordent de manière systématique. Il est important de noter que de nombreux bâtiments publics et d'intérêts prioritaires (hôpitaux, cliniques, écoles, administration) se trouvent dans des zones sujettes à débordement.

En conclusion, dans sa configuration actuelle, le réseau ne remplit pas les objectifs assignés à un système d'assainissement : protéger le milieu récepteur, la santé et la sécurité des biens et des personnes. Si le fort taux d'encombrement aggrave ces défaillances, celles-ci proviennent également de problèmes d'ordre structurel.

Il est donc nécessaire de repenser la conception, la structuration et le dimensionnement du système pour pallier ces difficultés, par des different méthodes et technique : chemisage, fraisage, tubage ...

BIBLIOGRAPHIE

[1][2][7][8][14][15] Rapport de sous mission A6 ONA Bejaia**.**

[42] [43] Rapport de sous mission B7 ONA Bejaia**.**

[50] [51][55][56] Rapport de sous mission D2 ONA Bejaia.

[3] Site Infoclimat.fr.

[5][6] Étude de l'entreprise Stucky enhyd.

[9] SCE et EHE.

[10][18][21][22][23][24][25][26][27][28][29][30][31] Donnés de l'entreprise SCE (Aménagement & l'environnement).

[11][12][13][16][17] [49] Logiciel QGIS.

[19][20] L'entreprise ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydriques).

[35] Mémoire Fin d'étude '' Modélisation du réseau d'assainissement'' de l'université de ENGEES

[33][34][36] Rapport de master sur ''La modélisation de la gestion de pluie en milieu urbanisé'' d'école polytechnique fédérale de Lausanne''.

[32] Cour de la formation à distance du 20 janvier de l'école ENGEES.

[37] Site HydroPraxis.

[38] Qgis User Guide.

[39]Documentation Guide LINES.

[40] [41] [48] Rapport de SEAAL (Société des eaux de l'assainissement d'Alger).

[44] [45] [46] Cour de la formation Professionnel de SEAAL.

ANNEXES

Annexe 01 : *Inspection des collecteurs non visitables*

<table>
<tr><td colspan="2">Tronçon 2824 vers CB</td></tr>
<tr><td>Période : Temps sec
Nettoyage Préalable : Non
Types d'effluents : Eaux pluviales
Fonctionnement : Gravitaire Matériau : béton
Section : circulaire Prof FE Amont : CB Prof FE Aval : 2.7 m
Longueur totale Dy tronçon : 22 ml
Niveau d'eau : 0 cm</td><td>

Effondrement linéaire d'une longueur de 8m</td></tr>
<tr><td colspan="2">Tronçon 2312 vers NI</td></tr>
<tr><td>Période : Temps sec
Nettoyage Préalable : Non
Types d'effluents : Eaux pluviales
Fonctionnement : Gravitaire
Matériau : béton
Section : circulaire
Diamètre : 1000 mm
Prof FE Amount : 1.9m
Prof FE Avail : ND
Longueur totale Dy tronçon : 29.6 ml
Niveau d'eau : 40 cm
État de la conduite : 5</td><td>

Niveau d'eau
Dépôt dur 80 %</td></tr>
<tr><td colspan="2">Tronçon 3306 vers CB</td></tr>
<tr><td>Période : Temps sec
Nettoyage Préalable : Non
Types d'effluents : unitaire
Fonctionnement : Gravitaire
Matériau : béton
Section : circulaire
Diamètre : 1000 mm
Prof FE Amont : ND
Prof FE Aval : ND
Longueur totale Dy tronçon : 26.2 ml
Niveau d'eau : 4 cm
État de la conduite : 6</td><td>

Rupture de la conduite
Sol visible par le défaut en bas de la conduite
Infiltration goûte à goûte</td></tr>
<tr><td></td><td>

Dégradation mécanique de surface Dépôt Démobilisable <10%</td></tr>
</table>

Tronçon 3098 vers 3097	
Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** Unitaire **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** béton **Section :** circulaire **Diamètre :** 800mm **Prof FE Amont :** ND **Prof FE Aval :** ND **Longueur totale Dy tronçon :** 47.6 ml **Niveau d'eau :** 10 cm **État de la conduite :** 4	 Trace de mise en charge linéaire d'une longueur de 20m 50% Déplacement d'assemblage Une forte pente
Tronçon 1219 vers 1218	
Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** Eaux usées **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** béton **Section :** circulaire **Diamètre :** 500mm **Prof FE Amount :** ND **Prof FE Avail :** 1.8 m **Longueur totale Dy tronçon :** 39.4 ml **Niveau d'eau :** 10 cm **État de la conduite :** 4	 Fissure superficielle en haut de la conduite Déplacent d'assemblage ponctuel - déboîtement longitudinal Niveau d'eau Perte de visibilité
 Dégradation chimique de surface	 **Déformation horizontal**
Tronçon 1461 vers CB	
Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** Eaux usées **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** béton **Section :** circulaire **Diamètre :** 200 mm **Prof FE Amount :** 1.47 m **Prof FE Avail :** ND **Longueur totale du tronçon :** 0.6 ml **Niveau d'eau :** 2 cm **État de la conduite :** 3	 Sol visible par le défaut en haut de la conduite Dégradation chimique et mécanique de surface

Rupture et Effondrement de la conduite
Exfiltration

Tronçon 1208 vers 1468

Période : Temps sec
Nettoyage Préalable : Non
Types d'effluents : Eaux pluviales
Fonctionnement : Gravitaire **Matériau :** béton
Section : circulaire **Diamètre :** 300 mm **Prof FE Amont :** ND
Prof FE Avail : 1.67 m
Longueur totale du tronçon : 29.1 ml
Niveau d'eau : 4 cm
État de la conduite : 6

Trace de mise en charge >50 %
Forte pente
Déplacent d'assemblage ponctuel - déboîtement longitudinal

Tronçon 1474vers 1476

Période : Temps sec
Nettoyage Préalable : Non
Types d'effluents : Eaux pluviales
Fonctionnement : Gravitaire **Matériau :** PVC lisse
Section : circulaire **Diamètre :** 400 mm **Prof FE Amount :** ND
Prof FE Aval : 1.47 m
Longueur totale du tronçon : 30.8 ml
Niveau d'eau : 4 cm
État de la conduite : 5

Courbure vers la gauche > 45 %
Faible pente

Tronçon 2084 vers 2086

Période : Temps sec
Nettoyage Préalable : Non
Types d'effluents : unitaire
Fonctionnement : Gravitaire
Matériau : béton
Section : circulaire
Diamètre : 500 mm
Prof FE Amont : 1.85 m
Prof FE Aval : 1.19 m
Longueur totale Dy tronçon : 45 ml
Niveau d'eau : 3 cm
État de la conduite : 6

Courbure ponctuel < 45° vers le bas

Tronçon 1480 vers 1479

Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** unitaire **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** béton **Section :** circulaire **Diamètre :** 300 mm **Prof FE Amont :** 1.38 m **Prof FE Aval :** ND

Longueur totale du tronçon : 15.9 ml

Niveau d'eau : 2 cm

État de la conduite : 3

Courbure vers le haut

Dégradation chimique de surface
Déplacent d'assemblage ponctuel - déboîtement longitudinal

Obstacle

Tronçon 2730 vers 2738

Période : Temps sec

Nettoyage Préalable : Non

Types d'effluents : Eaux pluviales

Fonctionnement : Gravitaire **Matériau :** béton

> 45 °

Section : circulaire

Diamètre : 400 mm **Prof FE Amont :** ND **Prof FE Aval :** 2.07 m

Longueur totale du tronçon : 43.3 ml

Niveau d'eau : 1 cm

État de la conduite : 4

Dépôt dur >45
Vide visible par défaut
Courbure vers le haut

Tronçon 2481

Période : Temps sec

Nettoyage Préalable : Non

Types d'effluents : Eaux pluviales

Fonctionnement : Gravitaire **Matériau :** béton

Section : circulaire **Diamètre :** 400 mm **Prof FE Amont :** 1.45 m **Prof FE Aval :** 1.45 m

Longueur totale du tronçon : 57.6 ml

Niveau d'eau : 2 cm

État de la conduite : 1

Rupture de la paroi
Sol visible par défaut en haut

Pénétration par un trou

Exfiltration
Déboîtement

Rupture et Effondrement Un
trou pénétrant Déformation

Tronçon 2730 vers 2738

Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** Eaux usées **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** béton
Section : circulaire
Diamètre : 400 mm **Prof FE Amont :** ND **Prof FE Aval :** ND
Longueur totale du tronçon : 21.2 ml
Niveau d'eau : 2 cm
État de la conduite : 4

Dégradation chimique de surface

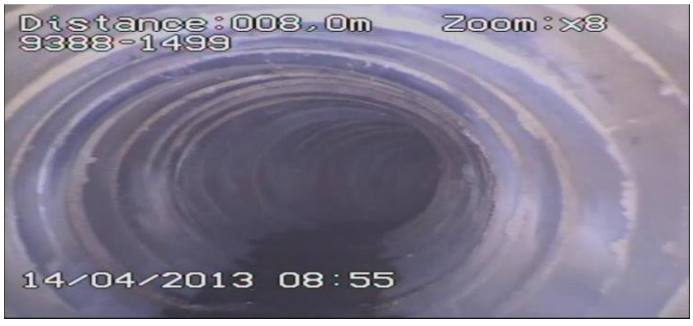
Tronçon 7715 vers CB

Période : Temps sec
Nettoyage Préalable : Non
Types d'effluents : Unitaire
Fonctionnement : Gravitaire
Matériau : béton
Section : circulaire
Diamètre : 600 mm
Prof FE Amont : 1.4 m
Prof FE Aval : ND
Longueur totale du tronçon : 14.9 ml
Niveau d'eau : 2 cm
État de la conduite : 4

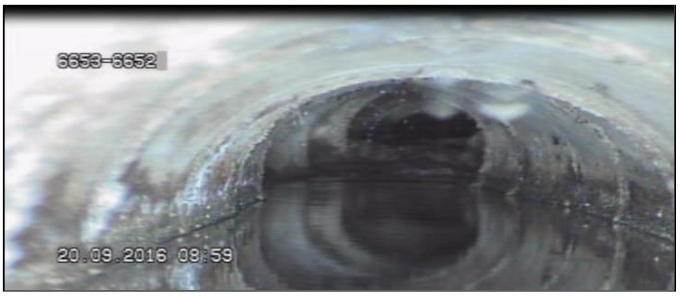
Courbure vers la gauche

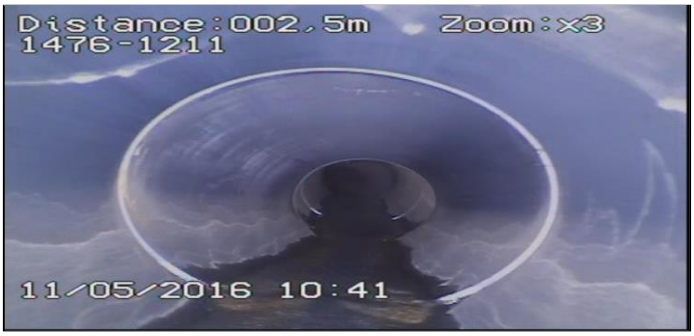
Tronçon 9388 vers 1499

Période : Temps sec
Nettoyage Préalable : Non **Types d'effluents :** Unitaire
Fonctionnement : Gravitaire
Matériau : béton
Section : circulaire
Diamètre : 600 mm **Prof FE Amont :** ND **Prof FE Aval :** 1.6 m
Longueur totale du tronçon : 46.5 ml
Niveau d'eau : 2 cm
État de la conduite : 6



Courbure vers la droite
Déplacement d'assemblage ponctuel - déboîtement longitudinal

Tronçon 6653 vers 6652	
Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** Unitaire **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** béton **Section :** circulaire **Diamètre :** 300 mm **Prof FE Amont :** ND **Prof FE Aval :** 1.34 m **Longueur totale du tronçon :** 14.3 ml **Niveau d'eau :** 30 cm **État de la conduite :** 3	 Niveau d'eau > 25 % Dépôt 17 %

Tronçon 1450 vers 1190	
Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** Eaux usées **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** PVC lisse **Section :** circulaire **Diamètre :** 300 mm **Prof FE Amont :** 2.8 m **Prof FE Aval :** 1.3 m **Longueur totale du tronçon :** 45.2 ml **Niveau d'eau :** 1 cm **État de la conduite :** 6	
	Courbure vers le haut < 90°
Tronçon 6653 vers 6652	
Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** Eaux pluviales **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** PVC lisse **Section :** circulaire **Diamètre :** 400 mm **Prof FE Amont :** 1.47 m **Prof FE Aval :** ND **Longueur totale du tronçon :** 28.4 ml **Niveau d'eau :** 1 cm **État de la conduite :** 6	
	Déplacement d'assemblage ponctuel - déboîtement longitudinal
Tronçon 1458 vers 1451	
Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** Eaux usées **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** PVC lisse **Section :** circulaire **Diamètre :** 400 mm **Prof FE Amont :** ND **Prof FE Aval :** .1.17 m **Longueur totale du tronçon :** 23.6 ml **Niveau d'eau :** 0 cm **État de la conduite :** 3	 Dépôt dur 38 %

Tronçon 1210 vers 1214

Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** Eaux usées **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** béton **Section :** circulaire **Diamètre :** 400 mm **Prof FE Amont :** ND **Prof FE Aval:** ND **Longueur totale du tronçon :** 24.5 ml **Niveau d'eau :** 0 cm **État de la conduite :** 5	 Déplacement d'assemblage ponctuel - déboîtement longitudinal Dépôt démobilisable Courbure vers la droite < 45°
Tronçon 3208 vers 3142	
Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** Unitaires **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** béton **Section :** circulaire **Diamètre :** 800 mm **Prof FE Amont :** ND **Prof FE Aval :** ND **Longueur totale du tronçon :** ND **Niveau d'eau :** 50 cm **État de la conduite :** 3	

	Trace de mise en charge Niveau d'eau Déplacement d'assemblage ponctuel - déboîtement longitudinal
	Obstacle en bas à gauche Exfiltration
Tronçon 3142 vers R	
Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** Unitaires **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** béton **Section :** circulaire **Diamètre :** 800 mm **Prof FE Amont :** ND **Prof FE Aval :** ND **Longueur totale du tronçon :** 37 ml **Niveau d'eau :** 3 cm **État de la conduite :** 6	
	Trace d'infiltration Faible pente
	Déplacement d'assemblage ponctuel - déboîtement longitudinal

Tronçon 9320 vers R	
Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** Eaux pluviales **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** béton **Section :** circulaire **Diamètre :** 500 mm **Prof FE Amont :** 1.6 m **Prof FE Aval:** ND **Longueur totale du tronçon :** 26.9 ml **Niveau d'eau :** 0 cm **État de la conduite :** 5	
	Dépôt de 20 %
Tronçon 0290 vers 0289	

Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** unitaire **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** béton **Section :** circulaire **Diamètre :** 400 mm **Prof FE Amont :** 1.4 m **Prof FE Aval :** ND **Longueur totale du tronçon :** 33.4 ml **Niveau d'eau :** 3 cm **État de la conduite :** 5	 Cassure ouverte Infiltration – goûte a goûté à droite Branchement pénétrant Infiltration – écoulement net à gauche

Tronçon 3357 vers 3358	
Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** unitaire **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** béton **Section :** circulaire **Diamètre :** 1000 mm **Prof FE Amont :** 2.2 m **Prof FE Aval :** ND **Longueur totale du tronçon :** 35.8 ml **Niveau d'eau :** 5 cm **État de la conduite :** 4	 Autre obstacle – problème d'alignement en axe horizontal – les buses n'ont pas le même axe horizontal Emboîtement décentré
Tronçon 1466 vers 1189	
Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** Eaux pluviales **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** PVC lisse **Section :** circulaire **Diamètre :** 300 mm **Prof FE Amont :** ND **Prof FE Aval:** 1.17 m **Longueur totale du tronçon :** 21.8 ml **Niveau d'eau :** 3 cm **État de la conduite :** 4	 Déformation vertical Contre pente forte Déplacement d'assemblage ponctuel - déboîtement longitudinal
Tronçon 1466 vers 1468	

Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** Eaux pluviales **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** béton **Section :** circulaire **Diamètre :** 300 mm **Prof** **FE Amont :** 1.35 **Prof FE** **Aval:** 1.17 m **Longueur totale du tronçon :** 29.2 ml **Niveau d'eau :** 2 cm **État de la conduite :** 5	

	Déplacement d'assemblage ponctuel - déboîtement longitudinal Rupture en haut du collecteur
	dégradation mécanique de surface – problème de joint exfiltration en bas du collecteur
Tronçon 7795 vers NI	
Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** Eaux pluviales **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** béton **Section :** circulaire **Diamètre :** 300 mm **Prof FE** **Amont :** ND **Prof FE Aval:** 1.5 m **Longueur totale du tronçon :** 28.6ml **Niveau d'eau :** 0 cm **État de la conduite :** 3	
	Dépôt dur 15% Déplacement d'assemblage ponctuel - déboîtement longitudinal

	Courbure vers la droite < 45 ° Contre pente faible Vide visible par le défaut
Tronçon 8780 vers NI	
Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** Eaux usées **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** béton **Section :** circulaire **Diamètre :** 300 mm **Prof FE Amont :** ND **Prof FE Aval:** 1.45 m **Longueur totale du tronçon :** 14 ml **Niveau d'eau :** 20 cm **État de la conduite :** 4	 Dégradation chimique de surface Niveau d'eau Dépôt Démobilisable > 25 %
Tronçon 8780 vers NI	

Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** unitaire **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** béton **Section :** circulaire **Diamètre :** 1000 mm **Prof FE Amont :** 2.93 m **Prof FE Aval :** ND **Longueur totale du tronçon :** 21.9 ml **Niveau d'eau :** 10 cm **État de la conduite :** 4	 Branchement pénétrant Dépôt Démobilisable 20% Trace de mise en charge
Tronçon 8780 vers NI	
Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** Eaux usées **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** PVC lisse **Section :** circulaire **Diamètre :** 300 mm **Prof FE Amont :** ND **Prof FE Aval:** 1.1 m **Longueur totale du tronçon :** 57.4 ml **Niveau d'eau :** 2 cm **État de la conduite :** 6	 Déformation horizontal Dépôt Démobilisable 5%
Tronçon 6644 vers 6645	

Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** Unitaires **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** béton **Section :** circulaire **Diamètre :** 400 mm **Prof FE Amont :** ND **Prof FE Aval :** ND **Longueur totale du tronçon :** 15 ml **Niveau d'eau :** 1 cm **État de la conduite :** 4	 Déplacement d'assemblage ponctuel - déboîtement longitudinal Dépôt dure Dégradation chimique de surface

Tronçon 1600 vers 1499	
Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** Unitaires **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** béton **Section :** circulaire **Diamètre :** 600 mm **Prof FE Amont :** 2.7 m **Prof FE Aval :** 2.63 m **Longueur totale du tronçon :** 10.4 ml **Niveau d'eau :** 2 cm **État de la conduite :** 3	 Déplacement d'assemblage ponctuel - déboîtement longitudinal Fissure ouverte - agression lors des travaux d'autres entreprises – écoulement net Obstacle en bas de la conduite
Tronçon 3130 vers CB	
Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** Unitaires **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** béton **Section :** circulaire **Diamètre :** 1000 mm **Prof FE Amont :** 2.7 m **Prof FE Aval :** ND **Longueur totale du tronçon :** 21.4 ml **Niveau d'eau :** 2 cm **État de la conduite :** 4	 Plusieurs branchements en borgne
Tronçon 9319 vers 3473	

Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** Unitaires **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** béton **Section :** circulaire **Diamètre :** 500 mm **Prof FE Amont :** ND **Prof FE Aval :** 1.6 m **Longueur totale du tronçon :** 30.6 ml **Niveau d'eau :** 40 cm **État de la conduite :** 2	 Dégradation chimique de surface Niveau d'eau
Tronçon 3294 vers NI	
Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** Unitaires **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** béton **Section :** circulaire **Diamètre :** 1000 mm **Prof FE Amont :** ND **Prof FE Aval :** ND **Longueur totale du tronçon :** 5.7 ml **Niveau d'eau :** 2 cm **État de la conduite :** 5	 Deux branchements en borgne
Tronçon 3130 vers CB	
Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** Unitaires **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** béton **Section :** circulaire **Diamètre :** 1000 mm **Prof FE Amont :** ND **Prof FE Aval :** 2.02 **Longueur totale du tronçon :** 7.3 ml **Niveau d'eau :** 2 cm **État de la conduite :** 5	 Courbure vers la droite Problème d'alignement
Tronçon 3182 vers 3184	

Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** Eaux pluviales **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** béton **Section :** circulaire **Diamètre :** 500 mm **Prof FE Amont :** 2.1m **Prof FE Aval:** 2.3m **Longueur totale du tronçon :** 7.8 ml **Niveau d'eau :** 3 cm **État de la conduite :** 5	 Trace de mise en charge Déboîtement au niveau de joint en bas du collecteur Manque de pente

Tronçon 1456 vers 1453	
Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** Eaux pluviales **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** PVC lisse **Section :** circulaire **Diamètre :** 300 mm **Prof FE Amont :** ND **Prof FE Aval:** ND **Longueur totale du tronçon :** 39.4 ml **Niveau d'eau :** 0 cm **État de la conduite :** 6	 Arrivage au regard avec une cassure de son paroi déformation verticale
Tronçon 3200 vers R1	
Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** Eaux pluviales **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** béton **Section :** circulaire **Diamètre :** 300 mm **Prof FE Amont :** ND **Prof FE Aval:** ND **Longueur totale du tronçon :** 18 ml **Niveau d'eau :** 0 cm **État de la conduite :** 4	 Dépôt 10% Fissure ouverte en bas des collecteurs Déboîtement au niveau des joints Sol visible par le défaut Perte de visibilité
Tronçon 1503 vers 9391	
Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** Eaux Usées **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** béton **Section :** circulaire **Diamètre :** 100 mm **Prof FE Amont :** ND **Prof FE Aval:** 2.73 m **Longueur totale du tronçon :** 14.7 ml **Niveau d'eau :** 3 cm **État de la conduite :** 4	 Dépôt 25 % Dégradation chimique de surface- corrosion
Tronçon 2869 vers CB	

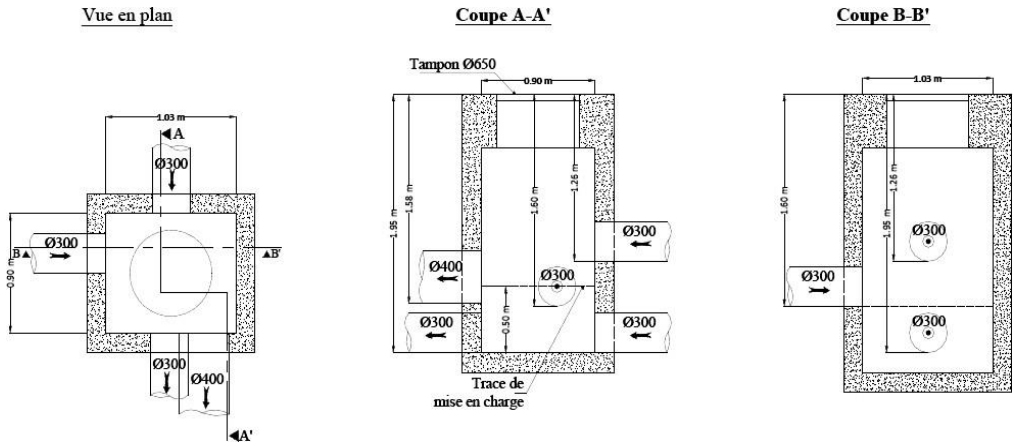
Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** Eaux Pluviales **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** béton **Section :** circulaire **Diamètre :** 700 mm **Prof FE Amont :** ND **Prof FE Aval :** 2.12 m **Longueur totale du tronçon :** 43.9 ml **Niveau d'eau :** 3 cm **État de la conduite :** 3	 Obstacle- une poutrelle qui traverse la conduite

Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** Unitaire **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** béton **Section :** circulaire **Diamètre :** 800 mm **Prof FE Amont :** 2.7 m **Prof FE Aval :** 2.6 m **Longueur totale du tronçon :** 120.6 ml **Niveau d'eau :** 10 cm **État de la conduite :** 3	 Dégradation chimique de surface- corrosion de la paroi Changement de dimensionnement Perte de visibilité
Tronçon 1480 vers 1485	
Période : Temps sec **Nettoyage Préalable :** Non **Types d'effluents :** Eaux pluviales **Fonctionnement :** Gravitaire **Matériau :** béton **Section :** circulaire **Diamètre :** 500 mm **Prof FE Amont :** ND **Prof FE Aval :** ND **Longueur totale du tronçon :** 23.6 ml **Niveau d'eau :** ND **État de la conduite :** 6	 Effondrement Fissure ouverte Dépôt 20% Déplacement d'assemblage ponctuel - déboîtement longitudinal Inspection terminée avant le nœud d'arriver

ANNEXE 02 : Les ouvrages spécieux

❖ *Ouvrage de régulation N° 04*

A. Schéma



A. Caractéristique de l'ouvrage

	Type				
	Amont			Aval	
	Flux entrant1	**Flux entrant2**	**Flux entrant3**	**Flux conservé**	**Flux déversé**
Diamètre (mm)	300	300	300	300	400
Matériaux	Béton				
Cote Tampon CT (NGA)	52.56				
Cote fil d'eau CFE (NGA)	50.61	51.30	50.96	50.61	50.98
Profondeur de fil d'eau (m)	1.95	1.26	1.60	1.95	1.58
Hauteur de dépôt (cm)	ND	ND	ND	ND	ND

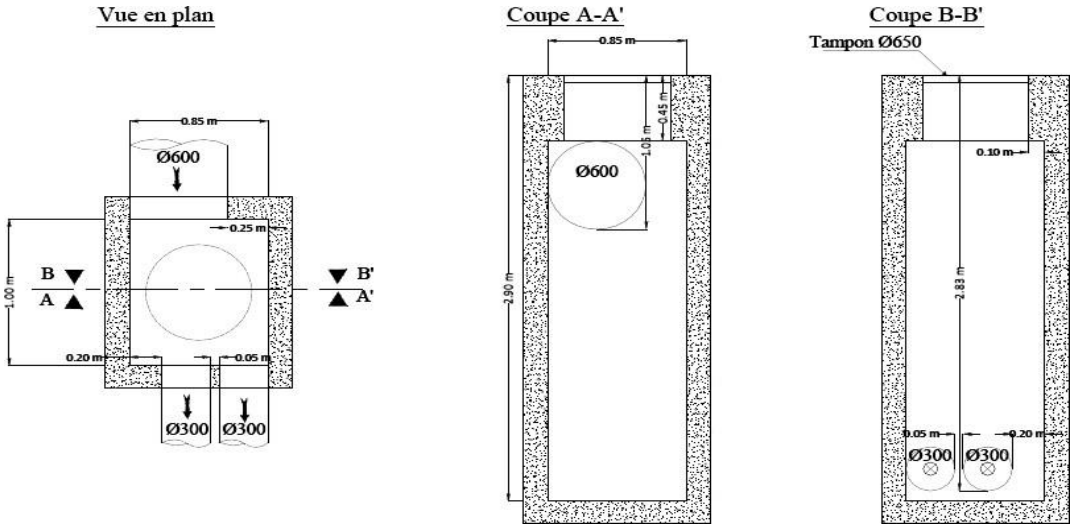
Type d'effluent : Unitaire
Présence de racines : Non
Présence de H2O : 0
Corrosion prononcée : Non
Seuil dégradé : Non
Génie civil dégradé : Oui
Échelons manquants : Oui
Obstacle : Oui **Débordement :** Non **Dépôts importants :** Oui
Trace de mise en charge : Oui
Fonctionnement : le tirant d'eau au-dessus de 370 mm, le regard fonctionnera en ouvrage de régulation

Vue générale	**Flux entrant 1,2et 3**	**Flux conservé et flux déversé**

-Armature de la paroi amont gênant l'écoulement et favorise l'encrassement et l'accrochage des déchets.

❖ ***Ouvrage de régulation N° 05***

A. **Schéma**



B. ***Caractéristiques del'ouvrage***

	Type		
	Amont	Aval	
	Flux entrant	Flux conservé 1	Flux conservé 2
Diamètre (mm)	600	300	300
Matériaux	Béton		
Cote Tampon CT (NGA)	135.66		
Cote fil d'eau CFE (NGA)	134.61	132.83	132.83
Profondeur de fil d'eau (m)	1.05	2.83	2.83
Hauteur de dépôt (cm)	ND	ND	ND

Type d'effluent : Unitaire
Présence de racines : Non
Présence de H2O : 0
Corrosion prononcée : Non
Seuil dégradé : Non
Génie civil dégradé : Oui
Échelons manquants : Oui
Obstacle : Oui **Débordement :** Non **Dépôts importants :** Non
Trace de mise en charge : Non **Fonctionnement :** Les deux conduites aval Ø300 sont au même radier.

Vue générale	Flux entrant	Flux conservé 1et 2

-Le génie civil est dégradé. Des fers de la paroi amont gênent l'écoulement et peuvent favoriser le blocage de déchets et l'encombrement de l'ouvrage et du collecteur amont.
-On notera la présence de cailloux au niveau de l'ouvrage.

❖ ***Ouvrage de régulation N°06***

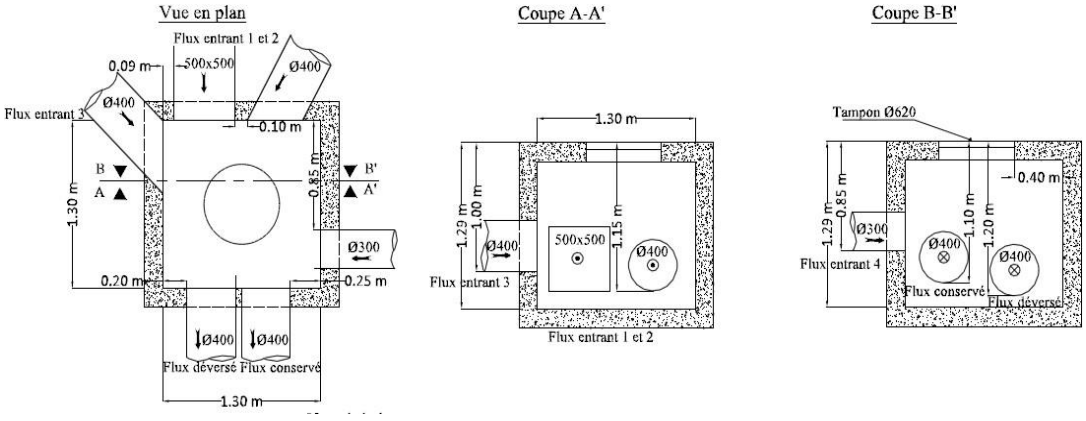
A. Caractéristique de l'ouvrage

	Type			
	Amont	**Aval**		**Type d'effluent :** Unitaire **Présence de racines :** Non **Présence de H2O :** 0 **Corrosion prononcée :** Non **Seuil dégradé :** ND **Génie civil dégradé :** Oui **Échelons manquants :** Oui **Obstacle :** Oui **Débordement :** Non **Dépôts importants :** Oui **Trace de mise en charge :** Oui **Fonctionnement :** Regard noyé, impossible de décrire son fonctionnement.
	Flux entrant	**Flux conservé 1**	**Flux conservé 2**	
Diamètre (mm)	500	500	315	
Matériaux	Béton	Béton	PVC	
Cote Tampon CT (NGA)	14.11			
Cote fil d'eau CFE (NGA)	12.31	ND	ND	
Profondeur de fil d'eau (m)	1.80	ND	ND	
Hauteur de dépôt (cm)	50	50	31	

Vue générale	**Flux entrant**	
- Le génie civil est dégradé. -La conduite aval et le regard sont en charge permanente.		

❖ ***Ouvrage de régulation N° 07***

A. Schéma



B. Caractéristiques de l'ouvrage

	Type					
	Amont				Aval	
	Flux entrant				Flux conservé	Flux déversé
	1	2	3	4		
Diamètre (mm)	400	500*500	400	300	400	400
Matériaux	Béton					
Cote Tampon CT (NGA)	14.36					
Cote fil d'eau CFE (NGA)	13.21	13.21	13.36	13.51	13.16	13.26
Profondeur de fil d'eau (m)	1.15	1.15	1.00	0.85	1.20	1.10

Type d'effluent : Unitaire
Présence de racines : Non
Présence de H2O : 0
Corrosion prononcée : Non
Seuil dégradé : Non
Génie civil dégradé : Oui
Échelons manquants : Oui
Obstacle : Oui **Débordement :** Non **Dépôts importants :** Oui
Trace de mise en charge : Non
Fonctionnement : Le tirant d'eau au-dessus les 200 mm, le regard fonctionnera en ouvrage de régulation.

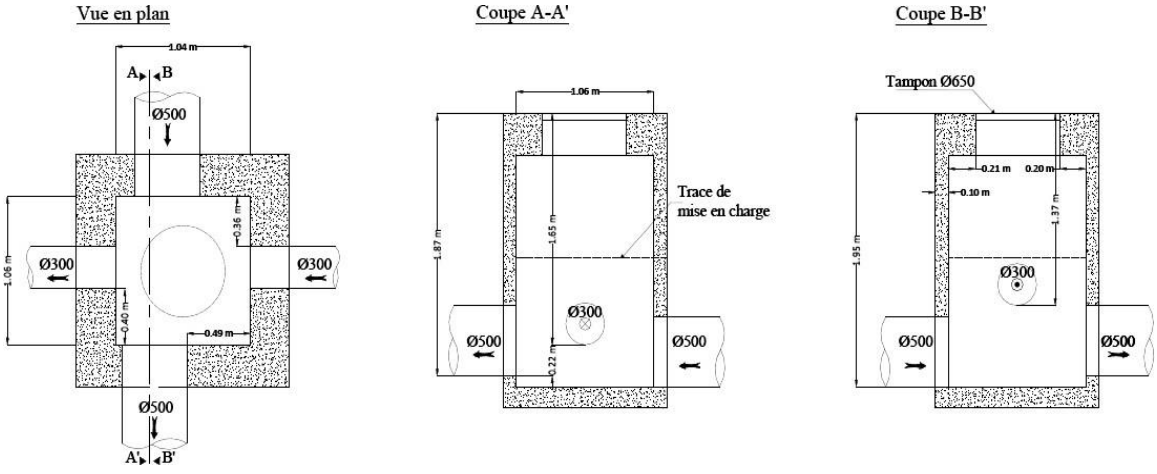
Hauteur de dépôt (cm)	*20*	*ND*	*ND*	*ND*	*20*	*ND*

Flux entrant 1,2 et 3	**Flux entrant**	**Flux conservé et flux déversé**

- Le génie civil de l'ouvrage est dégradé.
-Le niveau de dépôt est important. On notera la présence de déchets ménagers.

❖ ***Ouvrage de régulation N° 08***

A. Schéma



B. Caractéristiques de l'ouvrage

	Type			
	Amont		Aval	
	Flux entrant		Flux conservé	Flux déversé
	1	2		
Diamètre (mm)	500	300	500	300
Matériaux	Béton			
Cote Tampon CT (NGA)	138.2			
Cote fil d'eau CFE (NGA)	136.07	136.65	136.15	136.37
Profondeur de fil d'eau (m)	1.95	1.37	1.87	1.65
Hauteur de dépôt (cm)	ND	ND	20	ND

Type d'effluent : Unitaire
Présence de racines : Non
Présence de H2O : 0
Corrosion prononcée : Non
Seuil dégradé : Non
Génie civil dégradé : Non
Échelons manquants : Oui
Obstacle : Non **Débordement :** Non **Dépôts importants :** Oui
Trace de mise en charge : Oui **Fonctionnement :** Le tirant d'eau au-dessus les 300 mm, le regard fonctionnera en ouvrage de régulation.

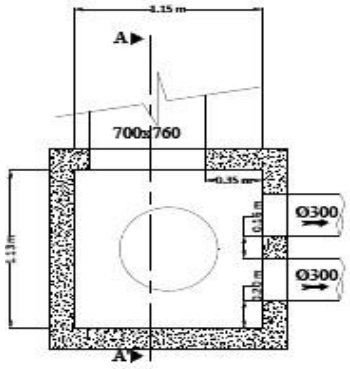
Vue générale	Flux entrant	Flux conservé

- Le niveau de dépôt est important.

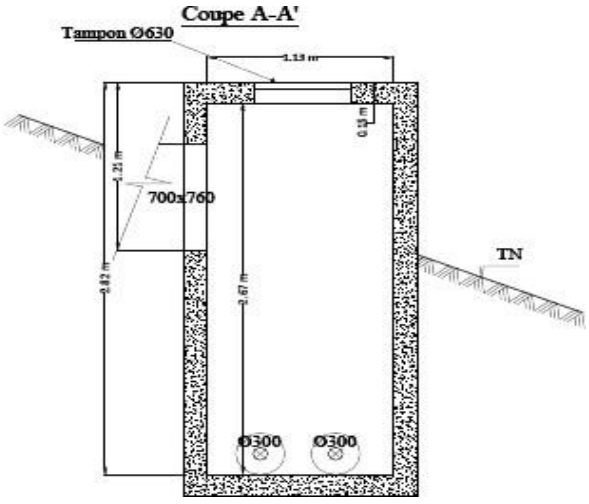
❖ ***Ouvrage de régulation N° 09***

A. **Schéma**

Vue en plan



Coupe A-A'



B. Caractéristiques de l'ouvrage

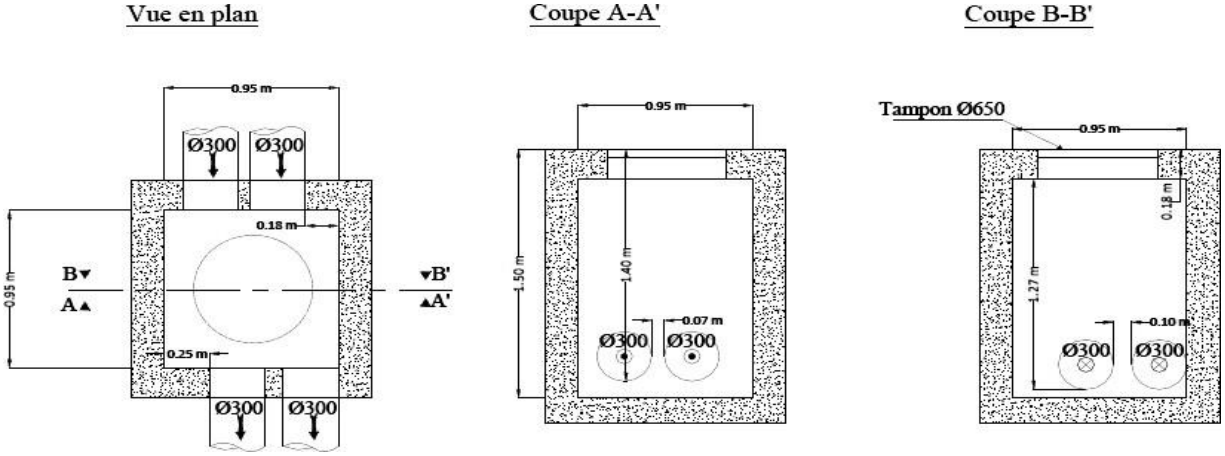
	Type			
	Amont	Aval		
	Flux entrant	Flux conservé1	Flux déversé2	
Diamètre (mm)	700*760	300	300	**Type d'effluent :** Unitaire **Présence de racines :** Non **Présence de H2O :** 0 **Corrosion prononcée :** Non **Seuil dégradé :** Non **Génie civil dégradé :** Non **Échelons manquants :** Oui **Obstacle :** Non **Débordement :** Non **Dépôts importants :** Oui **Trace de mise en charge :** Non **Fonctionnement :** Les deux conduites aval Ø300 sont au même radier.
Matériaux	Béton			
Cote Tampon CT (NGA)	36			
Cote fil d'eau CFE (NGA)	34.79	33.18	33.18	
Profondeur de fil d'eau (m)	1.21	2.82	2.82	
Hauteur de dépôt (cm)	20	ND	ND	

Vue générale	Flux entrant	Flux conservé 1 et 2

- Le niveau de dépôt est important.

❖ ***Ouvrage de régulation N° 10***

A. Schéma



B. Caractéristiques de l'ouvrage

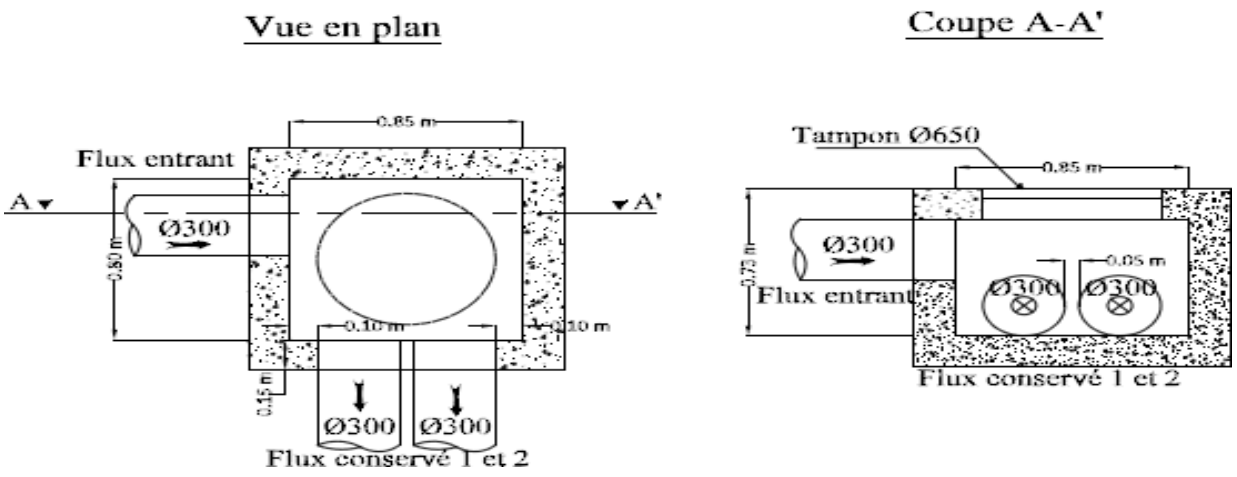
	Type			
	Amont		Aval	
	Flux entrant		Flux conservé1	Flux conservé2
	1	2		
Diamètre (mm)	300	300	300	300
Matériaux	Béton			
Cote Tampon CT (NGA)	32.39			
Cote fil d'eau CFE (NGA)	30.97	30.97	30.92	30.92
Profondeur de fil d'eau (m)	1.40	1.40	1.45	1.45
Hauteur de dépôt (cm)	10	10	10	10

Type d'effluent : Unitaire
Présence de racines : Non
Présence de H2O : 0
Corrosion prononcée : Non
Seuil dégradé : Non
Génie civil dégradé : Non
Échelons manquants : Oui
Obstacle : Non **Débordement :** Non **Dépôts importants :** Oui
Trace de mise en charge : Non **Fonctionnement :** Les deux conduites aval Ø300 sont au même radier.

Flux entrant 1,2 et 3	**Flux entrant 1 et 2**	**Flux conservé**
-Le niveau de dépôt est important.		

❖ ***Ouvrage de régulation N° 11***

A. Schéma



B. Caractéristiques de l'ouvrage

	Type		
	Amont	Aval	
	Flux entrant	Flux conservé1	Flux conservé2
Diamètre (mm)	300	300	300
Matériaux	Béton		
Cote Tampon CT (NGA)	11.93		
Cote fil d'eau CFE (NGA)	11.43	11.20	11.20
Profondeur de fil d'eau (m)	ND	0.73	0.73
Hauteur de dépôt (cm)	ND	35	35

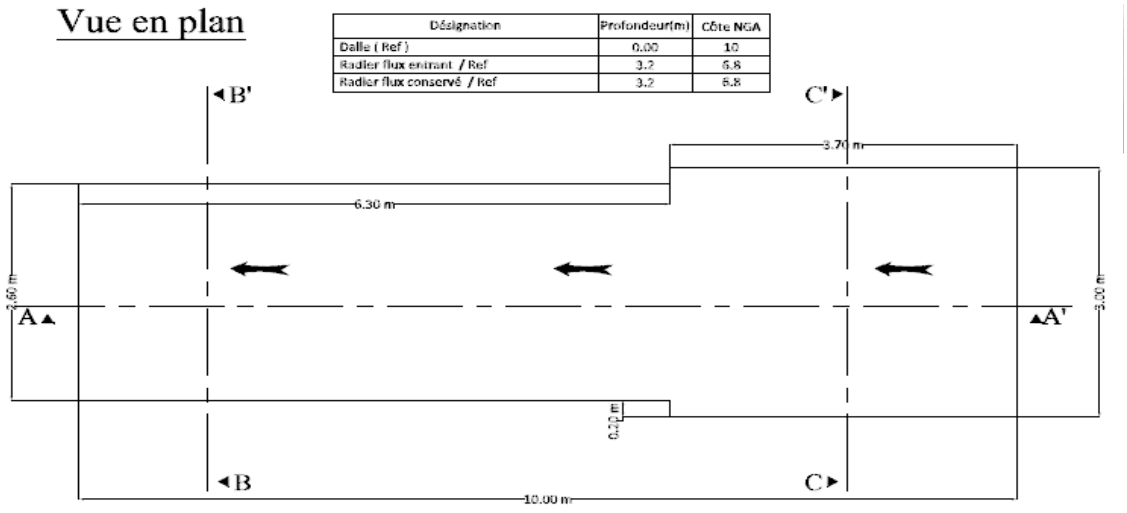
Type d'effluent : Eaux pluviales
Présence de racines : Non
Présence de H2O : 0 **Corrosion prononcée :** Non **Seuil dégradé :** Non
Génie civil dégradé : Non
Échelons manquants : Oui
Obstacle : Non **Débordement :** Non **Dépôts importants :** Oui
Trace de mise en charge : Non **Fonctionnement :** Les deux conduites aval Ø300 sont au même radier.

Vue générale

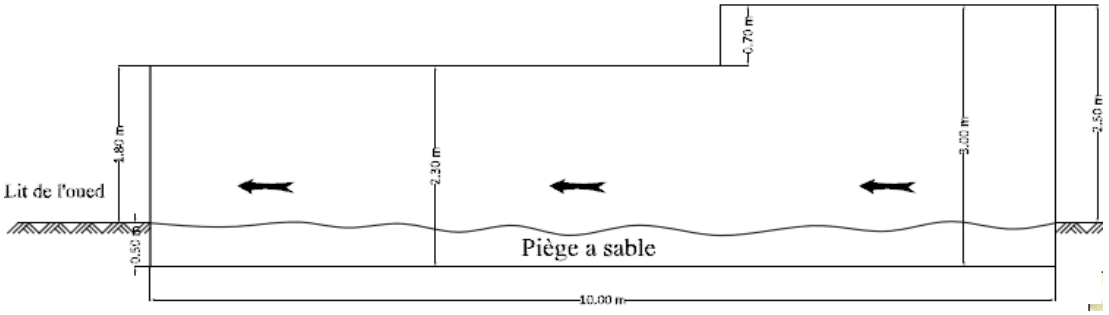
-Le flux entrant provient de l'avaloir d'eaux pluviales.
Le niveau de dépôt est maximal. Ce qui ne permet pas de visualiser les conduites aval à 100%.

1. Dessableur N° 1

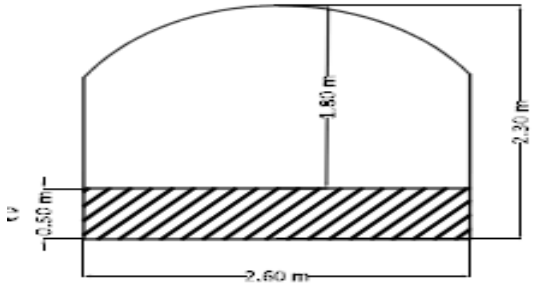
A. Schéma



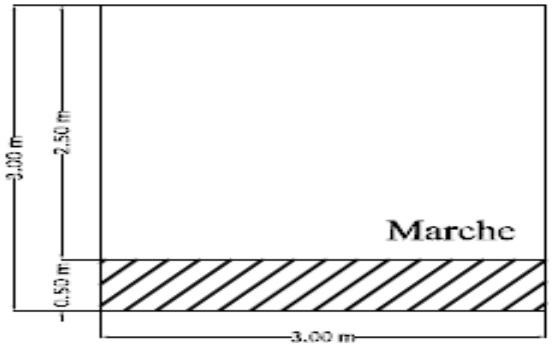
Coupe A-A'



Coupe B-B'



Coupe C-C'

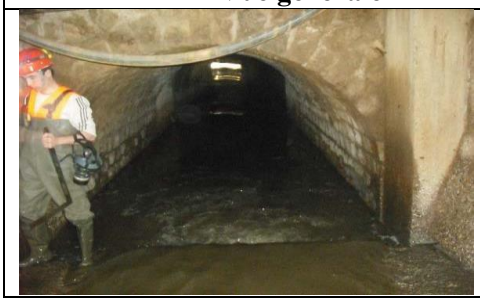


B. Caractéristiques de l'ouvrage

	Type		**Type d'effluent :** Oued **Présence de racines :** Non **Présence de H2O :** 0 **Corrosion prononcée :** Non **Seuil dégradé :** Non **Génie civil dégradé :** Oui **Échelons manquants :** Non
	Amont	**Aval**	
	Flux entrant	**Flux conservé**	
Diamètre (mm)	3800*2200	2600*2300	
Matériaux	Béton		

Cote Tampon CT (NGA)	20.24		**Obstacle :** Non **Débordement :** Non **Dépôts importants :** Oui **Trace de mise en charge :** Non **Fonctionnement :** Oued Salomon
Cote fil d'eau CFE (NGA)	ND	ND	
Profondeur de fil d'eau (m)	3.2	3.2	
Hauteur de dépôt (cm)			

Vue générale



- Cet ouvrage est situé au niveau d'un oued. Il n'est pas entretenu. Il n'a pas de point d'accès. Son génie civil est dégradé.
-Le niveau de dépôt est important, supérieur à la capacité de rétention de l'ouvrage.
Il est nécessaire de créer un point d'accès (regard et trappes) afin de faciliter les opérations de surveillance et d'entretien.

Résumé

Le travail présenté ici correspond à une étude de diagnostic du système d'assainissement de la zone Sidi Ahmed-Wilaya de Béjaia. Pour ce faire, notre étude comprendra essentiellement cinq étapes : la première, consistera à présenter les données de base et mise à jour du plan du réseau d'assainissement. Dans la seconde, nous présenterons les outils nécessaires qu'on a utilisés dans notre étude, ainsi que l'évaluation qualitative et quantitative des flux réel. Dans la troisième étape, la présentation des logiciels utiliser dans la modélisation du système. Ensuite, La quatrième étape, comprendra la localisation des apports des eaux parasites, par conséquent le diagnostic structurel et fonctionnel du système d'assainissement de la zone d'étude. En fin, dans la dernière étape, les solutions des anomalies détectés lors de l'étape précédente.

Mots clés
Diagnostic, Réseau, Assainissement, Les eaux parasite, les eaux usées, les eaux pluviales

الملخص

، يتوافق العمل المعروض هنا مع دراسة تشخيصية لنظام الصرف الصحي في منطقة سيدي أحمد بولاية بجاية .للقيام بذلك ستتألف دراستنا بشكل أساسي من خمس مراحل :ستتكون الأولى من تقديم البيانات الأساسية وتحديث خطة شبكة الصرف الصحي .في الثانية ، سوف نقدم الأدوات اللازمة التي استخدمناها في دراستنا ، وكذلك التقييم النوعي والكمي للتدفقات الحقيقية .في الخطوة الثالثة ، يتم عرض البرنامج الذي سيتم استخدامه في نمذجة النظام .بعد ذلك ، ستشمل الخطوة الرابعة ، توطين تدفقات المياه الطفيلية ، وبالتالي التشخيص الهيكلي والوظيفي لنظام الصرف الصحي في منطقة الدراسة .أخيرًا .في الخطوة الأخيرة ، تم اكتشاف حلول الحالات الشاذة في الخطوة السابقة

الكلمات المفتاحية
التشخيص ، الشبكة ، الصرف الصحي ، مياه الطفيليات ، مياه الصرف الصحي ، مياه الأمطار

Abstract

The work presented here corresponds to a diagnostic study of the sanitation system in the Sidi Ahmed-Wilaya area of Béjaia. To do this, our study will essentially consist of five stages : the first will consist of presenting the basic data and updating the sanitation network plan. In the second, we will present the necessary tools that we used in our study, as well as the qualitative and quantitative evaluation of the real flows. In the third step, the presentation of the software to be used in the modeling of the system. Then, the fourth step, will include the localization of the inflow of parasitic water, therefore the structural and functional diagnosis of the sanitation system in the study area. Finally, in the last step, the solutions of the anomalies detected in the previous step.

Keywords
Diagnosis, Network, Sanitation, Parasite water, wastewater, rainwater