

INTRODUCTION GÉNÉRALE

CHAPITRE I :
POLITIQUE DE
RÉHABILITATION EN
ALGÉRIE ET ÉTAT
DE L'ART

CHAPITRE II :

MÉTHODOLOGIE DE RÉHABILITATION DES RÉSEAUX D'EAU POTABLE EN ALGÉRIE

CHAPITRE III:

ÉTUDE DE CAS : APPLICATION DE L'OUTIL MÉTHODOLOGIQUE SUR LE SECTEUR TALA ALAM DE TIZI-OUZOU

CONCLUSION GÉNÉRALE

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abderrahmane MIRA de Bejaia



Faculté de Technologie
Département d'Hydraulique
Laboratoire de Recherche en Hydraulique Appliquée et Environnement (LRHAE)

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par :

MESSAOUDENE Mayes

RABIA Aghiles

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

INTITULE :

**Problématique de réhabilitation des conduites du
réseau de distribution d'eau potable
Cas du secteur Tala Alam - wilaya Tizi Ouzou**

Soutenu le : 12/10/2020 devant le jury composé de :

Président : Mr IKNI T.

Promoteur : Mr HAMCHAOU S.

Co-Promotrice : M^{me} BOUCHRAKI F.

Examineur : Mr BEDJOU A.

Année Universitaire : 2019/2020

Remerciements

Avant tout propos, nous remercions « Dieu » le tout puissant de nous avoir donné la force et le courage pour élaborer notre projet de fin d'étude.

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui nous voudrions témoigner toute notre reconnaissance.

Nous voudrions tout d'abord adresser toute notre gratitude à notre promoteur Mr HAMCHAOUI Samir et Mme BOUCHERAKI Faiza pour leur patience, disponibilité et surtout leurs judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion.

Nous désirons aussi remercier Mr BELKADI Younes qui nous a fourni toutes les données nécessaires afin de réaliser ce modeste travail.

Nous tenons aussi à remercier nos familles qui ont toujours été derrière nous et aussi pour leur confiance et leur apport moral et intellectuel.

Dédicaces

RABIA Aghiles

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont très chers,

A MA MERE ET A MON PERE

Aucune dédicace ne serait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour vous et pour les sacrifices que vous avez consentis pour mon instruction et mon bien être.

Je vous remercie du fin fond du cœur pour le soutien, la confiance et l'amour que vous me portez depuis mon enfance malgré les circonstances défavorables, j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices. Puisse Dieu, le tout puissant vous accorde la santé, le bonheur et longue vie

A ma chère petite sœur **Thilleli** qui m'a toujours soutenue, que dieu la protège et lui accorde le bonheur et beaucoup de succès dans sa vie.

A toute la famille **RABIA** et la famille **ARAB**

A mes chers amis avec qui j'ai vécu mon enfance et partager les meilleurs souvenirs de ma vie particulièrement : **Saïd SEDDIKI, Salah SI LARBI et Simoh RABIA.**

A mon cher ami **MESSAOUDENE Mayes** avec qui j'ai passé des moments agréables pendant mes années d'étude à Bejaia.

TANMIRT-NWEN

Dédicaces

MESSAOUDENE Mayes

Je remercierais toutes personnes concernées en vive voix .

TANMIRI-NWEN

LISTE DES ABREVIATIONS

ABH : Agences de Bassins Hydrographiques

ANRH : Agence Nationale des Ressources en Eau

ANBT : Agence Nationale des Barrages et Transfert

ADE : Algérienne Des Eaux

ONA : Office National de l'Assainissement

ONI : Office National de l'Irrigation

DRE : Direction des Ressources en Eau

SEAAL : Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger

SEACO : Société des Eaux et de l'Assainissement de Constantine

SEOR : Société des Eaux d'Oran

AEP : Alimentation En Eau Potable

ELECTRE : **E**limination **E**t **C**hoix **T**raduisant la **R**éalité

PROMETHEE : **P**reference **R**anking **O**rganisation **M**ethod for **E**nrichment **E**valuations

AHP : Analytic Hierarchy Process

TOPSIS : Technique for Order by Similarity to Ideal Solution

WSM : (Weight Sum Method)

PEHD : PolyEthylène Haute Densité

FD : Fonte ductile

ANP : Analytic Network Process

GP : Goal Programming

WDS : Wireless Distribution System

WDSR : Wet Direct-Seeded Rice

Liste des figures

Chapitre I

Figure I.1	Bassins hydrographique de l'Algérie (Morgan Mozas & Alexis Ghosn, 2013).....	06
Figure I.2	Organigramme du secteur des ressources en eau en Algérie.....	08
Figure I.3	Priorisation des zones et des tronçons du réseau Anytown.....	19

Chapitre II

Figure II.1	Méthodologie adoptée pour la priorisation de la réhabilitation.....	23
Figure II.2	Problématique du choix (MOUSSEAU, 1993).....	24
Figure II.3	Problématique du tri (MOUSSEAU, 1993).....	25
Figure II.4	Problématiques du rangement (MOUSSEAU, 1993).....	25
Figure II.5	Problématique de description (MOUSSEAU, 1993).....	26
Figure II.6	Exemple d'une structure hiérarchique.....	33

Chapitre III

Figure III.1	Chaine côtière.....	40
Figure III.2	Massif central.....	41
Figure III.3	Djurdjura.....	41
Figure III.4	Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN.....	44
Figure III.5	Réservoir de Tala Alam.....	45
Figure III.6	Réseau de distribution de Tala Alam.....	47
Figure III.7	La variation du poids pour chaque critère.....	55

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau I.1	Bassins versants par bassins hydrographique.....	06
--------------------	--	----

Chapitre II

Tableau II.1	Différentes variantes d'ELECTRE.....	29
Tableau II.2	Différentes variantes de PROMETHEE (EMMANUELLE, 2016).....	30
Tableau II.3	Matrice de comparaison par paire de SAATY.....	33
Tableau II.4	Echelle de valeur de comparaison de SAATY.....	34
Tableau II.5	Table des indices aléatoires de SAATY.....	35
Tableau II.6	Table des ratios de cohérence acceptables de SAATY.....	35

Chapitre III

Tableau III.1	Caractéristique des reliefs de la wilaya de Tizi-Ouzou.....	42
Tableau III.2	Précipitation et humidité de la wilaya de Tizi-Ouzou année.....	43
Tableau III.3	Variation des températures moyennes, minimales et maximales de l'année.....	43
Tableau III.4	Température et précipitation moyenne.....	44
Tableau III.5	Linéaire des conduites.....	46
Tableau III.6	Classement des critères.....	48
Tableau III.7	Comparaison par paire des critères.....	48
Tableau III.8	Matrice de comparaison binaire.....	50
Tableau III.9	Addition des valeurs de chaque colonne.....	50
Tableau III.10	Résultat de division.....	51
Tableau III.11	Calcul de la moyenne de chaque ligne.....	51
Tableau III.12	Résultats de priorisation.....	52
Tableau III.13	Vecteur priorité utilisée comme facteur.....	52
Tableau III.14	Calcul des colonnes pondérées.....	53
Tableau III.15	La somme pondérée.....	53
Tableau III.16	Résultat de la division.....	54
Tableau III.17	Echelle aléatoire de SAATY.....	55
Tableau III.18	Classement des tronçons à réhabiliter du secteur Tala Alam.....	56

SOMMAIRE

Liste des abréviations	I
Liste des figures	II
Liste des tableaux	III
 Introduction générale	 02
 Chapitre I : Politique de réhabilitation en Algérie et état de l'art	
I.1. Introduction	05
I.2. Politique de l'eau en Algérie.....	05
I.2.1 Assises national de l'eau.....	05
I.2.2 Création des Agences de Bassin Hydrographique (ABH).....	06
I.2.3 Création du Ministère des ressources en Eau.....	07
I.2.4 Création de l'Algérienne Des Eaux.....	09
I.2.5 Code des eaux.....	09
I.2.6 Plan national de l'eau.....	10
I.3. Problématique de la gestion de l'Algérie.....	11
I.3.1 Constat.....	11
I.3.2 Aspect freinant le développement du service d'eau potable des villes Algériennes.	12
I.3.2.1 Exode démographie et urbanisation rapide.....	12
I.3.2.2 Financement limité.....	12
I.3.3. Actions de développement orientées vers l'alimentation en eau potable.....	13
I.4. Réhabilitation.....	14
I.4.1 Définition.....	14
I.4.2 Techniques de réhabilitation.....	14
I.5. Politique de réhabilitation en Algérie.....	14
I.6. Etat de l'art.....	15
I.6.1 Etude 1.....	15
I.6.2 Etude 2	16
I.6.3 Etude 3	18
I.7. Conclusion.....	19

Chapitre II : Méthodologie de réhabilitation des réseaux d'eau potable en Algérie

II.1. Introduction.....	22
II.2. Problème de décision.....	22
II.3. Méthodologie adoptée pour la priorisation.....	23
II.4. Différents aspects des problématiques.....	24
II.4.1. Problématique de choix ($P\alpha$).....	24
II.4.2. problématique de tri ($P\beta$).....	24
II.4.3. problématique de rangement ($P\gamma$).....	25
II.4.4. problématique de description ($P\sigma$)	26
II.5. Identification des critères.....	26
II.6. Méthodes d'analyse multicritère.....	28
II.6.1. approche de surclassement.....	28
II.6.1.1. Méthode ELECTRE.....	28
II.6.1.2. Méthode PROMETHEE.....	29
II.6.2. Approche de niveau de référence	30
II.6.1.1 Méthode TOPSIS.....	31
II.6.3. Approche d'agrégation complète.....	31
II.6.3.1. Méthode AHP.....	32
II.7. Choix et description des outils d'aide à la décision.....	32
II.7.1 Calcul du poids par la méthode AHP	32
II.7.2 Description de la méthode PROMETHEE II	35
II.8. Conclusion.....	37

Chapitre III : Etude de cas : Application de l'outil méthodologique sur le secteur

Tala Alam de Tizi-Ouzou

III.1. Introduction.....	39
III.2. Présentation de la wilaya de Tizi Ouzou.....	39
III.2.1. Situation géographique.....	39
III.2.2. Situation démographique.....	39
III.2.3. Caractéristiques naturels.....	40
III.2.3.1. Reliefs.....	40
III.2.3.2. Hydrologie.....	42
III.3. Etude climatique de la région de Tizi-Ouzou.....	42

III.3.1. Pluviométrie et humidité.....	43
III.3.2. Température	43
III.3.3. Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN.....	43
III.4. Présentation de Tala Alam.....	44
III.5. Sources d'alimentation du réservoir de Tala Alam.....	45
III.5.1. Description du réservoir de Tala Alam.....	45
III.5.2. Linéaire du réseau de distribution de Tala Alam.....	46
III.6. Application des méthodes et résultats.....	47
III.6.1. Calcul du poids des critères par la méthode AHP.....	47
III.6.1.1. Classement des critères	47
III.6.1.2. Synthèse du questionnaire.....	48
III.6.1.3. Construction de la matrice de comparaison des critères.....	50
III.6.1.4. Détermination du poids des critères.....	50
III.6.1.5. Calcul de la valeur propre de $\lambda_{\max}$	52
III.6.1.6. Etude de cohérence des résultats.....	54
III.6.2. Classement des tronçons du secteur Tala Alam par la méthode PROMETHEE II	56
III.7. Conclusion.....	62
Conclusion générale	64

(و جعلنا من الماء كل شيء حي)

« سورة الأنبياء »

(Et nous avons fait de l'eau tout vivre)

« Les prophètes »

Introduction générale

Les systèmes de distributions d'eau potable appartiennent aux mêmes titres que les autres réseaux techniques, à environnement urbain périurbain dans lequel ils agissent et interagissent avec les autres réseaux. La gestion technique de tels réseaux a pour principal objectif de livrer aux consommateurs une eau répondant aux normes de qualité, à un prix acceptable et avec une continuité de service sans défauts. De tels objectifs nécessitent une connaissance précise du réseau, de ces infrastructures, de son fonctionnement hydraulique ainsi que l'entretien suivi et régulier du réseau. Or, les exploitants des réseaux d'Alimentation en Eau Potable se trouvent généralement confronté à la difficulté de connaître avec précision leurs réseaux compte tenu de sa diversité, généralement de multiples tranches de travaux réalisés selon des techniques différentes et sur plusieurs années, de son étendue et des difficultés d'accès.

Le réseau d'Alimentation en Eau Potable se constitue d'un patrimoine qui vieillit et qu'il est nécessaire de le renouveler quand il a atteint un seuil de vétusté limite. Ce seuil limite dépend de nombreux paramètres que ce soit environnementaux, techniques de gestions économiques ainsi que de la politique des gestionnaires. Pour qu'une politique de renouvellement soit économiquement viable, il faut qu'elle soit liée le plus directement possible au vieillissement.

Les questions récurrentes que les gestionnaires d'un réseau d'Alimentation en Eau Potable se posent concernant le renouvellement du réseau sont les suivantes : dois-je renouveler les canalisations ?, les quelles dois-je renouveler en priorité ?, quand dois-je envisager les travaux ?

Dans notre projet on va adopter une méthodologie qui permet de répondre à la deuxième question. Quelles sont les conduites qu'on doit renouveler en priorité ? Car

en Algérie comme c'est le cas dans d'autres pays, on rencontre généralement des problèmes pour choisir les canalisations à réhabiliter en priorité. Ce problème est nommé : problème de décision et il existe plusieurs méthodes et techniques qui prennent en charge la résolution de ce problème.

Pour amener à bien ce projet, le travail sera divisé en trois principaux chapitres :

Dans le premier chapitre, on commence par la présentation de la politique de l'eau en Algérie, en suite, on va exposer la problématique de la gestion de l'eau potable en Algérie. Puis, on va s'étaler sur la politique de réhabilitation en Algérie. Cette politique de réhabilitation va se faire à travers des études de diagnostic et de travaux de maintenance et de perfectionnement afin d'assurer le bon fonctionnement des réseaux et la protection des ressources en eau en Algérie. Enfin, on termine par un bref aperçu sur l'état de l'art sur la réhabilitation.

Le deuxième chapitre, consacré à la méthodologie proposée. Dans cette partie, on va exposer les différents types de problématiques existantes ainsi que les méthodes d'outils d'aide à la décision. Dans cette partie, on va se prononcer sur le choix des critères à prendre en considérations dans notre démarche. Aussi aux choix de la méthode de pondération et de classement.

On termine par le troisième chapitre, consacré pour un cas d'étude. Dans ce chapitre, au préalable on va faire une présentation de la wilaya de Tizi-Ouzou, par la suite, on va présenter le secteur de Tala Alam qui est pris comme cas d'étude. Puis on va faire une exécution des méthodes choisies sur le secteur de Tala Alam dans le but de prioriser les travaux de réhabilitation et d'améliorer les performances du réseau. Enfin on conclut par les résultats et discussions obtenus après l'application des méthodes d'aide à la décision appropriées sur le secteur de Tala Alam.

I.1 Introduction

L'eau est considérée comme un élément primordial et indispensable dans la vie des êtres vivants en général et celle de l'être humain en particulier. Pour qu'il puisse bénéficier de cette richesse l'homme a pu élaborer un réseau d'alimentation en eau potable à fin de la transportée de sa source vers son domicile.

Le réseau d'eau potable est composé d'un système d'adduction et de distribution, il contient un patrimoine constitué de plusieurs éléments à savoir les conduites, les réservoirs, les vannes, ...etc. Sa principale fonction, consiste à véhiculer jusqu'aux points prévus une eau de bonne qualité en quantité suffisante et avec le moins de défaillance possibles.

Au fil du temps, ce réseau subit des dégradations dans ses caractéristiques d'origines qui peuvent engendrées son dysfonctionnement. C'est pour cela que des opérations de réhabilitation sont préconisées à fin de minimiser les dégâts et améliorer les caractéristiques du réseau. Ces opérations sont dirigées par les gestionnaires du service d'eau potable. Leurs rôle consiste à déterminer la période et la manière d'entretenir ce réseau à savoir sa réparation et le renouvellement des installations existantes d'une façon qu'elle soit efficace et moins couteuse.

Dans ce chapitre, on va s'étaler sur la politique de l'eau en Algérie. Par la suite, on va exposer la problématique de la gestion de l'eau potable en Algérie. Puis, on va parler sur la Politique de réhabilitation en Algérie. Cette politique de réhabilitation va se faire à travers des études de diagnostic et de travaux de maintenance et de perfectionnement afin d'assurer le bon fonctionnement des réseaux. Enfin, on termine par un bref aperçu sur l'état de l'art sur la réhabilitation.

I.2 Politique de l'eau en Algérie

I.2.1 Assises nationales de l'eau

En 1995, l'Algérie a organisé les Assises Nationales de l'Eau. L'objectif est d'aboutir à un diagnostic sur la situation du secteur de l'eau d'une façon globale. Cette démarche dénote une prise de conscience des pouvoirs publics quant à l'obligation de se saisir du dossier de l'eau de façon globale, cohérente et rationnelle.

A travers le diagnostic établi, une nouvelle politique de l'eau en Algérie a vu le jour. Cinq principes de base fondent la Nouvelle Politique de l'Eau, à savoir :

- une gestion intégrée ;
- une gestion économe ;
- une gestion déconcentrée, coordonnée et unifiée dans le cadre du bassin hydrographique ;
- la participation des usagers à la gestion ;
- le principe de compatibilité de la gestion des eaux avec la politique d'aménagement du territoire et la protection de l'environnement.

Donc, l'Algérie a engagé une nouvelle politique de l'eau qui assure une « Gestion intégrée des ressources en eau » pour garantir leur valorisation et durabilité. Cette nouvelle politique est fondée sur un ensemble de réformes institutionnelles et de nouveaux instruments.

I.2.2 Création des Agences de Bassins Hydrographiques (ABH)

Les Agences de Bassins Hydrographiques (ABH) au nombre de cinq ont été créées en 1996. Elles regroupent les 19 bassins versants que compte l'Algérie.

Tableau I.1 : Bassins versants par bassins hydrographique

Algérois-Hodna-soummam	47431	Côtier algérois Sébaou Isser Soummam Chott Hodna
Chélif-Zahrez	56227	Côtier Dahra Chélif Chott Zahrez
Oranie-Chott Chergui	77169	Côtier oranais Macta Tafna Chott Chergui
Constantinois-Seybousse-Mellegue	44348	Côtières constantinois Kébir Rhumel Medjerdah Mellegue Seybousse Hauts plateaux Constantinois
Sahara	2018054	Sahara Chott Melghir

Figure I.1 : Bassins hydrographiques de l'Algérie
(Morgan Mozas & Alexis Ghosn, 2013)



Ces agences représentent le niveau régional de la gestion des ressources en eau. Chaque bassin hydrographique couvre des territoires constitués de plusieurs bassins hydrographiques ne correspondant pas au découpage administratif. Les principales missions des Agences de bassins hydrographiques sont **(Morgan Mozas & Alexis Ghosn, 2013)** :

- Le développement de système d'information sur l'eau à travers l'établissement et l'actualisation de bases de données et d'outils d'informations géographiques.
- L'établissement de plans de gestion des ressources en eaux superficielles et souterraines et élaborer des outils d'aide à la décision en la matière.
- La gestion de système de redevances instituées au titre de l'utilisation du domaine public hydraulique naturel.
- La gestion de systèmes d'aides financières aux actions visant l'économie de l'eau et la préservation de sa qualité.

En plus, elles assurent la diffusion de l'information et la sensibilisation des usagers à l'utilisation rationnelle de l'eau.

I.2.3 Création du Ministère des Ressources en Eau

Le Ministère des Ressources en Eau est créé en 1999 et le secteur de l'eau relève du domaine de ses compétences. Le ministère a pour missions de proposer et de mettre en œuvre la politique nationale de l'eau. Il est chargé de créer les conditions institutionnelles permettant d'améliorer la gestion des services publics de l'eau. Il est chargé de promouvoir le partenariat public-privé. La concertation institutionnelle avec les secteurs directement concernés est assurée au sein d'un organe consultatif dénommé «Conseil national de l'eau». **(HAMCHAOU, 2017)**.

Au niveau national, le Ministère des Ressources en Eaux assure ses missions en s'appuyant en particulier sur des établissements publics à compétence nationale respectivement chargés des études et de l'évaluation des ressources hydrauliques (ANRH), de la mobilisation des eaux et de leurs transferts (ANBT), de l'alimentation en eau potable urbaine (ADE), de l'assainissement urbain (ONA) et de la gestion des périmètres d'irrigations (ONI) **(BENBLIDIA.M, 2010)**.

Au niveau régional, les Agences de Bassin Hydrographique (ABH) qui constituent un niveau régional de gestion des ressources en eau chargées de promouvoir la gestion intégrée de l'eau par bassin.

Au niveau local, dans chaque wilaya, les attributions du Ministère des Ressources en Eaux sont exercées par la Direction des Ressources en Eaux de la Wilaya (DRE) sous l'autorité

administrative du Wali. Cette direction assure la conduite des projets locaux, l'assistance technique aux communes. Elle veille à la protection et à la bonne gestion du domaine public hydraulique.

Les structures du secteur de l'eau sont l'administration centrale et déconcentrée et les établissements publics sous tutelle. L'organigramme du secteur des ressources en eau est le suivant :



Figure I.2 : Organigramme du secteur des ressources en eau en Algérie.

Les principales missions du secteur de l'eau sont :

- L'évaluation quantitative et qualitative des ressources en eau et la planification du développement des infrastructures hydrauliques.
- La mobilisation et la gestion intégrée des ressources en eau superficielles, souterraines et non conventionnelles.
- L'alimentation en eau potable et industrielle.
- L'irrigation dans les grands périmètres et les aménagements de petite et moyenne hydraulique.
- L'assainissement urbain et la protection contre les inondations
- L'adaptation du cadre juridique et institutionnel.

I.2.4 Création de l'Algérienne Des Eau

L'Algérienne Des Eaux est un établissement public national à caractère industriel et commercial. Il a été créé par le décret exécutif n° 01-101 du 27 Moharrem 1422 correspondant au 21 Avril 2001. L'établissement est placé sous la tutelle du ministre chargé des ressources en eau, et son siège social est fixé à Alger.

L'ADE est chargé, dans le cadre de la politique nationale de développement, d'assurer sur tout le territoire national, la mise en œuvre de la politique nationale de l'eau potable à travers la prise en charge des activités de gestion des opérations de production, de transport, de traitement, de stockage, d'adduction, de distribution et d'approvisionnement en eau potable et industrielles ainsi que le renouvellement et le développement des infrastructures s'y rapportant. L'ADE est chargé de :

- La normalisation et de la surveillance de la qualité de l'eau distribuée ;
- D'initier toute action visant l'économie de l'eau, notamment par l'amélioration de l'efficacité des réseaux de transfert et de distribution;
- L'introduction de toute technique de préservation de l'eau;
- La lutte contre le gaspillage en développant des actions d'information, de formation, d'éducation et de sensibilisation en direction des usagers, la conception avec les services publics éducatifs, de programmes scolaires diffusant la culture de l'économie de l'eau ;
- Planifier et mettre en œuvre les programmes annuels et pluriannuels d'investissements;

L'ADE compte 15 Zones et 44 Unités, chaque zone gère deux à quatre unités.

Les autres unités sont gérées par des SPA : Alger, Tipaza : SEAAL ; Constantine : SEACO ; Oran : SEOR

I.2.5 Code des eaux

Le nouveau code des eaux a été promulgué en 2005. Cette loi prend en compte les évolutions économiques du pays et pour adopter les principes et règles applicables pour l'utilisation, la gestion et le développement durable des ressources en eau en tant que bien de la collectivité nationale. La loi sur l'eau de 2005 consacre le droit d'accès à l'eau et à l'assainissement pour tous et définit les principes sur lesquels se fondent l'utilisation, la gestion et le développement durable des ressources en eau. Cette loi assure :

- Le droit d'accès à l'eau et à l'assainissement pour tous ;
- Le droit d'utilisation des ressources en eau pour tous dans les limites de l'intérêt général ;
- La planification de la répartition et des aménagements dans le cadre d'unités hydrographiques naturelles ;
- La prise en compte des coûts réels des services d'approvisionnement en eau à usage domestique, agricole et industriel et des services d'assainissement ;
- La récupération des coûts d'intervention publique liés à la protection quantitative et qualitative des ressources en eau, à travers des systèmes de redevances d'économie d'eau et de protection de sa qualité ;
- La systématisation des pratiques ***d'économie*** et de valorisation de l'eau par des procédés et des équipements appropriés ainsi que le comptage des eaux produites et consommées ***pour lutter contre les pertes et le gaspillage*** ;
- La concertation et la participation de tous les acteurs.

L'obligation d'une utilisation et d'une gestion économe des ressources en eau et la mise en œuvre de tous moyens appropriés pour lutter contre les pertes et les gaspillages sont désormais nettement affirmés dans la Loi sur l'eau de 2005, et en tout cas bien plus précisément que dans les législations précédentes (BLINDA.M, 2009).

I.2.6 Plan National de l'Eau

Le Plan National de l'Eau, adopté en 2007 et qui s'étale jusqu'à l'horizon 2025, est un outil de planification qui a pour principaux objectifs :

- D'assurer une durabilité de la ressource ;
- De créer la dynamique de rééquilibrage territorial ;
- De créer et de renforcer l'attractivité et la compétitivité ;
- De garantir une bonne gouvernance de l'eau.

Les principes de cette politique sont basés sur les cinq éléments suivants.

Unité de la ressource : gestion unitaire à l'échelle du Bassin Hydrographique. Cette gestion sera assurée par les Agences de Bassin Hydrographiques.

Concertation : elle se fait par le biais des comités de bassins hydrographiques.

Economie : elle se fait par la lutte contre les fuites et le gaspillage de l'eau avec des objectifs basés sur le comptage systématique et la **réhabilitation** des réseaux ainsi que par la sensibilisation des usagers à l'utilisation de cette ressource.

Ecologie : l'eau est une ressource rare et un bien collectif à protéger contre toute forme de pollution.

L'universalité : l'eau est l'affaire de tous les usagers.

I.3 Problématique de la gestion de l'eau potable en Algérie

I.3.1 Constat

Le constat établi sur la gestion de l'eau potable en Algérie fait état de grande difficulté de gestion. En effet, le service d'eau potable fait face à des contraintes majeures qui rendent difficile la gestion des services d'eau potable dans les grandes villes Algériennes et les chercheurs sont unanimes à dire que la problématique est complexe et pertinente en Algérie (**HAMCHAOUI, 2017**). Le service est considéré, à une certaine période, comme étant le moins efficace de tous les services publics (**CNES, 2000**). Ceci malgré le taux important de raccordement de la population au réseau public, l'alimentation en eau potable des grandes villes posent toujours de nombreux problèmes (**MAE, 2011**). Plusieurs aspects négatifs sont observés.

- La desserte de l'eau n'est pas assurée de façon continue et un rationnement est appliqué. Les ménages recevaient de l'eau qu'un à deux jours par semaine et quelques heures seulement par fréquence (**ABDELBAKI et al. 2012**). Pour cela, les ménages ont recours à des apports d'eau complémentaire pour satisfaire leur besoin.
- Des piquages illicites sont réalisés sur le réseau d'alimentation en eau potable. Exemple à Tlemcen, ils sont évalués à 18% (**MALIKI, 2010**).
- La distribution est un facteur de discrimination sociale. A Alger, la dotation diffère d'un quartier à un autre (**SAIDI, 1995**). En 2015, suite à la rupture de la conduite d'adduction, une distribution inéquitable de l'eau entre les quartiers a été observée... etc.

L'Algérienne Des Eaux trouve beaucoup de difficulté afin d'assurer un service à la hauteur des attentes de ses clients. La distribution de l'eau est compromise même là où la ressource est disponible. Cette situation est due aux dysfonctionnements des réseaux. Aussi, le prix du mètre cube d'eau ne reflète pas la réalité du coût de revient (**CHERTOUK et ZAID, 2012**) ; un prix subventionné par l'état à hauteur de 77 % (**KERTOUS, 2013**). Cette subvention encourage le gaspillage et occasionne des déficits au niveau des entreprises chargées de sa gestion (**Salem, 2007**). Concernant les infrastructures, l'application d'une logique qui privilégie

l'investissement sur l'exploitation a occasionné des pertes d'eau importante car elles représentent un gaspillage hydrique important.

L'évolution considérable de la demande en eau en Algérie, liée principalement à l'accroissement rapide de la population, au développement de l'urbanisation mais aussi à l'élévation du niveau de vie, a conduit le pays à accroître les capacités de stockage des eaux de surface, augmenter l'exploitation des nappes souterraines et réaliser des adductions et des transferts de volumes importants sur des distances de plus en plus grandes (Mohamed Blinda, 2011). Mais en termes de gestion de la distribution, il reste beaucoup à faire.

(CHERTOUK et ZAID, 2012).

La gestion des réseaux urbains d'eau potable est mal maîtrisée par les services d'eau Algériens. Des dispositions ont été prises avec de grandes entreprises étrangères spécialisées dans le domaine afin de gérer le service d'eau potable de certaines grandes villes algériennes.

I.3.2 Aspects freinant le développement du service d'eau potable des villes algériennes

Plusieurs aspects freinent le développement du service d'eau potable en Algérie. Ces aspects rendent la gestion du service d'eau potable complexe et difficile. On notera :

I.3.2.1 Exode, démographie et urbanisation rapide

En Algérie, la croissance démographique est accompagnée d'une urbanisation rapide et anarchique des villes. L'exode rural a été fort durant les deux dernières décennies. En effet, on est passé d'une population rurale vers les années 70 à une population urbaine avec plus de 70 % de la population est aujourd'hui urbaine. L'exode rural est dû aux différences observées en matière de conditions de vie entre la campagne et la ville, la dévalorisation du travail agricole et l'exode intellectuel important en direction des pôles industriels et administratifs. Cet afflux incontrôlé vers ces villes a occasionné plusieurs conséquences négatives. Il y a éclosion de véritables villes satellites autour des pôles urbains. Cette situation a créé des problèmes dans le transport, dans l'hygiène et dans les mesures d'accompagnement à caractère socio-économique. La ville qui est le siège d'une multitude de services et d'infrastructures n'arrive plus à répondre aux besoins des populations en particulier dans des domaines touchant à l'hygiène et la qualité de vie des citoyens **(HAMCHAOU, 2017).**

I.3.2.2 Financement limité

L'état a octroyé une enveloppe budgétaire importante destiné à la réalisation des différents programmes infrastructurels en hydraulique tels que les barrages, les grands transferts d'eau, *la*

réhabilitation des réseaux d'alimentation en eau potable. Mais, ces investissements restent insuffisants. Aussi, la recherche de nouvelles ressources nécessite des coûts d'investissements importants. Ces nouvelles ressources sont de plus en plus éloignées des zones à desservir. La mobilisation et le transfert des eaux nécessitent des coûts qui sont à leur tour difficile à mobiliser (HAMCHAOU, 2017).

I.3.3 Actions de développement orientées vers l'alimentation en eau potable

D'une façon générale, plusieurs chantiers sont mis en œuvre depuis le début de la décennie 2000. Ils visent quatre objectifs :

- Accroître et sécuriser la mobilisation de ressources en eau conventionnelles (renouvelables et fossiles) et non conventionnelles (dessalement et eaux usées épurées) ;
- Garantir l'accès à l'eau et améliorer la qualité de service à travers ***la réhabilitation*** et la modernisation de la gestion des systèmes d'alimentation en eau potable ;
- Assurer l'accès à l'assainissement et protéger les écosystèmes hydriques au moyen de la réhabilitation et l'extension des systèmes d'assainissement et d'épuration des eaux usées ;
- Soutenir la stratégie de sécurité alimentaire avec l'extension des zones irriguées.
- Le développement infrastructurel a été soutenu par un investissement public d'une enveloppe publique totalisant près de 2300 milliards de DA.

Par contre des actions spécifiques ont été mise en œuvre afin de développer le secteur de l'eau potable, on notera :

- L'amélioration durable de la qualité de service. Ceci à travers la ***réhabilitation*** et l'extension des réseaux en vue d'améliorer leur rendement physique. Cette étape a porté sur les missions d'ingénierie et d'appui à la gestion au niveau de 44 villes.
- Renforcement des capacités de gestion. Elles portent sur les fonctions techniques (télégestion/télé contrôle, détection et réparation des fuites, contrôle de la qualité de l'eau) et commerciales (gestion des abonnés, branchements et compteurs, facturation et recouvrement).
- Dessalement de l'eau de mer. Son objectif majeur est de sécuriser l'alimentation en eau potable des grandes villes côtières dans un contexte de changement climatique. Par la suite, une réaffectation des eaux de barrages existants de la région tellienne pour promouvoir le développement de la région des hauts plateaux (DROUCHE *et al.* 2011).

I.4 Réhabilitation

I.4.1 Définition

La réhabilitation consiste en une remise en état d'une conduite dégradée en vue de restituer les propriétés initiales ou bien d'en améliorer certaines (**AJUSTE et al, 2004**).

La réhabilitation d'un système peut être réalisée par une action ou une combinaison d'actions telles que remplacement, rénovation, réparation de composants et extensions (**HAIDAR, 2006**).

I.4.2 Techniques de réhabilitation

Les techniques de réhabilitation existantes sont nombreuses. La plupart sont spécifiques à un problème donné et à un objectif visé. Exemples : restructuration, consolidation, rétablissement des bonnes conditions hydrauliques d'écoulement et étanchement, ...etc.

Les procédés de réhabilitation abordés concernent principalement les conduites non visitables. Il s'agit :

- Tubage (sans contact ou à contact uniforme) ;
- Chemisage ou revêtement par membrane ;
- Projection au mortier de ciment ;
- Revêtement en résine époxy.

Pour chaque procédé de réhabilitation, une fiche technique précise le domaine d'application et les critères de choix en fonction de l'état du réseau et des contraintes environnementales. Le procédé de réhabilitation peut être classé selon ses propriétés mécaniques comme étant étanche, consolidant et auto-structurant (**AJUSTE & al, 2004**).

I.5 Politique de réhabilitation en Algérie

Le constat fait sur l'état des réseaux en Algérie est presque alarmant. La prise de conscience a motivé les gestionnaires dans la recherche de tous les moyens possibles afin d'améliorer le fonctionnement des réseaux d'eau potable surtout que la demande en eau est en constante augmentation. Parmi les solutions préconisées, la réhabilitation. Elle est un moyen envisagée car elle permet surtout de réduire les pertes d'eau qui sont très importantes au niveau des réseaux algériens et permet aussi d'améliorer la qualité du service rendu au client. En adoptant cette solution, les pouvoirs publics ont mis en œuvre une politique de réhabilitation nationale prenant en compte les spécificités locales. En effet, en 2000 un vaste programme de réhabilitation nationale a été annoncé et intéresse plusieurs villes. Afin de réussir cette politique de réhabilitation, une feuille de route a été tracée et requiert trois étapes. Au préalable, des

diagnostics ont été effectués dans chaque ville concernée. A la base de ces diagnostics, les solutions de réhabilitations nécessaires ont été proposées. Enfin, des entreprises spécialisées ont été sollicité afin d'entamer les travaux de réhabilitations nécessaire pour chaque ville.

I.6 Etat de l'art

L'analyse de la littérature fait référence à plusieurs travaux ces dernières années. Plusieurs travaux orientent leur recherche sur l'utilisation des méthodes multicritères d'aide à la décision. Le but est d'aider les gestionnaires dans la prise de décision lors de la résolution des problèmes de réhabilitation donnés de type choix, tri, rangement et description.

En effet, on retrouve l'utilisation de différentes méthodes multicritères, de type :

I.6.1 Etude 1

M. E. Fontana & D. C. Morais 2013: Using Promethee V to Select Alternatives so as to Rehabilitate Water Supply Network with Detected Leaks

L'approvisionnement en eau est devenu une grande préoccupation dans le monde entier car il s'agit d'une ressource rare dans de nombreuses régions. C'est pourquoi de nombreuses recherches sont entreprises sur les moyens de s'attaquer à ce problème et l'atténuer. En raison d'un budget limité et parfois d'une main-d'œuvre plus réduite que nécessaire, les entreprises d'approvisionnement en eau doivent choisir les points à réhabiliter, lorsqu'ils détectent des pertes d'eau. La recherche d'une aide à la décision est pertinente pour cette activité. Lorsque plusieurs points de pertes sont détectés, le modèle proposé dans le présent document, basé sur la méthode PROMETHEE V, aide à sélectionner les mesures de réhabilitation à appliquer à chaque point de perte d'eau, et obéit aux contraintes du système et aux caractéristiques de chaque point de fuite qu'elle a évalué en fonction des critères fixés par le décideur.

Pour démontrer l'applicabilité du modèle présenté, une simulation avec cinq points de fuite et leur localisation est donnée comme suit : A, B, C, D, E. Concernant les alternatives ou les mesures de réhabilitation, les mesures correctives qui peuvent être mises en œuvre lorsque le sinistre a été détecté, sont de trois à savoir : A1 - réparer la conduite et ses raccords ; A2 - remplacer une partie de la conduite et de ses raccordements ; A3 - renouveler la conduite et ses raccords. Chaque point de fuite d'eau a les mêmes possibilités de réhabilitation. Les différentes alternatives ne diffèrent les unes des autres que par des caractéristiques, telles que : la zone touchée, la gravité de la fuite d'eau et les coûts et avantages de la réhabilitation à chaque point. Donc, pour évaluer chaque alternative à chaque point de fuite d'eau, cinq critères ont été fixés comme suit.

C1 – Préjudice due à la perte d'eau en n'effectuant pas la réhabilitation du point, exprimée en valeur monétaire de l'eau perdue par mois (en dollars US) ;

C2 - Coût de mise en œuvre : le montant d'argent investi pour mettre en œuvre chaque alternative adoptée (en dollars US) ;

C3 - Coût de maintenance : montant moyen d'argent dépensé par mois pour chaque alternative après leur déploiement afin de maintenir le réseau sans fuites (en dollars US) ;

C4 - Durée d'exécution : temps nécessaire à la mise en œuvre complète de l'alternative (en mois)

C5 - Temps de fiabilité : temps moyen estimé pour que le point ne subisse pas de nouvelles fuites suite à la mise en œuvre de l'alternative choisie. Exprimé en : (5) très long, (4) long, (3) moyen, (2) court, (1) très court.

Tous les critères pris en compte sont liés au volume maximal de perte d'eau prévu. Les critères C1, C2, C3 et C4 visent à minimiser cette valeur, tandis que le critère C5 cherche à la maximiser.

Dans le cas simulé, en utilisant la méthode PROMETHEE V, une mesure de réhabilitation pour chaque point de perte d'eau a été obtenue. Une analyse de sensibilité est nécessaire pour vérifier la cohérence de la solution finale lorsque des changements ont été apportés à l'importance de chaque critère par le décideur. Chaque ensemble d'alternatives peut être plus ou moins sensible aux changements de pondération des critères. Par conséquent, le décideur devrait se rendre compte des points forts de ses préférences et les conséquences qui en découlent.

Le modèle proposé ne fait que suggérer quelques critères importants. Cependant, il est important de noter que tout autre critère et contrainte peut être inclus selon les caractéristiques spécifiques de chaque compagnie des eaux. Chaque compagnie des eaux doit accomplir une étude sur les critères qui seront pris en compte.

I.6.2 Etude 2

Tscheikner-Gratl, F.; Egger, P.; Rauch, W.; Kleidorfer, M. 2017: comparison of Multi-Criteria Decision Support Methods for Integrated Rehabilitation Prioritization.

Les décisions prises dans le cadre de la planification de la réhabilitation des réseaux d'eau urbains auront un impact durable sur la fonctionnalité et la qualité des services fournis par les l'infrastructure. Ce travail a pour objectif la comparaison de cinq méthodes d'aide à la décision à savoir : ELECTRE, AHP, WSM, TOPSIS et PROMETHEE ceci à travers une application dans un schéma de gestion intégrée de la réhabilitation.

Après avoir comparé les résultats des différentes méthodes, les résultats ne sont pas identiques. Cela est dû au fait que les échelles de notation choisies dans le cadre des critères n'ont pas le même impact sur toutes les méthodes. En effet, les pondérations définies ont un effet important sur le résultat. Cela a été observé lorsque les méthodes WSM et AHP ont été comparées. Il a également été montré à quel point les différences entre les poids définis par les experts peuvent être importantes. À ce stade, il est pertinent de mentionner, en particulier au début du processus de prise de décision, que le décideur doit investir suffisamment de temps pour définir les critères.

Une autre question est de savoir quelle méthode fournit le résultat "correct" ou plutôt un résultat transparent et compréhensible. C'est ce que donnent toutes ces méthodes utilisées, puisque les résultats et aussi les différences entre les méthodes étaient toujours clairs et compréhensibles. Pour cette étude de cas, il a été vu que des méthodes simples comme l'AHP donnaient des résultats similaires à ceux obtenus avec les méthodes complexes comme la méthode PROMETHEE. De toute évidence, le principal avantage de la méthode AHP (et aussi de la méthode WSM) est qu'il s'agit de méthodes simples et rapidement compréhensibles pour les personnes qui ne sont pas familières avec les méthodes d'aide à la décision multicritères. Compte tenu également des différences relativement faibles dans les résultats par rapport à PROMETHEE et TOPSIS, l'utilisation de l'AHP pourrait être suffisante dans cette étude de cas. Néanmoins, les méthodes WSM et AHP atteignent leurs limites lorsque trop de critères sont impliqués. Par conséquent, TOPSIS pourrait être une bonne option car il convient à un grand nombre de critères tout en conservant une méthode simple et facile à comprendre.

D'autre part, les méthodes de surclassement sont un outil très puissant. Compte tenu de la définition des seuils de chaque critère, la possibilité d'influencer par le décideur est importante. Toutefois, l'application de ces méthodes nécessite de l'expérience et des compétences en programmation, qui peuvent être perdus si l'on utilise des données de qualité médiocre.

Ces méthodes utilisées ne devraient être appliquées à un système d'infrastructure qu'en coopération avec les gestionnaires. Dans certains cas, il serait rationnel d'utiliser l'une des méthodes les plus simples, en particulier lorsque la qualité des données est faible et qu'aucune connaissance externe n'est disponible ou abordable. Pour les ensembles de données plus importantes comportant plus de facteurs d'influence et de meilleure qualité, une méthode plus sophistiquée fournira des résultats précieux. Toutefois, pour vérifier la cohérence et augmenter la fiabilité des résultats, l'application de plusieurs méthodes est encouragée. À cet égard, la

sélection et le prétraitement des données d'entrée pour les différentes méthodes s'avèrent de la plus haute importance.

I.6.3 Etude 3

Salehi, S.; Jalili Ghazizadeh, M.; Tabesh, M. 2018: A comprehensive criteria-based multi-attribute decision-making model for rehabilitation of water distribution systems.

L'objectif principal de ce travail est de développer un modèle complet de prise de décision basé sur des critères pour planifier la réhabilitation des réseaux d'eau. Parmi les principales caractéristiques de ce modèle figure la capacité d'analyser simultanément des critères globaux pour la réhabilitation des réseaux d'eau. Ce modèle, qui est appelé WDSR (Water Distribution Systems Rehabilitation), utilise la technique TOPSIS floue. Son avantage est la possibilité d'ajuster des critères en fonction des conditions locales, et de les pondérer en fonction des décisions prises par le groupe d'experts. Le plan de réhabilitation est fait sur le réseau de "Anytown".

Dans cette étude 42 critères ont été pris en considération. Contrairement à la majorité des études précédentes qui ont été menées sur la planification de la réhabilitation des WDS, les critères considérés se sont principalement limités à des paramètres techniques (hydrauliques et mécaniques), et les paramètres non techniques, tels que le climat, la population, les critères locaux, spatiaux et de sécurité, ont reçu moins d'attention. Donc, les 42 critères qui ont été développés dans le cadre de cette recherche, sont des critères appartenant y compris aux variables techniques et non techniques et qui sont efficaces dans la réhabilitation des réseaux d'eau potable.

En outre, pour l'analyse simultanée de ces critères, un modèle MADM a été développé. Dans ce modèle, la logique floue a été préférée en raison de sa capacité à modéliser l'incertitude et l'imprécision des données enregistrées par les compagnies des eaux.

Dans le cadre de la WDSR, chaque conduite est considérée comme une alternative décisionnelle pour la réhabilitation. En conséquence, le WDSR est en mesure de donner la priorité aux conduites du réseau d'eau et à leurs zones connexes pour la réhabilitation. L'un des avantages de ce modèle est sa compatibilité avec les conditions locales. Cette capacité peut conduire à une plus grande précision dans la planification de la réhabilitation. Parmi les autres avantages du WDSR figurent ses capacités de prise de décision en groupe, en particulier pour déterminer les pondérations de chaque critère. Cette capacité fournit un outil pour évaluer l'effet des points de vue des experts dans la planification de la réhabilitation des WDS. Par contre, cette étude ne

prend pas en considération le critère économique. Ainsi, comme recommandation clé, il est suggéré de développer un modèle qui prend en compte tous les critères économiques globaux qui sont efficaces dans la planification de la réhabilitation des réseaux d'eau potable. Pour cette raison, il est suggéré d'étudier une autre technique innovante qui convient aux modèles décisionnels à critères élevés.

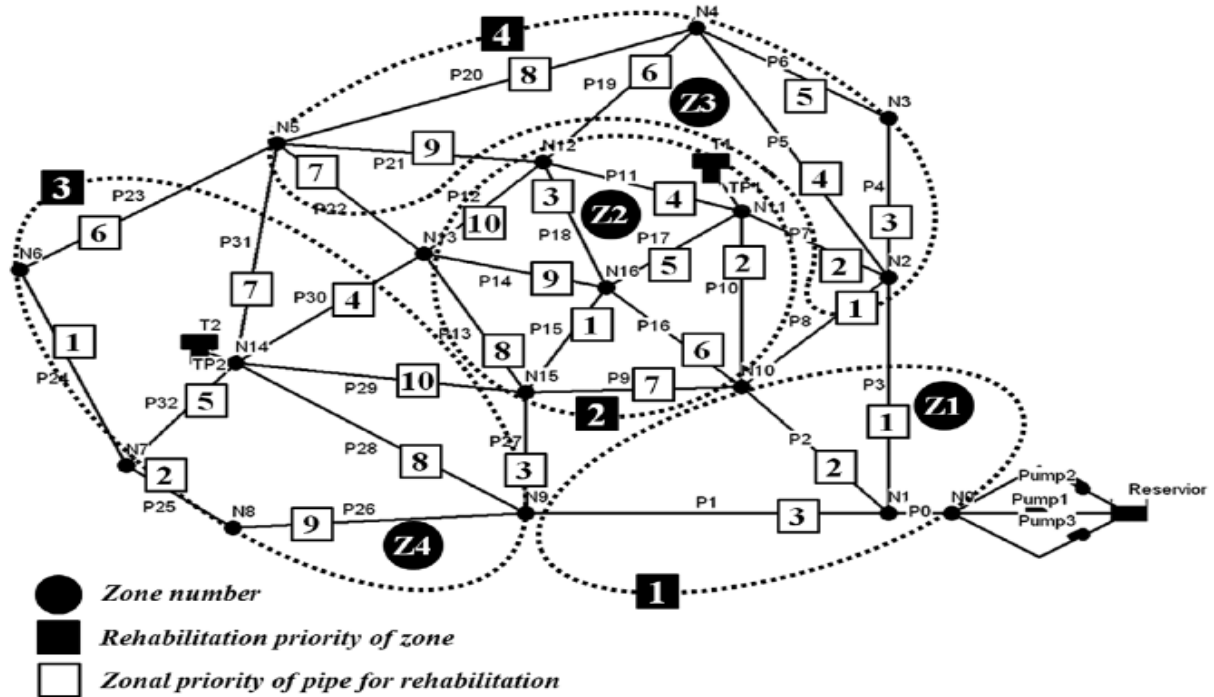


Figure I.3 : Priorisation des zones et des tronçons du réseau Anytown.

I.7 Conclusion

Une nouvelle politique de l'eau a vu le jour afin de développer le secteur. Cette politique s'articule autour de nouveaux principes de gestion et se fixe des objectifs ambitieux afin de répondre aux besoins et à la demande dans un esprit de développement durable. Pour y parvenir, beaucoup d'effort doivent être accompli tant sur le plan financier et humains.

Concernant l'alimentation en eau potable, des efforts notoires ont été consentis par l'état. L'objectif est d'accroître davantage le volume global de la production. Mais, il n'en demeure pas moins qu'en matière de gestion de la distribution beaucoup de choses restent à faire.

L'alimentation en eau potable des villes Algériennes pose de nombreux problèmes. Les piquages illicites ; le rationnement avec une discrimination dans les tranches horaires de distribution d'eau ; le retard dans les paiements des factures ; le manque d'études sur la fonction de la demande, ...etc. Tels sont les principaux défis à relever.

Dans le but de remédier aux insuffisances de l'Algérienne Des Eaux que des actions doivent être engrangé afin d'améliorer les performances des réseaux d'eau potable et la réhabilitation est l'une des solutions.

II.1 Introduction

Après une détérioration des réseaux d'eau potable, on fait appel à une réhabilitation générale des conduites afin d'améliorer les performances du réseau et satisfaire les besoins des abonnés. Pour ce fait, une étude large et précise est nécessaire dans l'intention d'aboutir aux objectifs fixés. Une collaboration avec les gestionnaires des services en eau est primordiale dans l'intention de collecter des données nécessaires sur notre réseau qui s'avère être une étape importante et rude afin d'établir une priorisation des tronçons à réhabiliter.

Le présent chapitre a pour objectif la proposition d'une méthodologie afin d'aboutir à la priorisation de la réhabilitation des tronçons. Pour cela, il est nécessaire de décrire les différents critères nécessaires à prendre en considération. Par la suite, de décrire et de choisir les méthodes à utiliser pour déterminer le poids de chaque critère ainsi que le classement des conduites à réhabilitées. Mais, le choix des critères dépend de la disponibilité des données pratiques réelles. Les données et les méthodes réunies permettent une mise en application d'un cas d'étude.

II.2 Problème de décision

Les services concernés pour la réhabilitation du réseau d'AEP trouvent généralement des problèmes de décisions pour faire le choix des conduites les plus urgentes à réhabiliter, comme c'est le cas dans d'autre domaines à savoir : la gestion économique, aménagement des territoires, ... etc.

De nombreuses méthodes ont été développées afin de résoudre le problème posé, et chaque méthode possède sa particularité d'interprétation. Au préalable, il est nécessaire de donner quelques définitions sur certains outils utilisés dans le domaine de l'aide à la décision.

Critère : caractéristique à laquelle on se réfère ou sur laquelle on se base pour choisir, classer ou sélectionner quelque chose.

Alternatives : une alternative ou action qui désigne un objet sur lequel opèrera le processus de décision (AISSANO, 2014).

Poids : le poids mesure l'importance d'un critère par rapport aux autres du point de vue du décideur.

Aide à la décision : c'est un ensemble de techniques permettant d'opter individuellement pour la meilleure prise de décision possible.

Aide à la décision multicritère: c'est un outil développé pour résoudre des problèmes multicritères complexes qui incluent des aspects qualitatifs et/ou quantitatifs dans un processus décisionnel (GUILLERMO & PHIL, 1999).

II.3 Méthodologie adoptée pour la priorisation

La méthodologie employée pour la priorisation des conduites du secteur de la ville de Tizi-Ouzou comporte deux phases principales :

- **Phase de sélection :** elle est considérée comme la phase la plus importante de la méthodologie. Son objectif consiste à collecter le plus de données possible par le biais des gestionnaires des services d'eau potable (ADE, services communaux, DRE de la wilaya de Tizi-Ouzou, ... etc.). Ces données se rapportent *aux caractéristiques des tronçons du secteur à réhabiliter*. Ensuite, on passe à la deuxième étape de la phase qui a pour but *l'identification des critères* liées : aux caractéristiques collectées, aux données disponibles et principalement à la problématique du secteur à rénover.
- **Phase de décision :** dans cette phase on commence d'abord par le calcul du *poids de chaque critère*. Par la suite, on va établir la préférence des tronçons du réseau par rapport aux différents critères disponibles. On termine par le classement des conduites destinées pour la réhabilitation selon leurs degrés d'urgence (de plus urgents au moins urgents).

Cette méthodologie proposée est synthétisée dans la figure suivante.

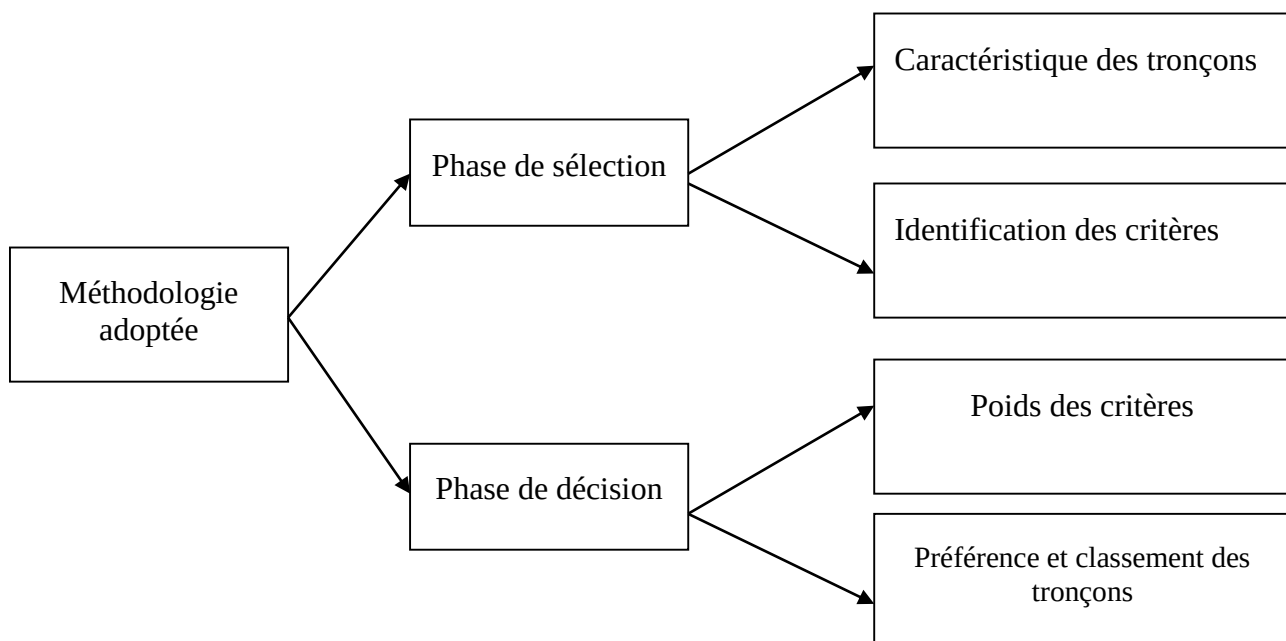


Figure II.1 : Méthodologie adoptée pour la priorisation de la réhabilitation.

II.4 Différents aspects des Problématiques

La problématique de réhabilitation peut être présentée sous différents aspects. Dans la littérature, on distingue quatre (4) types de problématiques à savoir :

II.4.1 Problématique de choix (P_α)

Cette méthode consiste à sélectionner un sous ensemble aussi restreint que possible de l'ensemble des alternatives. Ce sous ensemble contient les meilleures alternatives et les alternatives qui sont équivalentes ou incomparables entre elles. La procédure de sélection utilisée, consiste donc à éliminer les mauvaises alternatives en les comparants. L'idéal est d'obtenir une seule et meilleure alternative. Mais à cause de la nature conflictuelle des critères, il est préférable de fournir au décideur quelques alternatives qui représentent différentes variantes de la meilleure alternative.

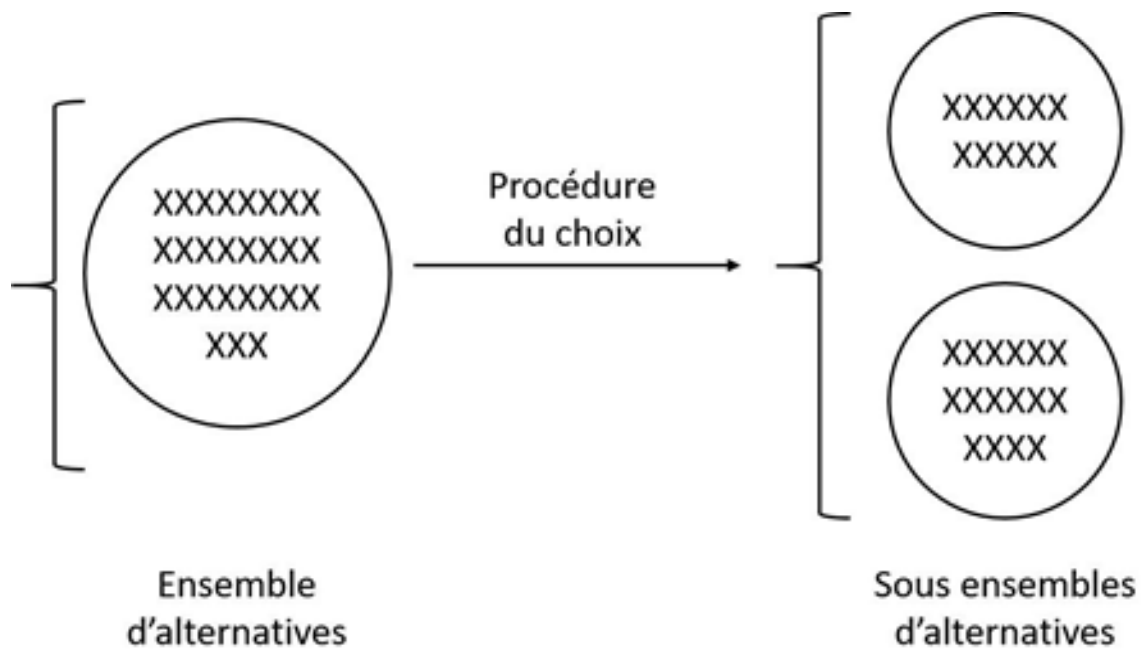


Figure II.2 : Problématique du choix (MOUSSEAU, 1993).

II.4.2 Problématique du tri (P_β)

Elle consiste à affecter chaque alternative à une catégorie jugée appropriée parmi un ensemble de catégories prédéfinies. Cette formulation est adéquate lorsque le problème de décision consiste à examiner chaque alternative indépendamment des autres dans le but de proposer une recommandation parmi un ensemble de recommandations spécifiées en avance. Chaque recommandation peut être associée avec une autre catégorie. La procédure du tri doit être définie de tel sorte que chaque alternative est affectée à une et seule catégorie. Le choix de cette

catégorie est justifié par le type du jugement que nous voudrions porter sur les alternatives et par les traitements que nous souhaiterions faire (MOUSSEAU, 1993 ; AYADI, 2010 ; MAMMERI, 2013).

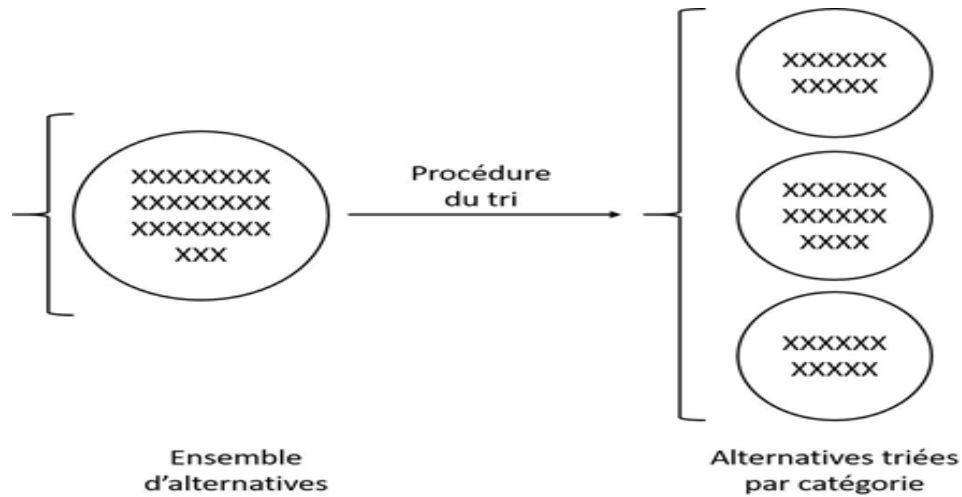


Figure II.3 : Problématique du tri (MOUSSEAU, 1993).

II.4.3 Problématique du rangement (P_γ)

Cette problématique vise à ranger l'ensemble d'alternatives lorsqu'elles sont à différencier selon leurs intérêts relatifs en allant de la meilleure alternative à la moins bonne. L'idéal est d'obtenir un ordre complet. Mais, étant donné l'imprécision, l'existence de systèmes de valeurs différentes, et la nature conflictuelle des critères, il est souvent plus réaliste de présenter au décideur un ordre partiel. Formellement, la prescription est un ordre partiel, une relation transitive définie sur un ensemble ou sur un sous ensemble d'alternatives (MOUSSEAU, 1993 ; AYADI, 2010).

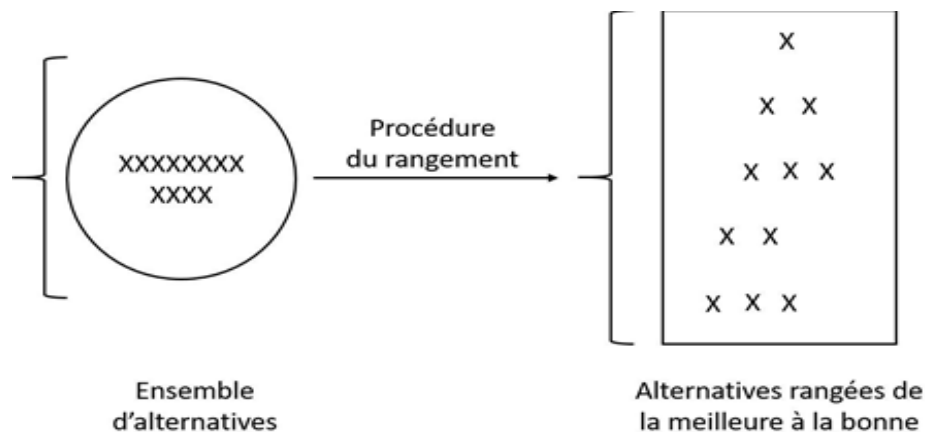


Figure II.4 : Problématiques du rangement (MOUSSEAU, 1993).

II.4.4 Problématique de description (P_o)

Cette problématique consiste à décrire les alternatives et leurs conséquences et non pas à les prescrire comme c'est le cas avec les trois autres problématiques précédentes. La procédure d'investigation est alors cognitive (indispensable) (ROY, 1985).

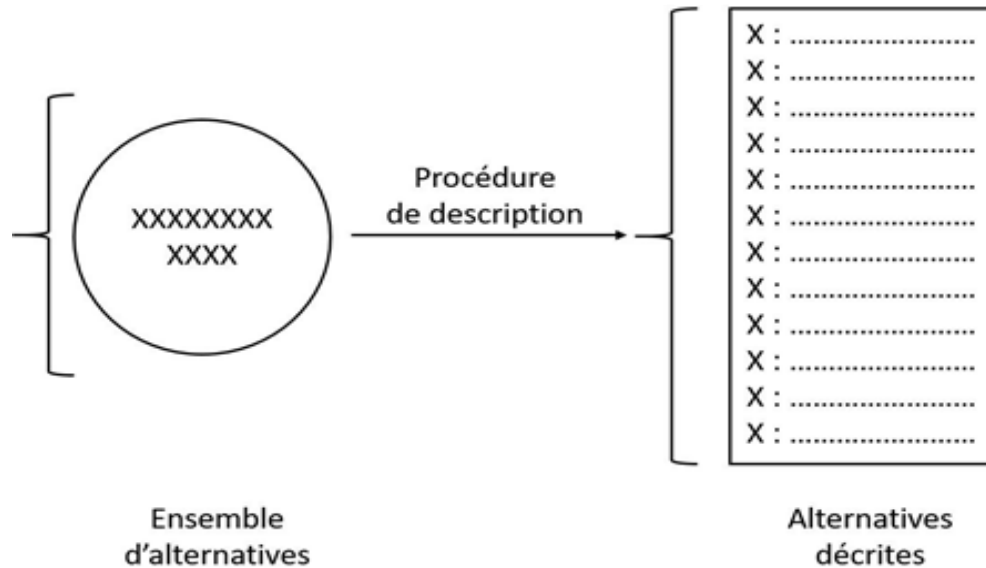


Figure II.5 : Problématique de description (MOUSSEAU ,1993).

II.5 Identification des critères

Les caractéristiques des tronçons représentent l'ensemble d'attributs ou de critères qui personnalisent ces derniers. L'identification de ces critères nécessite une collaboration avec les directions des services des eaux. Cette étape est particulièrement indispensable par rapport à son intérêt primordial. Dans notre cas, dix critères seront mis en approche. Ces critères sont :

Critère 01 (C01) : Indice Linéaire des Pertes (ILP) : l'indice linéaire des pertes en réseau est égal au volume perdu dans les réseaux par jour et par kilomètre de réseau (hors linéaires de branchements). Cette perte est calculée par différence entre le volume mis en distribution et le volume consommé autorisé. Il est exprimé en m³/km/jour (République Française, 2007).

Critère 02 (C02) : Age de la conduite : l'âge de la conduite est considéré comme le critère essentiel dans notre étude afin d'établir la priorisation des conduites. Le but de ce critère vise à réhabiliter les tronçons les plus âgés.

Critère 03 (C03) : Cout de réhabilitation : c'est le budget nécessaire pour élaborer tous les travaux de maintenances, et l'objectif de ce critère réside sur la réhabilitation des conduites à cout réduit.

Critère 04 (C04) : Les plaintes des clients : c'est l'ensemble des réclamations dû aux embarras causés par le disfonctionnement des conduites du réseau. Le principe de ce critère repose sur la réhabilitation des tronçons qui ont le nombre de plaintes le plus important.

Critère 05 (C05) : Pression moyenne : la présence d'une surpression au niveau du réseau peut engendrer de diverses perturbations à savoir l'éclatement des conduites. Ce critère est basé sur le changement des conduites ayant une forte pression.

Critère 06 (C06) : Type de matériau : les besoins de matériaux plus résistants à la corrosion à entrainer le développement d'un très grand nombre de matériaux qui n'existaient pas auparavant. Car le lien corrosion-matériau est évidant puisque la majorité des problèmes de corrosions sont liés au choix de matériaux. C'est pour cela que les conduites en PEHD sont généralement les plus utiliser pour l'alimentation en eau potable et cela revient aux caractéristiques techniques et économiques qu'elles présentent. De ce fait le critère C06 est basé sur le changement des conduites composées d'autres matériaux que le PEHD et la FD.

Critère 07 (C07) : Techniques de réhabilitation : il existe plusieurs techniques de réhabilitation à savoir : remplacement, extension, maintenance, ... etc. Et chaque technique possède sa singularité de traiter le type de problème affecté. Ce critère repose sur le principe de réhabiliter les tronçons qui nécessitent de modestes moyens sur le plan technique et économique.

Critère 08 (C08) : vitesse : le principe de ce critère repose sur la réhabilitation des tronçons ayant une vitesse considérable.

Critère 09 (C09) : Diamètre : les tronçons à grande section sont les plus exposés au phénomène de la dégradation, et le principe de ce critère c'est de réhabiliter les conduites à diamètre important.

Critère 10 (C10) : Longueur : le principe de ce critère consiste de rénover les tronçons les plus longs.

II.6 Méthodes d'analyse multicritère

II.6.1 Approche de surclassement

Le principe de ces méthodes consiste à comparer les alternatives par paires au moyen d'une relation de surclassement «S». Ensuite, d'exploiter cette relation afin de fournir un résultat répondant à l'une des trois premières problématiques (choix, tri, rangement).

Ces méthodes comprennent donc deux phases : celle de la construction de la relation de surclassement «S» et celle de l'exploitation de cette dernière. La définition de «S» ainsi que les différentes possibilités de la construire et de l'exploiter ont donné lieu à plusieurs méthodes de surclassement. On peut citer deux grandes familles : ELECTRE et PROMETHEE (MAMMERI, 2013).

II.6.1.1 Méthode ELECTRE

- **Définition : ELECTRE** (Elimination Et Choix Traduisant la **RE**alité) : est issue des travaux de B.ROY et son équipe de recherche en 1971. Cette méthode fait partie des approches de surclassement. ELECTRE fournira des comparaisons des actions par paires, pour aboutir à une relation de surclassement (AYADI, 2010).
- **Concept de la méthode** : le principe de cette méthode consiste à comparer les actions deux à deux (par paires) en vue d'établir une relation de surclassement. Selon B.Roy une relation de surclassement « S » définie comme suite, on dit qu'une action « a » surclasse une action « b » ($a S b$) si, il y a suffisamment d'arguments (majorité au sens large) pour admettre qu'une action « a » est *au moins aussi bonne* qu'une action « b », c'est le concept de **concordance**. La seconde condition imposée est qu'il n'y a pas de raisons importantes de prétendre le contraire, c'est le concept de **non discordance**.

Les différentes variantes d'ELECTRE sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau II.1 : Différentes variantes d'ELECTRE.

Méthodes	Caractéristiques
ELECTRE I	Relative à la problématique de choix, établie le surclassement des actions et repose sur les deux indices de concordance et non discordance
ELECTRE II	Relative à la problématique de rangement, sert à ranger les actions de la meilleure à la moins bonnes
ELECTRE III	Introduit la notion de pseudo-critère, repose sur le seuil d'indifférence, préférence faible et préférence stricte
ELECTRE IV	Identique à celle d'ELECTRE III à la différence près que cette méthode ne tient pas compte des poids des critères
ELECTRE Is	Similaire à ELECTRE I, conduit à la détermination du noyau, et emploie l'indice de concordance
ELECTRE TRI	consiste à éliciter plusieurs paramètres : le poids ω_i , les seuils de veto $\mathbf{vt}_i$, les seuils de préférence $\mathbf{pi}$, les seuils d'indifférence $\mathbf{qi}$, le seuil de crédibilité « s » et les profils limitant les catégories $\mathbf{bi}$

II.6.1.2 Méthode PROMETHEE

- **Définition :** une autre famille de méthodes vient d'apparaître. On parle ici de la méthode PROMETHEE L'acronyme de Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluations, Ont été conçues par Jean-Pierre Brans, Ph. Vincke et B. Mareshal en 1984. Elle se distingue d'ELECTRE par le fait qu'elle construit une relation de surclassement évoluée traduisant une intensité de préférence.

Selon (HYDE & al, 2003), la méthode PROMETHEE suit généralement une chronologie de la façon suivante :

- Identification des parties prenantes dans le processus d'aide à la décision ;
- Identification des différents critères ;
- Formulation des alternatives ;
- Pondération des critères ;
- Évaluation des différentes alternatives en fonction des critères ;
- Sélection des critères appropriés en prenant en compte les préférences du décideur pour chaque critère ;

- Application de la méthode PROMETHEE.
- **Concept et méthode :** la méthode PROMETHEE (avec ses versions) Compare les actions deux à deux et mesure *l'intensité de préférence* $P(a,b)$ de l'une par rapport à l'autre sur chaque critère au moyen d'une fonction $P(d)$ où (d) représente la différence des évaluations $[g(a) - g(b)]$ sur le critère.

Pour un critère donné, une valeur $P(a,b) = 0$ traduit la **non préférence** de **a** sur **b**, une valeur $P(a,b) = 1$ traduit la préférence forte de **a** sur **b**, les valeurs intermédiaires croissantes entre **0** et **1** traduisant une préférence d'abord faible puis de plus en plus marquée pour **a**.

Il existe d'autres variantes (générations) de la méthode PROMETHEE à savoir : PROMETHEE I, II, III, IV, V et PROMETHEE tri. On peut user de ces méthodes selon le type de problèmes rencontrés.

Les différentes variantes de la méthode PROMETHEE sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau II.2 : Différentes variantes de PROMETHEE (EMMANUELLE, 2016).

Méthodes	Caractéristiques
PROMETHEE I	Rangement partiel des actions de manière naturelle, où certaines actions sont incomparables (pré ordre partiel)
PROMETHEE II	Rangement complet de toutes les actions, et établi d'une façon décroissante ou on ne tient pas compte de l'incomparabilité (pré ordre complet)
PROMETHEE III	Extension de PROMETHEE II en ce sens que la notion d'indifférence est développée (ordre intervalle)
PROMETHEE IV	Classement des actions entre pré ordre partiel et pré ordre complet (l'ensemble des solutions admissibles est continuum)
PROMETHEE V	Choix multicritères avec contraintes de segmentation
PROMETHEE TRI	Il existe deux extensions : PROMETHEE TRI pour les problèmes de tri et PROMETHEE CLAUSTER pour la classification nominale.

II.6.2 Approche de niveau de la référence

L'approche de niveau de la référence s'est révélée être un outil approprié pour étudier des objectifs contradictoires dans des situations de décision pratique (GRAUER & al, 1982).

Cette approche s'adresse en général à des problèmes à objectifs multiples où les actions envisagées sont en très grand nombre, et définies par des contraintes explicites. On ne cherche plus à expliciter des règles pour résoudre le problème de l'agrégation. On opte plutôt pour une procédure **itérative** et **interactive** permettant à chaque itération de se rapprocher d'une solution acceptable en représentant progressivement les préférences du décideur (**MARTEL & ROUSSEAU, 1993**).

Dans l'approche de niveau de la référence, on va présenter la méthode TOPSIS.

II.6.2.1 Méthode TOPSIS

- **Définition :** TOPSIS (Technique for Order by Similarity to Ideal Solution) est une méthode de prise de décision multicritère développée par HWANG et YOON en 1981 (**AYADI, 2010**). Cette méthode consiste à choisir une solution qui se rapproche le plus de la solution idéale et de s'éloigner le plus possible de la pire solution (**HAMMAMI, 2003**).
- **Concept de la méthode TOPSIS :** l'objectif de cette méthode est de choisir une alternative, parmi un ensemble d'alternatives, qui a d'une part, la plus courte distance à l'alternative idéale (la meilleure alternative sur tous les critères), et, d'autre part, qui a la plus grande distance à l'alternative négative idéale (celle qui dégrade tous les critères).

TOPSIS s'applique selon quatre étapes. Elle commence par la normalisation des performances ensuite le calcul du produit des performances normalisées par les coefficients d'importance relative. Puis la détermination des profils idéals et anti-idéal et le calcul de la distance euclidienne par rapport aux profils. A la fin, le calcul du coefficient de mesure du rapprochement du profil idéal et on termine par le rangement des actions en fonction des valeurs décroissantes (**HAMMAMI, 2003**).

II.6.3 Approche d'agrégation complète

L'approche de l'école Américaine est définie par Roy (1985) comme l'approche du critère unique de synthèse alors que Schârlig (1985) parle de méthodes d'agrégation complète transitive. Cette approche est très enracinée dans nos mœurs. Comme l'indique le nom attribué par Roy, cette approche permet de passer du multicritère au monocritère. L'exemple le plus simple est la pratique courante en évaluation environnementale et la somme pondérée où l'on

transforme plusieurs notes, ou évaluations, en une seule sur laquelle s'appuiera ensuite la décision (MARTEL & ROUSSEAU, 1993).

II.6.3.1 Méthode AHP

- **Définition :** AHP (Analytic Hierarchy Process) est développée par Thomas SAATY en 1981, à la Wharton School of Business de l'Université de Pennsylvanie (KESSILI, 2016). Elle est une des méthodes de décision multicritères dans lesquelles les poids des éléments d'évaluation sont déterminés par des comparaisons par paires (BOUKHARI, 2017).
- **Concept de la méthode :**

Le principe de cette méthode consiste à représenter un problème de décision par une structure hiérarchique reflétant les interactions entre les divers éléments du problème, et procéder ensuite à des comparaisons par paire des éléments de la hiérarchie, et enfin à déterminer les priorités des actions, c'est le principe de la pondération des éléments.

II.7 Choix et description des outils d'aide à la décision

L'outil d'aide à la décision est l'ensemble des méthodes utilisées pour le classement des alternatives et la pondération des critères afin de faire le choix de la meilleure alternative. Pour notre projet, on procède à l'utilisation de la méthode PROMETHEE II qui est une nouvelle famille de l'approche de surclassement afin d'établir le classement de l'ensemble des tronçons de manière décroissante et aussi pour ordonner toutes les actions données, c'est pour cela qu'on a opté pour cette méthode.

II.7.1. Calcul du poids par la méthode AHP

La pondération des critères par la méthode AHP se fait en suivant les quatre étapes suivantes : (SEMASSOU, 2011).

- **Etape 01 :** Hiérarchisation des critères et des sous critères par importance du plus important au moins important.

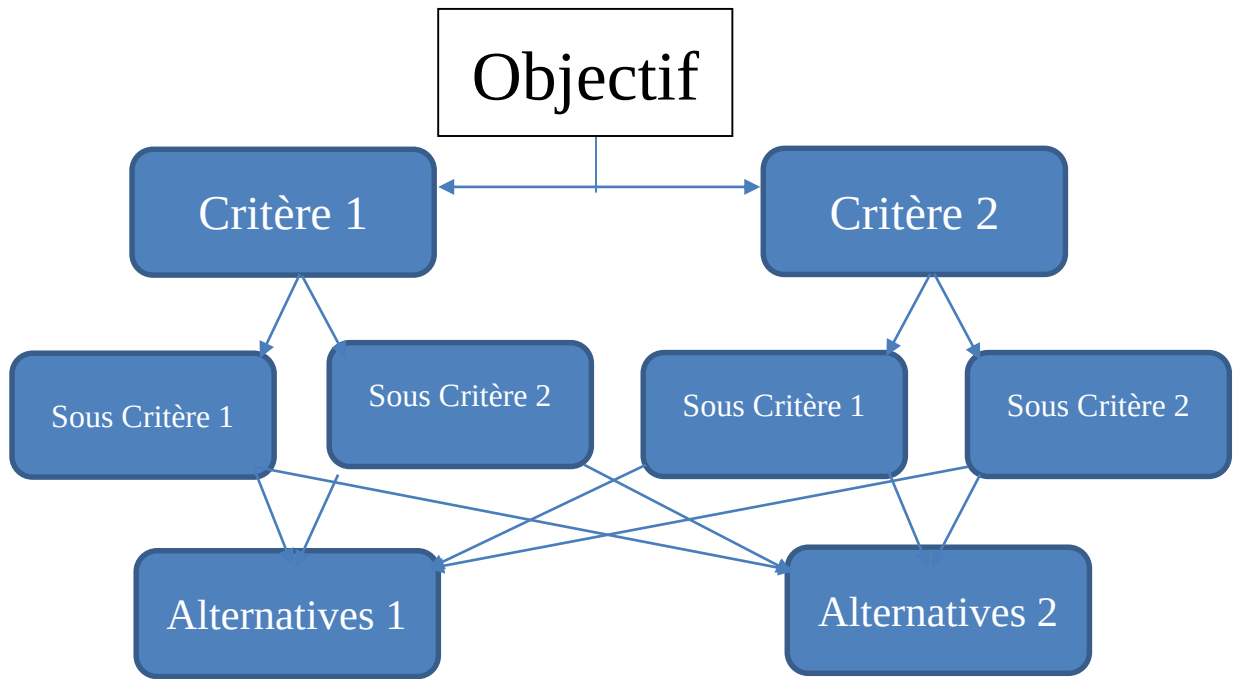


Figure II.6 : Exemple d'une structure hiérarchique

- **Etape 02 :** Construction d'une matrice à partir de la comparaison deux à deux des critères. En effet, on compare deux à deux les différentes branches de même niveau, en attribuant une note chiffrée à la façon dont on ressent la différence entre les deux critères. Ainsi, on dispose de toute cette échelle de valeurs pour remplir la matrice dénommée matrice des jugements ou matrice des comparaisons binaires ou encore matrice des importances relatives.

Tableau II.3 : Matrice de comparaison par paire de SAATY

A	a₁	a_i	a_j	.	.	.	a_n
a₁	a ₁₁	a _{1i}	a _{1j}				a _{1n}
a_i	a _{i1}	a _{ii}	a _{ij}				a _{in}
a_j	a _{j1}	a _{ji}	a _{jj}				a _{jn}
a_n	a _{n1}	a _{ni}	a _{nj}				a _{nn}

Etape 03 : Une fois la matrice obtenue, on procède à des transformations successives afin de remonter à la valeur des poids associés à chaque objectif. Diverses méthodes ont été proposées dans la littérature, on peut citer par exemple la méthode de normalisation de la matrice, l'approche basée sur l'analyse des valeurs propres (V.P.) et l'approche basée sur la régression logarithmique selon les moindres carrés (R.L.M.C).

Etape 04 : On procède à la vérification de la consistance du résultat :

Tableau II.4 : Echelle de valeur de comparaison de SAATY.

Echelle numérique (degré d'importance)	Echelle verbale (définition)	Explications
1	Importance égale des deux éléments	Deux éléments constituent autant à la propriété
3	Un élément est un peu plus important que l'autre	L'expérience et l'appréciation personnelles favorisent légèrement un élément par rapport à un autre
5	Un élément est plus important que l'autre	L'expérience et l'appréciation personnelles favorisent fortement un élément par rapport à un autre
7	Un élément est beaucoup plus important que l'autre	Un élément est fortement favorisé et sa dominance est attestée dans la pratique
9	Un élément est absolument plus important que l'autre	Les preuves favorisant un élément par rapport à un autre sont aussi convaincantes que possible
2, 4, 6, 8	Valeurs intermédiaires entre deux jugements, utilisés pour affiner le jugement	

Pour procéder à la vérification de la consistance des résultats, on commence d'abord par calculer l'indice de cohérence (IC) sa formulation mathématique est la suivante :

$$IC = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1).$$

D'où :

$\lambda_{\max}$: est la valeurs propre maximal correspondant à la matrice de comparaison par paire.

n : nombre de critère ou de sous-critère (objectif) considéré.

Ensuite, on procède au calcul du ratio de cohérence (RC) par la division de l'indice de cohérence (IC) sur la valeur IA (indice aléatoire d'une matrice de même dimension) dépendant du nombre d'objectifs donnés :

$$RC = IC / IA$$

Tableau II.5 : Table des indices aléatoires de SAATY.

Taille de la matrice (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IA	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,53	1,56	1,57	1,59

Cependant, lorsque la matrice est parfaitement cohérente, sa valeur propre maximale est égale à sa dimension :

$\lambda_{\max} = n$ et $IC = 0$. Dans le cas d'une matrice incohérente, on a : $\lambda_{\max} > n$. La cohérence globale d'appréciation est évaluée au moyen de ce ratio de cohérence **RC**. Pour SAATY, la valeur de ce dernier doit être au plus égale à 10% (seuil de tolérance). Dans le cas où cette valeur dépasse 10%, les appréciations peuvent exiger certaines révisions. Le **tableau II.6** nous indique les plages de valeurs de ratio de cohérence admissible.

Tableau II.6 : Table des ratios de cohérence acceptables de SAATY.

Taille de la matrice (n)	3	4	5 et +
Ratio de cohérence acceptable	0,05	0,08	0,10

II.7.2 Description de la méthode PROMETHEE II

La méthode PROMETHEE II est utilisée pour obtenir le classement complet de l'alternative dans le processus de sélection des modes d'entrée. Les étapes de la procédure impliquées dans la méthode PROMETHEE II sont énumérées ci-dessous:

- **Étape 1:** Normaliser la matrice de décision à l'aide de l'équation suivante:

$$R_{ij} = [X_{ij} - \min(X_{ij})] / [\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})]$$

$$(i=1,2,\dots,n : j=1,2,\dots,m)$$

Où : X_{ij} la mesure de performance de $i^{\text{ème}}$ alternative par rapport au $j^{\text{ème}}$ critère.

$$R_{ij} = [\max(X_{ij}) - X_{ij}] / [\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})]$$

La normalisation vectorielle désignée R_{ij} par $i=1,\dots,m$ et $j=1,\dots,n$ où **m** et **n** sont respectivement appelés alternatives et attributs. En fait, R_{ij} est la condition préalable pour calculer W_{ij} donc elle est fondamentale. En suivant cette méthode multicritère, nous avons l'intention de classer **n** alternatives en utilisant des données d'enquête.

- **Étape 2:** Calculez les différences d'évaluation de $i^{\text{ème}}$ alternative par rapport aux autres alternatives. Cette étape implique le calcul des différences de valeurs de critères entre différentes alternatives par paire.
- **Étape 3:** Calculer la fonction de préférence, $P_j(i, i')$.

Il existe principalement six types de fonctions de préférence généralisées telles que proposées par Brans et Mareschal. Ces fonctions de préférence nécessitent la définition de certains paramètres préférentiels, tels que les seuils de préférence et d'indifférence. Cependant, dans les applications en temps réel, il peut être difficile pour le décideur de spécifier quelle forme spécifique de fonction de préférence convient à chaque critère et également de déterminer les paramètres impliqués. Pour éviter ce problème, la fonction de préférence simplifiée suivante est adoptée ici:

$$P_j(i, i') = 0 \text{ si } R_{ij} \leq R_{i'j}$$

$$P_j(i, i') = (R_{ij} - R_{i'j}) \text{ si } R_{ij} > R_{i'j}$$

- **Étape 4:** Calculer la fonction de préférence agrégée en tenant compte des pondérations des critères.

Fonction de préférence agrégée :

$$\pi(i, i') = \left[\sum_{j=1}^m w_j * P_j(i, i') \right] / \sum_{j=1}^m w_j$$

Où w_j est l'importance relative (poids) du $j^{\text{ème}}$ critère.

W_j est appelé le poids normalisé de j critères et il mesure l'importance de chaque critère :

$$W_j = w_j / \sum w_j$$

- **Étape 5:** Déterminez les flux de surclassement sortant et entrant comme suit:

- Débit de sortie (ou flux positif) pour $i^{\text{ème}}$ alternatives :

$$\phi^+ = 1/(n-1) * \sum_{i'=1}^n \pi(i, i'), (i \neq i')$$

- Débit d'entrée (ou flux négatif) pour $i^{\text{ème}}$ alternative :

$$\phi^- = 1/(n-1) * \sum_{i'=1}^n \pi(i', i), (i \neq i')$$

Où : n : est le nombre d'alternatives.

Ici, chaque alternative fait face à **(n-1)** nombre d'autres alternatives. Le flux sortant exprime à quel point une alternative domine les autres alternatives, tandis que le flux entrant indique à quel point une alternative est dominée par les autres alternatives. Sur la base de ces flux de surclassement, la méthode PROMETHEE I peut fournir une précommande partielle des alternatives, tandis que la méthode PROMETHEE II peut donner la précommande complète en utilisant un **flux net**, bien qu'elle perde beaucoup d'informations sur les relations de préférence.

- **Étape 6:** Calculez le débit net de surclassement pour chaque alternative :

$$\varphi(i) = \varphi^+(i) - \varphi^-(i).$$

- **Étape 7:** Déterminez le classement de toutes les alternatives envisagées en fonction des valeurs de $\varphi(i)$. Plus la valeur est élevée $\varphi(i)$, meilleure est l'alternative. Ainsi, la meilleure alternative est celle qui a la valeur la plus élevée de $\varphi(i)$.

II.8 Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté les différentes techniques et méthodes afin de résoudre les problèmes de décisions posés. De ce fait, on a adopté une méthodologie de priorisation composée de deux phases : la première dite *phase de sélection* qui a pour but de collecter des données sur les critères et les caractéristiques des tronçons du réseau à réhabiliter, la seconde nommée *phase de décision*, son rôle est de faire une comparaison des critères afin d'aboutir au classement et au favoritisme des tronçons destinés pour la réhabilitation.

Pour la suite de ce chapitre on a identifié dix critères. Chaque critère a été défini. Puis, nous avons adopté la méthode AHP pour la pondération des critères et la méthode PROMETHEE II qui permet d'effectuer le classement des conduites à réhabiliter de la plus urgente à la moins urgente.

III.1 Introduction

Dans ce chapitre on va s'intéresser à la réhabilitation du réseau de distribution d'eau potable du secteur Tala Alam. Pour cela, on va débiter par une présentation de la ville de Tizi-Ouzou ainsi que du secteur Tala Alam. Ce dernier est considéré parmi les secteurs les plus anciens de la ville de Tizi-Ouzou.

Pour but d'appliquer la méthodologie élaborée qui va nous permettre d'avoir un itinéraire technique pour la réalisation des travaux de réhabilitation, nous avons pris le secteur de Tala Alam comme un cas d'application.

Nous avons utilisé les deux méthodes AHP et POMETHE II sur le secteur en question afin d'avoir un ordre final et prioritaire des tronçons à réhabiliter. Ces méthodes nécessitent plusieurs procédures pour but de réaliser la pondération des critères disponibles et également pour obtenir une hiérarchisation des canalisations à réhabiliter.

Pour l'obtention des données nécessaires sur le réseau de Tala Alam, nous avons sollicité les gestionnaires des services d'eau potable ainsi que les entreprises privées qui travaillent sur la réhabilitation des réseaux au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou.

III.2. Présentation de la wilaya de Tizi-Ouzou

III.2.1. Situation géographique

La wilaya de Tizi-Ouzou se situe au Nord d'Algérie à une centaine de kilomètres à l'Est de la capitale d'Alger. Elle est limitée géographiquement par la mer méditerranée au Nord avec 70 km de cote, à l'Ouest par la wilaya de Boumerdes, à l'Est par la wilaya de Bejaia et au Sud par la wilaya de Bouira. Elle s'étale sur une superficie de 295 793 Ha.

Administrativement, elle est divisée en 21 daïras et 67 communes. C'est la wilaya d'Algérie qui possède le plus grand nombre de communes et sa d'après le dernier découpage administratif en 1984.

III.2.2. Situation démographique

La population totale de la wilaya de Tizi-Ouzou est de 1127166 habitants, soit une densité de 381habitants par km².

III.2.3. Caractéristiques naturelles

III.2.3.1. Relief

La wilaya de Tizi-Ouzou est composée de trois reliefs à savoir :

Chaine côtière : elle comprend en gros le territoire situé de la rive droite de Sebaou jusqu'à la mer, soit la totalité des communes relevant les daïras de Tigzirt, Makouda, Ouaguenoun, Azzefoun et Azzazga ainsi que la commune de Sidi-Naamane rattachée à la daïra de Draa-Ben-Khedda.



***Figure III.1 :** Chaine côtière.*

Massif central : délimité à l’Ouest et situé entre l’Oued Sebaou et la dépression de Draa-El-Mizan, Ouadhias, il a des limites moins nettes à l’Est ou il bute contre le Djurdjura. Le massif central comprend presque la totalité des daïras de Draa-Ben-Khada, Larbaa-Nath-Irathen, et une partie de Draa-El-Mizan, Boughni et Ain-El-Hammam.



Figure III.2 : Massif central.

Djurdjura : souvent synonyme de Kabylie et n’occupant en fait qu’une partie restreinte de la wilaya, dans sa partie méridionale. Une quinzaine de communes se trouvent en partie ou en totalité sur les contreforts de la chaîne, toutes comprises dans les daïras d’Ain El Hammam, Béni-Yenni, Ouacifs, Boghni et Ouadhias.

La chaîne se déploie d’ouest en Est dans la partie sud de la wilaya en une véritable barrière d’altitude souvent supérieure à 2000 mètres.



Figure III.3 : Djurdjura.

Chapitre III : Etude de cas : application de l’outil méthodologique sur le secteur Tala Alam de Tizi-Ouzou

Quelques cols (Tizi-N’Kouilal, Tirourda, Chelatta) ont une importance stratégique et historique connue, permettent de rejoindre aisément les régions de Bouira et de Bejaia.

Zone de vallées, plaine et dépression : vallée du Sébaou, la plaine côtière d’Azeffoun et la dépression de Drâa-El-Mizan qui s’arrête aux abords d’Ouadhias.

Tableau III.1 : Caractéristique des reliefs de la wilaya de Tizi-Ouzou.

Ensembles physiques	Pente (%)	Superficie (Km ²)	Pourcentage par rapport à la superficie totale de la Wilaya
Plaines	0 à 3	18 482	6,24
Bas piémonts	3 à 12,5	31 050	10,50
Hauts piémonts	12,5 à 25	92 966	31,42
Très hautes montagnes	25	153 293	51,84
Total		295 793	100

III.2.3.2. Hydrologie

La wilaya de Tizi-Ouzou est bénéficie d’une potentialité hydrique importante, vu la nature de reliefs cités précédemment, cependant des quantités importantes d’eau ne sont pas exploitées ou sont déversées dans la mer.

L’hydrologie de la wilaya de Tizi-Ouzou est dominée par l’Oued Sebaou qui recueille à travers ses affluents l’essentiel des eaux en provenance de Djurdjura. La région comporte 83 retenues collinaires qui irriguent une superficie de 548 Ha ; 4 barrages irrigant 637 Ha ; 77 forages qu’irriguent 676 Ha, 1410 puits irrigants 1148 Ha. Les superficies des terres irriguées sont estimées à environ 11750 Ha. Elles sont essentiellement localisées dans la vallée du Sebaou, soit 7050 Ha.

III.3 Etude climatique de la région de Tizi-Ouzou

Le climat de la zone d’étude est de type méditerranéen, caractérisé par deux saisons opposées, un hiver frais et pluvieux suivis d’un été sec et chaud. Pour une meilleure caractérisation du climat de notre zone d’étude nous avons retenues les paramètres de précipitation et de la température pour la période allant de 2001 à 2011. Ces Paramètres relevés de l’ONM (Office National de la Météorologie) de Tizi-Ouzou.

III.3.1. Pluviométrie et humidité

Les précipitations et l'humidité moyenne totale enregistrées au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou durant l'année 2013 sont respectivement représentées le tableau suivant :

Tableau III.2 : Précipitation et humidité de la wilaya de Tizi-Ouzou année 2013.

mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
Pr(mm)	80.9	159.2	98.4	116	84.2	23.2	1.2	10.8	14.8	81.3	122.9	74.6	72.25
H %	82	83	79	77	73	68	62	59	70	73	79	77	73.5

(Station météorologique de Boukhalfa, 2015)

Nous pouvons constater que les précipitations sont irrégulières et la période pluvieuse s'étend du mois d'octobre jusqu'au mois de Mai, une moyenne totale de 72.25mm

III.3.2. Température

Le tableau II.3 montre que la température moyenne annuelle est de l'ordre de 18.58°C. Les mois les plus chauds sont Juillet et Aout, leurs températures sont respectivement 28.45°C et 29.65°C. Les mois les plus froids sont Janvier et Février avec une température moyenne de l'ordre de 11.4°C et 10.56°C

Tableau III.3 : Variation des températures moyennes, minimales et maximales de l'année (2013).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Tot
T°mM(°C)	16.1	15.1	19.6	22.3	25.8	10.4	35.5	37.3	31.9	27.13	20.8	18.2	23.37
T°mm(°C)	6.7	6.03	9	11.5	13.7	18	21.4	22	18.5	14.9	11.9	8	13.47
T°m(°C)	11.4	10.56	14.3	16.9	19.75	14.2	28.45	29.65	25.2	21.01	16.35	13.1	18.58

(Station météorologique de Boukhalfa, 2015)

III.3.3. Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

Pour mieux caractériser le climat de notre région nous avons tracé le diagramme ombrothermique (Figure III.4) qui va nous permettre de déterminer la durée de la saison sèche ainsi que son intensité. En appliquant une relation entre les précipitations moyenne mensuelle

Chapitre III : Etude de cas : application de l'outil méthodologique sur le secteur Tala Alam de Tizi-Ouzou

et la température moyenne du mois, BAGNOULS et GAUSSEN (1953), considère qu'un mois est sec quand le total des précipitations (en mm) est inférieur au double de la température en °C c'est-à-dire que le rapport $P < 2T$.

Tableau III.4 : Température et précipitation moyenne.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Tm(°C)	11.4	10.56	14.3	16.9	19.75	14.2	28.45	29.65	25.2	21.01	16.35	13.1
Pr(mm)	80.9	159.2	98.4	116	84.2	23.2	1.2	10.8	14.8	81.3	122.9	74.6

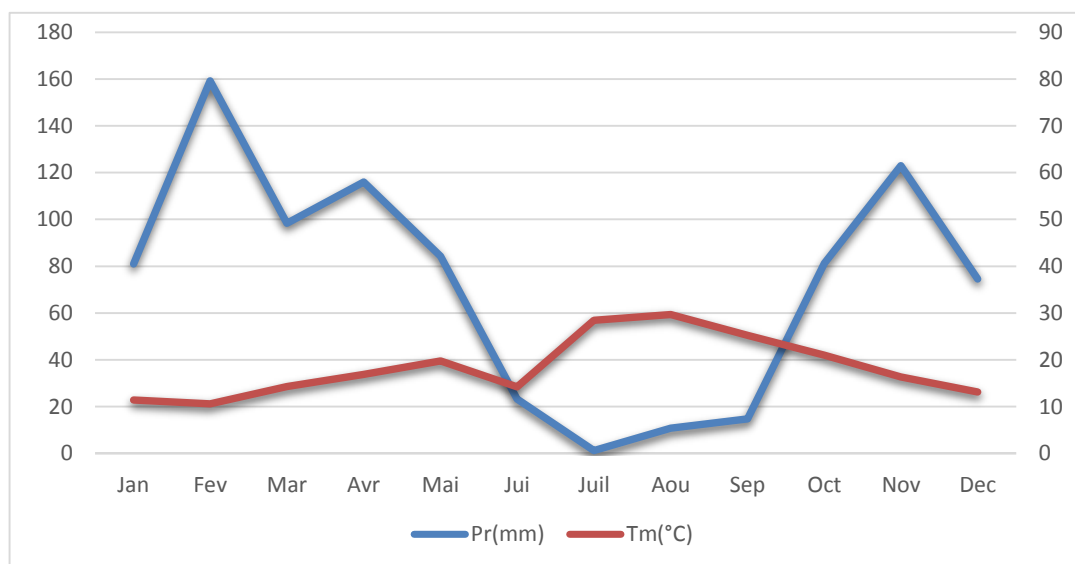


Figure III.4 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

III.4 Présentation de Tala Alam

Le village kabyle de Tala Alam est situé sur le flanc sud-ouest de la montagne Redjaouna qui surplombe la ville de Tizi-Ouzou dans la Grande Kabylie en Algérie.

Ce village est compté parmi les régions les plus anciennes de la wilaya de Tizi-Ouzou.

Cette région est alimentée par un réservoir dont la capacité de stockage est de 1500 m³. Ce réservoir alimente également différents secteurs à savoir : Amraoua, Harrouza, Nouvelle ville, ... etc.

Le réseau de Tala Alam comporte 148 tronçons constitués de deux types de matériaux ; PEHD et l'Acier sur une longueur totale de 22915 ml.

III.5 Sources d'alimentation du réservoir de Tala Alam

III.5.1. Description du réservoir de Tala Alam

Dans le cadre de l'entame des travaux d'exécution de la réhabilitation du système d'alimentation en eau potable du secteur Tala Alam, dans la commune de Tizi-Ouzou, et ce conformément à l'étude de diagnostic et de réhabilitation des systèmes d'alimentation en eau potable de la ville de Tizi-Ouzou. Le secteur de Tala Alam est alimenté par le réservoir de Tala Alam dont la capacité est de 1500 m³.



Figure III.5 : Réservoir de Tala Alam.

Une reconnaissance du tracé a été effectuée pour évaluer les contraintes rencontrées ainsi qu'une prospection d'éventuel changement de tracé.

L'altitude des nœuds du réseau est implémentée par rapport au levé topographique de la région étudiée.

Le réservoir de Tala Alam, de capacité 1500 m³ mis en service en 1965, il a un accès trop accidenté ce qui rend toute intervention délicate, son alimentation s'effectue à partir de trois champs de captages : le champ de BOUAID, Barrage de Taksebt ainsi que le champ de

Chapitre III : Etude de cas : application de l'outil méthodologique sur le secteur Tala Alam de Tizi-Ouzou

Boukhalfa qui comporte une totalité de 11 forages, qui permet l'alimentation du réservoir du village de Boukhalfa par refoulement à travers des conduites de diamètre DN 500 afin d'assurer une distribution gravitaire pour le réservoir de Tala Alam. La structure du réservoir est en béton armé d'une forme circulaire de diamètre 17,9 m, une hauteur de 3,8m et il est couvert d'une coupole.

III.5.2. Le linéaire du réseau de distribution de Tala Alam

Le linéaire des conduites ainsi que le type de matériau caractérisant le réseau de Tala Alam sont illustrés dans le tableau ci-dessous :

Tableau III.5 : Linéaire des conduites.

Conduite			Longueur (m)
Matériau	DN (mm)	PN (bars)	
PEHD	50	16	4135,75
	63		1838,83
	90		4724,56
	110		546,36
	125		1681,27
	160		1548,17
	200		2411,54
	250		1830,11
	Total		18 717
ACIER	33	16	734,08
	50		226,21
	80		1639,11
	125		731,51
	150		866,78
	Total		4 198

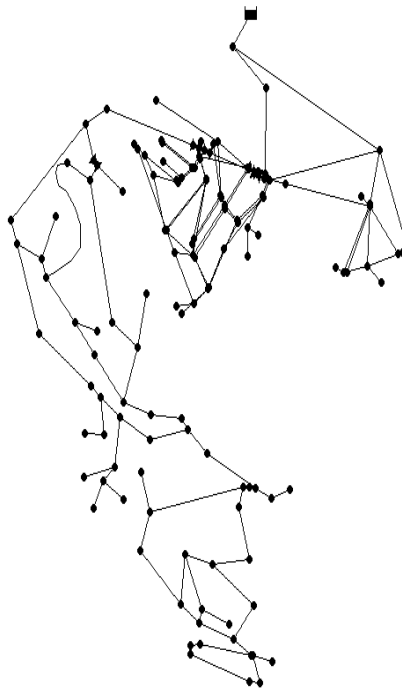


Figure III.6 : Réseau de distribution de Tala Alam.

III.6 Application des méthodes et résultats

Pour L'application des deux méthodes (AHP et PROMETHEE II), on a choisi le secteur de Tala Alam qui se constitue de 148 tronçons comme un champ d'application.

Le principe de notre étude c'est d'avoir des résultats finals sur l'ordre complet des tronçons à réhabiliter et cela permet d'avoir une meilleure gestion des travaux de rénovation pour les gestionnaires des services en eau potable

III.6.1. Calcul du poids des critères par la méthode AHP

III.6.1.1. Classement des critères

Le tableau III.6 suivant représente l'ensemble des critères utilisé dans notre démarche de réhabilitation

Tableau III.6 : Classement des critères.

C1	ILP
C2	Age
C3	Cout de réhabilitation
C4	Plaintes
C5	Pression
C6	Matériau
C7	Technique de réhabilitation
C8	Vitesse
C9	Diamètre
C10	Longueur

III.6.1.2. Synthèse du questionnaire

Le calcul du poids des critères se fait à l’aide de la matrice de comparaison par paire (comparaison binaire). Pour construire cette matrice on doit d’abord établir un questionnaire puis le soumettre à un expert afin qu’il nous aide à déterminer les critères les plus importants et d’associer par la suite les indice de préférence de SAATY pour chaque comparaison binaire entre un critère et un autre. Le Tableau III.7 illustre les indices préférences entre les critères :

Tableau III.7 : Comparaison par paire des critères.

Comparaison par pair des critères		Critère considéré important	Préférence
ILP/ Age	C1/C2	C1	2
ILP / cout de réhabilitation	C1/C3	C1	3
ILP / plainte des clients	C1/C4	C1	4
ILP / pression	C1/C5	C1	5
ILP / matériau	C1/C6	C1	5
ILP / Technique de réhabilitation	C1/C7	C1	6
ILP / vitesse	C1/C8	C1	7
ILP / diamètre	C1/C9	C1	8
ILP / longueur	C1/C10	C1	9
Age / cout de réhabilitation	C2/C3	C2	2
Age / plainte des clients	C2/C4	C2	3

Chapitre III : Etude de cas : application de l'outil méthodologique sur le secteur Tala Alam de Tizi-Ouzou

Age / pression	C2/C5	C2	4
Age / matériau	C2/C6	C2	5
Age / Technique de réhabilitation	C2/C7	C2	6
Age / vitesse	C2/C8	C2	7
Age / diamètre	C2/C9	C2	8
Age / longueur	C2/C10	C2	9
cout de réhabilitation / plainte des clients	C3/C4	C3	2
cout de réhabilitation / pression	C3/C5	C3	3
cout de réhabilitation / matériau	C3/C6	C3	4
cout de réhabilitation / Technique de réhabilitation	C3/C7	C3	5
cout de réhabilitation / vitesse	C3/C8	C3	6
cout de réhabilitation / diamètre	C3/C9	C3	7
cout de réhabilitation / longueur	C3/C10	C3	8
plainte des clients / pression	C4/C5	C4	2
plainte des clients / matériau	C4/C6	C4	3
plainte des clients / Technique de réhabilitation	C4/C7	C4	4
plainte des clients / vitesse	C4/C8	C4	6
plainte des clients / diamètre	C4/C9	C4	7
plainte des clients / longueur	C4/C10	C4	8
pression / matériau	C5/C6	C5	3
pression / Technique de réhabilitation	C5/C7	C5	4
pression / vitesse	C5/C8	C5	5
pression / diamètre	C5/C9	C5	6
pression / longueur	C5/C10	C5	7
matériau / Technique de réhabilitation	C6/C7	C6	3
matériau / vitesse	C6/C8	C6	4
matériau / diamètre	C6/C9	C6	5
matériau / longueur	C6/C10	C6	6
Technique de réhabilitation / vitesse	C7/C8	C7	3
Technique de réhabilitation / diamètre	C7/C9	C7	4
Technique de réhabilitation / longueur	C7/C10	C7	5
vitesse / diamètre	C8/C9	C8	4
vitesse / longueur	C8/C10	C8	6
diamètre / longueur	C9/C10	C9	4

III.6.1.3. Construction de la matrice de comparaison des critères

La comparaison binaire entre critères est illustrée dans le tableau suivant :

Tableau III.8 : Matrice de comparaison binaire.

Comparaison des critères	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
C1	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9
C2	0,50	1	2	3	4	5	6	7	8	9
C3	0,33	0,50	1	2	3	4	5	6	7	8
C4	0,25	0,33	0,50	1	2	3	4	6	7	8
C5	0,20	0,25	0,33	0,50	1	3	4	5	6	7
C6	0,20	0,20	0,25	0,33	0,33	1	3	4	5	6
C7	0,17	0,17	0,20	0,25	0,25	0,33	1	3	4	5
C8	0,14	0,14	0,17	0,17	0,20	0,25	0,33	1	4	6
C9	0,13	0,13	0,14	0,14	0,17	0,20	0,25	0,25	1	4
C10	0,11	0,11	0,13	0,13	0,14	0,17	0,20	0,17	0,25	1

III.6.1.4 Détermination du poids des critères

Pour déterminer le poids de chaque critère, on va utiliser le concept du vecteur propre qui est issu de la normalisation de la matrice. La normalisation de la matrice se fait on suivant les étapes suivantes :

Premièrement : on va additionner les valeurs de chaque colonne.

Tableau III.9 : Addition des valeurs de chaque colonne.

Comparaison des critères	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
C1	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9
C2	0,50	1	2	3	4	5	6	7	8	9
C3	0,33	0,50	1	2	3	4	5	6	7	8
C4	0,25	0,33	0,50	1	2	3	4	6	7	8
C5	0,20	0,25	0,33	0,50	1	3	4	5	6	7
C6	0,20	0,20	0,25	0,33	0,33	1	3	4	5	6
C7	0,17	0,17	0,20	0,25	0,25	0,33	1	3	4	5
C8	0,14	0,14	0,17	0,17	0,20	0,25	0,33	1	4	6
C9	0,13	0,13	0,14	0,14	0,17	0,20	0,25	0,25	1	4
C10	0,11	0,11	0,13	0,13	0,14	0,17	0,20	0,17	0,25	1
Somme	3,03	4,83	7,72	11,52	16,09	21,95	29,78	39,42	50,25	63

Chapitre III : Etude de cas : application de l’outil méthodologique sur le secteur Tala Alam de Tizi-Ouzou

Deuxièmement : diviser chaque valeur d’une cellule sur la somme totale de la colonne.

Tableau III.10 : Résultat de division.

0,33015	0,41417	0,38871	0,34729	0,31070	0,22779	0,20145	0,17759	0,15920	0,14286
0,16507	0,20708	0,25914	0,26047	0,24856	0,22779	0,20145	0,17759	0,15920	0,14286
0,11005	0,10354	0,12957	0,17364	0,18642	0,18223	0,16788	0,15222	0,13930	0,12698
0,08254	0,06903	0,06478	0,08682	0,12428	0,13667	0,13430	0,15222	0,13930	0,12698
0,06603	0,05177	0,04319	0,04341	0,06214	0,13667	0,13430	0,12685	0,11940	0,11111
0,06603	0,04142	0,03239	0,02894	0,02071	0,04556	0,10073	0,10148	0,09950	0,09524
0,05502	0,03451	0,02591	0,02171	0,01553	0,01519	0,03358	0,07611	0,07960	0,07937
0,04716	0,02958	0,02159	0,01447	0,01243	0,01139	0,01119	0,02537	0,07960	0,09524
0,04127	0,02589	0,01851	0,01240	0,01036	0,00911	0,00839	0,00634	0,01990	0,06349
0,03668	0,02301	0,01620	0,01085	0,00888	0,00759	0,00672	0,00423	0,00498	0,01587

Troisièmement : calculer la moyenne de chaque ligne.

Tableau III.11 : Calcul de la moyenne de chaque ligne.

										Poids
0,33015	0,41417	0,38871	0,34729	0,31070	0,22779	0,20145	0,17759	0,15920	0,14286	0,26999
0,16507	0,20708	0,25914	0,26047	0,24856	0,22779	0,20145	0,17759	0,15920	0,14286	0,20492
0,11005	0,10354	0,12957	0,17364	0,18642	0,18223	0,16788	0,15222	0,13930	0,12698	0,14718
0,08254	0,06903	0,06478	0,08682	0,12428	0,13667	0,13430	0,15222	0,13930	0,12698	0,11169
0,06603	0,05177	0,04319	0,04341	0,06214	0,13667	0,13430	0,12685	0,11940	0,11111	0,08949
0,06603	0,04142	0,03239	0,02894	0,02071	0,04556	0,10073	0,10148	0,09950	0,09524	0,06320
0,05502	0,03451	0,02591	0,02171	0,01553	0,01519	0,03358	0,07611	0,07960	0,07937	0,04365
0,04716	0,02958	0,02159	0,01447	0,01243	0,01139	0,01119	0,02537	0,07960	0,09524	0,03480
0,04127	0,02589	0,01851	0,01240	0,01036	0,00911	0,00839	0,00634	0,01990	0,06349	0,02157
0,03668	0,02301	0,01620	0,01085	0,00888	0,00759	0,00672	0,00423	0,00498	0,01587	0,01350

III.6.1.5. Calcul de la valeur propre de $\lambda_{\max}$

Pour calculer la valeur propre de $\lambda_{\max}$ on doit suivre les étapes suivantes :

Première étape : on prend la matrice de comparaison binaire ainsi que le poids de chaque critère.

Tableau III.12 : Résultats de priorisation.

										Poids
1	2	3	4	5	5	6	7	8	9	0,26999
0,50	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0,20492
0,33	0,50	1	2	3	4	5	6	7	8	0,14718
0,25	0,33	0,50	1	2	3	4	6	7	8	0,11169
0,20	0,25	0,33	0,50	1	3	4	5	6	7	0,08949
0,20	0,20	0,25	0,33	0,33	1	3	4	5	6	0,06320
0,17	0,17	0,20	0,25	0,25	0,33	1	3	4	5	0,04365
0,14	0,14	0,17	0,17	0,20	0,25	0,33	1	4	6	0,03480
0,13	0,13	0,14	0,14	0,17	0,20	0,25	0,25	1	4	0,02157
0,11	0,11	0,13	0,13	0,14	0,17	0,20	0,17	0,25	1	0,01350

Deuxième étape : on utilise le poids (vecteur priorité) comme facteur pour chaque colonne.

Tableau III.13 : Vecteur priorité utilisée comme facteur.

0,26999	0,20492	0,14718	0,11169	0,08949	0,06320	0,04365	0,03480	0,02157	0,01350
1	2	3	4	5	5	6	7	8	9
0,50	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,33	0,50	1	2	3	4	5	6	7	8
0,25	0,33	0,50	1	2	3	4	6	7	8
0,20	0,25	0,33	0,50	1	3	4	5	6	7
0,20	0,20	0,25	0,33	0,33	1	3	4	5	6
0,17	0,17	0,20	0,25	0,25	0,33	1	3	4	5
0,14	0,14	0,17	0,17	0,20	0,25	0,33	1	4	6
0,13	0,13	0,14	0,14	0,17	0,20	0,25	0,25	1	4
0,11	0,11	0,13	0,13	0,14	0,17	0,20	0,17	0,25	1

Chapitre III : Etude de cas : application de l'outil méthodologique sur le secteur Tala Alam de Tizi-Ouzou

Troisième étape : multiplication de chaque cellule de la colonne par son propre poids.

Tableau III.14 : Calcul des colonnes pondérées.

1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00
0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00
0,33	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00
0,25	0,33	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	6,00	7,00	8,00
0,20	0,25	0,33	0,50	1,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00
0,20	0,20	0,25	0,33	0,33	1,00	3,00	4,00	5,00	6,00
0,17	0,17	0,20	0,25	0,25	0,33	1,00	3,00	4,00	5,00
0,14	0,14	0,17	0,17	0,20	0,25	0,33	1,00	4,00	6,00
0,13	0,13	0,14	0,14	0,17	0,20	0,25	0,25	1,00	4,00
0,11	0,11	0,13	0,13	0,14	0,17	0,20	0,17	0,25	1,00

Quatrième étape : faire une addition pour chaque ligne afin d'avoir la somme pondérée.

Tableau III.15 : La somme pondérée.

0,27	0,41	0,44	0,45	0,45	0,32	0,26	0,24	0,17	0,12	0,26999
0,13	0,20	0,29	0,34	0,36	0,32	0,26	0,24	0,17	0,12	0,20492
0,09	0,10	0,15	0,22	0,27	0,25	0,22	0,21	0,15	0,11	0,14718
0,07	0,07	0,07	0,11	0,18	0,19	0,17	0,21	0,15	0,11	0,11169
0,05	0,05	0,05	0,06	0,09	0,19	0,17	0,17	0,13	0,09	0,08949
0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,06	0,13	0,14	0,11	0,08	0,06320
0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,04	0,10	0,09	0,07	0,04365
0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03	0,09	0,08	0,03480
0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,05	0,02157
0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01350

Cinquième étape : On va diviser la somme pondérée par le vecteur de priorité (poids).

Tableau III.16 : Résultat de la division.

Somme pondérée		Vecteur de priorité		Résultats
0,26999		3,03		11,5973607
0,20492		4,83		11,9211092
0,14718		7,72		12,0280946
0,11169		11,52		11,9260727
0,08949		16,09		11,8647262
0,06320	/	21,95	=	11,4089649
0,04365		29,78		11,0365591
0,03480		39,42		10,3815202
0,02157		50,25		10,1585239
0,01350		63		10,5085271

Pour calculer la valeur propre de $\lambda_{\max}$, on va établir la moyenne des résultats obtenus.

$$\lambda_{\max} = (11,5973607 + 11,9211092 + 12,0280946 + 11,9260727 + 11,8647262 + 11,4089649 + 11,0365591 + 10,3815202 + 10,1585239 + 10,5085271) / 10$$

$$\lambda_{\max} = 11,2831$$

III.6.1.6. Etude de cohérence des résultats

Afin d'assurer la fiabilité des résultats, on doit d'abord calculer :

❖ **L'indice de cohérence :** sa formulation mathématique est la suivante :

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

Avec : $\lambda_{\max}$: est la valeur propre calculée

n : Nombre des critères (10 critères pour notre cas)

$$CI = \frac{11,2831 - 10}{10 - 1} = 0,1426$$

❖ **Le Ratio de cohérence** : il est défini par la formule suivante :

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

RC est le rapport entre CI et un indice de cohérence aléatoire (RI). L'indice (RI) est présenté dans le tableau ci-dessous :

Tableau III.17 : Echelle aléatoire de SAATY.

Dimension de la matrice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Indice Aléatoire (IA)	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,53	1,56	1,57	1,59

Donc la valeur du Ratio de Cohérence est :

$$RC = \frac{0,1426}{1,49} = 0,0957$$

Puisque la valeur du R est inférieure à **0.1**, on déduit que notre matrice de comparaison est raisonnablement cohérente

La figure suivante illustre la variation du poids pour chaque critère.

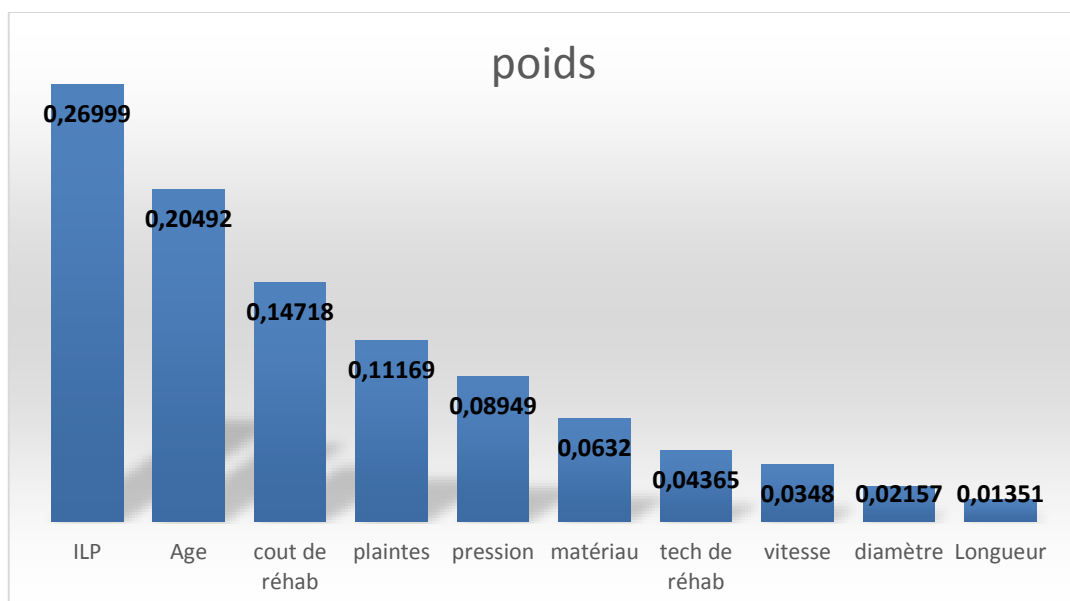


Figure III.7 : La variation du poids pour chaque critère.

Observation : on déduit de la figure III.7 que les critères C1 « Indice Linéaire des Pertes », C2 « Ages », C3 « Cout de réhabilitation » et C4 « plaintes » ont des poids supérieurs à 0.1, en suite, les critères C5 « pression », C6 « matériau » qui ont une valeur entre 0.1 et 0.05. À la fin, on a les critères C7 « techniques de réhabilitation », C8 « vitesse », C9 « diamètre » et le C10 « longueur » qui ont un poids inférieur à 0.05.

D'après notre observation on peut dire que les critères C1, C2, C3 et C4 sont des éléments décisifs lors de la priorisation des canalisations à réhabiliter, et cela revient au poids qu'ils représentent une de 0,73378 sur 1.

III.6.2. Classement des tronçons du secteur Tala Alam par la méthode PROMETHEE II

Pour but d'obtenir le classement des 148 tronçons du secteur de Tala Alam, on a appliqué la méthode PROMETHEE II en introduisant les données (critères) pour chaque tronçon dans le logiciel Visual PROMETHEE.

Après insertion des données, le logiciel prend la tâche de calculer les Flux positifs (Φ^+), négatifs (Φ^-) et les flux nets (Φ) afin d'établir l'ordre complet des conduites.

Le classement se fait d'une manière décroissante en suivant les valeurs du Flux net (Φ) de la plus élevée à la moins élevée.

Tableau III.18 : Classement des tronçons à réhabiliter du secteur Tala Alam.

Classement	action	Phi	Phi+	Phi-
1	Tuyau 5.345.33	0,4483	0,6782	0,2299
2	Tuyau 5.665.68	0,4231	0,6578	0,2347
3	Tuyau 5.385.45	0,3415	0,6238	0,2823
4	Tuyau 5.635.113	0,3354	0,585	0,2497
5	Tuyau 5.385.37	0,332	0,5884	0,2565
6	Tuyau 5.375.34	0,2952	0,5952	0,3
7	Tuyau 5.375.35	0,2857	0,5592	0,2735
8	Tuyau 5.375.36	0,2653	0,5565	0,2912
9	Tuyau 5.375.37	0,2633	0,5544	0,2912
10	Tuyau 5.375.38	0,2544	0,5395	0,285
11	Tuyau 5.375.39	0,2537	0,5782	0,3245
12	Tuyau 5.375.40	0,2381	0,5306	0,2925

Chapitre III : Etude de cas : application de l'outil méthodologique sur le secteur Tala Alam de Tizi-Ouzou

13	Tuyau 5.375.41	0,2367	0,5633	0,3265
14	Tuyau 5.375.42	0,2333	0,5639	0,3306
15	Tuyau 5.375.43	0,232	0,5347	0,3027
16	Tuyau 5.375.44	0,2224	0,5381	0,3156
17	Tuyau 5.375.45	0,2095	0,5347	0,3252
18	Tuyau 5.375.46	0,2068	0,5163	0,3095
19	Tuyau 5.375.47	0,1959	0,5102	0,3143
20	Tuyau 5.375.48	0,1959	0,517	0,3211
21	Tuyau 5.375.49	0,1939	0,5136	0,3197
22	Tuyau 5.375.50	0,1939	0,5102	0,3163
23	Tuyau 5.375.51	0,1925	0,5122	0,3197
24	Tuyau 5.375.52	0,1857	0,5088	0,3231
25	Tuyau 5.375.53	0,185	0,5388	0,3537
26	Tuyau 5.375.54	0,1837	0,5034	0,3197
27	Tuyau 5.375.55	0,181	0,5014	0,3204
28	Tuyau 5.375.56	0,1687	0,5041	0,3354
29	Tuyau 5.375.57	0,1673	0,5048	0,3374
30	Tuyau 5.375.58	0,1646	0,5068	0,3422
31	Tuyau 5.375.59	0,1599	0,4898	0,3299
32	Tuyau 5.375.60	0,1483	0,4864	0,3381
33	Tuyau 5.375.61	0,1469	0,4823	0,3354
34	Tuyau 5.375.62	0,1435	0,4905	0,3469
35	Tuyau 5.375.63	0,1422	0,4796	0,3374
36	Tuyau 5.375.64	0,1415	0,5177	0,3762
37	Tuyau 5.375.65	0,1347	0,4878	0,3531
38	Tuyau 5.375.66	0,1299	0,4776	0,3476
39	Tuyau 5.375.67	0,1238	0,4776	0,3537
40	Tuyau 5.375.68	0,1231	0,4735	0,3503
41	Tuyau 5.375.69	0,1197	0,4776	0,3578
42	Tuyau 5.375.70	0,115	0,4728	0,3578

Chapitre III : Etude de cas : application de l'outil méthodologique sur le secteur Tala Alam de Tizi-Ouzou

43	Tuyau 5.375.71	0,1129	0,4993	0,3864
44	Tuyau 5.375.72	0,1027	0,4884	0,3857
45	Tuyau 5.375.73	0,1	0,4646	0,3646
46	Tuyau 5.375.74	0,0966	0,4898	0,3932
47	Tuyau 5.375.75	0,0912	0,466	0,3748
48	Tuyau 5.375.76	0,0884	0,4565	0,368
49	Tuyau 5.375.77	0,0857	0,4558	0,3701
50	Tuyau 5.375.78	0,0837	0,451	0,3673
51	Tuyau 5.375.79	0,0823	0,4531	0,3707
52	Tuyau 5.375.80	0,0816	0,4524	0,3707
53	Tuyau 5.375.81	0,0816	0,4789	0,3973
54	Tuyau 5.375.82	0,0803	0,4741	0,3939
55	Tuyau 5.375.83	0,0735	0,451	0,3776
56	Tuyau 5.375.84	0,0728	0,4741	0,4014
57	Tuyau 5.375.85	0,0633	0,4408	0,3776
58	Tuyau 5.375.86	0,0544	0,4449	0,3905
59	Tuyau 5.375.87	0,0544	0,4422	0,3878
60	Tuyau 5.375.88	0,051	0,4374	0,3864
61	Tuyau 5.375.89	0,0503	0,4415	0,3912
62	Tuyau 5.375.90	0,0408	0,4571	0,4163
63	Tuyau 5.375.91	0,0381	0,4327	0,3946
64	Tuyau 5.375.92	0,0293	0,4252	0,3959
65	Tuyau 5.375.93	0,0143	0,4218	0,4075
66	Tuyau 5.375.94	0,0143	0,4211	0,4068
67	Tuyau 5.375.95	0,0129	0,4408	0,4279
68	Tuyau 5.375.96	0,0122	0,4224	0,4102
69	Tuyau 5.375.97	0,0061	0,4184	0,4122
70	Tuyau 5.375.98	0,0048	0,415	0,4102
71	Tuyau 5.375.99	0,002	0,4184	0,4163
72	Tuyau 5.375.100	-0,0027	0,4361	0,4388

Chapitre III : Etude de cas : application de l'outil méthodologique sur le secteur Tala Alam de Tizi-Ouzou

73	Tuyau 5.375.101	-0,0136	0,4082	0,4218
74	Tuyau 5.375.102	-0,0143	0,4075	0,4218
75	Tuyau 5.375.103	-0,017	0,4327	0,4497
76	Tuyau 5.375.104	-0,017	0,4061	0,4231
77	Tuyau 5.375.105	-0,0197	0,4524	0,4721
78	Tuyau 5.375.106	-0,0231	0,415	0,4381
79	Tuyau 5.375.107	-0,0231	0,432	0,4551
80	Tuyau 5.375.108	-0,0265	0,4129	0,4395
81	Tuyau 5.375.109	-0,0279	0,3952	0,4231
82	Tuyau 5.375.110	-0,0293	0,4129	0,4422
83	Tuyau 5.375.111	-0,0293	0,4027	0,432
84	Tuyau 5.375.112	-0,0306	0,4259	0,4565
85	Tuyau 5.375.113	-0,0429	0,3898	0,4327
86	Tuyau 5.375.114	-0,0483	0,4163	0,4646
87	Tuyau 5.375.115	-0,0497	0,383	0,4327
88	Tuyau 5.375.116	-0,0517	0,4095	0,4612
89	Tuyau 5.375.117	-0,0517	0,3871	0,4388
90	Tuyau 5.375.118	-0,0544	0,3776	0,432
91	Tuyau 5.375.119	-0,0551	0,3864	0,4415
92	Tuyau 5.375.120	-0,0571	0,3313	0,3884
93	Tuyau 5.375.121	-0,0578	0,3864	0,4442
94	Tuyau 5.375.122	-0,0639	0,4075	0,4714
95	Tuyau 5.375.123	-0,0646	0,3755	0,4401
96	Tuyau 5.375.124	-0,0653	0,381	0,4463
97	Tuyau 5.375.125	-0,0673	0,3748	0,4422
98	Tuyau 5.375.126	-0,0728	0,3748	0,4476
99	Tuyau 5.375.127	-0,0748	0,3667	0,4415
100	Tuyau 5.375.128	-0,0789	0,4	0,4789
101	Tuyau 5.375.129	-0,0796	0,3701	0,4497
102	Tuyau 5.375.130	-0,0959	0,3646	0,4605

Chapitre III : Etude de cas : application de l'outil méthodologique sur le secteur Tala Alam de Tizi-Ouzou

103	Tuyau 5.375.131	-0,1	0,3619	0,4619
104	Tuyau 5.375.132	-0,1	0,3592	0,4592
105	Tuyau 5.375.133	-0,1041	0,3646	0,4687
106	Tuyau 5.375.134	-0,1054	0,3796	0,485
107	Tuyau 5.375.135	-0,1088	0,3776	0,4864
108	Tuyau 5.375.136	-0,1211	0,3442	0,4653
108	Tuyau 5.375.137	-0,1211	0,3422	0,4633
108	Tuyau 5.375.138	-0,1211	0,3823	0,5034
111	Tuyau 5.375.139	-0,1218	0,3463	0,468
112	Tuyau 5.375.140	-0,1238	0,3503	0,4741
113	Tuyau 5.375.141	-0,1265	0,349	0,4755
113	Tuyau 5.375.142	-0,1265	0,3497	0,4762
115	Tuyau 5.375.143	-0,1272	0,3633	0,4905
116	Tuyau 5.375.144	-0,1272	0,3456	0,4728
117	Tuyau 5.375.145	-0,1286	0,3728	0,5014
118	Tuyau 5.375.146	-0,1327	0,3442	0,4769
119	Tuyau 5.375.147	-0,1333	0,3435	0,4769
120	Tuyau 5.375.148	-0,1333	0,3401	0,4735
121	Tuyau 5.375.149	-0,1367	0,3388	0,4755
122	Tuyau 5.375.150	-0,1408	0,3367	0,4776
123	Tuyau 5.375.151	-0,1442	0,3605	0,5048
124	Tuyau 5.375.152	-0,1524	0,3333	0,4857
125	Tuyau 5.375.153	-0,1531	0,3327	0,4857
126	Tuyau 5.375.154	-0,1592	0,3483	0,5075
127	Tuyau 5.375.155	-0,1735	0,3177	0,4912
128	Tuyau 5.375.156	-0,181	0,3238	0,5048
129	Tuyau 5.375.157	-0,185	0,3612	0,5463
130	Tuyau 5.375.158	-0,1857	0,3354	0,5211
131	Tuyau 5.375.159	-0,1905	0,3599	0,5503
132	Tuyau 5.375.160	-0,1912	0,3136	0,5048

Chapitre III : Etude de cas : application de l'outil méthodologique sur le secteur Tala Alam de Tizi-Ouzou

133	Tuyau 5.375.161	-0,2109	0,3007	0,5116
134	Tuyau 5.375.162	-0,2395	0,2857	0,5252
135	Tuyau 5.375.163	-0,2517	0,2782	0,5299
136	Tuyau 5.375.164	-0,2646	0,2925	0,5571
137	Tuyau 5.375.165	-0,2728	0,2687	0,5415
138	Tuyau 5.375.166	-0,2769	0,268	0,5449
139	Tuyau 5.375.167	-0,2871	0,2823	0,5694
140	Tuyau 5.375.168	-0,2939	0,2565	0,5503
141	Tuyau 5.375.169	-0,3007	0,2551	0,5558
142	Tuyau 5.375.170	-0,3327	0,2449	0,5776
143	Tuyau 5.375.171	-0,3395	0,2592	0,5986
144	Tuyau 5.375.172	-0,3524	0,2259	0,5782
145	Tuyau 5.375.173	-0,3816	0,2129	0,5946
146	Tuyau 5.375.174	-0,3837	0,2122	0,5959
147	Tuyau 5.375.175	-0,3884	0,2122	0,6007
148	Tuyau 5.375.176	-0,4571	0,219	0,6762

Selon les données reçues, le réseau de distribution de Tala Alam est composé de 148 tronçons sur une longueur totale de 22 915 ml.

Ces tronçons sont constitués de deux types de matériaux à savoir : **PEHD** qui s'étale sur une longueur de 18 717 ml dont le diamètre varie entre (50mm et 250mm), **Acier** qui s'allonge sur une longueur de 4 198 ml avec un diamètre qui varie entre (33mm et 150mm).

L'importance de ces données est une affirmation sur la nécessité d'établir une stratégie qui permet de faciliter les travaux de réhabilitation pour les entreprises concernées afin d'améliorer l'efficacité de la rénovation.

Le principe de cette méthodologie, se base sur la détermination de l'ensemble des critères et de faire une comparaison des canalisations selon les critères choisis. Cette méthode permet d'obtenir une hiérarchisation complète des tronçons à réhabiliter.

III.7 Conclusion

Après avoir collecté les données sur le réseau de distribution de Tala Alam par le biais des questionnaires des services en eau de la wilaya de Tizi-Ouzou, nous avons pu élaborer une stratégie qui permet d'avoir la priorisation et le classement des tronçons à réhabiliter en appliquant les deux méthodes AHP et PROMETHE II ceci afin d'avoir une meilleure gestion des travaux de réhabilitation.

Pour la pondération des dix critères choisis, nous avons opté pour l'utilisation de la méthode AHP. Cette méthode nécessite tout d'abord une comparaison par paires entre les critères afin de compléter la matrice de comparaison binaire. Cette matrice comporte les jugements considérés pour chaque critère.

A la fin de la pondération, nous avons calculé le Ratio de Cohérence afin de garantir la fiabilité des jugements.

Ensuite, on a utilisé le Logiciel VISUEL PROMETHEE pour obtenir les valeurs des Flux positif, négatif et les Flux net ainsi que le classement décroissant des 148 tronçons du réseau en s'appuyant sur les valeurs du Flux net.

Conclusion générale

L'eau est une richesse qu'on doit préserver. En Algérie et partout dans le monde, il existe des gestionnaires des services d'eau potable, leurs rôles consistent à protéger cette eau de toute formes de gaspillage et d'assurer aussi une meilleure distribution aux usagés. Ceci n'est pas une tâche facile car parfois ces gestionnaires rencontrent des contraintes occasionnées par de nombreuses dégradations engendrant des perturbations au niveau du réseau. Pour faciliter cette charge, plusieurs solutions ont été proposées ; parmi elles nous avons la réhabilitation des conduites.

Dans le cadre de la nouvelle politique de l'eau en Algérie, la réhabilitation est proposée comme une solution parmi tant d'autres et pour laquelle les pouvoirs publics ont déployé beaucoup de moyens. Notre apport à cette politique était de compléter cette politique en proposant une méthodologie se basant sur la priorisation dans la réhabilitation des tronçons selon un ordre d'urgence.

Cette méthodologie est divisée en deux phases. La phase de sélection et la phase décision. Dans la phase de sélection, nous avons identifié les caractéristiques des tronçons du secteur et identifié dix critères. Le choix des critères tiens compte des données disponibles. Dans la phase de décision, nous avons calculé le poids des critères en optant pour la méthode AHP. Par la suite, nous avons adopté la méthode PROMETHEE II afin d'aboutir au classement des tronçons à réhabiliter selon un ordre d'urgence. Le classement des tronçons est réalisé en s'appuyant sur les valeurs du Flux net calculées avec le logiciel VISUEL PROMETHEE.

L'étude de cas est réalisée sur le secteur Tala Alam de la ville de Tizi-Ouzou. Ce choix répond à plusieurs considérations tels que la disponibilité de certaines données et à la contribution des gestionnaires à la réussite de cette étude. En effet, leur contribution à permis d'aboutir au calcul des poids des différents critères. Sur ce plan, les critères C1 « Indice Linéaire des Pertes », C2 « Ages », C3 « Coût de réhabilitation » et C4 « plaintes » sont les critères décisifs lors de la priorisation des canalisations à réhabilitées car la somme de leurs poids représente 0,73 sur 1.

Bibliographie

- AGREBI, M. (2018). *Méthode d'aide à la décision multi-attribut et multi-acteur pour résoudre le problème de sélection dans un environnement certain/incertain : Cas de la localisation des centres de distribution*. Thèse de doctorat, Université de Sfax ,2018.
- AHMED ZAID CHERTOUH.M. (2011). *Performance financière et performance sociale dans les entreprises publiques algériennes*. In : Communication à l'université de Valencia Espagne du 21-22 octobre, 14 p.
- AISSANOU, F. (2014, Mai 28). *Décisions multicritères dans les réseaux du Sud de PARIS*, Ecole Doctorale Institut National des Télécommunications, FRANCE.
- AJUSTE, C., BERLAND, J.-M., & CELERIER, J.-L. (2004, Octobre). *Réhabilitation / remplacement des réseaux d'eau potable en zone rurale*. Direction générale de la forêt et des affaires rurales.
- ASCHILEAN, I.; Giurca, I.: Choosing a Water Distribution Pipe Rehabilitation Solution Using the Analytical Network Process Method. *Water* **10**(4), 484 (2018)
- AYADI, D. (2010). *Optimisation multicritère de la fiabilité : application du modèle de goal programming avec les fonctions de satisfactions dans l'industrie de traitement de gaz*. Thèse de doctorat, Université d'Angers.
- BENADLA, A. (2013). *Etude de multi homing dans les terminaux mobiles. Mémoire de fin d'étude en informatique*. Université de Tlemcen.
- BENBLIDIA Mohammed et THIVET Gaëlle, (2010). *Gestion des ressources en eau : les limites d'une politique de l'offre*. Les Notes d'analyse du CIHEAM, n° 58.JORA, 2001
- BLINDU, I. *Outils d'aide du réseau d'eau potable pour la ville de Chisinau par analyse spatiale et temporelle des dysfonctionnements hydrauliques*. Thèse de Doctorat en sciences et génie de l'environnement. Université de Jean MONNET, 2004.
- BOUDJENAH, W. IGUER, F. *Contribution à l'étude de l'état du verger agrumicole de la wilaya de Tizi-Ouzou*. Université de Mouloud MAMMERI. 2015.
- BOUIZEM, I. BOUDAUD, S. *Etude de la réhabilitation du réseau d'AEP de Remchi*. Mémoire de fin d'étude en hydraulique. 2019
- BOUKHARI, S. (2017). *Application of the AHP to Sustainability of water supply and Sanitation service*. *Water service & Technology: water supply*, 1-12.
- BOUNEFFA, M. & al. (2017). *Utilisation de la Méthode DEA pour l'Evaluation des Performances des Processus Métier*. P 197. Ecole des ingénieurs du Littoral Côte d'Opale Laboratoire d'Informatique Signal et Image de la Côte d'Opale.
- BLINDA Mohammed et Gaëlle THIVET, (2009). *Ressources et demandes en eau en méditerranée : Situation et perspectives*. Sécheresse, vol.20, n°1, pp. 9-16.
- COSTA, C. A. B. E. (1996). *Les problématiques de l'aide à la décision: vers l'enrichissement de la trilogie choix-tri-rangement*. *RAIRO-Operations Research*, 30(2):191–216.

CHERIF, A.; BENINA, T.; Amine, A.M.; Fadila, K.S.: Applied systemic approach to water supply network the case of an urban cluster of Tlemcen-Algeria. *Procedia engineering* **33**, 30-37 (2012).

CHIKH SAIDI Fatiha, (1995). *L'eau à Alger: ressources, distribution, consommation. Etude de géographie urbaine*. Thèse de doctorat, géographie. Université de Toulouse. 334 p.

Conseil National Economique et Social, (2000). *L'eau en Algérie : Le grand défi de demain*. Commission de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. Bulletin Officiel n°9. XV^{ème} session plénière. Alger- Algérie. 84 p.

DROUICHE, N., Ghaffour, N., Naceur, M. W., Lounici, H., Drouiche, M., (2012). *Towards sustainable water management in Algeria*. *Desalination Water Treatment*, vol.50, n°1–3, pp. 272-284.

FONTANA, M.E.; Morais, D.C.: Using Promethee V to select alternatives so as to rehabilitate water supply network with detected leaks. *Water resources management* **27**(11), 4021-4037 (2013)

GRAUER, M., LEWANDOWSKI, A., & SCHRATTENHOLZER, L. (1982). *Use of the Reference level Approach for the Generation of Efficient Energy Supply Strategies*. International Institute for Applied Systems Analysis Laxenburg. Austria: IIASA Working Papers.

GUILLERMO, A., & PHIL, M. (1999). *Application de l'analyse multicritère à l'évaluation Des critères et indicateurs*. Washington, Etats Unis d'Amérique : Center for International Forestry Research.

HADJADJ, N. et ABDI, K. *Investigation autour de la localisation optimale des situations d'épuration : cas du groupement urbain de Tlemcen*. Mémoire de fin d'étude en Génie industriel. Université de Tlemcen, 2018.

HAIDAR, H. (2006). *Réhabilitation des réseaux d'eau potable : Méthodologie d'analyse multicritère des patrimoines des programmes de réhabilitation*. LYON, Institut National des Sciences Appliquées de LYON, FRANCE.

HAMMAMI, A. (2003). *MODELISATION TECHNICO-ECONOMIQUE*. Saint-Etienne, L'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, France.

HAMCHAOUI Samir, (2017). *Intégration de l'aléa pluviométrique dans le cadre d'une gestion durable du service de l'eau potable*. Thèse de doctorat, Université de Batna 2, Algérie, 247 p.

HENRI, C. (1972). *Traité pratique de plomberie et d'installation sanitaire*. Edition Garnier Frères 6. Rue des saints-Pères. Paris

IKHLEF, S. HALICHE, N. *Problématique de Réhabilitation des Conduite des Réseaux d'Alimentation en Eau Potable*. Mémoire de fin d'étude en Hydraulique Urbaine. Université de Bejaia. 2018.

ISHIZAKA & Nemery. (2013). *Multi-Criteria Decision Analysis Methods and Software*. (J. W. Sons, Éd.) New Delhi, India: Aptara Inc.

JEANDIN, T. *Méthode de choix des attachements pour la fin de vie des produits*. Mémoire de fin d'étude en Génie Mécanique. Université de Montréal, 2015.

KELLOU, M. (2017). Evaluation de l'Efficienne Relative des Universités Algériennes par la Méthode DEA. *Revue des études humaines et sociales* (17), pp. 3-14.

KERTOUS Mourad, (2013). *Analyse des déterminants de la demande d'eau potable en Algérie : une approche par panels dynamiques*. *Revue des sciences de l'eau*, vol. 26, n° 3, pp. 193-207.

MAUREL, E. ROUX, D. DUPONT, D. *Techniques opérationnelles d'ordonnancement*, 1977.

MARTEL, J.-M., & ROUSSEAU, A. (1993). *Cadre de référence d'une démarche multicritère De gestion intégrée des ressources en milieu forestier*. Document technique, Université Laval, QUEBEC.

MALIKI, Samir Baha-Eddine. (2010). *Gestion de l'Eau et Pauvreté en Algérie : Cas de la wilaya de Tlemcen*. Thèse de doctorat, Université de Versailles Saint-Quentin-En-Yvelines, 336 p.

MAMMERI, M. L. (2013, Septembre 17). *Une approche d'aide multicritère à la décision Pour*. PARIS, UNIVERSITÉ PARIS-DAUPHINE, FRANCE.

Ministère des Affaires Etrangères, (2011). *Rapport National de l'Algérie (2011). 19ème session de la Commission du Développement Durable des Nations Unies (CDD-19)*. 42 p.

MOUSSEAU, V. (1993). *Problèmes liés à l'évaluation de l'importance relative des critères en aide multicritères à la décision : Réflexions théorique, Expérimentation et implantations informatiques*. Thèse de doctorat, Paris 9

MOZAS Morgan, GHOSSEN Alexis. (2013). *État des lieux du secteur de l'eau en Algérie. Etudes et analyses*. Institut de prospective économique du monde méditerranéen (IPEMED). 27 p.

OLIVIER, A. JIHAD, E. *Renouvellement des réseaux d'eau potable*. *Revue critique*. 23-01-2013.

République Française, Ministre de l'écologie et du développement durable (2007) arrêter du 2 mai 2007 relatif au rapport annuel sur le prix et la qualité des services publics, d'eau potable et d'assainissement. Journal officiel de la république française du 4 mai 2007.

ROY, B. (1985). *Méthodologie multicritère d'aide à la décision*.

SALEM Abdélaziz, (2007). *La tarification de l'eau au centre de la régulation publique en Algérie*. In : Actes des JSIRAUF, Hanoi, 6-9 novembre 2007, 6 p.

SEMASSOU, C. (2011). *Aide à la décision pour le choix des sites et système énergétique Adaptés aux besoins du Bénin*. Bordeaux 1, Ecole doctorale de l'Université Bordeaux 1, Paris.

SALEHI, S.; Jalili Ghazizadeh, M.; Tabesh, M.: A comprehensive criteria-based multi-attribute decision making model for rehabilitation of water distribution systems. *Structure and Infrastructure Engineering* 14(6), 743-765 (2018)

TSCHEIKNER-Gratl, F.; Egger, P.; Rauch, W.; Kleidorfer, M.: Comparison of multi-criteria decision support methods for integrated rehabilitation prioritization. *Water* 9(2), 68 (2017)

Référence web

[https://www.scirp.org/\(S\(i43dyn45teexjx455qlt3d2q\)\)/journal/paperinformation.aspx?paperid=65600](https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/journal/paperinformation.aspx?paperid=65600)

<https://www.memoironline.com/05/08/1141/m-optimisation-multicritere-gestion-AEP2.html>

Résumé

Le réseau d'alimentation en eau potable est un moyen qui permet à l'homme de se bénéficier des ressources d'eau naturelles sans le moindre effort, mais au fil du temps, ce réseau subit de différentes contraintes provoquant son dysfonctionnement par la dégradation des canalisations.

Le but de ce mémoire, consiste à élaborer une stratégie qui permettra aux gestionnaires des services en eau ainsi qu'aux entreprises de réhabilitation des réseaux de bien gérer les travaux de rénovation des conduites endommagées afin de rétablir le bon fonctionnement du réseau.

La méthodologie adoptée est composée de deux phases, la première dite phase de sélection, cette phase consiste à collecter les données nécessaires sur les caractéristiques et les critères du réseau à réhabiliter. La seconde nommée phase de décision, cette étape nécessite l'intervention de deux méthodes à savoir la méthode AHP, pour la pondération des critères et la méthode PROMETHEE II pour la préférence et le classement des conduites à réhabiliter.

Pour réaliser notre travail, nous avons choisis le secteur de Tala Alam de la wilaya de Tizi-Ouzou comme champ d'application afin d'appliquer la méthode AHP pour la pondération des dix critères donnés, et la méthode PROMETHEE II pour établir le classement des 148 tronçons du secteur du plus urgent au moins urgent à réhabiliter.

Mots clés : phase de décision, phase de sélection, méthode AHP, méthode PROMETHEE II, pondération des critères, classements des critères, réhabilitation.

المخلص

تعتبر شبكة الإمداد بمياه الشرب وسيلة تسمح للإنسان بالاستفادة من الموارد المائية الطبيعية دون أدنى جهد، ولكن بمرور الوقت، تخضع هذه الشبكة لضغوطات مختلفة تسبب لها خلل في وظيفتها بسبب تدهور حالة الأنابيب. الغرض من هذا المذكرة هو وضع استراتيجية تسمح لمديريات خدمات المياه وكذلك شركات إعادة تأهيل الشبكات توزيع المياه بإدارة أعمال التجديد على الأنابيب التالفة بشكل صحيح من أجل استعادة الأداء السليم للشبكة. تتكون المنهجية المتبعة من مرحلتين، تعرف الأولى بمرحلة الاختيار، وتتكون هذه المرحلة من جمع البيانات اللازمة عن خصائص ومعايير الشبكة التي سيتم إعادة تأهيلها. الثانية تسمى مرحلة القرار، وتتطلب هذه الخطوة تدخل طريقتين، وهما طريقة AHP، لترجيح المعايير وطريقة PROMETHEE II لتفضيل وتصنيف الأنابيب المراد إعادة تأهيلها. لتنفيذ عملنا، اخترنا قطاع تالا علام بولاية تيزي وزو كمجال للتطبيق من أجل تطبيق طريقة AHP لترجيح المعايير العشرة المحددة، وطريقة PROMETHEE II لتصنيف الأنابيب (148) من الأكثر إلى الأقل تضرراً. **الكلمات المفتاحية:** مرحلة الاختيار، مرحلة القرار، طريقة PROMETHEE II، طريقة AHP، ترجيح المعايير، تصنيف الأنابيب.

Summary

The drinking water supply network is a means that allows man to benefit from natural water resources without the slightest effort, but over time, this network is subject to various constraints causing its dysfunction by the degradation of pipelines.

The purpose of this brief is to develop a strategy that will allow water service managers as well as network rehabilitation companies to properly manage the renovation work on damaged pipes in order to restore the proper functioning of the network.

The methodology adopted is made up of two phases, the first known as the selection phase, this phase consists in collecting the necessary data on the characteristics and criteria of the network to be rehabilitated. The second called the decision phase, this step requires the intervention of two methods, namely the AHP method, for the weighting of the criteria and the PROMETHEE II method for the preference and classification of the pipes to be rehabilitated.

To carry out our work, we chose the Tala Alam sector of the wilaya of Tizi-Ouzou as the field of application in order to apply the AHP method for the weighting of the ten criteria given, and the PROMETHEE II method to establish the classification of 148 sections of the sector from the most urgent to the least urgent to rehabilitate.

Keywords: decision phase, selection phase, AHP method, PROMETHEE II method, criteria weighting, criteria classification, rehabilitation.