



**MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES POUR L'OBTENTION DU
DIPLOME D'INGÉNIEUR D'ETAT DE L'ECOLE HASSANIA DES
TRAVAUX PUBLICS**

Réalisé par :

EL KASIMI Imane

AIT ELASRI Hanane

Spécialité :

Ingénierie de l'hydraulique et de l'environnement

Sous le thème :

***Développement de la connaissance structurelle et fonctionnelle du
réseau d'assainissement du Grand Casablanca***

Soutenu le 22 Juin 2018 devant le jury composé de :

Mr. ALIBOU Jamal	Professeur, EHTP	Président
Mr. ASMLAL Lmahfoud	Professeur, EHTP	Rapporteur
Mr. TAGHLABI Fayçal	Ingénieur responsable de la sectorisation, LYDEC	Examineur
Mr. AIT ELMAKKI Abdeslam	Ingénieur en performance infrastructure, LYDEC	Examineur
Mr. LHASSIAT Jaafar	Professeur, EHTP	Examineur

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dedicated to...

♥ *To my mother Fatima,*

For all that you've been to me, for all that you've done for me, for all that you are... Thank you for everything and for being the first place my heart could call home.

♥ *To my father Abdeslem,*

I thank you for being my angel, my hero, for always trusting me. I am so much of what I learned from you. You are with me like a handprint on my heart.

♥ *To my sister Afaf, brother Mohammed, cousin Amina,*

For being best friends, my confidantes and my partners in crime. Thank you for it all. I love you always.

♥ *To my grandmother, aunt Siham, uncle Ahmed, Mohammed, Hicham, Issam,*

Thank you for being there by my side at my hour of crisis, difficult times were easy as all of you were there with me. I love you.

♥ *In the memory of my grandmother and grandfathers*

How I wish you were here to thank you for the sacrifices you've made to make our family happy.

♥ *To my bestfriends Yusra Lamzah, Outmane Baladi*

For all the laughs, the tears, the beautiful moments we shared and to many more, thank you for it all. I love you.

♥ *To all my friends*

You have been generous and gracious always. Thank you for bringing sunshine into my life.



Imane

Dédicaces

Je dédie ce travail

♥ *À ma chère maman **Fadma** et mon cher papa **Mohamed** pour leur amour, leur affection, leur soutien et leurs sacrifices pour mon éducation, ma formation et ma réussite.*

♥ *À **Yassine** et **Mawane** mes chers frères, Je vous aime.*

♥ *À tous les membres de ma famille.*

♥ *À toutes les personnes chères à mon cœur pour tous les instants inoubliables que j'ai passés avec vous.*

♥ *À mon cher **Club Social EHTP** et à tous ses membres et spécialement les membres du Conseil Social.*

♥ *À tous mes amis et mes collègues.*

♥ *À toute la famille **Sheviste** et **Ehtpiste***



Kanane

Remerciements

Avant de présenter notre projet de fin d'études et d'exposer le travail ainsi réalisé, le moment apparaît comme étant opportun pour faire part de nos remerciements.

Tout d'abord, nous désirerions faire part de nos remerciements à notre encadrant au niveau de l'Ecole Hassania des Travaux publics **Mr. ASMLAL Lmahfoud**, ingénieur et professeur à l'EHTP. Ses conseils avisés de même que sa disponibilité ont été pour nous une source de motivation et de réconfort certains.

Aussi, nous désirerions remercier ceux qui ont contribué à la réussite de notre stage de fin d'étude à la LYDEC, pour leur accueil chaleureux et pour leur bienveillance à notre égard. Un grand merci à toute l'équipe de la Lyonnaise des Eaux de Casablanca, et particulièrement à la direction Exploitation Eau et Assainissement.

Nous adressons un grand merci tout particulièrement à Messieurs **Fayçal TAGHLABI** ingénieur responsable de la sectorisation et qui fait office d'encadrant externe de même que **Abdeslam AIT ELMAKKI**, ingénieur en performance infrastructure eau et qui n'a eu de cesse de nous prodiguer son aide aussi bien tout au long de notre PFE. Nous tenons à leur exprimer notre profonde reconnaissance pour leur disponibilité, leurs conseils toujours pertinents et pour leurs soucis permanents quant à l'avancement et la qualité de notre travail.

Que Mesdames et Messieurs les membres du jury trouvent ici l'expression de notre reconnaissance pour avoir accepté de juger le présent travail.

Que le corps professoral et administratif de l'Ecole Hassania des Travaux Publics trouve ici nos sincères remerciements pour tout le travail fourni et l'aide prodiguée tout au long de ces années.

Résumé

Le présent mémoire présente le bilan d'un travail de quatre mois au sein de la LYDEC dans le cadre de notre projet de fin d'études, un travail qui constitue le couronnement de notre parcours d'ingénieur à l'Ecole Hassania des Travaux Publics, en ingénierie de l'Hydraulique et de l'Environnement. Le sujet de notre projet s'intitule « **Développement d'un outil intégré d'aide à la décision technique, économique et financière pour la gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement du Grand Casablanca** ».

Comme l'indique l'intitulé du mémoire, l'objectif principal de notre étude est de développer la connaissance structurelle et fonctionnelle du réseau d'assainissement pour une gestion patrimoniale efficace et ceci à travers un outil d'aide à la décision. En effet, le patrimoine d'assainissement collectif de la ville de Casablanca s'est fortement accru ces dernières années, depuis plusieurs dysfonctionnements liés à sa performance ont surgi, menaçant ainsi la santé publique, le bien-être de la population, le développement durable de la ville et de son environnement.

Dans cette perspective, la première partie de ce mémoire sera consacrée au diagnostic du réseau d'assainissement : Cet axe concernera une description à plusieurs échelles du fonctionnement du système sanitaire à travers des indicateurs de performance. Nous allons nous intéresser en premier temps aux sous-bassins versants de Casablanca en détaillant l'aspect fonctionnel des conduites, ensuite aux différents tronçons en analysant leurs aspects structurels. L'objectif principal de cette partie est le classement des sous-bassins et les tronçons selon leur performance. Ceci nécessitera le développement d'un outil d'aide à la décision, nous aurons donc à choisir une des méthodes mathématiques d'analyse multicritère selon les exigences de notre projet.

La partie suivante sera l'interprétation des résultats du premier axe, nous allons détecter les zones où se situent les conduites à faible performance puis nous allons déterminer les interventions nécessaires pour améliorer l'état du réseau d'assainissement.

Abstract

This thesis presents the conclusion of a dedicated work which lasted four months within LYDEC, a work that constitutes the culmination of our engineering studies of Hydraulics and Environment at EHTP (Ecole Hassania des Travaux Publics). The subject of our project is entitled "Development of an integrated tool for technical, economic and financial decision support for the management of Grand Casablanca sanitation networks".

As the title states, the main objective of our study is to develop the structural and functional knowledge of the sewerage network for an efficient performance and this through a decision support tool. In fact, the sanitation system of the city of Casablanca has greatly increased in recent years, since several malfunctions linked to its poor performance have arisen, threatening public health, the well-being of the population and sustainable development of the city and its environment.

Therefore, we will start by the diagnosis the sewerage network: in this axis we will determine its performance on multiple scales through performance indicators. We will first focus on the sub-catchment areas of Casablanca to detail the functional aspect of the pipes, and then we will analyze their structural aspects. The main objective of this part is the classification of the sub-basins and the pipelines according to their performance. This will require the development of a decision support tool therefore we will have to choose mathematical method of multicriteria analysis according to the requirements of our project.

The next part will be the interpretation of the results of the first axis, we will detect the areas with low performance pipes and then we will determine the necessary interventions according to the classification of the diagnosis, to enhance the state of the sewerage network.

Sommaire

Table des matières

Introduction.....	19
Chapitre 1 : Généralités	
I. Présentation de l'organisme d'accueil :.....	20
1. Mission de la LYDEC	20
2. Historique de la LYDEC	21
3. Actionnariat :.....	21
4. Mission de la LYDEC en assainissement	22
5. Organigramme de la LYDEC.....	25
II. L'assainissement liquide	26
1. Définition	26
2. Natures des eaux d'assainissement	26
3. Types de système d'assainissement, leurs avantages et inconvénients :.....	26
a. Système séparatif	27
b. Système unitaire :.....	27
c. Système pseudo-séparatif	28
d. Assainissement individuel :	28
4. Eléments constitutifs des réseaux d'assainissement :	28
5. Caractérisation des effluents urbains :	29
III. Gestion du patrimoine	30
1. Enjeux de la gestion patrimoniale	30
2. Avantages de la gestion patrimoniale:	31
3. Diagnostic du réseau d'assainissement	31
a. Les défaillances possibles d'un réseau d'assainissement :.....	32
b. Conséquences des dysfonctionnements du réseau d'assainissement :.....	34
IV. Outil d'aide à la décision.....	35
1. Définition de l'outil d'aide à la décision.....	35

2.	Définition de l'analyse multicritère.....	35
3.	Avantages et limites de l'analyse multicritère	36
a.	Les avantages.....	36
b.	Les limites	36
4.	L'analyse multicritère dans le cadre du projet :	36
5.	Choix de la méthode d'analyse :	36
6.	Méthode AHP :.....	37
a.	Avantages et limites de la méthode AHP :	37
b.	Etapas de la méthode AHP :	38
7.	Outils de travail	42
a.	Carte@jour:	42
b.	ArcGis	43
c.	Excel :	44
d.	Pyhton :	44
Chapitre 2 :Présentation du contexte du projet		
I.	Présentation de la zone de projet.....	46
1.	Situation géographique et économique :	46
2.	Géologie et hydrogéologie	48
3.	Climat :	49
4.	Présentation des sous-bassins principaux du Grand Casablanca.....	50
II.	Situation en assainissement de Casablanca	52
1.	Mode d'assainissement	52
2.	Principales caractéristiques du système d'assainissement existant :.....	53
3.	Milieu récepteur et réglementation des rejets :	55
a.	Milieu récepteur :.....	55
b.	Contexte réglementaire des rejets :	55
c.	Limites des rejets industriels :	56
4.	Flux à traiter :	56
5.	Gestion patrimoniale de la LYDEC	57

Chapitre 3 : Diagnostic du réseau d'assainissement du Grand Casablanca

I.	Procédure de diagnostic	60
II.	Diagnostic fonctionnel du réseau	61
1.	Indicateurs de performance fonctionnelle	61
a.	Volumes des eaux usées	61
b.	Nombre de débordements	61
c.	Conformité des rejets industriels	62
2.	Résultat et cartographie des indicateurs	62
a.	Volume des eaux usées	62
b.	Nombres de débordements sur la voie publique :	66
c.	Nombre de débordements chez les clients	70
d.	Conformité des rejets industriels :	73
3.	Analyse multicritère des sous-bassins versants	75
a.	Identification de l'objectif	75
b.	Hiérarchisation des critères	75
c.	Notations des critères et calcul des vecteurs poids :	75
d.	Elaboration de la matrice de comparaison du niveau 1 et son vecteur poids	76
e.	Notation global :	77
4.	Interprétation des résultats	81
III.	Diagnostic structurel du réseau	82
1.	Indicateur de performance structurelle	82
a.	Age des conduites	82
b.	Etat Structurel :	82
c.	Nombre d'opérations de renouvellement	82
d.	Nombre d'opérations de réparation :	83
e.	Nombre d'opérations de curage:	83
f.	La profondeur des nappes phréatiques :	83
g.	Performance fonctionnelle :	83
2.	Résultat et cartographie des indicateurs	84
a.	Age des conduites:	84

b. Etat structurel des conduites :	86
c. Les opérations de renouvellement	88
d. Les opérations de curage :	90
e. Les opérations de réparation :	92
f. Profondeur des nappes phréatiques :	94
g. Performance fonctionnelle	96
3. Analyse multicritère des conduites	97
a. Identification de l'objectif	97
c. Hiérarchisation des critères	98
d. Notations des critères	98
e. Elaboration de la matrice de comparaison et le vecteur poids :	102
f. Notation des conduites :	104
4. Interprétation des résultats	107
IV. Résultat du diagnostic	109
Chapitre 4 : Les solutions face à la dégradation.....	110
I. Introduction	111
II. L'amélioration de la performance du réseau	112
a. L'intervention sur le mode d'usage du réseau :	112
b. L'intervention sur le réseau : réhabilitation.....	112
III. Proposition de solutions	113
1. Actions curatives	113
a. Tranchées drainantes	113
b. Réhabilitation	115
2. Actions préventives	119
Annexe	124
1. Remplacement par l'intérieur.....	146
2. Tubage par éléments thermoplastiques (Sliplining).....	146
3. Tubage par éléments rigides.....	147
4. Gainage.....	147
5. Revêtement interne par enduit ciment.....	148
6. Revêtement par produits plastiques.....	148

Liste de tableaux

Tableau 1 : Système de notation	38
Tableau 2 : Echelle des valeurs de la matrice de comparaison	39
Tableau 3 : Exemple de matrice de comparaison.....	39
Tableau 4 : Valeur de l'indice RI selon le nombre de critères.....	41
Tableau 5 : Nom des sous-bassins versants principaux et leurs superficies	51
Tableau 6 : Arrêté 1607-06 – Valeurs limites spécifiques de rejet dans les eaux superficielles	55
Tableau 7 : Norme sur la qualité des eaux de baignade – Valeurs limites.....	55
Tableau 8 : Norme sur la qualité des eaux industrielles – Valeurs limites	56
Tableau 9 : Charges à traiter pour les bassins versants Ouest et Est de Casablanca.....	57
Tableau 10 : Volumes des eaux usées à l'exutoire des sous-bassins pendant la saison humide et sèche	63
Tableau 11 : Nombre de clients par surface pour les collecteurs Gounoud , Joulane-Mabrouka et Delure	66
Tableau 12 : Nombre de débordements sur la voie publique pendant la saison humide et sèche	67
Tableau 13 : Nombre de débordements chez les clients pendant la saison humide et sèche ...	70
Tableau 14 : Nombre des industries selon la disponibilité de traitement des eaux usées	73
Tableau 15 : Conformité des rejets industriels par sous-bassin	74
Tableau 16 : Matrice de comparaison et vecteur poids du critère volume des eaux usées	76
Tableau 17 : Matrice de comparaison et vecteur poids du critère débordement sur la voie publique.....	76
Tableau 18 : Matrice de comparaison et vecteur poids du critère débordement chez les clients	76
Tableau 19 : Matrice de comparaison du niveau 1	77
Tableau 20 : Paramètres de calcul de la note globale des sous-bassins	77
Tableau 21 : Suite des paramètres de calcul de la note globale des sous-bassins.....	78
Tableau 22 : Nombre des conduites selon l'âge	84

Tableau 23 : Nombre de conduites selon l'état structurel.....	86
Tableau 24 Nombre de conduites selon les opérations de renouvellement.....	88
Tableau 25 : Nombre de conduites selon les opérations de curage.....	90
Tableau 26 : Nombre de conduites selon les opérations de réparation	92
Tableau 27 : Nombre de conduites selon la profondeur des nappes phréatique	94
Tableau 28 : Nombre de conduites de chaque sous-bassin	96
Tableau 29 : Notation du critère âge	98
Tableau 30 : Notation de l'état structurel des conduites	99
Tableau 31 : Notation du nombre des opérations de curage	99
Tableau 32 : Notation du nombre des opérations de réparation.....	99
Tableau 33 : Notation du nombre des opérations de réparation.....	100
Tableau 34 : Notation des profondeurs des nappes.....	100
Tableau 35 : Notation des sous-bassins versants	101
Tableau 36 : Calcul des poids et de rapport de cohérence du niveau 1.....	102
Tableau 37 : Matrice de comparaison et poids des critères.....	103
Tableau 38 : Paramètres de calcul de la note globale des conduites d'assainissement	104
Tableau 39 : Nombre de conduites selon la note de performance structurelle.....	107
Tableau 40 : Note de performance moyenne des conduites par commune	108
Tableau 41 : Prix, support d'application et entretien des tranchées drainantes	114

Liste des figures

Figure 1 : Répartition du capital de la LYDEC.....	22
Figure 2 : Périmètre Administratif du service Assainissement	24
Figure 3 : Organigramme de la LYDEC	25
Figure 4 : Schéma représentatif du système d'assainissement séparatif.....	27
Figure 5 : Schéma représentatif du système unitaire.....	27
Figure 6 : Schéma de décomposition hiérarchique des critères	38
Figure 7 : Aperçu de la Carte@jour	42
Figure 8 : Aperçu des cartes ArcGIS	43
Figure 9 : Aperçu de l'interface de l'Excel.....	44
Figure 10 : Aperçu de l'interface de programmation Python	44
Figure 11 : Carte du Grand Casablanca avec le découpage en arrondissements	47
Figure 12 : Emplacement et profondeur des nappes phréatiques du Grand Casablanca.....	49
Figure 13 : Emplacement des sous-bassins versants principaux du Grand Casablanca.....	50
Figure 14 : Carte des sous-bassins versants principaux du Gand Casablanca	50
Figure 15 : Système d'assainissement de Casablanca	54
Figure 16 : Carte des volumes des eaux usées par sous-bassins - Saison humide	64
Figure 17 : Carte des volumes des eaux usées par sous-bassins - Saison sèche	65
Figure 18 : Carte des débordements sur la voie publique par sous-bassins - Saison humide ..	68
Figure 19 : Carte des débordements sur la voie publique par sous-bassins - Saison sèche	69
Figure 20 : Carte des débordements chez les clients par sous-bassin - Saison humide	71
Figure 21 : Carte des débordements chez les clients par sous-bassin - Saison sèche	72
Figure 22 : Carte de conformité des rejets industriels par sous-bassin	73
Figure 23 : Hiérarchisation des critères de l'analyse de la performance fonctionnel du réseau d'assainissement	75
Figure 24 : Carte de performance fonctionnelle du réseau d'assainissement.....	79
Figure 26 : Carte d'âge des conduites d'assainissement	85
Figure 27 : Carte d'état structurel des conduites d'assainissement.....	87
Figure 28 : Carte des opérations de renouvellement des conduites d'assainissement.....	89

Figure 29 : Carte des opérations de curage des conduites d'assainissement	91
Figure 30 : Carte des opérations de réparations des conduites d'assainissement.....	93
Figure 31 : Carte de profondeur des nappes phréatiques	95
Figure 32 : Carte de performance fonctionnelle des conduites	97
Figure 33 : Hiérarchisation des critères de l'analyse de la performance structurelle du réseau d'assainissement	98
Figure 34 : Carte de performance globale des conduites d'assainissement.....	105
Figure 35 : Emplacement des canalisations à faible performance - Note supérieur à 4.....	106
Figure 36 : Schéma d'une tranchée drainante dans le cas de réseau séparatif.....	114
Figure 37 : Principe du renouvellement des conduites par remplacement par l'intérieur	146
Figure 38 : Les tubes prédéformés pour Sliplining	146
Figure 39 : Traction en continu d'un tubage long	147
Figure 40 : Schéma de principe de gainage.....	147

Liste des annexes

Annexe 1 : Aperçu de la base de données des réclamations des clients	125
Annexe 2 : Aperçu de la consommation d'eau potable par secteur – Saison sèche.....	126
Annexe 3 : Aperçu de la consommation d'eau potable par secteur – Saison humide.....	127
Annexe 4 : Aperçu de la base de données des analyses des rejets industriels	128
Annexe 5 : Détail de calcul des poids et cohérence du jugement - Analyse multicritère du diagnostic fonctionnel	129
Annexe 6 : Détail de calcul des poids et cohérence du jugement - Analyse multicritère du diagnostic structurel	130
Annexe 7 : Détail des critères du diagnostic structurel et note de performance globale des tronçons – Note supérieure à 4	131
Annexe 8 : Nombre de client des sous-bassins versant par unité de surface	145
Annexe 9 : Techniques de réhabilitation.....	146

Introduction

L'existence d'un système d'assainissement est nécessaire pour la protection tant de notre santé que de l'environnement. En effet grâce aux systèmes de gestion, la ville en tant qu'entité représente le soutien nécessaire pour une vie facile et décente des hommes (transport, énergie, logements, divertissement, alimentation en eau, canal, assainissement, etc.). En revanche, en utilisant les ressources en jetant les déchets, la ville acquiert un pouvoir destructeur sur l'environnement et sur les hommes.

Par conséquent, la diminution et la dégradation de la ressource d'eau, associées à l'augmentation de l'intérêt pour l'hygiène et la santé publique, attirent une attention particulière sur le service d'assainissement afin d'avoir un système cohérent pour la qualité de l'environnement et implicitement de la vie.

Toutefois, plusieurs dysfonctionnements peuvent toucher les infrastructures de ce système : dépassement de la capacité du réseau, débordements sur les voies publiques en temps pluvieux, remonté des eaux usées chez les clients, raccordements illégaux, non-conformité des rejets des industries, dégradation des équipements d'assainissement, déversements nuisibles à l'environnement, coût élevées de réhabilitation...

Dès lors, une gestion du patrimoine du réseau d'assainissement s'impose suite à une prise en compte plus ou moins complète des dysfonctionnements, des constats de diagnostics structurels et des observations faites sur le réseau. Cela nous permet de bien sérier les choses, d'orienter les financements vers les investissements les plus nécessaires, de mettre à leur juste place la maintenance et l'entretien de ce patrimoine, qui contribuent à le maintenir en bon état à des coûts raisonnables.

Dans cette optique, le présent projet aura pour mission de réaliser un diagnostic structurel et fonctionnel du réseau d'assainissement du Grand Casablanca, et ceci dans le but d'établir des actions préventives et correctives pour fournir un niveau de service performant qui répond à la fois aux besoins, en cohérence avec l'évolution des attentes des usagers, des technologies disponibles, et du cadre règlementaire.

Le présent ouvrage s'articule autour de 4 chapitres principaux, le premier présentera le résultat de notre recherche bibliographique, base de la compréhension des différents aspects de notre projet à savoir la gestion patrimoniale du réseau d'assainissements, les différents dysfonctionnements de ce dernier, son diagnostic et l'utilité de l'analyse multicritère. Le deuxième chapitre décrit les caractéristiques de la zone de notre projet et son assainissement, nous passerons ensuite au troisième chapitre qui explique les étapes et le résultat du diagnostic fonctionnel et structurel du réseau d'assainissement pour finir par le quatrième chapitre qui liste les actions à envisager pour traiter les insuffisances du réseau qui sont mises en évidence par le diagnostic .

Chapitre 1 : Généralités

I. Présentation de l'organisme d'accueil :

1. Mission de la LYDEC

Lydec (Lyonnaise des eaux de Casablanca) est un opérateur de services publics qui gère la distribution d'eau et d'électricité, la collecte des eaux usées et pluviales et l'éclairage public pour 4,2 millions d'habitants de la Région du Grand Casablanca (Maroc). Ces missions lui ont été confiées dans le cadre d'un contrat de gestion déléguée signé en 1997 par l'Autorité Délégante (Communes urbaines de Casablanca, Mohammedia et Aïn Harrouda), l'Autorité de Tutelle (Ministère de l'Intérieur) et le Déléguataire (Lydec).

Ses activités sont structurantes : elles jouent un rôle majeur dans l'urbanisation à long terme, dans la conception de l'agglomération de demain. De plus la LYDEC participe à la réalisation des schémas directeurs de la ville et à l'élaboration de standards (en termes de qualité d'installation, de technologies...).

L'activité est structurée autour de quatre métiers :

1 - La distribution de l'eau potable : Cette eau est fournie par deux producteurs nationaux : l'ONEE (Office National de l'Electricité et de l'Eau Potable) et la SEOER (Société des Eaux d'Oum Erbiaa).

2 – La gestion de l'assainissement liquide (eaux usées et eaux pluviales) : La LYDEC gère 5000 km de collecteurs et développe le réseau d'assainissement pour offrir aux habitants un environnement sain.

3 - La distribution de l'électricité : La LYDEC gère un réseau d'électricité composé de plus de 2400 km pour la Moyenne Tension uniquement qui provient de l'énergie assurée par l'ONEE (Office National de l'Electricité et de l'Eau Potable).

4 – La gestion de l'éclairage public : La LYDEC gère l'éclairage public (140 000 points lumineux) avec l'objectif d'augmenter le taux d'éclairage, tout en veillant à économiser l'énergie grâce à des techniques innovantes.

2. Historique de la LYDEC

Date	Evénements
1995	Création de Lydec, filiale du groupe Suez.
1997	Signature en avril du contrat de gestion déléguée par l'Autorité Délégante, l'Autorité de Tutelle (Ministère de l'Intérieur) et Lydec (le Délégataire). Début des activités en août.
2003	Le périmètre de la gestion déléguée inclut les Communes urbaines de Casablanca, Mohammedia et Ain Harrouda, ainsi que 12 communes périphériques.
2005	Introduction en bourse.
2009	Signature d'un avenant au contrat de gestion déléguée par l'Autorité Délégante, l'Autorité de Tutelle (Ministère de l'Intérieur) et Lydec (le Délégataire), qui concrétise et finalise la première révision du contrat (2006-2009). Intégration de la gestion de l'éclairage public, qui devient le 4 ^e métier de Lydec.
2010	Emprunt obligataire d'un montant de 1,2 milliard de dirhams pour le financement du programme d'investissement.
2012	Mise en service du laboratoire d'analyses des eaux : Labelma.
2013	Mise en place des engagements de service grand public.
2013	Mise en service de la Station d'Epuration de Médiouna
2015	Mise en service du Système Anti-pollution du Littoral Est de Casablanca (SAP-Est).

3. Actionnariat :

Le capital de la LYDEC est de 800 000 000 d'actions, dont une part circule dans la bourse des valeurs de Casablanca et l'autre part est répartie sur les actionnaires suivants:

- **Groupe GDF SUEZ** : son développement est prioritairement autour de métiers tels que l'énergie, le gaz, l'eau et la propreté.
- **Fipar-Holding** : filiale à 100% de la Caisse de Dépôt et de Gestion (CDG), est une société d'investissement ayant pour vocation de gérer les participations minoritaires et stratégiques dans les secteurs industriels, financiers et de service.
- **RMA Watanya** : Première compagnie d'assurance et de réassurance du Maroc, elle occupe aujourd'hui la première place du marché marocain des assurances avec 23% des parts.

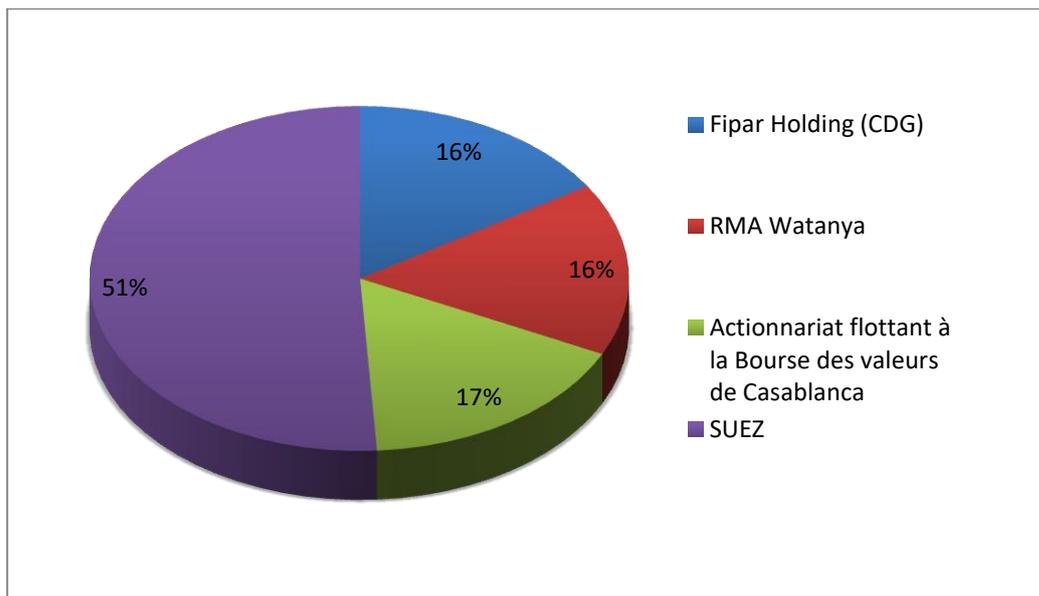


Figure 1 : Répartition du capital de la LYDEC

4. Mission de la LYDEC en assainissement

« Dépolluer, accompagner le développement urbain et pérenniser le patrimoine. »

La LYDEC accentue son engagement à travers l'activité assainissement pour :

- Préserver l'environnement et améliorer la qualité de vie des habitants du Grand Casablanca en s'inscrivant dans le cadre de la Charte Nationale de l'Environnement et du Développement Durable et du Plan directeur antipollution de la Wilaya de la Région de Casablanca-Settat ;
- Relever les défis technologiques et humains des grands projets de dépollution ;
- Poursuivre l'extension du réseau afin de raccorder au réseau d'assainissement liquide les habitations existantes non assainies, les secteurs périphériques et les nouveaux pôles urbains ;
- Pérenniser le patrimoine en terme de renouvellement et réhabilitation des collecteurs et équipements ;
- Renforcer la lutte et la prévention contre les inondations ;

Le périmètre géographique du service d'assainissement liquide comprend les communes suivantes :

- La Commune de Casablanca
- Sur la Préfecture de Mohammedia, les communes suivantes:
 - La Commune de Mohammedia
 - La Commune d'Ain Harrouda
 - La Commune de Ben Yakhlef (*zone située au nord de la RN1*)
- Sur la Province de Nouaceur, les communes suivantes :
 - La Commune de Nouaceur
 - La Commune de Bourskoura
 - La Commune de Dar Bouazza
 - La Commune de Aïn Jemâa-Ouled Azouz
 - La Commune d'Ouled Saleh
- Sur la Province de Mediouna, les communes suivantes :
 - La Commune de Mediouna
 - La Commune de Tit Mellil
 - La Commune d'Al Mejjatia-Ouled Taleb
 - La Commune de Lahraouiyine
 - La Commune de Mansouria

La gestion des services d'eau et d'assainissement sur le reste du territoire de la Wilaya est assurée par l'ONEE.

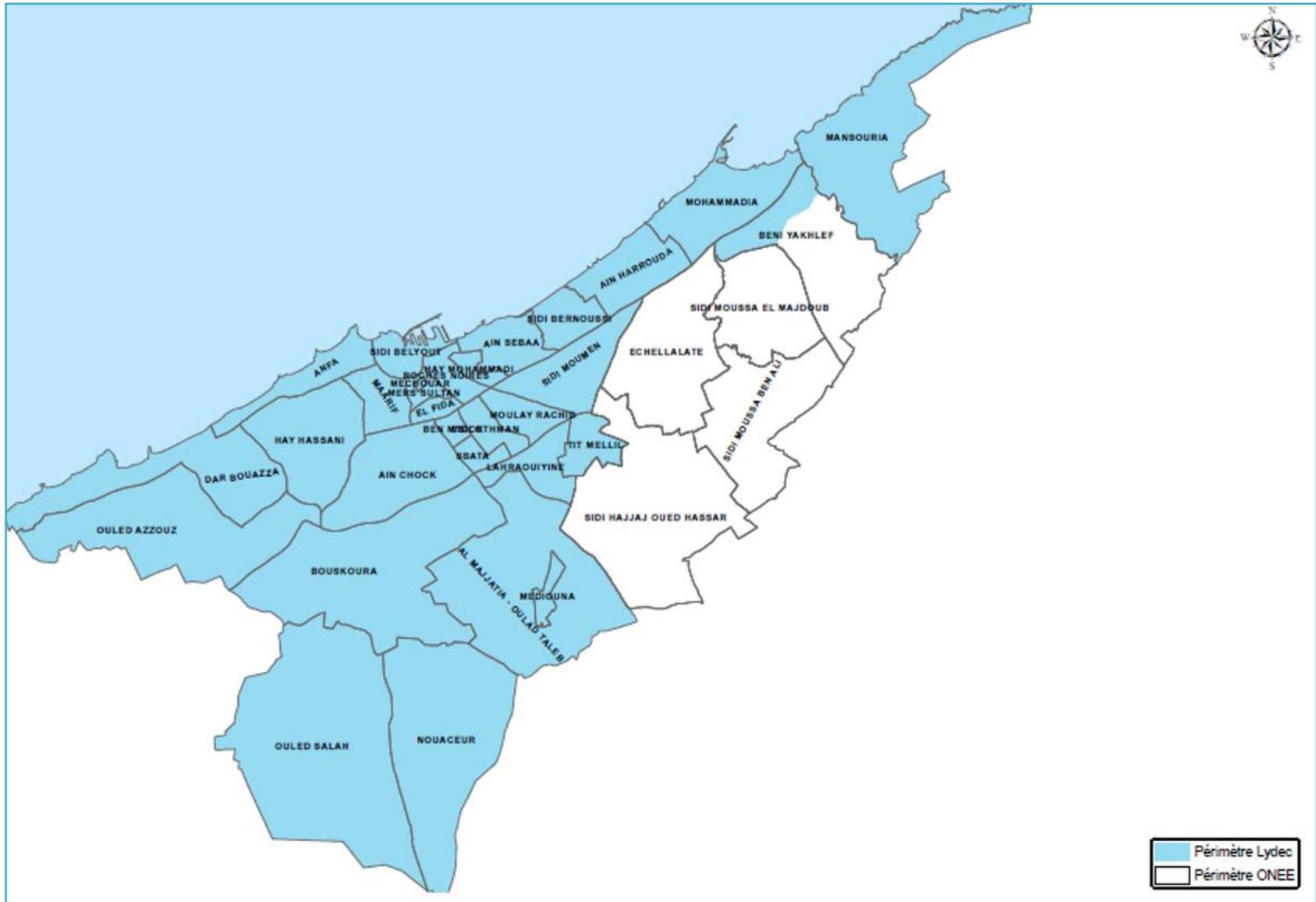


Figure 2 : Périmètre Administratif du service Assainissement

5. Organigramme de la LYDEC

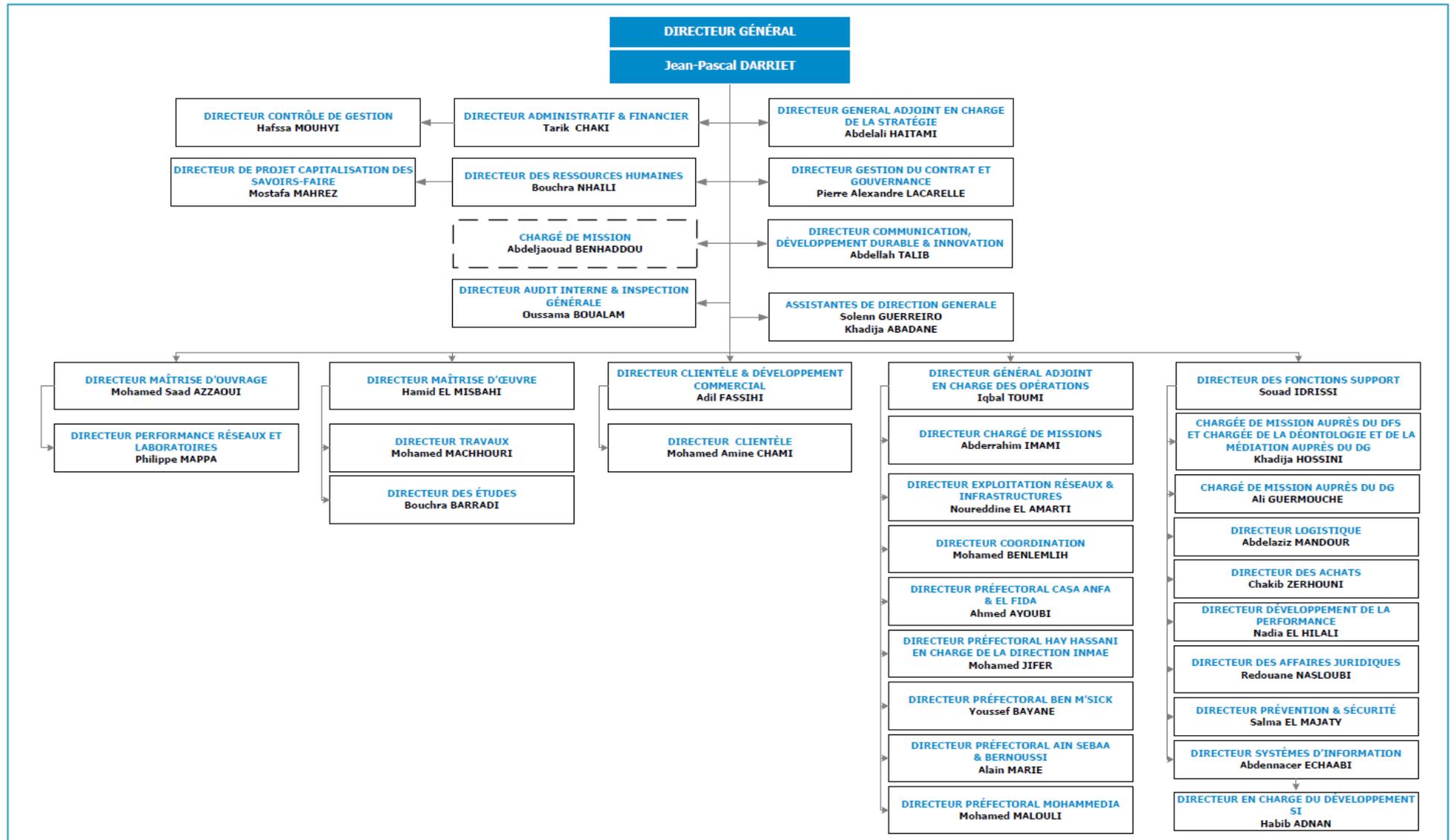


Figure 3 : Organigramme de la LYDEC

II. L'assainissement liquide

1. Définition

L'assainissement des agglomérations a pour objet d'assurer l'évacuation de l'ensemble des eaux pluviales et usées ainsi que leur rejet dans les exutoires naturels sous des modes compatibles avec les exigences de la santé publique et de l'environnement.

2. Natures des eaux d'assainissement

Les eaux d'assainissement sont de trois types :

- **Eaux de ruissellement** : les eaux de la pluie, les eaux de lavage et les eaux de drainage. La pollution des eaux de ruissellement est variable dans le temps, plus forte au début d'une précipitation qu'à la fin par suite de nettoyage des aires balayées par l'eau.
- **Eaux usées d'origine domestique** : comprennent les eaux ménagères (eaux de cuisine, de lessive, de toilette....) et les eaux vannes (en provenance des WC, matières fécales et urines).
- **Eaux industrielles** : Les eaux industrielles sont celles en provenance des diverses usines de fabrication ou de transformation.

3. Types de système d'assainissement, leurs avantages et inconvénients :

Les systèmes d'assainissement les plus rencontrés sont :

- Le système séparatif
- Le système unitaire
- Le système pseudo-séparatif
- Le système individuel

a. Système séparatif

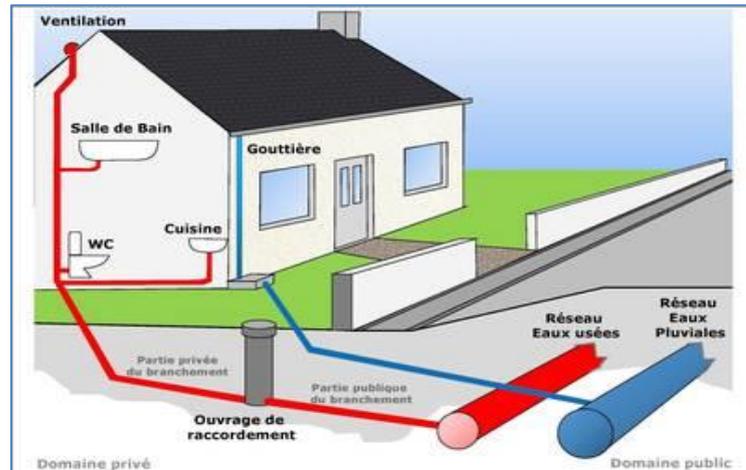


Figure 4 : Schéma représentatif du système d'assainissement séparatif

Le système séparatif se compose de deux réseaux : un réseau pour les eaux usées et un réseau pour les eaux pluviales.

La collecte séparative des eaux usées domestiques nécessite des ouvrages de section réduite en raison du volume limité des effluents en cause. C'est un système économique pour autant que l'évacuation des eaux pluviales ne nécessite pas un autre réseau complet c'est-à-dire qu'elle puisse être réalisée en faisant un large appel au ruissellement dans les caniveaux.

Le recours à un assainissement séparatif peut être avantageux, en particulier pour l'équipement de quartiers résidentiels réalisés progressivement, si le réseau unitaire existant à l'aval, est sur le point d'être saturé, ou se trouve saturé.

b. Système unitaire :

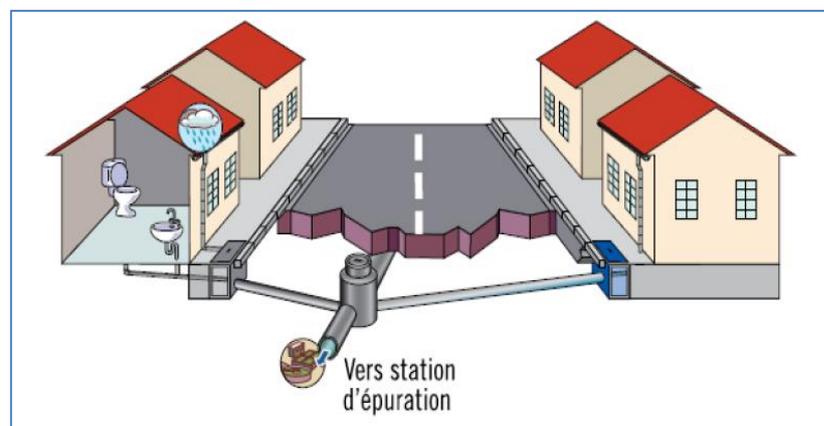


Figure 5 : Schéma représentatif du système unitaire

Il s'impose lorsqu'il n'y a pas de possibilité de concevoir économiquement un réseau des eaux pluviales de surface, c'est à dire :

- Si l'exutoire est éloigné des points de collecte.
- Lorsque les pentes du terrain sont faibles, ce qui impose de grosses sections aux réseaux d'égouts séparatifs.
- Lorsque la proportion de surfaces imperméables (toitures, chaussées, parking, cours) es très élevée et que leurs pentes sont faibles, ce qui impose des ouvrages d'évacuation importants, où il est possible, sans dépenses supplémentaires, d'ajouter les eaux résiduaires domestiques.

Il est reconnu que le système unitaire est intéressant par sa simplicité, puisqu'il suffit d'une canalisation unique dans chaque voie publique et d'un seul branchement pour chaque habitation.

c. Système pseudo-séparatif

Les eaux météoriques y sont divisées en deux parties :

- D'une part, les eaux provenant des surfaces de voiries qui s'écoulent par des ouvrages conçues à cet effet: caniveaux, fossés, etc. ...
- D'autre part, les eaux des toitures, cours, jardins qui déversent dans le réseau d'assainissement à l'aide des mêmes branchements que ceux des eaux usées domestiques.

Ce système est intéressant lorsque les surfaces imperméabilisées collectives (voiries, parking, etc. ...) représentent une superficie importante avec de fortes pentes. Il constitue alors une alternative au réseau séparatif, en réduisant le nombre de branchements par habitation à un.

d. Assainissement individuel :

L'assainissement individuel est le système utilisé dans les zones urbaines à faible densité dans lesquelles les eaux usées d'une habitation sont éliminées au niveau même de cette habitation ou à l'extérieur dans un terrain limitrophe.

4. Eléments constitutifs des réseaux d'assainissement :

Les éléments consécutifs d'un réseau d'assainissement se subdivisent en :

- Ouvrages principaux : ils comprennent les tuyaux circulaires, les tuyaux ovoïdes préfabriqués, les ouvrages visitables de profils particuliers, limités aux grands centres urbains
- Ouvrages annexes : ils comprennent regard de visite, bouches d'égout, regards borgnes, déversoirs d'orage, branchements particuliers, stations de relèvement, bassin de rétention

5. Caractérisation des effluents urbains :

Les paramètres globaux couramment utilisés pour caractériser les effluents des réseaux d'assainissement sont les suivants:

- **Les matières en suspension (MeS)** : elles désignent l'ensemble des matières solides insolubles visibles à l'œil nu présentes en suspension dans un liquide.
- **Les composés oxydables (DCO)** : La mesure des composés oxydables se traduit dans les faits par une mesure de la Demande Chimique en Oxygène (DCO). Elle représente la quantité d'oxygène qu'il faut fournir à un échantillon d'eau pour oxyder, par voie chimique, les matières qu'il contient.
- **Les produits biodégradables (DBO)**: La mesure des composés biodégradables se traduit dans les faits par une mesure de la Demande Biochimique en Oxygène (DBO). Elle représente la quantité d'oxygène qu'il faut fournir à un échantillon d'eau pour minéraliser, par voie biochimique (oxydation par des bactéries aérobies), les matières organiques biodégradables qu'il contient.
- **pH** : Le pH est le degré d'acidité d'une eau ou d'une boue. Cette valeur détermine si la solution aqueuse en question (eau usée, boue ou effluent) est acide, neutre ou basique.
- **Hydrogène Sulfuré (H₂S)**: Sa formation dans les réseaux et les ouvrages d'assainissement est le résultat d'un appauvrissement progressif de la conduite d'abord en oxygène puis en nitrates.
- **L'azote (NGL et NK)** : L'azote global, noté NGL, rend compte de la quantité d'azote présent sous les quatre formes suivantes : azote organique, azote ammoniacal, azote nitrique, azote nitreux. L'azote total Kjeldahl, noté NK, rend compte de la quantité d'azote présent sous forme réduite (azote organique et azote ammoniacal).
- **Le phosphore** : Le phosphore total, noté Pt, rend compte de la quantité de phosphore présent sous toutes ses formes dans le milieu.

(LYDEC, Hydraulique appliquée au réseau d'assainissement)

III. Gestion du patrimoine

1. Enjeux de la gestion patrimoniale

Après des années où, dans un contexte de forte urbanisation, la plupart des investissements en matière de réseaux d'assainissement ont porté sur des extensions pour faire face à des besoins de réhabilitation induits par :

- Un vieillissement des ouvrages anciens affectant les performances techniques attendues ;
- Des besoins d'adaptation des réseaux par rapport à une évolution des conditions ; environnementales ou d'exploitation ;
- Une évolution de la réglementation exigeant des protections accrues du milieu urbain et des milieux aquatiques ;
- Des insuffisances de maintenance.

En effet, une bonne connaissance du patrimoine dont dispose la régie en charge de la compétence assainissement implique une gestion solide et efficace du réseau d'assainissement. En conséquence, les services d'assainissement doivent mettre en place une démarche de gestion de leur patrimoine permettant dès à présent de limiter à la fois les risques vis-à-vis des agents et des riverains, les impacts sur l'environnement et les dépenses pour les générations futures.

La notion de « gestion patrimoniale » n'est pas nouvelle et de nombreuses définitions ont été proposées. Nous proposons de les résumer par la définition suivante : « La gestion patrimoniale d'une infrastructure consiste à la maintenir en état, tout au long de son cycle de vie, pour optimiser le coût des opérations d'acquisition, d'exploitation ou de réhabilitation afin de fournir un niveau de service performant qui répond à la fois aux besoins et aux attentes et ce, en cohérence avec l'évolution des attentes des usagers, des technologies disponibles et du cadre réglementaire. Il s'agit donc de trouver un équilibre entre les performances de l'infrastructure, les risques encourus et les coûts à supporter par le service et l'environnement qu'il soit humain ou naturel. » (GIBELLO)

Il s'agit de raisonner à l'échelle du système qui doit pouvoir s'adapter en fonction d'un changement d'objectif (évolution des attentes des usagers), d'un changement local ou d'un changement à plus large échelle (changement climatique par exemple). L'objectif n'est donc pas seulement de maintenir mais de faire évoluer.

2. Avantages de la gestion patrimoniale:

Parmi les avantages que présente la gestion patrimoniale :

- Une vision globale de l'état des réseaux d'assainissement pour évaluer les besoins en renouvellement ;
- Une identification précise de la dégradation des collecteurs pour une meilleure planification des travaux ;
- Le bénéfice des nouvelles technologies pour protéger les habitants et préserver l'environnement ;
- L'assurance d'investissements pertinents pour conserver et améliorer le patrimoine réseau.

3. Diagnostic du réseau d'assainissement

Parmi les objectifs de la gestion patrimoniale, nous trouvons la détermination de l'état de dégradation du réseau d'assainissement, ceci ne peut être fait qu'à travers un diagnostic du réseau. Ce dernier consiste à évaluer l'état (structure) et le fonctionnement (efficacité hydraulique) d'un réseau d'assainissement, afin d'en améliorer son exploitation et d'envisager les priorités en termes d'investissement et d'intervention nécessaires à sa bonne évolution.

Le diagnostic du réseau se compose de deux parties :

- ✓ **Un diagnostic fonctionnel** basé sur l'efficacité hydraulique (débits et flux polluants). Il porte sur le transfert sans perte ni dégradation des effluents collectés. Ce diagnostic concerne le bassin versant.
- ✓ **Un diagnostic structurel** basé sur l'état de la structure. Il porte sur la pérennité des ouvrages et les dommages éventuels susceptibles d'être provoqués par leur dysfonctionnement. Ce diagnostic concerne l'ouvrage (regard, déversoir, poste de relèvement) ou le tronçon de collecteur (défini par deux regards consécutifs).

Il faut relever que ces deux types de diagnostic sont liés. En effet, ils sont complémentaires puisque des problèmes hydrauliques peuvent avoir des conséquences sur la structure, et inversement (exemple : les fissures provoquent des infiltrations qui déstabilisent l'ouvrage par entraînement de fine). (P., 2009-2010)

a. Les défaillances possibles d'un réseau d'assainissement :

Il existe plusieurs défaillances qui peuvent toucher les conduites, les plus répandues sont les suivantes :

- **Les cassures et les fissures :** Les fissures sont des défauts superficiels fermes qui ne font pas plus de 5 mm de largeur et qui n'entraînent pas de déplacement transversal de la paroi de la conduite et les cassures est une fissure traversante ou ouverte de plus de 5 mm de largeur. Les cassures sont souvent accompagnées d'une déformation et de signes d'infiltration (traces de sol). Il est difficile de distinguer les fissures des cassures lorsque les cassures sont fermées du côté intérieur de la paroi. La présence de cassures légères peut indiquer la présence d'autres problèmes touchant l'intégrité de la structure conduite-sol : exfiltrations d'effluents et la contamination du sol et des eaux, infiltration d'eaux parasites, avec entraînement de fines et décompression des terrains adjacents.
- **L'effondrement :** Un effondrement est une rupture localisée d'une partie de la conduite désolidarisée du reste de la structure. L'effondrement d'une conduite rigide est souvent précédé de cassures sévères. Les conduites flexibles peuvent s'effondrer sans présenter de fissures ou de cassures préalables.
- **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 / exfiltrations.
- **L'affaissement :** Un affaissement est un tassement localisé d'un collecteur. Il peut provenir d'un tassement différentiel de l'assise ou d'une erreur de mise en place, il est à l'origine de l'apparition de fissures et/ou la désorganisation des assemblages entre éléments préfabriqués.
- **L'infiltration :** Il s'agit d'une introduction d'eaux parasites dans l'ouvrage par suite d'un défaut d'étanchéité, Elle peut être responsable d'une perturbation fonctionnelle par dilution des effluents en cas de débits entrants importants (surcharge des stations d'épuration et de pompage).
- **L'exfiltration :** C'est une perte d'effluent à travers l'ouvrage par suite d'un défaut d'étanchéité. Tout comme l'infiltration, elle se produit en faveur de fissures et cassure. Elle engendre une érosion accélérée du revêtement dans les zones où elle se produit et permet la création de cavités autour de l'ouvrage, par dissolution des terrains encaissants ou entraînement de fines, conduisant ainsi à une désorganisation structurelle.

- **L'usure** : est une érosion de l'intrados¹ de l'ouvrage. Cette érosion a lieu sous l'action corrosive ou abrasive des effluents. Cette érosion se manifeste par une disparition de matériau réduisant l'épaisseur de la conduite. La corrosion intervient généralement sur la partie baignée de la conduite, mais elle peut aussi se manifester dans la partie non baignée à travers l'attaque acide due à la production d'H₂S.
- **Raccordement défectueux** : Ici, on parle de tout raccordement qui n'a pas été réalisé selon les règles de l'art. C'est le cas, par exemple, d'un branchement pénétrant, c'est-à-dire débordant le parement interne de l'ouvrage ou le raccordement n'est pas étanche.
- **Perforation** : Cette défaillance se présente sous forme d'un percement localisé de la conduite avec disparition d'une partie de la structure. La perforation, généralement accidentelle (impact d'un élément dur extérieur) est caractérisée par un trou de dimension réduite affectant la structure. Le défaut localisé d'étanchéité (infiltrations et exfiltrations) entraîne les matériaux du terrain et perturbe les écoulements si ces matériaux s'accumulent.
- **Poinçonnement** : C'est une déformation ponctuelle non traversante de la conduite. Le poinçonnement s'apparente à une perforation non aboutie, c'est à dire sans percement ni perte d'étanchéité. Il se manifeste localement par une déformation du matériau constitutif de la conduite sous l'effet de la poussée d'un élément dur extérieur. Cette déformation peut avoir comme effet la décompression du terrain au droit du poinçonnement, l'apparition de microfissures à l'intrados ou l'évolution souvent rapide vers une perforation avec perte d'étanchéité.
- **Assemblage défectueux** : Un assemblage défectueux isolé, entre deux éléments préfabriqués, est considéré comme une anomalie ponctuelle, des assemblages défectueux répétés constituant une déformation. Une défaillance de joint, un déboîtement, une déviation angulaire, un emboîtement désaxé... peuvent chacun seul ou en association avec un (d') autre(s), constituer un assemblage défectueux.

¹ Surface intérieure de la conduite

b. Conséquences des dysfonctionnements du réseau d'assainissement :

✓ Sur les réseaux d'assainissement :

Les perturbations engendrées peuvent être de nature hydraulique. Dans ce cadre, les collecteurs sont obstrués temporairement ou même progressivement du fait des rejets. Par exemple, le rejet des graisses provenant d'activités agro-alimentaires. En effet, les graisses rejetées chaudes sous forme liquide se refroidissent à l'intérieur du réseau et se solidifient pour former des blocs qui réduisent localement la capacité du réseau. D'autres conséquences peuvent être de nature structurelle à cause des rejets acides ou basiques qui attaquent les collecteurs. De même, des rejets à haute température (laveries, liquides de refroidissement) augmentent la température dans les collecteurs, ce qui peut accélérer la production du sulfure d'hydrogène (H₂S) qui, en présence d'oxygène de l'air se transforme en acide sulfurique (H₂SO₄) très dommageable aux collecteurs en béton. Le risque potentiel de cette attaque acide est la ruine complète de l'ouvrage. Quant à l'inversion de pente, celle-ci entraîne une obturation du réseau d'assainissement. Relativement à l'infiltration d'eaux claires, celle-ci surcharge le réseau et la station d'épuration, ce qui entraîne un surcoût dans le traitement de ces eaux. Enfin, le dépôt de sédiments dans les ouvrages d'assainissement cause d'énormes difficultés d'écoulement des eaux et bouchent ces ouvrages.

✓ Sur l'environnement :

Le dysfonctionnement du réseau d'assainissement peut engendrer le rejet des eaux usées dans l'environnement, notamment dans les hydrosystèmes. Cela peut causer des déséquilibres écologiques et la dégradation de ceux-ci. Par exemple, le rejet de matières organiques biodégradables dans un cours d'eau et la dégradation de celles-ci par les microorganismes va entraîner une prolifération de microorganismes et une consommation d'oxygène, ce qui va diminuer sa concentration dans la colonne d'eau. Ainsi, les organismes sensibles au gradient d'oxygène vont migrer. Quant aux métaux lourds (mercure, chrome...), ceux-ci peuvent avoir des effets sur les espèces

✓ Sur l'homme :

Les eaux contaminées peuvent transmettre à l'homme des maladies, en cas d'ingestion, de contact ou par piqûres de vecteurs. L'utilisation de l'eau de la lagune pour divers usages domestiques expose les populations, compte tenu de la contamination de celle-ci par divers polluants (métaux lourds, pesticides) à des risques de maladies. Quant aux eaux usées domestiques, celles-ci contiennent des agents pathogènes tels que les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes qui peuvent être à la base de plusieurs maladies hydriques dont les plus courantes restent les affections diarrhéiques et dysentériques (choléra, fièvre typhoïde et poliomyélite).

IV. Outil d'aide à la décision

1. Définition de l'outil d'aide à la décision

L'aide à la décision est l'activité de celui qui, en prenant appui sur des modèles, aide à obtenir des éléments de réponse aux questions que se pose un intervenant dans un processus de décision. Ces modèles permettent de fournir l'information et de faire le choix parmi plusieurs solutions, selon des critères établis . (Roy, 1995).

Dans les cas des multiples critères nous devons nous appuyer sur des méthodes multicritères d'aide à la décision.

2. Définition de l'analyse multicritère

Dans un processus d'aide à la décision multicritère, lors de la construction du modèle d'évaluation, il est rare d'aboutir uniquement à un seul critère correspondant à un point de vue unique sur lequel le décideur exprimera ses préférences. Il est donc nécessaire de considérer plusieurs points de vue (coûts, ressources humaines, sécurité, environnement, etc.) dans la suite de la construction du modèle d'évaluation : on procède ainsi par une analyse multicritère.

Elle constitue une étape importante du processus de décision, qui suit celle d'identification et de définition du problème, et aboutissent au choix d'une ou plusieurs solutions optimales parmi un ensemble discret de solutions, via une procédure de sélection. Elle permet également de répondre aux problématiques de tri et de rangement, par l'intermédiaire d'une procédure d'affectation et de classement respectivement. (MAAMMERI)

La décision en présence de critères multiples est difficile car les critères sont souvent conflictuels. Pour cela, plusieurs méthodologies d'agrégation² des critères ont été développées. En général, on se base sur une des 2 méthodes mathématiques d'agrégation :

- **Agrégation a priori de critères en un critère unique** : dont le principe consiste à agréger les performances d'une alternative en un seul critère, il existe 2 méthode : la somme pondérée et la méthode AHP
- **Approche fondée sur le surclassement** : Le principe de cette méthode consiste à comparer les critères par paires au moyen d'une relation de surclassement.

² Evaluation des critères pour désigner la solution qui obtient les solutions optimales.

3. Avantages et limites de l'analyse multicritère

a. Les avantages

Parmi les avantages de l'analyse multicritère (DEVCO) :

- Capacité à pouvoir simplifier des situations complexes.
- Les bases sur lesquelles s'effectuent les choix des critères et la notation des performances sont souvent simples, compréhensibles et mises au point par le groupe qui conduit l'analyse.
- La méthode rationalise le processus conduisant aux choix.
- La méthode constitue un outil de négociation utile aux débats entre les usagers.

b. Les limites

Parmi les limites de l'analyse multicritère (DEVCO) :

- Difficultés opérationnelles pour choisir des actions ou des variantes à étudier, pour définir des critères de comparaison et pour produire des grilles de notation.
- Manque de données fiables, sur une durée suffisante pour mettre en place et valider les méthodes.
- Les analyses multicritères sont souvent basées sur des processus lents et itératifs, qui peuvent nécessiter une part de négociation importante et de longue durée.
- Les méthodes mathématiques d'agrégation des données nécessitent un savoir-faire de haut niveau.

4. L'analyse multicritère dans le cadre du projet :

Dans le cadre de notre projet, nous serons amenés classer les sous-bassins versants et tronçons vis-à-vis de leur performance, par conséquent nous aurons besoin de plusieurs critères de performance à titre d'exemple : la quantité et la qualité des eaux usées rejetées, l'état des canalisations...

Cette analyse sera la partie la plus importante du projet puisque c'est à la base de son résultat que nous déterminerons les points les plus sensibles du réseau d'assainissement du Grand Casablanca, ensuite nous allons identifier l'ensemble des solutions à prendre en considération pour améliorer la performance du système d'assainissement.

5. Choix de la méthode d'analyse :

Le domaine qui nous intéresse, à savoir l'aide à la décision dans le choix des tronçons d'assainissement les moins performants, représente un domaine riche de possibilités pour les méthodes multicritères. En effet, les méthodes déterministes, qu'elles soient statistiques ou économiques, présentent des limites quand il s'agit de traiter des problèmes aussi complexes que la prise de décisions : comment peut-on juger que cette conduite a une performance faible ? Est-ce basant sur le taux de rejets seul ou bien sur la conformité des rejets industriels ?

Il est donc difficile de faire un compromis entre ces différents points, ainsi nous sommes ramenés à prendre en considération plusieurs critères à la fois en s'appuyant sur l'analyse multicritère.

Le choix de la méthode d'agrégation n'est pas facile. En effet, il n'existe pas une méthodologie bien détaillée pour faire ce choix. La plupart des analystes et chercheurs sont incapables de justifier le choix d'une méthode multicritère, c'est pourquoi, par familiarité ou affinité avec une méthode donnée, on justifie son choix. Toutefois pour avoir la meilleure solution, nous éviterons d'utiliser la méthode de surclassement qui ne présente pas le choix optimale du problème posé et donc nécessite l'analyse par une autre méthode multicritère, par conséquent nous emploierons la méthode d'analyse hiérarchique AHP.

6. Méthode AHP³:

Elle a été développée par Thomas Saaty⁴ en 1970 et permet de décomposer un problème complexe en un système hiérarchique, dans lequel sont établies des combinaisons binaires à chacun des niveaux de la hiérarchie. Classant hiérarchiquement les situations que rencontre l'entreprise, le décideur peut en déduire des priorités relatives, en faire une synthèse plus facile à appréhender et s'en servir pour allouer efficacement ses ressources et/ou définir les objectifs prioritaires dans une meilleure cohérence. (Baptiste, 2015).

a. Avantages et limites de la méthode AHP :

Les principaux avantages de la méthode de Saaty sont (Roy, 1995):

- la représentation et décomposition hiérarchique d'un problème complexe en éléments séparés ;
- le tri des éléments d'un système en différents niveaux selon leur importance relative ;
- le regroupement de ces éléments de façon logique et leur classement de façon cohérente selon des critères logiques.

Toutefois, celle-ci présente tout de même quelques limites :

- elle peut être délicate à mettre en œuvre dans une problématique multi-acteurs ou lorsque les critères sont trop nombreux, le risque d'incohérence des jugements étant alors trop élevé ;
- cette méthode demande au décideur de considérer toutes les comparaisons possibles, faisant implicitement l'hypothèse que tous les critères considérés sont parfaitement comparables ;

³ Analytic Hierarchy Process

⁴ Thomas L. Saaty (18 juillet 1926 - 14 août 2017) était un professeur à l'université de Pittsburgh et a développé la méthode AHP.

b. Etapes de la méthode AHP :

✓ **Décomposer le problème complexe en une structure hiérarchique (niveaux) :**

Il faut déterminer les différents niveaux hiérarchiques et choisir les critères à chaque niveau. La comparaison s'effectue selon les critères de niveau équivalent. De plus ces critères peuvent être décomposés en sous-critères.

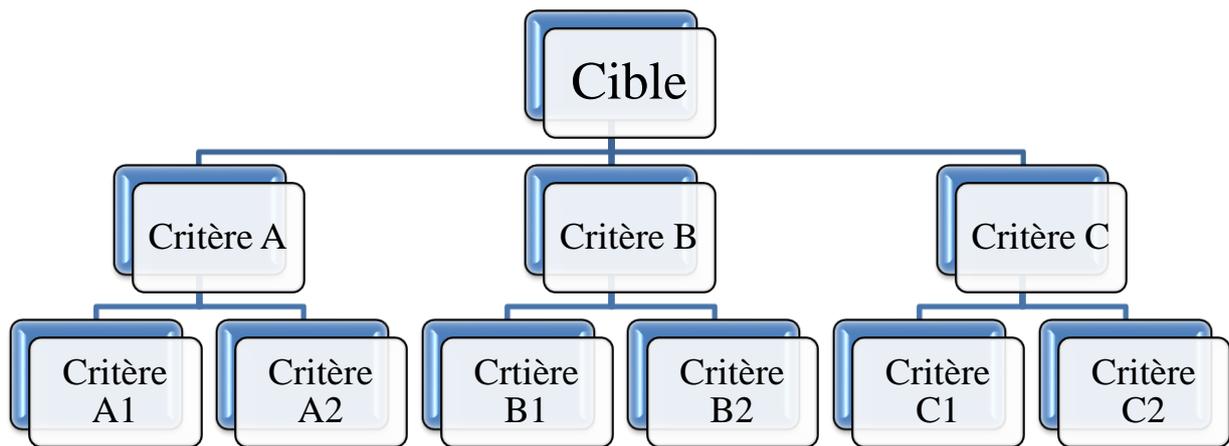


Figure 6 : Schéma de décomposition hiérarchique des critères

✓ **Définir un système de notation :**

Après une étude des comportements des éléments étudiés (dans notre cas ce sont les sous-bassins versants et les conduites d'assainissement) selon chaque critère du dernier niveau, des notes sont attribuées à ces éléments à l'aide des avis des experts. Le système de notation est le suivant :

Tableau 1 : Système de notation

Appréciation	Note
Importance faible	1
Importance modérée	3
Importance forte	5
Très forte importance	7
Importance extrême	9

✓ **Établir le poids des critères et sous-critères:**

Le décideur définit les priorités en comparant de manière binaire les éléments de la hiérarchie. Pour chaque niveau du sommet à la base, il doit comparer les éléments deux à deux par rapport au critère supérieur. Pour formuler ses priorités, il peut utiliser une échelle de comparaison binaire ci-dessous.

Tableau 2 : Echelle des valeurs de la matrice de comparaison

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

✓ **Créer les matrices de comparaison binaire de chaque niveau :**

Nous passons à la représentation du résultat de l'étape précédente en utilisant des matrices $[A] = (a_{ij})_{1 < i, j < n}$ avec n le nombre des critères, i le nombre de la ligne et j le nombre de la colonne. On compare le critère de la ligne au critère de la colonne. En voici un exemple :

Tableau 3 : Exemple de matrice de comparaison

Critères	A1	A2	A3
A1	1	1/5	1/3
A2	5	1	7
A3	3	1/7	1

Dans ce cas, A2 a un degré d'importance très fort par rapport à A1.

✓ **Création des vecteurs poids :**

Les vecteurs poids sont obtenus de la façon suivante :

- Calcul des sommes de chaque colonne :

$$S_j = \sum_{i=1}^n a_{ij} \text{ pour } 1 < j < n$$

- Calcul de la matrice normalisée $[A_n] = (a'_{ij})_{1 < i, j < n}$:

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{S_j} \text{ pour } 1 < i, j < n$$

- Calcul du vecteur poids $[W] = (w_i)_{1 < i < n}$ à partir de la moyenne des sommes des colonnes pour chaque ligne de la matrice normalisée c'est-à-dire

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n a'_{ij}}{n} \text{ pour } 1 < i < n$$

✓ **Evaluer la cohérence des jugements :**

Cette étape concerne la vérification de la cohérence des matrices de jugement pour valider les coefficients de pondération calculés.

Pour ce faire, l'indice de cohérence est défini comme suit :

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

La composante λ_{\max} est obtenue de la façon suivante :

- Calcul des matrices $[B] = (b_i)_{1 < i < n}$ et $[C] = (c_i)_{1 < i < n}$ avec :

$$b_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} * w_j \quad \text{et} \quad c_i = \frac{b_i}{w_i}$$

- Calcul de λ_{\max} :

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{c_i}{n}$$

Plus l'indice de cohérence augmente, plus les jugements deviennent contradictoires, et inversement. La variable indiquant l'indice de consistance CI est comparée à des valeurs critiques de la variable qui définit l'indice RI aléatoire obtenue par une simulation, en fonction de la valeur de n .

Tableau 4 : Valeur de l'indice RI selon le nombre de critères

Nombre de critères	RI
1	0
2	0
3	0.58
4	0.9
5	1.12
6	1.24
...	

Le rapport de la cohérence CR est défini à partir des indices CI et RI , comme suit:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Par conséquent, on définit une valeur limite de CR pour apprécier les jugements :

- Si $CR \leq 0.1$: le jugement est cohérent
- Si $CR > 0.1$: la rectification des jugements est nécessaire en consultant le décideur et les experts.

✓ **Calcul de la note globale des éléments :**

La note globale des éléments est définie comme suit :

$$N_k = \sum_{i=1}^n p_i * \sum_{j=1}^n c_j * n_j$$

Avec N_k la note de l'élément k ; p_i le poids des critères du niveau 1 ; c_j le poids des sous-critères ; n_j la note attribuée aux éléments depuis le système de notation.

7. Outils de travail

a. Carte@jour:

Carte@jour fait partie des outils de suivi propres au groupe Suez Environnement, dont fait partie la LYDEC, il s'agit d'une interface SIG consultable en intranet qui regroupe les trois réseaux gérés par la LYDEC ainsi que tous les ouvrages qui les constituent, à savoir :

- ✓ Le réseau d'eau potable
- ✓ Le réseau d'assainissement
- ✓ Le réseau électrique

Toutes les composantes des réseaux y sont présentées sous forme de couches de type, points, polygones, polylines ou raster avec leurs tableaux attributaires où sont reportées toutes les informations sur l'élément en question (ID, caractéristiques...). L'interface permet d'extraire toutes les couches voulues tout en ciblant géométriquement la zone d'étude.

Pour le réseau d'assainissement, Carte@jour nous facilite l'accès aux différentes informations concernant les conduites d'assainissement et l'ensemble des nappes phréatiques du grand Casablanca. Ces informations sont extraites sous format « shapefile », afin d'être traitées sur l'outil ArcGis.

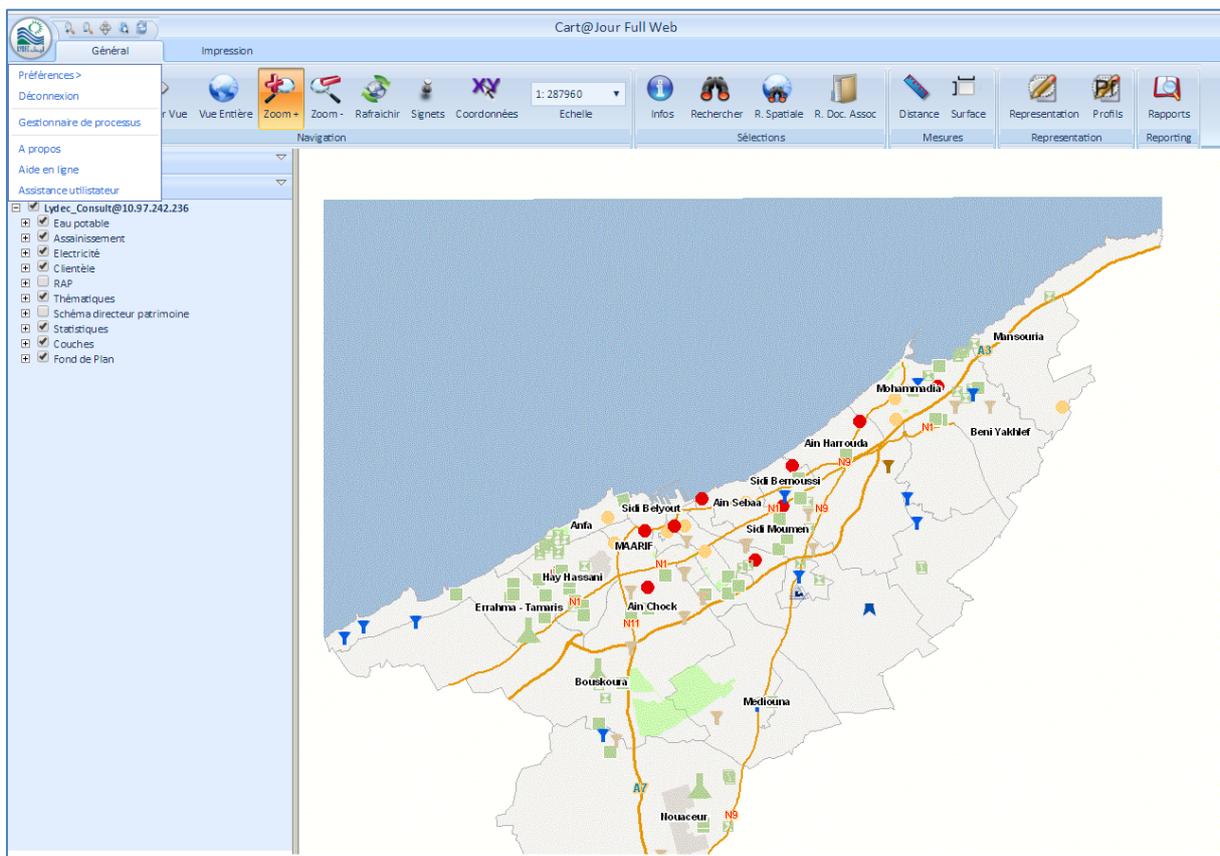


Figure 7 : Aperçu de la Carte@jour

b. ArcGis

ArcGIS est un système complet qui permet de collecter, organiser, gérer, analyser, communiquer et diffuser des informations géographiques. Il est utilisé par des personnes du monde entier pour mettre les connaissances géographiques au service du gouvernement, des entreprises, de la science, de l'éducation et des médias. Il permet aussi la publication des informations géographiques afin qu'elles puissent être accessibles et utilisables par quiconque.

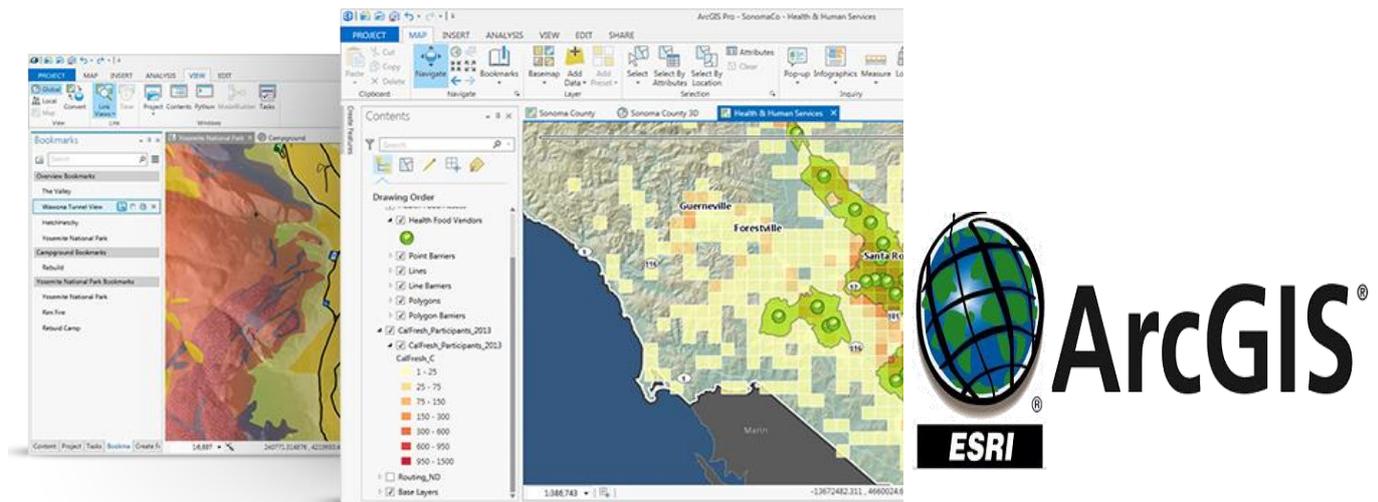


Figure 8 : Aperçu des cartes ArcGIS

Les cartes créées avec ArcGIS affichent les informations et permettent de les utiliser pour prendre en charge la requête, l'analyse, la planification et la gestion. Il s'agit d'un concept clé dans ArcGIS : Les cartes sont à la fois un produit fini du travail SIG ainsi qu'un outil utilisé dans ce travail.

Dans le cadre de notre projet, le diagnostic du réseau d'assainissement s'est fortement basé sur cet outil, il nous a permis de projeter et calculer les différents indicateurs de performances du réseau sur la carte du Grand Casablanca afin de les cartographier.

c. Excel :

Microsoft Excel est un logiciel tableau de la suite bureautique Microsoft office développé et distribué par l'éditeur Microsoft.

Le logiciel Excel intègre des fonctions de calcul numérique, de représentation graphique, d'analyse de données (notamment de tableau croisé dynamique) et de programmation, laquelle utilise les macros écrites dans le langage VBA (Visual Basic for Applications) qui est commun aux autres logiciels de Microsoft Office.

Dans notre cadre, ce logiciel nous a permis d'effectuer le calcul des poids de la méthode AHP pour évaluer la performance du réseau d'assainissement de Casablanca.

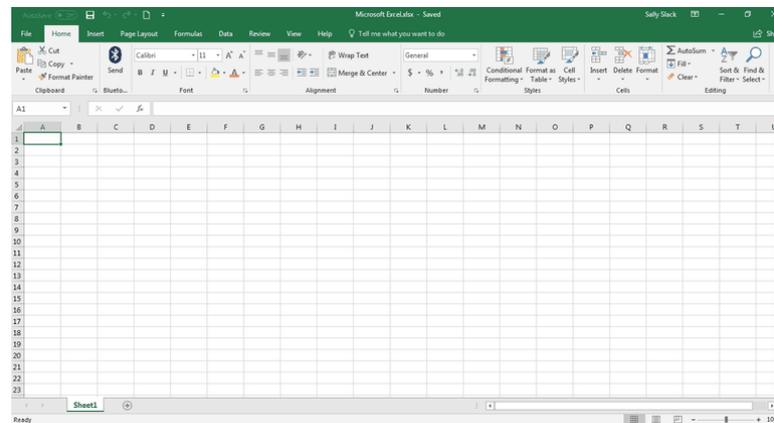


Figure 9 : Aperçu de l'interface de l'Excel

d. Python :

Python est un langage de programmation objet, multiparadigme et multiplateformes. Il favorise la programmation impérative, fonctionnelle et orientée objet.

Ce programme nous a permis d'affecter les notes d'évaluation pour les tronçons du réseau d'assainissement du Grand Casablanca en insérant des logarithmes en ArcMAP.

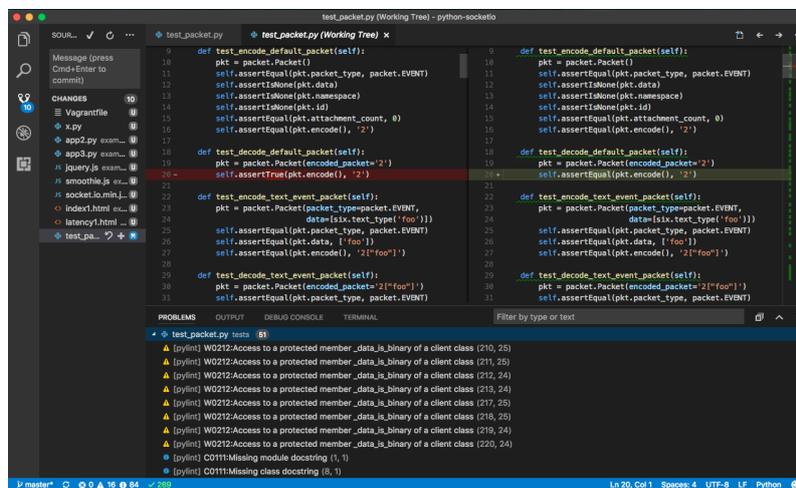


Figure 10 : Aperçu de l'interface de programmation Python

Chapitre 2 :

Présentation du contexte du projet

I. Présentation de la zone de projet

1. Situation géographique et économique :

Notre Projet de fin d'étude a pour mission de réaliser un diagnostic du réseau d'assainissement du Grand Casablanca afin d'établir un programme des travaux préventifs et correctifs, ce programme a pour but de réduire les anomalies et améliorer la performance du réseau d'assainissement.

La région du Grand Casablanca est située au nord-ouest du pays et présente la région la plus peuplée. Sa superficie est de 1 615 km² pour une population de 4,75 millions d'habitants.

La région se situe entre la région de Chaouia-Ouardigha au sud-ouest et la région de Rabat-Salé-Zemmour-Zaër au nord-est.

La région du Grand Casablanca se compose de deux préfectures et deux provinces :

- Préfecture de Casablanca
- Préfecture de Mohammédia
- Province de Nouaceur
- Province de Médiouna

La capitale de la région est Casablanca, c'est la plus grande ville du Maroc, située à 90 Km au sud de la capitale Rabat, étendue sur le littoral atlantique, la ville est passée d'un petit port au début du 20ème siècle, à une grande ville, considérée aujourd'hui comme la capitale économique et commerciale du Royaume. Elle est la 3ème ville en Afrique après Lagos et le Caire en termes de nombre d'habitants.

La région du Grand Casablanca génère à elle seule 19 % du PIB national, possède 40 % des établissements industriels, attire 48 % des investissements et compte 30 % du réseau bancaire. Elle jouit d'infrastructures portuaires, aéroportuaires, ferroviaires et routières qui facilitent la circulation des marchandises et des gens. Le port de Casablanca cumule pas moins de 40 % des échanges extérieurs avec quelque 20 Mt/an. Celui de Mohammedia 15 %. L'aéroport Mohammed V concentre 40 % des mouvements d'avions avec 43 000 t/an et 51 % des mouvements de passagers. Le réseau routier représente un tiers du parc national avec 633 km, le réseau ferroviaire comporte 80 km en double voie électrifiée. Le secteur des services représente 57 % des activités, arrivent en bonne place, l'industrie 41 % et, loin derrière, l'agriculture, la pêche et l'élevage avec 2 %. (Centre Régional d'Investissement de Casablanca-Settat)

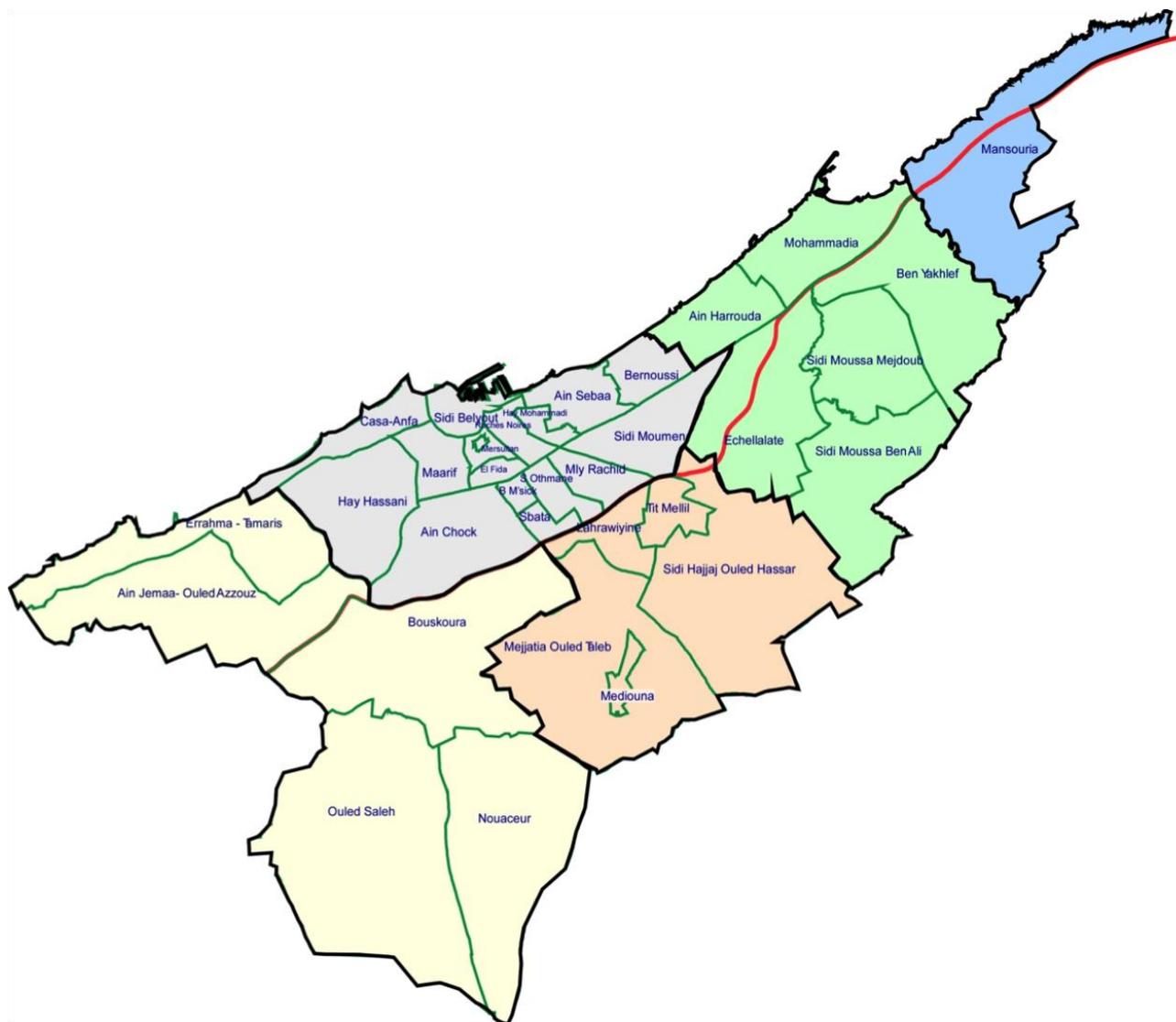


Figure 11 : Carte du Grand Casablanca avec le découpage en arrondissements

2. Géologie et hydrogéologie

La région du grand Casablanca appartient géologiquement au domaine structural de la Meseta marocaine (Môle côtier).

Les formations géologiques rencontrées comprennent principalement des sols calcaires dunaires et limoneux, ainsi que des sols sableux argileux (zones plus au sud). Ces sols peuvent présenter, en cas de défauts d'étanchéité du réseau d'assainissement, des risques sur la stabilité des ouvrages enterrés. Ces risques comprennent l'entraînement de fines ou la constitution de cavités dans des sols à teneur argileuse ou sableuse dunaire. Cette stabilité peut être également affectée dans des zones longeant l'Oued Bouskoura en cas de crue de celui-ci .

Au niveau de l'Hydrogéologie, la région dans son ensemble contient des aquifères importants représentés par les tufs, les tufs gréseux et le calcaire dunaire du Pliocène et du Quaternaire qui surmontent le substratum rocheux (quartzites et schistes) .

Dans le cadre de notre projet, les profondeurs des nappes phréatiques qui coulent sous la région du Grand Casablanca peuvent influencer la performance du réseau d'assainissement. En effet, il existe des risques d'infiltration d'eaux claires parasites souterraines dans un réseau d'assainissement présentant des défauts d'étanchéité.

Les eaux souterraines sont généralement profondes sur le territoire du Grand Casablanca. Leurs niveaux peuvent atteindre des profondeurs superficielles dans lesquelles les collecteurs secondaires (profondeurs 1 – 2,5 m) ou les collecteurs visitables (profondeurs ≥ 4 m) peuvent exister. Les zones concernées se situent dans les secteurs suivants :

- Les arrondissements de Aïn Sebâa, Roches Noires, Sidi Belyout, Aïn Chock, Sidi Bernoussi, Sidi Belyout et Mers Sultan ;
- Les communes de Aïn Harrouda, Mohammédia, Ben Yakhlef, Bouskoura, Al Mejjatia-Ouled Taleb et Nouaceur.

(LYDEC, Schémas Directeurs AEP et assainissement du Grand Casablanca, 2011)

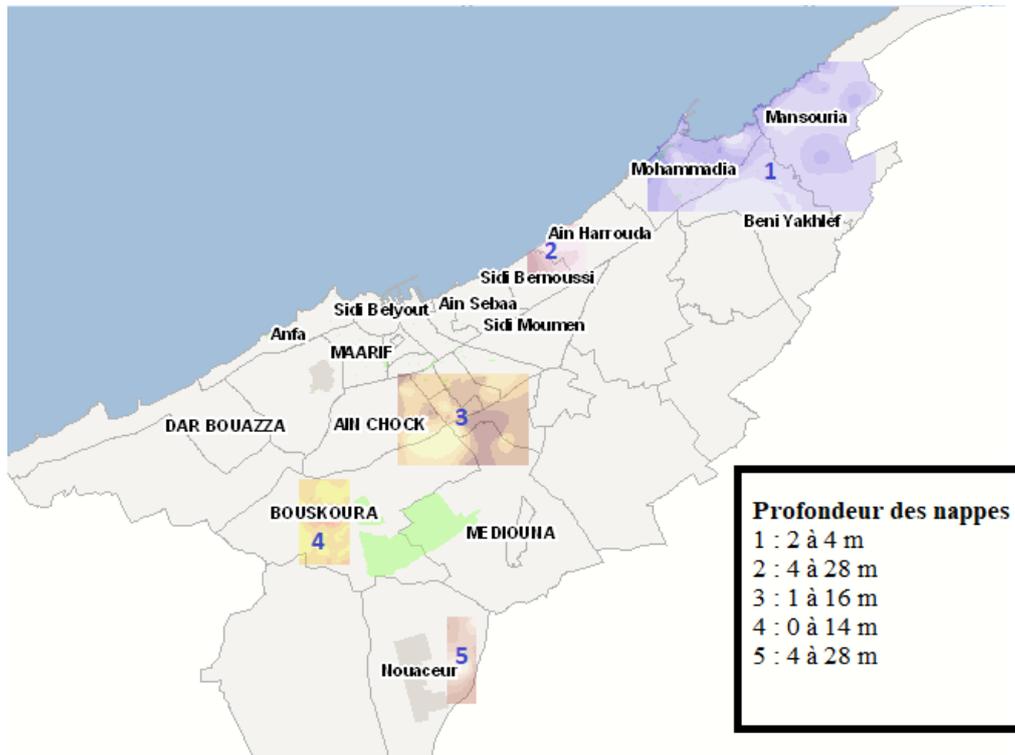


Figure 12 : Emplacement et profondeur des nappes phréatiques du Grand Casablanca

3. Climat :

La région du Grand Casablanca est localisée sur la plaine de la Chaouia, région historiquement agricole et à ce jour l'un des principaux pôles de l'activité agricole du pays. Sa position sur la côte atlantique lui permet l'accès aux ressources maritimes (principalement relatives à la pêche). La seule étendue forestière est celle de Bouskoura, qui fut plantée au XXème siècle et qui se compose principalement d'eucalyptus, de pins et de palmiers.

Cette zone possède un climat méditerranéen à forte tendance océanique qui est particulièrement agréable. Sa localisation en bordure de l'océan Atlantique lui confère des hivers doux et relativement humides, ainsi que des étés modérément chauds mais sans précipitations. La température moyenne annuelle y est de 18,88 °C, et le cumul annuel des précipitations s'élève à 426,1 mm. (Euromed)

4. Présentation des sous-bassins principaux du Grand Casablanca



Figure 13 : Emplacement des sous-bassins versants principaux du Grand Casablanca

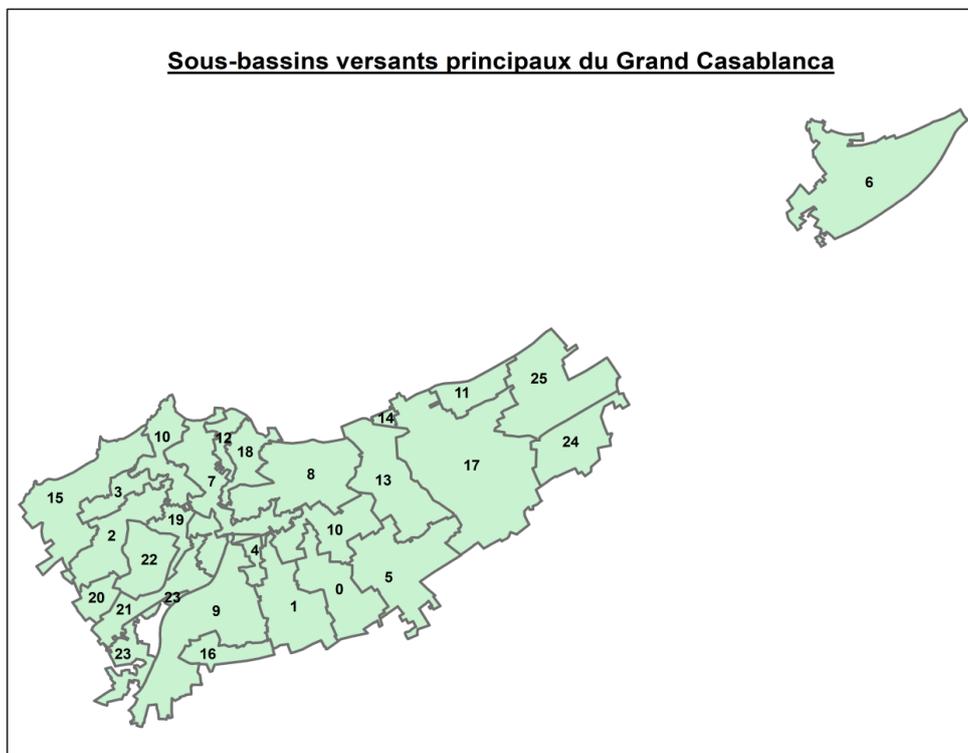


Figure 14 : Carte des sous-bassins versants principaux du Gand Casablanca

La zone du Grand Casablanca se compose de 26 sous-bassins versants principaux localisés dans les préfectures de Casablanca et Mohammedia. Notre projet se focalisera sur ces bassins versants pour le diagnostic structurel du réseau d'assainissement.

Tableau 5 : Nom des sous-bassins versants principaux et leurs superficies

Numéro du sous-bassin	Nom du sous-bassin	Superficie en ha
0	Collecteur Ouest - Mediouna	624
1	Collecteur Ouest - Randet	700,5
2	Collecteur Ouest - Doumergue-OER	575,4
3	Collecteur Ouest - Azemmour	242,2
4	Collecteur Ouest - Crete Polo	110,6
5	Collecteur Ouest - Joulane-Mabrouka	961,7
6	Mohammedia	1528,1
7	Collecteur Joffre	673,5
8	Collecteur Phosphates	996,5
9	Collecteur Ouest - Sidi Maarouf-Bouskoura	1287,6
10	Collecteur Ouest - Autres	1225,8
11	Collecteur Ain Sebaa	295,2
12	Collecteur Gounod	160,9
13	Collecteur Gergovie	849,4
14	Collecteur Olivier	43,7
15	Ain Diab - Hay Hassani	959,3
16	Collecteur Ouest - Californie	258,2
17	Collecteur Est	2089,4
18	Collecteur Delure	309,5
19	Collecteur Ouest - Guerrero	189,5
20	Collecteur Ouest - Oulfa-Carriere Schneider	189
21	Collecteur Ouest - Riviera	427,6
22	AUDA	430,8
23	Collecteur Ouest - Nassim	322,3
24	Collecteur Bernoussi provisoire Sidi Moumen HA	555,7
25	Collecteur Bernoussi	995,1

II. Situation en assainissement du Grand Casablanca

1. Mode d'assainissement

Jusqu'au début des années 90, le réseau d'assainissement de la Wilaya a été développé majoritairement en mode unitaire. Deux exceptions notables peuvent toutefois être signalées : la zone basse de Mohammedia, équipée d'un réseau pseudo-séparatif, et la zone côtière d'Ain Sebaa pourvue d'un réseau séparatif et ceci pour deux raisons majeurs :

- Le système unitaire initial fonctionne au-delà de sa capacité de conception et ne permet pas d'accueillir des débits pluviaux additionnels ;
- Les systèmes Anti-Pollution ne permettent pas de faire face à des débits supplémentaires ce qui nécessite la limitation des débits .

Les zones urbaines ne disposant pas d'un système d'assainissement collectif sont assainies par un système de fosses septiques vidangées une fois par an.

A ce titre, le Schéma Directeur Antipollution du Grand Casablanca s'appuie sur deux principes :

- **La décomposition du Grand Casablanca en deux principaux bassins versants** : les eaux sont collectées pour un prétraitement et rejetées vers deux émissaires marins :
 - ✓ A l'ouest, l'émissaire *El Hank* traite l'eau par dégrillage , le rejet se fait à 3,6 km au large avec une capacité de **9 m³/s**. Cet émissaire récupère les effluents du collecteur Ouest et des collecteurs Joffre et Tavano, le volume transitant représente environ **45%** du volume total des eaux usées.
 - ✓ A l'est, l'émissaire *Eaucean* traite l'eau par dégrillage, dessablage et dégraissage, le rejet se fait à 2 km au large avec une capacité de **11 m³/s**. Cet émissaire récupère les effluents du centre et de l'est de Casablanca via un collecteur côtier , le volume transitant représente environ **55%** du volume total des eaux usées.
- **Quatre systèmes d'assainissement autonomes**, pour les zones éloignées des deux grands systèmes antipollution de Casablanca grâce à la création de stations d'épuration :
 - ✓ La station de Mediouna, (60 000 EH sur le site existant et une STEP de 80 000 EH sur un autre site)
 - ✓ Une station à Mansouria (150 000 EH) ;
 - ✓ Des stations dans la zone de Nouaceur (300 000 EH).

(LYDEC, Rapport Annuel de la Gestion Délégée, 2016)

2. Principales caractéristiques du système d'assainissement existant :

En résumé, le système d'assainissement est composé des ouvrages suivants (LYDEC, Rapport Annuel de la Gestion Déléguée, 2016):

- 5 592 km de réseau d'assainissement soit :
 - 2 954 km de réseau unitaire ;
 - 1 333 km de réseau pluvial ;
 - 1 305 km de réseau d'eaux usées ;soit aussi :
 - 443 731 m de réseau Primaire et Secondaire ($\text{Ø} \geq 800$) ;
 - 148 337 m de réseau Primaire et Secondaire (Section non circulaire) ;
 - 5 000 km de réseau tertiaire ($\text{Ø} < 800$)
- 233 km de branchements ;
- 118 stations de pompages ;
- 102 bassins d'orage ou son ;
- 228 875 ouvrages annexes ;
- 6 intercepteurs ;
- 23 pluviomètres.

L'âge moyen des réseaux est estimé à 32,5 ans (LYDEC, Schémas Directeurs AEP et assainissement du Grand Casablanca, 2011) dont les caractéristiques sont les suivantes :

- 786 km de collecteurs (plus de 19% des réseaux) ont été posés pendant la période de 1946 – 1950 ; il est très probable que certains collecteurs sont plutôt de la période suivante de 1951 – 1955 (1% des réseaux) ;
- un rythme soutenu d'évolution des réseaux depuis les années 1970, avec un linéaire moyen de 65 km/an (qui semble cohérent avec le rythme de 73 km/an d'évolution des réseaux d'eau potable pendant la même période) ; cependant, le rythme depuis 1996 est de 87 km/an, ce qui permet d'estimer qu'une partie de linéaire annuel posé correspond vraisemblablement à des opérations de renouvellement de collecteurs âgés ou à problème ;
- le taux des collecteurs dont la date de pose est inconnue est de 1,84% ;
- le béton comprimé (BC) est le matériau principal utilisé jusqu'aux années 1980 et depuis les tuyaux en ciment armé ordinaire (CAO) domine.

3. Milieu récepteur et réglementation des rejets :

a. Milieu récepteur :

Sur le territoire de la Wilaya, les milieux récepteurs du système d'assainissement sont :

- L'océan Atlantique ;
- Les principaux oueds traversant la Wilaya, avec en particulier : l'oued Merzeg, l'oued Bouskoura, l'oued Hassar, l'oued Maleh, l'oued N'Fifikh; et dans de plus rares cas (et en général à titre provisoire), des dayas situées dans des zones basses sans exutoire naturel.

Le système d'assainissement de l'agglomération de Casablanca comporte plus d'une soixantaine de points de rejets significatifs dans ces milieux récepteurs

b. Contexte réglementaire des rejets :

A la suite de la loi sur l'eau de 1995, les rejets dans les eaux superficielles (ne comprenant à priori pas le milieu marin) ont été réglementés par le décret 2-04-553 du 24 janvier 2005 et l'arrêté 1607-06 du 25 juillet 2006, le décret précise :

- qu'aucun déversement ne peut être effectué sans autorisation préalable de l'Agence de Bassin hydraulique, qui exige le respect de valeurs limites que ne doivent pas dépasser les eaux usées déversées pour leurs qualités physicochimiques, biologiques et bactériologiques
- que tout déversement est soumis au paiement d'une redevance de pollution.

Tableau 6 : Arrêté 1607-06 – Valeurs limites spécifiques de rejet dans les eaux superficielles

Paramètres	Valeurs limites
DBO5	120 (mg O2/l)
DCO	250 (mg O2/l)
MES	150(mg/l)

A ce jour, il n'existe pas de réglementation concernant les rejets en mer au Maroc, la seule contrainte liée à un rejet sur le littoral est indirecte, et résulte de la norme sur la qualité des eaux de baignades (norme NM 03-7-200).

Tableau 7 : Norme sur la qualité des eaux de baignade – Valeurs limites

Paramètres	Valeurs guides	Valeurs impératives
Coliformes fécaux	100 / 100 ml	2000 / 100 ml
Streptocoques fécaux	100 / 100 ml	400 / 100 ml

Notons que, sur le littoral de la Wilaya, les dispositifs antipollution existants (prétraitement et émissaire d'El Hank à l'Ouest ainsi que le prétraitement et émissaire de Sidi Bernoussi à l'Est) sont suffisants pour que ces valeurs limites soient respectées.

c. Limites des rejets industriels :

Les eaux industrielles sont tous les rejets correspondant à une utilisation de l'eau autre que domestique. Les établissements industriels sont autorisés à déverser leurs eaux résiduaires aux égouts-vannes dans la mesure où ces déversements correspondent aux conditions qui suivent :

Tableau 8 : Norme sur la qualité des eaux industrielles – Valeurs limites

Paramètres	Valeurs limites
pH	5.5 – 8.5
Température	≤30°C
M.E.S	500 mg
DBO5	500 mg/l
DCO	1200 mg/l
Azote total	150 mg/l en azote élémentaire 200/l en ions ammonium

4. Flux à traiter :

Le tableau suivant présente les flux à traiter pour chaque bassin versant Est et Ouest pour l'année de 2016. Les charges hydrauliques sont calculées à partir des consommations en eau potable par bassin versant (taux de rejet de 80%) additionnées des eaux claires parasites permanentes⁵. La charge en équivalent-habitant est également basée sur les consommations en eau potable en appliquant une dotation de 100 l/j/EH.

⁵ Par temps sec, les eaux usées des systèmes séparatif et unitaire comprennent des eaux parasites permanentes provenant d'infiltrations d'eaux souterraines et parfois de fuites du réseau d'eau potable.

Tableau 9 : Charges à traiter pour les bassins versants Ouest et Est de Casablanca

		Unités	Bassin versant Ouest	Bassin versant Est
Charges hydraulique	Volume moyen	Mm3/an	121	120
		M3/j	330 000	330 000
	Débit de pointe	M3/h	25 200	23 500
Charges polluantes	Equivalent-habitants	EH	2 850 000	2 410 000
	Charge organique	gDBO5/j/EH	50	50
		tDBO5/j	143	121
		gDCO/j/EH	100	100
		tDCO/j	285	241
	Matières en suspension	gMES/j	60	60
		tMES/j	171	145
	Azote	gN/j/EH	13	13
tN/j		37	31	

Les chiffres clés à retenir sont les suivants :

- les volumes à traiter sont de l'ordre de 120 million de mètres cubes par an par bassin versant.
- les charges polluantes à traiter sont de 2 850 000 EH à l'Ouest et de 2 410 000 EH à l'Est.

5. Gestion patrimoniale de la LYDEC

L'évaluation multicritère du réseau aboutit à une classification de l'état de l'ensemble des collecteurs et à l'identification de 1 065 km (26% du réseau) en état structurel qui nécessite une planification de leur renouvellement. Ce linéaire comprend 352 km (8,7% du réseau) estimés en état préoccupant et 713 km en état sensible. Des collecteurs, évalués aujourd'hui en état moyen, doivent également être renouvelés à long terme.

Une politique de renouvellement patrimonial rationnel pour la période de 2012 – 2030 a été préconisée sur la base des éléments suivants :

- Le renouvellement de 1 251 km entre 2012 et 2030, selon des taux annuels de 1,4% (57 km/an) de 2012 à 2016 et de 1,7% (69 km/an) de 2017 à 2030. La mise en œuvre de ce programme de renouvellement permettra à l'âge moyen du réseau d'être de 29,9 ans (hors extension) à cet horizon ;

- Le renouvellement systématique des branchements avec le renouvellement des collecteurs auxquels sont raccordés (environ 75 000 branchements)
- La mise en place d'une gestion de l'ensablement du réseau pour mieux agir sur 219 km de collecteurs à risque d'ensablement ;
- Le renouvellement des équipements électromécaniques de 69 postes de pompage (sur les 73 postes existants) ;
- La provision d'un budget de 5% de la valeur des 40 bassins d'orage pour satisfaire aux besoins de renouvellement.

L'enveloppe financière à déployer sur 19 ans pour réaliser ces actions a été estimée à 3,92 milliards DH HT (valeurs année 2011), dont :

- 2,858 milliards DH HT pour le renouvellement de 1 251 km de collecteurs ;
- 645 millions DH HT pour le renouvellement de 75 000 branchements ;
- 395 millions DH HT pour le renouvellement des équipements électromécaniques de 69 postes de pompage ;
- 17 millions DH HT pour des interventions de renouvellement sur les 40 bassins d'orage existants.

*Chapitre 3 : Diagnostic du
réseau d'assainissement du Grand
Casablanca*

I.Procédure de diagnostic

L'étape primordiale de notre projet est le diagnostic du réseau d'assainissement , pour ce faire , nous aurons à réaliser des études préalables qui ont pour but de dresser un bilan actuel de fonctionnement des systèmes d'assainissement collectifs, de recenser leurs anomalies ,de mettre en place les améliorations nécessaires au bon fonctionnement des systèmes d'assainissement et d'établir un programme des travaux à mettre en place.

Ces études permettent de garantir à la population présente un assainissement performant et à venir des solutions durables pour l'évacuation et le traitement des eaux usées, en tenant compte des objectifs de développement de l'urbanisme et des contraintes du site.

Dans le cas de notre projet, le diagnostic concernera **la performance du réseau d'assainissement pendant l'année de 2017** et nous suivrons les étapes suivantes :

- Diagnostic fonctionnel du réseau (à l'échelle des sous-bassins versants principaux) :
 - Déterminer les indicateurs de performance ;
 - Calculer les valeurs des indicateurs par sous-bassins versants et les cartographier;
 - Appliquer l'analyse multicritère.
- Diagnostic structurel du réseau :
 - Déterminer les indicateurs de performance;
 - Calculer les valeurs des indicateurs par tronçons d'assainissement et les cartographier;
 - Appliquer l'analyse multicritère.

Le choix des indicateurs dépendra des priorités de la LYDEC vis-à-vis de ses propres missions en fonction des outils de mesure et des bases de données disponibles.

Pour l'analyse multicritère, nous procéderons par la méthode AHP vu ses avantages (Chapitre 1 IV.5 page 36)

II. Diagnostic fonctionnel du réseau

Dans cette partie, nous allons nous intéresser au diagnostic fonctionnel du réseau d'assainissement afin de savoir si le réseau remplit sa fonction d'évacuation des eaux usées.

Ainsi, nous allons étudier la performance du réseau à l'échelle des sous-bassins versants principaux du Grand Casablanca en nous basant sur un ensemble de indicateurs (critères) et ,en utilisant l'analyse multicritère , nous allons affecter à chaque sous-bassins une note selon la performance du réseau à l'intérieur de son périmètre. (Voir chapitre 1 III.3 page 31)

1. Indicateurs de performance fonctionnelle

a. Volumes des eaux usées

Puisque le calcul des eaux pluviales dans le système d'assainissement est assez lourd et en absence de débitmètres dans le réseau, nous calculerons le volume des eaux usées en appliquant un coefficient de 80 % aux volumes des eaux consommées par les ménages.

$$\text{Volume des eaux usées} = 0.8 * \text{Volumés des eaux consommées}$$

✓ Règles de calcul :

- Le volume d'eaux usées par bassin sera calculé en sommant les volumes rejetées par les clients de chaque bassin à part.
- Vu que les eaux usées dépendent plus du nombre des clients des sous-bassins versant, le calcul de cet indicateur sera divisé par le nombre des abonnés par sous-bassin.
- Nous analyserons la variabilité des volumes d'eaux usées pendant les deux saisons sèche (Mars , Avril, Mai ,Juin , Juillet ,Août) et humide (Octobre, Novembre, Décembre , Janvier , Février) . En effet, le calcul de cet indicateur se base sur la consommation de l'eau potable , par conséquent , les volumes des eaux usées seront plus importantes pendant les mois à haute température que pendant les mois à basse température.

- ✓ Base de données utilisée : Consommation d'eau par secteur de l'année 2017 (Annexe 2 Annexe 3 page 126-127)

b. Nombre de débordements

C'est le nombre des réclamations présentées par des tiers, usagers ou non du service ayant subi des dommages résultant de débordements d'effluents causés par un dysfonctionnement du service public. Les débordements peuvent être soit sur la voie publique ou bien chez le client (privé). (Service Eau France)

✓ Règle de calcul :

- Le nombre de débordements publics et privés seront calculés en sommant le nombre des réclamations à l'intérieur du périmètre de chaque bassin.

- Le nombre de débordements chez les clients sera divisé par le nombre des abonnés du sous-bassin.
 - Le nombre de débordements sur la voie publique sera calculé par km linéaire du réseau de chaque sous-bassin.
 - Sachant que le nombre de débordements augmente pendant la période pluvieuse, nous répartirons l'analyse de cet indicateur en saison humide puis en saison sèche.
- ✓ **Base de données utilisée :** Réclamations des clients en 2017 (Annexe 1 page 125)

c. Conformité des rejets industriels

C'est le bilan annuel de conformité des analyses des rejets des industries réalisées par les agents de la LYDEC.

✓ **Règles de calcul :**

- En se référant à la base de données des analyses du laboratoire de la LYDEC, la conformité des rejets concerne les critères de température, pH, DCO , MeS , DBO₅ . En cas de dépassement d'un seul critère, l'analyse est jugée non conforme.
 - Nous attribuerons à chaque industrie le résultat prépondérant des analyses annuelles, le résultat étant soit la conformité ou la non-conformité du rejet . Enfin, nous attribuerons le résultat prépondérant des industries au bassin dans lequel elles se situent.
- ✓ **Base de données utilisée :** Base de données des industriels avec les caractéristiques des mesures effectuées. (Annexe 4 page 128)

2. Résultat et cartographie des indicateurs

a. Volume des eaux usées

Les résultats sont présentés dans les pages suivantes.

Des valeurs inhabituelles du volume des eaux usées peuvent avoir plusieurs causes mais puisque dans notre cas nous sommes uniquement basés sur la consommation d'eau, nous pourrions faire l'hypothèse de l'existence de fuite au niveau des canalisations d'eau potable chez les clients, le dysfonctionnement des compteurs, l'existence d'établissement consommateur d'eau...

D'après nos résultats, les volume des eaux usées des sous-bassins sont plus ou moins homogènes à l'exception de deux zones : le collecteur AUDA et le collecteur Olivier .

D'une part le collecteur Olivier se trouve dans une zone qui connaît une concentration importante d'industries consommatrices d'eau : industries agroalimentaire de production de l'huile végétale (LESIEUR) , de raffinage de la canne à sucre (COSUMAR) , industries de production de peinture (Astral)... D'autre part, le collecteur AUDA est caractérisé par la présence de piscine, de plusieurs terrains de foot et quelques industries.

Tableau 10 : Volumes des eaux usées à l'exutoire des sous-bassins pendant la saison humide et sèche

Numéro du sous-bassin	Nom du sous-bassins	Volume des eaux usées (m3/client)- Saison humide	Volume des eaux usées (m3/client)- Saison sèche
0	Collecteur Ouest - Mediouna	37	53
1	Collecteur Ouest - Randet	39	58
2	Collecteur Ouest - Doumergue-OER	38	55
3	Collecteur Ouest - Azemmour	58	89
4	Collecteur Ouest - Crete Polo	63	91
5	Collecteur Ouest - Joulane-Mabrouka	39	59
6	Mohammedia	37	57
7	Collecteur Joffre	37	53
8	Collecteur Phosphates	39	56
9	Collecteur Ouest - Sidi Maarouf-Bouskoura	48	72
10	Collecteur Ouest - Autres	39	59
11	Collecteur Ain Sebaa	48	82
12	Collecteur Gounod	39	58
13	Collecteur Gergovie	48	70
14	Collecteur Olivier	556	747
15	Ain Diab - Hay Hassani	45	71
16	Collecteur Ouest - Californie	53	78
17	Collecteur Est	39	62
18	Collecteur Delure	42	63
19	Collecteur Ouest - Guerrero	38	55
20	Collecteur Ouest - Oulfa-Carriere Schneider	32	46
21	Collecteur Ouest - Riviera	55	79
22	AUDA	91	134
23	Collecteur Ouest - Nassim	37	55
24	Collecteur Bernoussi provisoire Sidi Moumen HA	31	44
25	Collecteur Bernoussi	50	77

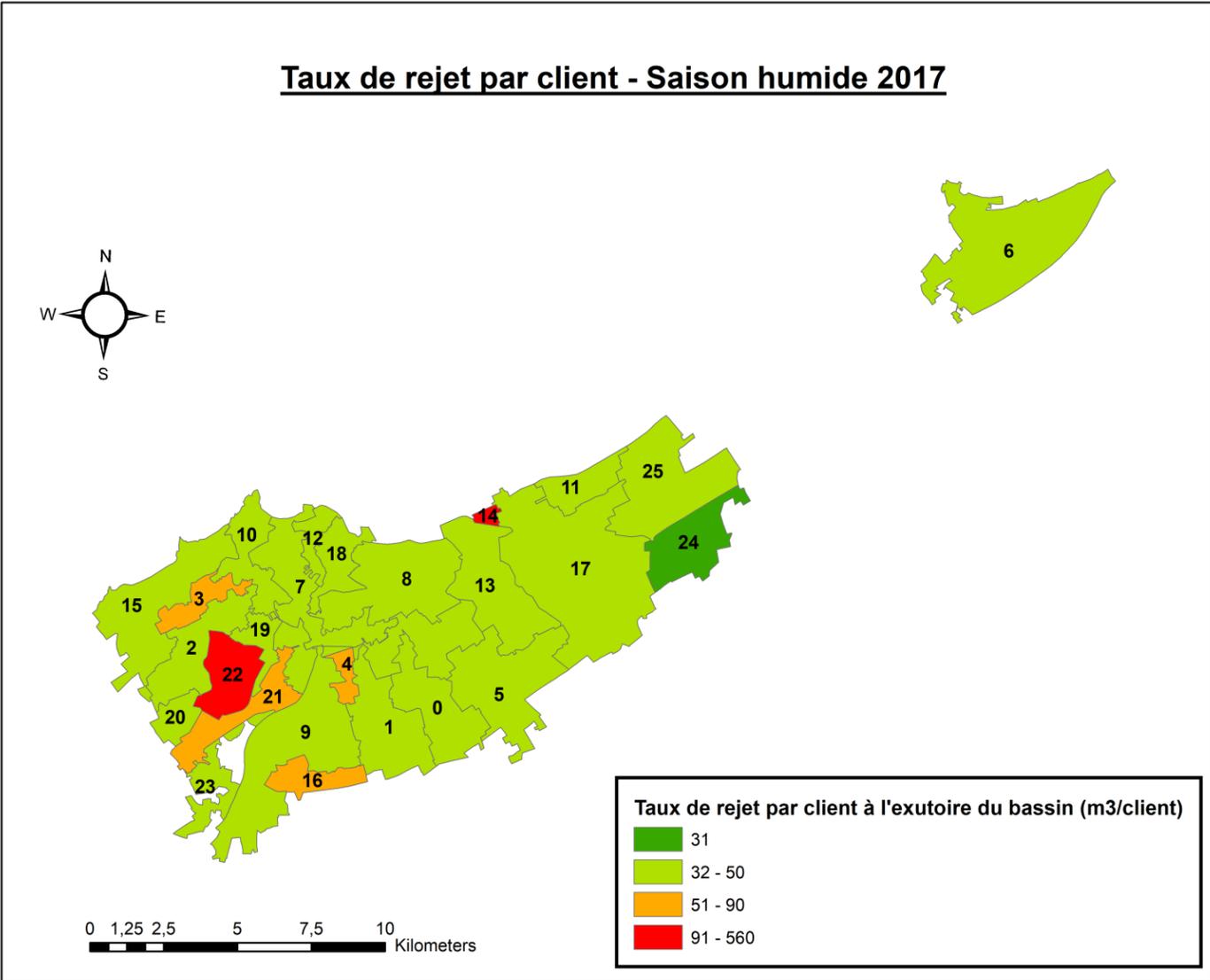


Figure 16 : Carte des volumes des eaux usées par sous-bassins - Saison humide

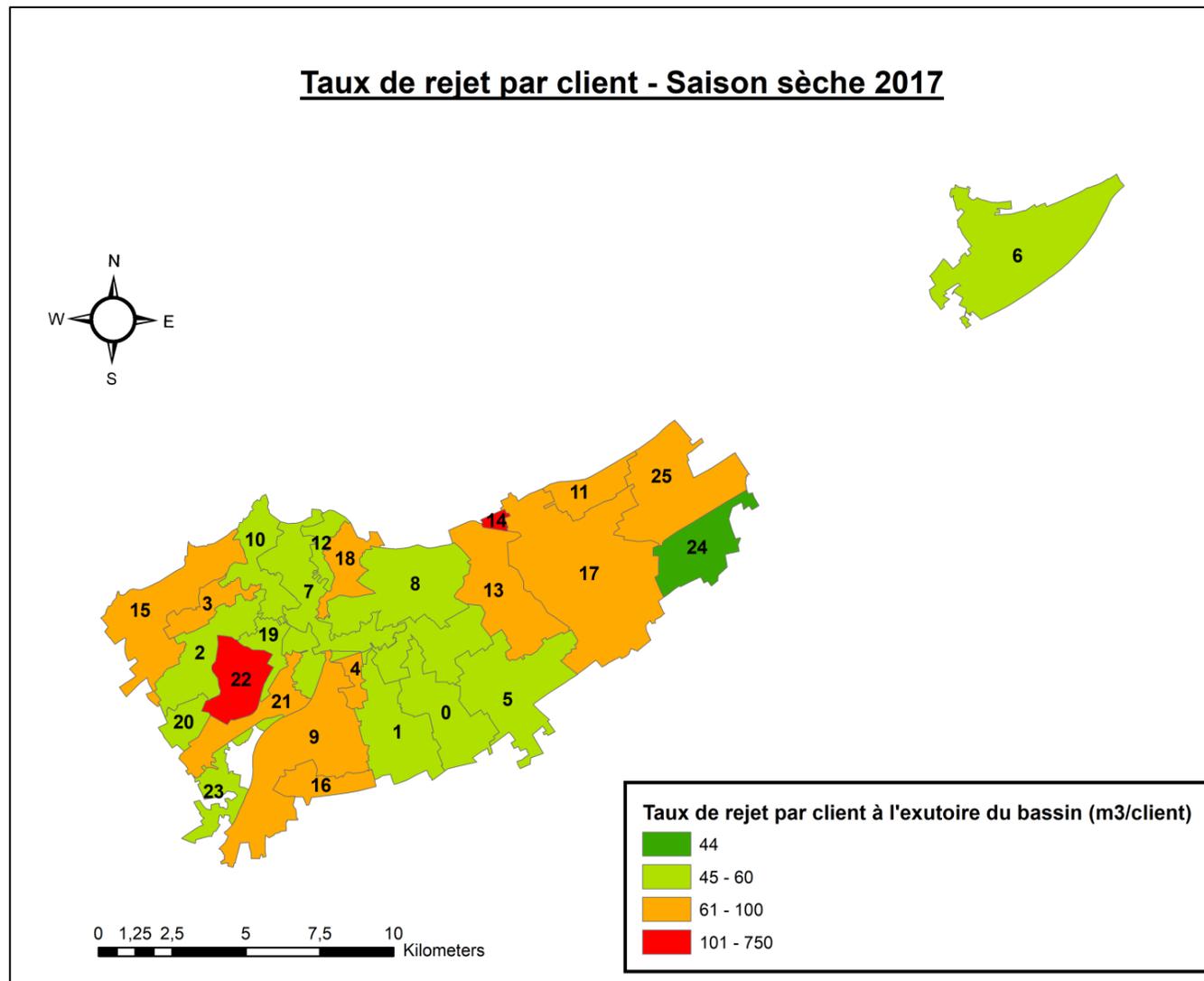


Figure 17 : Carte des volumes des eaux usées par sous-bassins - Saison sèche

b. Nombres de débordements sur la voie publique :

Un débordement sur la voie publique peut avoir lieu suite à plusieurs incidents .Par exemple, en cas de fortes pluies, le réseau se trouve incapable de gérer les volumes immenses des eaux qu'il accueille et par conséquent les déverse sur la voie publique. De plus, l'amplification des abonnés branchés au réseau d'assainissement et l'accumulation de divers objets rejetés dans les conduites accentue le phénomène de débordement.

D'après nos résultats, le nombre de débordement sur la voie publique varie entre 0 et 2 débordements par km pour la majorité des sous-bassins et s'élève en exception à une valeur de 3 et 5 pour le cas de 4 collecteurs : Gounod , Joulane-Mabrouka , Delure et Riviera.

Pour les trois premiers sous-bassins , nous remarquons que le ratio des clients par unité de surface est très significatif par rapport aux autres sous-bassins (Annexe 8 page 145).La densité excessive des abonnés crée plus de pression sur le réseau d'assainissement engendrant ainsi des débordements sur la voie publique.

Tableau 11 : Nombre de clients par surface pour les collecteurs Gounoud , Joulane-Mabrouka et Delure

Sous bassins	Nombre de clients par surface (Client par m2)
Juolane-Mabrouka	0,009
Delure	0,010
Gounoud	0,010

Pour le cas du collecteur Riviera, la forme étroite du bassin accompagné de l'imperméabilisation du sol accentue le drainage des eaux pluviales, elles confluent rapidement sans laisser le temps au réseau de les accueillir, par conséquent des débordements apparaissent fréquemment en temps pluvieux.

Tableau 12 : Nombre de débordements sur la voie publique pendant la saison humide et sèche

Numéro du sous-bassin	Nom des sous-bassins	Nombre de débordements par km – Saison humide	Nombre de débordements par km-Saison sèche
0	Collecteur Ouest - Mediouna	2	2
1	Collecteur Ouest - Randet	1	1
2	Collecteur Ouest - Doumergue-OER	2	2
3	Collecteur Ouest - Azemmour	2	2
4	Collecteur Ouest - Crete Polo	0	0
5	Collecteur Ouest - Joulane-Mabrouka	3	3
6	Mohammedia	1	1
7	Collecteur Joffre	2	2
8	Collecteur Phosphates	1	1
9	Collecteur Ouest - Sidi Maarouf-Bouskoura	0	1
10	Collecteur Ouest - Autres	2	2
11	Collecteur Ain Sebaa	2	1
12	Collecteur Gounod	5	5
13	Collecteur Gergovie	2	2
14	Collecteur Olivier	0	0
15	Ain Diab - Hay Hassani	2	2
16	Collecteur Ouest - Californie	0	0
17	Collecteur Est	1	1
18	Collecteur Delure	3	3
19	Collecteur Ouest - Guerrero	1	1
20	Collecteur Ouest - Oulfa-Carriere Schneider	2	2
21	Collecteur Ouest - Riviera	3	2
22	AUDA	0	0
23	Collecteur Ouest - Nassim	1	1
24	Collecteur Bernoussi provisoire Sidi Moumen HA	2	2
25	Collecteur Bernoussi	1	1

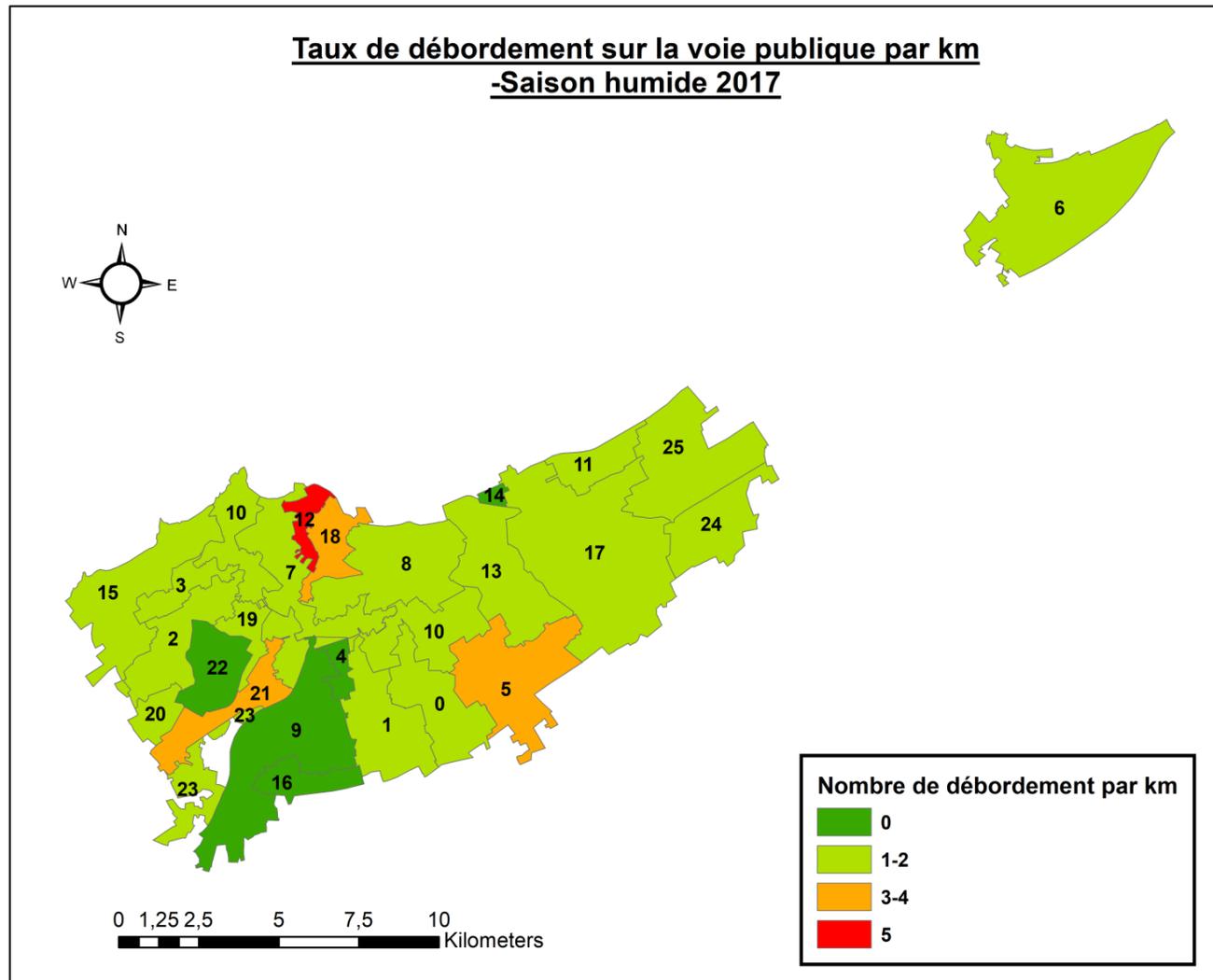


Figure 18 : Carte des débordements sur la voie publique par sous-bassins - Saison humide

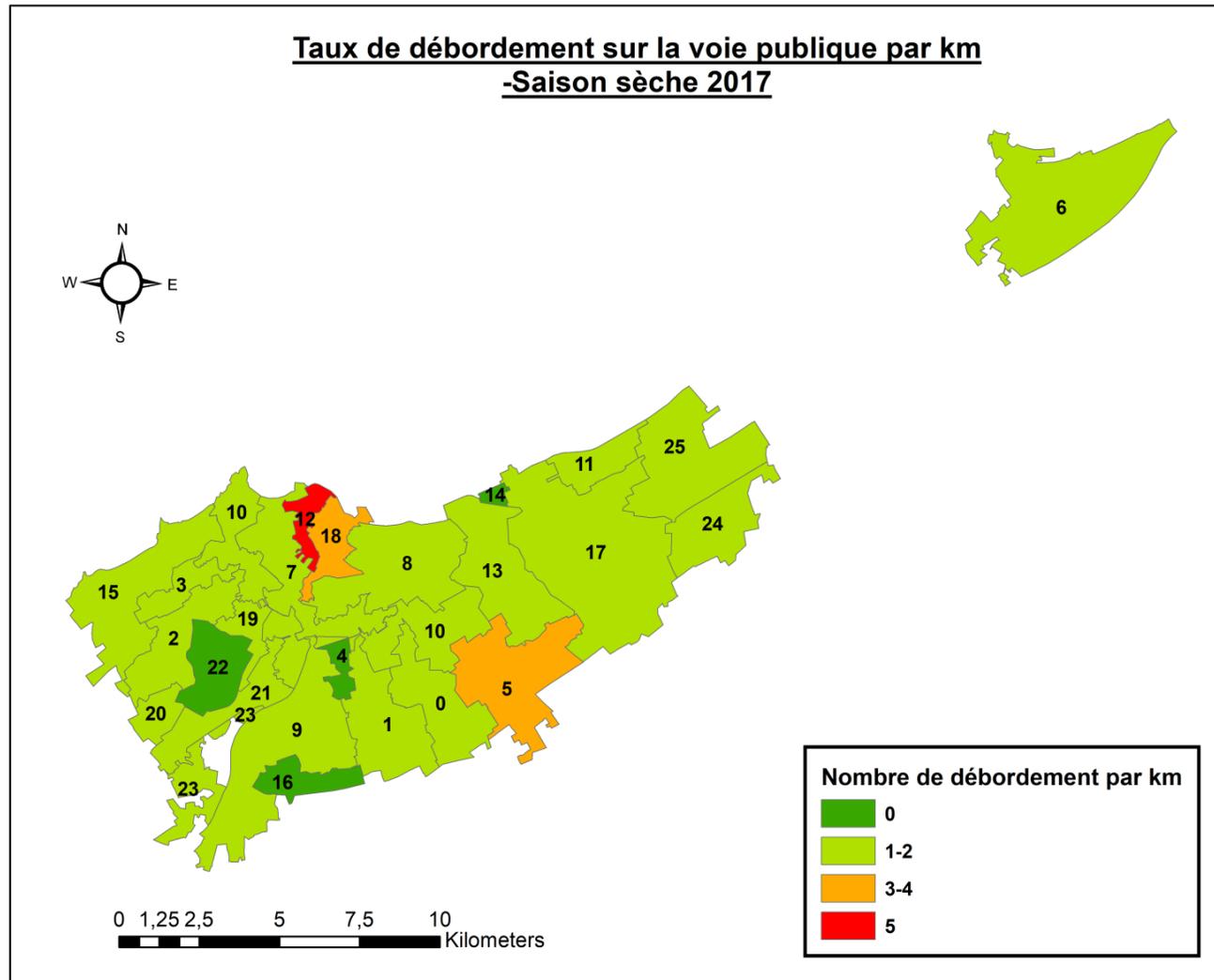


Figure 19 : Carte des débordements sur la voie publique par sous-bassins - Saison sèche

c. Nombre de débordements chez les clients

En général les débordements des branchements sont causés par la saturation du réseau et les bouchons par divers objets rejetés par les abonnés dans les canalisations d'eau usées.

Tableau 13 : Nombre de débordements chez les clients pendant la saison humide et sèche

Numéro du sous-bassin	Nom du sous-bassin	Nombre de débordement par client – Saison humide	Nombre de débordement par client – Saison sèche
0	Collecteur Ouest - Mediouna	0,0136	0,0143
1	Collecteur Ouest - Randet	0,0079	0,0092
2	Collecteur Ouest - Doumergue-OER	0,0085	0,0087
3	Collecteur Ouest - Azemmour	0,0145	0,0154
4	Collecteur Ouest - Crete Polo	0,0065	0,0053
5	Collecteur Ouest - Joulane-Mabrouka	0,0101	0,0116
6	Mohammedia	0,0087	0,01
7	Collecteur Joffre	0,0077	0,008
8	Collecteur Phosphates	0,0085	0,0085
9	Collecteur Ouest - Sidi Maarouf-Bouskoura	0,0052	0,0057
10	Collecteur Ouest - Autres	0,0159	0,0177
11	Collecteur Ain Sebaa	0,0137	0,0186
12	Collecteur Gounod	0,0084	0,0084
13	Collecteur Gergovie	0,0133	0,0137
14	Collecteur Olivier	0,0145	0,0072
15	Ain Diab - Hay Hassani	0,007	0,0059
16	Collecteur Ouest - Californie	0,001	0,0013
17	Collecteur Est	0,0056	0,0067
18	Collecteur Delure	0,0075	0,0068
19	Collecteur Ouest - Guerrero	0,0041	0,0037
20	Collecteur Ouest - Oulfa-Carriere Schneider	0,0079	0,0058
21	Collecteur Ouest - Riviera	0,0084	0,0042
22	AUDA	0,0024	0,0047
23	Collecteur Ouest - Nassim	0,0061	0,0062
24	Collecteur Bernoussi provisoire Sidi Moumen HA	0,0039	0,0052
25	Collecteur Bernoussi	0,0074	0,0088

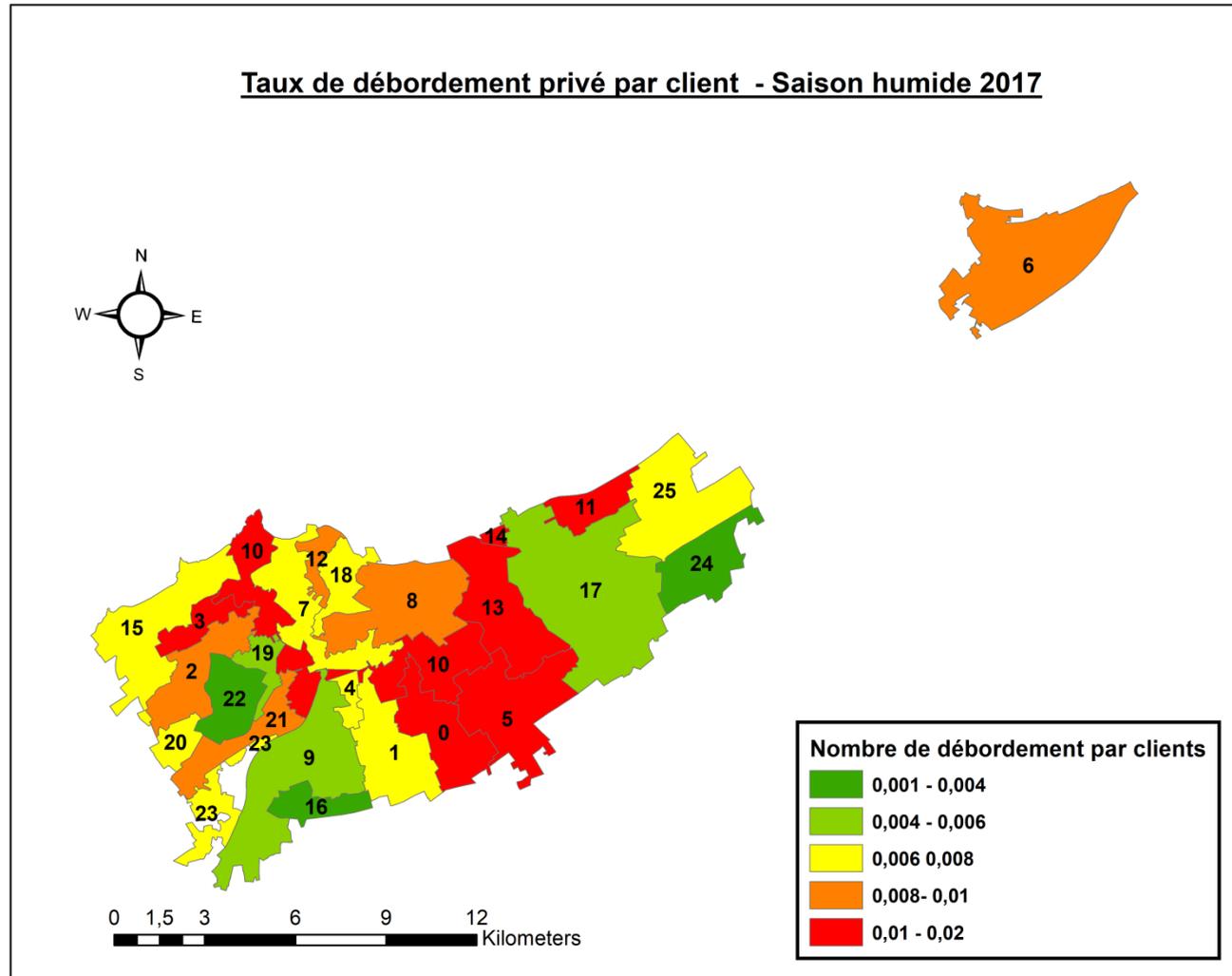


Figure 20 : Carte des débordements chez les clients par sous-bassin - Saison humide

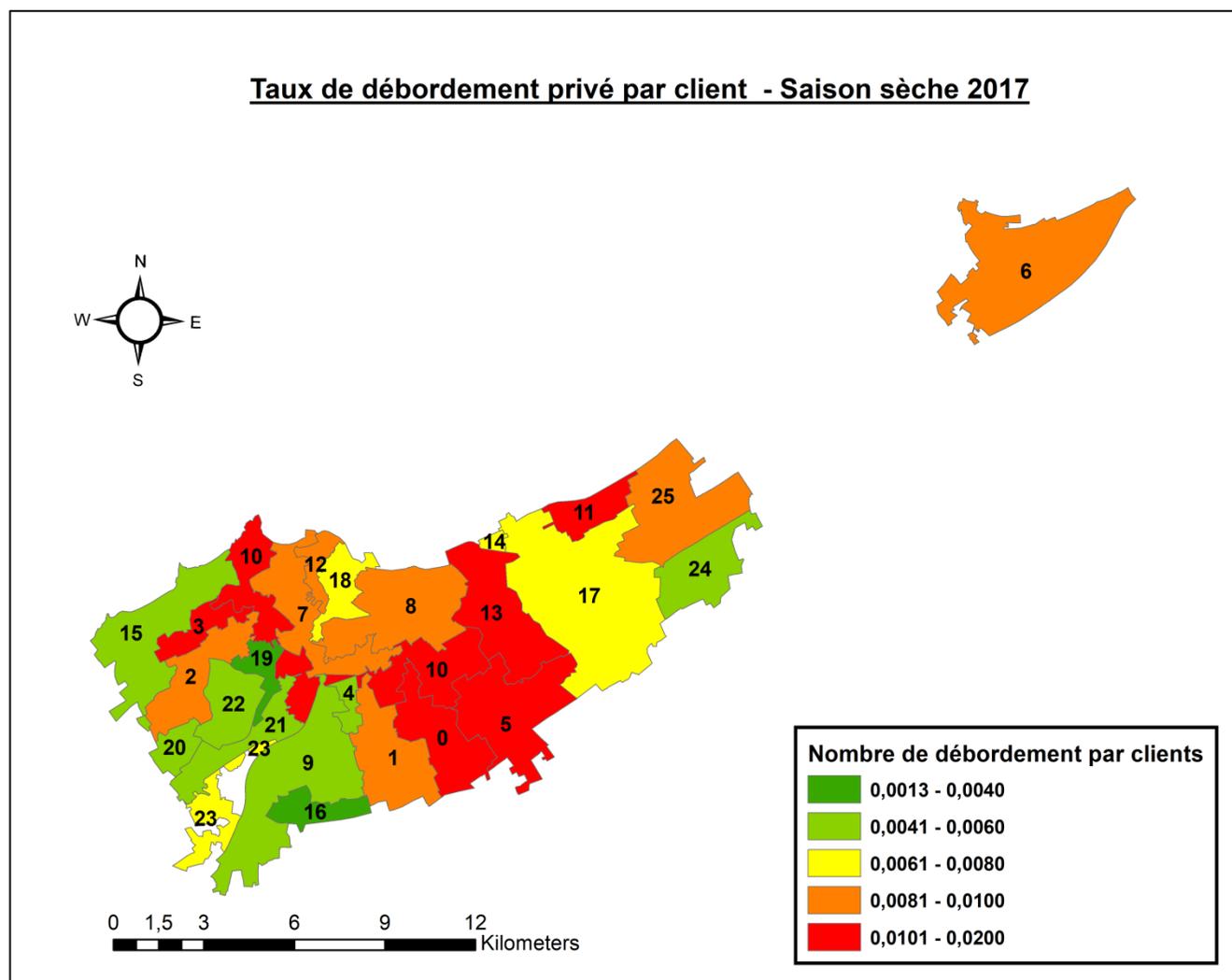


Figure 21 : Carte des débordements chez les clients par sous-bassin - Saison sèche

d. Conformité des rejets industriels :

D'après les résultats, nous constatons que la majorité des rejets industriels sont non conformes aux normes imposées par la LYDEC. Ceci revient au fait que la quasi-totalité des industries ne disposent pas d'équipement de traitement des eaux usées avant de les rejeter.

Tableau 14 : Nombre des industries selon la disponibilité de traitement des eaux usées

	Rejet des eaux usées avec traitement	Rejet des eaux usées sans traitement
Nombre d'industries	125	1033

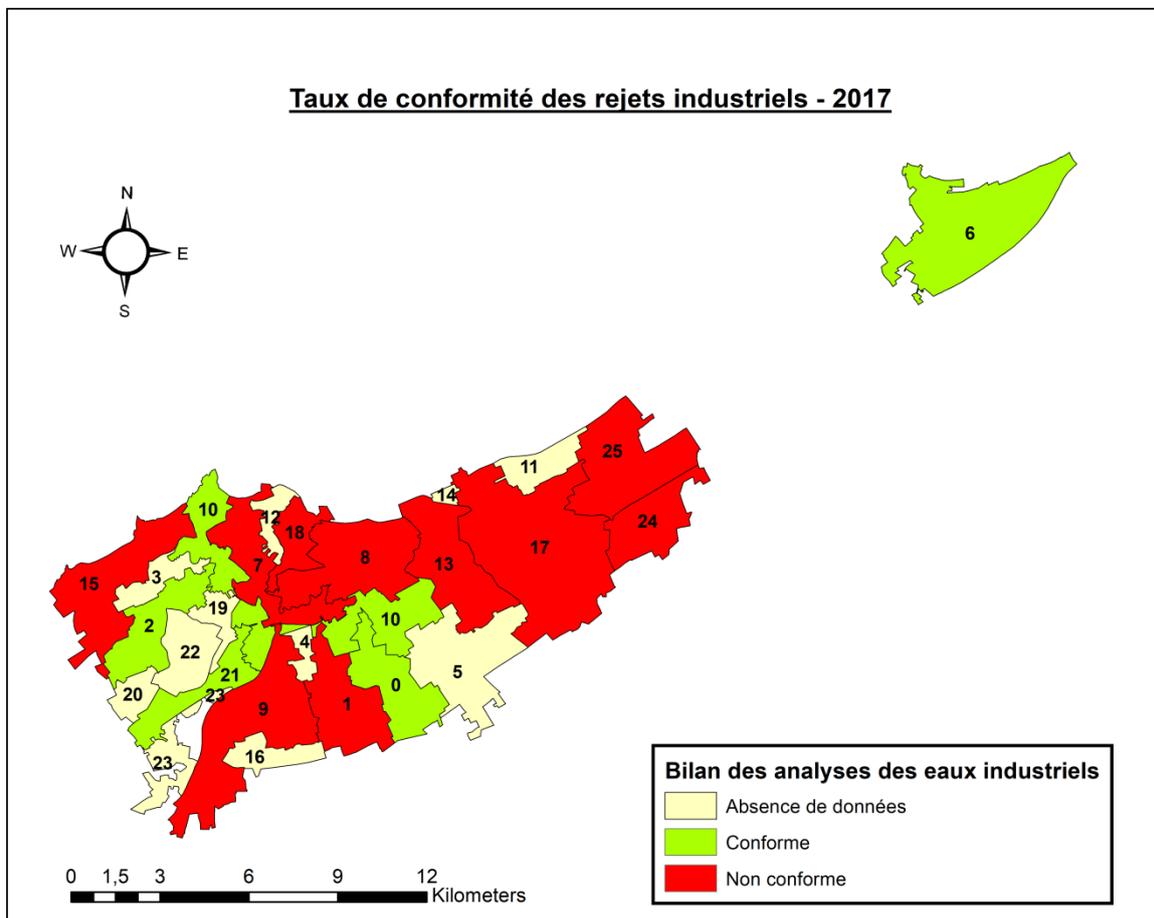


Figure 22 : Carte de conformité des rejets industriels par sous-bassin

Tableau 15 : Conformité des rejets industriels par sous-bassin

Numéro du sous-bassin	Nom du sous-bassin	Conformité des rejets industriels
0	Collecteur Ouest - Mediouna	Conforme
1	Collecteur Ouest - Randet	Non conforme
2	Collecteur Ouest - Doumergue-OER	Conforme
3	Collecteur Ouest - Azemmour	Absence de données
4	Collecteur Ouest - Crete Polo	Absence de données
5	Collecteur Ouest - Joulane-Mabrouka	Absence de données
6	Mohammedia	Conforme
7	Collecteur Joffre	Non conforme
8	Collecteur Phosphates	Non conforme
9	Collecteur Ouest - Sidi Maarouf-Bouskoura	Non conforme
10	Collecteur Ouest - Autres	Conforme
11	Collecteur Ain Sebaa	Absence de données
12	Collecteur Gounod	Absence de données
13	Collecteur Gergovie	Non conforme
14	Collecteur Olivier	Absence de données
15	Ain Diab - Hay Hassani	Non conforme
16	Collecteur Ouest - Californie	Absence de données
17	Collecteur Est	Non conforme
18	Collecteur Delure	Non conforme
19	Collecteur Ouest - Guerrero	Absence de données
20	Collecteur Ouest - Oulfa-Carriere Schneider	Absence de données
21	Collecteur Ouest - Riviera	Conforme
22	AUDA	Absence de données
23	Collecteur Ouest - Nassim	Absence de données
24	Collecteur Bernoussi provisoire Sidi Moumen HA	Non conforme
25	Collecteur Bernoussi	Non conforme

3. Analyse multicritère des sous-bassins versants

a. Identification de l'objectif

La première étape d'une analyse multicritère est de déterminer l'objectif de l'étude menée, pour notre cas, nous cherchons à qualifier la performance fonctionnelle du réseau d'assainissement à l'échelle des sous-bassins versants du Grand Casablanca. Pour ce faire, une notation de ces derniers sera réalisée à l'aide de l'analyse multicritère par la méthode AHP.

b. Hiérarchisation des critères

Les indicateurs de performance cités précédemment vont nous servir en tant que critère pour l'analyse multicritère.

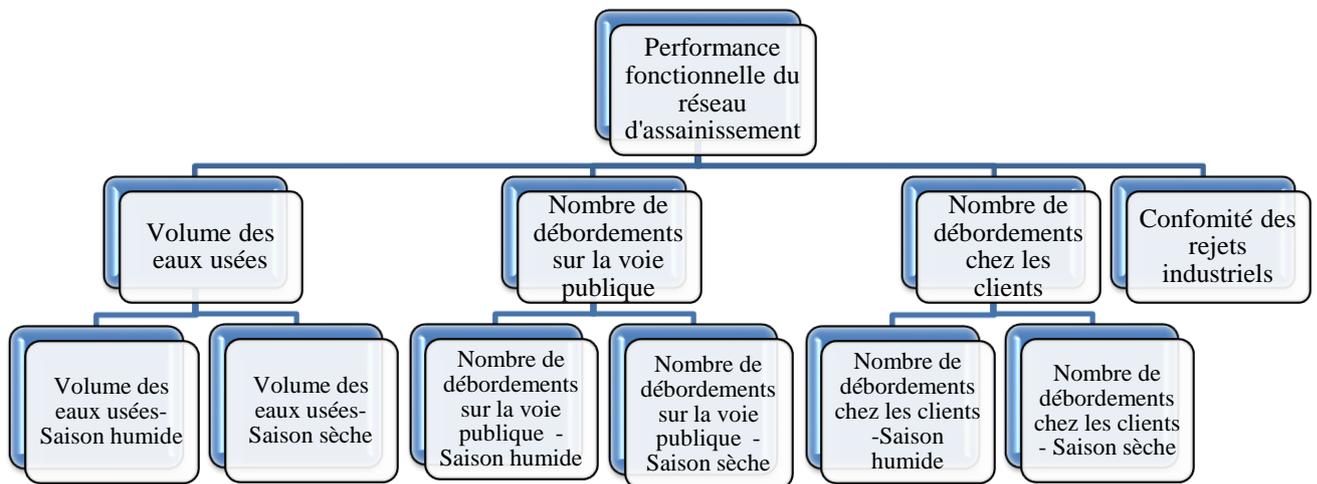


Figure 23 : Hiérarchisation des critères de l'analyse de la performance fonctionnel du réseau d'assainissement

c. Notations des critères et calcul des vecteurs poids :

La notation s'est basée sur l'avis des experts de la LYDEC , le calcul du poids et la cohérence sont définis au Chapitre 1 IV.6.b, et les détails du calcul se trouvent dans l'Annexe 5 page 129.

i. Volume des eaux usées :

Les sous-bassins ont été notés selon la somme des volumes des eaux usées déversées en saison humide puis sèche.

Tableau 16 : Matrice de comparaison et vecteur poids du critère volume des eaux usées

Volume des eaux usées	Saison humide	Saison sèche	Poids	CI	CR
Saison humide	1	1/5	0.17	0	0
Saison sèche	5	1	0.83		

Le rapport de cohérence CR est inférieur à 10% donc **le jugement est cohérent.**

ii. Nombre de débordements sur la voie publique:

Les débordements en général sont plus nombreux en saison humide qu'en saison sèche, pour cette raison nous avons décidé de donner plus d'importance à la saison humide.

Tableau 17 : Matrice de comparaison et vecteur poids du critère débordement sur la voie publique

Débordement sur la voie publique	Saison humide	Saison sèche	Poids	CI	CR
Saison humide	1	5	0.83	0	0
Saison sèche	1/5	1	0.17		

Le rapport de cohérence CR est inférieur à 10% donc **le jugement est cohérent.**

iii. Nombre de débordements chez les clients :

De même, le critère des débordements chez les clients pendant la saison humide aura un poids plus élevé que celui pendant la saison d'été.

Tableau 18 : Matrice de comparaison et vecteur poids du critère débordement chez les clients

Débordement chez les clients	Saison humide	Saison sèche	Poids	CI	CR
Saison humide	1	5	0.83	0	0
Saison sèche	1/5	1	0.17		

Le rapport de cohérence CR est inférieur à 10% donc **le jugement est cohérent.**

d. Elaboration de la matrice de comparaison du niveau 1 et son vecteur poids

En comparant de façon binaire l'importance de chaque critère aux autres, il s'est avéré que :

- Les interventions pour les débordements des réseaux publics sont plus importantes que ceux privés, en effet les conséquences des inondations sur la voie publique sont plus sévères et touchent plusieurs habitants.
- Un volume d'eau usée anormal est moins important qu'un débordement chez le client ou sur la voie publique puisque les interventions de ce dernier sont ponctuelles et rapides alors que la diminution des volumes des eaux usées nécessite des opérations qui prennent plus de temps, à savoir la détection des fuites des eaux claires vers le réseau d'assainissement ou bien des raccordements illégaux.

- De même, le dépassement des normes de rejet exige la réalisation des analyses sur les eaux de l'industrie concernée et l'oblige à mettre en place des équipements de traitements plus performants.
- Les volumes des eaux usées élevées concernent la surface d'un bassin alors que les analyses de conformité sont ponctuelles donc ces dernières sont d'une moindre importance.

Tableau 19 : Matrice de comparaison du niveau 1

	Débordement chez les clients	Débordement sur la voie publique	Volume des eaux usées	Conformité des rejets industriels	Poids	CI	CR
Débordement chez les clients	1	1/4	4	7	0,28	0,09	0,1
Débordement sur la voie publique	4	1	5	7	0,56		
Volume des eaux usées	1/4	1/5	1	3	0,11		
Conformité des rejets industriels	1/7	1/7	1/3	1	0,05		

Le rapport de cohérence CR du 1^{er} niveau est égal à 10% donc **le jugement est cohérent.**

e. Notation global :

Nous passons à l'étape finale de l'analyse multicritère en attribuant une note globale de performance fonctionnelle du réseau à chaque sous-bassin suivant la relation :

Note globale du sous – bassin

$$= P_v * (N_{vh} * P_{vh} + N_{vs} * P_{vs}) + P_{dp} * (N_{dph} * P_{dph} + N_{dps} * P_{dps}) + P_{db} * (P_{dbh} * N_{dbh} + P_{dbs} * N_{dbs}) + P_c * N$$

Tableau 20 : Paramètres de calcul de la note globale des sous-bassins

P_v	Poids du volume des eaux usées
N_{vh}	Note du volume des eaux usées de la saison humide
P_{rh}	Poids du volume des eaux usées de la saison humide
N_{vs}	Note du volume des eaux usées de la saison sèche
P_{vs}	Poids du volume des eaux usées de la saison sèche
P_{dp}	Poids du nombre de débordements publics
N_{dph}	Note du nombre de débordements publics de la saison humide

Tableau 21 : Suite des paramètres de calcul de la note globale des sous-bassins

Pdps	Poids du nombre de débordements publics de la saison sèche
Pdph	Poids du nombre de débordements publics de la saison humide
Ndps	Note du nombre de débordements publics de la saison sèche
Pdb	Poids du nombre de débordements privés
Pdbh	Poids du nombre de débordements privés de la saison humide
Ndbh	Note du nombre de débordements privés de la saison humide
Pdbs	Poids du nombre de débordements privés de la saison sèche
Ndbs	Note du nombre de débordements privés de la saison sèche
Pc	Poids de conformité des rejets industriels
Nc	Note de conformité des rejets industriels

Le résultat de la notation des sous-bassins est le suivant est présenté dans la page suivante.

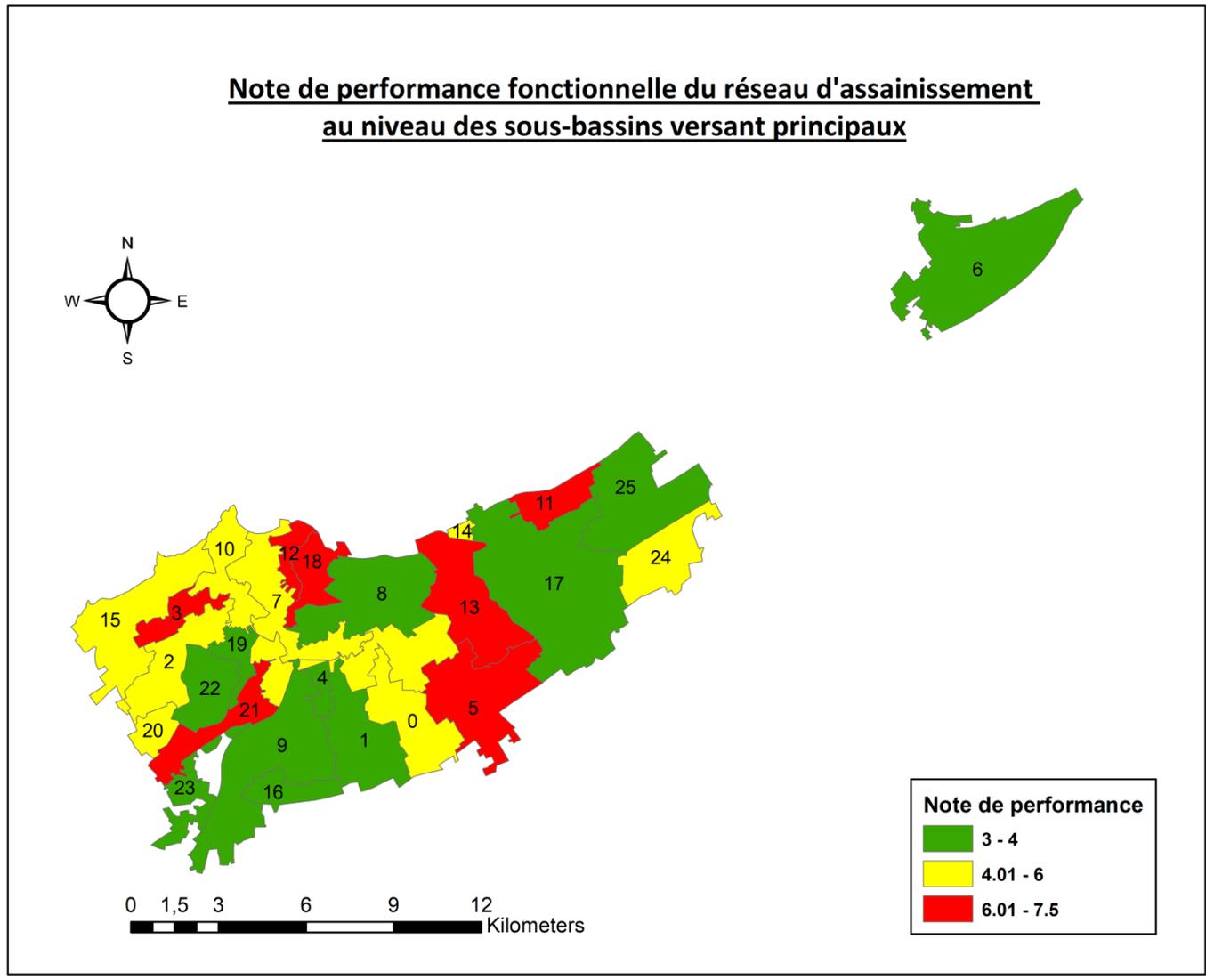


Figure 24 : Carte de performance fonctionnelle du réseau d'assainissement

Le résultat de la classification des sous-bassins selon les notes obtenues est le suivant :

Tableau 22 : Carte de note globale de performance fonctionnelle du réseau d'assainissement

Numéro du sous-bassin	Nom du bassin	Notes de performance fonctionnelle
18	Collecteur Delure	7,3
5	Collecteur Ouest - Joulane-Mabrouka	7,1
12	Collecteur Gounod	6,9
21	Collecteur Ouest - Riviera	6,6
3	Collecteur Ouest - Azemmour	6,5
13	Collecteur Gergovie	6,2
11	Collecteur Ain Sebaa	6,2
10	Collecteur Ouest - Autres	5,7
0	Collecteur Ouest - Mediouna	5,7
15	Ain Diab - Hay Hassani	5,1
14	Collecteur Olivier	5,0
7	Collecteur Joffre	4,9
20	Collecteur Ouest - Oulfa-Carriere Schneider	4,7
2	Collecteur Ouest - Doumergue-OER	4,6
24	Collecteur Bernoussi provisoire Sidi Moumen HA	4,3
25	Collecteur Bernoussi	4,0
4	Collecteur Ouest - Crete Polo	4,0
17	Collecteur Est	3,9
8	Collecteur Phosphates	3,8
1	Collecteur Ouest - Randet	3,8
23	Collecteur Ouest - Nassim	3,6
9	Collecteur Ouest - Sidi Maarouf-Bouskoura	3,5
22	AUDA	3,5
6	Mohammedia	3,5
16	Collecteur Ouest - Californie	3,1
19	Collecteur Ouest - Guerrero	3,0

4. Interprétation des résultats

Selon la notation internationale de la méthode AHP et l'objectif que nous nous sommes fixés pour cette analyse, plus la note diminue plus la performance du réseau s'améliore.

D'après les résultats précédents, les sous-bassins présentant une performance médiocre et nécessitant une attention très forte de la part des responsables se trouvent essentiellement au centre et à l'est du Grand Casablanca : Collecteur Delure , Collecteur Ouest - Joulane-Mabrouka , Collecteur Gounod , Collecteur Ouest – Riviera , Collecteur Ouest – Azemmour, Collecteur Gergovie et Collecteur Gergovie.

Nous avons remarqué que le nombre des débordements chez les clients de ces zones est très significatif, ils sont au nombre de 85110 de 132785 réclamations pendant l'année de 2017. Il est à noter que ces régions sont aussi caractérisées par une densité d'habitant importante (Ancienne Medina , Maarif , Hay Hassani , Sbata , Sidi Othmane)

Ce qui entraîne d'un côté une augmentation considérable des volumes des eaux ruisselées en temps de pluie et par la suite une forte sollicitation des réseaux d'assainissement, ce qui produise des débordements et des inondations.

De plus, l'ancienneté de la zone et donc des conduites accentue ces phénomènes, en effet, le réseau n'a pas été mis en place pour récupérer ces volumes élevés d'eaux usées, par conséquent, ce sous-dimensionnement provoque la dégradation de l'état structurel et le déversement des eaux sur la voie publique et chez les clients.

Toutefois, il ne faut pas négliger le critère de conformité des rejets industriels malgré son faible poids, car le dépassement des normes de la majorité des effluents des sous-bassins est alarmant, l'état du réseau et la performance des stations d'épuration seront négativement impactées.

Enfin, le diagnostic fonctionnel doit être accompagné d'un diagnostic structurel des conduites car les frontières entre ces deux aspects ne sont pas toujours distinctes, étant donné que les dysfonctionnements du flux des eaux usées se répercutent directement sur les caractéristiques de la conduite (par exemple la non-conformité des eaux industriels peut causer la corrosion et l'usure). Par conséquent, l'analyse du réseau ne sera complète qu'avec un diagnostic structurel qu'on réalisera dans la partie suivante du mémoire.

III. Diagnostic structurel du réseau

Nous passons à l'analyse de la performance structurelle des tronçons qui constituent le réseau d'assainissement du Grand Casablanca afin de déterminer leur état physique et donc leur degré de dégradation, Pour ce faire, nous allons déterminer une note de performance à partir d'indicateurs (critères) en utilisant l'analyse multicritère.

1. Indicateur de performance structurelle

a. Age des conduites

L'âge des canalisations est un indice de connaissance et de gestion patrimoniale des réseaux de collecte des eaux usées. Par conséquent, la gestion des priorités constitue pour la LYDEC une étape importante dans la définition de leur politique de renouvellement et de réhabilitation des réseaux d'assainissement. En effet, l'évaluation des linéaires à renouveler et à réhabiliter sur le long terme conditionne le rythme annuel des travaux à entreprendre et leur financement.

Ainsi, dans le cadre de notre projet, en nous basant sur les données fournies par la LYDEC, nous avons calculé l'âge de chaque conduite à partir de sa date de sa pose afin d'évaluer leur vieillissement.

- ✓ **Base de données utilisée :** Shapefile du réseau d'assainissement (Carte@jour)

b. Etat Structurel :

L'état structurel des conduites présente le degré de dégradation observé à partir des inspections télévisées ou estimé à partir des défauts observés (effondrement, exfiltration ...). Par conséquent l'état structurel peut être : Bon, moyen, acceptable, sensible ou préoccupant.

- ✓ **Base de données utilisée :** Base de données des réclamations des clients. (Annexe 1 page 125)

c. Nombre d'opérations de renouvellement

Pour une gestion patrimoniale dynamique et solide des réseaux d'assainissement et élaborer des politiques de maintenance et de renouvellement des infrastructures, il faut bien évidemment savoir le fonctionnement quotidien des canalisations qui constituent le réseau d'assainissement du Grand Casablanca et étudier leur évolution à long terme.

Pour cet indicateur, nous avons calculé le nombre des opérations de renouvellement totales ou partielles effectuées sur chaque conduite. Ce nombre comprend aussi les renouvellements des branchements raccordés à ces conduites.

- ✓ **Base de données utilisée :** Base de données des réclamations des clients. (Annexe 1 page 125)

d. Nombre d'opérations de réparation :

Les canalisations d'assainissement posées il y a plus de 50 ans sont fragilisées par leur longue durée d'utilisations. La dégradation de ces réseaux peut causer de nombreux dommages aux bâtiments (fondations, revêtements de sol, ...).

Dans le cadre de notre projet, nous avons étudié les canalisations qui ont été réparées à cause de certaines anomalies telles que le débordement chez le client, la mauvaise odeur, inondation de la cave, etc... Le nombre d'opération de réparation des canalisations comprend aussi les réparations des branchements raccordés à ces conduites.

- ✓ **Base de données utilisée :** Base de données des réclamations des clients. (Annexe 1 page 125)

e. Nombre d'opérations de curage:

Le curage sert à assurer un fonctionnement optimal du réseau des canalisations. Il consiste à nettoyer les canalisations à l'aide d'un système approprié. Il s'agira très souvent ou bien d'un jet d'eau sous haute pression, ou bien il sera effectué à l'aide d'une fusée hydrodynamique, le but étant de décoller des parois les déchets qui s'y agglomèrent et qui, au fil du temps, risqueraient de former un bouchon et d'empêcher le passage de l'écoulement.

Ainsi, pour évaluer la performance des conduites d'assainissement du Grand Casablanca, nous avons classé les conduites en se basant sur le nombre de curage effectué par tronçon.

- ✓ **Base de données utilisée :** Base de données des réclamations des clients. (Annexe 1 page 125)

f. La profondeur des nappes phréatiques :

La profondeur des nappes phréatiques qui coulent sous la ville de Casablanca peuvent influencer la performance du réseau d'assainissement de cette ville. En effet, une nappe phréatique sous les réseaux d'assainissement est un problème majeur. La montée brutale des eaux après des précipitations peut endommager le réseau.

Ainsi, la profondeur de la nappe phréatique et ses caractéristiques présentent un critère important pour évaluer notre réseau d'assainissement donc nous avons calculé la profondeur des nappes phréatiques à partir du sol. Les nappes phréatiques situées dans la zone d'étude sont présentées au chapitre 2 IV.2 page 48

g. Performance fonctionnelle :

Nous nous sommes basés sur les résultats du diagnostic fonctionnel effectué dans la première partie à l'échelle des sous-bassins, en effet l'aspect structurel est affecté par l'aspect fonctionnel de conduite .

2. Résultat et cartographie des indicateurs

Vu le nombre important des canalisations (176 227 tronçons), nous allons représenter les résultats d'analyse de chaque critère sous forme de carte à l'addition de quelques chiffres représentatifs des différents critères.

a. Age des conduites:

L'âge moyen des conduites est **30.4 ans**, en effet plus que la moitié des conduites sont récentes (âge moins que 40 ans). La partie la plus âgée du réseau se trouve dans les anciens quartiers essentiellement Ancienne Medina, Maârif, Anfa, Al Habbous, Sbata, Hay Hassani, Al Kasba

Tableau 23 : Nombre des conduites selon l'âge

Age des conduites en année	Nombre de conduites	Pourcentage(%)
$1 \leq \text{Age} \leq 40$	114994	0,65
$40 \leq \text{Age} \leq 60$	22669	0,13
$\text{Age} \geq 60$	33017	0,19
Aucune information	5547	0,03

D'après le schéma directeur d'assainissement de 2011, l'âge moyen était 32.5 ans (Chapitre 2 II.2 en page 53 II.2 ci-dessus), de plus l'objectif de la politique de renouvellement patrimonial (Chapitre 2 II.5 en page 57) est de diminuer l'âge moyen du réseau à 29,9 ans à l'horizon de 2030. Comme résultat, on a pu diminuer l'âge du réseau de 2.1 ans en 6 ans, à cette tendance, en 2030 l'âge moyen du réseau sera 25.8 ans, dépassant ainsi la valeur objectif.

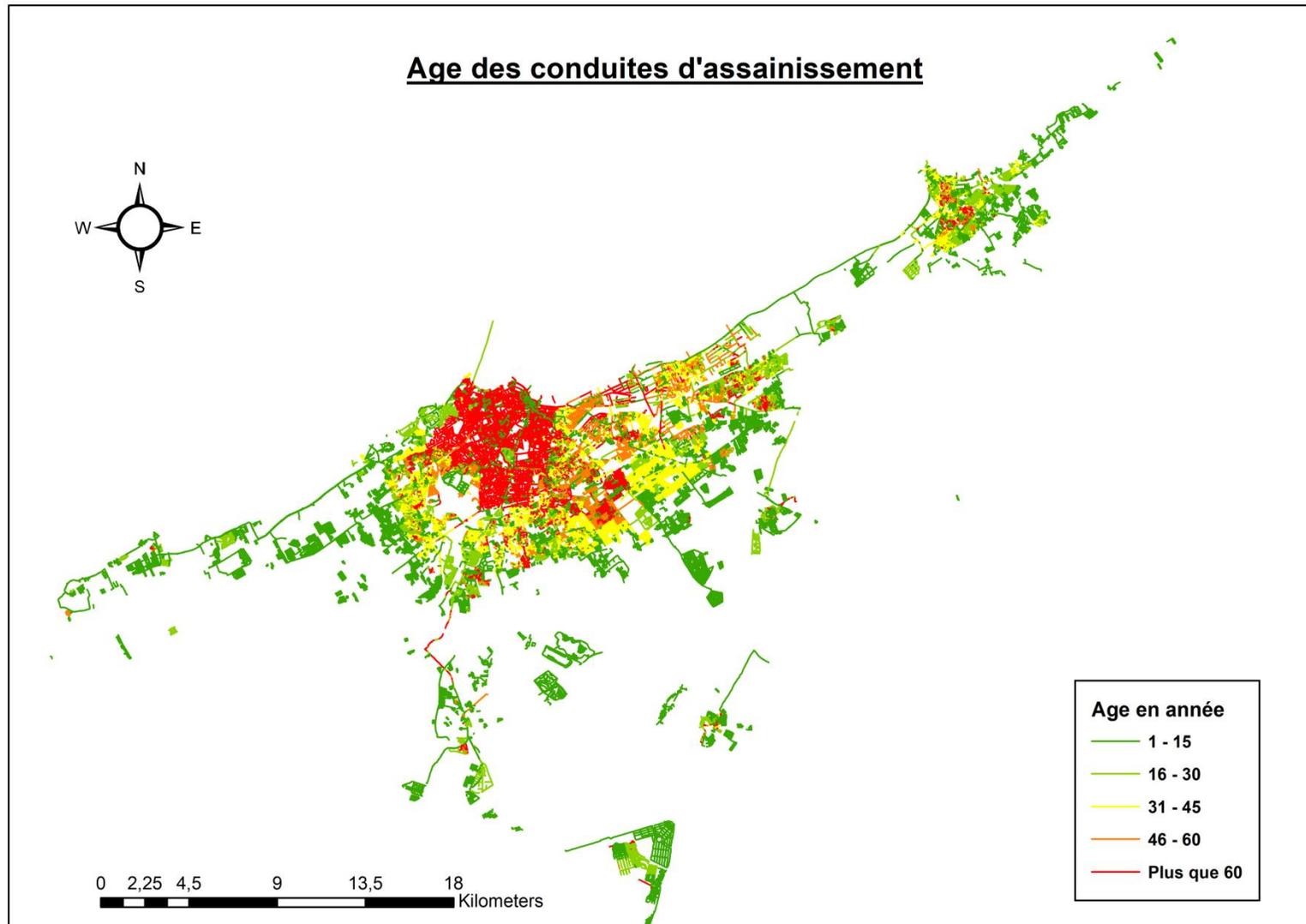


Figure 25 : Carte d'âge des conduites d'assainissement

b. Etat structurel des conduites :

Les conduites d'assainissement sont en majorité en bon état .En calculant l'âge moyen de chaque état, il s'avère qu'avec l'avancement en âge, l'état structurel des conduites se dégradent de plus en plus.

Les conduites en état préoccupant et sensible se trouvent en majorité au centre de la ville de Casablanca contrairement à celles en bon état qui se placent aux extrémités, dans les zones récemment urbanisée (Tamaris , Madinat Arrahma) et les nouvelles zones d'habitat.

Tableau 24 : Nombre de conduites selon l'état structurel

Etat structurel des conduites	Nombre de conduites	Pourcentage(%)	Age moyen en année
Bon	59182	33,6	14
Acceptable	23880	13,6	33
Moyen	24460	13,9	48
Sensible	24785	14,1	67
Préoccupant	11954	6,8	67
Non défini	31966	18,1	7

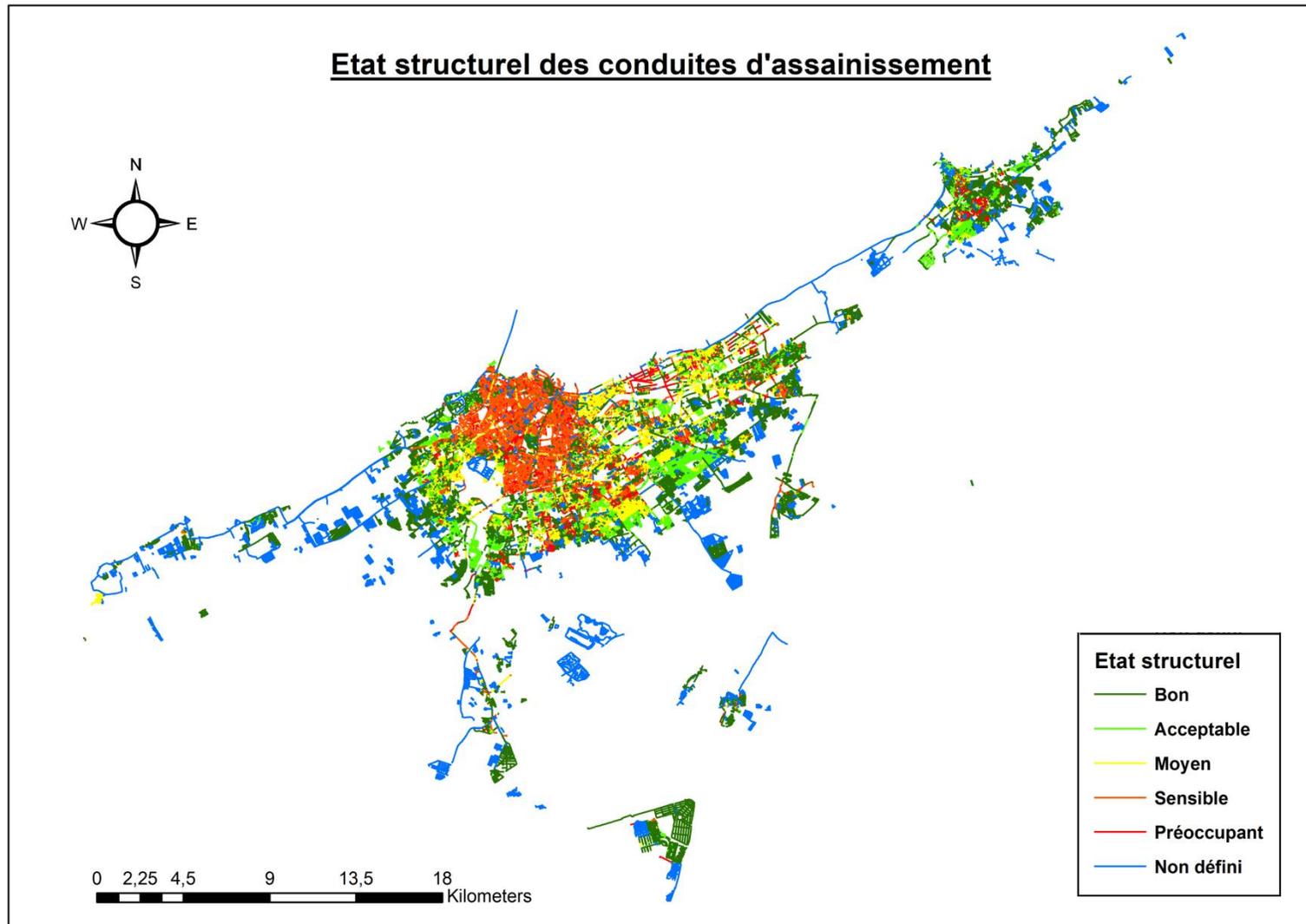


Figure 26 : Carte d'état structurel des conduites d'assainissement

c. Les opérations de renouvellement

Les opérations de renouvellement sont fréquentes au niveau des branchements des clients, surtout dans les zones de concentration d'habitation : Ancienne Medina, Sbata ,Hay Mohammadia ...

Il est à noter que le réseau a subit **0.14** opération de renouvellement par km.

Soit N le nombre des opérations de curage :

Tableau 25 Nombre de conduites selon les opérations de renouvellement

Nombre d'opérations de renouvellement	Nombre de conduites	Pourcentage (%)
N=1	439	0,2491
N=2 ou 3	119	0,0675
N>3	5	0,0028
Aucune opération de renouvellement	175664	99,6805

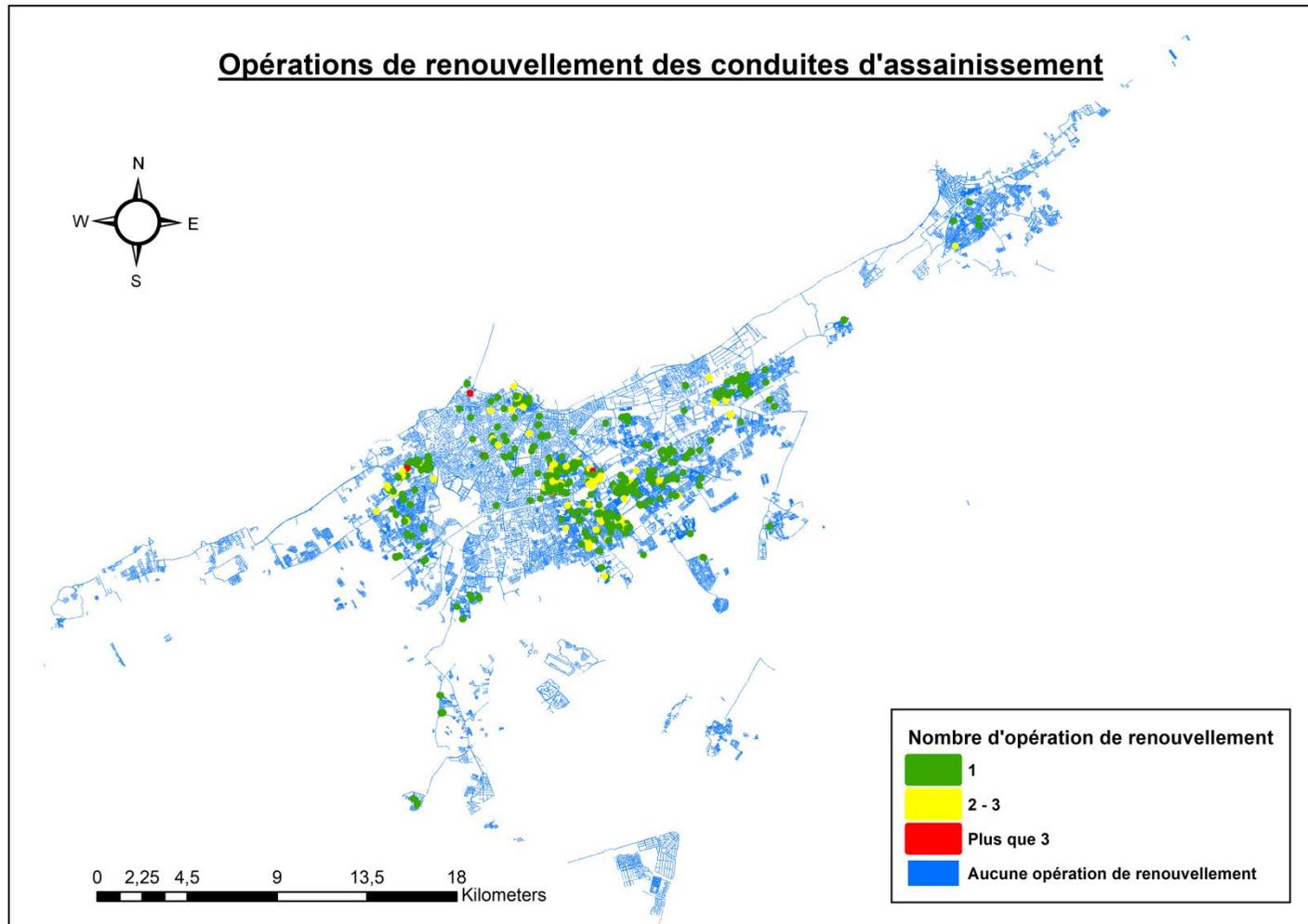


Figure 27 : Carte des opérations de renouvellement des conduites d'assainissement

d. Les opérations de curage :

Les opérations de curage sont fréquentes au niveau des branchements des clients, surtout dans les zones de concentration d'habitation : Ancienne Medina, Sbata ,Hay Mohammadi , Hay Moulay Rachid...

Il est à noter que le réseau a subit **3.5** opération de curage par km.

Soit N le nombre des opérations de curage :

Tableau 26 : Nombre de conduites selon les opérations de curage

Nombre d'opérations de curage	Nombre de conduites	Pourcentage (%)
$1 \leq N \leq 5$	12419	7,05
$5 \leq N \leq 10$	809	0,46
$N \geq 10$	295	0,17
Aucune opération de curage	162704	92,33

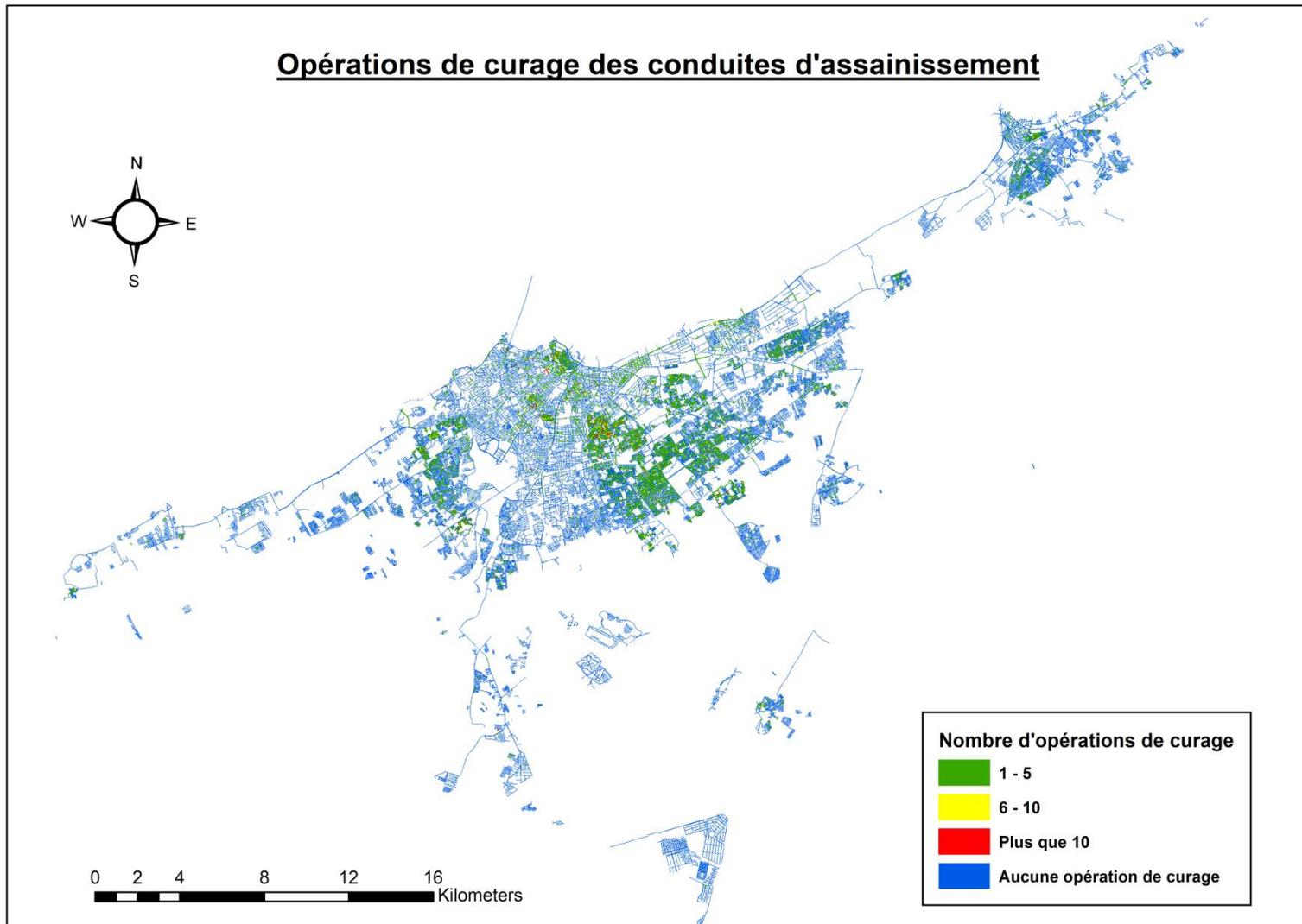


Figure 28 : Carte des opérations de curage des conduites d'assainissement

e. Les opérations de réparation :

Soit N le nombre des opérations de réparation :

Tableau 27 : Nombre de conduites selon les opérations de réparation

Nombre d'opérations de réparation	Nombre des conduites	Pourcentage (%)
$1 \leq N \leq 2$	293	0,166
$N=3$	10	0,006
$N=4$	3	0,002
Aucune opération de réparation	175921	99,826

Les réparations fréquentes se placent dans la zone de l'Ancienne Medina , Habbous , Anfa ,Sbata , Sidi Bernoussi . Il est à noter que les opérations de réparation concernent surtout les branchements et sont réalisés dans les cas d'exfiltration des eaux usées, les inondations chez les clients , affaissement et dégradation des branchements.

Il est à noter que le réseau a subit **0.08** opération de renouvellement de réparation par km .

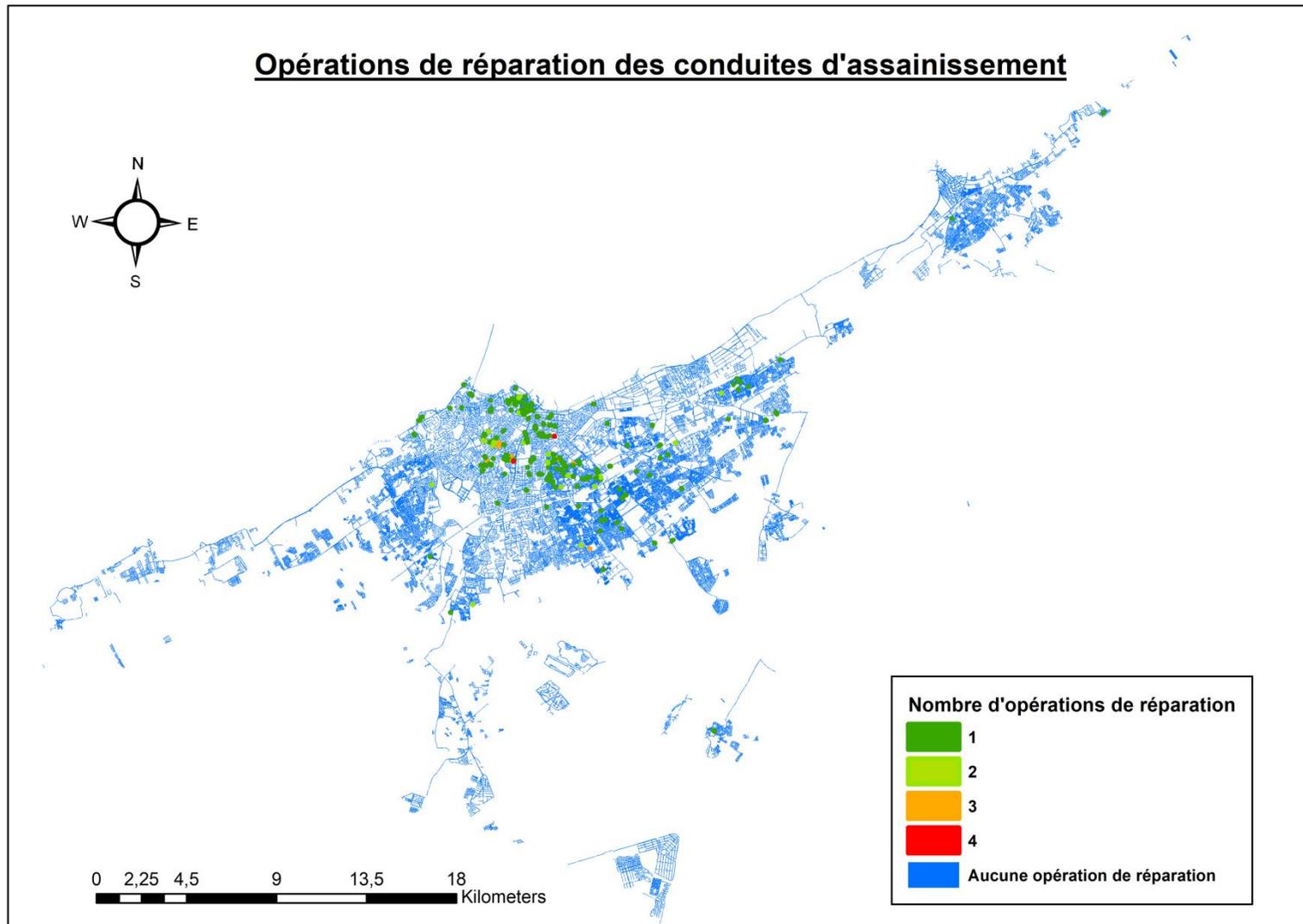


Figure 29 : Carte des opérations de réparations des conduites d'assainissement

f. Profondeur des nappes phréatiques :

Soit H la profondeur des nappes à partir du sol, le tableau suivant présente le nombre des conduites selon l'existence d'une nappe d'eau souterraine et sa profondeur :

Tableau 28 : Nombre de conduites selon la profondeur des nappes phréatique

Profondeur des nappes	Nombre des conduites	Pourcentage (%)
$1 \leq H \leq 5$	13192	7,5
$5 \leq H \leq 10$	34479	19,6
$H \geq 10$	2578	1,5
Absence de nappe	125978	71,5

Les nappes sont en général peu profondes. En considérant que les conduites sont déposées à une profondeur moyenne de 4 m, les risques de contamination par les eaux usées exfiltrées et la remontée des eaux souterraines sont minimaux.

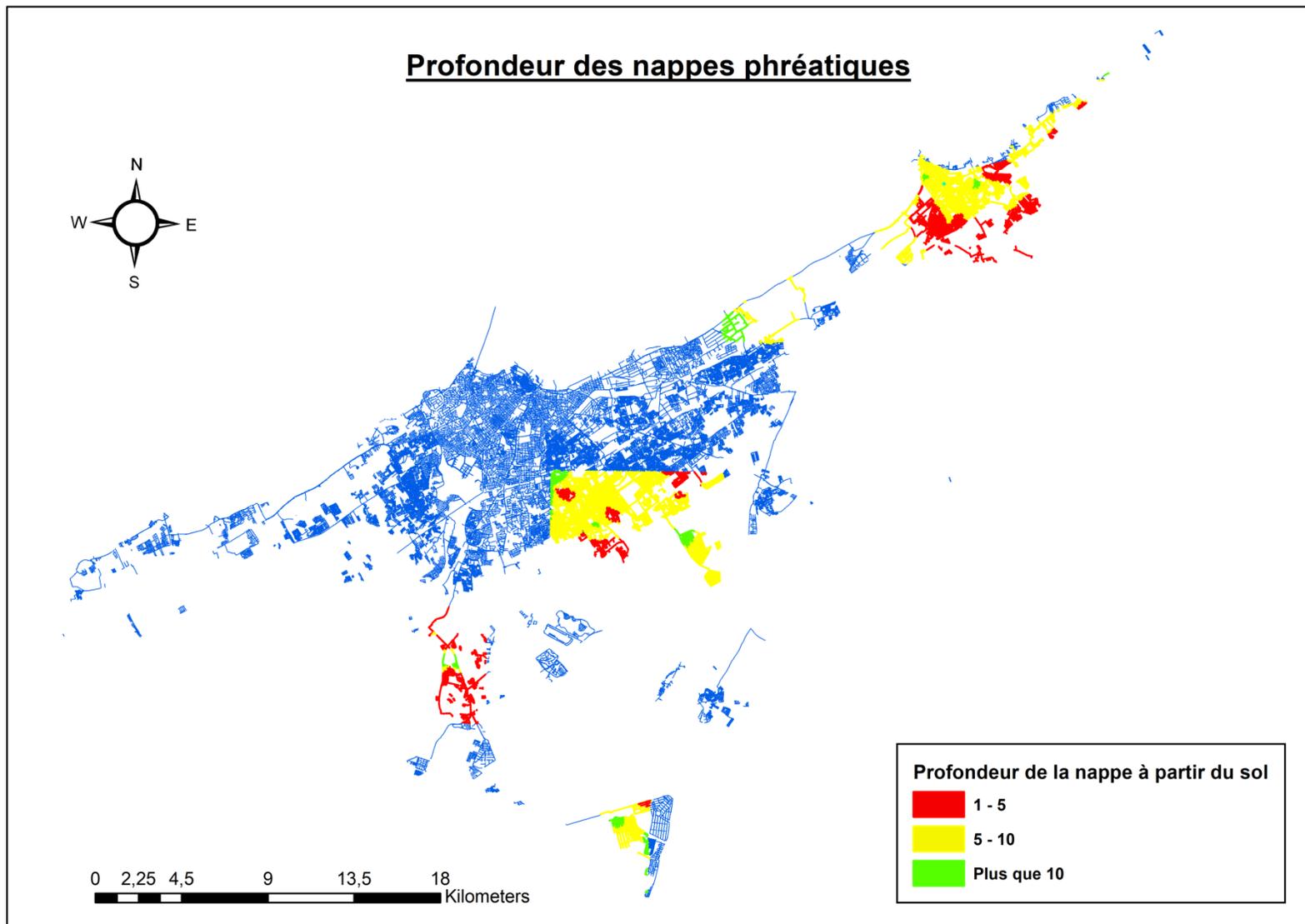


Figure 30 : Carte de profondeur des nappes phréatiques

g. Performance fonctionnelle

Pour la performance fonctionnelle du réseau à l'échelle des sous-bassins, nous trouvons les valeurs suivantes :

Tableau 29 : Nombre de conduites de chaque sous-bassin

Sous-bassins versant	Nombre des conduites	Pourcentage (%)	Note de performance du réseau	Pourcentage selon la note (%)
Collecteur Delure	4243	2,4	7,3	9,2
Collecteur Ouest - Joulane-Mabrouka	12056	6,8	7,1	
Collecteur Gounod	1610	0,9	6,9	7,7
Collecteur Ouest - Riviera	2014	1,1	6,6	
Collecteur Ouest - Azemmour	2043	1,2	6,5	
Collecteur Gergovie	6705	3,8	6,2	
Collecteur Ain Sebaa	2880	1,6	6,2	
Collecteur Ouest - Autres	9806	5,6	5,7	14
Collecteur Ouest - Mediouna	8955	5,1	5,7	
Ain Diab - Hay Hassani	5809	3,3	5,1	14,1
Collecteur Olivier	140	0,1	5,0	
Collecteur Joffre	4902	2,8	4,9	
Collecteur Ouest - Oulfa-Carriere Schneider	3006	1,7	4,7	
Collecteur Ouest - Doumergue-OER	5468	3,1	4,6	
Collecteur Bernoussi provisoire Sidi Moumen HA	3744	2,1	4,3	27,9
Collecteur Bernoussi	7174	4,1	4,0	
Collecteur Ouest - Crete Polo	615	0,3	4,0	
Collecteur Est	9511	5,4	3,9	26,1
Collecteur Phosphates	6440	3,7	3,8	
Collecteur Ouest - Randet	6253	3,5	3,8	
Collecteur Ouest - Nassim	1672	0,9	3,6	
Collecteur Ouest - Sidi Maarouf-Bouskoura	6544	3,7	3,5	
AUDA	1147	0,7	3,5	
Mohammedia	14940	8,5	3,5	
Collecteur Ouest - Californie	1481	0,8	3,1	
Collecteur Ouest - Guerrero	1121	0,6	3,0	
Reste	45948	26,1	-	

En calculant le pourcentage des conduites suivant les notes attribuées aux sous-bassins versants, nous remarquons que plus la note diminue et donc plus la performance fonctionnelle s'améliore, plus le nombre de conduites augmentent .

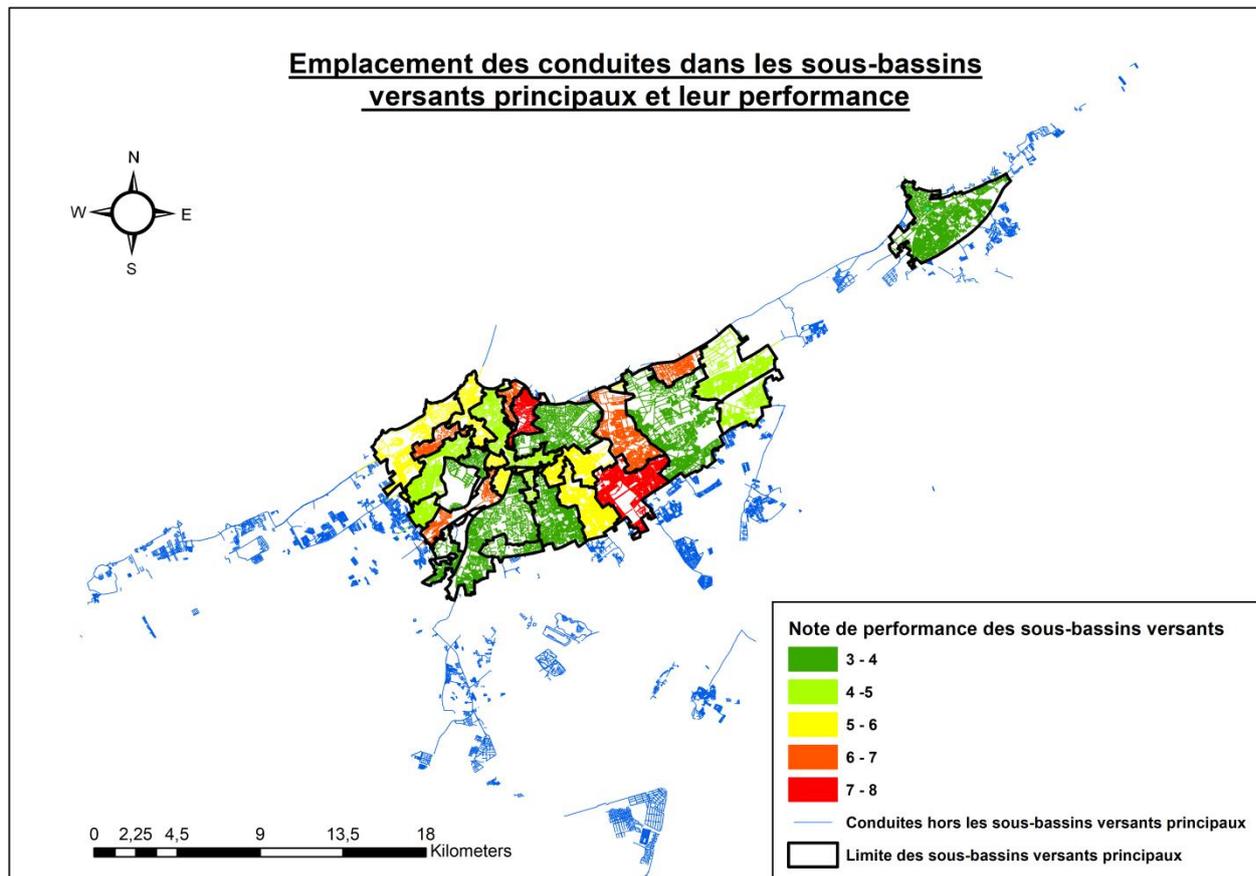


Figure 31 : Carte de performance fonctionnelle des conduites

3. Analyse multicritère des conduites

a. Identification de l'objectif

Pour cette partie, notre objectif est de déterminer la performance structurelle du réseau à l'échelle des différents tronçons en utilisant la méthode AHP pour l'analyse multicritère

c. Hiérarchisation des critères

Les indicateurs de performance cités précédemment vont nous servir en tant que critère pour l'analyse multicritère.

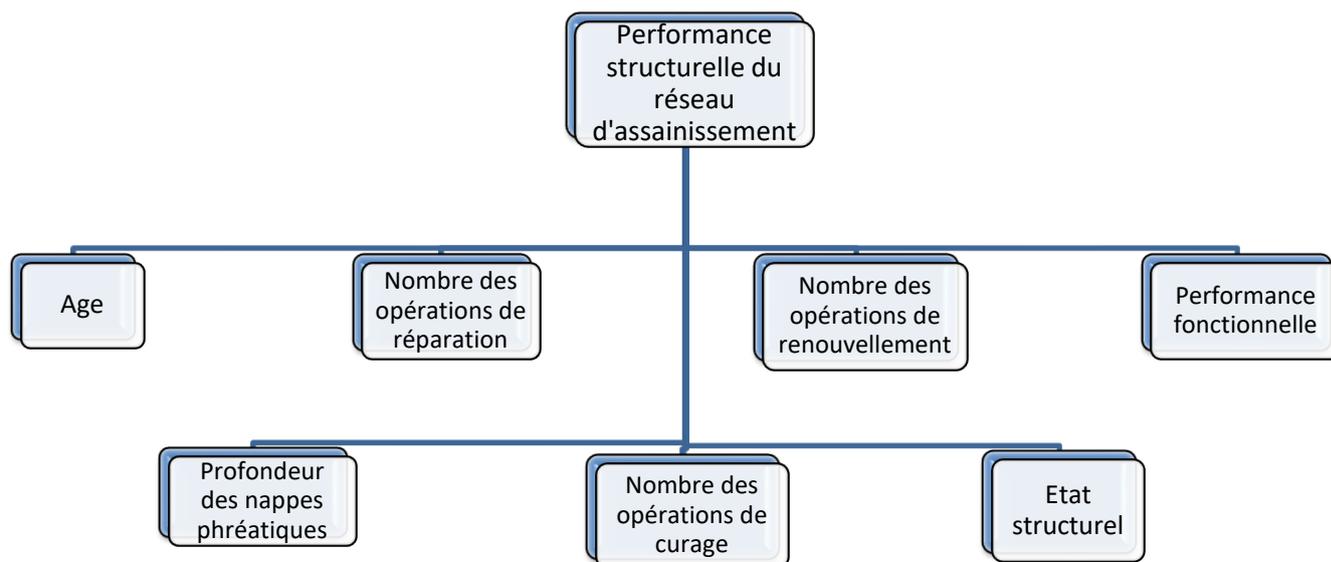


Figure 32 : Hiérarchisation des critères de l'analyse de la performance structurelle du réseau d'assainissement

d. Notations des critères

La notation s'est basée sur l'avis des experts de la LYDEC, le calcul du poids et la cohérence sont définis au Chapitre 1 IV.6.b, et les détails du calcul se trouvent dans Annexe 6 page 130

i. Age des conduites

Suite à un inventaire des conduites, nous avons attribué les notes suivantes aux conduites par rapport à leur âge :

Tableau 30 : Notation du critère âge

Age des conduites en année	Note
$1 \leq \text{Age} \leq 40$	3
$40 \leq \text{Age} \leq 60$	7
$\text{Age} \geq 60$	9
Aucune information	3

ii. Etat structurel des conduites

Selon l'état structurel des conduites, les notes suivantes leur sont attribuées :

Tableau 31 : Notation de l'état structurel des conduites

Etat structurel	Note
Bon	3
Acceptable	4
Moyen	5
Sensible	7
Préoccupant	9
Non défini	1

iii. Les opérations de curage

Soit N le nombre d'opération de curage :

Tableau 32 : Notation du nombre des opérations de curage

Nombre d'opérations de curage	Note
$1 \leq N \leq 5$	3
$5 \leq N \leq 10$	7
$N \geq 10$	9
Aucune opération de curage	3

iv. Les opérations de réparation :

Soit N le nombre d'opération de réparation

Tableau 33 : Notation du nombre des opérations de réparation

Nombre d'opérations de réparation	Note
$1 \leq N \leq 2$	3
$N=3$	5
$N=4$	7
Aucune opération de réparation	3

v. Les opérations de renouvellement:

Soit N le nombre d'opération de renouvellement que subit le tronçon soit partiellement ou totalement :

Tableau 34 : Notation du nombre des opérations de réparation

Nombre d'opérations de renouvellement	Note
N=1	3
N=2 ou N=3	7
N>3	9
Aucune opération de renouvellement	3

vi. Profondeur des nappes phréatiques :

Soit H la profondeur de la nappe à partir du sol, si elle diminue le risque de contamination et de remontée des eaux souterraines en temps pluvieux augmentent :

Tableau 35 : Notation des profondeurs des nappes

Profondeur des nappes	Note
$1 \leq H \leq 5$	9
$5 \leq H \leq 10$	7
$H \geq 10$	3
Absence de nappe	3

vii. Performance fonctionnelle :

Pour ce sous-critère, nous prendrons les notes résultantes de l'analyse multicritère du réseau à l'échelle des sous-bassins versants (Chapitre 3 II.3.e en page 77)

Tableau 36 : Notation des sous-bassins versants

Sous-bassins versant	Note
Collecteur Delure	7,3
Collecteur Ouest - Joulane-Mabrouka	7,1
Collecteur Gounod	6,9
Collecteur Ouest - Riviera	6,6
Collecteur Ouest - Azemmour	6,5
Collecteur Gergovie	6,2
Collecteur Ain Sebaa	6,2
Collecteur Ouest - Autres	5,7
Collecteur Ouest - Mediouna	5,7
Ain Diab - Hay Hassani	5,1
Collecteur Olivier	5,0
Collecteur Joffre	4,9
Collecteur Ouest - Oulfa-Carriere Schneider	4,7
Collecteur Ouest - Doumergue-OER	4,6
Collecteur Bernoussi provisoire Sidi Moumen HA	4,3
Collecteur Bernoussi	4,0
Collecteur Ouest - Crete Polo	4,0
Collecteur Est	3,9
Collecteur Phosphates	3,8
Collecteur Ouest - Randet	3,8
Collecteur Ouest - Nassim	3,6
Collecteur Ouest - Sidi Maarouf-Bouskoura	3,5
AUDA	3,5
Mohammedia	3,5
Collecteur Ouest - Californie	3,1
Collecteur Ouest - Guerrero	3,0
Reste	1,0

e. Elaboration de la matrice de comparaison et le vecteur poids :

Le résultat de l'analyse binaire des critères est le suivant :

- Les opérations de renouvellement, de réparation et de curage se place en premier en termes d'importance par rapport aux autres critères puisque la fréquence de ces interventions sur une conduite affirme que son état est dégradé et qu'il est fort possible qu'elle nécessitera d'autres interventions ultérieurement.
- Puisque l'état du réseau à l'échelle des sous-bassins versants concerne une surface large, les dysfonctionnements locaux et la performance de chaque conduite à part sont négligés . Comme résultat, ce critère se place en dernier en termes d'importance dans l'analyse multicritère.
- Le critère de proximité des nappes est moins crucial que les critères d'âge et de l'état structurel étant donné que les conditions de pose des conduites prennent en considération la présence des eaux souterraines et une amélioration de l'étanchéité peut se poser en cas extrême .Par contre, la dégradation de l'état des conduites ou leur ancienneté peuvent causer des dysfonctionnements plus graves : infiltration, exfiltration...
- Une conduite en état sensible nécessite plus d'attention qu'une autre ancienne car cette dernière peut fonctionner de façon normale malgré son âge. Par conséquent le critère de l'état structurel est plus important que celui de l'âge.
- D'une part, les opérations de renouvellement ont plus de poids que les opérations de réparation, d'autre part, les opérations de réparation sont plus importantes que les opérations de curage. En effet, les réparations de conduites sont réalisées pour combler un dysfonctionnement mineur mais les renouvellements sont réalisés lorsque la conduite est dégradée et ne peut plus remplir sa fonction. Les opérations de curage sont fréquentes pour les branchements, causées en générales par le rejet de déchets qui s'accumulent au fur du temps par conséquent l'intervention est immédiate et facile.

Le résultat des notations est présenté dans la page suivante, le calcul du rapport de cohérence donne une valeur de 10 % donc **le jugement est cohérent**.

Tableau 37 : Calcul des poids et de rapport de cohérence du niveau 1

Niveau 1	Poids	CI	CR
Etat structurel de la conduite	0,14	0,14	0,10
Age	0,09		
Les opérations de réparation	0,27		
Profondeur des nappes phréatiques	0,06		
Les opérations de curage	0,20		
Etat du réseau au niveau des sous-bassins versants	0,04		
Les opérations de renouvellement	0,35		

Tableau 38 : Matrice de comparaison et poids des critères

	Etat structurel de la conduite	Age	Les opérations de réparation	Profondeur des nappes phréatiques	Les opérations de curage	Performance fonctionnelle	Les opérations de renouvellement	Poids
Etat structurel de la conduite	1	3	1/3	5	1/3	5	1/3	0,14
Age	1/3	1	1/3	3	1/3	3	1/3	0,09
Les opérations de réparation	3	3	1	5	3	5	1/3	0,27
Profondeur des nappes phréatiques	1/5	1/3	1/5	1	1/5	3	1/3	0,06
Les opérations de curage	3	3	1/3	5	1	5	1/3	0,20
Performance fonctionnelle	1/5	1/3	1/5	1/3	1/5	1	1/5	0,04
Les opérations de renouvellement	3	3	3	3	3	5	1	0,35

f. Notation des conduites :

Identiquement à la notation du réseau au niveau des sous-bassins, les conduites du réseau d'assainissement seront classées selon leur note totale :

$$Note\ globale = Pa * Na + Pc * Nc + Prh * Nrh + Prn * Nrn + Pp * Np + Pes * Nes + Peb * Neb$$

Tableau 39 : Paramètres de calcul de la note globale des conduites d'assainissement

Pa	Poids du critère âge
Na	Note du critère âge
Pc	Poids du critère opérations de curage
Nc	Note du critère opérations de curage
Prh	Poids du critère opérations de réparation
Nrh	Note du critère opérations de réparation
Prn	Poids du critère opérations de renouvellement
Nrn	Note du critère opérations de renouvellement
Pp	Poids du critère profondeur des nappes
Np	Note du critère profondeur des nappes
Pes	Poids du critère état structurel des conduites
Nes	Note du critère état structurel des conduites
Peb	Poids du critère état du réseau au niveau des sous-bassins
Neb	Note du critère état du réseau au niveau des sous-bassins

Les résultats de notation des 176 227 tronçons du réseau d'assainissement sont détaillés dans Annexe 6 page 130.

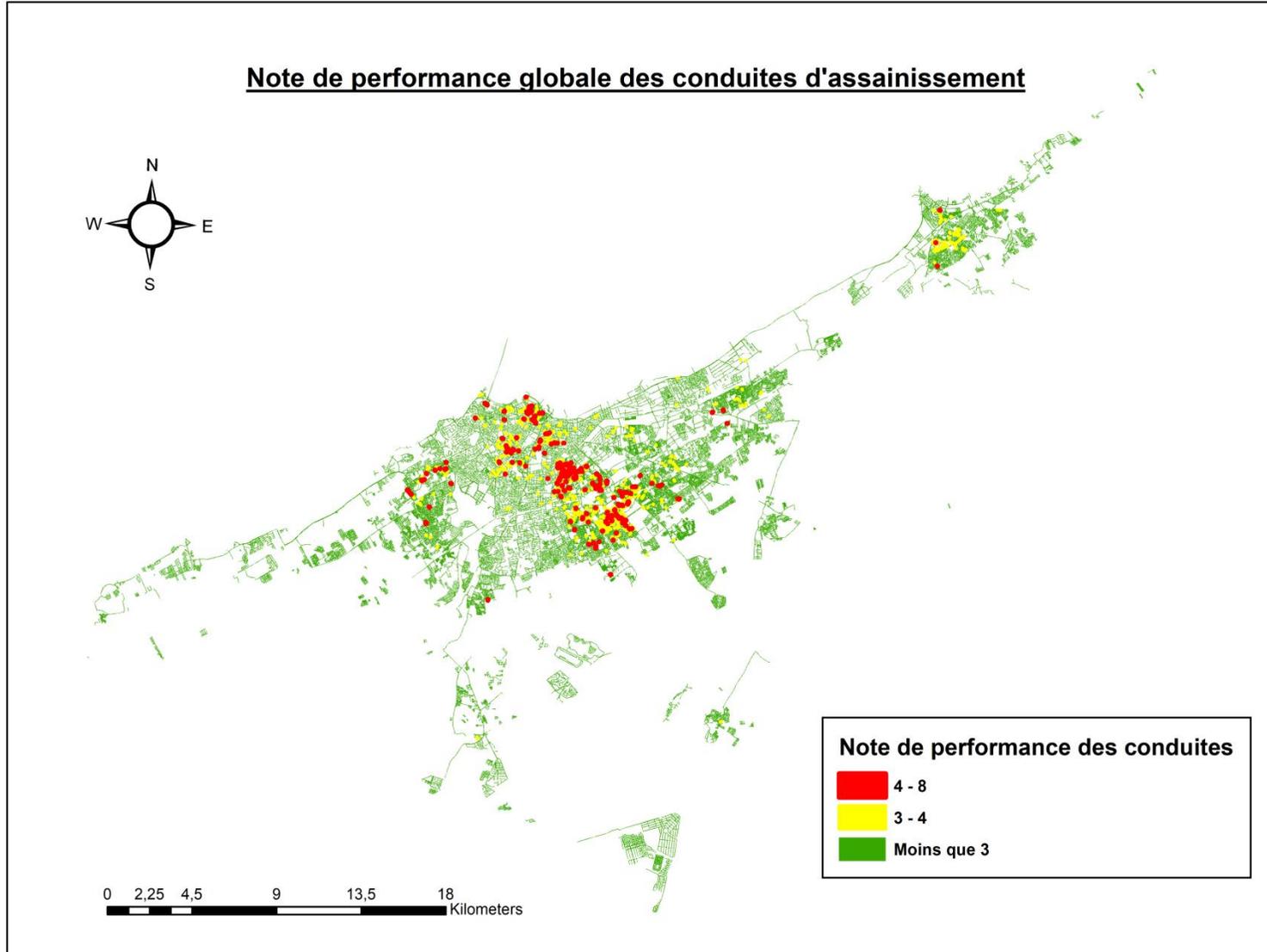


Figure 33 : Carte de performance globale des conduites d'assainissement

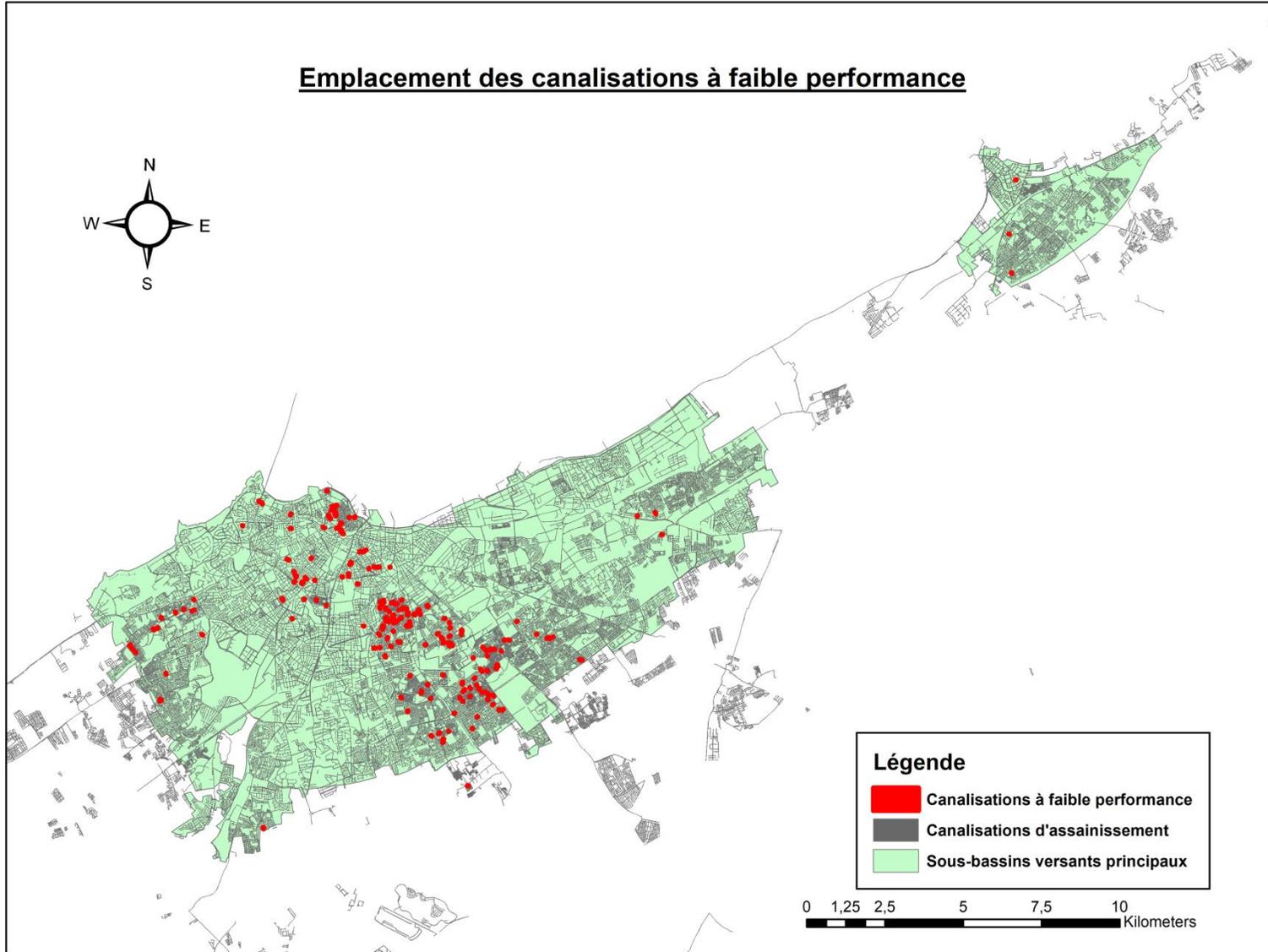


Figure 34 : Emplacement des canalisations à faible performance - Note supérieur à 4

4. Interprétation des résultats

Notons que plus la note augmente plus les défaillances sont sévères.

Les notes obtenues sont entre **7.8** et **0.4** ce qui présente une diversité de performance des conduites. Nous passons au calcul des nombres des conduites selon leurs notes.

Le résultat est le suivant :

Tableau 40 : Nombre de conduites selon la note de performance structurelle

Note	Nombre de conduite	Pourcentage du réseau (%)	km linéaire
$7 < \text{Note} \leq 7.8$	5	0.003	7 km
$6 < \text{Note} \leq 7$	10	0.006	
$5 < \text{Note} \leq 6$	59	0.03	
$4 < \text{Note} \leq 5$	186	0.1	
$3 < \text{Note} \leq 4$	1436	0.8	36 km
$2 < \text{Note} \leq 3$	28461	16.2	3847 km
$1 < \text{Note} \leq 2$	69249	39.3	
$0 < \text{Note} \leq 1$	76821	43.6	
Note moyenne		1.2	

Nous remarquons que presque 99 % du réseau possède une note inférieure à 3, par conséquent une partie peu considérable des canalisations d'assainissement présente une performance médiocre.

Nous constatons aussi que les plupart des conduites qui se placent en premier (note supérieure à 4) sont des canalisations du **réseau unitaire tertiaire** (y compris les branchements) en **béton comprimé**, dans **un état sensible** et d'une moyenne d'âge de **60 ans avec un linéaire totale de 7km** .Quant à leur emplacement, nous calculerons la moyenne de note de performance à l'intérieur du périmètre des communes .

Tableau 41 : Note de performance moyenne des conduites par commune⁶

Commune	Note Moyenne	Nombre de conduite
SBATA	5,1	11
ANFA	5,0	5
MAARIF	4,8	20
BEN MSICK	4,8	25
MERS SULTAN	4,7	44
AL FIDA	4,7	33
SIDI BELYOUT	4,7	46
SIDI OTHMANE	4,7	20
SIDI MOUMEN	4,7	2
HAY HASSANI	4,6	19
AIN CHOCK	4,6	18
INCONNU	4,6	4
MOULAY RACHID	4,5	7
SIDI BERNOUSSI	4,5	2
MOHAMMADIA	4,1	3
MECHOUAR	4,0	1

En conclusion, les zones qui présentent une performance faible sont caractérisées par une concentration élevée d'habitations et par leur ancienneté. En effet, face à l'urbanisation massive de la ville de Casablanca, le système d'assainissement est exposé à de nombreux problèmes surtout avec l'imperméabilisation des sols et l'état dégradé du réseau d'assainissement actuel tel que : les conduites qui sont dans un état défectueux, la détérioration de plusieurs branchements.

⁶ Ne concerne que les conduites ayant une note supérieure 4

IV. Résultat du diagnostic

D'après le diagnostic structurel et fonctionnel, nous avons détecté les conduites à faible performance, elles se situent en général dans les zones de concentration d'habitat et les anciens quartiers. Nous avons dévoilé à travers notre analyse, que ces zones sont caractérisées par un nombre élevés de débordements, des volumes importants des eaux usées, ancienneté des conduites, leur état structurel préoccupant et la fréquence des opérations de réhabilitation (curage, renouvellement et réparation).

La dégradation de l'état du réseau dans ces zones apparaît surtout à travers les débordements et les inondations chez les clients et sur la voie publique fréquents et la mauvaise odeur. Mais le problème de la dégradation va au-delà de ces manifestations de nature physique. Il réside dans le fait que les capacités réelles des équipements ne s'avèrent plus compatibles avec les exigences de qualité et les objectifs du service. Ce phénomène traduit l'apparition de nouvelles dynamiques au Grand Casablanca qui affectent le rôle des réseaux et les principes de l'assainissement mettant ainsi en cause les anciennes organisations du système d'assainissement.

En effet, depuis quelques années, le réseau d'assainissement s'est vu attribuer une nouvelle fonction qui n'est plus simplement d'évacuer, de façon continue et rapide, les eaux usées et de les diriger vers la station d'épuration située à l'aval, mais il doit également satisfaire des conditions techniques bien particulières, garantissant l'efficacité des équipements. Précisément, il doit : être étanche ; respecter des obligations précises vis-à-vis du type de rejet qu'il doit recueillir... Or, l'importance de ces exigences techniques n'étant pas reconnue, il n'existait pas, jusqu'à nos jours, de réglementation relative vraiment contraignante.

De ces faits, les anciennes conduites du réseau sont aujourd'hui non conformes avec ces nouvelles directives techniques et ne sont plus capables d'accueillir des volumes d'eaux importants face à l'urbanisation rapide de la capitale économique du Maroc.

Toutefois, l'état général des réseaux à l'échelle du Grand Casablanca ne nous semble pas particulièrement mauvais. La détérioration physique des équipements de réseaux est apparemment peu avancée. En effet, les installations de collecte des eaux usées sont dans leurs majorités relativement jeunes. Elles ne présentent donc pas de symptômes importants de vieillissement.

Néanmoins, l'absence de quelques données sur l'état des équipements à savoir la qualité des eaux usées dans le réseau, l'état structurel et âge de quelques tronçons, nous oblige à rester prudents dans notre conclusion.

Chapitre 3 : Les solutions face à la dégradation

I.Introduction

La dégradation du réseau d'assainissement, telle que nous l'avons définie dans le deuxième chapitre suscite automatiquement la mise en cause du système d'assainissement. En effet, l'état de dégradation, concrétisé par l'incapacité des équipements d'accomplir leurs fonctions, se répercute sur le milieu urbain et entraîne des implications d'ordre socio-économique, qui conduisent forcément à la réorganisation du système d'assainissement, jusqu'à ce que ce dernier retrouve son état d'équilibre.

Nous allons examiner dans ce chapitre les conséquences de la dégradation des équipements de réseaux sur le système d'assainissement. Plus précisément, nous allons déterminer les différentes méthodes d'intervention en tant que remèdes à la dégradation.

Concrètement, nous distinguons deux types de réactions qui peuvent pallier l'état de dégradation du réseau :

- ✓ soit ce sont les finalités associées aux équipements d'assainissement qui se modifient pour s'accorder à la performance effective des ouvrages, par exemple s'orienter vers l'assainissement autonome ou tolérer le dépassement des normes des rejets des industries dans les anciens quartiers ;
- ✓ soit c'est la performance du réseau qui s'améliore et s'adapte aux finalités du système d'assainissement.

Bien évidemment, les effets de ces deux mouvements de régulation sur l'évolution du réseau matériel ne sont pas les mêmes, étant donné qu'ils contribuent différemment au processus de la dégradation. En particulier, le changement des finalités du réseau n'intervient pas sur le phénomène de la détérioration de la structure des équipements, permettant ainsi le développement d'un nouvel état de dégradation. Par contre, l'amélioration de la performance du réseau est cohérente avec l'interruption du processus de la détérioration des équipements.

Dans le cadre de notre étude, nous allons nous intéresser du deuxième mouvement afin d'agir directement sur les défaillances du réseau. Nous allons définir, d'abord, les différentes méthodes, par la suite, nous allons choisir les techniques qui seront effectives pour les dysfonctionnements propres au réseau du Grand Casablanca tout en prenant en compte l'aspect économique.

Nous distinguerons entre les techniques curatives pour le cas des conduites fortement détériorées qui présentent un linéaire de 2 km (Note de performance supérieur à 5 - voir Chapitre 3 II.3.e page 77) et les techniques préventives pour le reste du réseau .

II. L'amélioration de la performance du réseau

Ce type de réponse à la dégradation concerne un ensemble d'interventions qui visent à pallier les effets du mauvais fonctionnement du réseau et à accorder la performance fonctionnelle des équipements aux finalités du système.

Nous distinguons, en particulier, deux types d'opérations qui affectent la performance du réseau : la modification du mode d'usage des équipements et l'intervention sur le réseau proprement dit (sa structure matérielle et son mode de fonctionnement).

a. L'intervention sur le mode d'usage du réseau :

Elle consiste à l'aménagement externe du réseau et comprend :

- ✓ **la modification du milieu environnant des installations** ; ce dernier étant déterminé par la nature du sol aux alentours des canalisations et la nature du trafic de la voirie placée au-dessus des canalisations (on peut, par exemple, interdire la circulation de certains types de véhicules) ;
- ✓ **la modification/contrôle de la fonction d'utilisation des équipements** : par la diminution du volume des rejets déversés dans les canalisations. Il s'agit, en général, du contrôle des eaux pluviales, avant leur rejet dans les collecteurs, au moyen de l'insertion des bassins de retenue et de la rétention-stockage transitoire des eaux de ruissellement (stockage en toiture, utilisation de la chaussée poreuse, etc.). Mais, le contrôle du volume des effluents peut, également, comprendre d'autres formes d'intervention telles que : l'élimination des eaux de captage, c'est-à-dire la mise en conformité des branchements des ménages.

b. L'intervention sur le réseau : réhabilitation

Son objectif est la conservation du réseau (la prolongation de sa vie effective). La réhabilitation comprend alors l'ensemble des opérations qui permettent de rétablir l'état physique des ouvrages et les conditions techniques appropriées pour le bon fonctionnement du réseau.

Nous distinguons, en particulier, deux modes de réhabilitation : **la réhabilitation structurelle** et **la réhabilitation hydraulique**.

i. La réhabilitation structurelle

La réhabilitation structurelle constitue une intervention sur la structure de l'ouvrage qui vise à modifier le réseau matériel pour éliminer les conséquences de la détérioration.

Ce sont en général les opérations de réparation et de renouvellement intégral ou partiel des conduites.

ii. La réhabilitation hydraulique

Il s'agit des opérations qui visent à promouvoir la performance hydraulique des équipements. Ces interventions impliquent des modifications plus ou moins importantes sur la structure matérielle du réseau, mais cela, dans le but d'influencer son fonctionnement.

✓ L'augmentation de la capacité hydraulique du réseau

Ce procédé se base sur cinq types de techniques qui visent : le remplacement, le renforcement du réseau, la transformation du réseau unitaire en un réseau séparatif, la rénovation et le nettoyage-curage du réseau.

Ce sont des interventions régulières mais difficilement réalisables dans le cas des régions déjà urbanisées par manque de place et les coûts de mise en place excessifs.

✓ La diminution du volume des effluents

Nous distinguons deux techniques, qui permettent la diminution du volume des effluents transportés : l'ouverture de déversoirs d'orage hors les périodes pluvieuses et l'élimination des eaux d'infiltration par des travaux de rénovation et remplacement.

III. Proposition de solutions

Nous allons insister sur les solutions de réhabilitation pour notre cas. Plus particulièrement nous nous limiterons aux techniques de rénovation avec intervention interne qui permettent la réparation des ouvrages sans besoin d'excavations importantes. Notre choix est justifié étant donné que ces procédés évitent les travaux d'excavation (chers et laborieux) et limitent les perturbations du trafic et des autres services urbains. C'est exactement le cas du Grand Casablanca puisque la partie dégradée du réseau se place dans une zone fortement urbanisée.

1. Actions curatives

Commençons d'abord par les solutions curatives pour le cas des conduites fortement détériorée (note supérieure à 4- voir Chapitre 3 III.4 ci-dessus en page 107)

Les problèmes majeurs de la partie dégradée du réseau de la Wilaya sont les inondations dues aux volumes importants des eaux, l'âge avancé des conduites, leur état structurel préoccupant et leur bouchage.

a. Tranchées drainantes

Pour réduire les volumes des eaux pluviales, nous proposons la réalisation des tranchées drainantes. Elles correspondent à un ouvrage superficiel (entre 1 et 2 mètres de profondeur), linéaire, utilisé pour l'assainissement pluvial des voiries et de toitures. Elles sont remplies de matériaux poreux (massifs de graviers ou de galets, structure réservoir,...) et revêtues par du gazon et équipées d'un drain en sous-sol.

Cette solution de rétention temporelle des eaux pluviales est intéressante vu ses différents avantages :

- ✓ Bonne intégration paysagère ;
- ✓ Usages multiples possibles : dégradation des polluants, rétention des eaux pluviales, reconstitution des nappes phréatiques ;
- ✓ Coût peu élevé ;
- ✓ Faible emprise foncière.

Tableau 42 : Prix, support d'application et entretien des tranchées drainantes

Coût	Application	Entretien nettoyage
<ul style="list-style-type: none"> - Déplacement d'engin : 3400-4400 DH - Terrassement/évacuation : 110 DH/m³ - Fourniture et pose : 665-1110 DH/m linéaire - Engazonnement : 11-22 DH/m linéaire 	<ul style="list-style-type: none"> - Lotissement - Le long des voiries 	<ul style="list-style-type: none"> - Curage tous les 10 ans - Entretien pour éviter l'encombrement par les feuilles mortes en automne

(FILLIOL, 2016)

Dans le cas du Grand Casablanca, cette technique peut être réalisée même dans les zones fortement habitées, ce qui réduirait les débits de pointes et les volumes d'eaux pluviales qui s'écoulent vers l'exutoire, par conséquent les débordements en période humide diminueront considérablement.

Les drains peuvent être ensuite raccordés au réseau unitaire et dans le cas du réseau séparatif, ils seront raccordés au réseau des eaux pluviales.

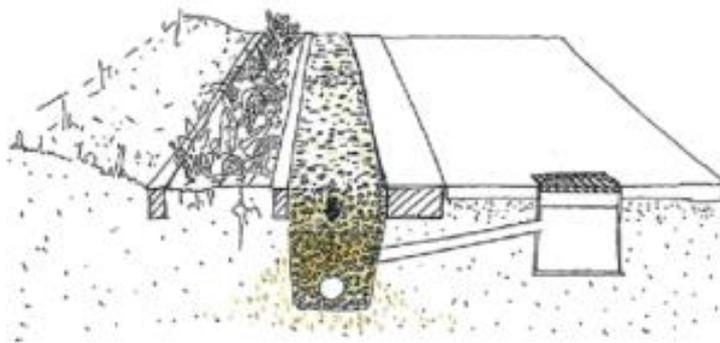


Figure 35 : Schéma d'une tranchée drainante dans le cas de réseau séparatif

b. Réhabilitation

Nous ne tenons pas compte du remplacement classique ni des techniques de rénovation par l'extérieur, on distingue les techniques suivantes (Triantafillou):

- L'éclatement de la canalisation endommagée et son **remplacement par une nouvelle** conduite, posée à l'intérieur.
- La mise en place, à l'intérieur de la canalisation à rénover, d'une nouvelle conduite. Il existe des procédés variés qui se différencient par la nature des matériaux utilisés et leur mode de mise en œuvre. Nous distinguons en particulier deux formes prises par cette technique, qui se concrétisent par les actions suivantes :
 - **Tubage** : insérer (par tractage ou par poussage) dans la canalisation existante une conduite neuve. Après la pose des tuyaux l'espace annulaire résiduel est généralement garni par du coulis de ciment ;
 - **Gainage** : insérer dans la canalisation ancienne une gaine souple enduite sur sa face extérieure d'adhésif, la coller à la paroi interne de la canalisation et la polymériser ;
- **Le revêtement par enduit à base de ciment ou de produits chimiques** : Il existe différents modes de mise en place du revêtement (par compression, centrifugation, pulvérisation manuelle). Pour les canalisations non visitables ce procédé est appliqué à l'aide des machines automatisées (téléguidées).

Les détails de réalisation de chaque technique sont mentionnés dans l'Annexe 9 page 146.

Nous allons évaluer les techniques par rapport à leurs caractéristiques intrinsèques suivantes :

- ✓ **Coût** : Le coût de l'application d'une technique de réhabilitation est déterminé d'une part par le prix et le volume des matériaux utilisés, d'autre part par les conditions de mise en œuvre,
- ✓ **Complexité de la mise en œuvre** : la délicatesse de l'opération, c'est-à-dire l'existence soit d'un risque élevé d'échec, soit d'une difficulté particulière (segments très lourds donc difficiles à manipuler) ; le caractère sophistiqué des opérations, ce qui nécessite un personnel de qualification particulière.
- ✓ **Durabilité** : la résistance au vieillissement du procédé de réhabilitation.
- ✓ **Flexibilité et Solidité mécanique** : Ils dépendent de la nature et les épaisseurs des matériaux utilisés ; l'état initial de la structure matérielle du réseau ; l'interaction entre les matériaux de réhabilitation et l'ouvrage ancien.
- ✓ **Amélioration de la résistance à l'abrasion** : Seulement les procédés de réhabilitation avec intervention systématique sur l'ensemble du tronçon permettent l'amélioration de la résistance à l'abrasion de la canalisation endommagée. La résistance de la conduite rénovée dépend de la nature des matériaux utilisés.

- ✓ **Amélioration de la résistance à l'érosion :** Seulement les procédés de réfection systématique sur l'ensemble du tronçon permettent l'amélioration de la résistance à la corrosion et à l'attaque chimique de la canalisation. Les propriétés de la conduite renouvelée dépendent de la nature des matériaux utilisés.
- ✓ **Etanchéité :** Rendre le réseau étanche signifie éliminer les eaux parasites et les points de fuites.
- ✓ **Capacité hydraulique :** La rénovation ne permet généralement pas l'augmentation de la section du réseau mais elle permet l'amélioration du coefficient de rugosité et, par conséquent, des caractéristiques d'écoulement du réseau.

Tableau 43 : Comparaison des techniques par rapport à leurs caractéristiques

	Remplacement par l'intérieur	Tubage		Gainage	Le revêtement par enduit à base de ciment	Le revêtement par produits plastiques
		Tubage par éléments thermoplastiques	Tubage par éléments rigides			
Coût	Faible	Elevé	Elevé	Elevé	Elevé	Faible
Complexité de la mise en œuvre	Technique relativement simple.	Technique simple. L'assemblage par sondage des éléments est une opération délicate	Opération Facile	Opération compliquée et délicate. Les points des branchements constituent des points faibles avec des risques de décollement de la gaine	Opération relativement complexe. La projection du mortier de ciment par centrifugation est une opération délicate.	Technique délicate, une épaisseur régulière du revêtement étant difficile à obtenir.
Durabilité	30- 40 ans	30- 40 ans	30- 40 ans	30- 40 ans	40 ans sans armature - 50 ans avec armature	5 à 10 ans
Flexibilité	Insuffisante	Bonne	Suffisante. Il faut utiliser des joints souples.	Très bonne	Les canalisations deviennent très rigides	Elle permet aux joints de conserver une certaine souplesse
Solidité mécanique	Bonne	Suffisante. Elle dépend de l'épaisseur des tuyaux. Le garnissage de l'espace annulaire résiduel contribue au renforcement de la structure	Bonne pour les différents matériaux sauf pour le PVC	Bonne	En cas des épaisseurs (50 mm) et d'application d'une armature, la réhabilitation est structurante. Sinon la résistance mécanique est faible.	Dans le cas d'épaisseurs de revêtement important, la résistance est importante.

	Remplacement par l'intérieur	Tubage par éléments thermoplastiques	Tubage par éléments rigides	Gainage	Le revêtement par enduit à base de ciment	Le revêtement par produits plastiques
Amélioration de la résistance à l'abrasion	Très bonne	Très bonne	Bonne pour les différents matériaux sauf pour le PVC	Importante	Faible	Importante
Amélioration de la résistance à la corrosion	Très bonne	Très bonne	Bonne pour les différents matériaux sauf pour le PVC	Importante	Dans le cas des eaux très agressives, on utilise des mortiers de ciment mélangé ou revêtu de résine	Importante
Étanchéité	Bonne, il faut utiliser des joints renforcés	Très bonne. L'existence de nombreux branchements risque de créer des points de fuites et d'infiltration	Bonne. Il faut faire attention au raccordement des branchements	Très bonne. L'ouverture de branchements après la mise en place de la gaine peut affaiblir la capacité d'étanchement de la technique	Faible	Très bonne
Capacité hydraulique	Très bon coefficient de rugosité. Réduction légère de la section	Bon coefficient d'écoulement. Réduction de la section	Amélioration du coefficient de rugosité. Réduction importante de la section	Très bon coefficient d'écoulement. Réduction minimal de la section	Certaine amélioration de la capacité d'écoulement. Dans le cas d'armature, la section diminue.	Amélioration de la capacité hydraulique

En général, ces méthodes présentent plusieurs avantages, mais en comparant leurs caractéristiques, nous avons retenu les plus intéressantes :

- ✓ Remplacement par l'intérieur
- ✓ Tubage par éléments thermoplastiques
- ✓ Gainage

En effet, ces techniques sont les plus intéressantes au regard de l'étanchéité qu'elles confèrent à la canalisation. Ils permettent l'amélioration du comportement des équipements vis-à-vis de phénomènes de corrosion, d'abrasion et de surcharge hydraulique et de faire face à la détérioration physique des équipements, de réparer les défauts de structure des ouvrages et d'améliorer leurs caractéristiques mécaniques.

Par ailleurs, les coûts des techniques de gainage et de tubage par éléments thermoplastiques sont relativement élevés. La mise en œuvre de ces deux techniques est aussi compliquée et laborieuse. Mais il s'agit de procédés d'une durée de vie longue (30 à 40 ans).

En conclusion, ces opérations auront comme objectif d'améliorer l'état des canalisations et diminuer les risques de débordements en augmentant leur capacité hydraulique.

2. Actions préventives

Pour les tronçons qui ne présentent pas de défaillances importantes, des contrôles réguliers et des bonnes pratiques sont recommandés pour éviter le développement d'un nouvel état de dégradation plus poussé. La fréquence de ces opérations dépendra du degré de dégradation.

Pour ce faire, nous proposons les pratiques suivantes :

- **Curage régulier** : Bien que le curage soit une excellente solution pour décaper et décoller les déchets accumulés sur les parois, il faut le réaliser même en absence des dysfonctionnements, le contrôle systématique des canalisations est une solution adaptée pour éviter les ennuis de débordements et les mauvaises odeurs.
- **Inspection télévisée régulière** : dont l'objectif est de détecter des problèmes à titre préventif. Il faut souligner que procéder à ce type de contrôle périodiquement permet de gérer efficacement l'entretien de l'assainissement et d'éviter d'éventuels problèmes à grande échelle.
- **Contrôle d'étanchéité** : afin de garantir le transport de la totalité des eaux usées vers l'exutoire et particulièrement empêcher l'infiltration des eaux parasites.

- **Contrôle des raccordements** : car ces canalisations présentent en général un problème de débordement ce qui peut causer des exfiltrations.
- **Contrôle de la qualité des rejets** : analyser fréquemment les rejets afin d'éviter les phénomènes de corrosion et abrasion des conduites.
- **Réalisation de bassin de rétention** : pour diminuer les débordements dus aux fortes pluies.
- **Les mesures de débits de temps sec et de temps de pluie** : pour éviter les déversements.
- Eviter le raccordement des branchements dans le cas des zones saturées et anciens réseaux.
- Revoir le dimensionnement des canalisations détériorées.

Conclusion

L'assainissement des eaux usées est devenu un impératif de nos jours. En effet, l'accroissement démographique et l'urbanisation s'accompagnent inévitablement d'une production croissante de rejets polluants par conséquent ce système représente un enjeu majeur pour la santé publique et pour le développement durable. A l'échelle mondiale, la gestion du service d'assainissement se trouve au centre de la problématique de l'eau. Ainsi, l'existence d'un système d'assainissement cohérent est nécessaire pour la qualité de l'environnement et de la vie.

La démarche de la gestion patrimoniale est une réponse favorable à cette problématique. En effet, elle permet la prolongation de la durée de vie des infrastructures et l'amélioration de leur performance, à travers une bonne connaissance de l'état fonctionnel et structurel des réseaux d'assainissement.

Dans le cadre de notre projet, qui s'inscrit dans cette même perspective, nous avons déterminé, en premier temps, l'importance de la gestion patrimoniale qui s'appuie sur le diagnostic des anomalies liées à la performance du réseau d'assainissement. Toutefois, ce recensement de dysfonctionnement aura comme objectif la classification des canalisations selon leur état, nous avons donc défini l'analyse multicritère et le choix de la méthode adéquate pour le cas de notre projet.

Nous avons ensuite entamé notre étude et ceci en analysant les critères de diagnostic fonctionnel à l'échelle des sous-bassins du Grand Casablanca puis les critères de diagnostic structurel à l'échelle des canalisations du réseau. A l'aide d'une analyse multicritère, nous avons obtenu une classification de ces conduites suivant leur performance, détectant ainsi les défaillances du réseau.

Pour conclure, nous avons mis en avance quelques pratiques et méthodes d'amélioration de l'état du réseau afin de choisir ceux qui s'adaptent au mieux au cas de notre étude, et ceci en prenant en compte les aspects techniques et économiques de ces méthodes.

Recommandations

Au terme de notre travail de fin d'études, nous recommandons les points suivants :

- **Collecte des données manquantes:** D'après notre étude, nous avons remarqué un manque de donnée portant sur plusieurs tronçons (âge, état structurel), ou sur les industries (qualité des eaux rejetées). Une négligence de ces paramètres peut causer des dysfonctionnements inattendus.
- **Des visites sur terrains :** Il serait intéressant qu'une équipe spécialisée au sein de la LYDEC assure des visites sur terrains pour collecter plus d'informations sur les zones et les conduites à faible performance, selon la démarche que nous avons optée dans le cadre de notre projet de fin d'étude, afin d'établir des solutions et des actions qui minimisent les défaillances du réseau à long terme.
- **La gestion permanente du patrimoine assainissement :** Les gestionnaires du secteur d'assainissement doivent avoir recours à la surveillance permanente de leurs réseaux, afin de maîtriser l'exploitation, optimiser les investissements et garantir la qualité des eaux rejetées au milieu récepteur. Pour ce, il faut adopter la démarche de l'auto-surveillance qui s'appuie sur :
 - **Installation des débitmètres des eaux usées :** Les inondations fréquentes que connaît le Grand Casablanca peuvent être évitées considérablement suite à la mise en place des débitmètres. De plus, notre étude s'est basée uniquement sur la consommation de l'eau potable pour le calcul du volume des eaux usées, ce qui peut induire des erreurs d'interprétation, en effet on néglige le volume des eaux pluviales qui est considérable ;
 - **Les campagnes de prélèvements :** A part les industries, une analyse fréquente des eaux usées est indispensable pour éviter la détérioration des canalisations ;
 - **Le contrôle du réseau :** Effectué des contrôles pour garantir la pérennité des réseaux d'assainissement, et par là même, assurer la protection du milieu naturel, en vérifiant l'étanchéité, la stabilité et l'hydraulicité de ces réseaux ;
 - Le bilan entrée et sortie des stations d'épuration (débits, nature des déchets, DBO5, DCO, analyses) ;
 - Les données pluviométriques :

Bibliographie

- Centre Régional d'Investissement de Casablanca-Settat. (s.d.). Economie du Grand Casablanca.
- Baptiste, J. (2015). *Analyse comparative de méthodes multicritère d'aide à la décision pour le secteur financier*. Toulouse.
- Baticopro. (s.d.). Repérer et réparer les canalisations d'évacuations.
- Dégorgement, A. (s.d.). En quoi consiste le curage des canalisations.
- DEVCO, E. U. (s.d.). Evaluation methodological approach.
- Euromed. (s.d.). Casablanca.
- FILLIOL, T. (2016). *Réflexion sur la prise en compte du changement climatique à Rennes*. Strasbourg.
- GIBELLO, C. (s.d.). *Gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement*.
- LYDEC. (2011). Schémas Directeurs AEP et assainissement du Grand Casablanca.
- LYDEC. (2016). *Rapport Annuel de la Gestion Déléguée*.
- LYDEC. (s.d.). *Hydraulique appliquée au réseau d'assainissement*.
- MAAMMERI, M. L. (s.d.). *Une approche d'aide multicritère à la décision pour l'évaluation du confort dans les trains*.
- P., W. T. (2009-2010). *Maîtrise Sciences et Techniques de l'Eau*.
- Roy, B. (1995). *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*.
- Service Eau France. (s.d.). Les indicateurs des services d'assainissement collectif.
- Triantafillou, C. (s.d.). *LA DEGRADATION ET LA REHABILITATION DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT FRANCE -ANGLETERRE - ETATS-UNIS*.

Annexe

NUM DEMANDE	DATE	X	Y	ELEMENT	ACTION	ANOMALIE	ETAT_TRV	FIN_REEL	DEBUT_REEL
18497878	31-12-2017	288259.450	329977.888	Branchement Ass	Pose	Manque tampon	Realise	03/01/2018 12:20	03/01/2018 12:04
18497856	31-12-2017	301079.215	332689.821	Branchement Ass	Débouchage	Debordement chez le client	Non Realise	31/12/2017 23:00	31/12/2017 22:45
18497847	31-12-2017	288604.543	332811.502	Réseaux Ass	Débouchage	Debordement chez le client	Realise	31/12/2017 22:58	31/12/2017 22:00
18497843	31-12-2017	299028.824	329372.763	Branchement Ass	Inspection	Debordement chez le client	Non Realise	31/12/2017 22:38	31/12/2017 22:25
18497837	31-12-2017	303921.858	336271.133	Branchement Ass	Débouchage	Debordement chez le client	Realise	31/12/2017 22:06	31/12/2017 21:15
18497828	31-12-2017	298148.925	335498.989	Branchement Ass	Inspection	Manque tampon	Necessite autre intervention	31/12/2017 21:34	31/12/2017 21:10
18497828	31-12-2017	298148.925	335498.989	Branchement Ass	Pose	Manque tampon	Realise	04/01/2018 14:00	04/01/2018 13:14
18497815	31-12-2017	291221.363	331936.876	Branchement Ass	Débouchage par minicureuse 2 passage	Debordement chez le client	Non Realise	03/01/2018 14:15	03/01/2018 13:50
18497815	31-12-2017	291221.363	331936.876	Réseaux Ass	Contrôle	Debordement chez le client	Necessite autre intervention	02/01/2018 16:20	02/01/2018 16:00
18497815	31-12-2017	291221.363	331936.876	Branchement Ass	Débouchage	Debordement chez le client	Necessite autre intervention	31/12/2017 20:53	31/12/2017 20:30
18497802	31-12-2017	288596.469	332842.929	Réseaux Ass	Curage	Debordement sur voie public	Realise	01/01/2018 10:45	01/01/2018 08:00

Annexe 1 : Aperçu de la base de données des réclamations des clients

		201703	201704	201705	201706	201707	201708	201709	
ID_SECTEUR	NOMBRE_CLIENT	CONSO	CONSO_TOTALE						
1	2802	41773	22546	23888	36592	28088	29818	42000	224705
2	898	15640	19568	15885	18487	14937	13581	18332	116430
3	980	10597	9497	9994	11128	8670	9765	11373	71024
4	232	3891	2491	3011	3140	2645	2905	3493	21576
5	1171	26221	32738	26548	28229	26082	24680	27527	192025
6	659	7353	5601	5963	8135	6666	6555	6794	47067
7	1033	24323	16607	17479	27018	22149	22507	26347	156430
8	1341	13229	11283	12008	14254	14659	10748	15787	91968
9	1086	28046	9208	10105	25787	11563	9992	24621	119322
10	754	15070	12786	11902	18799	12663	12448	19167	102835
11	1481	12822	12856	13882	13888	10482	11990	14149	90069
12	1318	8271	7222	7869	9547	7888	7782	8850	57429
13	449	13574	12616	14019	15787	13744	15216	15214	100170
14	1476	9494	9437	10384	11869	10469	10135	12364	74152
15	1145	6473	6494	6628	6840	6554	6605	6345	45939
16	1933	11435	12046	12780	13011	11915	12594	12845	86626
17	2501	20895	16777	18026	20524	16848	17739	25223	136032
18	567	13508	7261	8010	17890	8140	7337	36582	98728
19	1971	24736	21748	22290	26613	21052	22064	26660	165163
20	4095	92668	31787	32254	41454	36027	37036	46020	317246

Annexe 2 : Aperçu de la consommation d'eau potable par secteur – Saison sèche

		201701	201702	201710	201711	201712	
NUM_SEC	NOMBRE_CLIENT	CONSO	CONSO	CONSO	CONSO	CONSO	CONSO_TOTALE
1	2802	24127	23524	28322	25863	36941	138777
2	898	15865	16225	15500	16348	17752	81690
3	980	10719	10116	10073	10421	13333	54662
4	232	3713	2368	3453	7141	4515	21190
5	1171	29618	28952	26522	28520	28333	141945
6	659	4798	5431	7087	6544	9148	33008
7	1033	18324	18014	20493	24103	29235	110169
8	1341	11033	13409	12722	15362	13350	65876
9	1086	8465	11099	10268	11265	26501	67598
10	754	12692	12946	12455	13718	15086	66897
11	1481	16755	13549	12857	13988	15355	72504
12	1318	7260	8754	8107	8051	10699	42871
13	449	13094	14642	13703	17910	15054	74403
14	1476	10556	9696	10135	10375	11961	52723
15	1145	6407	6612	6820	6988	7808	34635
16	1933	13055	12518	12682	13737	14382	66374
17	2501	18239	17284	18453	19598	27685	101259
18	567	8131	8173	7636	8064	51086	83090
19	1971	21309	21832	22719	21989	26095	113944

Annexe 3 : Aperçu de la consommation d'eau potable par secteur – Saison humide

Raison sociale	Activité	Date d'enquête	Conformité	PI	EM	H2S air	H2S ouvrage	T	pH in situ	pH labo	Cond	MES	DCO	DBO5
NEW WASH	Dé lavage et Teinturerie industrielle	27-mars-18	NON CONFORME	Oui	Non	0	0	24	6	4,4	5000	720	2256	1342
PROCTER & GAMBLE	Fabrication de désinfectant à usage domestique	25-janv-18	NON CONFORME	Oui	Non	0	0	19	9,3	9,8	7170	270	721	112
LESIEUR	Raffinage d'huile alimentaire et fabrication de savon	08-févr-18	NON CONFORME	Oui	Non	0	0	22	7	6,3	1080	2059	10309	4183
MAROC DECOUPE LASER (EX MONDIAL E CHIMIE)	Commercialisation des produits auxiliaires pour l'industrie textile	12-déc-13	NON CONFORME	Oui	Non	0	0	21	7	7	1838	28	1812	612
Société Marocaine de l'Air Comprimé SMAC	vente et réparation des engins utilisés dans l'air comprimé,	16-nov-17	CONFORME	Oui	Non	0	0	22	6	7,6	4000	73	201	46
CABIND MAROC (ex chimique du nord)	Câblage industriel	05-oct-05	CONFORME			0	0			8,30	1424	240	680	233

Annexe 4 : Aperçu de la base de données des analyses des rejets industriels

Volumes des eaux usées	Hiver	Été	Poids	Matrice B	Matrice C	λ	CI	CR
Hiver	0,17	0,17	0,17	0,3	2	2	0	0
Été	0,83	0,83	0,83	1,67	2			

Débordement sur la voie publique	Hiver	Été	Poids	Matrice B	Matrice C	λ	CI	CR
Hiver	0,83	0,83	0,83	1,67	2	2	0	0
Été	0,17	0,17	0,17	0,33	2			

Débordement chez les clients	Hiver	Été	Poids	Matrice B	Matrice C	λ	CI	CR
Hiver	0,83	0,83	0,83	1,67	2	2	0	0
Été	0,17	0,17	0,17	0,33	2			

Matrice normalisée An	Débordement chez les clients	Débordement sur la voie publique	Volumes des eaux usées	Conformité des rejets industriels	Poids	Matrice B	Matrice C	λ	CI	CR
Débordement chez les clients	0,19	0,16	0,39	0,39	0,28	1,21	4,34	4,27	0,09	0,10
Débordement sur la voie publique	0,74	0,63	0,48	0,39	0,56	2,58	4,60			
Volumes des eaux usées	0,05	0,13	0,10	0,17	0,11	0,44	4,08			
Conformité des rejets industriels	0,03	0,09	0,03	0,06	0,05	0,21	4,06			

Annexe 5 : Détail de calcul des poids et cohérence du jugement - Analyse multicritère du diagnostic fonctionnel

Matrice normalisée An	Etat structurel de la conduite	Age	Les opérations de réparation	Profondeur des nappes phréatiques	Les opérations de curage	Performance fonctionnelle	Les opérations de renouvellement	Poids	Matrice B	Matrice C
Etat structurel de la conduite	0,13	0,22	0,06	0,22	0,07	0,19	0,12	0,14	1,14	7,95
Age	0,04	0,07	0,06	0,13	0,07	0,11	0,12	0,09	0,68	7,91
Les opérations de réparation	0,39	0,22	0,19	0,22	0,59	0,19	0,12	0,27	2,14	7,83
Profondeur des nappes phréatiques	0,03	0,02	0,04	0,04	0,04	0,11	0,12	0,06	0,43	7,56
Les opérations de curage	0,39	0,22	0,06	0,22	0,20	0,19	0,12	0,20	1,56	7,83
Performance fonctionnelle	0,03	0,02	0,04	0,01	0,04	0,04	0,07	0,04	0,28	7,76
Les opérations de renouvellement	0,39	0,22	0,56	0,13	0,59	0,19	0,35	0,35	2,80	8,08

λ	CI	CR
7,85	0,14	0,10

Annexe 6 : Détail de calcul des poids et cohérence du jugement - Analyse multicritère du diagnostic structurel

Annexe 7 : Détail des critères du diagnostic structurel et note de performance globale des tronçons – Note supérieure à 4

Abréviation :

- **E_S** : Etat structurel
- **N_EN** : Nombre d'opérations de renouvellement
- **P_N** : Profondeur moyenne de la nappe phréatique à partir du sol
- **ID_B** : Numéro du bassin (IV.4 page 50)
- **N_REP**: Nombre des opérations de réparation
- **N_CU** : Nombre des opérations de curage

ID	Commune	Longueur	Materiau	Diametre	E_S	AGE	N_REN	P_N	ID_B	N_REP	N_CU	NOTE
16873	ANFA	14,54	Béton Comprimé	300	Sensible	67	6	0	10	1	19	7,778
121518	MAARIF	28,5	Béton Comprimé	400	Sensible	67	4	0	7	1	15	7,746
125939	MAARIF	38,1	Béton Comprimé	400	Sensible	67	2	0	7	3	28	7,586
98720	AL FIDA	46,92	Béton Comprimé	400	Préoccupant	77	2	0	10	2	18	7,358
32339	MERS SULTAN	11,44	Béton Comprimé	400	Sensible	77	2	0	8	1	11	7,002
96124	AL FIDA	44,12	Béton Comprimé	400	Sensible	77	3	0	10	1	9	6,678
122606	SIDI OTHMANE	42,9	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	2	6	5	0	7	6,624
39611	SIDI BELYOUT	16,94	PVC	400	Préoccupant	67	2	0	12	0	11	6,596
154676	AL FIDA	23,28	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	2	0	10	0	11	6,548
26963	BEN MSICK	8,65	Béton Comprimé	300	Préoccupant	58	3	6	0	0	7	6,388
154337	AL FIDA	21,4	Béton Comprimé	400	Acceptable	47	8	0	10	0	19	6,368
71372	MERS SULTAN	25,41	Béton Comprimé	400	Sensible	70	2	0	7	0	22	6,236
149299	MERS SULTAN	27,47	Béton Comprimé	400	Sensible	77	2	0	8	0	20	6,192
68925	MERS SULTAN	20,91	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	3	0	10	0	7	6,148
76058	MERS SULTAN	36,55	CAO	400	Acceptable	37	2	0	10	1	18	6,118
98388	MERS SULTAN	36,63	Béton Comprimé	400	Préoccupant	57	2	0	10	0	10	5,968
164344	SIDI BELYOUT	39,46	Béton Comprimé	600	Sensible	67	2	0	18	0	6	5,932
127544	SIDI BELYOUT	19	Béton Comprimé	400	Sensible	67	2	0	12	1	4	5,926
33714	SIDI BELYOUT	7,73	Béton Comprimé	400	Sensible	67	2	0	12	0	6	5,916
34457	SIDI BELYOUT	7,69	Béton Comprimé	400	Sensible	67	2	0	12	0	6	5,916
119633	SIDI BELYOUT	50,04	Béton Comprimé	500	Sensible	67	2	0	12	0	7	5,916

ID	Commune	Longueur	Matériau	Diamètre	E_S	AGE	N_REN	P_N	ID_B	N_REP	N_CU	NOTE
105988	ANFA	44,66	Béton Comprimé	400	Sensible	67	2	0	7	1	4	5,846
8883	MERS SULTAN	15,49	Béton Comprimé	400	Sensible	77	2	0	7	0	7	5,836
74232	MERS SULTAN	43,02	Béton Comprimé	400	Sensible	67	2	0	7	0	8	5,836
116372	MAARIF	26,75	Béton Comprimé	400	Sensible	67	2	0	7	0	10	5,836
114676	BEN MSICK	30,61	Béton Comprimé	400	Moyen	59	2	6	0	0	6	5,828
116072	BEN MSICK	25,77	Béton Comprimé	400	Moyen	55	2	6	0	0	6	5,828
125194	<Null>	<Null>	Béton Comprimé	400	Moyen	57	2	0	10	0	13	5,808
80770	AL FIDA	37,54	Béton Comprimé	400	Sensible	67	4	0	10	0	1	5,768
79991	HAY HASSANI	-1	Béton Comprimé	400	Moyen	42	2	0	2	0	17	5,764
12544	MERS SULTAN	7,03	CAO	400	Moyen	50	1	0	10	3	19	5,758
75627	MERS SULTAN	34,5	CAO	400	Moyen	50	1	0	10	3	21	5,758
157931	AL FIDA	52,95	Béton Comprimé	400	Acceptable	37	2	0	10	1	8	5,718
25165	BEN MSICK	6,41	Béton Comprimé	300	Préoccupant	59	2	6	0	0	2	5,588
25504	BEN MSICK	4,58	Béton Comprimé	300	Préoccupant	59	2	6	0	0	3	5,588
116518	BEN MSICK	22,29	Béton Comprimé	400	Préoccupant	60	2	6	0	0	3	5,588
90215	AL FIDA	44,75	Béton Comprimé	400	Bon	13	3	0	10	1	9	5,578
128062	AIN CHOCK	35	Béton Comprimé	400	Sensible	67	2	8	0	0	2	5,488
86807	AIN CHOCK	10,06	CAO	400	Moyen	37	2	8	0	0	10	5,468
47431	AL FIDA	0	Béton Comprimé	Inconnu	Moyen	47	3	0	10	0	8	5,408
56170	MOULAY RACHID	41	Béton Comprimé	400	Acceptable	34	3	0	5	0	14	5,364
104734	MOULAY RACHID	34	Béton Comprimé	400	Acceptable	33	3	0	5	0	13	5,364

ID	Commune	Longueur	Matériau	Diamètre	E_S	AGE	N_REN	P_N	ID_B	N_REP	N_CU	NOTE
43925	AL FIDA	14	Béton Comprimé	400	Préoccupant	77	2	0	10	0	3	5,348
154671	AL FIDA	38,35	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	2	0	10	0	2	5,348
154933	AL FIDA	45	Béton Comprimé	400	Préoccupant	77	2	0	10	0	2	5,348
125053	HAY HASSANI	30	Béton Comprimé	600	Moyen	47	4	0	3	0	2	5,34
28512	BEN MSICK	7,32	Béton Comprimé	300	Sensible	54	2	6	0	0	2	5,308
28591	BEN MSICK	6,1	Béton Comprimé	400	Sensible	54	2	6	0	0	2	5,308
24318	SBATA	10,64	Béton Comprimé	300	Moyen	61	2	6	5	0	2	5,264
28020	SBATA	7,51	Béton Comprimé	400	Moyen	61	2	6	5	0	1	5,264
28787	SBATA	6,51	Béton Comprimé	400	Moyen	61	2	6	5	0	1	5,264
108678	SBATA	18,48	Béton Comprimé	300	Moyen	61	2	6	5	0	1	5,264
23212	MERS SULTAN	9,1	Béton Comprimé	400	Sensible	67	0	0	8	4	7	5,232
39796	BEN MSICK	4,85	Béton Comprimé	300	Préoccupant	62	1	6	5	0	6	5,224
94028	AL FIDA	30,02	Béton Comprimé	400	Bon	<Null>	2	0	10	0	15	5,168
27819	AL FIDA	8,94	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	1	0	10	0	11	5,148
123104	MAARIF	21,1	Béton Comprimé	400	Sensible	67	0	0	7	3	14	5,136
46206	SIDI BELYOUT	15,83	Béton Comprimé	400	Sensible	67	2	0	18	0	3	5,132
119248	SIDI BELYOUT	21,06	Béton Comprimé	600	Sensible	67	2	0	18	0	5	5,132
128863	SIDI BELYOUT	35,7	Béton Comprimé	600	Sensible	67	2	0	18	0	5	5,132
164343	SIDI BELYOUT	39,46	Béton Comprimé	600	Sensible	67	2	0	18	0	3	5,132
38196	SIDI OTHMANE	14,6	Béton Comprimé	300	Sensible	67	2	0	5	0	3	5,124
122106	SIDI OTHMANE	20,82	Béton Comprimé	400	Sensible	67	2	0	5	0	5	5,124

ID	Commune	Longueur	Matériau	Diamètre	E_S	AGE	N_REN	P_N	ID_B	N_REP	N_CU	NOTE
145831	SIDI BELYOUT	22,98	Béton Comprimé	400	Sensible	67	2	0	12	0	5	5,116
115996	SBATA	20,89	Béton Comprimé	400	Moyen	50	2	8	5	0	5	5,084
116815	SBATA	49,2	Béton Comprimé	400	Moyen	42	2	8	5	0	5	5,084
122229	SBATA	32,79	Béton Comprimé	400	Moyen	50	2	8	5	0	2	5,084
97278	AL FIDA	26,25	Béton Comprimé	400	Sensible	67	2	0	10	0	3	5,068
65163	MERS SULTAN	27,56	Béton Comprimé	400	Sensible	77	2	0	7	0	5	5,036
91598	MERS SULTAN	32,47	Béton Comprimé	400	Sensible	77	3	0	7	0	4	5,036
91600	MERS SULTAN	25,64	Béton Comprimé	400	Sensible	77	3	0	7	0	5	5,036
113435	SBATA	23,6	Béton Comprimé	400	Moyen	42	2	6	0	0	3	5,028
117168	SBATA	21,5	Béton Comprimé	400	Moyen	50	2	6	0	0	4	5,028
117169	SBATA	22,2	Béton Comprimé	400	Moyen	50	2	6	0	0	4	5,028
35852	BEN MSICK	8,1	Béton Comprimé	300	Préoccupant	58	2	6	0	0	0	4,988
1306	SIDI BELYOUT	8,55	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	0	0	18	1	18	4,972
75707	MERS SULTAN	63,16	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	0	0	8	3	6	4,972
55798	MOULAY RACHID	32,21	Béton Comprimé	400	Acceptable	34	2	0	5	0	6	4,964
108120	MOULAY RACHID	33,4	Béton Comprimé	300	Acceptable	34	3	0	5	0	6	4,964
130254	SIDI BELYOUT	40	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	0	0	12	1	24	4,956
125662	SBATA	33,93	Béton Comprimé	400	Moyen	42	1	5	0	0	15	4,948
34189	SIDI BELYOUT	16,92	Béton Comprimé	300	Sensible	67	1	0	18	0	15	4,932
102221	SIDI BELYOUT	53,77	Béton Comprimé	400	Sensible	67	1	0	18	0	12	4,932
102222	SIDI BELYOUT	54,45	Béton Comprimé	400	Sensible	67	1	0	18	0	13	4,932

ID	Commune	Longueur	Matériau	Diamètre	E_S	AGE	N_REN	P_N	ID_B	N_REP	N_CU	NOTE
141388	MERS SULTAN	51,36	Béton Comprimé	400	Acceptable	31	3	0	10	0	9	4,908
154546	AL FIDA	36,61	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	0	0	10	2	15	4,908
81399	HAY HASSANI	-1	Béton Comprimé	400	Acceptable	34	3	0	15	0	6	4,884
78899	MERS SULTAN	33,03	Béton Comprimé	400	Sensible	67	1	0	10	0	11	4,868
107191	SIDI OTHMANE	25	Béton Comprimé	400	Moyen	61	2	0	5	0	2	4,844
106285	ANFA	40,9	Béton Comprimé	400	Sensible	67	1	0	7	0	11	4,836
637	SIDI BELYOUT	6,94	Béton Comprimé	300	Sensible	67	0	0	18	3	6	4,832
41334	MERS SULTAN	14,99	Béton Comprimé	400	Préoccupant	77	0	0	8	2	14	4,832
53197	<Null>	<Null>	PVC	200	<Null>	8	2	3	<Null>	0	8	4,8
108175	MOULAY RACHID	23,53	CAO	400	Bon	22	3	0	13	1	2	4,798
119655	MAARIF	44	Béton Comprimé	400	Sensible	67	1	0	8	0	11	4,792
93635	AL FIDA	33,36	Béton Comprimé	400	Bon	19	3	0	10	0	8	4,768
15397	HAY HASSANI	15,8	PVC	300	Bon	19	2	0	15	0	6	4,744
82036	HAY HASSANI	18,45	PVC	300	Bon	19	2	0	15	0	6	4,744
71522	MERS SULTAN	34	Béton Précontraint	400	Bon	22	2	0	7	0	7	4,736
122935	MAARIF	52,7	Béton Comprimé	400	Sensible	67	0	0	7	3	10	4,736
121606	MAARIF	39,2	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	1	0	7	2	3	4,726
78650	SIDI MOUMEN	37,1	CAO	400	Bon	13	2	0	17	0	9	4,696
147598	SIDI MOUMEN	42,64	CAO	500	Bon	13	2	0	17	0	9	4,696
26015	SIDI BELYOUT	13,99	Béton Comprimé	400	Sensible	67	0	0	18	1	11	4,692
33769	SIDI BELYOUT	6,79	Béton Comprimé	400	Sensible	67	0	0	18	1	18	4,692

ID	Commune	Longueur	Matériau	Diamètre	E_S	AGE	N_REN	P_N	ID_B	N_REP	N_CU	NOTE
34500	SIDI BELYOUT	15,86	Béton Comprimé	400	Sensible	67	0	0	18	2	11	4,692
126521	SIDI BELYOUT	30,17	Béton Comprimé	400	Sensible	67	0	0	18	1	20	4,692
133045	SIDI BELYOUT	52,3	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	1	0	8	1	4	4,682
118633	SIDI BELYOUT	29	Béton Comprimé	300	Sensible	67	0	0	12	1	13	4,676
130839	SIDI BELYOUT	29	Béton Comprimé	400	Sensible	67	0	0	12	2	31	4,676
148181	MERS SULTAN	38,39	Béton Comprimé	400	Préoccupant	77	1	0	8	0	6	4,672
65920	SIDI OTHMANE	18,32	Béton Comprimé	300	Moyen	61	1	0	5	0	17	4,644
72572	HAY HASSANI	-1	Béton Comprimé	400	Moyen	52	2	0	3	0	2	4,64
69868	MERS SULTAN	54,54	Béton Comprimé	400	Sensible	77	0	0	10	1	14	4,628
120614	MERS SULTAN	50,83	Béton Comprimé	400	Sensible	77	0	0	10	1	23	4,628
56562	AL FIDA	23,51	Béton Comprimé	400	Moyen	57	3	0	10	0	3	4,608
56563	AL FIDA	21,78	Béton Comprimé	400	Moyen	57	3	0	10	0	3	4,608
125193	<Null>	<Null>	Béton Comprimé	400	Moyen	57	2	0	10	0	5	4,608
65600	MERS SULTAN	44,47	Béton Comprimé	400	Sensible	77	0	0	7	1	14	4,596
75013	MERS SULTAN	23,19	Béton Comprimé	400	Sensible	67	0	0	7	1	28	4,596
119259	MAARIF	48	Béton Comprimé	400	Sensible	67	0	0	7	1	28	4,596
118882	BEN MSICK	26,1	Béton Comprimé	400	Moyen	55	0	6	0	1	11	4,588
14097	MERS SULTAN	6,59	Béton Comprimé	400	Moyen	47	2	0	7	0	4	4,576
39699	SIDI BELYOUT	9,47	Coque ciment verre	120	Préoccupant	67	0	0	18	1	6	4,572
152796	SIDI BELYOUT	14,99	Coque ciment verre	120	Préoccupant	67	0	0	18	1	6	4,572
4937	HAY HASSANI	7,05	Béton Comprimé	300	Moyen	57	2	0	20	0	2	4,568

ID	Commune	Longueur	Materiau	Diametre	E_S	AGE	N_REN	P_N	ID_B	N_REP	N_CU	NOTE
135205	HAY HASSANI	45,54	Béton Comprimé	400	Moyen	58	2	0	2	0	4	4,564
55222	MERS SULTAN	63,09	Béton Comprimé	400	Sensible	77	0	0	8	1	17	4,552
75152	MERS SULTAN	35,28	Béton Comprimé	400	Sensible	67	0	0	8	1	43	4,552
149309	MERS SULTAN	33,39	Béton Comprimé	400	Sensible	77	0	0	8	2	15	4,552
85226	SIDI BERNOUSSI	35,2	Béton Comprimé	400	Moyen	47	2	0	25	0	2	4,54
90674	SIDI BERNOUSSI	52,86	Béton Comprimé	400	Moyen	52	2	0	25	0	1	4,54
125771	SIDI OTHMANE	30,37	Béton Comprimé	500	Sensible	67	1	0	5	1	3	4,534
120047	MAARIF	20,74	PVC	200	Bon	17	0	0	8	4	38	4,532
148500	AIN CHOCK	10,06	CAO	400	Acceptable	37	2	8	0	0	1	4,528
32752	SIDI OTHMANE	7	Béton Comprimé	300	Sensible	67	2	0	5	0	0	4,524
51853	SIDI OTHMANE	26,5	Béton Comprimé	300	Sensible	67	1	0	5	0	7	4,524
109586	SIDI OTHMANE	49,12	Béton Comprimé	400	Acceptable	41	2	0	5	0	1	4,524
116394	SIDI OTHMANE	21,5	Béton Comprimé	300	Sensible	67	1	0	5	0	7	4,524
34789	SIDI BELYOUT	17	Béton Comprimé	400	Sensible	67	1	0	12	0	7	4,516
34810	SIDI BELYOUT	6	Béton Comprimé	400	Sensible	67	1	0	12	0	6	4,516
117602	HAY HASSANI	19,53	Béton Comprimé	400	Sensible	67	1	0	3	0	7	4,5
75014	MERS SULTAN	23,19	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	0	0	7	1	9	4,476
11503	AL FIDA	8,46	Béton Comprimé	400	Sensible	67	1	0	10	0	10	4,468
39328	ANFA	3,45	Béton Comprimé	300	Sensible	67	1	0	10	0	7	4,468
80680	MERS SULTAN	55	CAO	400	Sensible	67	1	0	10	0	8	4,468
95248	AL FIDA	46,05	Béton Comprimé	400	Sensible	77	1	0	10	0	7	4,468

ID	Commune	Longueur	Matériau	Diamètre	E_S	AGE	N_REN	P_N	ID_B	N_REP	N_CU	NOTE
121519	MAARIF	40,2	Béton Comprimé	400	Sensible	67	1	0	7	1	4	4,446
82606	HAY HASSANI	-	Béton Comprimé	400	Moyen	52	1	0	3	0	19	4,44
113024	MAARIF	22	Béton Comprimé	400	Sensible	67	1	0	7	0	7	4,436
141070	MERS SULTAN	39,47	Béton Comprimé	400	Sensible	67	1	0	7	0	10	4,436
1185	BEN MSICK	9,4	Béton Comprimé	300	Préoccupant	63	1	6	5	0	2	4,424
29806	BEN MSICK	17,19	Béton Comprimé	400	Préoccupant	63	1	6	5	0	2	4,424
119070	BEN MSICK	18,48	Béton Comprimé	400	Préoccupant	63	1	6	5	0	2	4,424
121611	SIDI OTHMANE	21,19	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	1	6	5	0	1	4,424
90487	AIN CHOCK	39,5	CAO	400	Préoccupant	67	0	0	9	2	10	4,42
79749	AIN CHOCK	25,44	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	1	5	1	0	1	4,412
71877	AL FIDA	23,1	Béton Comprimé	400	Moyen	57	1	0	10	0	13	4,408
76745	MERS SULTAN	38,96	Béton Comprimé	400	Moyen	47	1	0	10	0	12	4,408
155051	AL FIDA	35	Béton Comprimé	400	Moyen	47	1	0	10	0	14	4,408
164568	AL FIDA	24,56	Béton Comprimé	400	Moyen	42	1	0	10	0	12	4,408
104594	SIDI BELYOUT	19,66	Béton Comprimé	300	Sensible	67	1	0	8	0	7	4,392
149300	MERS SULTAN	23,55	Béton Comprimé	400	Sensible	77	1	0	8	0	8	4,392
30744	AIN CHOCK	3,6	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	1	6	0	0	2	4,368
30746	AIN CHOCK	13,12	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	1	6	0	0	1	4,368
114054	AIN CHOCK	20,5	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	1	5,5	0	0	1	4,368
121503	AIN CHOCK	23,31	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	1	6	0	0	1	4,368
86275	AIN CHOCK	14,85	Béton Comprimé	400	Moyen	42	1	6	1	2	3	4,362

ID	Commune	Longueur	Materiau	Diametre	E_S	AGE	N_REN	P_N	ID_B	N_REP	N_CU	NOTE
4226	AIN CHOCK	16,58	Béton Comprimé	300	Moyen	42	2	6	1	0	0	4,352
83262	AIN CHOCK	14,85	Béton Comprimé	400	Moyen	42	2	6	1	0	0	4,352
83263	AIN CHOCK	14,85	Béton Comprimé	400	Moyen	42	2	6	1	0	0	4,352
74573	MERS SULTAN	32,69	Béton Comprimé	400	Moyen	47	1	0	8	0	11	4,332
72844	MERS SULTAN	36,7	CAO	400	Acceptable	37	1	0	10	1	7	4,318
86187	AIN CHOCK	38,39	Béton Comprimé	400	Bon	31	2	6	1	0	2	4,312
120371	SIDI OTHMANE	34,99	Béton Comprimé	400	Sensible	67	0	6	5	0	11	4,294
120980	SIDI OTHMANE	43,71	Béton Comprimé	400	Sensible	67	0	6	5	0	11	4,294
123969	SIDI OTHMANE	97,88	CAO	400	Sensible	67	0	6	5	0	13	4,294
32290	SIDI BELYOUT	7	Béton Comprimé	400	Sensible	67	0	0	18	1	6	4,292
34709	SIDI BELYOUT	4,67	Béton Comprimé	300	Sensible	67	0	0	18	1	6	4,292
34817	SIDI BELYOUT	5,3	Béton Comprimé	400	Sensible	67	0	0	18	1	6	4,292
34818	SIDI BELYOUT	3	Béton Comprimé	400	Sensible	67	0	0	18	1	6	4,292
38971	SIDI BELYOUT	7,67	Amiante ciment	300	Sensible	67	0	0	18	2	7	4,292
104229	SIDI BELYOUT	48,09	Béton Comprimé	400	Sensible	67	0	0	18	1	10	4,292
118093	SIDI BELYOUT	42,1	Béton Comprimé	400	Sensible	67	0	0	18	1	8	4,292
130929	SIDI BELYOUT	46,9	Béton Comprimé	400	Sensible	67	0	0	18	1	8	4,292
153371	SIDI BELYOUT	22,1	Béton Comprimé	400	Sensible	67	0	0	18	1	8	4,292
94340	HAY HASSANI	81,13	Béton Comprimé	400	Sensible	<Null>	1	0	2	0	19	4,284
119743	SIDI BELYOUT	29,4	Béton Comprimé	400	Sensible	67	0	0	12	1	7	4,276
130907	SIDI BELYOUT	22,52	Béton Comprimé	400	Sensible	67	0	0	12	2	10	4,276

ID	Commune	Longueur	Matériau	Diamètre	E_S	AGE	N_REN	P_N	ID_B	N_REP	N_CU	NOTE
50692	MAARIF	27,3	PVC	200	Bon	17	0	0	18	4	6	4,272
24369	AIN CHOCK	5,75	Béton Comprimé	300	Préoccupant	67	0	5	0	0	8	4,238
24370	AIN CHOCK	10,7	Béton Comprimé	300	Préoccupant	67	0	5	0	0	8	4,238
25175	BEN MSICK	8,79	Béton Comprimé	300	Sensible	62	0	6	0	0	12	4,238
51968	ANFA	28,04	Béton Comprimé	Inconnu	Sensible	67	0	0	10	1	10	4,228
73850	MERS SULTAN	38,5	CAO	400	Sensible	67	0	0	10	1	10	4,228
80679	MERS SULTAN	33,5	CAO	400	Sensible	67	0	0	10	1	8	4,228
81990	HAY HASSANI	34,36	Béton Comprimé	300	Moyen	37	2	0	20	0	2	4,208
138533	HAY HASSANI	27,78	Béton Comprimé	400	Moyen	37	3	0	20	0	4	4,208
102838	MAARIF	22,05	Béton Comprimé	400	Sensible	67	0	0	7	2	10	4,196
102840	MAARIF	51	Béton Comprimé	400	Sensible	67	0	0	7	2	10	4,196
120084	MERS SULTAN	27,63	Béton Comprimé	400	Sensible	77	0	0	7	1	10	4,196
126006	MAARIF	33,6	Béton Comprimé	400	Sensible	67	0	0	7	2	6	4,196
1855	BEN MSICK	9,8	Béton Comprimé	300	Préoccupant	63	0	7,142857	5	0	8	4,174
26134	BEN MSICK	10,42	PVC	300	Préoccupant	63	0	6	5	0	9	4,174
29714	BEN MSICK	13,6	Béton Comprimé	300	Préoccupant	63	0	6	5	0	6	4,174
30916	BEN MSICK	10,3	Béton Comprimé	300	Préoccupant	63	0	6	5	0	7	4,174
31577	SIDI OTHMANE	17	CAO	400	Préoccupant	67	0	6	5	0	10	4,174
122304	BEN MSICK	18	Béton Comprimé	400	Préoccupant	63	0	6	5	0	8	4,174
122306	BEN MSICK	19,1	Béton Comprimé	400	Préoccupant	63	0	6	5	0	6	4,174
123045	SIDI OTHMANE	42,24	Béton Comprimé	300	Préoccupant	67	0	6	5	0	7	4,174

ID	Commune	Longueur	Matériau	Diamètre	E_S	AGE	N_REN	P_N	ID_B	N_REP	N_CU	NOTE
72341	AL FIDA	44,92	PVC	400	Moyen	47	0	0	10	1	16	4,168
160034	AL FIDA	42	Béton Comprimé	400	Moyen	57	0	0	0	1	17	4,168
104327	MOULAY RACHID	27	Béton Comprimé	400	Acceptable	33	2	0	5	0	2	4,164
129662	SIDI BELYOUT	52,3	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	0	0	18	0	12	4,162
24071	SIDI OTHMANE	10,55	Ciment	400	Préoccupant	67	0	0	5	0	11	4,154
103865	SIDI BELYOUT	36,1	Béton Comprimé	400	Sensible	67	0	0	8	1	6	4,152
117165	BEN MSICK	25,19	CAO	400	Sensible	63	1	6	5	0	2	4,144
122479	SIDI OTHMANE	18,7	Béton Comprimé	400	Sensible	67	1	6	5	0	1	4,144
122992	BEN MSICK	43,81	Béton Comprimé	400	Sensible	63	1	6	5	0	2	4,144
14329	MOHAMMEDIA	11,52	Amiante ciment	300	Sensible	87	1	5	6	0	3	4,12
39797	BEN MSICK	4,74	Béton Comprimé	300	Préoccupant	62	0	6	0	0	6	4,118
102950	MOHAMMEDIA	28,16	CAO	300	Moyen	37	2	5	6	0	0	4,1
27584	MAARIF	7,6	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	0	0	10	0	24	4,098
115462	AL FIDA	41,79	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	0	0	10	0	12	4,098
144958	AL FIDA	44,84	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	0	0	10	0	24	4,098
148732	AL FIDA	23,13	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	0	0	10	0	13	4,098
161275	AL FIDA	31,35	Béton Comprimé	600	Préoccupant	67	0	0	10	0	12	4,098
162297	AL FIDA	45,71	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	0	0	10	0	27	4,098
162298	AL FIDA	48,94	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	0	0	10	0	16	4,098
28141	BEN MSICK	14,68	Béton Comprimé	400	Sensible	62	1	6	0	0	2	4,088
114235	AIN CHOCK	27,95	Béton Comprimé	400	Sensible	67	1	6	0	0	1	4,088

ID	Commune	Longueur	Matériau	Diamètre	E_S	AGE	N_REN	P_N	ID_B	N_REP	N_CU	NOTE
141987	MERS SULTAN	108,73	Béton Comprimé	400	Sensible	37	0	0	10	1	25	4,088
72706	HAY HASSANI	-	Béton Comprimé	400	Acceptable	34	2	0	15	0	1	4,084
72991	HAY HASSANI	-	Béton Comprimé	300	Acceptable	34	2	0	15	0	1	4,084
86232	HAY HASSANI	48,45	CAO	400	Acceptable	33	2	0	15	0	1	4,084
9342	AIN CHOCK	4,85	Béton Comprimé	300	Moyen	37	2	8	0	0	0	4,068
62424	HAY HASSANI	29,65	Béton Comprimé	400	Acceptable	37	2	0	20	0	2	4,068
69608	HAY HASSANI	40	Béton Comprimé	300	Acceptable	37	3	0	20	0	4	4,068
81991	HAY HASSANI	26,27	Béton Comprimé	300	Acceptable	37	2	0	20	0	2	4,068
31313	MAARIF	5,55	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	0	0	7	0	26	4,066
32707	MAARIF	15	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	0	0	7	0	26	4,066
50704	MAARIF	26	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	0	0	7	0	20	4,066
77368	MERS SULTAN	52,64	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	0	0	7	0	15	4,066
80592	MERS SULTAN	31,69	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	0	0	7	0	16	4,066
89386	MERS SULTAN	18,72	Béton Comprimé	400	Préoccupant	77	0	0	7	0	15	4,066
124534	MERS SULTAN	34,86	Béton Comprimé	400	Préoccupant	77	0	0	7	0	11	4,066
144737	MAARIF	27	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	0	0	7	0	17	4,066
128594	MOHAMMEDIA	29,53	Béton Comprimé	300	Préoccupant	77	0	9	6	0	6	4,03
111925	MOULAY RACHID	27	Béton Comprimé	400	Moyen	43	1	0	13	0	7	4,028
130504	MERS SULTAN	36,76	Béton Comprimé	400	Préoccupant	77	0	0	8	0	11	4,022
149291	MECHOUAR	72,32	Béton Comprimé	400	Préoccupant	77	0	0	8	0	11	4,022
32855	SIDI BELYOUT	10,43	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	1	0	18	0	3	4,012

ID	Commune	Longueur	Matériau	Diamètre	E_S	AGE	N_REN	P_N	ID_B	N_REP	N_CU	NOTE
124419	SIDI BELYOUT	38,27	Béton Comprimé	150	Préoccupant	67	1	0	18	0	3	4,012
124744	SIDI BELYOUT	31,4	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	1	0	18	0	1	4,012
127871	SIDI BELYOUT	20,6	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	1	0	18	0	4	4,012
99380	AL FIDA	17,81	Béton Comprimé	400	Moyen	47	1	0	10	0	8	4,008
102696	AL FIDA	20,5	Béton Comprimé	400	Moyen	47	1	0	10	0	6	4,008
31471	SIDI OTHMANE	8,17	Béton Comprimé	400	Préoccupant	67	1	0	5	0	4	4,004
123537	SIDI OTHMANE	34,2	Béton Comprimé	500	Préoccupant	67	1	0	5	0	2	4,004

NUM BASSIN	NOM	SURFACE (m ²)	NOMBRE CLIENT	Client/m2
0	Collecteur Ouest - Mediouna	6243843,44	60507	0,00969067
1	Collecteur Ouest - Randet	7005907,33	37486	0,00535063
2	Collecteur Ouest - Doumergue-OER	5754738,45	36853	0,00640394
3	Collecteur Ouest - Azemmour	2422882,03	7026	0,00289985
4	Collecteur Ouest - Crete Polo	1106531,96	1694	0,00153091
5	Collecteur Ouest - Joulane-Mabrouka	9617803,42	83509	0,00868275
6	Mohammedia	15281734,2	61581	0,00402971
7	Collecteur Joffre	6735589,34	70688	0,0104947
8	Collecteur Phosphates	9965048,13	74475	0,00747362
9	Collecteur Ouest - Sidi Maarouf-Bouskoura	12875936,3	41551	0,00322703
10	Collecteur Ouest - Autres	12258454	74962	0,00611513
11	Collecteur Ain Sebaa	2952147,03	7366	0,00249513
12	Collecteur Gounod	1608969,68	16130	0,01002505
13	Collecteur Gergovie	8494821,02	55295	0,00650926
14	Collecteur Olivier	437082,21	138	0,00031573
15	Ain Diab - Hay Hassani	9593594,71	32927	0,00343219
16	Collecteur Ouest - Californie	2582432,83	3839	0,00148658
17	Collecteur Est	20894266,3	114761	0,00549246
18	Collecteur Delure	3095089,92	30641	0,00989987
19	Collecteur Ouest - Guerrero	1895152,6	13931	0,00735086
20	Collecteur Ouest - Oulfa-Carriere Schneider	1890832,89	18354	0,00970683
21	Collecteur Ouest - Riviera	4276524,43	10865	0,00254061
22	AUDA	4308155,71	2949	0,00068452
23	Collecteur Ouest - Nassim	3222805,24	8050	0,00249782
24	Collecteur Bernoussi provisoire Sidi Moumen HA	5557012,24	45354	0,00816158
25	Collecteur Bernoussi	9951750,49	44847	0,00450644

Annexe 8 : Nombre de client des sous-bassins versant par unité de surface

Annexe 9 : Techniques de réhabilitation

1. Remplacement par l'intérieur

Cette technique consiste à faire éclater, à l'aide d'une tête de cône extensible, la conduite existante. L'éclate tuyau (cône) peut être soit poussé, soit tiré à l'intérieur de la canalisation à remplacer. Il permet le remplacement des canalisations de diamètre nominal 100 à 1000 mm. L'ensemble des tuyaux neufs est mis en place dans la continuité de l'éclate tuyau (fusée) qui détruit l'ancienne conduite à l'avancement et repousse les débris dans le terrain environnant (éclatement statique ou dynamique). Il est ainsi possible de mettre en place des tubes de section nominale identique voire même supérieure. L'assemblage se fait ensuite de façon mécanique ou par soudage.



Figure 36 : Principe du renouvellement des conduites par remplacement par l'intérieur

2. Tubage par éléments thermoplastiques (Sliplining)

Ce procédé, qui est actuellement largement répandu et testé, consiste à faire glisser dans la canalisation existante une conduite neuve, flexible, d'une longueur considérable et d'un diamètre légèrement inférieur, en matériau polyoléfine thermoplastique.

L'assemblage des tuyaux thermoplastiques se fait par thermosoudage. Cette opération consiste, avec un miroir chauffant, à amener les extrémités à joindre à une température de plastification ($200^{\circ}\text{C} + 10^{\circ}\text{C}$) puis, par rapprochement sous faible pression à obtenir une soudure.

Le matériau le plus couramment utilisé pour cette technique est le polyéthylène (PE). Il existe deux méthodes d'introduction : par tractage, qui est la méthode la plus courante et par poussage.



Figure 37 : Les tubes préformés pour Sliplining

3. Tubage par éléments rigides

Cette technique consiste à insérer dans l'ancienne canalisation d'éléments de petites dimensions en matériaux rigides assemblés par plusieurs procédés tels que le collage, le manchonnage, le vissage, l'emboîtement par joints flexibles.

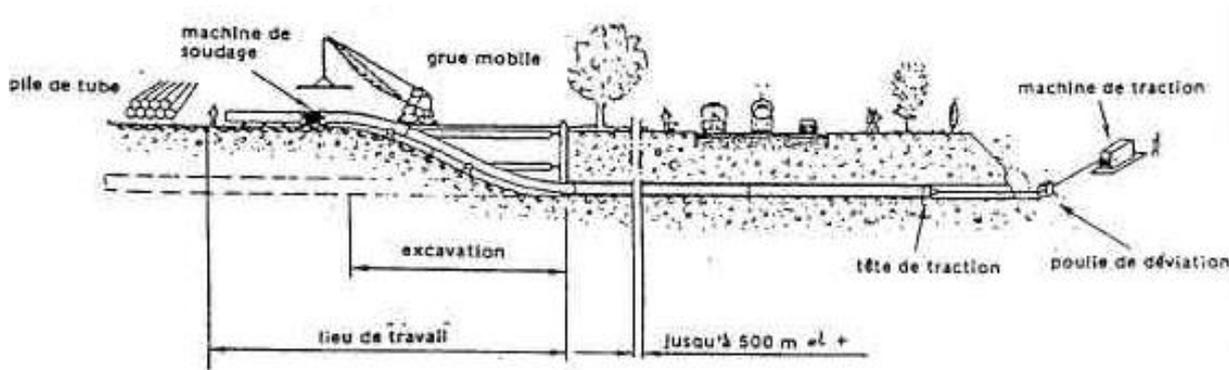


Figure 38 : Traction en continu d'un tubage long

4. Gainage

On distingue deux techniques :

- **Gainage INSITUFORM** : Cette technique consiste à introduire dans la canalisation à rénover une gaine souple par la méthode d'inversion, la plaquer contre la paroi et à la rendre dure et adhérente in-situ. Progressivement, la colonne d'inversion est remplie d'eau froide, ce qui provoque le déploiement de la gaine dans la conduite. La souplesse de la gaine lui permet d'épouser parfaitement la forme de la canalisation.
- **Gainage COPEFLEX** : cette technique consiste à introduire, par tractage dans la canalisation à rénover, une gaine souple enduite sur sa face extérieure d'adhésif, puis à la coller à la paroi interne de la canalisation (par pression d'air) et à la polymériser.

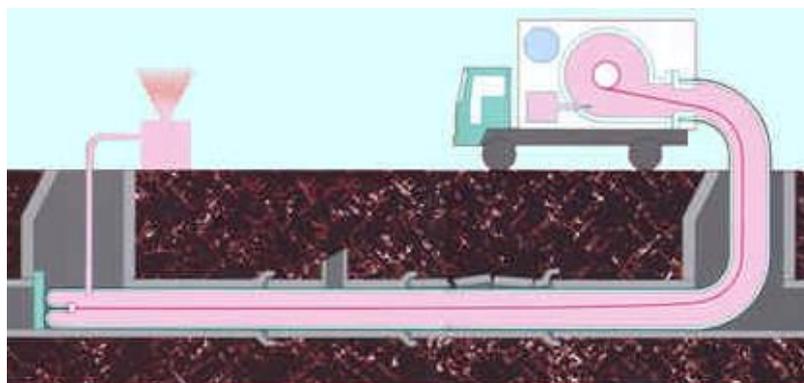


Figure 39 : Schéma de principe de gainage

5. Revêtement interne par enduit ciment

La technique consiste à appliquer sur la surface interne de la canalisation un enduit à base de ciment.

On distingue principalement trois techniques de mise en place du revêtement :

- **par compression** : Une masse de mortier de ciment est introduite à l'intérieur de la canalisation, puis poussée par un outil enduiseur tracté à faible vitesse
- **par centrifugation** : le mortier de ciment est projeté avec force sur les parois par une machine rotative
- **par pulvérisation manuelle** : Cette méthode est uniquement utilisable dans les ouvrages visitables.

6. Revêtement par produits plastiques

Cette technique consiste à appliquer sur la surface interne de la canalisation un revêtement synthétique d'épaisseur réduite. L'objectif de la technique de rénovation est de protéger la conduite contre la corrosion, l'abrasion tout en assurant une certaine étanchéité.

Il peut être réalisé par :

- Revêtement par centrifugation
- Revêtement à l'aide d'une brosse rotative : Le produit est refoulé à l'aide d'une machine formée de bras et de brosses rotatives
- Revêtement par pulvérisation manuelle