

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان-
Université ABOU BEKR BELKAID



Faculté de Technologie

Département d'Hydraulique

MEMOIRE

Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du diplôme de Master en **Hydraulique**
Option : Eau, Sol et Aménagement (ESA)

Thème

Utilisation d'une approche multicritères pour l'étude de la dégradation
des réseaux sanitaires et pluviaux

Soutenu publiquement le : /06/2017.

Présenté par :

M^{elle} : **HOCINE Amina.**

M^{elle} : **KAID SLIMANE Amaria Hanane.**

Devant le jury :

M^r : **BOUMEDIENE MAAMAR**

M^r : **BENADDA LOTFI**

M^r : **GHENIM ABDERRAHMANE**

M^r : **DEBBAL MOHAMMED ZAKARIA**

M^{me} : **LALLAM FAIZA**

Président

Examineur

Examineur

Encadreur

Encadreur

Promotion 2016/2017.

REMERCIEMENTS

En premier lieu, nous remercions « Dieu » qui nous a donné la volonté et la puissance pour achever ce modeste travail.

Nous souhaitons témoigner toute notre gratitude à nos parents, qui nous ont, tout au long de ces années, fourni les moyens nécessaires pour mener à bien nos études.

Nous exprimons notre reconnaissance et notre gratitude à nos encadreurs Monsieur **DEBBAL MOHAMMED ZAKARIA** et Madame **LALLAM FAIZA** pour leur soutien, aide, disponibilité et l'intérêt constant et constructif qu'ils ont toujours manifesté, durant notre formation et durant la préparation de ce mémoire. Ce travail n'aurait jamais pu aboutir sans eux. Qu'ils trouvent ici l'expression de nos sincères gratitudee.

Nos plus vifs remerciements s'adressent à Monsieur **BOUMEDIENE MAAMAR** de nous avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury.

Que Monsieur **BENADDA LOTFI**, et Monsieur **GHENIM ABDERRAHMANE**, reçoivent l'expression de ma profonde reconnaissance d'avoir accepté d'être examinateurs de ce travail.

Nous tenons à remercier Monsieur **BOUHAFSI SEDDIK** et tout son Staff technique ainsi que tout le personnel de **l'ONA** pour l'aide qu'ils nous ont fourni.

Nous adressons également notre profonde gratitude à tous les professeurs de l'université Aboubekr Belkaid en particulier ceux du département **d'HYDRAULIQUE**.

Nos remerciements s'attarderont aussi à nos amies de plus longue date, à la promotion 2016-2017. Les nommer serait inutile, ils se reconnaîtront. Qu'ils sachent que leur amitié nous est précieuse.

Amaria Hanane & Amina

DEDICACES

*Avant tout je remercie « DIEU » le tout puissant de m'avoir
donné le courage, la volonté et la puissance de mener à bien ce
travail que je dédie :*

*À Mes « chers parents » pour leur patience
et leurs sacrifices et pour m'avoir toujours soutenu
durant toutes les périodes de ma vie et dont le rêve
était toujours de me voir réussir. Qu'ils sachent
que leur place est dans mon cœur et ma pensée*

À

Mes chères frères : Islam, Abd Elhak .

Mes chères sœurs :Tima, Ikram Asmaa.

Toute la famille HOCINE.

A mes chères amis surtout : Hanane, Madjida

,Sihem,Meriem,Houda,Rawda.

Tous mes amis de faculté de Technologie (2012-2017)

*À tous ceux que j'aime, et à ceux qui m'aiment... de
près ou de loin.*

Amina.

DEDICACES

C'est avec la plus grande émotion et la plus grande joie que je dédie ce modeste travail aux êtres qui me sont les plus chers au monde «mes parents» pour leurs sacrifices et leurs conseils sans lesquelles je ne serais jamais arrivé à ce niveau. Que dieu les garde.

A mes chères sœurs: Lamia , Samia, Asma

et mes chères frères :Lotfi, Zohir , Merouane , Adel

A mes chères nièces :Riham,Hinde ,Nourhane ,Razane,Malak

et mon neveu :Arslane

A Toute la famille qui porte le nom Kaid Slimane

A mes amies surtout : Ferial , Djanet, Nassima , Amina , Nour El Houda, Meriem, Sara , Meirem , Sihem , Rawda , Madjida, Meriem, Nadia

A tous mes chers professeurs

A Mr Adjim , Mr Bessedik et Mr Boumediene et Mr Bouhafci

A toute ma promotion 2ème année master Hydraulique 2016/2017

(option : ESA)

A toute l'équipe de la faculté et tous ceux et celles qui m'ont soutenu et aider de près ou de loin pour réaliser ce travail.

AMMARIAN HANANE

RESUME

Résumé

Le but de notre étude est évaluer l'état de dégradation des réseaux d'assainissement en considérant plusieurs facteurs de dégradation liés au fonctionnement du réseau on a différent facteur structurale et hydraulique ou environnementale.

La méthode du processus d'analyse hiérarchique AHP a été utilisé pour tenir compte de l'importance relative de ces facteurs sur la dégradation du réseau sanitaire et pluviale.

Le modèle proposé à été testé avec succès pour évaluer l'état actuel des conduites sélectionnées sur le réseau d'assainissement de la ville de **TLEMCEN**.

Mots clés : Assainissement, dégradation des réseaux, facteur structurale et hydraulique, méthode du processus d'analyse hiérarchique AHP.

Abstract

The purpose of our study is to evaluate the state of degradation of the sanitation networks by considering several factors of degradation linked to the operation of the network we have different structural and hydraulic or environmental factor.

The method of the AHP hierarchical analysis process was used to account for the relative importance of these factors on the degradation of the sanitary and rainfall network.

The proposed model has been successfully tested to assess the current state of the selected pipes on the TLEMCEN sewage system.

Keywords: Sanitation, degradation of networks, structural and hydraulic factor, method of hierarchical analysis AHP.

ملخص

ان الهدف من دراستنا هو تقييم حالة تدهور الصرف الصحي من خلال النظر في عوامل التدهور المختلفة المتعلقة بتشغيل الشبكة ومختلف العوامل الهيكلية والهيدروليكية أو البيئية

ومن خلال ذلك تم استخدام اسلوب التحليل الهرمي لتعكس الاهمية النسبية لهذه العوامل على تدهور شبكة الصرف الصحي ومياه الأمطار.

وقد تم اختبار النموذج المقترح بنجاح لتقييم الوضع الحالي للخطوط مختارة في منظومة الصرف الصحي لمدينة تلمسان.

الكلمات المفتاحية : الصرف الصحي ، و تدهور الشبكات ، عامل الهيكلية وطريقة الAHP الهيدروليكية وعملية التحليل الهرمي.

RESUME

Sommaire

CHAPITRE I : INTRODUCTION

I.1. problématique	1
I.2. Objectifs de l'étude	1
I.3. Méthodologie	2
I.4 .Organisation générale du mémoire	2

CHAPITRE II : GENERALITE SUR LES RESEaux D'ASSAINISSEMENT

Introduction :	4
II. Définition d'un réseau d'assainissement :	4
II.2. Histoire de l'assainissement :	5
II.3. A quoi sert l'assainissement ?	6
II.4. Objectif de l'assainissement :	7
II.5. Rôle de l'assainissement :	7
II.6. Nature des rejets :	7
II.6.1. Les eaux usées et leur impact sur l'environnement :	8
a) Les eaux usées domestiques :	8
b) Les eaux usées industrielles :	8
c) Les eaux pluviales et de ruissellement :	9
II.6.2. Les différents Types d'assainissement :	9
II.6.2.1. L'assainissement collectif :	9
II.6.2.2. L'assainissement autonome :	10
II.6.2.3 .Système d'assainissement semi collectif :	12
II.7. Les systèmes d'évacuation des eaux usées et des eaux pluviales :	13
II.8. Divers systèmes d'évacuation des eaux usées et des eaux Pluviales :	14
II.8.1. Le système unitaire :	14
II.8.2. Le système séparatif :	15
II.8.3. Système mixte :	17
II.8.4. Système pseudo séparatif :	17
II.8.5. Le système composite :	18
II.8.6. Systèmes spéciaux :	19
II.9. les différents schémas d'évacuation :	20
II.9.1. Schéma perpendiculaire :	20
II.9.2. Schéma par déplacement latéral :	21

II.9.3. Schéma à collecteur transversal ou oblique :	22
II.9.4. Schéma à collecteur étagé :	22
II.9.5. Schéma de type radial :	23
II.10. Domaines d'utilisation privilégiés et contraintes d'exploitation des principaux systèmes :	24
II.11. Choix du système d'assainissement :	26
II.12. Tracé du réseau d'assainissement :	26
II.13. Les éléments constitutifs du réseau d'égout :	27
II.14. Les ouvrages d'assainissement :	27
II.14.1. Les ouvrages principaux :	27
II.14.2. Les ouvrages annexes :	28
II.14.3. Les ouvrages annexes sont considérés selon deux groupes :	28
II.14.3.1. Les ouvrages normaux :	28
II.14.3.2. Les ouvrages spéciaux :	29
II.15. Les Canalisations :	29
II.15.1. Les type des canalisations :	29
II.15.1.1. Tuyaux à section circulaire :	29
1. En béton non armé :	29
2. En béton armé :	29
3. Tuyaux ovoïdes préfabriqués :	30
4. Tuyaux en fibres ciment sans pression :	30
5. Tuyaux en grès :	31
6. Tuyaux en polychlorure de vinyle (PVC) non plastifié :	31
7. Tuyaux en fonte :	32
II.15.2. Choix du type de canalisation :	33
II.16. joints :	33
II.16.1. Les joints des conduites en béton armé :	33
II.16.1.1. Joint type ROCLA :	33
II.16.1.2. Joint à demi-emboîtement :	34
II.16.1.3. Joint à collet :	34
II.17. Les ouvrages normaux :	34
II.17.1. les branchements :	34
II.17.2. Les fossés :	34
II.17.3. Les caniveaux :	34

II.17.4. Les bouches d'égout :.....	35
II.17.4.1.Les bouches d'égout avec grille et couronnement métallique :	35
II.17.4.2.Les bouches d'égout avec bavette en pierre ou en béton et couronnement métallique :	36
II.17.4.3. ....Les bouches d'égout à avaloir métallique grille et couronnement combiné:	36
II.17.5. les regards :	36
II.17.6. Déversoir d'orage (assainissement) :	37
II.18.Terminologie d assainissement :.....	37
II.18.1. Terminologie d'assainissement et d'épuration, termes scientifique de l'hydraulique :.....	37
1-Auto curage.....	37
2-Bassin d'aération :	37
3-Bassin de rétention	37
4-Bouche d'égout :	37
5-Caniveau :	38
6-Clarificateur :.....	38
7-Déssableur	38
8-Déshuileur	38
9-Déversoir d'orage :.....	38
10-Digesteur.....	39
11-Épaississeur :.....	39
12-Exutoire :.....	39
13-Fosse septique.....	39
14-Lagune :	39
15-Lit de séchage :.....	39
16-Lit filtrant :.....	39
17-Regard de visite :	39
Conclusion :	44

CHAPITRE III : PROBLEMATIQUE DE LA DEGRADATION DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT

Introduction :	42
III.1. Définition de la dégradation :	42
III.2. Etats de la dégradation :	42
III.3. Conditions qui déterminent le comportement des équipements :	43
III.4. Type de la dégradation des réseaux d'assainissement:	43
III.4.1. Dégradation hydraulique	44
III.4.2. Dégradation structurale	44
III.4.3. Dégradation environnementale	44
III.5. Facteurs de la dégradation des réseaux d'assainissement:	45
III.5.1. Facteurs mécaniques :	45
III.5.2. Facteurs physiques:	45
A. La porosité :	45
B. La perméabilité (pores ouverts) :	45
III.5.3 .Facteurs chimiques :	45
III.6. Principales causes de la dégradation des réseaux d'assainissement :	46
III.6.1 Risques géotechniques et hydrogéologiques :	46
III.6.1.1. Entraînement de fines :	46
III.6.1.2. Tassement :	46
III.6.1.3. Dissolution :	47
III.6.1.4. Gonflement – retrait :	47
III.6.1.5. Glissement de terrain :	47
III.6.1.6. Sismicité :	47
III.6.1.7. Mouvements tectoniques :	48
III.6.1.8. Eboulement rocheux :	48
III.6.2. Risques hydrauliques :	48
A. Action mécanique et physico-chimique de l'effluent :	48
B. Action hydraulique :	49
III.6.3. Risques structurels :	49
III.6.3.1. L'affaiblissement de la performance fonctionnelle du réseau :	49
III.6.3.2 .Les charges statiques et dynamiques :	49
III.6.3.3. Manque de maintenance :	50

III.6.3.4. Construction :	50
III.6.4. Risques d'impact du milieu :	50
A. Influence de la végétation en surface :	50
B. Influence de vibrations et charges roulantes importantes :	50
III.6.4.1. Modification des usages de surfaces :	51
III.6.4.2. Interaction avec le bâti :	51
III.7. Les défaillances des réseaux d'assainissement :	51
III.8. Les défaillances possibles des réseaux d'assainissement et leurs conséquences:	51
III.8.1. Les cassures :	51
III.8.2. Les déformations :	51
III.8.3. Les défauts d'étanchéité :	51
III.8.4. Les dégradations de parements :	51
III.9. Types d'interventions sur un réseau :	51
III.9.1. Entretien mineur :	51
III.9.1.1. Nettoyage hydraulique :	51
III.9.1.2. Curages journaliers :	51
III.9.1.3. Désodorisation :	51
III.9.1.4. Vérification de la déformation :	51
III.9.2. Entretien majeur :	51
III.9.2.1. Colmatage par injection :	51
III.9.2.2. Un manchon d'injection :	51
III.9.2.3. Réparation des joints en brique :	51
III.9.3. Réhabilitation structurale :	51
III.9.3.1. Tubage :	51
A. La maintenance préventive :	51
B. La maintenance corrective :	51
III.9.4. Lutte contre la corrosion de l'H ₂ S :	51
Conclusion :	51

CHAPITRE IV : PRESENTATION DE LA METHODE MULTICRITERES AHP

Introduction :	61
IV.1. Étapes d'application :	61

IV.1.1. Décomposition du problème en une structure hiérarchique :.....	62
IV.1.2. Etablissement des priorités :.....	62
IV.1.3 .Cohérence des jugements :.....	64
IV.2. Avantage de l’AHP :.....	66

**CHAPITRE V : APPLICATION DE L’AHP POUR L’ETUDE DE LA
DEGRADATION DES RESEaux D’ASSAINISSEMENT-ETUDE DE CAS
DANS LA VILLE DE TLEMCEN**

Introduction :.....	68
V.1. Méthodologie :.....	68
V.2. Description du modèle :.....	69
V.2.1.bloc A :.....	69
V.2.1.1. Élaboration de la structure hiérarchique :.....	71
V.2.1.2. Composition des matrices de comparaison binaire :.....	73
V.2.1.3. Cohérences des jugements et calcule des poids :.....	75
V.2.2. Bloc B :.....	76
V.2.2.1.Système de notation des facteurs de la dégradation :.....	76
V.2.2.2. Calcul du degré de la dégradation de la conduite :.....	79
V.2.2.3. Identification de la catégorie de la dégradation :.....	80
V.3. Application :.....	81
V.3. État des lieux de la dégradation des réseaux d’assainissement de la ville de Tlemcen :.....	81
V.3.1. calcul de la dégradation hydraulique et structurelle du quartier Agadir à l’intérieur du terrain de foot :.....	81
V.3.2. calcul de la dégradation hydraulique et structurelle du quartier les DAHLIAS (kiffane) :.....	84
V.3.3. calculs de la dégradation hydraulique et structurelle du quartier SALEF ELADRA (sortie de la cité Soummame) :.....	86
V.3.4. Calculs de la dégradation hydraulique et structurelle du quartier Derb NAAJDJA (vers Sidi Eldjaber) :.....	89
Conclusion :.....	91
Conclusion générale.....	94

LISTE DES TABLEAUX

Tableau. II .1 : Avantages et inconvénients des systèmes d'évacuation.....	19
Tableau .II .2 : Domaines d'utilisation et contraintes d'exploitation.....	25
Tableau. IV. 1 : Echelle de comparaison binaire.....	63
Tableau. IV.2 : On définit ainsi une matrice carrée.....	63
Tableau .IV.3 : Calcul de λ_{\max}	65
Tableau. IV.4 : L'indice aléatoire RI.....	65
Tableau .V.1 : Facteurs de la dégradation considérés dans le modèle développé.....	70
Tableau. V.2 : comparaison entre les facteurs internes.....	73
Tableau .V.3 : comparaison entre les facteurs externes.....	73
Tableau. .V.4 : comparaison entre les facteurs hydrauliques.....	74
Tableau .V.5: comparaison entre les facteurs structuraux.....	74
Tableau. V.6 : comparaison entre les deux défauts structural et opérationnel.....	74
Tableau .V.7 : poids des facteurs et sous-facteurs.....	75
Tableau .V.10 : État de dégradation.....	80
Tableau .V.8.15.18.21.: Système de notation des facteurs de la dégradation structurale.....	77, 85, 90.
Tableau .V.9.11.12.14.17.20: Système de notation des facteurs de la dégradation hydraulique.....	78, 83,85, 87.
Tableau .V.21 : Les résultats le taux de la dégradation globale des quartiers qu'on a choisi.....	91

LISTE DES FIGURES ET PHOTOS

Figure. II.1 : Schéma cycles de consommation de l'eau.....	5
Figure .II.2 : Grand égout dans la Rome antique.	6
Figure .II. 3 : Schéma d'installation d'assainissement collectif	10
Figure. II.4 : Schéma d'installation d'assainissement collectif.	12
Figure .II.5 : Schéma du système unitaire.	15
Figure .II. 6 : Schéma du système unitaire.	15
Figure .II.7 : Réseaux séparatif.	17
Figure .II.8 : Schéma du système pseudo séparatif.	18
Figure .II.9 : Système pseudo séparatif.	18

Figure. II.10 : schéma perpendiculaire.	21
Figure .II.11 : Schéma par déplacement latéral.	21
Figure. II.12 : Schéma à collecteur transversal ou oblique.	22
Figure. II.13 : Schéma à collecteur étagé.	22
Figure .II.14 : Schéma de type radial.....	23
Figure .II.15 : Différent schéma d'évacuation.....	24
Figure. II .16 : Bouche d'égout.	38
Figure .II.17 : Déversoir d'orage.	38
Figure .II.18 : Exutoire.	39
Figure. II. 19 : Regard de visite.	40
Figure. III.1.déformation de conduite.....	54
Figure .III.2. Exfiltration de conduite.	55
Figure .III.3.curage de conduite.	55
Figure. III.4. photo de conduite curage Le curage de canalisation sur Romans..	56
Figure .IV.1. La structure hiérarchique.....	62
Figure .IV.2 : Avantage de l'AHP	66
Figure .V.1 : L'algorithme de modèle numérique.....	69
Figure. V.2 : schéma de la structure hiérarchique de la dégradation d'un tronçon..	72
Figure .V.3 : image satellitaire du quartier AGADIR à l'intérieur du terrain de foot.....	82
Figure .V. 4: image satellitaire du quartier les DAHLIAS (kiffane).....	84
Figure .V.5 : image satellitaire du quartier SALEF ALADRA (sortie de la cité soummame).....	87
Figure .V.6 : image satellitaire du derb NAAJDJA.....	89

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AEP : alimentation en eau potable.

AHP : d'analyse hiérarchique processus.

CR(%) : le rapport de cohérence.

DRE : direction des ressources en eaux.

EU : eaux usées.

H₂S : hydroxydes de soufre.

IC : l'indice de cohérence.

ONA : office nationale d'assainissement.

PVC : polychlorure de vinyle nom plastifié

RC : L'indice aléatoire.

SGD : C'est le score de la dégradation globale.

SHD : le score de dégradation hydraulique.

SSD : C'est le score de dégradation structurelle.

STEP : station de traitement et d'épuration.

LISTE DES SYMBOLES

B_{ij} : La moyenne arithmétique.

P_i : Le poids des critères.

W_i : Poids du facteur.

W_s : Le poids de la dégradation structurelle.

w_h : Le poids de la dégradation hydraulique.

W_1 : Le poids des facteurs internes.

W_2 : Le poids des facteurs externes.

W_3 : Le poids défaut apparent.

W_{1j} : Le poids. C_{1j} : La notation des sous- facteur interne

W_{2j} : Le poids. C_{2j} : La notation du sous-facteur externe.

W_{3j} : Le poids. C_{3j} : La notation du sous-facteur défaut apparent.

W_k : Le poids. C_K : La notation sous-facteur hydraulique

V_{ij} : Poids du sous facteur.

C_{ij} : Notation des sous facteurs structurelle

P_i : La moyenne arithmétique des nombres sur chaque ligne.

n : C'est le nombre des critères à comparer.

IC : indice de cohérence.

λ_{max} : Valeur propre.

RI : indice aléatoire.

RC : Ratio de cohérence.

CR : Rapport de cohérence

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1. Tableau .V.10.13.16.19 : diagnostic des points noirs.

INTRODUCTION GENERALE

I.1 problématique :

L'eau est un élément vital et une source précieuse qui constitue un facteur décisif pour la croissance et le développement socio-économique.

L'assainissement est une technique qui consiste à évacuer par voie hydraulique aux plus bas prix, le plus rapidement possible et sans stagnation des eaux usées de diverses origines provenant d'une agglomération. L'assainissement a pour objectif de protéger la santé, la salubrité publique ainsi que l'environnement contre les risques liés aux rejets des eaux usées et pluviales. [3]

Un réseau d'assainissement doit satisfaire les conditions suivantes :

-Éliminer les eaux usées domestiques et industrielles pour assurer l'hygiène publique.

-Évacuer de façon adéquate les eaux pluviales pour éviter l'inondation, surtout en temps de pluie, et assurer par conséquent la sécurité des citoyens.

La dégradation ou la défaillance des réseaux d'assainissement devient une grande problématique pour la plupart des municipalités à Tlemcen, surtout que les sources de cette défaillance sont souvent mal déterminées.

Plusieurs causes sont à l'origine de la dégradation des réseaux d'assainissement. Les plus importantes sont le vieillissement, l'urbanisation et les pratiques inefficaces de gestion.

Avec l'urbanisation par exemple, la quantité des eaux à évacuer est de plus en plus importante, occasionnant des défaillances structurales et fonctionnelles. Ces situations qui sont responsables de plusieurs désordres tels les refoulements dans les sous-sols et les rues, les infiltrations/exfiltrations et l'effondrement des rues, rendent le réseau incapable de remplir Les fonctions pour lesquelles il a été conçu. [4].

Les problèmes fonctionnels généralement rencontrés au niveau hydraulique et qui nécessitent des correctifs sont les surcharges et les inondations.

De plus la problématique environnementale des réseaux d'assainissement est associée elle aussi, à cette même augmentation du débit de l'effluent [11].

I.2. Objectifs de l'étude :

L'objectif principal de ce mémoire consiste à étudier les mécanismes d'évaluation de l'état de dégradation hydraulique et structurale des conduites des réseaux sanitaire et pluvial et présenter un modèle multicritères. Cet objectif peut être subdivisé aux objectifs spécifiques suivants :

1- présenter un modèle de la littérature en l'occurrence celui d'ILHAM ENNAOURI basé à son tour sur les travaux de THOMAS SAATY

2- Application de L'AHP Pour l'étude de la dégradation des réseaux d'assainissement avec études de cas dans la ville de Tlemcen.

I.3 Méthodologie :

La méthodologie suivie dans le cadre de notre projet consiste aux phases suivantes :

1- Introduction générale.

2- Généralité Sur Les Réseaux D'assainissement.

3- Problématique de la dégradation des réseaux d'assainissement.

4- Présentation de la méthode multicritères AHP.

5-Application de L'AHP pour l'étude de la dégradation des réseaux d'assainissement- Etude de cas dans la ville de Tlemcen.

1.4 Organisation générale du mémoire :

Notre mémoire comporte cinq chapitres :

Un premier petit chapitre faisant office d'une introduction qui présente le but de travail, la problématique et l'organisation générale du mémoire.

Le chapitre 2 : traite des différentes notions de base associées aux réseaux d'assainissement.

Le chapitre 3 : traite la problématique de la dégradation des réseaux d'assainissement, ce phénomène qui se produit lorsque le réseau est affaibli par différents types et formes de la dégradation. La considération est faite aussi aux facteurs et causes de la dégradation ainsi qu'aux types d'interventions sur un réseau.

Le chapitre 4 : Présente la méthode multicritères AHP et l'un des modèles basés sur cette méthode.

Dans le chapitre cinq, nous avons essayé appliquer l'AHP pour l'étude de la dégradation des réseaux d'assainissement pour le cas de quelques sites dans la ville de Tlemcen (Dar EL Hadith, Agadir, Les Dalias ,.....).

Une conclusion est donnée pour clore notre étude.

***GENERALITES SUR
L'ASSAINISSEMENT***

Chapitre I

Introduction général:

L'assainissement est une technique qui consiste à évacuer par voie hydraulique aux plus bas prix, le plus rapidement possible et sans stagnation des eaux usées de diverses origines provenant d'une agglomération, en but de préserver l'environnement et la santé publique.

L'assainissement des eaux usées est devenu un impératif pour nos sociétés modernes. En effet, le développement des activités humaines s'accompagne inévitablement d'une Production croissante de rejets polluants. Les ressources en eau ne sont pas inépuisables. Leur dégradation, sous l'effet des rejets d'eaux polluées, peut non seulement détériorer gravement l'environnement, mais aussi d'entraîner des risques de pénurie. Trop polluées, nos réserves d'eau pourraient ne plus être utilisables pour produire de l'eau potable, sinon à des coûts très élevés, du fait de la sophistication et de la complexité des techniques à mettre en œuvre pour en restaurer la qualité .C'est pourquoi il faut " nettoyer " les eaux usées pour limiter le plus possible la pollution de nos réserves en eau : eaux de surface et nappes souterraines.

Les éléments qui constituent un réseau d'assainissement, sont soumis à des sollicitations en continu qui les détériorent peu à peu. Les causes qui contribuent à la dégradation des ouvrages d'assainissement sont divers et provenant de plusieurs origines.

Les eaux pluviales doivent être évacuées sans stagnation, loin des habitations pour limiter les submersions des sols urbanisés

Les déchets que contiennent les eaux usées peuvent donner naissance à des odeurs nuisibles ou même engendrer des épidémies.

II. Définition d'un réseau d'assainissement :

L'assainissement des agglomérations a pour but d'assurer la collecte, le transit et au besoin, la rétention de l'ensemble des eaux, pluviales et usées et de procéder aux traitements avant leur rejet dans le milieu naturel par des modes compatibles avec les exigences de la santé publique et de l'environnement. [3]

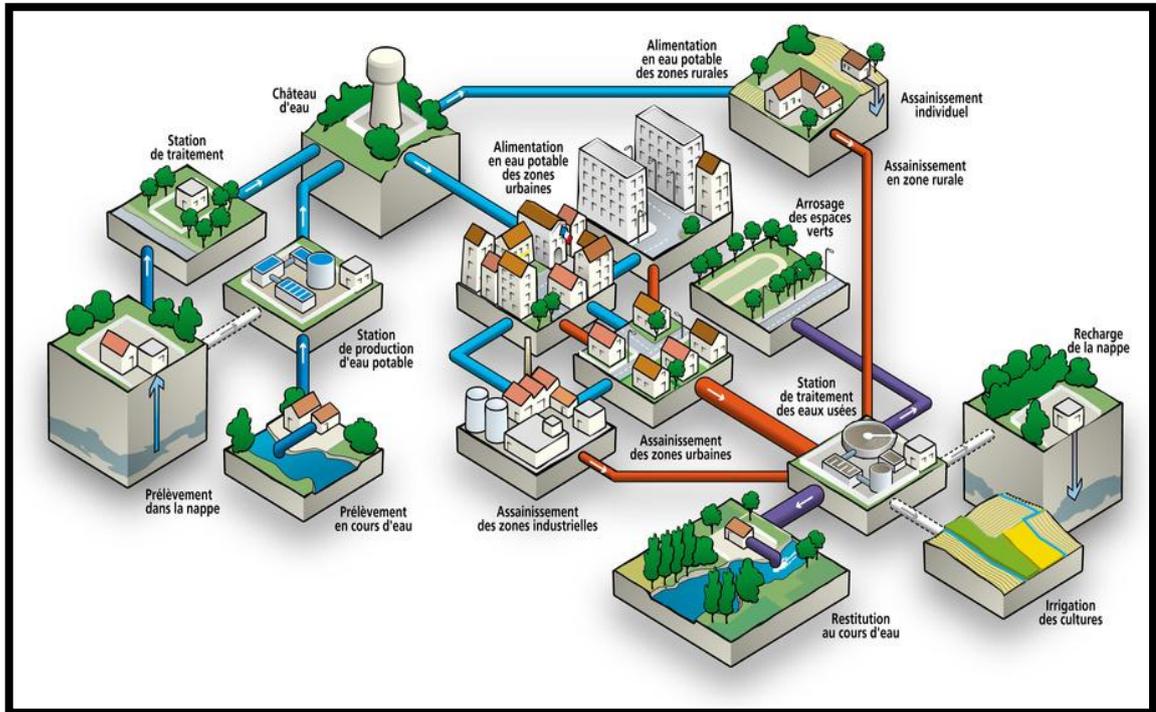


Figure. II.1 : Schéma cycles de consommation de l'eau [5]

II.2. Histoire de l'assainissement :

L'histoire du traitement des eaux remonte aux Romains. Attachant une très grande importance à la qualité de l'eau, ils ont construit des aqueducs pour acheminer l'eau jusqu'aux villes et jusqu'aux maisons, ils ont construit des thermes pour se baigner, ils ont réalisé aussi des égouts et des latrines pour évacuer les déchets. Une ville romaine était d'abord bâtie sur l'établissement de son réseau d'évacuation, qui, avec le temps, fut couvert et enterré pour des raisons d'odeur et de salubrité.

L'égout romain est donc la conséquence de l'adduction d'eau : l'eau qui entre dans la ville doit en sortir.

L'égout le plus ancien du monde romain est la fameuse cloaca maxima de Rome, dont la fonction première était de drainer et d'assainir la vallée du Forum, et ce drain, à mesure de l'urbanisation de Rome, est devenu un égout qui collectait les eaux usées.

Les difficultés politiques et militaires que traverse l'empire romain à partir du III^{ème} siècle après J.C., l'abandon des villes par les riches pour se retirer dans leurs propriétés, ont peu à peu poussé les Romains à laisser les grands ouvrages collectifs, notamment les

égouts.

Au Moyen-âge, oubliées les installations romaines, tous les déchets solides ou liquides sont jetés dans la rue. Pour se protéger des chutes d'immondices, les riches utilisent un carrosse, les gens aisés, une chaise à porteur, pour ne pas salir leurs chaussures ou le bas de leur vêtement. Dans ce milieu immonde, les épidémies en ville sont fréquentes : peste, choléra, typhus. Elles tuent des milliers de personnes chaque année et cette situation dure jusqu'au XVIIIème siècle.

Il faut attendre la seconde moitié du XIXème siècle pour que s'élabore la conception moderne de l'assainissement en Europe. C'est John Snow qui découvrit la véritable origine du choléra lors de l'épidémie terrible de 1854 à Londres. Il préconisa alors, pour éradiquer cette maladie, de collecter les eaux urbaines et de les mener par des canalisations enterrées, à des sites de rejet en milieu naturel. [1]



Figure .II.2 : Grand égout dans la Rome antique. [1]

II.3. A quoi sert l'assainissement ?

La dépollution des eaux usées est devenue un impératif pour nos sociétés modernes.

En effet, le développement des activités humaines s'accompagne inévitablement d'une production croissante de rejets polluants.

Les ressources en eau ne sont pas inépuisables. Leur dégradation, sous l'effet des rejets d'eaux polluées, peut non seulement détériorer gravement l'environnement, mais aussi entraîner des risques de pénurie.

L'assainissement (ou dépollution) des eaux usées a pour objectif de collecter puis d'épurer les eaux usées, afin de les débarrasser de la pollution dont elles sont chargées avant de les rejeter dans le milieu naturel. [6]

II.4. Objectif de l'assainissement :

L'objectif de l'assainissement est de collecter les eaux usées ainsi que les eaux pluviales et de les diriger soit vers:

- Un cours d'eau naturel (de moins en moins),
- Une station de traitement et d'épuration (STEP).
- Il y'a aussi un objectif de qualité, c'est de protéger l'environnement.
- Il faut rappeler que l'évacuation s'effectue sous l'effet de la gravité. [4]

II.5. Rôle de l'assainissement :

Le rôle d'un réseau d'assainissement est triple:

- Assurer la protection des biens matériels et humains contre les inondations.
- Permettre la protection de la santé publique et la préserver.
- Préserver l'environnement en l'occurrence le milieu naturel contre les rejets des eaux usées. [3]

II.6. Nature des rejets :

Les réseaux d'assainissement collectent les eaux usées pour les diriger vers les stations de traitement. Les eaux usées sont les eaux qui sont altérées par l'utilisation humaine. Cette utilisation peut être domestique ou industrielle. [4]

Nous avons donc :

- Les eaux usées domestiques.
- Les eaux usées industrielles.
- Les eaux pluviales et de ruissellement.

II.6.1. Les eaux usées et leur impact sur l'environnement :

Les cours d'eau ont une capacité naturelle d'épuration. Mais cette capacité a pour effet de consommer l'oxygène de la rivière et n'est pas sans conséquences sur la faune et la flore aquatiques.

Lorsque l'importance du rejet excède la capacité d'autoépuration de la rivière, la détérioration de l'environnement peut être durable. Les zones privées d'oxygène par la pollution entraînent la mort de la faune et de la flore ou créent des barrières infranchissables empêchant notamment la migration des poissons.

La présence excessive de phosphates, en particulier, favorise le phénomène d'eutrophisation, c'est-à-dire la prolifération d'algues qui nuisent à la faune aquatique, peuvent rendre la baignade dangereuse et perturbent la production d'eau potable. [6]

a) Les eaux usées domestiques :

Les eaux usées domestiques proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines, et sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques, etc. et en eaux "vannes" ; il s'agit des rejets des toilettes, chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux. [6]

b) Les eaux usées industrielles :

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, du micro polluant organiques, des hydrocarbures.

Certaines d'entre elles doivent faire l'objet d'un prétraitement de la part des industriels avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte.

Elles ne sont mêlées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des usines de Dépollution. [6]

c) Les eaux pluviales et de ruissellement :

Ces eaux peuvent, elles aussi, constituer la cause de pollutions importantes des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis, en ruisselant, des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds). En outre, lorsque le système d'assainissement est dit unitaire, les eaux pluviales sont mêlées aux eaux usées domestiques. En cas de fortes précipitations, les contraintes de préservation des installations d'épuration peuvent imposer un déversement délestage de ce mélange très pollué dans le milieu naturel.

Enfin, dans les zones urbaines, les surfaces construites rendent les sols imperméables et ajoutent le risque d'inondation à celui de la pollution. [6]

II.6.2. Les différents Types d'assainissement :

Il existe deux types d'assainissement:

- L'assainissement est dit collectif lorsque toutes les eaux usées d'une maison ou d'un immeuble sont collectées par un réseau public. Par la suite les eaux de collecte seront acheminées vers une station d'épuration pour y être traitées.
- On parle d'assainissement autonome ou individuel quand une habitation n'est pas raccordée au réseau public. Dans ce cas, un dispositif particulier peut être mis en place (fosse septique). [4]

II.6.2.1. L'assainissement collectif :

L'établissement d'un réseau collectif d'assainissement d'une ville doit répondre à deux Catégories de préoccupations suivantes :

- ✓ Le transit vers une station d'épuration des eaux usées domestiques et éventuellement des eaux industrielles.

- ✓ l'évacuation des eaux pluviales de manière à empêcher la submersion des zones

Urbanisées et éviter toute stagnation dans les points bas après les averses.

L'écoulement de ces eaux peut se faire de manière gravitaire en utilisant les pentes

Naturelles ; cependant, dans des cas très rares, il peut être sous pression. [5]

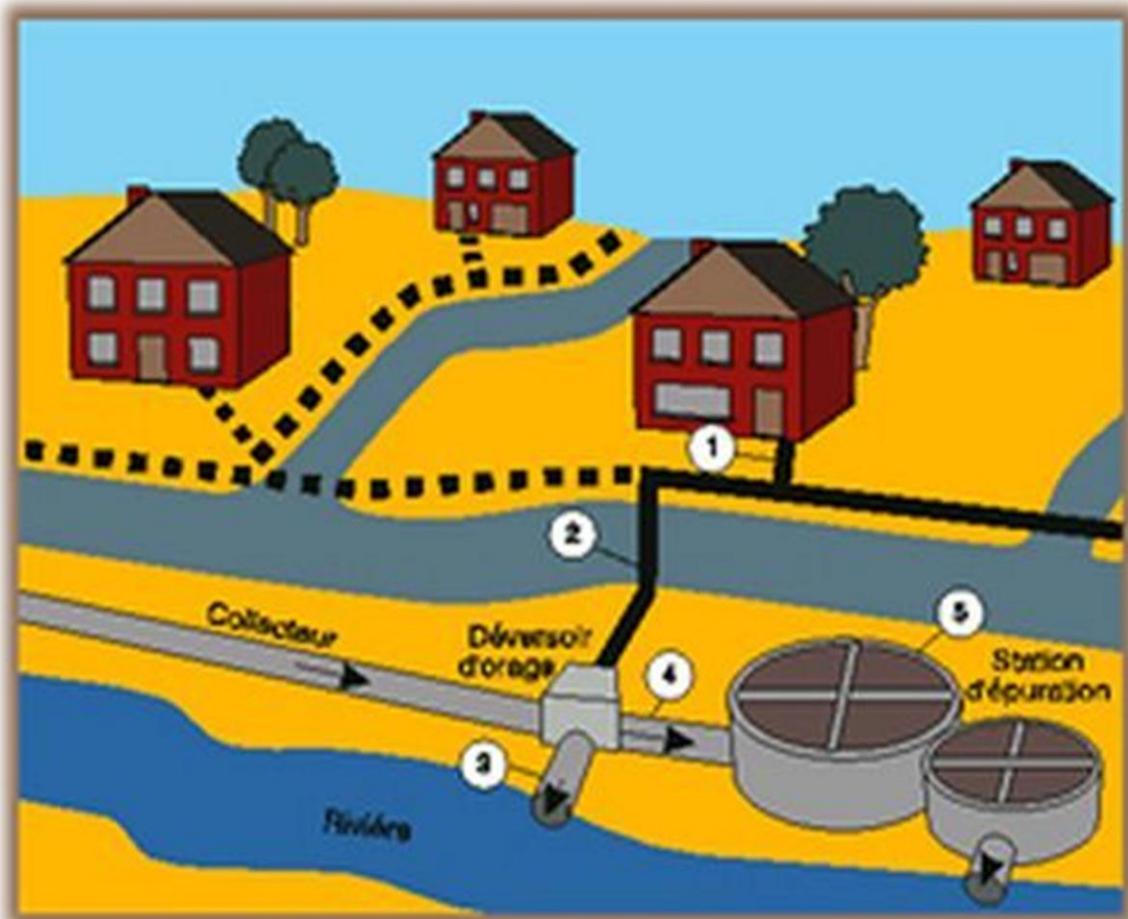


Figure .II. 3 : Schéma d'installation d'assainissement collectif.

II.6.2.2. L'assainissement autonome :

L'assainissement autonome ou individuel concerne les dispositifs à mettre en place dans la concession pour la collecte et le traitement des eaux usées domestiques en utilisant les caractéristiques épuratoires qu'offre le sol. Il a pour objet d'assurer l'épuration des eaux usées ainsi que leur évacuation, sous des modes compatibles avec les exigences de la santé publique et de l'environnement.

Ces eaux usées domestiques peuvent soit provenir d'une maison individuelle, on parle

alors d'assainissement autonome individuel, soit d'une parcelle privée mise en lotissement et comprenant des bâtiments d'habitation collectif ou d'un édicule public, on parle d'assainissement autonome public.

Ainsi, l'assainissement autonome bien conçu et bien entretenu est comparable à l'assainissement collectif pour ces performances et, est plus économique.

Cependant, pour obtenir une solution définitive et satisfaisante pour la collectivité et pour l'utilisateur, un véritable service public de gestion de l'assainissement autonome devra être mis en place à l'image de celui de l'assainissement collectif ; il devra se porter garant de la bonne exploitation des installations comme les déposantes de boues de vidange.

Un système d'assainissement autonome bien conçu est composé :

- D'ouvrages de collecte et d'épuration des eaux, gérés par les populations elles – mêmes dans le cas d'ouvrages privés et par la collectivité dans le cas d'édicules publics.
- D'ouvrages de traitement des boues de vidange, gérés par la collectivité avec une participation des populations, De matériels de transports des excréta des propriétés privées vers les déposantes de boues de vidanges gérés par la collectivité avec une participation des populations et/ou par des privés agréés.

Le système autonome est proposé lorsque la faible densité de l'habitat rend trop coûteuse la mise en place de réseaux publics.

En termes d'investissement, au-delà de 50 m entre branchements, l'assainissement individuel est à retenir. [5]

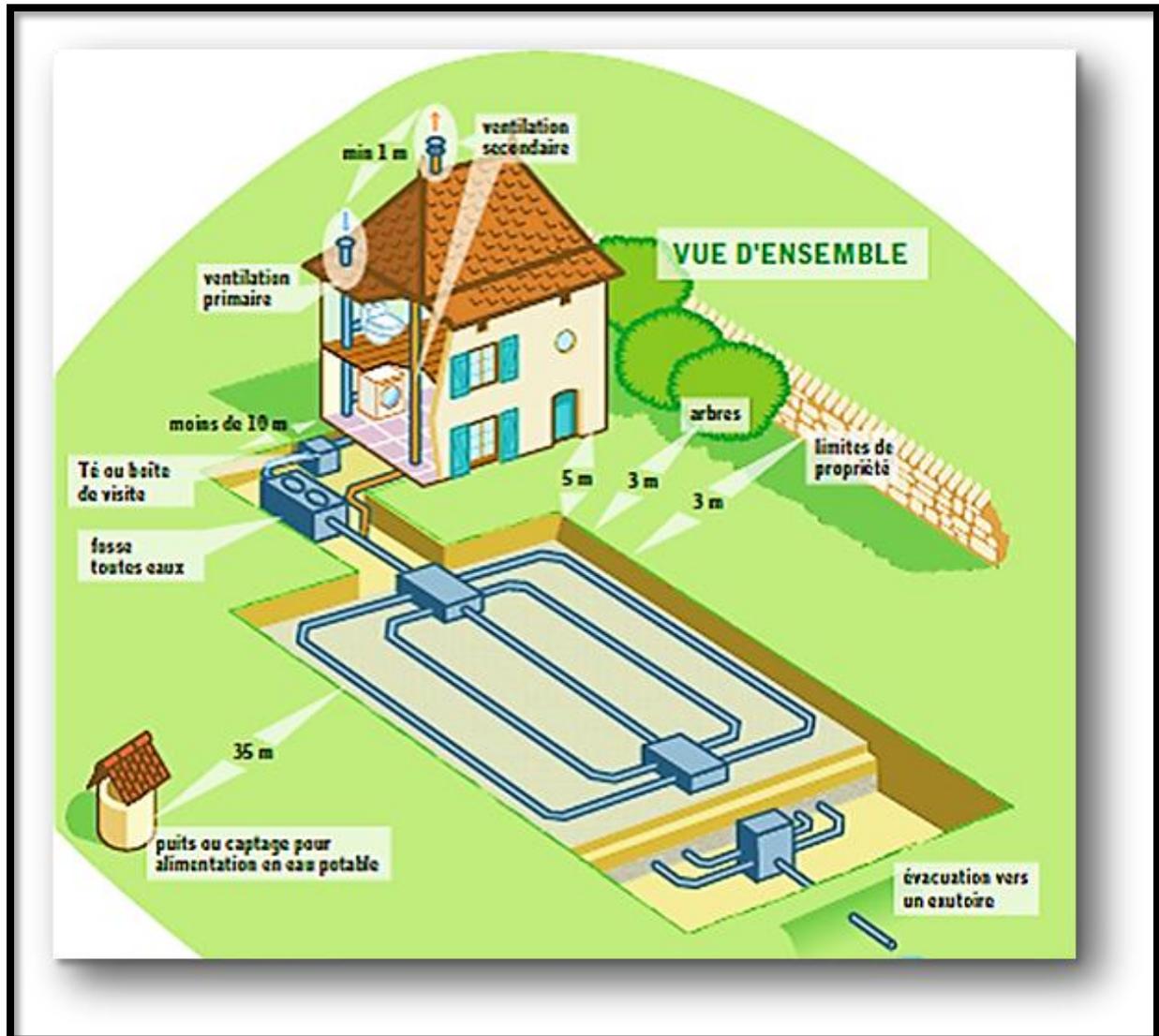


Figure. II.4 : Schéma d'installation d'assainissement collectif. [8]

II.6.2.3 .Système d'assainissement semi collectif :

Le système d'assainissement semi collectif est intermédiaire entre le collectif et l'autonome. On l'appelle aussi réseau de petit diamètre (REPD) et il est constitué des parties suivantes :

- des fosses intermédiaires (ou fosses d'interception) qui éliminent les matières flottantes et en suspension.
- un réseau de canalisations de petit diamètre qui capte toutes les eaux décantées et les achemine vers l'exutoire.

- Un exutoire final qui peut être un réseau conventionnel ou une station d'épuration.

Le principe de fonctionnement du réseau de petit diamètre est basé sur la collecte d'effluents de fosses septiques. La fosse septique élimine un pourcentage élevé de matières en suspension et de graisses, la faible fraction de solides non retenus possède un poids spécifique à peu près équivalent à celui de l'eau. De ce fait, il n'y a pas de dépôt de solides, à l'exception d'une fine couche de limon (biomasse) qui se forme sur la paroi des conduites. La présence des fosses septiques permet ainsi :

- + d'utiliser des conduites de faible diamètre.
- + de changer de direction ou de pente sans regard en raison de l'utilisation de conduite en PVC.
- + d'incorporer des tronçons à pente faible, parfois nulle ou même inverse.

Le système d'assainissement de petit diamètre peut être divisé en deux grandes catégories, à savoir les réseaux à pente minimale et ceux à pentes variables. Pour le premier, les pentes descendantes minimales sont imposées et les conduites sont conçues pour couler partiellement pleines au débit maximum. Le réseau à pente variable comporte des sections de conduites avec des pentes inverses ou nulles qui coulent à pleine capacité. Dans ce type de réseau, aucune vitesse ni pente minimale ne sont imposées. Toutefois, nous devons nous assurer que le niveau de sortie de chaque fosse septique est au-dessus du gradient hydraulique en tout point sur toute la conduite concernée. [5]

II.7. Les systèmes d'évacuation des eaux usées et des eaux pluviales :

L'établissement d'un réseau d'assainissement urbain doit répondre, en général, à deux préoccupations :

- Éliminer les eaux usées domestiques et industrielles pour assurer l'hygiène

Publique tout en évitant la pollution des milieux naturels.

- Évacuer de façon adéquate les eaux pluviales pour empêcher l'inondation des

Zones urbaines et assurer la sécurité des citoyens.

L'ensemble de ces eaux est capté puis évacué par le réseau d'assainissement. une Station de traitement est conçue à l'aval de ce dernier pour traiter les eaux usées. Lorsque la capacité de la station est dépassée, le surplus de ces eaux usées est rejeté Directement par des déversoirs d'orage. Pour un système unitaire, le déversement est Connu sous le nom C.S.O (Combined Sewer Overflow) et SSO (Storm Sewer Overflow) pour un système pluvial [6].

II.8. Divers systèmes d'évacuation des eaux usées et des eaux Pluviales :

Plusieurs systèmes d'évacuation des effluents urbains et pluviaux peuvent être mis en service. Les réseaux d'évacuation sont à écoulement libre mais peuvent comporter des sections en charge. On distingue :

II.8.1. Le système unitaire :

Ce système consiste à évacuer les eaux usées avec les eaux pluviales dans un même réseau, généralement pourvu d'un déversoir d'orage permettant, en cas de crue, le rejet direct du surplus des eaux par sur verse, dans le milieu récepteur. Ce type de réseau s'impose de fait lorsqu'il n'y a plus de possibilité de concevoir économiquement un réseau séparatif. Il est souhaitable lorsque l'urbanisation d'un secteur est en pleine transformation.

Le système unitaire présente l'avantage du coût et de la simplicité, puisqu'il suffit d'une canalisation unique dans chaque voie publique et un seul branchement pour chaque bloc d'immeuble ou parcelle. Il représente, toutefois, un inconvénient majeur qui consiste en des déversements parfois intempestifs des eaux usées qu'il faut les de gérer. [8]

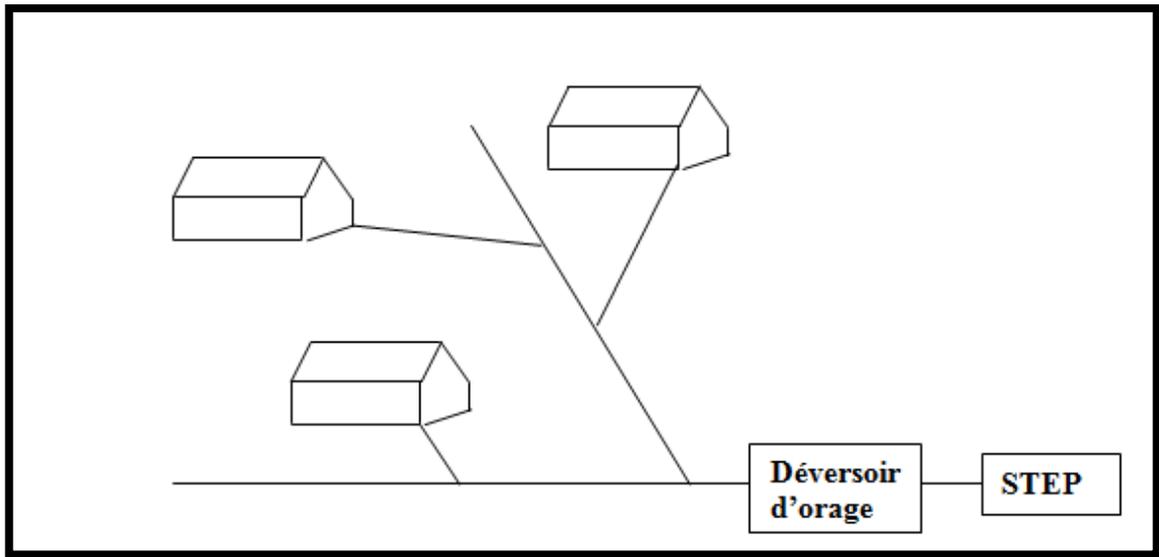


Figure .II.5 : Schéma du système unitaire. [8]

II.8.2. Le système séparatif :

Ce système consiste à spécialiser chaque réseau selon la nature de l'effluent :

- Un réseau est affecté à l'évacuation des eaux usées domestiques et pour certains cas des effluents industriels ayant les mêmes caractéristiques que les eaux usées domestiques.
- Un autre réseau destiné à l'évacuation des eaux pluviales directement rejetées dans le milieu récepteur.
- L'origine du système séparatif est liée à la création des stations d'épuration, il permet de les alimenter uniquement des eaux usées domestiques.

Le système séparatif est celui adopté par un grand nombre de petites et moyennes agglomérations. Ce système nécessite des ouvrages de section réduite en raison du volume limité des effluents rejetés. Parmi les avantages du système séparatif on cite :

- ✓ Il permet d'évacuer rapidement et efficacement la pollution sans aucun contact avec l'extérieure, contrairement au système unitaire qui rejette la pollution directement et sans traitement en cas de crue par le biais du déversoir d'orage.

- ✓ Il assure à la station d'épuration un fonctionnement régulier puisque les eaux à traiter ont une composition relativement identique.

Toutefois, il nécessite un coût d'investissement et d'exploitation plus important.[8]

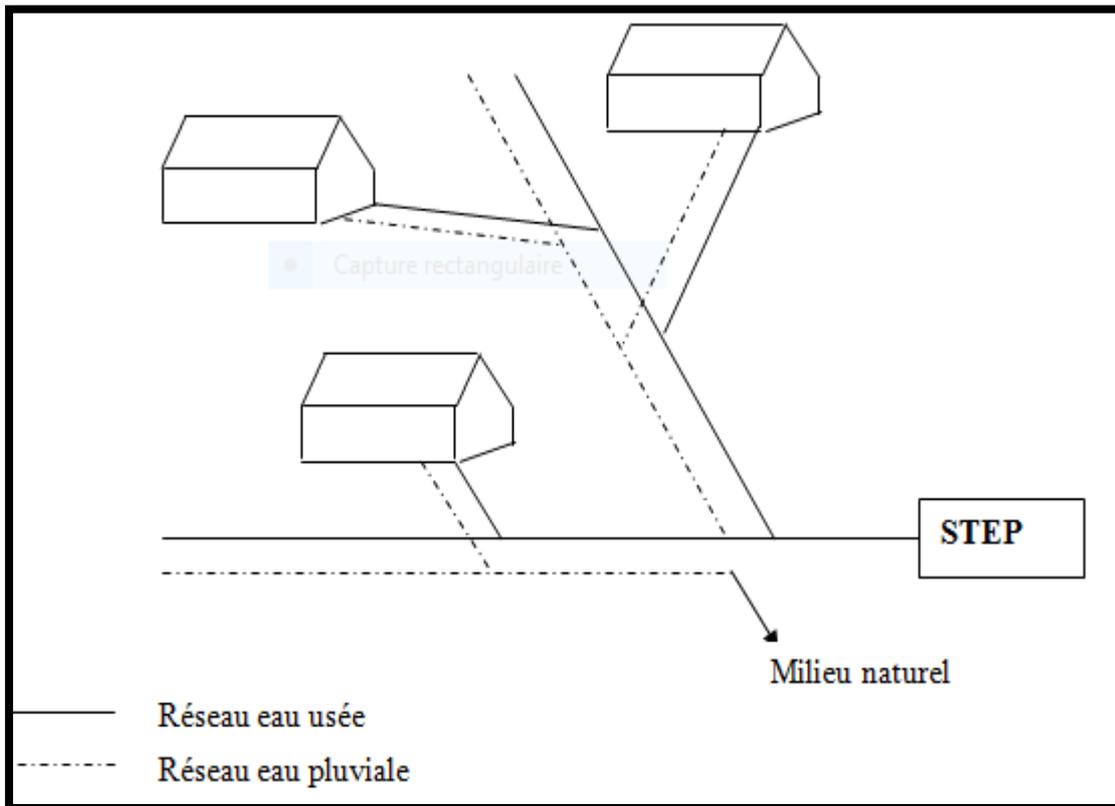


Figure .II. 6 : Schéma du système séparatif. [8]

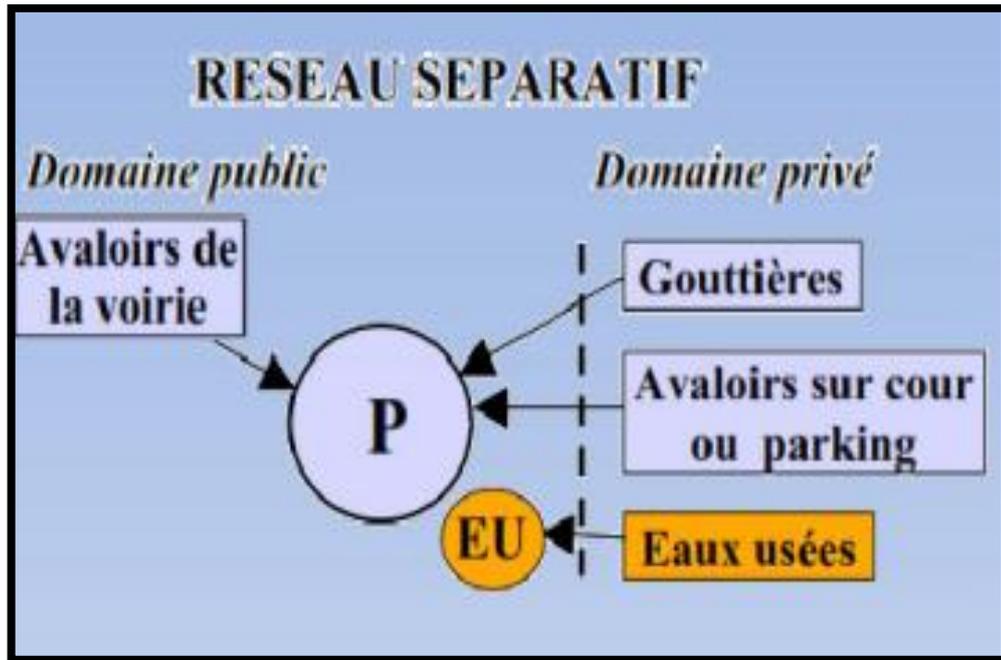


Figure .II.7 : Réseaux séparatif [3]

II.8.3. Système mixte :

On appelle communément système mixte un réseau constitué suivant les zones en partie en système unitaire et en partie en système séparatif [3].

II.8.4. Système pseudo séparatif :

Le système pseudo-séparatif est un système d'évacuation divisé en deux parties :

- Les eaux de ruissellement et les eaux pluviales qui se collectent par les ouvrages spéciaux conçu pour cet effet, les services de voiries (fossés, caniveau, aqueducs).
- les eaux de toitures, des cours et des jardins sont collectés avec les eaux d'habitation.

Ce système est utilisé dans des zones où les habitations sont relativement proches les unes des autres. [8]

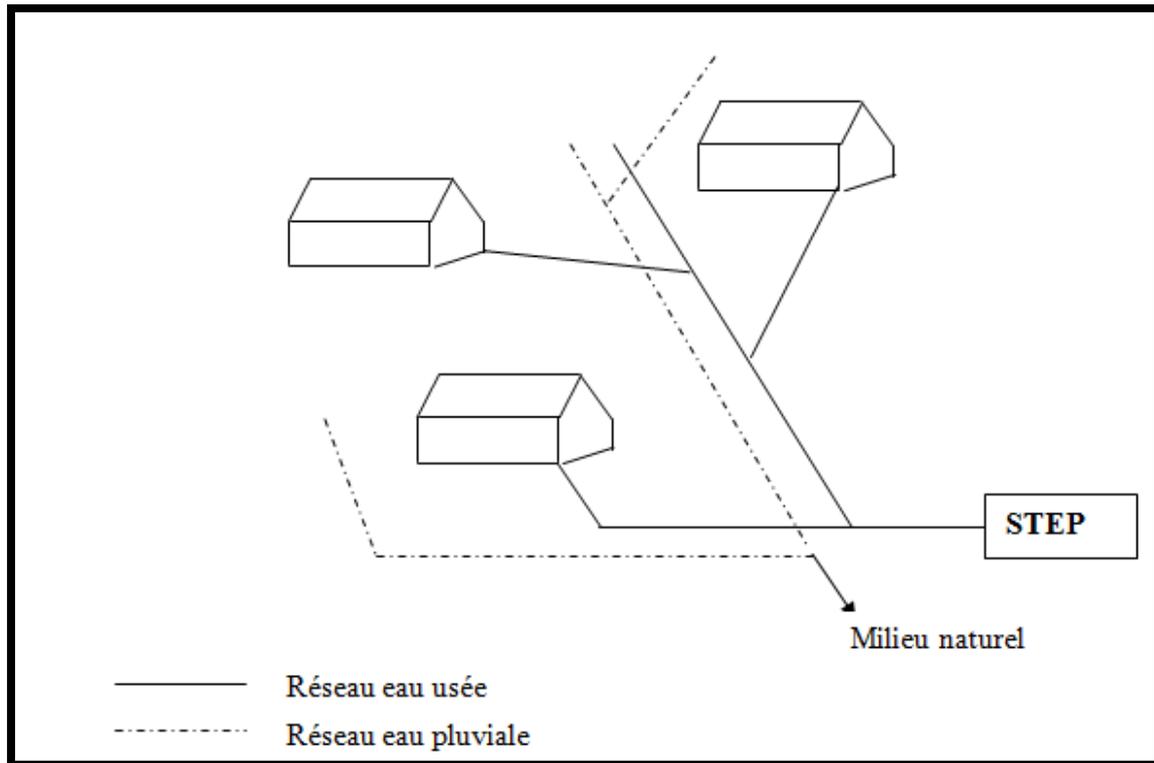


Figure .II.8 : Schéma du système pseudo séparatif [8].

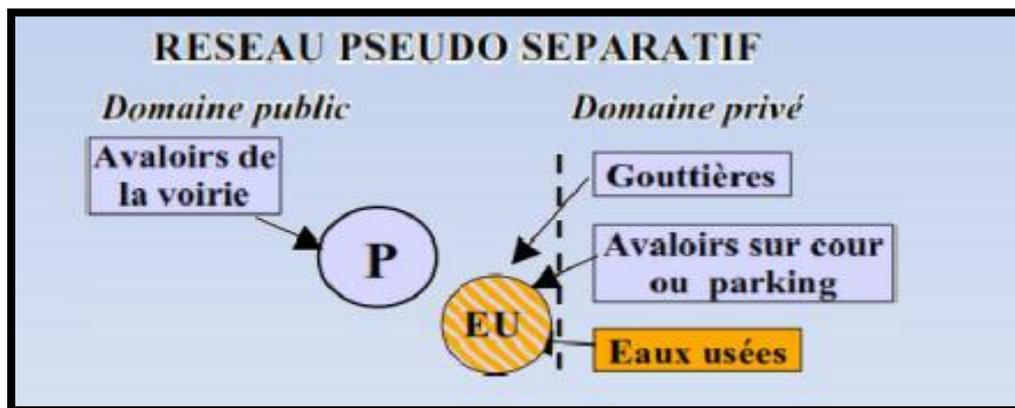


Figure .II.9 : Système pseudo séparatif [3].

II.8.5. Le système composite :

C'est une variante du système séparatif qui prévoit, grâce à divers aménagements, une dérivation partielle des eaux les plus polluées du réseau pluvial vers le réseau d'eaux usées en vue de leur traitement. [3]

II.8.6. Systèmes spéciaux :

L'usage de ces systèmes n'est à envisager que dans les cas exceptionnels, On distingue :

- Système sous pression sur la totalité du parcours :

Le réseau fonctionne en charge de façon permanente sur la totalité du parcours.

- Système sous dépression :

Le transport de l'effluent s'effectue par mise des canalisations en dépression. [3]

Tableau. II .1 : Avantages et inconvénients des systèmes d'évacuation [3].

Types	Avantages	Inconvénients
Séparatif	<ul style="list-style-type: none"> - conception simple : un seul collecteur, un seul branchement par immeuble. - encombrement réduit du sous-sol. - à priori économique (dimensionnement moyen imposé par les seules eaux pluviales). - aspect traditionnel, dans l'évolution historique des cités. - L'auto curage est assuré. - pas de risque d'inversion de branchement 	<ul style="list-style-type: none"> - débit à la station d'épuration très variable. - lors d'un orage, les eaux usées sont diluées par les eaux pluviales. - apport de sable important à la station d'épuration. - acheminement d'un flot de pollution assez important lors des premières pluies après une période sèche. - rejet direct vers le milieu récepteur du mélange " eaux usées - eaux pluviales " au droit des déversoirs d'orage.
	<ul style="list-style-type: none"> - diminution du diamètre moyen du réseau de collecte des eaux usées. - exploitation plus facile de la station d'épuration. - meilleure préservation de l'environnement des flux polluants domestiques. - coût de fonctionnement qui est faible sur la Step. 	<ul style="list-style-type: none"> - encombrement important du sous-sol. - coût d'investissement élevé. - risque important d'erreur de branchement. - Problème de dépôt et le manque d'autocurage pour le réseau d'EU.

Pseudo Séparatif	<ul style="list-style-type: none"> - Possibilité de collecter les eaux de petite pluie - Remédier au problème d'encrassement - L'auto curage est assuré. 	<ul style="list-style-type: none"> - Encombrement du sous-sol - Coût pour deux réseaux - Problème de faux branchement
Non Gravitaire	<ul style="list-style-type: none"> - utilisable en terrain plat. - adapté lorsque la nappe est proche de la surface. - pas de sur profondeur des canalisations 	<ul style="list-style-type: none"> - coût d'exploitation plus élevé qu'avec un système gravitaire. - risque de développement de gaz toxique et corrosif (H₂S) sur les refoulements de grande longueur. - équipements fragiles : pompe, pompe à vide, vanne automatique d'isolement, etc. - les systèmes en dépression ne fonctionnent plus en cas de fuite.

II.9. les différents schémas d'évacuation :

Le mode d'écoulement en assainissement est généralement gravitaire, donc dépendant du relief et de la topographie du terrain naturel, pour assurer cet écoulement gravitaire on a les différents schémas d'évacuations suivantes :

II.9.1. Schéma perpendiculaire :

C'est souvent celui des villes ou communes rurales qui ne se préoccupent que de l'évacuation par les voies les plus économiques et les plus rapides sans avoir un souci d'un assainissement efficace des eaux rejetées. [9]

Il est adopté pour les eaux pluviales des réseaux séparatifs s'il n'y a pas de traitement qui est prévue. L'écoulement se fait directement dans le cours d'eau le plus proche.

Suivant la disposition des collecteurs par rapport au cours on distingue :

- Le schéma perpendiculaire simple.
- Le schéma perpendiculaire étagé. [3]

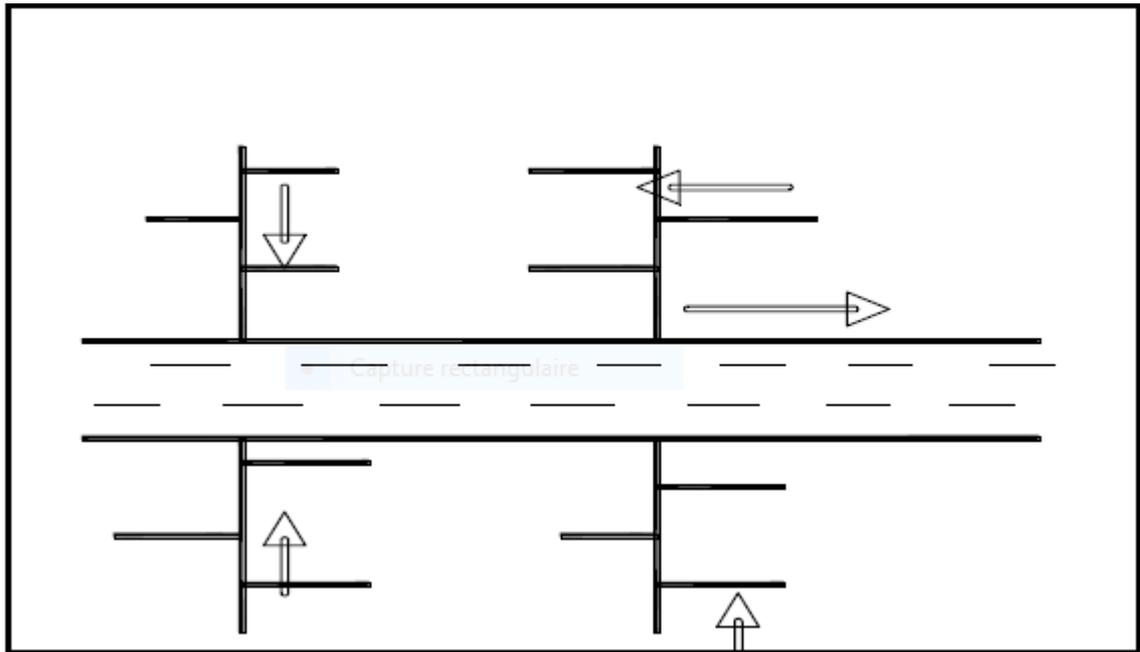


Figure. II.10 : schéma perpendiculaire [8]

II.9.2. Schéma par déplacement latéral :

On adopte ce type de schéma quand il y a obligation de traitement des eaux usées. Ou toutes les eaux sont acheminées vers un seul point dans la mesure du possible.

Ce schéma oblige parfois à prévoir des stations de relèvement. [6]

On adopte ce type de schéma quand il y a obligation de traitement des eaux usées. Ou toutes les eaux sont acheminées vers un seul point dans la mesure du possible.

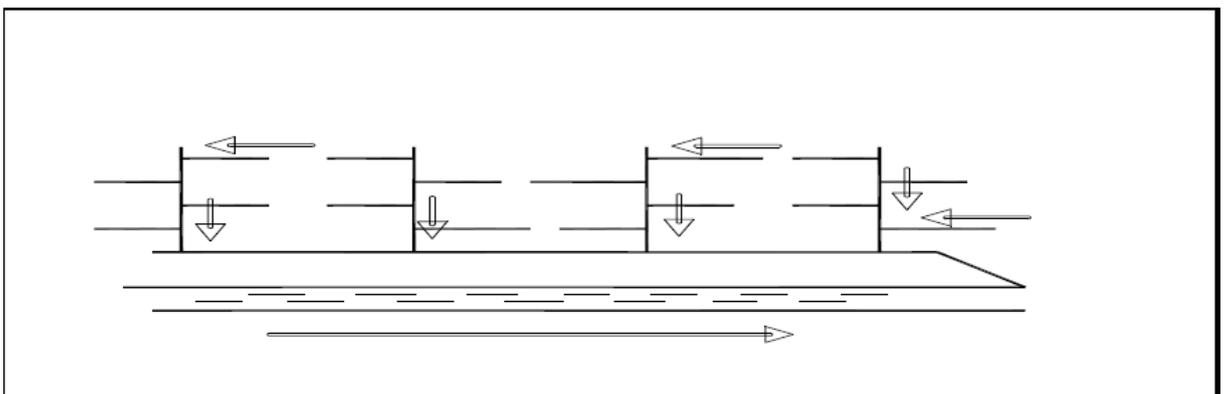


Figure II.11 : Schéma par déplacement latéral [3]

II.9.3. Schéma à collecteur transversal ou oblique :

Ce schéma est tracé pour augmenter la pente du collecteur quand celle de la Rivière n'est pas suffisante afin de profiter de la pente du terrain vers la rivière.

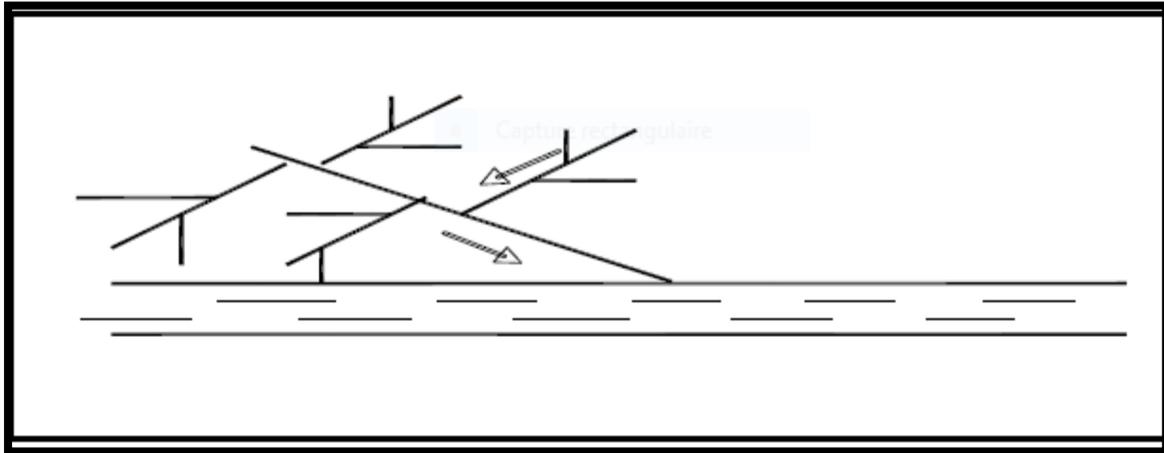


Figure. II.12 : Schéma à collecteur transversal ou oblique [3]

II.9.4. Schéma à collecteur étagé :

Lorsque notre agglomération est étendue et notre pente est assez faible, il est nécessaire d'effectuer l'assainissement à plusieurs niveaux.

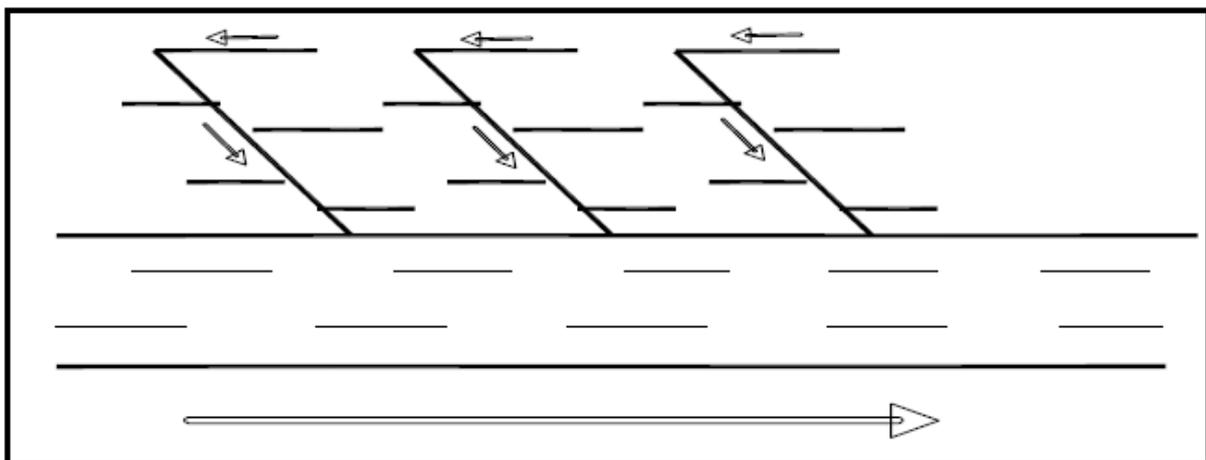


Figure. II.13 : Schéma à collecteur étagé [3]

II.9.5. Schéma de type radial :

Si notre agglomération est sur un terrain plat, il faut donner une pente aux Collecteurs en faisant varier la profondeur de la tranchée, vers un bassin de collecte. Par la suite un relevage est nécessaire au niveau ou à partir du bassin vers la station D'épuration.

Les eaux sont collectées en un point bas, pour ensuite être relevées vers :

- ✓ Un cours d'eau récepteur.
- ✓ Une station d'épuration.
- ✓ Un collecteur fonctionnant à surface libre.

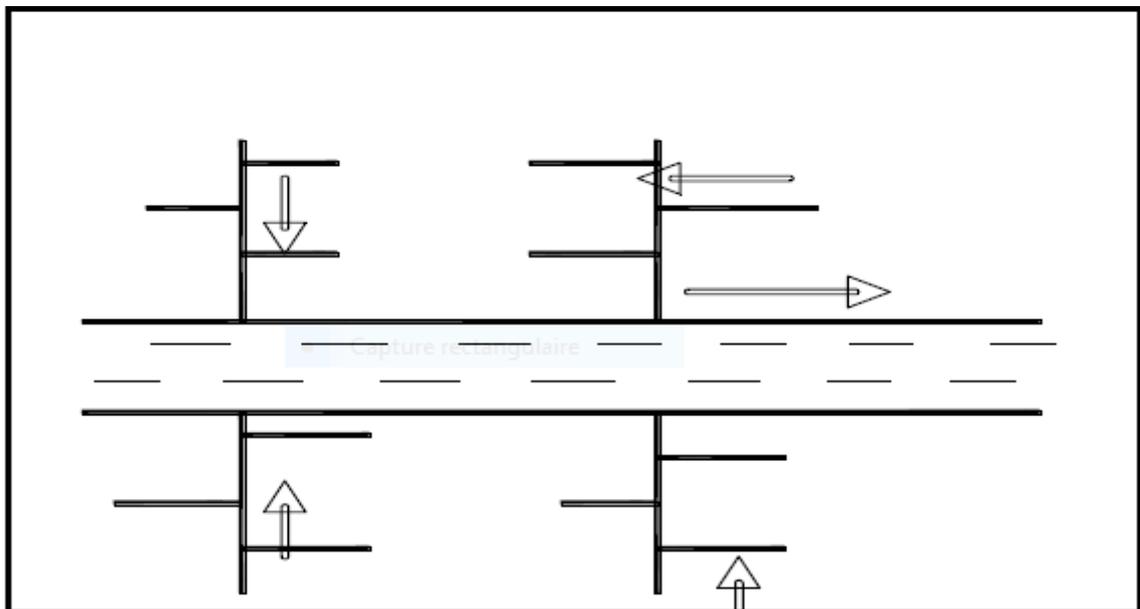


Figure .II.14 : Schéma de type radial [3].

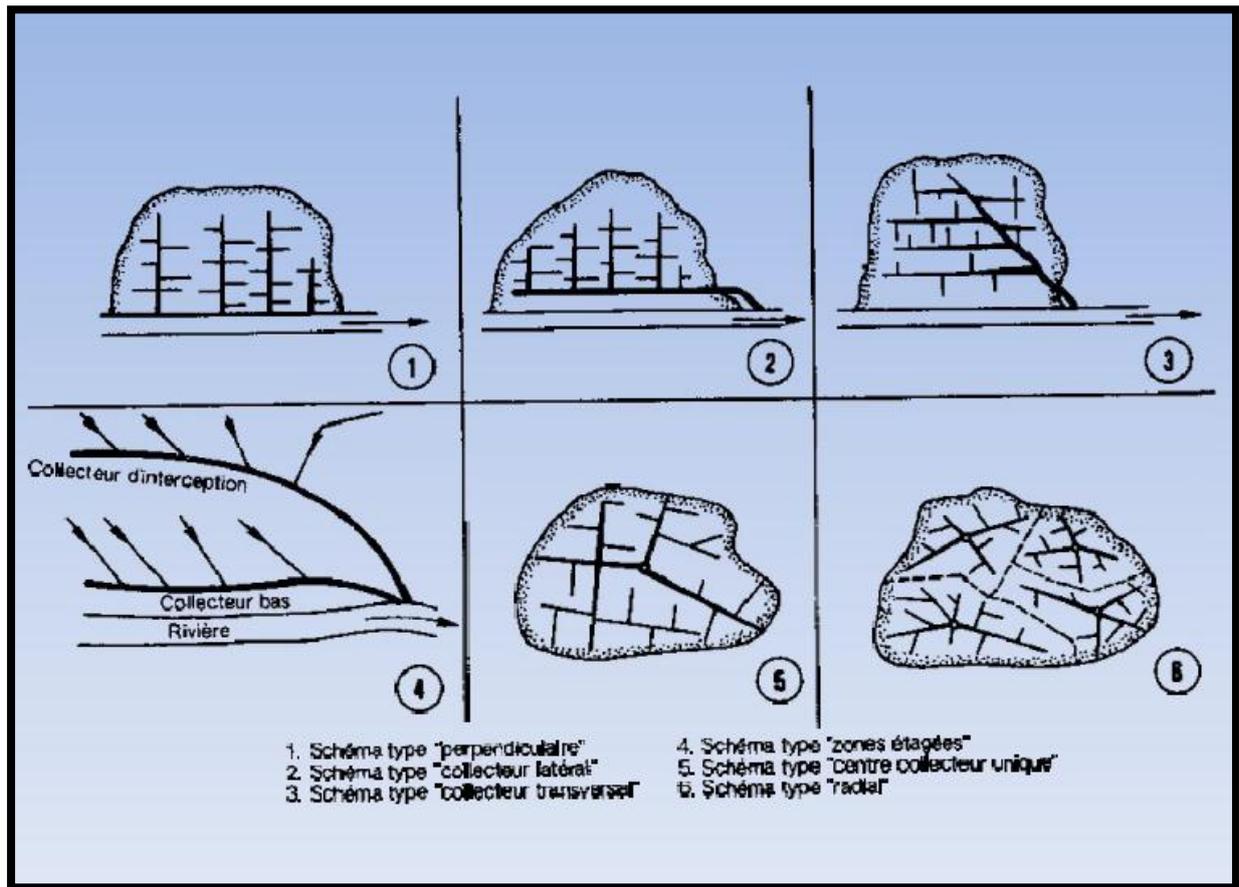


Figure .II.15 : Différent schéma d'évacuation [3]

II.10. Domaines d'utilisation privilégiés et contraintes d'exploitation des principaux systèmes :

Les domaines d'utilisation privilégiés et les Contraintes d'exploitation des principaux Systèmes sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau .II .2 : Domaines d'utilisation et contraintes d'exploitation [15]

Système	Domaine d'utilisation privilégié	Contraintes d'exploitation
Unitaire	<ul style="list-style-type: none"> - milieu récepteur éloigné des points de collecte. - topographie à faible relief. - imperméabilisation importante et topographie accentuée de la commune. - débit d'étiage du cours d'eau récepteur important 	<ul style="list-style-type: none"> - entretien régulier des déversoirs d'orage et des bassins de stockage. - difficulté d'évaluation des rejets directs vers le milieu récepteur.
Séparatif	<ul style="list-style-type: none"> - petites et moyennes agglomérations. - extension des villes. - faible débit d'étiage du cours d'eau récepteur. 	<ul style="list-style-type: none"> - Surveillance accrue des branchements. - entretien d'un linéaire important de collecteurs (eaux usées et pluviales). - entretien des ouvrages particuliers (siphons, chasses d'eau, avaloirs). - entretien des postes de relèvement et des chambres à sables. - détection et localisation des anomalies (inversion de branchement, arrivée d'eaux parasites).
Non gravitaire	<p>L'utilisation de ces systèmes correspond à des cas d'espèce et leurs avantages dépendent de conditions locales spécifiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> - topographies spéciales. - liaisons intercommunales 	<ul style="list-style-type: none"> - entretien et contrôle régulier des postes de pompage et des vannes automatiques d'isolement. - contrôle de l'étanchéité des réseaux en dépression. - traitement des effluents septiques (cas d'H₂S). - détection et localisation des arrivées

		d'eaux parasites.
--	--	-------------------

II.11. Choix du système d'assainissement :

Le choix du type d'assainissement à appliquer à chaque partie doit se faire en tenant compte d'un certain nombre de critères technico-économiques.

Ces critères sont principalement :

- L'aptitude du sol à l'assainissement autonome qui découle des capacités épuratoires des sols dont la plus importante est sa capacité d'infiltration.
- La densité et les consommations des populations afin de garantir un auto curage correct des canalisations.
- La capacité et la volonté des futures bénéficiaires à supporter les coûts de branchements ainsi que les redevances et taxes d'assainissement collectif. [5]

II.12. Tracé du réseau d'assainissement :

- Le tracé des réseaux d'assainissement doit être cohérent au plan de masse pour que le plus grand nombre possible de logements soit raccordé au même collecteur.
- Les tracés rectilignes sont recommandés; Chaque changement de direction nécessite la construction d'un regard de visite.
- Des courbes faiblement prononcées peuvent être envisagées à condition que des entretiens réguliers soient assurés.
- La pente doit être respectée. Une pente est toujours constante entre deux regards.
- Les fosses septiques sont des systèmes utilisés pour évacuer les eaux usées quand il n'y a pas de raccordement à un réseau public.
- Ce sont des réservoirs enterrés qui reçoivent les eaux usées domestiques.
- Ces fosses sont pourvues de trappes à la surface pour permettre leurs vidanges.

II.13. Les éléments constitutifs du réseau d'égout :

En matière d'assainissement, les éléments constitutifs d'un réseau d'égout devront assurer :

- Une évacuation correcte et rapide sans stagnation des eaux de pluie ;
- Le transport des eaux usées (susceptibles de provoquer une pétrification,) dans les conditions d'hygiène favorable.

En matière d'assainissement nous trouvons :

- Les ouvrages principaux qui correspondent au développement de l'ensemble du réseau jusqu'à l'entrée des effluents dans la station d'épuration, ou l'évacuation de ces derniers hors des agglomérations.
- Les ouvrages annexes qui constituent toutes les constructions et les installations ayant

Pour but de permettre l'exploitation rationnelle et correcte du réseau (bouche d'égout, Regards, déversoirs d'orage... etc.) [03].

II.14. Les ouvrage d'assainissement :

Un réseau d'assainissement a pour objet la collecte des eaux usées et pluviales et pour objectif la protection du milieu naturel ; il constitue un équipement public essentiel. Il doit être parfaitement étanche, même en cas de mouvements de terrain ; il doit avoir un degré très élevé de durabilité.

Les ouvrages d'assainissement comprennent des ouvrages principaux et des ouvrages annexes.

II.14.1. Les ouvrages principaux :

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

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

II.14.2. Les ouvrages annexes :

Sont constitués par tous les dispositifs de raccordement, d'accès, de réception des eaux usées ou d'engouffrement des eaux pluviales et par les installations ayant pour rôle fonctionnel de permettre l'exploitation rationnelle du réseau (déversoirs d'orage, relèvements, bassins de Stockage restitution.

En raison de leur implantation, tous ces ouvrages sont conçus et calculés pour résister aux charges permanentes et aux surcharges roulantes des véhicules circulant sur la voie publique. Le matériau constitutif des tuyaux doit résister également aux corrosions externes et internes Dues à la nature des eaux usées.

En outre, un réseau doit être étanche, tant pour les eaux usées évacuées à l'intérieur des **canalisations** qu'à l'extérieur, afin d'éviter l'introduction dans les **canalisations** des eaux contenues dans le sol, car le manque d'étanchéité introduit une surcharge hydraulique qui influe considérablement sur l'efficacité de la station d'épuration et augmente les coûts d'exploitation des stations de relèvement des effluents.[11]

II.14.3. Les ouvrages annexes sont considérés selon deux groupes :

II.14.3.1. Les ouvrages normaux :

Les ouvrages normaux sont les ouvrages courants indispensables en amont ou sur le cours des Réseaux, ils assurent généralement la fonction de recette des effluents ou d'accès au réseau.

II.14.3.2. Les ouvrages spéciaux :

Les ouvrages spéciaux à considérer, sont tous ceux relatifs aux dispositions constructives envisagées pour la restructuration des réseaux. [11]

II.15. Les Canalisations :

Elles se présentent sous plusieurs formes cylindriques préfabriquées en usine, elles sont désignées par leurs diamètres intérieurs, dites diamètres nominaux exprimés en millimètre, ou ovoïdes préfabriqués désignés par leur hauteur exprimée en centimètre et, des ouvrages visitables. [12]

II.15.1. Les type des canalisations :

Il existe plusieurs types de conduites qui sont différents suivant leurs matériaux et leurs destinations.

II.15.1.1. Tuyaux à section circulaire :**1. En béton non armé :**

Les tuyaux en béton non armé sont fabriqués mécaniquement par un procédé assurant une compacité élevée du béton (compression radiale, vibration, centrifugation, etc.).

- La longueur utile ne doit pas dépasser 2,50 m.
- Les tuyaux non armés : ont une rupture brutale ; mais, à moins que la hauteur de recouvrement soit insuffisante, elle survient aux premiers âges de la canalisation visitables, sous voirie...
- L'essai à l'étanchéité est effectué sous une pression de 1 bar pendant 30 minutes.
- Les principaux joints sont du type emboîtement à gorge pour joint élastomère. [12]

2. En béton armé :

Les tuyaux en béton armé sont fabriqués mécaniquement par un procédé assurant une compacité élevée du béton (centrifugation, compression radiale, vibration, etc.).

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

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

À moins que les tuyaux proviennent d'usines agréées, le constructeur doit obtenir du fournisseur que l'allongement sous charge maximale des aciers utilisés se supérieur ou égal à 2 %.

Ces tuyaux doivent satisfaire aux essais de résistance à la rupture et aux essais d'étanchéité (sous une pression de 1 bar pendant 30 minutes).[12]

3. Tuyaux ovoïdes préfabriqués :

Cette forme de conduite a été mise au point afin d'obtenir une vitesse d'écoulement en fonction du remplissage la moins variable possible.

Malgré la volonté de normalisation, il existe différentes formes de tuyaux ovoïdes, notamment la forme simple, proportionnelle au cercle.

Leur longueur utile est d'au moins 1 m. Ils sont à joint à emboîtement à mi-épaisseur ou à tulipe.

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

L'épaisseur du radier ne doit différer en aucun point de $\pm 2,5$ % de l'épaisseur garantie par le fournisseur ; mesurée au fil d'eau, en deux points situés à chaque extrémité de l'ovoïde, elle ne doit pas varier de plus de 5 mm.

L'essai d'étanchéité est effectué sous une pression de 0,5 bar maintenue pendant 1 heure, sur deux ovoïdes assemblés. [12]

4. Tuyaux en fibres ciment sans pression :

L'amiante est un matériau interdit. Les fibres que l'on mélange au ciment permettent d'obtenir alors un matériau composite que l'on désigne par l'expression « fibres-ciment ».

Des ouvrages de très grande taille peuvent être fabriqués avec ce matériau, Les tuyaux se fabriquent en deux types, selon le mode d'assemblage :

- tuyaux avec un emboîtement.
- tuyaux sans emboîtement avec deux bouts lisses.

Les avantages offerts par les produits en fibres-ciment sont des dispositions constructives homogènes, constituées de pièces appelées « manchons » ou « manchettes », ou encore « biellettes » (canalisations courtes avec un système de joints souples). Le manchon est scellé dans le regard de visite, et la biellette assure la liaison souple avec le tuyau. [12]

5. Tuyaux en grès :

Le grès servant à la fabrication des tuyaux est constitué à parts égales d'argiles et de sables Argileux cuits entre 1200 et 1300°C.

Les tuyaux sont fabriqués par extrusion. À la température de cuisson, l'ensemble subit la fusion pâteuse et se vitrifie. Les tuyaux en grès de bonne qualité, sonnés au maillet, rendent un son clair.

Le matériau obtenu est très imperméable : il est inattaquable par les agents chimiques, à l'exception de l'acide fluorhydrique.

L'utilisation des tuyaux en grès est recommandée dans les installations internes industrielles, mais en aucun cas elle ne devrait être préconisée en réseau public sous le prétexte que le grès peut admettre des effluents agressifs, la longueur minimale utile des tuyaux est de 1 m.

Tous ces tuyaux sont fournis avec assemblage par bagues d'étanchéité ou à dispositifs d'étanchéité incorporés et montés en usine, la tolérance sur la longueur utile est $\pm 2 \%$.

[12]

6. Tuyaux en polychlorure de vinyle (PVC) non plastifié :

Les matières plastiques ont un comportement différent face à une élévation de température qui conduit à distinguer deux grandes familles : les thermoplastiques et les thermodurcissables.

Le PVC fait partie de la famille des thermoplastiques ; c'est une résine synthétique résultant de la polymérisation du chlorure de vinyle monomère, celui-ci étant obtenu par synthèse à partir du chlorure d'hydrogène. Suivant la quantité de plastifiant qu'on adjoint, le PVC peut donner des produits souples ou rigides.

Le PVC rigide non plastifié, utilisé en assainissement, est opaque et de couleur normalisée gris clair. Il offre une exceptionnelle résistance à l'agression d'ordre chimique et peut, de ce fait, offrir un intérêt dans les installations internes industrielles.

Si les tuyaux ne sont pas destinés à être assemblés par manchons à double bague d'étanchéité, ils comportent à l'une de leurs extrémités une emboîture façonnée en usine, munie d'un dispositif pour loger ou retenir une bague en élastomère.

Les joints collés ne peuvent être admis que pour les tuyaux de faible diamètre, c'est-à-dire

Pour les branchements, les tuyaux en PVC non plastifié sont sensibles à l'effet de température, le diamètre nominal est égal au diamètre extérieur exprimé en millimètres.

Les fabricants produisent actuellement des tuyaux pour les branchements (PVC-U), pour l'évacuation sous pression ou à base de résine (UP) et renforcés de verre (PRV), Pour les écoulements libres ou sous pression, il existe une gamme de tuyaux de grandes dimensions (DN 1000 à 2400).

Parmi les canalisations d'emploi courant en assainissement sont classés les tuyaux en polyéthylène haute densité et les tuyaux à structure alvéolaire en PVC rigide, dont les parois sont composées, dans leur épaisseur, de canaux cylindriques qui leur confèrent des caractéristiques particulières sans les alourdir. [12]

7. Tuyaux en fonte :

Les caractéristiques des **tuyaux** en fonte, facteurs de sécurité et de résistance mécanique, leur confèrent le label d'excellence.

Les **tuyaux** en fonte ductile et revêtement intérieur en ciment alumineux assurent des qualités de fiabilité anti-agressives. [12]

II.15.2. Choix du type de canalisation :

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

1. Des pentes du terrain.
2. Des diamètres utilisés.
3. De la nature du sol traversé.
4. De la nature chimique des eaux usées.
5. Des efforts extérieurs dus aux remblais [12]

II.16. joints :

II.16.1. Les joints des conduites en béton armé :

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

Ce dernier est en fonction de la nature des eaux et leur adaptation vis à vis de la stabilité du sol et en fonction de la nature des tuyaux et de leurs caractéristiques (diamètre, épaisseur).

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

II.16.1.1. Joint type ROCLA :

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

II.16.1.2. Joint à demi-emboîtement :

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

II.16.1.3. Joint à collet :

Le bourrage se fait au mortier de ciment, il n'est utilisé que dans les bons sols à pente faible. [13]

II.17. Les ouvrages normaux :**II.17.1. les branchements :**

Leur rôle est de collecter les eaux usées et les eaux pluviales d'immeubles, un branchement comprend trois parties essentielles .

- Un **regard** de façade qui doit être disposé en bordure de la voie publique et au plus près de la façade de la propriété raccordée pour permettre un accès facile aux personnels chargés de l'exploitation et du contrôle du bon fonctionnement
- Des canalisations de branchement qui sont de préférence raccordées suivant une oblique inclinée à 45° ou. 60° par rapport à l'axe général du réseau public.
- Les dispositifs de raccordement de la canalisation de branchement sont liés à la nature et aux dimensions du réseau public. [14]

II.17.2. Les fossés :

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

Dans notre cas, on les place au niveau des collecteurs secondaires raccordés aux collecteurs principaux J et Z. [14]

II.17.3. Les caniveaux :

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

Dans notre projet, les caniveaux sont placés entre les bouches d'égout et au niveau des voiries étroites pour permettre l'évacuation des eaux pluviales vers les bouches d'égout. [14]

II.17.4. Les bouches d'égout :

Les bouches d'égouts sont destinées à collecter les eaux en surface (pluviale et de lavage des chaussées). Elles sont généralement disposées au point bas des caniveaux,

Soit sur le trottoir.

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

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

Les bouches d'égouts à section circulaire de 0,5 m de diamètre avec ou sans décantation Ce type de bouche d'égout peut s'adapter surtout si le réseau risque de ne pas faire l'objet d'un entretien permanent. [14]

Selon le type de recueil des eaux, on distingue cinq types de bouches d'égouts :

- **Les bouches d'égout avec grille et couronnement métallique :**

Ces bouches peuvent être sélectives ou non lorsqu' il est prévu une décantation l'entrée des eaux dans le réseau s'effectue soit au moyen d'un siphon, soit directement par sur verse au-dessus du seuil du puisard de décantation. [14]

- **Les bouches d'égout avec bavette en pierre ou en béton et couronnement métallique :**
 - Elles peuvent être sélectives ou non, avec ou sans décantation siphonée ou non.
 - Dans ce dernier cas l'entonnoir est prolongé par une jupe dont la base doit plonger au moins à 0,05 m au-dessous du niveau permanent du puisard de décantation.
- **Les bouches d'égout à avaloir métallique grille et couronnement combiné:**

Elles sont comme les précédentes, la seule particularité repose dans le fait que le dispositif métallique supérieur s'emboîte directement sur l'arase supérieure de La cheminée. [14]

II.17.5. les regards :

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

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

- **Regard simple :** pour raccordement des collecteurs de mêmes diamètres ou de diamètres différents.
- **Regard latéral :** en cas d'encombrement du V.R.D ou collecteurs de diamètre important.
- **Regard double :** pour système séparatif.
- **Regard toboggan :** en cas d'exhaussement de remous.
- **Regard de chute :** à forte pente.
 - ✚ **La distance entre deux regards est variable :**
 - 35 à 50 m en terrain accidenté.
 - 50 à 80 m en terrain plat.
 - ✚ **Sur les canalisations les regards doivent être installés :**
 - A chaque changement direction.
 - A chaque jonction de canalisation.
 - Aux points de chute.

- A chaque changement de pente.
- A chaque changement de diamètre. [14]

II.17.6. Déversoir d'orage (assainissement) :

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

C'est donc un ouvrage destiné à décharger le réseau d'assainissement d'une certaine quantité d'eaux pluviales, de manière à réagir sur l'économie d'un projet en réduisant les dimensions du réseau aval. [14]

II.18. Terminologie d assainissement :

II.18.1. Terminologie d'assainissement et d'épuration, termes scientifique de l'hydraulique :

1-Auto curage : Curage continu et systématique des conduites d'assainissement par simple écoulement gravitaire des eaux usées.

2-Bassin d'aération : Bassin dans lequel s'effectue une aération artificielle des eaux. Il s'agit en fait d'assurer un apport en oxygène pour permettre aux boues organiques de se maintenir en vie : les boues activées.

3-Bassin de rétention : Bassin destiné à écrêter les pointes d'orage en restituant les eaux retenues par un débit Compatible avec le réseau aval.

4-Bouche d'égout : Ouvrage non visitable, situé aux points bas des chaussées pour collecter les eaux pluviales et les eaux de lavage des rues. [16]



Figure. II .16 : Bouche d'égout. [16]

5-Caniveau : Élément de forme rectangulaire ou trapézoïdale placé généralement sur les bas côtés des chaussées pour drainer les eaux de pluie.

6-Clarificateur : Ouvrage destiné à séparer les eaux claires et les boues par simple décantation.

7-Déssableur : Ouvrage permettant d'arrêter les sables contenus dans les eaux usées par simple décantation.

8-Déshuileur : Ouvrage permettant de piéger les graisses et les huiles par simple flottation.

9-Déversoir d'orage : Ouvrage placé sur les conduites pour évacuer le surplus de débit en période de pluie ; ce qui permet de soulager les conduites avalées et la station de traitement. [16]

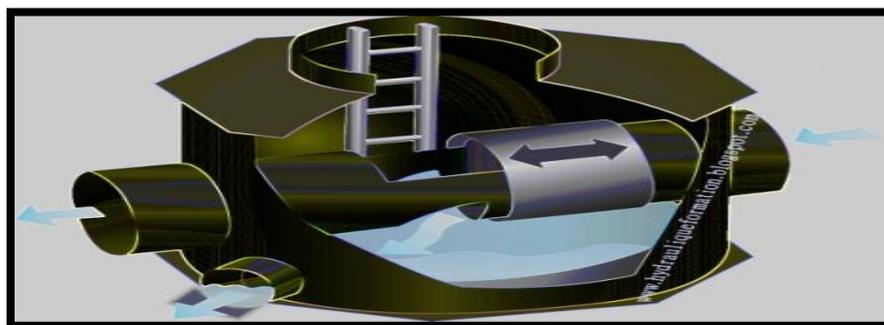


Figure .II.17. Déversoir d'orage [16]

10-Digesteur : Unité de digestion des boues. Elle permet de transformer les boues organiques en boues minérales.

11-Épasseur : Unité de traitement des boues. Elle permet d'épaissir les boues par tassement sous l'effet de leur poids.

12-Exutoire : Point final de rejet, conditionné par la présence d'un milieu récepteur, il oriente le choix du site de la STEP. [16]



Figure .II.18 : Exutoire [16]

13-Fosse septique : Cuve, généralement à deux compartiments permettant d'assurer un traitement primaire des eaux en système autonome. [16]

14-Lagune : Grand bassin en terre aménagé pour recevoir les eaux usées qui y séjournent pendant plusieurs jours et s'auto épurent naturellement.

15-Lit de séchage : Bassins superposés en parallèle sur lesquels seront étalées les boues pour y être séchées naturellement.

16-Lit filtrant : Système de traitement par le sol. Il est constitué de drains superposés dans un lit aménagé en sous sol.

17-Regard de visite : Ouvrage placé au milieu de la chaussée ou sous le trottoir, il permet la jonction des conduites, L'entretien et la ventilation du réseau L'entretien et la ventilation du réseau. Regard de branchement :

Regard placé à la limite du domaine public et permet, outre le curage, le branchement directe des particuliers. [16]



Figure. II. 19 : Regard de visite [16]

18-Siphon de chasse : Dispositif permettant d'assurer le curage hydraulique forcé de certains tronçons d'égout ayant de faibles pentes d'écoulement.

19-Station de refoulement : Unité permettant de relever les eaux usées vers un point plus haut pour assurer l'écoulement gravitaire [16].

Conclusion :

Pour une exploitation rationnelle de notre réseau d'assainissement, il est nécessaire de faire un bon choix des conduites et ceci selon la forme et le matériau par lequel elles sont construites.

D'autre part pour faciliter les opérations de curage et assurer une meilleure sécurité de notre réseau. On a procédé à l'implantation et au dimensionnement des divers éléments constitutifs du réseau d'égouts à savoir :

- Les branchements.
- Les regards de (visite, jonction, chute).

- Le système d'assainissement adopté pour la zone d'étude est le système unitaire.
- Le schéma d'évacuation adopté est le schéma de collecte par réseau radial à cause du terrain plat.
- Le matériau de canalisation existant en zone d'étude est PVC.

***PROBLEMATIQUE DE LA
DEGRADATION DES RESEAUX
D'ASSAINISSEMENT***

Introduction :

En assainissement, le terme dégradation est couramment utilisé pour caractériser le mauvais état des équipements (réseaux), ou des ouvrages. Mais, qu'est-ce qui détermine, en fait, le caractère dégradé d'un réseau d'assainissement ?

Nous considérons que ce sont les manifestations du dysfonctionnement de ce réseau, ou le fait que le réseau ne réussisse plus à remplir son rôle. [19]

III.1. Définition de la dégradation :

Un réseau d'assainissement est dit dégradé lorsqu'il est incapable d'assurer les conditions nécessaires à la réalisation des objectifs qui lui sont assignés. La dégradation est quantifiée par l'écart existant entre l'état réel (performance actuelle) et l'état prévu (performance optimale).

Notons que ce dernier est une notion relative. Il est orienté par les attributs et les préférences des gestionnaires du réseau.

Une composante d'un réseau peut continuer à se dégrader sous l'effet de l'environnement auquel elle est soumise (variation des contraintes appliquées, action corrosive de l'effluent...).

Si ces mécanismes ne sont pas contrôlés par le biais d'une maintenance corrective, les défaillances engendrées auront des conséquences graves sur le réseau lui-même et sur son environnement. [7]

III.2. Etats de la dégradation :

L'état de la dégradation d'un ouvrage d'assainissement ne s'identifie pas à l'accumulation d'un certain nombre d'anomalies, mais il se réfère au dysfonctionnement global des équipements et il caractérise, précisément, l'écart existant entre les finalités associées au réseau et sa performance réelle.

Le déclenchement d'un état de dégradation signifie, autrement dit, que la performance fonctionnelle de l'ouvrage devient désormais incompatible avec le rôle requis du système d'assainissement qui dépend, bien sûr, des conditions socio-économiques.

L'existence du système se met alors automatiquement en cause. Par contre, la structure du réseau peut être usée et même en mauvais état sans être reconnue comme dégradée, tant que l'écart entre la performance fonctionnelle de l'ouvrage et ses finalités n'existe pas. [19]

III.3. Conditions qui déterminent le comportement des équipements :

Il existe quatre types principaux de conditions qui déterminent le comportement des équipements :

1- la construction initiale du réseau : concerne la qualité des matériaux qui composent les équipements, les conditions de leur construction et de leur pose. Elle influe considérablement sur l'évolution de la structure des ouvrages en conditionnant l'adéquation ou non de la structure vis-à-vis des contraintes exercées.

2- l'âge du réseau se reflète sur l'état de vieillissement de son matériel et sur les techniques utilisées pour l'installation initiale des canalisations. En effet, l'âge de l'ouvrage, en définissant le moment de sa construction, détermine aussi les moyens utilisés pour son installation.

3- l'usage du réseau : Le mode d'usage du réseau dépend de la nature des effluents déversés dans les canalisations, de même que des charges exercées sur les parois externes des canalisations. La nature des effluents est liée à la fonction d'utilisation des équipements qui est définie par la réglementation et qui dépend des mœurs des habitants et du contrôle des usagers, assuré par les agents exploitants du service. En outre, les contraintes exercées à l'extérieur des canalisations dépendent de la nature du milieu environnant (acidité du sol, rôle du trafic, présence d'autres services au voisinage du réseau).

4- l'entretien du réseau représente le souci du service d'assainissement pour conserver les équipements en bon état ; un niveau satisfaisant d'entretien pouvant, en effet, prévenir ou retarder le mécanisme de la détérioration. [19]

III.4. Type de la dégradation des réseaux d'assainissement:

La dégradation d'un réseau d'égout peut être définie comme étant son incapacité à évacuer les eaux sanitaires et pluviales sans surcharge hydraulique, avec un certain

impact sur l'environnement et la conservation de la bonne intégrité structurelle. Il est à noter qu'il y a trois types de dégradation :

III.4.1. Dégradation hydraulique :

C'est l'incapacité de l'égout à transporter le débit de conception sans dommages à la propriété. Un tronçon est dit défaillant quand il n'est plus capable d'évacuer adéquatement le débit de design pluvial et sanitaire. Il suffit parfois qu'un tronçon soit défaillant pour juger le dysfonctionnement de l'ensemble du réseau. En effet, une surcharge observée au niveau d'une conduite peut être causée par elle-même et par d'autres conduites en aval.

Cette dégradation se manifeste par les inondations suite à l'augmentation des débits de ruissellement, l'augmentation de la rugosité par usure ou excentricité des joints et la présence d'obstacles et de sédiments par manque d'entretien. [17]

III.4.2. Dégradation structurale :

Représente en général le mauvais état physique d'un tronçon de conduite. Le réseau d'égout est compté parmi les infrastructures souterraines, se mettant en contact d'une façon permanente par ces différents composantes (conduites, collecteur, intercepteur, émissaire, etc.) avec le milieu environnant.

L'état du sol constituant l'assise de la conduite est très important, car il lui constitue un soutien latéral.

La sollicitation des charges statiques permanentes et les charges dynamiques, liées au trafic routier, fait aussi partie du milieu environnant. L'ensemble de ces facteurs associés au vieillissement du réseau définissent la qualité. [17]

III.4.3. Dégradation environnementale :

La dégradation environnementale la plus commune est le déversement des eaux unitaires par les déversoirs d'orage en temps de pluie. Elle se manifeste quand la fréquence annuelle des déversements (sans traitement) dépasse largement la valeur prévue. [23]

III.5. Facteurs de la dégradation des réseaux d'assainissement:

Les matériaux usuellement utilisés pour les réseaux d'assainissement sont les conduites en Béton, en Amiante, en PVC et dernièrement en fibre de verre PRV alors que la plus parts des réseaux AEP sont réalisées en PVC.

Il faut mentionner que les causes principales de la dégradation de ces réseaux sont d'origine mécanique, physique ou chimique.

III.5.1. Facteurs mécaniques :

Dépassement des contraintes (σ_{ad}) ou des déformations (ϵ_{ad}) admissibles ($\sigma > \sigma_{ad}$, $\epsilon > \epsilon_{ad}$). Par exemple :

- le passage des grands engins ou camions dans les petites cités qui donnent naissance à des fissures qui favorisent la décroissance de la durabilité du béton armé.
- les charges accidentelles telles que le séisme ou bien les catastrophes naturelles.
- les charges thermiques dues à l'écart de température.

III.5.2. Facteurs physiques:

A. La porosité :

La porosité indique les pores dans la matrice cimentaire qui favorisent la diffusion des eaux chargées et l'absorption capillaire notamment pour les petits pores.

B. La perméabilité (pores ouverts) :

La perméabilité d'un milieu poreux correspond à son aptitude à se laisser traverser par un fluide (liquide ou gaz) sous l'effet d'un gradient de pression. Elle dépend fortement du réseau poreux et de sa connectivité. Un béton perméable est un béton non durable.

III.5.3 .Facteurs chimiques :

Les facteurs chimiques se traduisent par les réactions d'échange entre le matériau et le milieu agressif. Ils sont souvent les plus importants, puisque le béton peut se dégrader par réaction Chimique (dissolution, gonflements) à partir de ses constituants.

Etant donné que les causes chimiques sont les plus importants dans la dégradation de la durabilité des ouvrages en béton, dans ce qui suit, nous nous intéressons qu'au mécanisme de dégradation chimique entre le béton et les solutions chimiques agressives environnantes. [18]

III.6. Principales causes de la dégradation des réseaux d'assainissement :

L'environnement des canalisations génère un certain nombre de risques de dégradation qui peuvent être liés :

- aux terrains (risques géotechniques et hydrogéologiques).
- à l'effluent transporté (risques hydrauliques).
- à l'ouvrage lui-même (risques structurels).
- au milieu environnant (risques d'impacts).

III.6.1 Risques géotechniques et hydrogéologiques :

III.6.1.1. Entraînement de fines :

L'écoulement de l'eau dans un sable engendre des forces hydrodynamiques tendant à entraîner les éléments de sol dans le sens de l'écoulement. Dans le cas d'une canalisation mise en place sous une nappe, ce phénomène peut s'enclencher dès la phase de construction lorsqu'il y a déficience du système de rabattement de la nappe.

Le processus d'entraînement du sol environnant la canalisation et sa périphérie s'aggravant au cours du temps, les vides créés au voisinage de la canalisation vont provoquer des désordres dans celui-ci (fissures, assemblages défectueux...) favorisant la pénétration du sol à l'intérieur et contribuant à l'amplification du phénomène.

Le phénomène peut aussi apparaître ou se développer postérieurement à la phase de construction. C'est le cas lorsque l'environnement perméable immédiat de la canalisation peut constituer un drain. L'origine du drainage de la nappe et donc de l'entraînement de fines peut aussi se trouver ailleurs qu'au droit même de la canalisation

- Pompages temporaires dans les fouilles proches de l'ouvrage.
- Drains perméables défectueux autour de constructions voisines.
- Proximité d'un réseau d'adduction d'eau non étanche. [20]

III.6.1.2. Tassement :

Ce sont, avant tout, les conditions de réalisation des conduites ou d'évolution de leur environnement qui vont générer ces tassements.

III.6.1.3. Dissolution :

Certains matériaux naturels, tels que le gypse, sont solubles voire très solubles dans l'eau. La dissolution conduit à la formation de cavités et de Karst plus ou moins importants. L'origine de fissure, d'affaissement ou d'effondrement pour les conduites situées dans des sols Cependant, pour qu'il y ait un risque réel, il faut que le sol soluble soit effectivement baigné par une nappe et que cette nappe, dans le cas où elle s'écoule naturellement, ne soit pas saturée ou bien que cette nappe soit en mouvement sous l'effet d'un pompage dont la zone d'influence intéresse la canalisation. [20]

Une fuite entraînant une circulation d'eau d'origine accidentelle constitue une autre grande cause de dissolution de ce type de sol.

III.6.1.4. Gonflement – retrait :

Certaines argiles et marnes raides ont une tendance à changer de volume en fonction de leur teneur en eau. Pour une conduite qui traverse des terrains de cette nature, l'existence de cycles gonflement – retrait, causés par des fluctuations du niveau de la nappe phréatique ou par des cycles de sécheresses, peut se traduire par des soulèvements, des tassements et des efforts de compression à l'origine de déformation et de fissure de la structure.

III.6.1.5. Glissement de terrain :

Les glissements de terrains résultent de la rupture d'un massif lorsque la contrainte de cisaillement, au niveau de la surface de rupture, devient supérieure à la résistance au cisaillement du sol. Ils entraînent, le plus souvent la ruine des ouvrages.

III.6.1.6.Sismicité :

Ce risque reste très limité en zone métropolitaine. Il faut cependant le prendre en compte dans certaines régions exposées. L'importance des désordres tient aux facteurs suivants :

- Localisation géographique de l'ouvrage (zone de sismicité).
- Nature du terrain encaissant.
- Vulnérabilité de la structure

III.6.1.7.Mouvements tectoniques :

Les facteurs influant sur ce type de risque sont :

- la nature et la proximité de l'accident tectonique (axe anticlinal ou synclinal, faille ou fosse de subsidence) et sa disposition par rapport à l'axe longitudinal de l'ouvrage.
- la nature du terrain encaissant.
- la nature de la structure de l'ouvrage.
- la qualité du contact entre l'ouvrage et le terrain.

III.6.1.8.Eboulement rocheux :

Le risque d'éboulement rocheux se présente :

- pour un ouvrage situé en crête de falaise, risquant d'être entraîné par la rupture.
- pour un ouvrage peu profond situé au pied d'une falaise.

Les facteurs intervenant sont liés :

- à la proximité de l'ouvrage par rapport à la crête de falaise.
- à la nature des terrains concernés, à la fracturation du massif rocheux.
- à la stratigraphie ou à la schistosité de ces terrains (influence importance des pendages de couche vers la falaise).
- à l'exposition aux intempéries où l'importance des cycles gel / dégel joue un rôle important. [20]

III.6.2. Risques hydrauliques :

A. Action mécanique et physico-chimique de l'effluent :

La vitesse de circulation de l'effluent et / ou la charge solide qu'il transporte provoque inévitablement une usure mécanique des matériaux constitutifs de l'ouvrage.

Par ailleurs, la composition chimique de l'effluent peut exercer une action corrosive.

Les conditions de transfert de l'effluent interviennent aussi. En effet, les zones de fermentation par absence de circulation suivies de brassage violent sont sources de

dégagement d'H₂S. Ces phénomènes peuvent conduire à une usure locale de l'ouvrage avec plusieurs conséquences :

- perte de résistance mécanique.
- perte d'étanchéité, permettant des échanges entre canalisation et terrain encaissant. Le phénomène peut alors s'auto-amplifier.

B. Action hydraulique :

L'effluent exerce une charge hydraulique dynamique ou statique sur l'ouvrage. Lors de crues ou de taux de remplissage inhabituel, l'ouvrage peut également subir des charges hydrauliques pour lesquelles il n'a pas été conçu. Il peut aussi avoir à encaisser un déséquilibre de pression différentielle exercée de part et d'autre de ses parois ou des coups de bélier résultant du fonctionnement d'une station de relevage proche. [20]

III.6.3. Risques structurels :

III.6.3.1. L'affaiblissement de la performance fonctionnelle du réseau :

La performance fonctionnelle du réseau d'assainissement dépend d'une part de l'état physique des équipements et d'autre part de la nature des effluents transportés par le réseau.

L'affaiblissement de la performance du réseau représente la manifestation du mauvais état des ouvrages et du caractère impropre des effluents au fonctionnement des ouvrages. Il s'agit autrement dit, soit de la détérioration des équipements, qui a un caractère permanent, soit des anomalies temporaires du fonctionnement du réseau, liées à la quantité et à la qualité des eaux usées transportées (débordements dus à des pluies exceptionnellement fortes, dysfonctionnement de la station d'épuration dû au caractère agressif des effluents transportés).

III.6.3.2. Les charges statiques et dynamiques :

Une canalisation est d'autant plus sensible aux charges dynamiques et statiques qu'elle est plus proche de la surface.

III.6.3.3. Manque de maintenance :

L'observation régulière et sérieuse des conduites est une condition impérative pour la prévention de sa dégradation et de ses dysfonctionnements.

Sa négligence constitue un facteur de risque aggravant, de même que l'absence de réalisation des mesures préconisées après constat de désordres ou anomalies.

III.6.3.4. Construction :

La vulnérabilité des ouvrages est fortement accrue par :

- l'inadaptation des techniques d'exécution.
- la mauvaise maîtrise de ces techniques.
- la rencontre d'aléas géologiques, pour lesquels les techniques d'exécution et la structure ont été mal adaptées.

Les modes d'exécution de l'ouvrage défailant suivant sont aussi générateurs, d'une vulnérabilité accrue des conduites :

Les travaux à ciel ouvert (en tranchées), où la mise en place du soutènement est décalée par rapport au terrassement et surtout où le rabattement préalable de la nappe n'a pas été réalisé induisant ainsi un remaniement de fouille.

III.6.4. Risques d'impact du milieu :

Interaction avec les usages de surfaces :

A. Influence de la végétation en surface :

Les risques engendrés par la proximité des systèmes racinaires des arbres sont accrus, lorsque ces derniers sont âgés, avec un volume foliaire important, dans une structure sous-sol à agrégats dissociés. Certaines espèces présentent plus de risques. C'est le cas, par exemple, des peupliers et des saules qui présentent un système racinaire très développé.

B. Influence de vibrations et charges roulantes importantes :

Ce risque concerne notamment les ouvrages sous voies ferrées et sous chemin de roulement de grues ou portiques de manutention, battage de pieux ou palplanches à proximité...

III.6.4.1. Modification des usages de surfaces :

Une variation des charges réparties en surface peut entraîner un changement de comportement de la conduite par rapport aux conditions initiales de réalisation.

Les contraintes peuvent alors dépasser la résistance mécanique de l'ouvrage et entraîner des déformations telles qu'ovalisation, fissurations et même rupture.

III.6.4.2. Interaction avec le bâti :

L'évolution des contraintes mécaniques sur la conduite par rapport aux conditions initiales de pose doit être considérée. La construction d'un ouvrage aérien ou souterrain à proximité d'une conduite peut engendrer la modification de l'état d'équilibre du complexe sol / structure. Une mauvaise réalisation des terrassements peut entraîner une décompression du sol avoisinant et un entraînement de fines s'il y a drainage du terrain.
[20]

III.7. Les défaillances des réseaux d'assainissement :

L'analyse des modes de défaillance et leurs causes est si complexe qu'il est très difficile de déterminer les causes exactes d'une dégradation. En effet, les défaillances sont généralement le résultat de la combinaison de différentes anomalies fonctionnelles et structurales. Dans un réseau unitaire, les eaux de ruissellement, générées par une pluie, peuvent atteindre des débits fortement supérieurs au débit moyen en temps sec.

Les volumes d'eau enjeu sont énormes et la grande partie est directement rejetée dans les cours d'eau. Dans de telles situations, le réseau ne remplit plus convenablement ses fonctions. Il présente donc des défaillances hydrauliques ou fonctionnelles.

Par ailleurs, un tronçon est dit défaillant quand il n'est pas capable d'évacuer adéquatement le débit de design pluvial et sanitaire. De plus, il suffit parfois qu'une partie d'un réseau présente des défaillances pour juger de l'inefficacité fonctionnelle de l'ensemble du réseau. Donc l'évaluation de son état hydraulique dépend principalement de sa capacité et de sa position stratégique.

Les défaillances des réseaux d'assainissement peuvent être dues aux différents facteurs tels que le vieillissement, l'expansion de l'urbanisation, l'usure, le défaut de conception

ou des constructions, la mauvaise ou parfois même le manque de gestion ainsi que les changements de condition de rejet.

En résumé, ces défaillances peuvent être classifiées en deux catégories :

A. Fonctionnelles ou hydrauliques qui sont nuisibles à l'évacuation adéquate des eaux et affectent directement la performance hydraulique.

B. Structurales qui résultent de l'affaiblissement de la structure sous l'action de l'environnement où elle se trouve. [7]

III.8. Les défaillances possibles des réseaux d'assainissement et leurs conséquences:

Les défaillances des réseaux d'assainissement peuvent être classées en cinq familles distinctes, classées en ordre décroissant par rapport aux risques structurels potentiels qui s'y rattachent et donc par rapport aux besoins de restructuration qu'elles engendrent. Il s'agit :

- des cassures.
- des déformations.
- des défauts d'étanchéité.
- des anomalies ponctuelles.
- les dégradations de parements.

III.8.1. Les cassures :

Les cassures sont l'une des familles de dégradations les plus liées à des risques structurels. Leurs conséquences sur l'intégrité de la structure des conduites sont lourdes et elles sont à l'origine de dysfonctionnements comme :

- d'une part, la perturbation des écoulements ;
- d'autre part, les entrées d'eaux parasites de nappe et des fuites d'effluent.

III.8.2. Les déformations :

Les déformations relèvent, comme les cassures, d'une famille de dégradations liées à des risques structurels. Elles sont, elles aussi, à l'origine de désordres fonctionnels : perturbation des écoulements, infiltrations / exfiltrât.

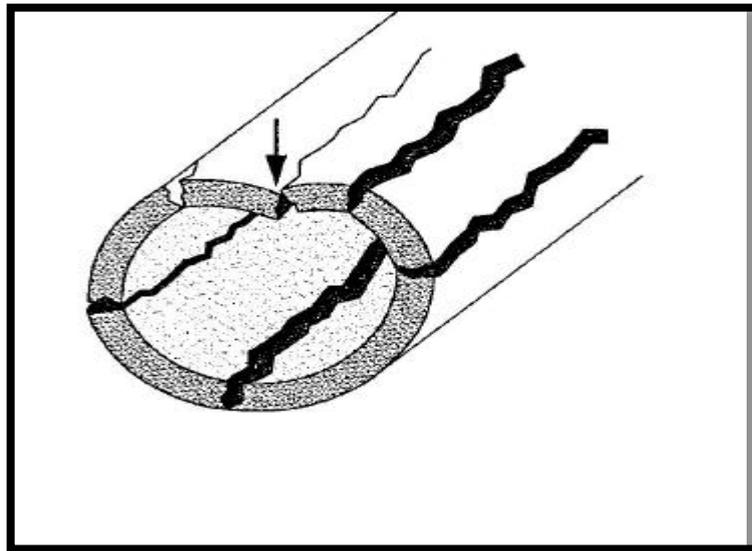


Figure .III.1 : déformation de conduite [20].

III.8.3. Les défauts d'étanchéité :

L'autre famille de défaillances pouvant être constatée au niveau des réseaux d'assainissement est constituée par les défauts d'étanchéité. Ces dégradations peuvent être liées aux cassures et aux déformations et sont à l'origine de dysfonctionnements essentiellement hydrauliques.

Infiltration : Introduction d'eaux parasites dans l'ouvrage par suite d'un défaut d'étanchéité.

Exfiltration : L'exfiltration est une perte d'effluent à travers l'ouvrage par suite d'un défaut d'étanchéité.

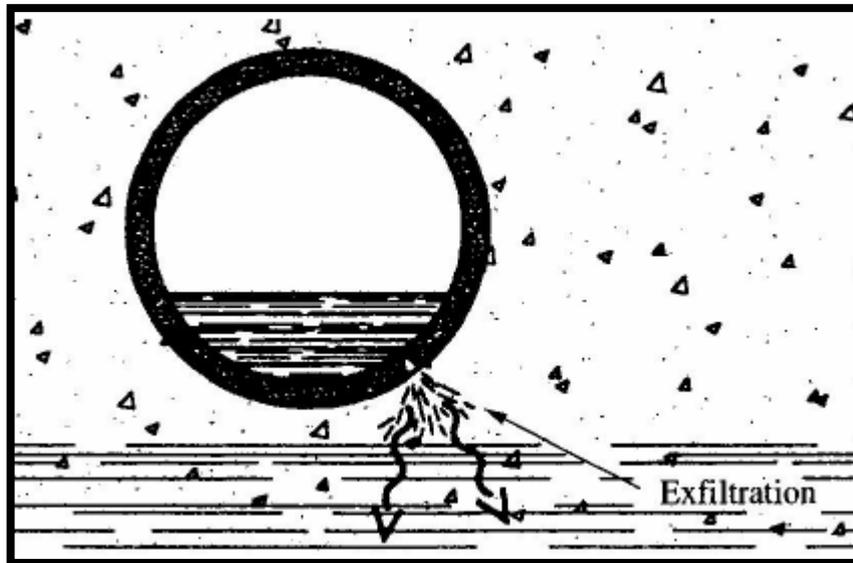


Figure .III.2 : Exfiltration de conduite [20].

III.8.4. Les dégradations de parements :

Les dégradations superficielles constituent une famille de désordres sans caractère de gravité immédiate mais qui peuvent s'amplifier et justifier, de ce fait, une démarche de réhabilitation. Les dégradations de parement tel que le décollement d'enduit et le déjointement ne concernent que les ouvrages en maçonnerie. [20]

III.9. Types d'interventions sur un réseau :

Pour maintenir le réseau d'égout dans un état acceptable selon la qualité du service souhaité, il faut intervenir durant la durée de vie de l'ouvrage. Cette intervention peut se déterminer par des actions d'entretien, de maintenance (préventive ou corrective) ou de réhabilitation. L'entretien (nettoyage des conduites, enlèvement des débris, curage, etc.) est un ensemble d'interventions primordiales, qui doivent se faire périodiquement pour limiter la progression de certaines dégradations. [17]

III.9.1. Entretien mineur :

III.9.1.1. Nettoyage hydraulique :

Le nettoyage périodique des réseaux d'égouts permet d'assurer leur bon fonctionnement et de détecter des anomalies. En effet, la présence de sable ou de gravier peut constituer un indice de défauts structuraux (bris, joints ouverts ou décalés, etc.). Plusieurs méthodes de nettoyage sont disponibles et chacune nécessite des précautions particulières, selon l'état du réseau.

Les méthodes de nettoyage hydraulique exigent des mesures de précaution afin que la pression d'eau n'endommage pas la conduite fragilisée ni ne soit à l'origine d'inondations de biens publics ou privés desservis par les conduites. [24]



Figure .III.3 : curage de conduite [25].

III.9.1.2. Curages journaliers :

La solution idéale des curages journaliers des canalisations d'égout, afin d'éviter les dépôts de boue et les fermentations et de pouvoir envoyer l'effluent frais à la station d'épuration, consiste en l'occurrence en l'auto curage. [22]



Figure. III.4 : photo de conduite curage Le curage de canalisation sur Romans. [26]

III.9.1.3. Désodorisation :

Le réseau d'égouts est un milieu favorable à la formation de bactéries qui dégagent des mauvaises odeurs, pour y remédier il faut bien aérer le réseau ou injecter de l'oxygène liquide. [22]

III.9.1.4. Vérification de la déformation :

Le recours au profil mètre (ou au gabarit), à cette étape du cycle de vie, permet de quantifier et de comparer dans le temps la déformation d'une section de conduite. [24]

III.9.2. Entretien majeur :

III.9.2.1. Colmatage par injection :

Le colmatage par injection est utilisé pour sceller des fissures et autres défauts causant des infiltrations dans les conduites gravitaires d'égout. Cette technique peut même permettre de remplir les cavités dans le sol entourant la conduite dans le cas où celui-ci aurait pu être lessivé lors d'infiltration.

III.9.2.2. Un manchon d'injection :

Permet de gonfler un ballon afin d'isoler la section de la conduite à réhabiliter, d'injecter un coulis chimique et de maintenir une pression prédéterminée. Des conduites de 100 à 3 600 mm ainsi que des branchements de 90 à 225 mm peuvent être réhabilités par colmatage.

III.9.2.3. Réparation des joints en brique :

Cette réparation non structurale sert à réduire les infiltrations et les exfiltrations dans les collecteurs en brique ou en maçonnerie.

Il faut évacuer les joints, nettoyer la zone à réparer et retirer le mortier désagrégé; il faut ensuite remplir les joints de mortier frais à la main ou au moyen d'outils pneumatiques.

[24]

III.9.3. Réhabilitation structurale :

Les techniques de réhabilitation structurale sont celles qui permettent de réhabiliter une conduite dont la structure est défaillante. Elles consistent à solidifier une section ou l'ensemble de la conduite en lui redonnant sa résistance initiale. Dans certains cas, la technique de réhabilitation sert également à améliorer la capacité hydraulique en plus de la capacité structurale. [7]

III.9.3.1. Tubage :

La technique de réhabilitation par tubage consiste à insérer un tuyau flexible ou rigide à l'intérieur de la conduite à réhabiliter. Le tubage est utilisé pour améliorer les capacités hydraulique et structurale, il permet aussi de corriger les anomalies présentes dans les conduites telles que l'infiltration, les fissures, les racines. [24]

- La réhabilitation peut englober deux actions distinctes de maintenance, qu'on retrouve d'ailleurs dans les principes de gestion, et qui sont la maintenance préventive et corrective :

A .La maintenance préventive :

La maintenance préventive peut être soit systématique ou conditionnelle.

La maintenance préventive systématique est un programme d'actions périodiques qui a pour objectif d'anticiper les dégradations importantes et d'assurer en permanence les conditions nécessaires à la réalisation des performances fonctionnelles prévues du réseau.

La maintenance préventive conditionnelle consiste à effectuer des interventions sur le réseau d'assainissement lorsque la situation d'un paramètre donné atteint certain niveau critique. Une surveillance continue ou périodique est nécessaire quel que soit l'état du réseau.

B. La maintenance corrective :

La maintenance corrective consiste à écarter les défaillances, à prévoir, et à évaluer les risques encourus; c'est une composante dynamique qu'on ne trouve pas dans la gestion traditionnelle. Elle s'appuie sur une analyse de défaillance et sur une analyse prospective de dimension technique et socio-économique. Elle fait appel à des moyens de diagnostic approfondis afin de dresser un portrait de l'état du réseau. [7]

III.9.4. Lutte contre la corrosion de l'H₂S :

Les eaux d'égout du fait même de leur composition constituent un milieu favorable au développement bactérien, ce dernier étant du type soit aérobique (avec présence d'oxygène dissous) soit anaérobique (absence d'oxygène dissous).

La fermentation anaérobique est une cause de dégagement de mauvaises odeurs (hydrogène sulfuré) et de corrosion (action de l'acide sulfurique formé par l'oxygène biochimique des sulfures avec l'oxygène atmosphérique).

Or, dans le cas de canalisations sous pression, celle-ci sont le siège de fermentations anaérobies, lors de la remise en contact des effluents avec l'atmosphère, il peut y avoir des émanations importantes d'hydrogène sulfuré engendrant une nuisance importante.

Cette nuisance peut être pallié en maintenant une certaine teneur en oxygène pur dans les eaux usées le point d'injection se situant en amont de la station de relevage [22].

Conclusion :

Un réseau d'assainissement est jugé dégradé lorsque l'écart existant entre l'état réel (performance actuelle) et l'état prévu (performance optimale) devient important.

Les défaillances peuvent être classifiées en deux catégories :

-Hydrauliques (Fonctionnelles) qui sont nuisibles à l'évacuation adéquate des eaux et affectent directement la performance hydraulique.

-Structurales qui résultent de l'affaiblissement de la structure sous l'action de l'environnement où elle se trouve.

Cette défaillance peut revêtir plusieurs formes telles que cassures, déformations, défauts d'étanchéité, anomalies ponctuelles ou dégradations des parements.

A chaque cas de figure existent des mesures préventives ou palliatives.

***PRESENTATION DE LA
METHODE MULTICRITERES
AHP***

Introduction :

Le processus d'analyse hiérarchique (AHP : ANALYTIC HIERARCHY PROCESS) est une technique structurée pour organiser et analyser des décisions complexes, elle a été développée par Thomas L. SAATY dans les années 1980 à la Wharton SCHOOL of Business de l'université de Pennsylvanie.

L'AHP a permis l'apparition d'un très grand nombre de travaux. A titre d'exemple nous citons ;

- ✓ Résolution du conflit en Afrique du Sud, BENCHMARKING et allocation de ressources à l'IBM (MALCOLM BALDRIGE AWAERD 1990).
- ✓ Classement des meilleures écoles de commerce en Europe (1994).
- ✓ Nasa applications (1993-199).
- ✓ Applications environnementales.
- ✓ En chili (1993-1994), Conception de ponts et d'autres systèmes d'ingénierie [29]
- ✓ Préviation résultats du championnat du monde d'échecs.
- ✓ La force et le retournement de notre économie.
- ✓ Prix du pétrole et beaucoup d'entreprises Et de nombreuses applications d'entreprise, Fusions et acquisitions, Marché international, Répartition des ressources et de la main-d'œuvre.) . Elle a été implantée dans de nombreux logiciels d'aide à la décision tel (EXPERT CHOICE, HIPRE3+, WHICH&WHY, SPREADSHEETS, MULTCSYNC). [17]

Cette méthode est capable de résoudre un grand nombre de problèmes décisionnels de façon quantitative en élaborant un modèle d'aide à la décision, représenté sous la forme d'une hiérarchie et établir ensuite des poids pour chaque critère. Ces poids sont basés sur des jugements.

IV.1. Étapes d'application :

On doit passer par trois étapes ;

IV.1.1. Décomposition du problème en une structure hiérarchique :

On décompose le problème complexe en une structure hiérarchique. Cette structure pyramidale se compose toujours au sommet (niveau 0) du sujet de décision, puis d'un niveau de critère de décision (niveau 1), puis d'un niveau des caractéristiques de ces critères (niveau 2) ...

Il n'y a pas de règle fermement établie pour construire une hiérarchie, cette construction dépend du type de décision qu'un individu ou un groupe d'individu doit prendre.

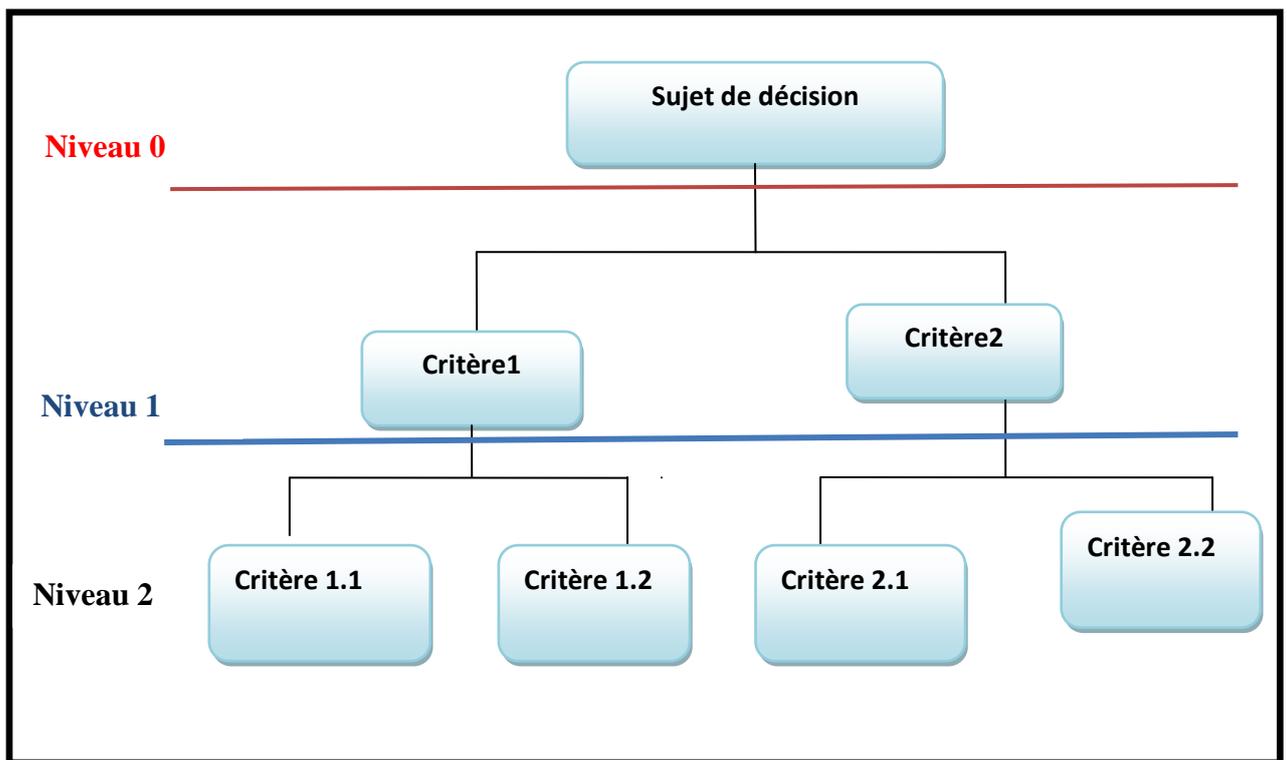


Figure .IV.1 : La structure hiérarchique [29]

IV.1.2. Etablissement des priorités :

Les relations complexes peuvent être analysées en prenant des paires d'éléments de l'arborescence et en les comparant en fonction de leurs impacts sur le problème étudié. Les appréciations que nous formulons lorsque nous faisons ces comparaisons allient la pensée logique à l'intuition (expérience).

**CHAPITRE IV PRESENTATION DE LA METHODE MULTICRITERE
AHP**

Pour chaque niveau du sommet à la base hiérarchique, on doit comparer de manière binaire les critères deux à deux par rapport au critère supérieur en attribuant une note chiffrée sur une échelle prédéfinie. [30]

Tableau. IV. 1 : Echelle de comparaison binaire [29]

Appréciation	Degré d'importance
Importance égale de deux critères	1
Faible importance d'un critère par rapport à un autre	3
Importance moyenne d'un critère par rapport à un autre	4
Importance forte d'un critère par rapport à un autre	5
Importance attestée d'un critère par rapport à un autre	7
Importance absolue d'un critère par rapport à un autre	9

2, 4,6 , 8 : valeurs intermédiaires entre deux jugements utilisé pour affiner le jugement.

On définit ainsi une matrice carrée (Tableau. IV.2)

Tableau. IV.2 : comparaisons binaire des critères. [17]

	Critère 1.1	Critère 1.2	Critère 1.3	.....	Critère 1.n
Critère 1.1	1	A_{21}	A_{31}	.....	A_{n1}
Critère 1.2	A_{12}	1	A_{32}	.....	A_{n2}
Critère 1.3	A_{13}	A_{23}	1	.....	A_{n3}
Critère 1.n	A_{1n}	A_{2n}	A_{3n}	.....	1

$$\text{Avec } A_{ji} = \frac{1}{A_{ij}} \quad (\text{IV.1})$$

Par convention, la comparaison se fait toujours des éléments de gauche (lignes) aux éléments supérieurs (colonnes), pour comparer les éléments, il faut se poser la

question suivante : Dans quelle mesure l'un des éléments possédait-il d'avantage ou domine, satisfait, profite, contribue-t-il au sujet de décision par rapport à l'autre ?

Une fois la matrice des comparaisons acquise, on établit le poids de chaque critère en procédant de la manière suivante:

- ✓ Dans la matrice on divise chaque élément par la somme de sa colonne :

$$B_{ij} = \frac{A_{ij}}{\sum_i A_{ij}} \quad (IV.2)$$

- ✓ On calcule ensuite la moyenne arithmétique des nombres sur chaque ligne. Chaque ligne correspond à un critère, la moyenne associée au critère définit son poids p_i par rapport au critère père (supérieur).

$$P_i = \frac{\sum_j B_{ij}}{n} \quad (IV.3)$$

n : est le nombre des critères à comparer.

Et de cette manière on définit le poids de chaque critère dans la structure hiérarchique.

IV.1.3 .Cohérence des jugements :

Dans un problème de décision, nos jugements seraient fondés sur des appréciations qui pourraient sembler aléatoire. Cependant, il est difficile de se tenir toujours à une cohérence parfaite, un des avantages majeurs de l'AHP est de pouvoir calculer Le ratio de cohérence RC dont la valeur doit être inférieure ou égale à 10% pour déduire que les jugements sont cohérents. [30]

Pour calculer cet indice SAATY propose de suivre le procédé suivant :

- ✓ **Calcul d'indice de cohérence IC :**

Cette indice est définit par la formule suivante

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (IV.4)$$

Où λ_{\max} est la valeur propre maximale de la matrice de comparaison déduite de la manière suivante :

**CHAPITRE IV PRESENTATION DE LA METHODE MULTICRITERE
AHP**

Tableau .IV.3 : Calcul de λ_{\max} [29]

	C_1	C_2	C_3	...	C_n
C_1	$p_1 \times A_{11}$	$p_1 \times A_{12}$	$p_1 \times A_{13}$	...	$p_1 \times A_{1n}$
C_2	$p_2 \times A_{21}$	$p_2 \times A_{22}$	$p_2 \times A_{23}$	...	$p_2 \times A_{2n}$
C_3	$p_3 \times A_{31}$	$p_3 \times A_{32}$	$p_3 \times A_{33}$	...	$p_3 \times A_{3n}$
...
C_n	$p_n \times A_{n1}$	$p_n \times A_{n2}$	$p_n \times A_{n3}$	...	$p_n \times A_{nn}$
d_j	$d_1 = \sum_i p_i \times A_{i1}$	$d_2 = \sum_i p_i \times A_{i2}$	$d_3 = \sum_i p_i \times A_{i3}$	...	$d_n = \sum_i p_i \times A_{in}$

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_j d_j / p_j \quad (IV. 5)$$

✓ **Calcule du RC :**

$$RC = IC/RI \quad (IV.6)$$

Où **RI** est l'indice aléatoire issu par simulation (tableau. IV.4).

Tableau. IV.4. L'indice aléatoire RI [17]

Nombre de critères : n	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

AHP

IV.2. Avantage de l'AHP :

Le schéma ci-dessus nous illustre les raisons de la popularité de l'AHP.

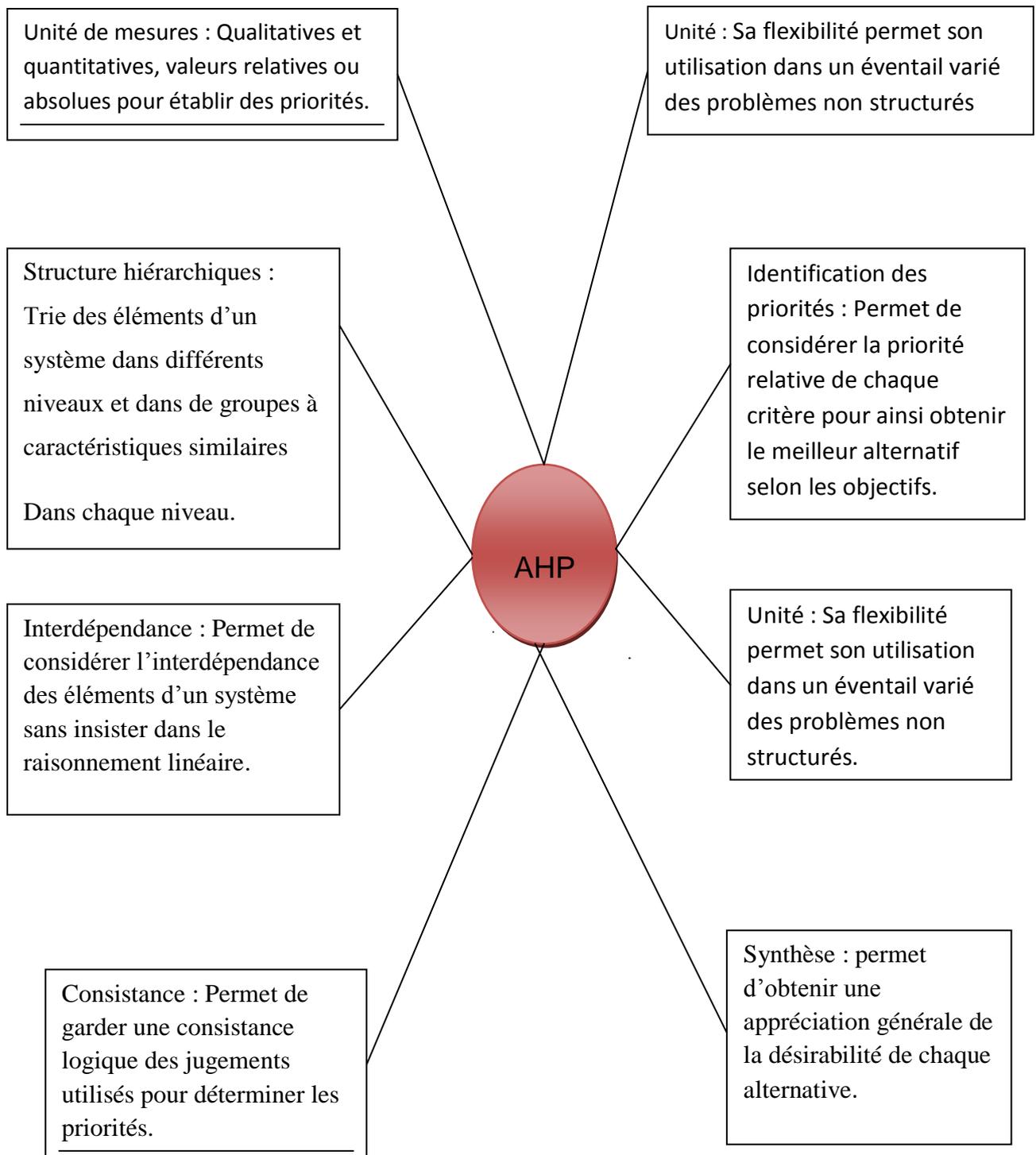


Figure .IV.2 : Avantage de L'AHP [29].

***APPLICATION DE L'AHP POUR
L'ETUDE DE LA DEGRADATION
DES RESEAUX
D'ASSAINISSEMENT-ETUDE DE
CAS DANS LA VILLE DE TLEMCEN***

CHAPITRE V APPLICATION DE L’AHP POUR L’ETUDE DE LA DEGRADATION DES RESEAUX D’ASSAINISSEMENT-ETUDE DE CAS DANS LA VILLE DE TLEMCCEN

Introduction :

En 2010, ILHEM ANOUARI a développé un modèle numérique qui permet d’évaluer l’état de dégradation hydraulique et structurale des conduites des réseaux sanitaire et pluvial, un ensemble de 15 facteurs d’influence spécifiques a été identifié et pris en compte dans ce modèle. Pour exprimer l’importance relative de ces facteurs sur la dégradation du réseau le processus d’analyse hiérarchique (AHP) a été utilisé.

Le modèle proposé a été testé avec succès pour évaluer l’état actuel de dégradation d’un échantillon représentatif de canalisations choisies dans le réseau d’égouts de la ville de **Saint-Hyacinthe au Canada.**

Dans ce chapitre, on va d’abord expliciter le modèle numérique utilisé ensuite l’appliqué à quelques cas réels de la ville de Tlemccen.

V.1. Méthodologie :

Pour atteindre l’objectif de l’étude, on passe par deux étapes principaux ; bloc A et B (Figure.1)

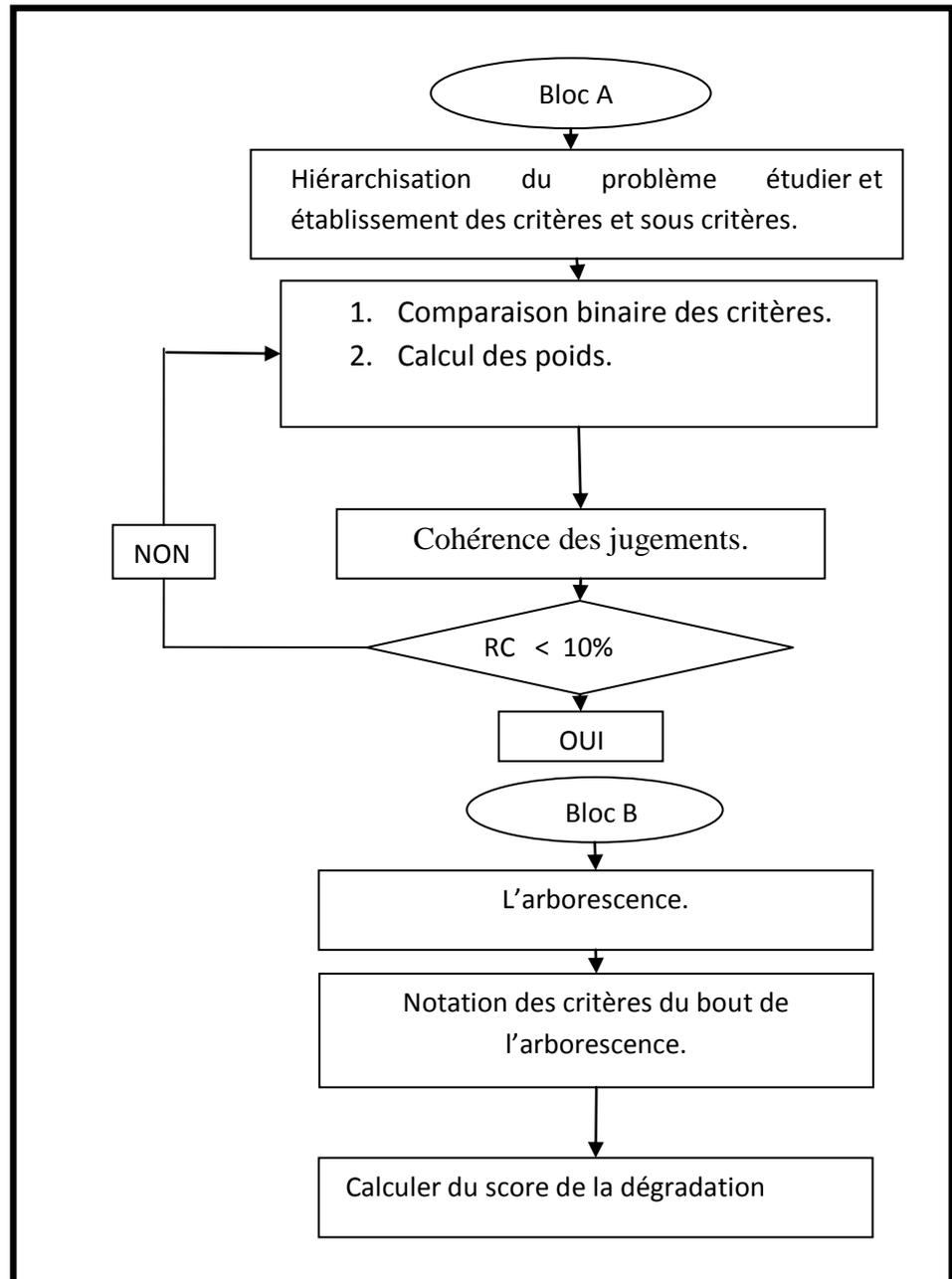


Figure .V.1 : l' algorithme de modèle numérique. [17]

V.2. Description du modèle :

V.2.1.bloc A :

Cette étude cible à interpréter l' influence des 15 facteurs (tableau. V.1) sur l' évolution de la dégradation.

**CHAPITRE V APPLICATION DE L’AHP POUR L’ETUDE DE LA
DEGRADATION DES RESEAUX D’ASSAINISSEMENT-ETUDE DE CAS
DANS LA VILLE DE TLEMCCEN**

Tableau .V.1. Facteurs de la dégradation considérés dans le modèle développé [17]

Numéro	Facteurs	Détails
1	Age de la conduite	Age à partir de la mise en pose.
2	Type de matériau	Béton, PVC, amiante ciment, polyéthylène, fonte.
3	Diamètre de la conduite	Diamètre intérieur du conduit.
4	Forme géométrique	Circulaire, ovoïdale.
5	Nature de sol	Très agressif, agressif, moyennement ou non agressif.
6	Charge de trafic	Élevée, moyenne ou faible.
7	Profondeur de pose	Suffisante ou insuffisante
8	Niveau de la nappe	Élevé, moyen ou faible
9	type d’effluent(déchet urbain)	Très agressif, agressif, moyennement ou non agressif
10	Défaut de structure	Défauts de joint, fracture, déformation, trou, cassure ou effondrement.
11	Défaut opérationnel	Racine, encrouement, débris ou obstruction.
12	Capacité hydraulique maximale	Suffisante ou insuffisante,
13	Exfiltration	Élevée, moyenne ou faible.
14	Infiltration	Trace, suintement, goutte à goutte, continue ou sous pression
15	Mise en charge	Conduite pleine, différence entre hauteur d’enfouissement et hauteur d’eau < ou >=1.5 m

CHAPITRE V APPLICATION DE L' AHP POUR L' ETUDE DE LA DEGRADATION DES RESEAUX D' ASSAINISSEMENT- ETUDE DE CAS DANS LA VILLE DE TLEMCEN

V.2.1.1. Élaboration de la structure hiérarchique :

La structure hiérarchique du problème se compose de quatre niveaux, comme le montre la figure 3:

Le niveau 0 : consiste à définir l'objectif de notre problème, qui est l'évaluation de l'état de dégradation d'une conduite.

Le niveau 1 : comprend les deux principaux critères de dégradation: hydraulique et structurel.

Le niveau 2 : identifie les différents facteurs du critère structurel: les défauts internes, externes ou apparents. [17]

Enfin, le dernier niveau englobe les sous-facteurs de chaque catégorie

**CHAPITRE V APPLICATION DE L' AHP POUR L' ETUDE DE LA
 DEGRADATION DES RESEAUX D' ASSAINISSEMENT- ETUDE DE CAS
 DANS LA VILLE DE TLEMCCEN**

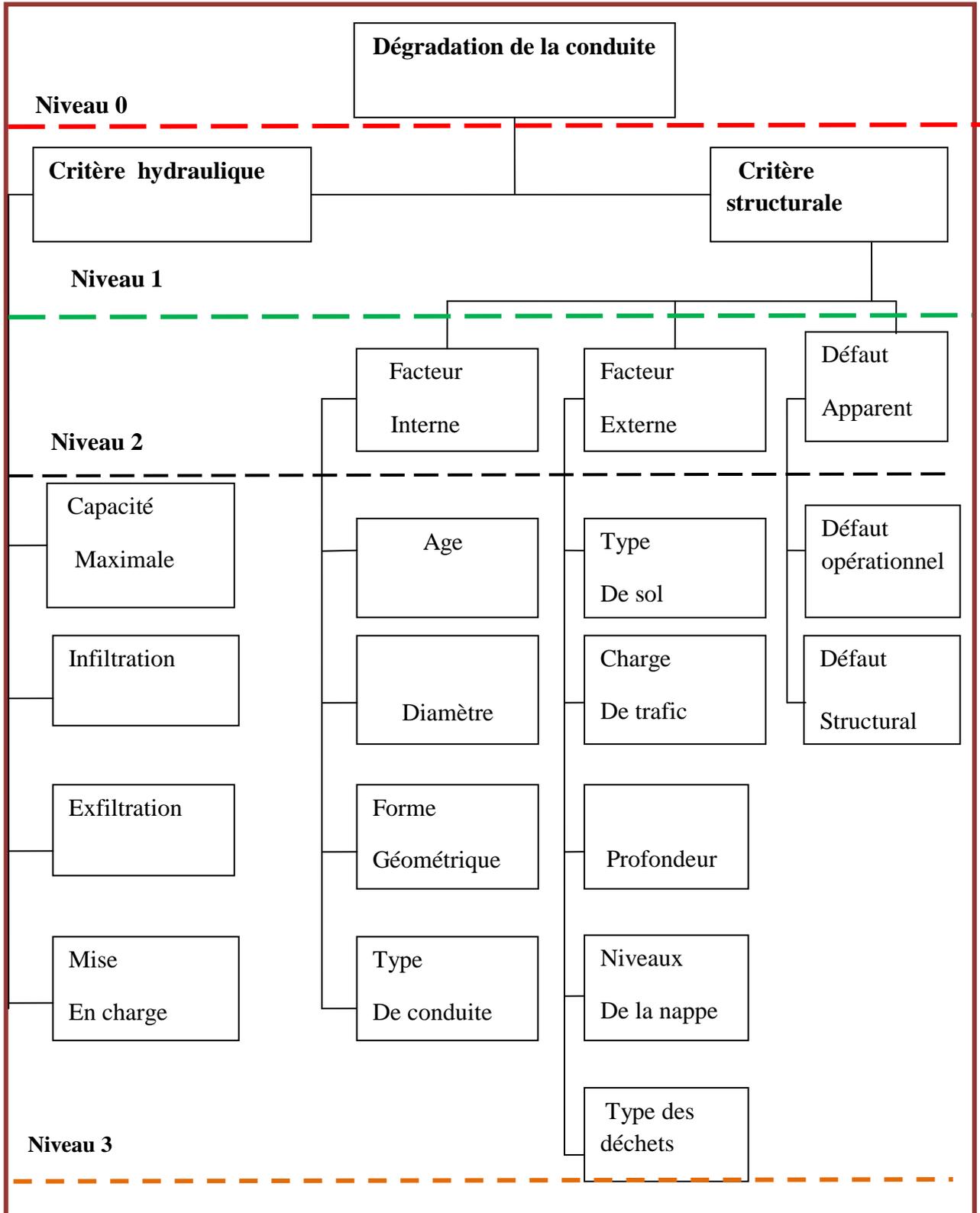


Figure .V.2 : schéma de la structure hiérarchique de la dégradation d'un tronçon.

[17]

**CHAPITRE V APPLICATION DE L’AHP POUR L’ETUDE DE LA
DEGRADATION DES RESEAUX D’ASSAINISSEMENT-ETUDE DE CAS
DANS LA VILLE DE TLEMCCEN**

V.2.1.2. Composition des matrices de comparaison binaire :

Dans le but d’affecter un poids de pondération à chaque critère les comparaisons suivantes sont considérées.

Tableau. V.2 : comparaison entre les facteurs internes [17]

	Age	Matériel	Diamètre	Forme géométrique
Age	1	4	5	7
Matériel	1/4	1	2	4
Diamètre	1/5	1/2	1	3
Forme géométrique	1/7	1/4	1/3	1

L’âge et le matériel sont considérés comme les facteurs les plus impacts sur la dégradation rapport aux autres critères des facteurs internes.

Tableau .V.3 : comparaison entre les facteurs externes [17]

	Type de sol	Charge du trafic	Profondeur	Niveau de la nappe	Type de L’effluent
Type de sol	1	7	1/6	1/6	1/5
Charge de trafic	1/7	1	4	3	1/4
Profondeur	6	1/4	1	3	6
Niveau de la nappe	6	1/3	1/3	1	6
Type de l’effluent	5	4	1/6	1/6	1

Le niveau de la nappe et le type d'effluent sont considérés comme les deux facteurs les plus importants en termes d'impact sur la dégradation par rapport à l'importance des autres facteurs.

**CHAPITRE V APPLICATION DE L' AHP POUR L' ETUDE DE LA
 DEGRADATION DES RESEAUX D' ASSAINISSEMENT- ETUDE DE CAS
 DANS LA VILLE DE TLEMCCEN**

Tableau .V.4 : comparaison entre les facteurs hydrauliques [17]

	Capacité maximale	Exfiltration	Infiltration	Mise en charge
Capacité maximale	1	6	9	2
Exfiltration	1/6	1	1/ 2	1/5
Infiltration	1/6	2	1	1/5
Mise en charge	1/ 2	5	5	1

La capacité maximale ainsi que la mise en charge sont les deux facteurs ayant un impact prépondérant lors de l'évaluation de la dégradation d'une conduite.

Tableau .V.5 : Comparaison entre les facteurs structuraux. [17]

	Facteur Interne	Facteur Externe	Défaut Apparente
Facteur Interne	1	4	2
Facteur Externe	1 /2	1	1/3
Défaut apparente	1/ 4	3	1

Le facteur interne est considéré comme le facteur le plus important en termes d'impact sur la dégradation par rapport à l'importance des deux facteurs.

Tableau. V.6 : comparaison entre les deux défauts structural et opérationnel [17]

	Défaut structural	Défaut opérationnel
Défaut structural	1	1
Défaut opérationnel	1	1

**CHAPITRE V APPLICATION DE L’AHP POUR L’ETUDE DE LA
DEGRADATION DES RESEAUX D’ASSAINISSEMENT-ETUDE DE CAS
DANS LA VILLE DE TLEMCCEN**

Les deux facteurs ont la même importance d’impact sur la dégradation de la conduite.

V.2.1.3. Cohérences des jugements et calcul des poids :

En appliquant la méthode AHP on obtient ainsi les résultats représenté dans le tableau suivant :

Tableau .V.7: poids des facteurs et sous-facteurs. [17]

		w_i	CI	CR(%)
Comparaison Critère	Hydraulique	0.5	0	-
	Structural	0.5		
Dégradation structural				
Comparaison entre facteurs	Interne	0.56	0.009	1.6
	Externe	0.12		
	Défaut	0.32		
Facteur Interne				
Comparaison entre sous-facteurs	Age	0.6	0.035	3.9
	Matériel	0.21		
	Diamètre	0.13		
	Forme géométrique	0.06		
Facteur Externe				
Comparaison entre facteurs	Type de sol	0.04	0.08	7.1
	Type de trafic	0.1		
	Profondeur de pose	0.11		
	Niveau de la nappe	0.41		
	Type de l’effluent	0.34		
Défauts				
Comparaison entre facteurs	Défauts Structuraux	0.5	0	-
	Défauts	0.5		

**CHAPITRE V APPLICATION DE L' AHP POUR L' ETUDE DE LA
DEGRADATION DES RESEAUX D' ASSAINISSEMENT- ETUDE DE CAS
DANS LA VILLE DE TLEMCCEN**

	opérationnels			
Dégradation hydraulique				
Comparaison entre sous- facteurs	Capacité maximale	0.51	0.032	3.5
	Exfiltration	0.07		
	Infiltration	0.09		
	Mise en charge	0.33		

- ✓ **CR(%)** : le rapport de cohérence.
- ✓ **CI** : l'indice de cohérence.
- ✓ **w_i** : Poids du facteur.

V.2.2. Bloc B :

V.2.2.1. Système de notation des facteurs de la dégradation :

Une fois les poids des facteurs de la dégradation ont été calculés, un système de notation est élaboré (tableau V.8) qui permettra d'expliquer l'influence de la variation de chaque critère sur la dégradation. Chaque attribut de facteur est noté de 0 à 10 selon son impact. La valeur "0" représente la note de l'attribut qui a un impact négligeable sur la dégradation et "10" celle qui a plus d'impact.

Tableau .V.8: Système de notation des facteurs de la dégradation structurale. [17]

Critère	Facteur	Sous facteur	Classe	Notation C_{ij}
Dégradation structural	Facteurs intrinsèque	Age	>90	10
			81 à 90	9
			71 à 80	8
			61 à 70	7
			51 à 60	6
			41 à 50	5
			31 à 40	4
			21 à 30	3

**CHAPITRE V APPLICATION DE L’AHP POUR L’ETUDE DE LA
DEGRADATION DES RESEAUX D’ASSAINISSEMENT-ETUDE DE CAS
DANS LA VILLE DE TLEMCEN**

			11 à 20	2	
			0 à 10	1	
		Type de conduite	Fonte	10	
			Amiante-ciment	8	
			Béton	7	
			PVC	6	
		Diamètre	<=200 mm	10	
			200 à250 mm	8	
			250 à 300 mm	7	
			>300	6	
		Forme géométrique	Anse de panier	10	
			Semi-elliptique	8	
			Fer à cheval	5	
			Ovoïdale	3	
		Facteurs extrinsèques	Circulaire	1	
			Type de sol	Très agressif	10
				Agressif	7
				Moyennement	5
		agressif Non agressif		0	

		Type de trafic	Élavé	10
			moyen	8
			Faible	6
		Profondeur de pose	<1.5 m	8
			>4.5	6
			1.5 à 4.5	1
		Niveau de la nappe	Élavé	10
			Moyen	7
			Faible	3
		Type de l’effluent	Trop agressif	9

**CHAPITRE V APPLICATION DE L' AHP POUR L' ETUDE DE LA
DEGRADATION DES RESEAUX D' ASSAINISSEMENT- ETUDE DE CAS
DANS LA VILLE DE TLEMCEN**

			Agressif	7	
			Moyennement agressif	3	
			Non agressif	0	
	Défauts	Défauts Structuraux		Effondrement	10
				Trou	10
				Déformation	10
				Cassure	5
				Fracture, fissuré	2
				Défaut de joint	0
		Défauts opérationnels		Racine	10
				Obstruction	10
				Débris	10
				Encrouement	5

Tableau .IV.9 : Système de notation des facteurs de la dégradation hydraulique [17]

Critère	Facteurs	Attributs	Notation C_k	
Dégradation hydraulique	Capacité maximale	Insuffisante	10	
		Suffisante	7	
	Exfiltration		Elavée	10
			Moyen	7
			Faible	3
	Infiltration		Sous pression	10
			Continu	8
			Goutte à goutte	6
			Suintement	6
			Trace	2
			H enfouissement -h eau	10

**CHAPITRE V APPLICATION DE L' AHP POUR L' ETUDE DE LA
 DEGRADATION DES RESEAUX D' ASSAINISSEMENT- ETUDE DE CAS
 DANS LA VILLE DE TLEMCCEN**

	Mise en charge	H enfouissement -h eau	7
		Conduite pleine	0

V.2.2.2. Calcul du degré de la dégradation de la conduite :

Une fois que les poids et les notations des facteurs et des sous-facteurs sont élaborés, les scores des dégradations ; structurelle, hydraulique et globale peuvent être calculés comme suit:

$$SDG = W_s * SSD + W_h * SHD \quad (IV.1)$$

$$SSD = \sum_{i=1}^3 (W_i (\sum_{j=1}^m W_{ij} * C_{ij})) \quad (IV.2)$$

$$SHD = \sum_{k=1}^4 W_K * C_K \quad (IV.3)$$

Où:

SGD : C'est le score(ou bien le degré) de la dégradation globale.

SSD : C'est le score de dégradation structurelle.

SHD : le score de dégradation hydraulique.

W_s : Le poids de la dégradation structurelle.

w_h : Le poids de la dégradation hydraulique.

W₁, W₂, W₃ : Sont respectivement Les poids ; des facteurs internes, facteurs externes et défaut apparent.

W_{1j} et C_{1j} : sont Le poids et la notation des sous-facteur correspondant au facteur interne.

W_{2j} et C_{2j} : sont respectivement Le poids et la notation des sous-facteur correspondant au facteur externe,

W_{3j}, C_{3j} : sont Le poids et la notation des sous-facteurs correspondant au facteur défaut apparent.

CHAPITRE V APPLICATION DE L' AHP POUR L' ETUDE DE LA DEGRADATION DES RESEAUX D' ASSAINISSEMENT- ETUDE DE CAS DANS LA VILLE DE TLEMCEN

W_k et C_K : sont respectivement Le poids et la notation associée au sous facteur correspondant au facteur hydraulique.

V.2.2.3. Identification de la catégorie de la dégradation :

Une fois le **SGD** calculé, on peut évaluer l'état de dégradation de la conduite selon la catégorie définie par le tableau .V.10.

Tableau .V.10 : État de dégradation. [17]

Classe	SDG	Etat de dégradation
1	0 à 2	État de dégradation sans risque actuel ou potentiel
2	2 à 4	Signes de dégradation légère stable
3	4 à 6	Des signes de détérioration peuvent être mineurs
4	6 à 8	Signes de dégradation avec des développements dangereux
5	8 à 10	État de dégradation très critique avec une grave panne hydraulique et / ou structurelle

CHAPITRE V APPLICATION DE L’AHP POUR L’ETUDE DE LA DEGRADATION DES RESEAUX D’ASSAINISSEMENT-ETUDE DE CAS DANS LA VILLE DE TLEMCCEN

V.3. Application :

V.3. État des lieux de la dégradation des réseaux d’assainissement de la ville de Tlemcen :

Selon l’office national D’assainissement (ONA), et la direction des ressources en eaux (DRE), la ville de Tlemcen est branchée sur un réseau d’égout. Mais le raccordement à une station d’épuration n’est pas assuré pour l’ensemble. Les conduites d’égouts sont relativement anciennes et la majorité des conduites d’égouts est constituée de béton et le reste est soit en grès, en ciment-amiante ou encore en PVC.

La méthode AHP permet de diagnostiquer numériquement l’état actuel d’un réseau et de juger globalement ses performances.

A titre d’exemple nous avons choisi quelques quartiers de la ville de Tlemcen pour justement évaluer l’état de dégradation des réseaux existants en se basant sur les données disponibles.

Les sites étudiés sont : le quartier AGADIR, LES DAHLIAS (kiffane), SALEF ALADRA (sortie soummame), derb al NAADJA

V.3.1. calcul de la dégradation hydraulique et structurelle du quartier Agadir à l’intérieur du terrain de foot :

La zone considérée se trouve dans le quartier AGADIR à la sortie Est de Tlemcen, en contrebas, dans le prolongement de la rue Mrabet-Mohamed

**CHAPITRE V APPLICATION DE L' AHP POUR L' ETUDE DE LA
 DEGRADATION DES RESEAUX D' ASSAINISSEMENT- ETUDE DE CAS
 DANS LA VILLE DE TLEMCCEN**

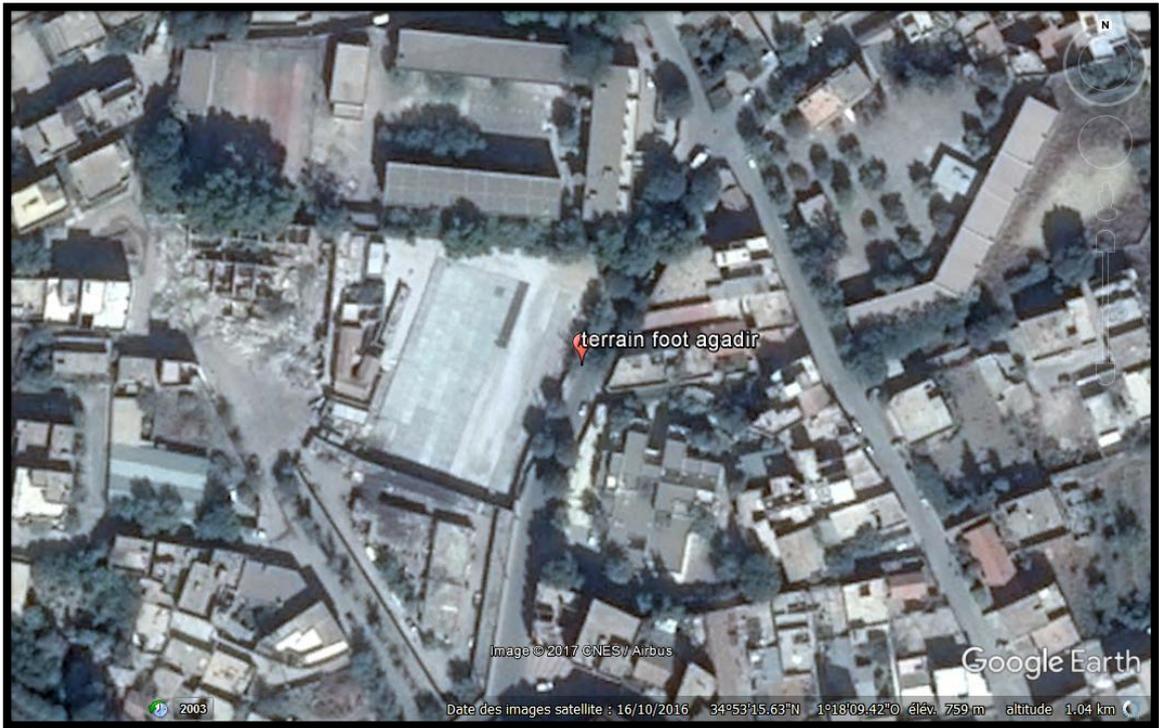


Figure .V.3 : image satellitaire du quartier Agadir à l' intérieur du terrain de foot.

Tableau .V.10 : diagnostic de ce point noir.

Observation	Changement proposé pour élimination	Etat
Problème de pente causant des inondations en période des crues	Rénovation de 80ml en Ø300mm PVC traversant l' aire de jeux	Etude en cour

1-Calculs du score de la dégradation hydraulique :

$$✓ \text{ SHD} = \sum_{k=1}^p = w_k * c_k$$

**CHAPITRE V APPLICATION DE L' AHP POUR L' ETUDE DE LA
DEGRADATION DES RESEAUX D' ASSAINISSEMENT- ETUDE DE CAS
DANS LA VILLE DE TLEMCCEN**

Tableau .V. 11: Système de notation des facteurs de la dégradation hydraulique.

Facteurs	Attributs	Notation C_K	w_k
Capacité maximale	Insuffisante	10	0.51
Exfiltration	Elevée	10	0.07
Infiltration	Continu	8	0.09
Mise en charge	Conduite plein	0	0.33

$$\checkmark \text{ SHD} = \sum_{k=1}^p w_k * c_k = 6.52$$

2- Calculs du score de la dégradation structurelle :

Tableau .V.12: Système de notation des facteurs de la dégradation hydraulique.

Dégradation Structurelle					
Facteur Interne	Sous -facteur	Attributs	Notation (C_{ij})	Poids du sous facteur (v_{ij})	Poids du facteur (w_i)
	Age	50à60 ans	6	0.6	0.56
	Type de conduite	Béton	6	0.21	
	Diamètre	<=200 mm	10	0.13	
	Forme géométrique	Circulaire	1	0.06	
Facteur Externe	Type de sol	agressif	7	0.04	0.12
	Type de trafic	Moyen	8	0.1	
	Profondeur de pose	<1.5 m	8	0.11	
	Niveau de la nappe	Moyen	7	0.41	
	Type de l'effluent	Moyennement agressif	3	0.34	
Défauts apparents	Défaut structuraux	Déformation	10	0.5	0.32
	Défaut hydraulique	Obstruction	10	0.5	

$$\checkmark \text{ SSD} = \sum_i^n = 1 \sum_j^m = W_i * V_{ij} * C_{ij} = 7.5028$$

CHAPITRE V APPLICATION DE L' AHP POUR L' ETUDE DE LA DEGRADATION DES RESEAUX D' ASSAINISSEMENT- ETUDE DE CAS DANS LA VILLE DE TLEMCCEN

$$\text{Ainsi : } \text{SDG} = W_s * \text{SSD} + W_h * \text{SHD}$$

$$\checkmark \text{ SDG} = 7.5028 * 0.5 + 0.5 * 6.52 = 7.0114$$

- ✓ **État de dégradation (Classe 4) :** Signes de dégradation avec des développements dangereux

V.3.2. calcul de la dégradation hydraulique et structurelle du quartier les DAHLIAS (kiffane) :

Le quartier les dahlias n'est très ancien sa construction date des années 80. Il se situe au nord est du centre ville de Tlemcen.



Figure .V. 4: image satellitaire du quartier les dahlias (kiffane).

**CHAPITRE V APPLICATION DE L' AHP POUR L' ETUDE DE LA
DEGRADATION DES RESEAUX D' ASSAINISSEMENT- ETUDE DE CAS
DANS LA VILLE DE TLEMCCEN**

Tableau .V.13 : diagnostic de ce point noir.

Observation	Changement proposé pour élimination	Etat
Retour des eaux vers les habitations en périodes des crues	Le réseau (Ø 400) achemine une grande quantité des eaux d' où la nécessité le changement en diamètre plus grand (Ø600)	En étude

1-Calcul du score de la dégradation hydraulique :

$$\checkmark \text{ SHD} = \sum_{k=1}^p w_k * c_k$$

Tableau .V. 14: Système de notation des facteurs de la dégradation hydraulique.

Facteurs	Attributs	Notation C_K	w_k
Capacité maximale	Insuffisante	10	0.51
Exfiltration	Elevée	10	0.07
Infiltration	Continu	8	0.09
Mise en charge	Conduite plein	0	0.33

$$\checkmark \text{ SHD} = \sum_{k=1}^p w_k * c_k = 6.52$$

2-Calculs du score de la dégradation structurelle :

Tableau .V.15 : Système de notation des facteurs de la dégradation structurelle.

Dégradation Structurelle					
Facteur Interne	Sous -facteur	Attributs	Notation (C_{ij})	le poids du sous factor (v_{ij})	Le poids su facteur (w_i)
	Age	31 à 40 ans	4	0.6	0.56
	Type de conduite	Béton	6	0.21	
	Diamètre	<=200 mm	10	0.13	
	Forme géométrique	Circulaire	1	0.06	

**CHAPITRE V APPLICATION DE L’AHP POUR L’ETUDE DE LA
DEGRADATION DES RESEAUX D’ASSAINISSEMENT-ETUDE DE CAS
DANS LA VILLE DE TLEMCCEN**

Facteur Externe	Type de sol	Moyennent Agressif	5	0.04	0.12
	Type de trafic	Moyen	8	0.1	
	Profondeur de pose	1.5`4.5 m	1	0.11	
	Niveau de la nappe	Faible	3	0.41	0.12
	Type de l’effluent	Moyennement agressif	3	0.34	
Défauts apparents	Défaut structuraux	Déformation	10	0.5	0.32
	Défaut hydraulique	obstruction	10	0.5	

✓ $SSD = \sum_i^n = 1 \sum_j^m = W_i * V_{ij} * C_{ij} = 6.424$

✓ Ainsi : $SDG = 6.424 * 0.5 + 0.5 * 6.52 = 6.472$

- ✓ **État de dégradation (Classe 4) :** Signes de dégradation avec des développements dangereux.

V.3.3. calculs de la dégradation hydraulique et structurelle du quartier SALEF ELADRA (sortie de la cité Soummame) :

Le quartier Salef Eladra se situe au centre ville de Tlemccen à la sortie de boulevard Soummame.

**CHAPITRE V APPLICATION DE L' AHP POUR L' ETUDE DE LA
 DEGRADATION DES RESEAUX D' ASSAINISSEMENT- ETUDE DE CAS
 DANS LA VILLE DE TLEMCCEN**

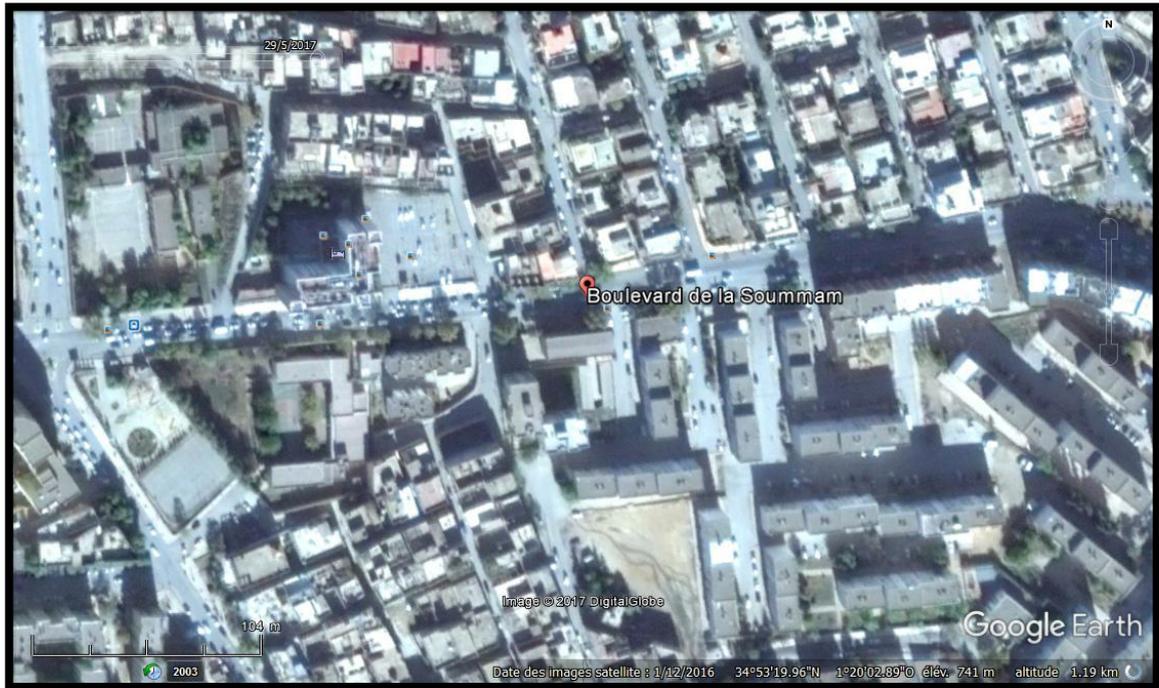


Figure .V.5 : image satellitaire du quartier salef aladra (sortie de la cité soummame).

Tableau. V. 16 : diagnostic de ce point noir.

Observation	Changement proposé pour élimination	Etat
Inondation au niveau des habitations et locaux commerciales	Changement de la conduite (Ø600-700) qui sort du regard en diamètre plus grand (Ø1000)	En étude

1-Calculs du score de la dégradation hydraulique :

$$\checkmark \text{ SHD} = \sum_{k=1}^p w_k * c_k$$

Tableau .V.17 : Système de notation des facteurs de la dégradation hydraulique.

Facteurs	Attributs	Notation C_K	w_k
Capacité maximale	Insuffisante	10	0.51
Exfiltration	Elevée	10	0.07
Infiltration	Continu	8	0.09

**CHAPITRE V APPLICATION DE L' AHP POUR L' ETUDE DE LA
DEGRADATION DES RESEAUX D' ASSAINISSEMENT- ETUDE DE CAS
DANS LA VILLE DE TLEMCEN**

Mise en charge	Conduite plein	0	0.33
----------------	----------------	---	------

✓ $SHD = \sum_{k=1}^p w_k * c_k = 6.52$

2-Calculs du score de la dégradation structurelle :

Tableau. V.18 : Système de notation des facteurs de la dégradation structurelle.

Dégradation Structurelle					
Facteur Interne	Sous -facteur	Attributs	Notation (C_{ij})	Le poids sous factor) v_{ij}	le poids du facteur (w_{ij})
	Age	21à30 ans	3	0.6	0.56
	Type de conduite	Béton	6	0.21	
	Diamètre	>300 mm	1	0.13	
	Forme géométrique	Circulaire	1	0.06	
Facteur Externe	Type de sol	Moyennement agressif	5	0.04	0.12
	Type de trafic	Moyen	8	0.1	
	Profondeur de pose	1.5à 4.5 m	1	0.11	
	Niveau de la nappe	Faible	3	0.41	
	Type de l'effluent	Moyennement agressif	3	0.34	
Défauts apparents	Défaut structuraux	Cassure	5	0.5	0.32
	Défaut hydraulique	obstruction	10	0.5	

✓ $SSD = \sum_i^n = 1 \sum_j^m = W_i * V_{ij} * C_{ij} = 4.6232$

✓ Ainsi $SDG = 4.6232 * 0.5 + 0.5 * 6.52 = 5.5716$

✓ **État de dégradation (Classe 3) :** Des signes de détérioration peuvent être mineurs

**CHAPITRE V APPLICATION DE L’AHP POUR L’ETUDE DE LA
DEGRADATION DES RESEAUX D’ASSAINISSEMENT-ETUDE DE CAS
DANS LA VILLE DE TLEMCCEN**

**V.3.4. Calculs de la dégradation hydraulique et structurelle du quartier
Derb NAAYDJA (vers Sidi Eldjaber) :**

Derb NAAYDJA est un quartier très ancien qui se situe au prolongement de la rue Alabane Azzdine en centre ville de Tlemcen (ancien meddina)

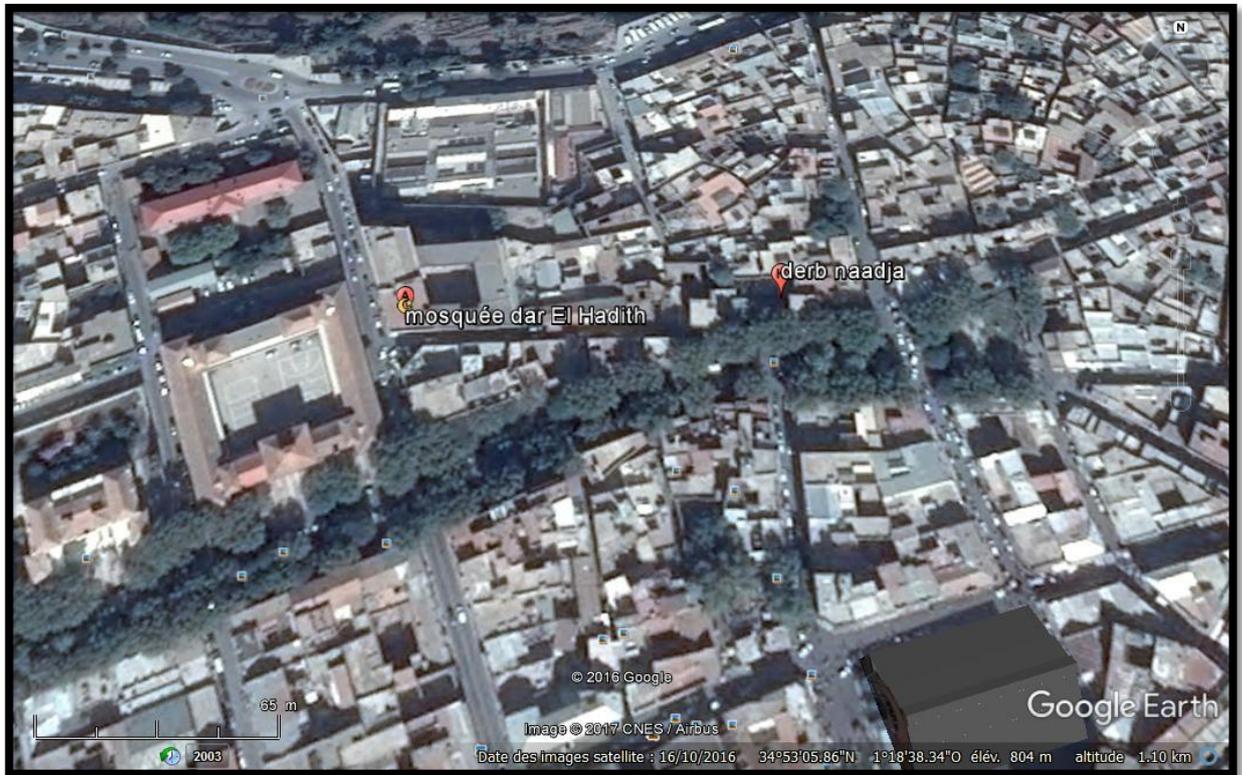


Figure .V.6 : image satellitaire du derb NAAYDJA.

Tableau .V.19 : diagnostic de ce point noir.

Observation	Changement proposé pour élimination	Etat
Des débordements des eaux usées à l’intérieur des habitats situés à l’aval du réseau	Rénovation de 50 Ml en Ø600 PVC mm avec la déviation	En étude

**CHAPITRE V APPLICATION DE L' AHP POUR L' ETUDE DE LA
DEGRADATION DES RESEAUX D' ASSAINISSEMENT- ETUDE DE CAS
DANS LA VILLE DE TLEMCCEN**

1- Calculs du score de la dégradation hydraulique :

$$\checkmark \text{ SHD} = \sum_{k=1}^p w_k * c_k$$

Tableau. V.20 : Système de notation des facteurs de la dégradation hydraulique

Facteurs	Attributs	Notation C_K	w_k
Capacité maximale	Insuffisante	10	0.51
Exfiltration	Elevée	10	0.07
Infiltration	Continu	8	0.09
Mise en charge	Conduite plein	0	0.33

$$\checkmark \text{ SHD} = \sum_{k=1}^p w_k * c_k = 6.52$$

2- Calculs du score de la dégradation structurelle :

Tableau .V.21 : Système de notation des facteurs de la dégradation structurelle

Dégradation Structurelle					
Facteur Interne	Sous -facteur	Attributs	Notation (C_{ij})	v_{ij}	w_{ij}
	Age	>90 ans	10	0.6	0.56
	Type de conduite	Béton	7	0.21	
	Diamètre	<=200 mm	10	0.13	
	Forme géométrique	Circulaire	1	0.06	
Facteur Externe	Type de sol	Moyennement agressif	5	0.04	0.12
	Type de trafic	Faible	6	0.1	
	Profondeur de pose	<1.5 m	8	0.11	
	Niveau de la nappe	Moyen	7	0.41	
	Type de l'effluent	Moyennement agressif	3	0.34	
Défauts apparents	Défaut structuraux	Effondrement	10	0.5	0.32
	Défaut hydraulique	obstruction	10	0.5	

**CHAPITRE V APPLICATION DE L' AHP POUR L' ETUDE DE LA
DEGRADATION DES RESEAUX D' ASSAINISSEMENT- ETUDE DE CAS
DANS LA VILLE DE TLEMCCEN**

✓ $SSD = \sum_i^n = 1 \sum_j^m = W_i * V_{ij} * C_{ij} = 5.7892$

✓ Ainsi $SDG = 5.7892 * 0.5 + 0.5 * 6.52 = 6.1546$

- ✓ **État de dégradation (Classe 4) :** Signes de dégradation avec des développements dangereux.

Tableau .V.22 : Les résultats le taux de la dégradation globale des quartiers qu' on a choisi

N°	LIEU	SGD	CLASSE	Etat de dégradation
1	AGADIR	7.0114	4	Signes de dégradation avec des développements dangereux
2	les DAHLIAS (kiffane)	6.472	4	Signes de dégradation avec des développements dangereux
3	SALEF ELADRA (sortie de la cité Soummame)	5.5716	3	Des signes de détérioration peuvent être mineurs
4	Derb NAAVDJA (vers Sidi Eldjaber)	6.1546	4	Signes de dégradation avec des développements dangereux

Conclusion :

Grace à l’ AHP nous avons pu calculer le taux de dégradation des réseaux d’assainissent de quelques sites. Les signes des dégradations varient ainsi que le score de la dégradation global d’un quartier à l’autre.

Nous remarquons que la dégradation structurelle (âge, type et diamètre de conduite) influe beaucoup plus que la dégradation hydraulique.

Ceci s’explique par le fait que pour les exemples traités les données relatives a la dégradation hydraulique sont pratiquement les mêmes.

Nous ne pouvons pas se prononcer sur d’autres quartiers faute de données .

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

L'assainissement des eaux a pour objectif d'assurer l'évacuation de l'ensemble des eaux usées et pluviales ainsi que leur rejet dans l'exécutoire naturel son incidence grave sur la santé publique et l'environnement. Toute anomalie ou dysfonctionnement d'un tel système risque d'engendrer des conséquences néfastes sur le bien être et la santé des gens.

Dans ce travail, nous avons étudié la dégradation hydraulique et structurale des réseaux sanitaires et pluviaux dans un but d'évaluer de façon globale l'état des réseaux d'assainissement.

Nous avons commencé par donner une présentation académique générale de l'assainissement en rappelant son historique, ses différents aspects, objectif, rôle, systèmes et les schémas d'évacuation des eaux usées et eaux pluviales, éléments constitutifs du réseau etc.

En deuxième lieu nous avons essayé de faire une synthèse que nous voulions la plus exhaustive possible sur les problèmes de la dégradation des réseaux d'assainissement. Nous avons donc répertorié les différents types de dégradation ainsi que les facteurs et causes principales de cette dégradation.

La troisième partie de notre travail a consisté à présenter puis à utiliser **La Méthode Multicritères AHP** dans l'étude de la dégradation des réseaux d'assainissement.

L'aspect hydraulique de la dégradation n'est généralement pas considéré dans l'évaluation de la dégradation des réseaux d'assainissements. Dans le modèle que nous utilisons nous avons combiné les deux aspects : hydraulique et structural. Nous proposons donc un modèle capable de déterminer l'état hydraulique, l'état structural et l'état global de la dégradation des réseaux d'assainissement en se basant sur un ensemble de facteurs et sous facteurs influençant la dégradation. Ces facteurs de types hydrauliques, internes, externes et de défauts apparents, ont été regroupés selon une structure hiérarchique adaptée à la méthode AHP pour déterminer la pondération relative de chaque facteur. L'AHP

permet de vérifier systématiquement la consistance et la cohérence de cette pondération.

Comme facteurs hydrauliques nous avons considéré, la capacité hydraulique, la mise en charge, l'infiltration, l'exfiltration etc.

Pour les facteurs internes, nous avons tenu compte de l'âge de la conduite, le diamètre, le type de matériau et la forme géométrique.

Comme défauts apparents et facteurs externes nous avons considéré le type de sol, type d'effluent, niveau de la nappe, profondeur de pose et la charge du trafic.

En se basant sur des données que nous avons pu rassembler relatives à des points noirs du point de vue assainissement, nous avons traité quelques cas de quartiers de la ville de Tlemcen.

Les résultats obtenus nous ont permis de faire une évaluation globale de l'état de dégradation dans les sites étudiés.

Au delà des résultats obtenus, nous pensons que le plus grand avantage est la disponibilité d'un modèle flexible et évolutif dans lequel il est possible d'intégrer d'autres critères et d'autres paramètres.

Nous estimons que le modèle proposé est de grande utilité pour les services des municipalités dans l'évaluation de l'état de dégradation de leurs réseaux et dans l'élaboration des plans d'intervention sur ces réseaux.

En plus de sa simplicité et sa fiabilité, ce modèle reste extensible et peut recevoir toute modification. Nous pouvons suggérer une continuation à ce travail en considérant par d'exemple :

- Ajout d'autres critères spécifiques à une région ou à un environnement
- L'application aux réseaux AEP

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- [1] site :<http://www.microstationepuration.org/histoire-assainissement/>, consulté le 31/01/2017.
- [2]site :http://www.afd.fr/webdav/site/afd/shared/L_AFD/L_AFD_engage/documents/Cadre_intervention_eau-assainissement.pdf, consulté le 29/01/2017.
- [3] Bouchelkia H, Master 2 ,2016 :« Généralités sur l'assainissement, cours de l'assainissement », univ de Tlemcen.
- [4] Jedid H, (2016) : « Cours sur les réseaux d'assainissement, cours de l'assainissement », univ de Tlemcen.
- [5] Ousmane. N Abdou G. S, 2006-2007 : « étude du plan directeur d'assainissement de Touba , Sénégal », mémoire d'ingénieur de conception en génie civil, Ecole Supérieure Polytechnique ,Touba ,Sénégal.
- [6]site :<http://www.cieau.com/images/brochures/pdf/L'assainissement%20des%20sees.pdf> , Consulté le 14/02/2017.
- [7] Bengassem J, 2001 : « Élaboration d'un système d'aide au diagnostic hydraulique et Structural des réseaux d'assainissement urbains », thèse de doctorat, école de technologie Supérieure, Québec. Canada.
- [8] Boumdian M, 2014-2015, « Cours sur les réseaux d'assainissement », cours de l'assainissement, univ de Tlemcen.
- [9]site :http://www.pseau.org/outils/ouvrages/pdm_ps_eau_smc_guide_4_choisir_des_solutions_techniques_adaptees_pour_l_assainissement_liquide_2010.pdf,consulté le 3/02/2017.
- [10]site :<http://hydrauliqueformation.blogspot.com/2013/03/les-ouvrages-dassainissement.html> ,consulté le 15/03/2017.
- [11] site :<http://hydrauliqueformation.blogspot.com/2013/03/canalisation.html>, consulté le 04/03/2017.
- [12] site : <http://hydrauliqueformation.blogspot.com/2013/03/canalisation-choix-types-et-joints.html>. Consulté le 04/03/2017.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- [13]site :<http://hydrauliqueformation.blogspot.com/2013/03/les-ouvrages-normaux.html>, consulté le 10/03/2017.
- [14]site :<http://hydrauliqueformation.blogspot.com/2013/07/deversoir-dorage.html>,consulté le 12/03/2017.
- [15] Rabouh F, (2006) : « Étude du réseau d'assainissement de la ville de Ain Kermes (W.Tiaret) »,mémoire d'ingénieur en hydraulique, école nationale supérieure de l'hydraulique, univ de Blida.
- [16]site :<http://hydrauliqueformation.blogspot.com/2014/12/terminologie-d-assainissement.html>,consulté le 17/03/2017.
- [17] Ilham Ennaouri ,2010 : « modélisation de la dégradation hydraulique et structurale des réseaux sanitaires et pluviaux), école polytechnique de Montréal ».
- [18] Mechri Bachir et al, 29 & 30 Novembre 2010 : « Impact de dégradation des réseaux d'assainissement et AEP sur l'état de la route », université Kasdi Merbah Ouargla, Séminaire national de la route et la sûreté de la circulation.
- [19] Catherine Trianta-llou ,2008: « la dégradation et la réhabilitation des Réseaux d'assainissement France -Angleterre - ETATS-UNIS ».
- [20] Jean-Marc Berland, Octobre 2004 : « Réhabilitation des réseaux d'assainissement en zone rurale », Office International de l'Eau SNIDE.
- [21] Souaker Khaireddine et al, 2015 : « Etude de réseau d'assainissement le cite 'MIH-Bahi' commune D'ELOUED », diplôme Master en Hydraulique, Université Hamma Lakhdar.
- [22] Beggas Mohammed et al, 2014:« diagnostic et étude du réseau D'assainissement de la cite Elhamaissa –commune de hassi khalifa (w.el-oued) », diplôme de master professionnel en Hydraulique, Université D'el-Oued.
- [23] Yves Dion, 28 Avril 2006 : « Restructuration Hydraulique Et Environnement Ale Des Réseaux D'assainissement », L'école De Technologie Supérieure, Université Du Québec.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

[24] Benoit Grondin, et al ,2012 : « Réseaux D'égouts Pathologies, Diagnostics Interventions », Gouvernement du Québec, Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire.

[25] site :<http://kuenemann-vidange-curage-debouchage.com/deracinage-enlevement-nettoyage-debouchage-curage-conduite>. Consulté le 31/03/2017.

[26] site : <http://www.evj-cet.com/services/curage-romans-sur-isere.php> (photo de conduite curage Le curage de canalisation sur Romans sur Isère), consulté 02/04/2017.

[27] Site : <http://www.evj-cet.com/services/curage-romans-sur-isere.php5>, consulté le 04/04/2017.

[28] Ilham Ennaouri et Musandji Fuamba, **2010**, ARTICLE 1 « modeling of hydraulic and structural degradation of sewe and storm water pipelines » Department génie civile Ecole Polytechnique de Montreal.

[29] Saaty .T.S ,1999/2000 ,The analytic hiérarchy process for decisions in a complex world.Edition:322mervis hall-uiversity of Pittsburgh.

[30] site :<https://cours.etsmtl.ca/gpa786/cours/ndc/GPA786%20Chapitres7.pdf> consulté le 15/04/2017.

[31] site : <https://cours.etsmtl.ca/ing802/matiere/pdf/AHP2.pdf> ,consulté le 17/04/2017.

[32] site : <http://www.wikilean.com/Articles/LeanOvation/L-Analytic-Hierarchy-Process> consulté le 30/04/2017.



Office national de l'assainissement
Système de Management Environnemental
ISO 14001 :2004

Octobre 2016

Recensement et diagnostic des points noirs

N°	Lieux	Changement proposé pour élimination	Changement réalisé	Observation	Etat
01	Koudia habitation anarchique	Rénovation du réseau qui se trouve semi enterré vu la nature du terrain rocheux		Réseau totalement colmaté causant parfois des débordements sur la chaussée	Etude en cours
02	Rejet Koudia (à ciel ouvert)	Rejet ouest collecté vers la future Step de Hennaya		Utilisation de ces eaux par les irrigants clandestins Assistance technique ONA	Etude de collecte des eaux usées vers la future STEP de Hennaya est en cours
03	Derb Naaydja (vers Sidi Eldjaber)	Rénovation de 50 MI en Ø600 PVC mm avec la déviation		Des débordements des eaux usées à l'intérieur des habitats situés à l'aval du réseau	Etude en cours



Office national de l'assainissement
Système de Management Environnemental
ISO 14001 :2004

Octobre 2016

Recensement et diagnostic des points noirs

04	Agadir à l'intérieur du terrain de foot	Rénovation de 80ml en Ø300mm PVC traversant l'aire de jeux		Problème de pente causant des inondations en période des crues Opération prise en charge par l'APC	Etude en cours
-----------	---	--	--	---	-----------------------



Office national de l'assainissement
Système de Management Environnemental
ISO 14001 :2004

Octobre 2016

Recensement et diagnostic des points noirs

N°	Lieux	Changement proposés pour élimination	Changement réalisé	Observation	Etat
05	Les Dahlias Kiffane	Le réseau (Ø 400) achemine une grande quantité des eaux d'où la nécessité le changement en diamètre plus grand (Ø600)	-	Retour des eaux vers les habitations en périodes des crues	non réalisée par les autorités /DRE
06	Salef Eladra (sortie de la cité Soummame)	Changement de la conduite (Ø600-700) qui sort du regard en diamètre plus grand (Ø1000)	-	Inondation au niveau des habitations et locaux commerciales	En étude
07	Rue Commandant Djaber au centre ville	Rénovation du réseau	-	Affaissement de la terre causée par l'infiltration des eaux usées Et des eaux d'AEP	Opération de curage hydromécanique programmée par la DRE
08	Ain el Houtz	Rénovation du réseau Ø 500mm En diamètre plus grand Ø 800mm Sur une longueur de 200ml	-	Un réseau Ø800mm provient de Oudjlida branché au Ø 500mm à l'entrée de Ain el Houtz Débordement des eaux usées pendant les crues provoquent des dégâts sur l'autoroute	Eradiqué

	Office national de l'assainissement	
	Système de Management Environnemental ISO 14001 :2004	Octobre 2016
	Recensement et diagnostic des points noirs	

09	Terrain Yelles	Rénovation de 250ml du réseau en Ø600mm	-	inondation des habitations en période des crues	Eradiqué
-----------	----------------	---	---	---	-----------------

N°	Lieux	Changement proposés pour élimination	Changement réalisé	Observation	Etat
10	BD PASTEUR à coté école des filles	Déviation du réseau vers le réseau principal du GD Sur une longueur de 30ml en	-	Réseau ancien plein des racines des arbres.	En étude
11	Terrain Aboubakr	Rénovation du réseau sur une longueur de 90 ML En diamètre Ø600mm	-	Réseau endommagé se trouve dans un terrain accidenté, obturé par les déchets solides et qui se déborde dans un terrain agricole privé.	En étude, Terrain privé (l'autorisation des travaux non effectuée)
12	Rue Gaouar Hocine (BAB ZIRE à coté hôtel MARIEME)	Rénovation du réseau sur une longueur de 50 ML En diamètre Ø400mm	-	Ancien réseau d'assainissement « SLOUKIA » complètement endommagé et qui cause des débordements sur la chaussée	En étude, non effectuée



Office national de l'assainissement
Système de Management Environnemental
ISO 14001 :2004

Octobre 2016

Recensement et diagnostic des points noirs

13	Rue Frères Zerrouk	Rénovation du réseau sur une longueur de 200 ML En diamètre Ø400mm	-	Réseau débordant à la saison des crues	En étude, non effectuée
14	Derb Sidi Zekri	Rénovation du réseau sur une longueur de 30 ML En diamètre Ø300mm	-	-	Opération de curage hydromécanique programmée par la DRE
15	Sidi Tahar	Rénovation du réseau sur une longueur de 400 ML	-	Faible pente	Eradiqué
16	Rue 26 Novembre Rue Hadjri Mansour Rue Khaled Abdelakder	-	-	Retour des eaux causé par les dépôts et l'ensablement des Sloukia.	Eradiqué par curage hydromécanique
17	Hai Boudiaf Aboutachefine	-	-	Réseau débordant à la saison des crues	Eradication par curage hydromécanique et manuel du réseau d'assainissement sur une longueur de 30ml et réouverture d'avaloir condamné par le voisinage

	Office national de l'assainissement	
	Système de Management Environnemental ISO 14001 :2004	Octobre 2016
	Recensement et diagnostic des points noirs	

Points restants	éradiqué	En cours	En étude	Autres	Taux d'éradication
12	05	06	06	-	29.41 %