

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mohamed Seddik Benyahia Jijel
Faculté de la Technologie



Département de Génie Civil et Hydraulique

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Hydraulique

Option : Hydraulique Urbaine

Présenté par :

Boudjerida Amir

L'aide à la décision de renouveler les canalisations d'Alimentation en Eau Potable

Dirigé par :

Mr : KESSILI Abdelhak

Soutenu publiquement le 22 / 07 / 2019 devant le jury composé de :

- Président : M^{me}. KRIMIL Farida
- Examineur : M^r. AINAS Belkacem.

Promotion 2019

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier : Tout d'abord le bon Dieu de m'avoir donné le courage et la patience de mener à bien ce travail.

*Je tiens particulièrement à remercier mon promoteur **Kessili Abdelhak** pour ses conseils, ses orientations et son aide durant l'encadrement*

Je remercie également les membres de jury, pour l'honneur qu'ils me font en acceptant de juger ce travail et de participer à la soutenance

Je terminerai mes remerciements par les personnes qui nous sont chères. Ma famille, plus particulièrement mes parents, dont le soutien inconditionnel m'a aidé à surmonter les difficultés et les moments de doute inhérents à cette aventure. Qu'ils trouvent, dans la réalisation de ce travail, l'aboutissement de leurs efforts ainsi que l'expression de ma plus affectueuse gratitude

DÉDICACE

Je dédie ce travail à :

. Mes très chers parents ma mère et mon père ;

. Mes frères et sœurs, à toute ma famille ;

. Tous mes amis et amies.

Résumé :

Le travail présenté dans ce mémoire concerne l'aide à la décision de renouveler les canalisations d'alimentation en eau potable pour la ville de Jijel, Il a pour but de soutenir les gestionnaires des services d'eau potable en leur proposant un plan de gestion pour maintenir le réseau en bonne condition et prévoir les moyens financiers et les choix techniques de renouvellement et d'inspection. La méthodologie choisie est composée de deux phases. La première elle consiste à sélectionner un ensemble de critères, sur lesquelles notre étude de renouvellement est basée. Le choix de ces critères dépend principalement des spécificités locales et des données pratiques disponibles. La deuxième phase elle comporte le choix de la méthode de calcul du poids des critères ainsi que le choix de la méthode de classement global des tronçons. La méthode RANK SUM WEIGHT est utilisée pour déterminer les poids des critères et la méthode PROMETHEE a été utilisée pour obtenir le classement final des conduites.

Mots clés : RANK SUM WEIGHT, PROMETHEE , renouvellement, les gestionnaires des services d'eau

Abstract :

The work presented in this thesis concerns The decision support to renew drinking water supply pipelines for the city of Jijel, It aims to support the managers of drinking water services by proposing a management plan to maintain the network in good condition and provide for financial means and technical choices for renewal and inspection. The chosen methodology is composed of two phases. The first is to select a set of criteria, on which our renewal study is based. The choice of these criteria mainly depends on local specificities and available practical data. The second phase It includes the choice of the method of calculation of the weight of the criteria as well as the choice of the method of global ranking of the sections. The RANK SUM WEIGHT method is used to determine the weights of the criteria and the PROMETHEE method was used to obtain the final classification of the pipes.

Key words: RANK SUM WEIGHT, PROMETHEE , renewal, water service managers

ملخص :

يتعلق العمل المقدم في هذه الأطروحة بدعم القرار لتجديد خطوط أنابيب إمدادات مياه الشرب لمدينة جيجل ، وهو يهدف إلى دعم مديري خدمات مياه الشرب من خلال اقتراح خطة إدارة للحفاظ على الشبكة في حالة جيدة وتوفير الوسائل المالية والخيارات الفنية للتجديد والتفتيش. تتألف المنهجية المختارة من مرحلتين. الأولى هو اختيار مجموعة من المعايير التي تستند إليها دراسة التجديد. يعتمد اختيار هذه المعايير بشكل أساسي على الخصائص المحلية والبيانات العملية المتاحة. المرحلة الثانية ويشمل اختيار طريقة حساب وزن المعايير وكذلك اختيار طريقة التصنيف العالمي للأقسام. تم اختيار عملية الترتيب مجموع الوزن كطريقة ترجيح لحساب الوزن ، في حين تم اختيار طريقة بروميتي للحصول على التصنيف النهائي للأنابيب شبكة التزود بالمياه الصالحة للشرب لإعادة التجديد

الكلمات المفتاحية

التجديد ، مديريات خدمات المياه ، PROMETHEE ، وزن مجموع الدرجات ،

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	II
DÉDICACE.....	III
RÉSUMÉ	IV
LISTE DES TABLEAUX	V
LISTE DES FIGURES	VI
LISTE DES ABRÉVIATIONS	VIII
LISTE DES SYMBOLES	IX
INTRODUCTION GÉNÉRALE	1

Chapitre I : Généralités sur les réseaux d'AEP

I. Introduction :	3
I.1. l'alimentation en eau potable :	3
I.1.1 définition :	3
I.1.2. Présentation générale d'un système d'alimentation en eau potable	3
I.1.2.1. Captage :	4
I.1.2.1.1. Définition :	4
I.1.2.2. Traitement des eaux :	4
I.1.2.2.1. Définition :	4
I.1.2.2.2. Les étapes du traitement :	4
I.1.2.3. Adduction :	5
I.1.2.3.1. Définition :	5
I.1.2.3.2. Constitution de l'adduction d'eau :	5
I.1.2.3.3. Différents systèmes d'adduction	5
I.1.2.4. stockage :	5
I.1.2.5. Distribution :	6
I.1.2.5.1. Différents types de réseaux de distribution :	6
I.2. Étude de dysfonctionnement de réseau d'eau potable :	8
I.2.1. vieillissement d'une conduite d'eau potable :	8
I.2.1.1. Définition du vieillissement d'une conduite d'eau potable :	8

I.2.1.1.1. Mauvais fonctionnement hydraulique du réseau :	9
I.2.1.1.2. Dommages divers par le vieillissement d'une conduite :	9
I.2.1.2. Évaluation du vieillissement d'une conduite :	9
I.2.2. Les Défaillances des conduites d'AEP :	12
I.2.2.1. Définition de défaillance des conduites d'AEP :	12
I.2.2.2. Les différents types de défaillances :	12
I.2.2.2.1. Les fuites :	12
1) Cause des fuites :	12
2) Effets des fuites :	12
I.2.2.2.2. Les pertes:	13
1) Les pertes techniques :	13
2) Les pertes administratives :	13
I.2.2.2.3. Les ruptures:	13
1) Les causes des ruptures:	14
2) Les effets des ruptures :	14
I.2.2.2.4. Dégradation de la qualité de l'eau :	14
I.2.2.3. Phénomènes à l'origine de l'évolution d'une canalisation :	14
I.3. Gestion des réseaux D'AEP :	15
I.4. La Gestion informatisée des réseaux d'AEP :	15
I.5. La gestion patrimoniale :	16
I.5.2. La gestion patrimoniale d'un système d'alimentation en eau potable :	16
I.6. Procèdes de réhabilitation des canalisations :	16
I.6.1. Réhabilitation des réseaux d'AEP:	17
I.6.1.1. Définition et objectifs :	17
I.6.1.2. Techniques de réhabilitation:	17
I.7. Renouvellement des réseaux d'AEP :	17
I.7.1. Définition et objectifs :	17
I.7.1.2. Techniques de renouvellement :	17
I.8. Conclusion :	18

Chapitre II : Aide à la décision multicritère

II.1. Introduction :	20
II.2. Aide à la décision :	20
II.2.1. Aide à la décision multicritère :	20
II.3. Définitions :	20
II.3.1. Alternative (action) :	20
II.3.2. Critère :	20
II.3.3. Le poids :	20
II.3.4. Echelle d'intervalle :	20
II.3.5. Décideur :	21
II.3.6. Fonction d'utilité:	21
II.3.7. Problématiques :	21
II.3.7.1 Problématique du choix ($P\alpha$) :	21
II.3.7.2 Problématiques de tri ($P\beta$) :	22
II.3.7.3 Problématique de rangement ($P\gamma$) :	22
II.3.7.4 Problématique de description ($P\sigma$) :	23
II.4. Les principales méthodes multicritères:	24
II.4.1. Méthode PROMETHEE :	24
II.4.1.1 Définition :	24
II.4.1.2. Concept de la méthode :	25
II.4.2. Méthode ELECTRE :	26
II.4.2.1. Définition :	26
II.4.2.2. Concept de la méthode :	26
II.4.3. Méthode TOPSIS :	27
II.4.3.1. Définition :	27
II.4.3.2. Concept de la méthode :	28
II.4.4. Méthode GP :	30
II.4.4.1. Définition :	30
II.4.4.2. Concept de la méthode :	30

II.4.5. Méthode DEA :	31
II.4.5.1. Définition :	31
II.4.5.2. Concept de la méthode :	31
II.4.6. Méthode MAUT :	32
II.4.6.1. Définition :	32
II.4.6.2. Concept de la méthode :	33
II.4.7. Méthode AHP :	33
II.4.7.1. Définition :	33
II.4.7.2. Concept de la méthode :	33
II.4.8. Méthode ANP:	35
II.4.8.1. Définition:	35
II.4.8.2. Concept de la méthode :	35
II.5. Critiques des méthodes d'aide à la décision multicritères :	36
II.5.1. Avantages et inconvénients des méthodes d'aide à la décision multicritère:	36
II.6. Conclusion :	41
 Chapitre III : le renouvellement des conduites d'AEP par la méthode PROMETHEE-Rnk sum weight 	
III.1. Introduction :	43
III.2. Caractéristiques des tronçons :	43
III.3. Identification des critères :	43
III.3.1. Poids des critères :	46
III.3.2. Calcul du poids par méthode Rank Sum weight :	46
III.4. Description de la méthode PROMETHEE :	46
III.4.1. Matrice multicritère pour PROMETHEE :	47
III.4.2. Les fonctions de préférences :	47
III.4.3. L'indice de préférence multicritère :	49
III.4.4. Le flux de surclassement :	49
III.4.4.1. Le flux de surclassement sortant :	49

III.4.4.2. Le flux de surclassement entrant :	49
III.4.4.3. Le flux de surclassement net :	50
III.4.5. Les classements PROMETHEE :	50
III.4.5.1. PROMETHEE I :	50
III.4.5.2. PROMETHEE II :	50
III.4.6. GAIA Méthode :	51
III.4.6.1. PROMETHEE VI :	51
III.4.6.2 Le plan GAIA :	53
III.5. Conclusion :	53

Chapitre IV : Application de la méthodologie dans le renouvellement de réseaux d’AEP de la ville de Jijel

IV.1. Introduction :	55
IV.2 Présentation de la wilaya de Jijel :	55
IV.2.1. Situation géographique :	55
IV.2.2. Les relief :	56
IV.2.3. Les pentes :	56
IV.2.4. Le Climat :	57
IV.2.5. Réseau hydrographique :	57
IV.2.6. Réservoirs :	58
IV.3. Description de système d’AEP de la ville de Jijel :	58
IV.3.1. Le découpage du système de distribution de la ville de Jijel :	58
IV.4. Zone de pression Laakabi (LA) :	59
IV.4.1. Caractérisation des conduites :	60
IV.4.1.1. Le Linéaires :	60
IV.4.1.2. Les diamètres :	60
IV.4.1.3. Le type des Matériaux :	61
IV.4.1.4. Année de pose :	62
IV.4.1.5. Année de pose des canalisations en fonction du matériau :	62
IV.4.1.6. Profondeur de pose :	62

IV.5. Application de la méthode et résultats :	62
IV.5.1. Application du modèle PROMETHEE-RANK SUM WEIGHT :	63
IV.5.1.1. Présentation des données des tronçons :	63
IV.5.1.2. Scénario 1 :	63
IV.5.1.2.1. Calcul du poids des critères :	64
IV.5.1.2.2. Application par logiciel Visual PROMETHEE :	66
IV.5.1.2.2.1. PROMETHEE Classement :	66
IV.5.1.2.2.2. PROMETHEE Diamant :	69
IV.5.1.2.2.3. Réseau PROMETHEE :	70
IV.5.1.2.2.4. Le plan GAIA :	71
IV.5.1.2.2.5. Tableau des flux PROMETHEE :	72
IV.5.1.2.3. Classement des conduites pour renouvellement (scénario 1):	73
IV.5.1.3. Scénario 2 :	73
IV.5.1.3.1. Calcul du poids des critères :	74
IV.5.1.3.2. Application par logiciel Visual PROMETHEE	75
IV.5.1.3.2.1. Tableau des flux PROMETHEE :	75
IV.5.1.3.3. Classement des conduites pour renouvellement (scénario 2):	76
IV.5.1.4. Scénario 3 :	76
IV.5.1.4.1. Calcul du poids des critères :	77
IV.5.1.4.2. Application par logiciel Visual PROMETHEE :	78
IV.5.1.4.2.1. Tableau des flux PROMETHEE :	78
IV.5.1.4.3. Classement des conduites pour renouvellement (scénario 3):	79
IV.5.2. Classement des conduites pour le renouvellement d'après les 3 scénarios :	79
IV.6. Conclusion :	80
IV.7. Conclusion générale :	81
Bibliographies:	82
ANNEXE :	84

Liste des tableaux

Tableau I.1 : *Manifestations et mesures de la dégradation des conduites d'eau potable*.....12

Tableau II.1 : *Les différentes problématiques de décision.*24

Tableau II.2 : *Tableau comparatif des méthodes PROMETHEE*25

Tableau II.3 : *Les avantages et les inconvénients des méthodes d'aide à la décision*36

Tableau II.4 : *Les avantages et les inconvénients des méthodes d'aide à la décision*39

Tableau III.1 : *La matrice multicritère*47

Tableau III.2 : *Différentes formes de critères dans la méthode PROMETHEE*48

Tableau IV.1 : *Classes de pente dans la région de Jijel*.....56

Tableau IV.2 : *le linéaire de canalisations le secteur de la zone de pression Laakabi*60

Tableau IV.3 : *Exemple d'un échantillon de base de données des conduites de Laakabi*.....63

Tableau IV.4 : *le classement des critères de scénario 1*.....64

Tableau IV.5 : *le poids des critères de scénario 1 par la méthode Rank sum weight*65

Tableau IV.6 : *Le flux positifs, le flux négatif, le flux net des conduites et le classement*72

Tableau IV.7: *le classement des critères de scénario 2*74

Tableau IV.8: *le poids des critères de scénario 2 par la méthode Rank sum weight*74

Tableau IV.9. *Le flux positifs, le flux négatif, le flux net des conduites et le classement de scénario 2*76

Tableau IV.10: *le classement des critères de scénario 3*.....76

Tableau IV.11: *le poids des critères de scénario 3 par la méthode Rank sum weight*77

Tableau IV.12. *Le flux positifs, le flux négatif, le flux net des conduites et le classement de scénario 3*78

Liste des figures

Figure I.1 : Schéma général d'alimentation en eau potable3

Figure I.2 : Schéma de réservoir surélevé6

Figure I.3 : Illustration de la variété des réservoirs surélevés en termes de forme6

Figure I.4 : Réseau ramifié7

Figure I.5 : Réseau maillé7

Figure I.6 : Vieillesse des canalisations8

Figure I.7 : Vieillesse des joints à cause des fuites dans les conduites13

Figure I.8 : Différents types de rupture d'une conduite d'eau potable14

Figure I.9 : Causes de l'affaiblissement d'une conduite d'eau potable15

Figure II.1: Problématique du choix21

Figure II.2: Problématique du tri22

Figure II.3 : Problématique de Rangement23

Figure II.4 : Problématique de Description23

Figure II.5 : Illustration des distances à l'idéal et à l'anti-idéal29

Figure II.6 : Structure hiérarchique d'un problème de décision vu par la méthode AHP35

Figure III.1 : Fréquence du type de ruptures en fonction du diamètre45

Figure III.2 : Flux de surclassement sortant49

Figure III.3 : Flux de surclassement entrant50

Figure III.4 : Ensembles H dans R^k et Δ dans le plan GAIA51

Figure III.5: Problèmes multicritères aisés et difficiles.53

Figure IV.1 : Situation géographique de la wilaya de Jijel55

Figure IV.2 : Carte des pentes de la région de Jijel57

Figure IV.3 : Répartition des classes de diamètres dans la zone de pression Laakabi60

Figure IV.4 : Répartition des matériaux dans la zone de pression Laakabi61

Figure IV.5 : Répartition des décennies de pose sur la zone de pression Laakabi.62

Figure IV.6 : schéma représenté les poids des douze critères de scénario 1 obtenu par la méthode Rank sum weight.65

Figure IV.7 : schéma représenté le tableau de données de scénario 1 dans le logiciel Visual PROMETHEE.66

Figure IV.8 : schéma représenté Le classement partiel Ranking PROMETHEE I67

Figure IV.9 : schéma représenté Le classement complet Ranking de PROMETHEE II68

Figure IV.10: schéma de PROMETHEE Diamond69

Figure IV.11 : schéma de réseau PROMETHEE70

Figure IV.12 : schéma de plan GAIA71

Figure IV.13 : schéma de plan GAIA 3 dimensions72

Figure IV.14 : Variation des différentes valeurs de flux.73

Figure IV.15 : schéma représenté le tableau de données de scénario 2 dans le logiciel Visual PROMETHEE.75

Figure IV.16 : schéma représenté le tableau de données de scénario 3 dans le logiciel Visual PROMETHEE78

Figure IV.17 : représentation de flux net pour les conduites et le classement par rapport les trois scénarios.79

Liste des abréviations

PROMETHEE : Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations.

GAIA : Geometrical Analysis for Interactive Assistance.

ANP : Analytic Network Process.

AHP : Analytic Hierarchy Process.

TOPSIS : Technique for Order by Similarity to Ideal Solution.

ADE : Algérienne des eaux.

AEP : Alimentation en eau potable.

PVC : Polychlorure de vinyle.

PEHD : Polyéthylène haut densité.

LONG : la longueur des conduites.

PDP : la profondeur de pose.

MAT : le Matériau des conduites.

AGE : L'âge des canalisation.

EDMC : Emplacement des conduits.

INV : Investissement.

DIA : les Diamètre des conduites.

PRURB : Présence d'un autre réseau urbain.

ZDDV : La zone de développement.

RHB : Rèhabilitation technique.

RUP : Rupture

RÉCL: Réclamation.

Liste des symboles

A : Ensemble des actions

A' : Matrice de comparaison

a^* : Profil idéal ; a_* : Profil non idéal

$C(X, X')$: Indice de concordance

$C1(x)$: Système de contrainte relative au problème

Ci^* : Coefficient de mesure du rapprochement du profil idéal

CI : Indice de cohérence

$D(X, X')$: Indice de non-discordance

E' : Normaliser les performances

e^{ij} : Produit des performances

$gi(x)$: L'évaluation de solution x par rapport au critère i

n : Nombre d'éléments à comparer

RI : Indice de cohérence aléatoire

U : Fonction d'utilité

w : Super matrice

wj : Poids

X et X' : Actions

S : Relation de surclassement

α : Problématique de choix

β : Problématique de tri

γ : Problématique de rangement

δ : Problématique de description

δi : Écart type

δi^- : L'écart négatif de x par rapport au but

δi^+ : L'écart positif de x par rapport au but

Introduction générale

La gestion des réseaux d'AEP a pour principal objectif de livrer aux consommateurs une eau répondant aux normes de qualité, à un prix acceptable et avec une continuité du service sans défaut. Une bonne gestion du réseau passe toujours par une bonne connaissance de ses infrastructures, son fonctionnement hydraulique et son entretien. Le vieillissement du réseau va entraîner, des perturbations et une dégradation de la qualité de l'eau. Différents facteurs, nommés aussi « les facteurs de désordre », sont à l'origine de ces dégradations. Ils sont d'origines internes (matériau, diamètre, la résistance à la corrosion du matériau, ..), externes (le sol, les fuites, le mouvement des sols...) et liés à l'exploitation du réseau (débit, pression, vitesse, nature de l'eau.).

Le réseau d'alimentation en eau potable constitue un patrimoine qui vieillit au cours du temps qui il est nécessaire de renouveler. Ce renouvellement dépend des critères que se soit , structurelle, économiques et environnemental

L'objectif de ce travail est de fournir un outile d'aide à la décision de renouveler les canalisations du réseau d'alimentation en eau potable de la ville de Jijel . Afin d'aboutir aux objectifs du projet, l'étude est structuré en quatre chapitres ;

Le premier chapitre : des généralités sur les réseaux d'eau potable. Il regroupe un ensemble d'informations sur les réseaux d'eau potable.

Le deuxième chapitre : sera consacré aux outils d'aide à la décision. Ce chapitre synthétise les méthodes multicritère les plus utilisées dans le domaine d'aide à la décision.

Le troisième chapitre : on détaille la méthodologie proposée, en présentant les principes de base des méthodes PROMETHEE et Rank sum weight et plusieurs propriétés intéressantes

Le quatrième chapitre : application de la méthode PROMETHEE-Rank sum weight sur le réseau d'AEP de la ville de Jijel.

Chapitre I :
Généralités sur les réseaux
d'AEP

I. Introduction :

Dans ce chapitre, on se propose mettre le point sur les différents éléments nécessaires de réseau d'alimentation en eau potable, et les différents types de défaillance des canalisations causées par plusieurs phénomènes. Ces défaillances engendrent une diminution de la résistance des conduites suite à un dysfonctionnement du réseau. Afin d'éviter ce mauvais dysfonctionnement les services d'eau potable doivent tenir compte de la gestion du réseau d'alimentation en eau potable. Les objectifs de la gestion sont l'amélioration de l'alimentation en eau potable et la prise en compte de la maintenance à travers la réhabilitation et le renouvellement du réseau d'alimentation en eau potable

I.1. l'alimentation en eau potable

I.1.1 Définition :

Le réseau d'alimentation en eau potable regroupe l'ensemble des équipements, des services et des actions permettant, en partant d'une eau brute, de produire une eau conforme aux normes de potabilité en vigueur, distribuer, on suite aux consommateurs. [8]

I.1.2. présentation générale d'un système d'alimentation en eau potable

Un système d'alimentation en eau potable (AEP) est composé d'un ensemble d'infrastructures et d'installations nécessaire à satisfaire tous les besoins en eau potable d'une zone urbain et industrielle. Le système d'AEP comporte différents composants dont la construction et les installations affectées au :[15]

- Captage ;
- Traitement des eaux ;
- Adduction ;
- Stockage ;
- Distribution ;

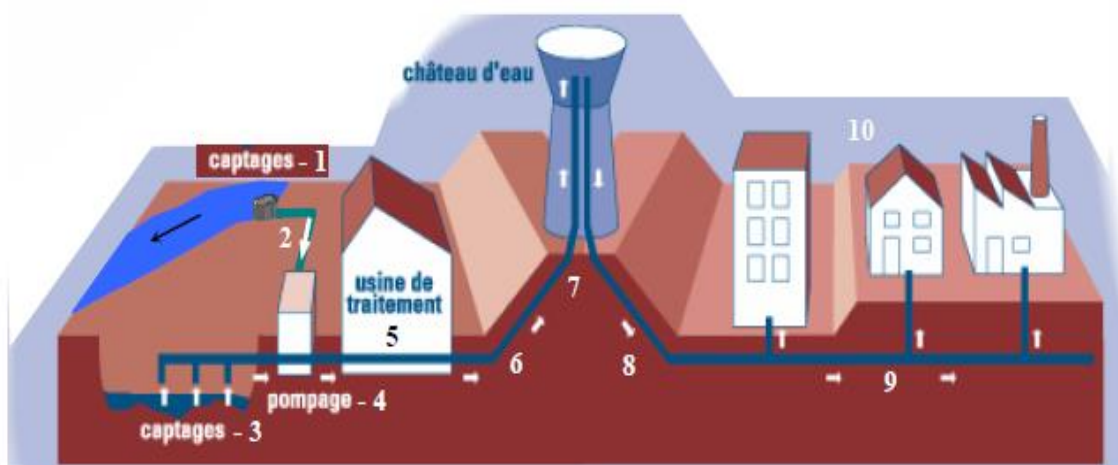


Figure I.1 : Schéma général d'alimentation en eau potable [15].

I.1.2.1 Captage

I.1.2.1.1 Définition

Les captages sont les travaux effectués pour prélever les eaux naturelles en vue de l'alimentation, ils peuvent concerner soit l'eau présente dans le sous-sol, sous forme de nappes aquifère, soit celle qui surgit du sous-sol à la surface par des sources, soit encore celle que l'on trouve à la surface du sol, dans les rivières ou dans des étangs naturels ou artificiels [10].

I.1.2.2 Traitement des eaux

I.1.2.2.1. Définition

Le traitement d'une eau brute après son captage dépend de sa qualité et de ses constituants. Critères qui varient dans le temps. L'eau puisée dans l'environnement doit être analysée en continu avant de subir le traitement de potabilisation approprié. Ce contrôle exécuté, l'eau subit plusieurs traitements avant d'être distribuée dans les circuits d'eau potable. [4]

I.1.2.2.2 Les étapes du traitement

Dégrillage et tamisage : Le passage de l'eau captée à travers des grilles et tamis élimine les plus gros débris.

Oxydation : Si la charge organique est très importante ou s'il y a de l'ammoniaque, du fer ou du manganèse en solution, l'oxydation facilite leur élimination lors de la phase de clarification. Cette étape d'oxydation peut se faire avec du chlore ou de l'ozone.

Clarification (coagulation- floculation, décantation et filtration) : En présence de produit coagulants et floculant, les particules en suspension dans les eaux s'agrègent en flocons. Le poids de ces flocons provoque la sédimentation des particules au fond des bassins de décantation. La filtration finale à travers des filtres minéraux (sable) ou des membranes permet de produire une eau limpide débarrassée de ses particules.

Désinfection : Les bactéries et virus pathogène qui demeurent dans l'eau sont éliminés lors de l'étape de désinfection. On utilise pour cela du chlore, de l'ozone ou des ultraviolets. Une petite quantité de chlore reste dans l'eau produite pour éviter un développement bactérien plus en aval, dans le réseau d'eau.

Autres traitements : éventuellement, la dureté de l'eau est corrigée pour éviter la corrosion ou l'entartrage des canalisations. En cas de pollutions spécifiques, aux nitrates ou aux pesticides par exemple, des traitements de dépollution supplémentaires sont appliqués.

À la sortie de l'usine de potabilisation, l'eau est acheminée vers des réservoirs (châteaux d'eau) puis jusqu'aux robinets.

I.1.2.3. Adduction

I.1.2.3.1. Définition

L'adduction d'eau regroupe les techniques permettant d'amener l'eau depuis sa source à travers un réseau de conduites ou d'ouvrages architecturaux (aqueducs) vers les lieux de consommation. [10]

I.1.2.3.2. Constitution de l'adduction d'eau

L'adduction est constituée de :

- la source (rivière, plan d'eau, nappe), à partir de laquelle on pompe l'eau ;
- réseau de transport (canal, canalisations) ;
- stockage (bassin, château d'eau). [20]

I.1.2.3.3. Différents systèmes d'adduction

L'adduction gravitaire : Où l'écoulement de l'eau à des pressions importantes est causé par la différence des niveaux hydrauliques : l'altitude de la source est supérieure à l'altitude du point de consommation, et se déplace donc grâce à la force de gravitation d'où son nom. C'est le principe du Château d'eau.

L'adduction par refoulement : Où la pression sur le réseau et l'acheminement de l'eau se fait à l'aide de pompes à l'intérieur de stations de pompage. [10]

Divers problèmes concernent l'adduction d'eau. En effet, dans le cas où les pompes cessent brusquement de fonctionner, l'eau va refluer et soumettre les canalisations à de fortes pressions. D'autre part, en cas d'inondations, le niveau des eaux usées peut atteindre le circuit d'eau potable et s'y mélanger. On parle ainsi de refoulement. [20]

I.1.2.4. Stockage

Pour pouvoir satisfaire à tout moment, la demande en eau potable des abonnés, on crée des réservoirs qui permettent de gérer les pointes de consommation. [15]

Lors de la conception des réservoirs, on est amené à faire plusieurs choix concernant le type de réservoir, son altitude son équipement. On peut classer les types de réservoir selon :

- la technique de construction (métal, maçonnerie, béton armé ou précontraint) ;
- l'intégration au site surélèves, enterrés ou semi enterré ;
- les considérations esthétiques.

Les caractéristiques topographiques de la région ainsi que les conditions hydraulique de la distribution seront des facteurs importants pour le choix de l'ouvrage. D'un point de vue purement hydraulique et économique, il y a tout intérêt à implanter un réservoir au centre de gravité de l'agglomération qu'il doit desservir. Mais certaines autres considérations, notamment esthétiques, font que ce choix n'est pas toujours possible.

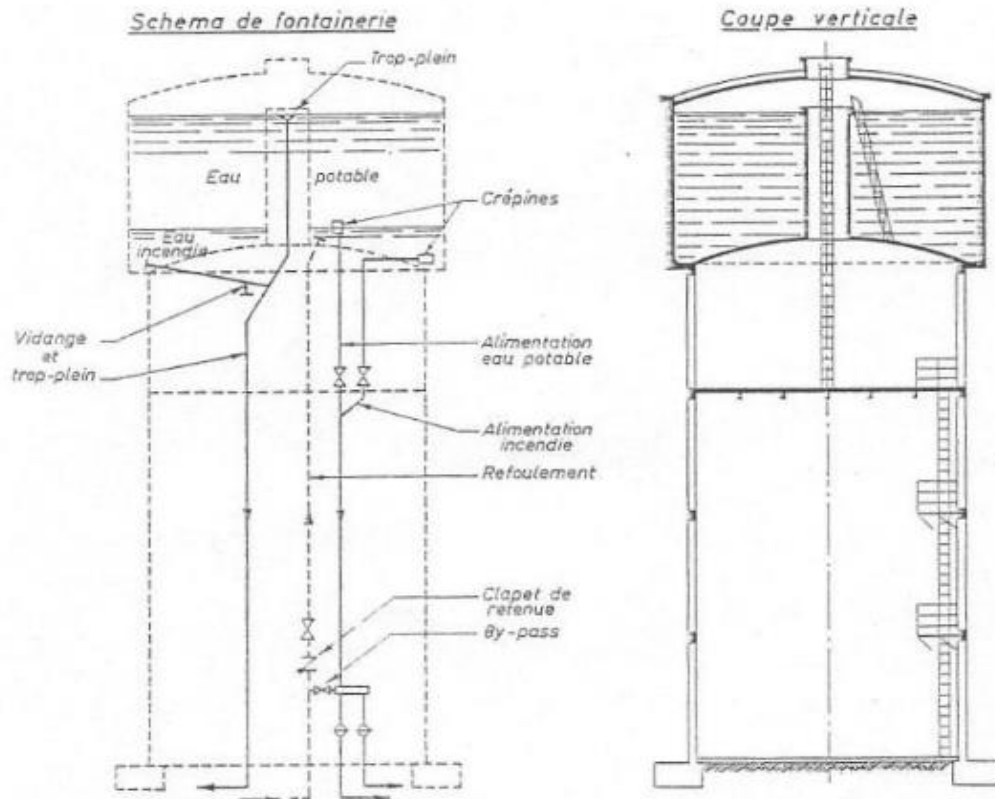


Figure I.2 : Schéma de réservoir surélevé [30]



Figure I.3 : Illustration de la variété des réservoirs surélevés en termes de forme, taille et hauteur [30]

I.1.2.5. Distribution

Dans cette étape le transport de l'eau potable aux consommateurs ce fait grâce au réseau de distribution qui peut être un réseau maillé, ramifié, étagé, combiné ou réseau à alimentation distincte.

I.1.2.5.1. Différents types de réseaux de distribution

Les réseaux peuvent être classés comme suit : [1]

- les réseaux ramifiés,
- les réseaux maillés,
- les réseaux étagés,
- les réseaux à alimentation distinctes.

Les réseaux ramifiés : dans lequel les conduites ne comportent aucune alimentation en retour, présente l'avantage d'être économique, mais il manque de sécurité et de souplesse en cas de rupture : un accident sur la conduite principale prive d'eau tous les abonnés d'aval.

Les réseaux maillés : permet, au contraire, une alimentation en retour, donc d'obvier à l'inconvénient signalé ci-dessus. Une simple manœuvre de robinets permet d'isoler le tronçon accidenté et de poursuivre néanmoins l'alimentation des abonnés d'aval. Il est, bien entendu, plus coûteux d'établissement, mais, en raison de la sécurité qu'il procure, il doit être toujours préféré au réseau ramifié.

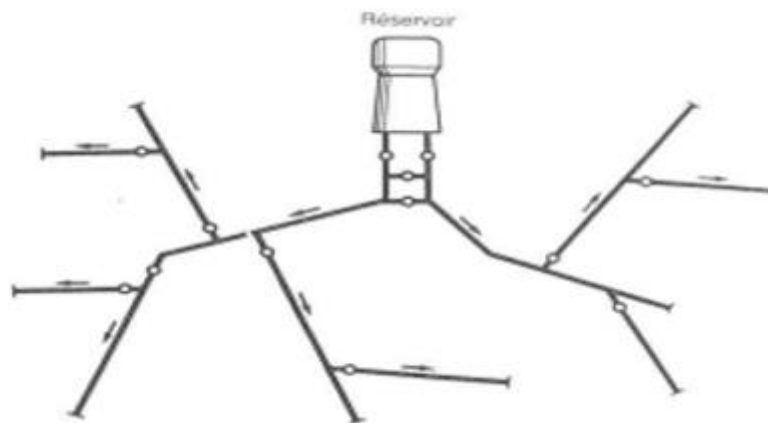


Figure I.4 : Réseau ramifié [15]

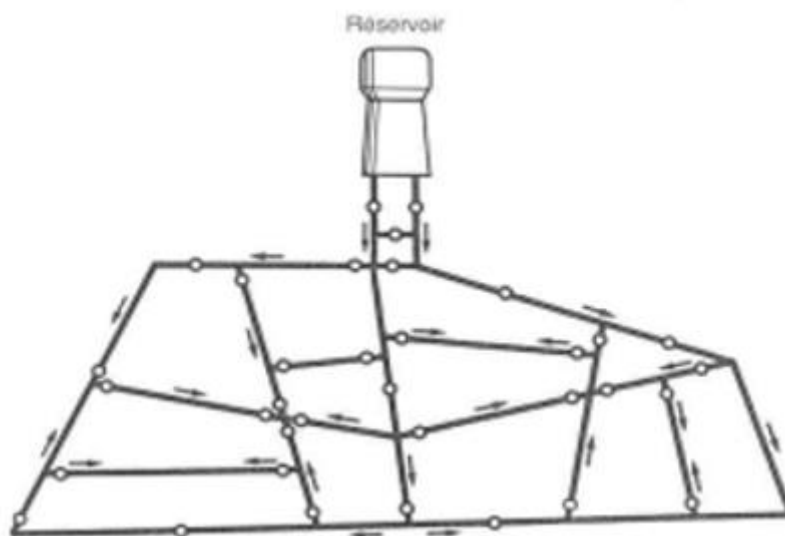


Figure I.5 : Réseau maillé [15]

Les réseaux étagés : Avec le réseau étagé il est possible, ainsi que nous l'avons vu, de constituer des réseaux indépendants avec une pression limitée aux environs de 40 mètres d'eau.

Les réseaux à alimentation distinctes distribuent, l'un, l'eau potable destinée à tous les besoins domestiques, et l'autre, l'eau non potable réservée aux usages industriels et aux lavage et arrosage de la rue et plantations, Ces réseaux ne se justifient que dans les installations extrêmement importantes.

I.2. Étude de dysfonctionnement de réseau d'eau potable

Le rôle d'un gestionnaire du réseau d'eau potable c'est de fournir aux usagers l'eau en quantité suffisant et de meilleure qualité possible. Pour cela il dispose D'installations visibles en surface : comme les stations de traitement, les réservoirs ainsi que les réseaux de canalisations qui sont enfouis dans le sol .Ces installations, une fois construites font l'objet de dégradations dues au temps ou à la corrosion et doivent être surveillées, contrôlées, entretenues et renouvelées Le réseau de canalisation ne fait pas exception. Le temps et l'actions des différents Phénomènes (le sol corrosif, contraintes mécanique, surpressions etc.) contribuent à la Dégradation des canalisations d'un réseau et de ces accessoires. On dit que le réseau vieillit L'augmentation du nombre des interventions, des casses observées sur le réseau, ainsi qu'une dégradation de qualité de l'eau transporter représente un bon indicateur de l'état du réseau. [15]

I.2.1. vieillissement d'une conduite d'eau potable

I.2.1.1. Définition du vieillissement d'une conduite d'eau potable

Le vieillissement d'une conduite correspond à sa dégradation dans le temps, qui se manifeste par l'observation de certains dommages, ou par un mauvais fonctionnement hydraulique du réseau. Tous ces phénomènes peuvent être regroupés en deux catégories :



Figure I.6 : Vieillessement des canalisations [29]

I.2.1.1.1. Mauvais fonctionnement hydraulique du réseau engendré par le vieillissement d'une conduite

- **Chute de pression**, lorsque la section utile de la conduite diminue à cause de l'entartage de protubérances dues à la corrosion
- **Fuites diffuses**, dues à la détérioration des joints ou à la corrosion des tuyaux. Une forte augmentation de leur nombre peut avoir une incidence directe sur le réseau et diminuer le rendement
- **Rupture**, dues à l'action combinée de la corrosion sur la conduite et de mouvements de sols (vibration, séismes, travaux divers).une rupture peut entraîner une intervention sur le réseau de plusieurs heures, pendant laquelle Les abonnés sont éventuellement privés d'eau ou subissent une chute de pression.

Chacune de ces détériorations engendre en outre certains dommages qui sont :

- Des pertes d'eau, d'où une augmentation de la production ;
- Des pertes en énergie (augmentation du temps de pompage) ;
- Des interventions sur le réseau

I.2.1.1.2. Dommages divers par le vieillissement d'une conduite

Détérioration de qualité de l'eau : On peut distinguer deux types de dommage liés à la dégradation de la qualité de l'eau. Le premier est celui qui engendre la non-potabilité de l'eau. Il faut alors élaborer un nouveau traitement rendant cette eau potable. La deuxième concerne l'augmentation du nombre de plaintes des abonnés dû à une apparence négative de l'eau (odeur, couleur, goût,...). Ceci entraîne alors une baisse d'image de marque du service exploitant.

Fuites diffuses : Elles peuvent indirectement déstabiliser la conduite en érodant le lit de pose, d'où une rupture au niveau des points fragiles du tuyau.

Rupture : elles peuvent avoir des incidences indirectes :

- Inondation, d'où coupure du trafic sur la chaussée concernée, ou dommage chez un particulier ;
- Coupure d'eau, donc dommages causés notamment aux industries ou aux centres de santé ;
- Déstabilisation du lit de pose ;
- Plaintes des abonnés

I.2.1.2. Évaluation du vieillissement d'une conduite

le phénomène de vieillissement ne peut être évalué en tant que tel, mais à partir des phénomènes par lesquels ils se manifestent. [14]

qualité de L'eau : La mesure de la dégradation de la qualité de l'eau peut permettre de caractériser l'Etat de la ou des conduites proches du point de mesure ou de l'endroit où a eu lieu la plainte d'un abonné. Elle peut renseigner sur l'état de corrosion de la conduite pour ce qui concerne les conduites métalliques. C'est le cas lorsque des produits de corrosion sont transportés à travers le réseau on a par exemple le phénomène d'eau rouge, la substance rouge correspondant à l'oxydation d'ion ferreux en ions ferriques principalement dans les eaux douces, acides ou désaérées. Certaines autres substances comme le manganèse peuvent également entraîner la coloration de l'eau (en noir cette fois).

On peut également être renseigné sur la corrosion bactérienne, en examinant les teneurs en bactéries du fer ou sulfatoréductrices. Un mauvais état des joints ou des conduites en matière plastique peut également altérer la qualité de l'eau, du fait de l'introduction de substances provenant de l'extérieur, comme des hydrocarbures.

Afin de bien connaître le vieillissement, il est important d'étudier la corrélation entre l'âge de la conduite (malade), car on ne peut dire avec précision quelle est celle qui a détérioré la qualité de l'eau

La diminution de la capacité de transport : Cette valeur correspond à la diminution du diamètre interne de la conduite ou à l'augmentation du coefficient de rugosité. Ceci est engendré par l'entartage calcaire sur les conduites non-revêtues d'un revêtement interne mais aussi par l'apparition de protubérances dues à des produits de corrosion.

On peut caractériser de différentes façons :

- Soit par la mise en évidence de l'augmentation de pertes de charges sur le réseau ou sur une partie, augmentation non induite par l'augmentation de la consommation. Ceci peut se faire par exemple à partir de modélisation hydraulique du réseau
- Soit à partir d'échantillons de canalisations relevés directement sur le réseau, échantillons étudiés par la suite. Cependant ces relevés demeurent ponctuels et leur interprétation est difficilement généralisable

Le nouveau diamètre ou le nouveau coefficient de rugosités estimées sur une conduite donne alors un état de son entartage. Si cela est possible on peut essayer la aussi de définir la corrélation pouvant exister entre la dégradation de la conduite et certains facteurs comme son âge, sa nature, la qualité de l'eau à l'entrée dans le réseau

Les fuites diffuses: les fuites diffuses sont mises en évidence lors de mesures bien spécifiques ou lorsque la tranchée d'une conduite est ouverte. Elles n'entraînent pas en général de réparation sur la conduite. Ce sont elles qui en général abaissant le rendement d'un réseau et ne lui permettent pas dépasser un taux supérieur à 90% ou 95% Elles caractérisant, soit une fragilisation du tuyau par de petites ouvertures, soit un mauvais état des joints qui deviennent alors poreux. Les fuites diffuses se manifestent de différentes manières en constatant : **[15]**

- Une diminution importante du rendement de réseau,
- Une augmentation sans raison de la production ou des achats d'eau,

- Une non concordance des volumes mesurés sur les compteurs de zone,
- Des indices visuels, des anomalies dans la distribution, bruits anormaux sur le réseau tels que :
 - L'affaissement de terrain ;
 - La présence de végétation anormalement développée ;
 - La neige fondant en certains emplacements ;
 - Le terrain humide par temps sec ;
 - La baisse de pression même temporaire ;
 - Le manque d'eau chez l'abonné ;
 - L'humidité anormale sur la chaussée ;
 - L'arrivée d'eau claire dans les égouts ou dans d'autres ouvrages ;
 - Des murs humides (eau montant par capillarité) ;
 - Des bruits sur les branchements d'abonné ;
- Une baisse anormale de niveau d'un réservoir,
- Une augmentation croissante de la consommation de nuit,
- Etre envisagées lorsque les manifestations sur le terrain ne suffisent plus, Ce genre de mesure permet alors de retrouver précisément quelles sont les conduites les plus dégradées,

Les ruptures ou les fuites apparentes : Ces ruptures sont celles qui entraînent automatiquement une intervention sur le réseau, on parle alors de (défaillance). Elles sont mises en évidence, soit parce qu'elles entraînent au niveau de la chaussée une inondation plus ou moins importante, soit parce que l'on constate une augmentation brutale de la consommation de nuit. Dans ce cas on peut alors retrouver avec précision l'endroit de la rupture ou de la fuite à l'aide du système de vannes. CES casses caractérisent bien sur un mauvais état de la conduite et une certaine fragilisation. Elles peuvent avoir lieu à la suite d'une corrosion dans le temps de la conduite consécutive à un mouvement du sol ou à une augmentation de la pression interne. Elles correspondent soit à une diminution de la paroi de la conduite, soit à la formation de trous. En général ces ruptures sont différentes selon le diamètre. En fonction du diamètre et du type de défaillances, les ruptures transversales ont lieu surtout sur les petits diamètres alors que les gros diamètres subissent plutôt des ruptures longitudinales Ou des piquages. Elles peuvent également concerner les fuites au niveau des joints (pour le diamètre plus élevés) qui en fonction de leurs importances deviennent apparentes. Le tableau I.1 synthétise les différentes manières d'estimer l'état de dégradation d'une conduite en fonction de l'origine et des manifestations observés.

Tableau I.1: Manifestations et mesures de la dégradation des conduites d'eau potable

Manifestation	<ul style="list-style-type: none"> • Dégradation De qualité de l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> • Diminution de la capacité de transport 	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation des - fuites diffuses 	Ruptures ou fuites apparents
Origines	<ul style="list-style-type: none"> • Corrosions internes (chimiques ou biologique) • Porosité de joints ou tuyaux 	<ul style="list-style-type: none"> • Entartage • Protubérance de produits de corrosion 	<ul style="list-style-type: none"> • Corrosions internes et externes • Détérioration des joints 	-Corrosions internes et externes -Dégradation du lit de pose -Mouvement de sol
Mesure du vieillissement	<ul style="list-style-type: none"> • Mesures chimiques • Plaintes des consommateurs 	<ul style="list-style-type: none"> • Mesure de diamètre ou de coefficient de rugosité • Chutes de pression 	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre fuites/km • Débit des fuites 	Taux de fuites ou de casses annuel

I.2.2. Les Défaillances des conduites d'AEP

I.2.2.1. Définition de défaillance des conduites d'AEP : On appelle défaillance toute détérioration pouvant provoquer ou accentuer le risque de dysfonctionnement du réseau (ou de l'un de ses éléments), ou la diminution de son rendement. [17]

I.2.2.2. Les différents types de défaillances :

I.2.2.2.1. Les fuites :

Ce sont des pertes physiques de quelques quantités d'eau, mais qui n'empêchent pas le fonctionnement normal du réseau. Les fuites sont généralement localisées dans les joints, les vannes, les raccordements, les points de jonction entre deux éléments ou dans le corps même de la conduite.

1) Cause des fuites :

- Rupture ou mauvaise étanchéité des conduites.
- Joints détériorés ou mal exécutés.
- Corrosion.
- Glissement

2) Effets des fuites :

- Risque de dégradation de la qualité de l'eau suite à l'introduction d'eau polluée.
- Perturbation de la circulation suite aux inondations.
- Risque de retour d'eau.



Figure I.7 : Vieillesse des joints à cause des Fuites dans les conduites [29]

I.2.2.2. Les pertes : Dans un réseau, on distingue deux types de pertes et leurs causes sont diverses Les rupture sur conduites

1) **Les pertes techniques :** elles sont dues :

- au débordement des réservoirs dues soit mauvais fonctionnement du flotteur ou de la vanne de vidange.
- Aux fuites sur conduites et branchements particuliers engendrées par les casses et leurs différentes causes.
- Aux fuites sur robinets, vannes et colliers dues à un mauvais serrage des joints, des presses étoupes des vannes et des colliers de prise.

2) **Les pertes administratives :** ce sont les eaux consommées mais non comptabilisées. on citera :

- La consommation des organismes publics ;
- La défectuosité ou l'insensibilité des compteurs ;
- Absence de compteurs chez les abonnés ;
- Pertes par branchements illicites.

I.2.2.3. Les ruptures:

Une rupture ou une casse est définie comme étant une détérioration induisant un arrêt momentané de là l'alimentation en eau et qui nécessite une intervention sur le réseau. [15]

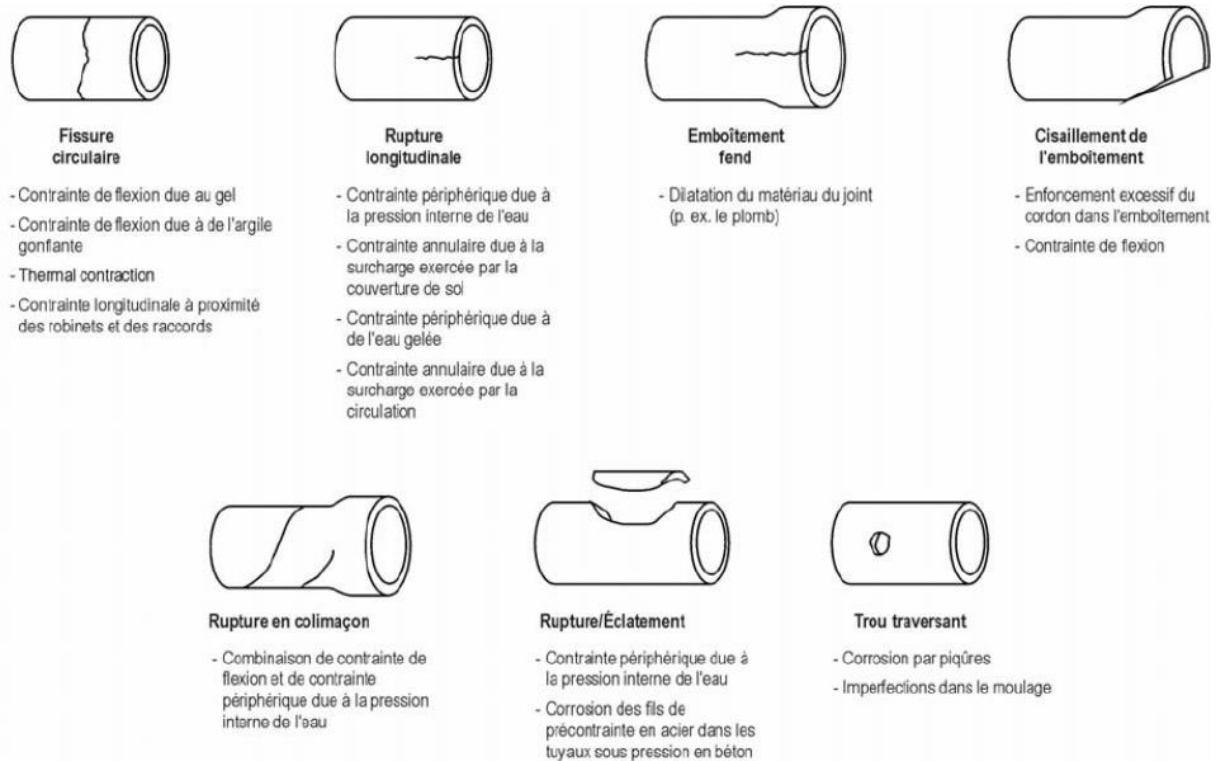


Figure I.8 : Différents types de rupture d'une conduite d'eau potable [15]

1) Les causes des ruptures :

- Mouvement du sol,
- Coup de bélier,
- Travaux de chantier
- Trafic routier intense,
- Conditions de pose,

2) Les effets des ruptures :

- Fuites et leurs conséquences,
- Risque d'introduction d'eau polluée,
- Interruption de l'alimentation en eau des abonnés.

I.2.2.2.4. Dégradation de la qualité de l'eau :

elle peut être un facteur très important de corrosion interne de la canalisation [6]. De nombreux facteurs physico-chimiques, biologiques, facteurs liés à la conception et à la gestion du réseau

I.2.2.3. Phénomènes à l'origine de l'évolution d'une canalisation

Avec le temps et sous l'influence de différents phénomènes la résistance de la canalisation va diminuer, augmentant ainsi le risque d'apparition des défaillances [15], la figure I.9 montre les différents causes qui peuvent entraîner l'affaiblissement d'une conduite d'eau potable

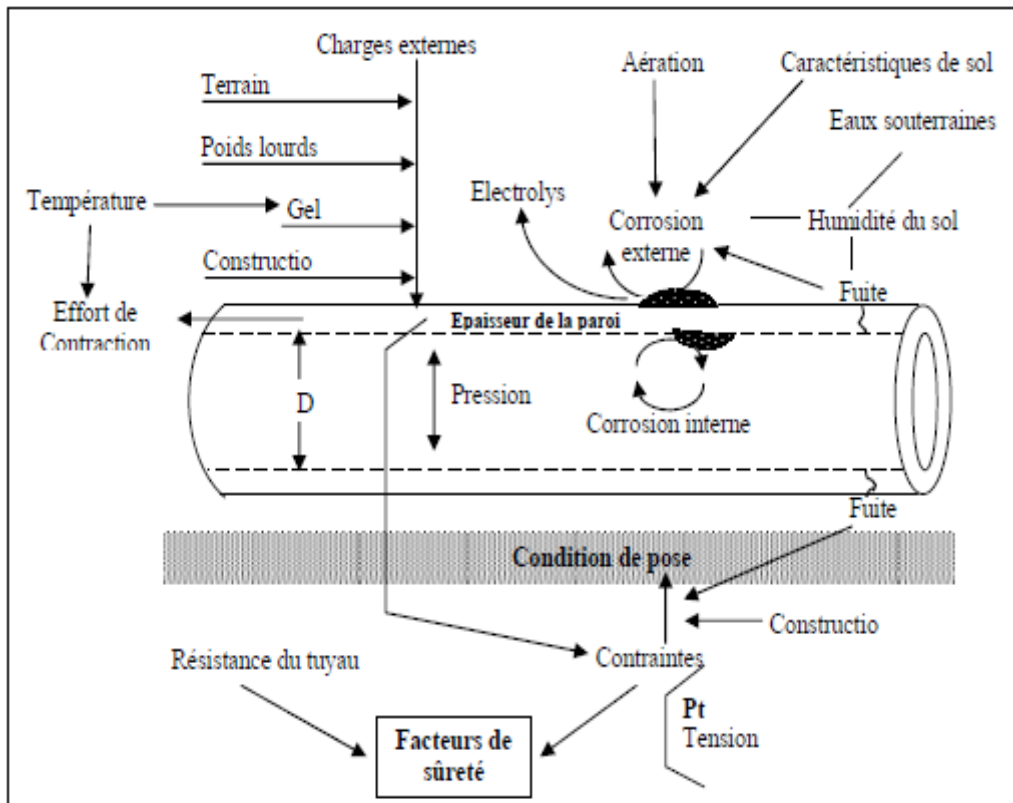


Figure I.9 : Causes de l'affaiblissement d'une conduite d'eau potable [15]

I.3. Gestion des réseaux D'AEP

La gestion d'un réseau d'AEP a pour principale mission d'assurer les fonctions de production, stockage et distribution. La gestion classique des réseaux présente beaucoup d'inconvénients. Les supports cartographiques sur lesquels sont portés les objets représentant les réseaux sont difficilement manipulables. Cette gestion est également très limitée, les informations caractérisant les réseaux représentés sont portées sur le support en même temps que les objets graphiques eux-mêmes. Ceci peut provoquer une surcharge du support pouvant rendre illisibles certaines informations. [5]

I.4. La Gestion informatisée des réseaux d'AEP

La complexité des réseaux d'eau potable et la difficulté éprouvée par les gestionnaires de prévoir les phénomènes hydraulique qui s'y déroulent, fait de la gestion informatisée une opération indispensable, rendue possible grâce aux progrès de l'informatique Elle permet en effet :

- D'améliorer la connaissance des réseaux faisant l'objet d'une telle étude ;
- De détecter et de comprendre les désordres pouvant se produire sur le réseau : on peut par exemple localiser les zones où la pression est anormale et en déduire la présence de fuites ou l'existence d'éléments inconnus, s'apercevoir que les temps théoriques de fonctionnement de pompes sont bien inférieurs aux temps mesurés ou découvrir d'autres indices qui témoignent de dysfonctionnement ;

- De simuler sur une période d'au moins une journée le comportement du réseau afin d'en optimiser les ressources, les capacités de stockage, les pompages ;
- d'étudier l'impact de renouvelles consommations ou d'éventuels incidents, de prévoir et adapter les installations pour faire face à de nouvelles contraintes ou à des situations de crise ;
- De dimensionner les extensions, les renforcements ou les aménagements nécessaires pour satisfaire les nouveaux besoins

I.5. La gestion patrimoniale

La gestion patrimoniale est une approche à long terme qui tient compte de l'état du patrimoine tout au long de son cycle de vie dans le but d'assurer le niveau de performance requis avec un facteur risque donné, le tout dans un contexte économique contraint. [13]

I.5.1. La gestion patrimoniale d'un système d'alimentation en eau potable

Dans le cas d'un système d'alimentation en eau potable cela peut donc se définir comme un processus de planification visant l'optimisation, de : [21]

- la conception, la fourniture et la réalisation des infrastructures,
- la maintenance de l'ensemble du système,
- la mise hors service de ces infrastructures.

et se traduisant par un ensemble d'actions à entreprendre à court, moyen et long terme devant permettre d'atteindre et de maintenir sur le long terme, tout en garantissant un prix de l'eau acceptable pour les consommateurs, un niveau de performance du service d'eau. Ce processus doit, en permanence, s'adapter à :

- la réglementation,
- les attentes des usagers,
- la situation de la ressource en eau,
- le contexte budgétaire et financier y compris l'accès aux emprunts et Subventions,
- les conventions et/ou contrats de délégation,
- les conséquences prévisibles pour les générations futures.

I.6. Procèdes de réhabilitation des canalisations

Une fois le tronçon à risque identifié, le choix entre des travaux de réhabilitation ou de renouvellement se pose. Cette stratégie de décision dépend donc : [28]

- De la nature du dysfonctionnement constaté et de l'état du tuyau
- De l'opportunité : incidence sur l'environnement, bruit, fouille ...
- Des contraintes locales : réfection des sols, densité des branchements, durée envisageable de la coupure d'eau, largeur et encombrement de la voie...
- Des coûts financiers du projet : coûts directs, cout indirects (travaux nécessaires à l'exécution de l'ouvrage principal) et surtout les coûts sociaux (bruit, risque d'accident, perte d'exploitation des commerces ...) difficilement évaluables.

I.6.1. Réhabilitation des réseaux d'AEP

I.6.1.1. Définition et objectifs : Par 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. La réhabilitation de réseaux doit impérativement apporter :

- Une technique performante et garantie
- Une économie significative par rapport à la pose de canalisation en tranchée
- Une faible gêne de l'environnement.

I.6.1.2. Techniques de réhabilitation

Les techniques de réhabilitation existantes sont nombreuses. Pour la plupart, elles sont spécifiques à un problème donné et à l'objectif visé : restructuration, rétablissement de bonnes conditions hydrauliques d'écoulement, étanchement ...

La procédés de réhabilitation abordés concernent principalement les conduites non visitables :

- Tubage :
 - tubage sans contact
 - tubage 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 ces propriétés mécaniques, comme :

- Etanche
- Consolidant
- Auto-structurant.

I.7. Renouvellement des réseaux d'AEP

I.7.1. Définition et objectifs

Par définition, le renouvellement consiste en la pose d'une nouvelle conduite destinée à être substituée à un ouvrage ancien, dont les caractéristiques structurelles ne sont plus compatibles avec son utilisation.

I.7.1.2. Techniques de renouvellement

les techniques de renouvellement sont :

- pose en tranchée ouverte
- pose sans tranchée :

I.8. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit d'une manière générale le réseau d'alimentation en eau potable, et nous avons défini un ensemble de notions permettant de comprendre l'infrastructure du réseau et ces problèmes. Le réseau vieillit avec le temps, engendrant des perturbations. Une dégradation de la qualité de l'eau est observée. Différents facteurs, nommés aussi les facteurs de désordre, sont à l'origine de ces dégradations. Ils sont d'origine internes (matériau, diamètre, la résistance à la corrosion du matériau, externes (les fuites, ruptures,)). Ce chapitre se terminera par une description la réhabilitation et le renouvellement et leur technique.

Chapitre II :
Aide à la décision multicritère

II.1. Introduction

Les méthodes d'aide à la décision multicritère sont largement utilisées pour résoudre les problèmes de la sélection dans la plupart des domaines l'environnement, l'aménagement du territoire, la gestion des ressources naturelles, la gestion des déchets, la gestion financière et bancaire, la priorisation de le renouvellement des réseaux d'eau potable et d'assainissement,... etc. Elles aident les décideurs à considérer tous les critères du problème en utilisant un processus décisionnel rationnel et efficace.

Dans ce chapitre, une synthèse sur le concept des méthodes d'aide multicritère à la décision sera faite. Cette synthèse va permettre d'analyser les différentes méthodes afin de faire le choix de la méthode adéquate. Cette dernière sera mise en application dans la priorisation de le renouvellement d'une partie du réseau de distribution d'eau potable de la ville de Jijel

II.2. Aide à la décision

C'est l'activité de celui qui, permet appui sur les modèles clairement explicités mais non nécessairement complètement formalisés, aide à obtenir des éléments de réponses aux questions que se pose un intervenant dans un processus de décision. [3]

II.2.1. Aide à la décision multicritère

L'aide à la décision multicritère est une analyse ayant pour but d'explicitier une famille cohérente de critères permettant d'appréhender les différentes conséquences d'une alternative. Indique que l'aide à la décision multicritère vise à fournir à un décideur des outils lui permettant de progresser dans la résolution du problème de décision où plusieurs points de vu. [27]

II.3. Définitions

II.3.1. Alternative (action)

Si l'action qui représentait l'objet de la décision. [23]

II.3.2. Critère

Un critère, objectif ou attribut est une fonction définie sur l'ensemble des alternatives, qui prend ses valeurs dans un ensemble totalement ordonné et qui représente les préférences de l'utilisateur selon le point de vue que le critère modélise. [18]

II.3.3. Le poids

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

II.3.4. Echelle d'intervalle

Echelle ordinale à laquelle ou donne sens à la caractéristique de distance [23]

II.3.5. Décideur

Le décideur est généralement une personne ou un groupe de personnes qui sont supposés connaître le problème de décision multicritère. Le décideur souvent épaulé par analyste, qui joue le rôle d'interface entre le décideur et l'aspect mathématique du processus de décision multicritère. [18]

II.3.6. Fonction d'utilité

Il est souvent supposé qu'un décideur se base sur une certaine fonction pour formuler ses préférences. Cette fonction est appelée fonction d'utilité ou fonction de valeur.

II.3.7. Problématiques

Les problématiques de décision peuvent être perçues comme étant une orientation de l'investigation que nous adoptons pour un problème donné. Ainsi, elles expriment les termes dans lesquels le décideur pose le problème et traduit le type de la prescription qu'il souhaite obtenir distingue quatre problématiques : [27]

II.3.7.1 Problématique du choix ($P\alpha$)

Elle consiste à sélectionner un sous ensemble aussi restreint que possible de l'ensemble des actions A , contenant les meilleures actions. L'idéal est d'obtenir une seule et meilleure action. Mais à cause de la nature conflictuelle des critères, il est préférable de fournir au décideur quelques actions qui représentent différentes variantes de la "meilleure action". Evidemment, le résultat final peut être raffiné en utilisant de l'information additionnelle ou avec une analyse plus approfondie. [24]

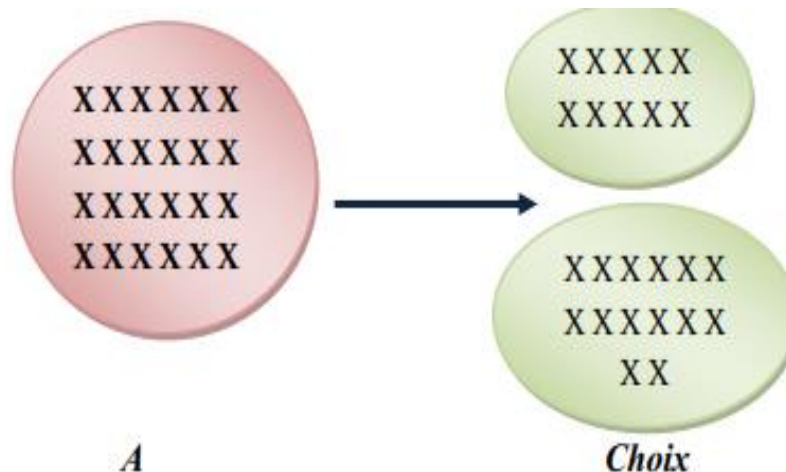


Figure II.1 : Problématique du choix [24]

II.3.7.2 Problématiques de tri (P.β)

Elle consiste à affecter chaque action à un ensemble de catégories prédéfinies. Cette formulation est adéquate lorsque le problème de décision consiste à examiner chaque action indépendamment des autres (en tenant compte que des caractéristiques intrinsèques de chaque action) dans le but de proposer une recommandation parmi un ensemble des recommandations spécifiées en avance. Chaque recommandation peut être associée avec une catégorie. Le problème de décision est alors vu comme trier les actions potentielles aux différentes catégories définies en termes de normes prédéfinies. La procédure de tri doit être définie de telle sorte que chaque action est affectée à une et seule catégorie. Formellement, une prescription consiste à une partition de A

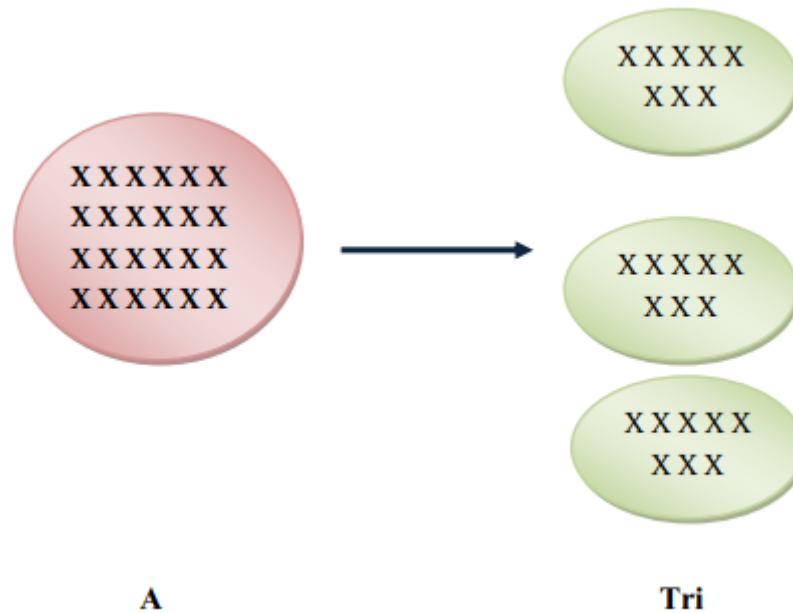


Figure II.2: Problématique du tri [24]

II.3.7.3 Problématique de rangement (Pγ)

Elle consiste à ranger les différentes actions en allant de la meilleure action à la moins bonne. Cette problématique est intéressante lorsque les actions sont à différencier selon leur intérêt relatif. L'idéal est d'obtenir un ordre complet. Cependant, à cause de la nature conflictuelle des critères, à l'imprécision, à l'existence de systèmes de valeurs différents, il est souvent plus réaliste de présenter au décideur un ordre partiel. Il est à noter qu'en pratique, le rangement peut être nécessaire seulement pour les actions les plus intéressantes.

Formellement, la prescription est un ordre partiel, une relation transitive définie sur A (ou un sous ensemble de A).

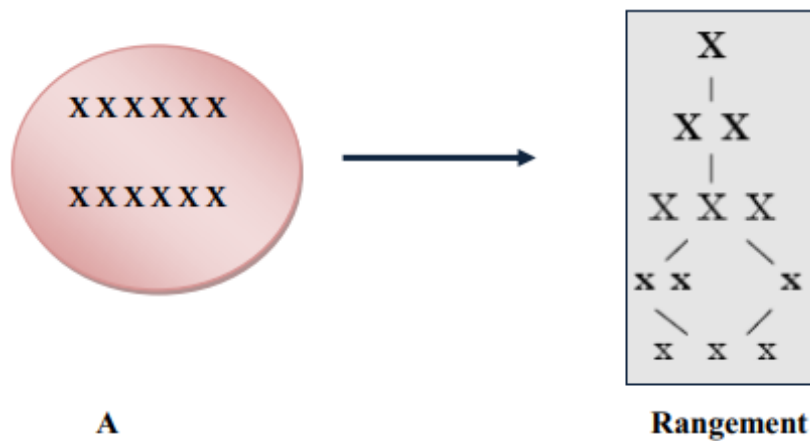


Figure II.3 : Problématique de Rangement [24]

II.3.7.4 Problématique de description ($P\sigma$)

Elle consiste simplement à décrire les actions et leurs conséquences et non pas à les comparer comme c'est le cas avec les trois autres problématiques précédentes. Ici, il n'existe pas une prescription et la procédure d'investigation est cognitive.

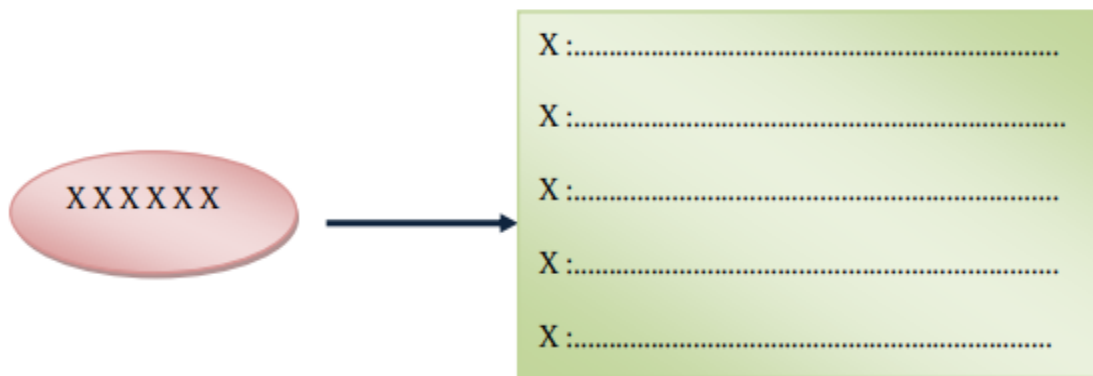


Figure II.4 : Problématique de Description [24]

Tableau II.1 Les différentes problématiques de décision. [24]

Problématique	Procédure investigation	Prescription	Résultat	Objectif
$(P\alpha)$	Sélection	Sous ensemble de A	Un choix ou une procédure de sélection	Sélectionner un sous ensemble aussi restreint que possible de A contenant les meilleures actions.
$(P\beta)$	Segmentation	Partition de A	Un tri ou une procédure d'affectation	Affecter chaque action de A à une et une seule des catégories selon de normes préétablies.
$(P\gamma)$	Classement	Ordre partiel sur A	Un rangement ou une procédure de classement	Ordonner les actions de A de la meilleur à la moins bonne.
$(P\sigma)$	Cognitive	Aucune prescription	Une description ou une procédure cognitive	Décrire les actions et leurs conséquences

II.4. Les principales méthodes multicritères :

La littérature en aide multicritère à la décision renferme de nombreuses méthodes. a regroupé ces dernières dans trois catégories principales représentant chacune d'entre elles des approches différentes. Ces catégories se présentent comme suit [19]

- Les méthodes de surclassement selon l'approche du surclassement de synthèse
- Les méthodes interactives selon l'approche du jugement local interactif :
- Méthodes d'agrégation selon l'approche du critère unique de synthèse

II.4.1. Méthode PROMETHEE

II.4.1.1. Définition

La méthode PROMETHEE (Preference Ranking Organisation METHods for Enrichement Evaluation) a été proposée pour la première fois en 1982 par Jean Pierre Brans97. Elle fait partie de la famille des méthodes de surclassement value. [19] Elles permettent de définir des relations de surclassement, d'indifférence et d'in comparabilité entre deux scénarios du meilleur au moins bon. Pour chaque scénario, une note et un poids

sont attribués à chaque critère, afin d'évaluer l'indice de préférence d'un scénario sur l'autre. Cet indice est ensuite utilisé pour calculer l'attractivité d'un scénario sur l'autre, définie comme différence entre la dominance des scénarios par rapport à tous les autres, et la soumission de ce scénario par rapport à tous Les autres. [24] L'objectif des méthodes d'analyse multicritère PROMETHEE est de construire via un système de préférences floues, un classement des alternatives des meilleures aux moins bonnes.

II.4.1.2. Concept de la méthode

Le concept de la méthode s'applique selon un processus qui comprend trois étapes suivantes. [19]

1- Choix de critère généralisés

A chaque critère C_1, C_2, \dots, C_n sera associé un critère généralisé choisi sur base d'une fonction de préférence et les effets d'échelle seront éliminés.

2- Détermination d'une relation de surclassement

Dans une deuxième phase, il convient de déterminer une relation de surclassement par le biais d'un indice de préférence (par exemple: l'écart maximum entre 2 actions) qui quantifiera les préférences du décideur.

3- Evaluation des préférences

L'évaluation de la préférence du décideur par la prise en compte des flux entrant et sortant.

La méthode PROMETHEE a donné lieu à plusieurs généralisations et selon le problème de décision rencontré, on peut recourir à PROMETHEE I, II, III, IV, V. En effet, on distingue six variantes de PROMETHEE.

Tableau II.2 Tableau comparatif des méthodes PROMETHEE. [24]

Méthodes	Caractéristiques
PROMETHEE I	pré-ordre partiel (préférence stricte, indifférence et in comparabilité).
PROMETHEE II	Pré- ordre complet (indifférence et préférence stricte).
PROMETHEE III	Un ordre d'intervalle.
PROMETHEE IV	L'ensemble des solutions admissibles est un continuum
PROMETHEE V	Choix multicritères avec contraintes de segmentation.

II.4.2. Méthode ELECTRE

II.4.2.1. Définition

Ces méthodes ont été développées par [ROY B. et al 1971]. Ils ont ainsi initialisés toute une série de méthodes, dites de surclassement basées sur des comparaisons d'actions deux à deux. Celles-ci demandent peu d'information pour pouvoir être implémentée, de plus cette information est facilement accessible au décideur, elle fournit donc des résultats solides. [24]

II.4.2.2. Concept de la méthode

Pour les méthodes ELECTRE, le surclassement de a sur b ($a S b$) (a et b sont deux alternatives) repose sur deux principes, en particulier, la concordance et la non-discordance. [27]

- **La concordance** : ce principe assure l'obligation qu'une majorité suffisante de critères, représentés par leurs poids, soient en faveur de l'affirmation $a \geq b$. L'importance de la coalition de critères qui sont en faveur de l'affirmation en question est représentée par un Indice de concordance

- **La non discordance** : après l'application de la condition de concordance, le principe de discordance fonctionne comme un veto dans une sélection. Ce principe assure le respect des minorités, où il ne faut pas qu'il y ait un critère qui s'oppose fortement au surclassement de a sur b . Cela signifie qu'il ne doit pas exister de critère où l'avantage de b sur a contredit fortement l'affirmation $a S b$. Dans ce principe, il existe un indice de non discordance. Celui-ci indique l'existence d'un critère émettant un veto sur l'affirmation. Nous discutons, par la suite, de la différence entre les différentes versions de la famille ELECTRE, notamment ELECTRE I, II, III, IV et TRI

- la méthode ELECTRE I :

La méthode ELECTRE I est développée pour traiter le problème du choix ($P\alpha$). Le but est d'obtenir comme résultat un choix ou une procédure de sélection selon un groupe de critères, précisément de vrais-critères, dont le pouvoir discriminant est caractérisé par la relation de préférence stricte ou d'indifférence (sans seuil). Pour atteindre cet objectif, la méthode ELECTRE I vise à sélectionner un sous-ensemble d'alternatives contenant les bonnes alternatives, y compris certainement le meilleur compromis cherché qui sera choisi par le décideur.

- la méthode ELECTRE IS :

Cette méthode est proposée par [Roy et Skalka, 1987] et inspirée de la méthode ELECTRE I. La différence entre les deux méthodes c'est que la méthode ELECTRE IS est adaptée au cas où les critères sont des pseudos critères, où le pouvoir discriminant est marqué par deux seuils : un seuil de préférence et un seuil d'indifférence. [27]

- la méthode ELECTRE II :

La méthode ELECTRE II vise à traiter le problème du rangement (P_γ). L'objectif est de ranger les alternatives potentielles de la meilleure à la moins bonne suivant un ensemble de vrais-critères. La différence de cette méthode par rapport à la méthode ELECTRE I est au niveau de l'existence de deux relations de surclassement : le surclassement fort et le surclassement faible.

- la méthode ELECTRE III :

De même, la méthode ELECTRE III est applicable au cas de résolution de la problématique du rangement (P_γ), dont l'objectif est d'avoir les alternatives potentielles rangées. Cette méthode est considérée comme une amélioration de la méthode ELECTRE II par l'ajout des pseudo-critères et la capacité d'accommoder des données imprécises, inexactes et, même, peu fiables. Elle est beaucoup plus sophistiquée par rapport à ELECTRE II et considérée trop compliquée et difficile à interpréter

- la méthode ELECTRE IV :

La méthode ELECTRE IV provient aussi de la problématique P_γ . Elle se base, comme ELECTRE IS et ELECTRE III, sur des pseudo-critères. Bien que, souvent, c'est difficile de définir les coefficients d'importance relative à chacun des critères, cette méthode n'introduit pas de pondération des critères. Cela ne néglige pas l'importance de chaque critère, mais implique que chaque critère ne soit pas négligé par rapport à un autre. Les hypothèses de surclassement, la concordance et la discordance dans cette méthode sont abandonnées.

- la méthode ELECTRE IV :

ELECTRE TRI vise à résoudre la problématique du tri (P_β). Le but est de trier les alternatives potentielles et de les affecter dans des différentes catégories. Ces dernières sont séparées par des alternatives de référence. Cette méthode permet le traitement d'un plus grand nombre d'alternatives, car la comparaison se fait entre les alternatives potentielles et les alternatives de référence. Deux grandes difficultés pour l'application d'ELECTRE TRI sont soulignées par, notamment : (1) la comparaison de chaque alternative avec les autres alternatives bornant les différentes catégories n'est pas toujours possible et (2) la définition des catégories, a priori, étant donné qu'elle est liée aux choix des alternatives de référence.

III.4.3. Méthode TOPSIS

II.4.3.1. Définition

La méthode TOPSIS (Technique for Order by Similarity to Ideal Solution) est une méthode de prise de décision multicritère développée par HWANG et YOON en 1981. Le concept de base de cette méthode est que, l'alternative choisie doit avoir la plus courte

distance à l'alternative idéale (la meilleure sur tous les critères), et la plus grande distance à l'alternative négative idéale (qui dégrade tous les critères). [24]

II.4.3.2. Concept de TOPSIS

Le concept de base de cette méthode est conçu de réduire le nombre de scénarios de désambiguïsation en écartant les scénarios dominés et de classer les scénarios efficaces selon leurs scores globaux calculés. Pour illustrer le fait que TOPSIS considère à la fois la distance à l'idéale et à l'anti idéale, il suffit d'examiner la figure si dessous :

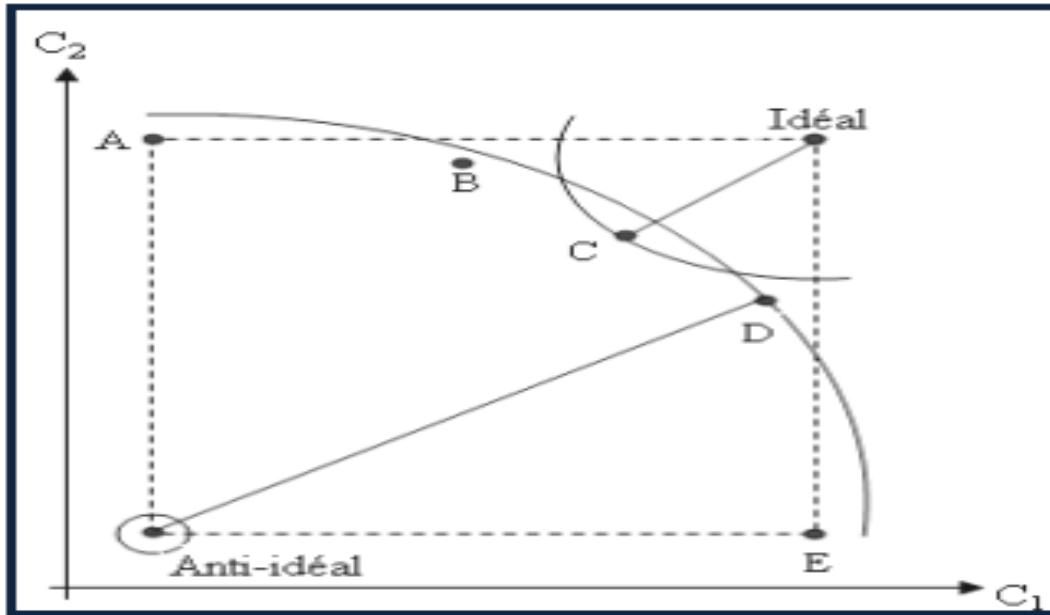


Figure II.5 : Illustration des distances à l'idéal et à l'anti-idéal [24]

Sur cette figure cinq alternatives A, B, C, D, E deux critères C1 et C2, et les points idéal et anti-idéal sont représentés. En utilisant la distance euclidienne habituelle avec des poids égaux, on constate que C'est le point le plus proche de l'idéal, alors que D est le plus éloigné de l'anti-idéal. TOPSIS résout ce dilemme du choix entre idéal et anti idéal en utilisant pour chaque alternative les distances pondérées à l'idéal et à l'anti idéal.

L'ordre de préférence des alternatives peut être obtenu des séries de comparaisons de ces distances relatives. Le critère dit de nature „entré“ ou „coût“ signifie que, les éléments qui ont les valeurs minimales sont préférés. Le critère dit de nature „sortie“ ou „bénéfice“ signifie que, les éléments qui ont les valeurs maximales sont préférés. Un critère est nommé „objectif“ lorsqu'on peut assigner des valeurs numériques pour l'alternative considérée. Un critère est dit „subjectif“ lorsqu'on ne peut pas quantifier par des valeurs numériques. Les étapes de la méthode TOPSIS sont comme suit :

-Etape 1: Normaliser les performances

$$\hat{E} = \frac{g_i(a_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m [g_i(a_i)]^2}}$$

Avec : i (les actions) =1, 2,..... m ;

j (les critères) =1, 2,..... n ;

$g_i(a_i)$ Correspondent aux valeurs déterministes des actions i pour le critère j.

- **Etape 2** : Calculer le produit des performances normalisées par les coefficients d'importance relative des attributs :

$$e''_{ij} = \pi_j \times e'_{ij}$$

Avec : π_j est le poids de $j^{\text{ième}}$ critère

-**Etape 3** : Déterminer les profils idéal (a^*) et anti-idéal (a_*).

$$a^* = \{ \max_i e''_{ij}, i = 1, 2, \dots, m \text{ et } j = 1, 2, \dots, n \};$$

$$a^* = \{ e_j^*, j = 1, 2, \dots, n \} = \{ e_{1}^*, e_{2}^*, \dots, e_{n}^* \};$$

$$e_j^* = \max_i \{ e''_{ij} \}.$$

$$a_* = \{ \min_i e''_{ij}, i = 1, 2, \dots, m \text{ et } j = 1, 2, \dots, n \};$$

$$a_* = \{ e_{j^*}, j = 1, 2, \dots, n \} = \{ e_{1^*}, e_{2^*}, \dots, e_{n^*} \};$$

$$e_{j^*} = \min_i \{ e''_{ij} \}.$$

-**Etape 4** : Calculer la distance euclidienne par rapport aux profils (a^*) et (a_*).

$$a^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (e''_{ij} - e_j^*)^2},$$

$$a_* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (e''_{ij} - e_{j^*})^2},$$

-**Etape 5**: Calculer un coefficient de mesure du rapprochement au profil idéal.

$$C_i^* = \frac{D_i^*}{D_i^* + D_{i^*}}$$

$$\forall: 0 \leq c_i^* \leq 1$$

-**Etape 6**: Ranger les actions en fonction des valeurs décroissantes de C_i^* .

II.4.4. Méthode GP

II.4.4.1. Définition

Le Goal Programming développée par, compte parmi les modèles de la programmation mathématique à objectifs multiples les plus connus. Ce modèle permet de tenir compte simultanément de plusieurs objectifs dans une problématique de choix de l'action la plus satisfaisante, parmi un ensemble d'actions potentielles (ou l'ensemble des solutions admissibles). [24]

II.4.4.2. Concept de la méthode

Ce modèle consiste à trouver une solution qui minimise les déviations par rapport aux buts fixés par le décideur pour chaque objectif. Ces déviations peuvent être positives, dans le cas du dépassement du but, ou négatives, dans le cas contraire. De plus, le décideur peut attribuer une importance relative Aux différents types de déviations (écarts). La procédure d'agrégation des degrés d'atteinte de ces divers objectifs conflictuels, auxquels sont rattachées des unités de mesure de nature généralement différente, soulève quelques difficultés La formulation du modèle standard du Goal Programming est comme suit :

$$\text{Min}_{x \in A} \sum_{i=1}^p (\delta_i^+ + \delta_i^-)$$

Sujet à : $C_1(x) \leq 0, l = 1, 2, \dots, L$

$$g_i(x) - \delta_i^+ + \delta_i^- = b_{i,j} = 1, 2, \dots, n$$

$$\delta_i^+, \delta_i^- \geq 0$$

Avec δ_i^+ : L'écart positif de par rapport au but.

δ_i^- : L'écart négatif de par rapport au but.

$g_i(x)$: L'évaluation de la solution x par rapport au critère i .

$C_1(x)$: Système de contraintes relatives au problème.

Le produit des écarts positifs et négatifs ($\delta_i^+ \times \delta_i^-$) est toujours nul, car les vecteurs δ_i^+ et δ_i^- ne peuvent être actifs (c'est-à-dire une solution de base) simultanément. En d'autres termes, pour un objectif i quelconque, nous ne pouvons être en même temps en dessous δ_i^- et on dessus δ_i^+ du but fixé g_i

Dans le Goal Programming standard, le décideur est principalement appelé à fixer des buts pour les objectifs qu'il a préalablement déterminés. Son implication dans le processus décisionnel s'arrête en général à ce stade. Le modèle du Goal Programming a connu plusieurs variantes. A titre d'indications, nous citons : le GP pondéré, le GP

lexicographique, le GP minimax, le GP non linéaire, le GP incluant des fonctions de satisfaction, le GP avec intervalles, le GP flou, le GP interactif

II.4.5. Méthode DEA

II.4.5.1. Définition : La méthode DEA a été développée par Charnes et al. (1978, 1981) Pour évaluer l'efficacité d'un programme fédéral américain d'allocation de ressources aux écoles (« Programme Follow Through »). L'utilisation de la méthode DEA s'est ensuite généralisée dans les autres organisations publiques (hôpitaux, EMS, services sociaux, offices de chômage, usines électriques, unités de police, corps de l'armée, usines de traitement des déchets, entreprises de transports publics, entreprises forestières, bibliothèques, musées, théâtres, etc.) et dans le secteur privé (banques, assurances, commerces de détail, etc.). [26]

II.4.5.2. Concept de la méthode

La méthode DEA permet d'évaluer la performance des organisations (appelées decision-making units –DMUs–) qui transforment des ressources (inputs) en prestations (outputs). Elle est adaptée tant aux entreprises du secteur privé qu'aux organisations du secteur public. Elle peut également être appliquée à des entités comme des villes, des régions, des pays, etc.

Le score d'efficacité de chaque organisation est calculé par rapport à une frontière d'efficacité. Les organisations qui se situent sur la frontière ont un score de 1 (ou 100%). Les organisations qui sont localisées sous la frontière ont un score inférieur à 1 (ou 100%) et disposent par conséquent d'une marge d'amélioration de leur performance. Relevons qu'aucune organisation ne peut se situer au-dessus de la frontière d'efficacité car il n'est pas possible d'obtenir un score supérieur à 100%. Les organisations situées sur la frontière servent de pairs (ou de *benchmarks*) aux organisations inefficaces. Ces pairs sont associés aux *best practice* observables. La méthode DEA est par conséquent une technique de *benchmarking*.

Deux modèles de base sont utilisés en DEA, aboutissant chacun à l'identification d'une frontière d'efficacité différente.

- Le premier modèle fait l'hypothèse que les organisations évoluent dans une situation de rendements d'échelle constants (modèle *constant returns to scale* – CRS–). Il est approprié lorsque toutes les organisations ont atteint leur taille optimale. Relevons que l'hypothèse de ce modèle est (très) ambitieuse. Pour opérer à leur taille optimale, les organisations doivent évoluer dans un environnement de concurrence parfaite, ce qui est rarement le cas. Le modèle CRS calcule un score d'efficacité appelé *constant returns to scale technical efficiency* (CRSTE).
- Le second modèle fait l'hypothèse que les organisations évoluent dans une situation de rendements d'échelle variables (modèle *variable returns to scale* –

VRS-). Il est approprié lorsque les organisations n'opèrent pas à leur taille optimale. Cette hypothèse est privilégiée dans les cas de concurrence imparfaite ou de marchés régulés. Le modèle VRS calcule un score d'efficacité appelé *variable returns to scale technical efficiency* (VRSTE).

La comparaison entre les deux modèles permet d'identifier les sources d'inefficacité. L'efficacité technique sous hypothèse de rendements d'échelle constants (*constant returns to scale technical efficiency*) correspond à la mesure globale de la performance d'une organisation. Elle est composée d'une mesure d'efficacité technique pure (soit l'efficacité technique sous hypothèse de rendements d'échelle variables ou *variable returns to scale technical efficiency*) et d'une mesure d'efficacité d'échelle (*scale efficiency* –SE–).

Un modèle DEA peut être orienté vers les *inputs* ou vers les *outputs* :

- ✓ Dans une orientation *input*, le modèle DEA minimise les *inputs* pour un niveau donné d'*outputs*; autrement dit, il indique de combien une organisation peut réduire ses *inputs* tout en produisant le même niveau d'*outputs*.
- ✓ Dans une orientation *output*, le modèle DEA maximise les *outputs* pour un niveau donné d'*inputs*. Autrement dit, il indique de combien une organisation peut augmenter ses *outputs* avec le même niveau d'*inputs*.

La frontière d'efficacité est différente selon un modèle CRS ou VRS. Cependant, à l'intérieur de chacun de ces modèles, la frontière ne sera pas affectée par une orientation *input* ou *output*. A titre d'illustration, la frontière d'efficacité d'un modèle VRS sera exactement la même avec une orientation *input* ou *output*. Les organisations situées sur la frontière dans le cas d'une orientation *input* seront également situées sur la frontière dans le cas d'une orientation *output*.

Dans un modèle CRS, les scores d'efficacité technique sont les mêmes selon une orientation *input* ou *output*. Mais ces scores sont différents selon l'orientation retenue dans un modèle VRS. Relèvent cependant que, dans de nombreuses situations, le choix de l'orientation du modèle (*input* ou *output*) n'impactera les scores d'efficacité technique que de manière mineure dans un modèle VRS

II.4.6. Méthode MAUT

II.4.6.1. Définition

La méthode MAUT développée par KEENEY et RAIFA en 1976 peut être utilisée pour résoudre les problèmes de choix ou de rangement multicritère sur un ensemble d'actions. Elle construit une fonction d'utilité à partir d'un pré ordre défini par l'utilisateur sur un sous ensemble d'actions de référence. La procédure, basée sur un principe de régression ordinale, consiste à résoudre un programme linéaire. L'utilisateur peut modifier d'une façon interactive les fonctions d'utilité dans les limites fournies par une analyse de

sensibilité du problème de régression ordinale. Pour effectuer ces modifications, l'utilisateur est aidé par une interface graphique très conviviale. La fonction d'utilité acceptée par l'utilisateur sert alors à définir un pré ordre sur l'ensemble des actions. [19]

II.4.6.2. Concept de la méthode

MAUT est convenable pour incorporer des préférences des risques d'incertitudes dans les problèmes de décisions multicritères à partir d'une manière conséquente. La méthode MAUT repose sur la même idée que la méthode MAVT. En revanche, elle s'applique dans le cas où les évaluations des actions par rapport aux attributs sont imprégnées d'incertitude (aléatoire). L'idée est assez simple, le décideur doit associer une utilité à chacune des actions considérées.

Pour ce faire, il va considérer séparément ces critères, et observer quelle utilité dégage chaque critère pour l'action considérée. En effet, l'utilité $V_A(x_1, x_2, \dots, x_n)$ associée à l'action, A évaluée sur les critères 1, 2, ... peut se décomposer sous la forme : $V_A(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n v(x_i)$, $v(x_i)$ étant l'utilité générée au vu du critère i, si l'action considérée à la performance x_i , à condition que les critères considérés soient indépendant

II.4.7. Méthode AHP

II.4.7.1. Définition

La méthode *AHP* (*Analytic Hierarchy Process*) a été introduite par Saaty en 1980 [Saa80]. Cette méthode tient son avantage de sa similitude au mécanisme de décision de l'être humain, à savoir décomposition, jugement et synthèse. Elle se distingue notamment par sa capacité à gérer différentes classes de critères, à savoir les critères qualitatifs et quantitatifs. De nos jours, elle est très utilisée dans des domaines variés, incluant l'économie, l'écologie, l'industrie, etc. [18]

II.4.7.2. Concept de la méthode

La méthode AHP opère en cinq phases principales :

1. Décomposition hiérarchique du problème de décision initiale : le premier niveau étant l'objectif global du problème, le dernier niveau est formé par les différentes alternatives (actions) offertes au décideur et les niveaux intermédiaires sont occupés par des sous-critères dérivés des critères des niveaux supérieurs.

2. Construction des matrices de comparaison deux à deux : dans cette phase, les sous-critères de chaque niveau, ou alors les alternatives du dernier niveau, sont comparés deux à deux en fonction de leur importance vis-à-vis de l'objectif englobant situé dans le niveau supérieur. Pour ce faire, la méthode AHP utilise un système de comparaison

comportant une échelle allant de 1 (importance égale de deux critères) à 9 (un critère est absolument plus important qu'un autre), selon l'importance des sous critères vis-à-vis du critère englobant. Bien évidemment, c'est le décideur qui se charge de cette phase.

3. Établissement des priorités : les priorités de chaque niveau intermédiaire sont représentées par des poids. Elles sont obtenues à partir des principaux vecteurs propres des matrices formées dans la phase 2. Pour ce faire, les valeurs des composantes des principaux vecteurs propres de chaque matrice de comparaison deux à deux sont normalisées à 1. Une valeur proche de 1 signifie que l'élément correspondant est plus prioritaire vis-à-vis du critère englobant.

4. Synthèse des priorités : les priorités finales sont calculées de proche en proche en agrégeant par une somme pondérée les priorités du niveau courant, pondérées par les priorités du niveau supérieur.

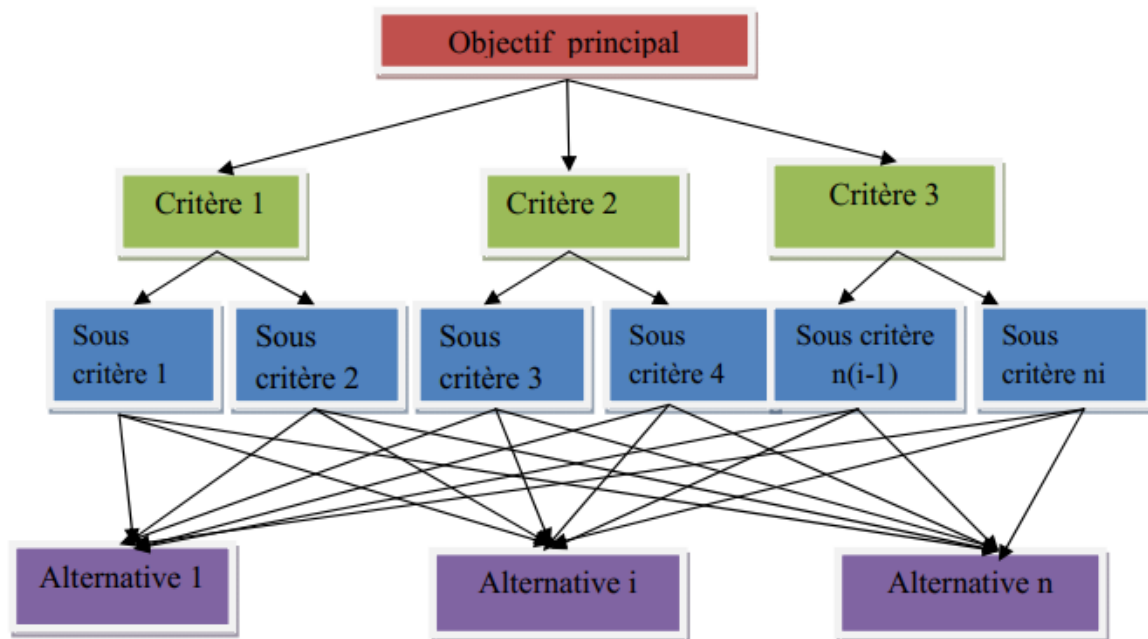


Figure II.6 : Structure hiérarchique d'un problème de décision vu par la méthode AHP [21]

5. Cohérence des jugements : la méthode AHP introduit un paramètre spécial, appelé "ratio de cohérence", qui est utilisé pour mesurer la cohérence des jugements du décideur (notamment dans la phase de comparaison mutuelle des éléments). En résumé, le ratio de cohérence peut être défini comme la probabilité qu'une matrice de comparaison deux à deux soit complétée aléatoirement.

II.4.8. Méthode ANP

II.4.8.1. Définition

Analytic Network Process (ANP) a été développé par SAATY Thomas. C'est une variante de la méthode AHP et qui permet de représenter non plus le problème sous forme hiérarchique mais sous la forme d'un réseau avec différents groupes qui peuvent être liés.[2]

Le processus de réseau analytique (ANP) est une généralisation de la méthode analytique. Processus de hiérarchie (AHP), en considérant la dépendance entre les éléments de la hiérarchie. De nombreux problèmes de décision ne peuvent pas être structurés hiérarchiquement car ils impliquent l'interaction et la dépendance d'éléments de plus haut niveau dans une hiérarchie sur des éléments de niveau inférieur. Par conséquent, ANP est représenté par un réseau plutôt que par un réseau. Hiérarchie. [7]

II.4.8.2. Concept de la méthode

Le concept de la méthode ANP se base sur un couplage de deux les pièces. La première consiste en une hiérarchie de contrôle ou réseau de critères et sous-critères contrôlant les interactions dans le système étudié. La seconde est un réseau d'influences parmi les éléments et groupes. Le réseau varie d'un critère à l'autre et une supermatrice d'influence limitant est calculée pour chaque critère de contrôle. Enfin, chacune de ces supermatrices est pondérée par la priorité de ses critères de contrôle et les résultats sont synthétisés par addition pour tous les critères de contrôle.

La super matrice de la méthode ANP est présentée comme suit :

$$W_{ij} = \begin{bmatrix} w_{i1}^{(j1)} & w_{i1}^{(j2)} & \dots & w_{i1}^{(jn_j)} \\ w_{i2}^{(j1)} & w_{i2}^{(j2)} & \dots & w_{i2}^{(jn_j)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{in_i}^{(j1)} & w_{in_i}^{(j2)} & \dots & w_{in_i}^{(jn_j)} \end{bmatrix}$$

En outre, un problème est souvent étudié à travers une hiérarchie de contrôle ou un système d'avantages, un second pour coûts, un tiers pour les opportunités et un quatrième pour les risques. Les résultats synthétisés des quatre systèmes de contrôle sont combinés en prenant le quotient des avantages multipliés par les opportunités par rapport aux coûts multipliés par les risques déterminer le meilleur résultat. D'autres formules peuvent parfois être utilisées pour combiner les résultats.

L'approche ANP comprend quatre étapes [22].

Étape 1 : Construction du modèle et structuration du problème : Le problème doit être clairement énoncé et décomposé en un système rationnel comme un réseau

Étape 2: Comparaisons par paires et vecteurs de priorité: dans ANP, comme dans AHP, des paires d'éléments de décision dans chaque cluster sont comparés en fonction de leur importance par rapport à leurs critères de contrôle. En outre, les interdépendances entre les critères d'une grappe doivent également être examinées deux à deux ; l'influence de chaque élément sur d'autres éléments peut être représentée par un vecteur propre. Les valeurs d'importance relative sont déterminées avec l'échelle de Saaty.

Étape 3: Formation de supermatrix: Le concept de supermatrix est similaire au processus de chaîne de Markov. Pour obtenir global priorités dans un système aux influences interdépendantes, les vecteurs de priorité locaux sont entrés dans le répertoire approprié. Colonne d'une matrice. En conséquence, une supermatrix est en fait une matrice partitionnée, où chaque segment de matrice représente une relation entre deux clusters dans un système.

Étape 4 : Synthèse des priorités des critères et des alternatives et sélection des meilleures alternatives : La priorité les poids des critères et des alternatives peuvent être trouvés dans le supermatrix normalisé.

II.5. Critiques des méthodes d'aide à la décision multicritères

Les méthodes d'aide à la décision multicritère constituent chacune des avantages et des inconvénients dans leurs applications et différer selon le besoin d'utilisation, cependant elles permettent tout d'aider le décideur à faire un choix judicieux et une meilleure sélection.

II.5.1. Avantages et inconvénients des méthodes d'aide à la décision multicritère

Tableau II.3 : Les avantages et les inconvénients des méthodes d'aide à la décision [6 ; 27 ; 24]

Méthodes		Avantages	Inconvénients
	PROMETHEE I	•La méthode PROMETHEE I construit une relation de surclassement évaluée traduisant une intensité de préférence.	•L'indifférence est en pratique très rare vu les nombreux calculs pour obtenir les flux

PROMETHEE	PROMETHEE II	<ul style="list-style-type: none"> •La méthode PROMETHEE II construit un pré-ordre total excluant l'incomparabilité et réduisant fortement l'indifférence 	<ul style="list-style-type: none"> •La méthode PROMETHEE II apparaît clairement comme une méthode d'utilité, les comparaisons 2 à 2 ne servant qu'à masquer le calcul du score final $\Phi(a)$ de chaque action
	PROMETHEE III	<ul style="list-style-type: none"> •La méthode PROMETHEE III introduit des seuils d'indifférence sur les flux, ce qui minimise les nombreux calculs pour l'obtention de ces flux 	<ul style="list-style-type: none"> •Dans cette méthode les seuils d'indifférences n'ayant pas d'interprétation concrète pour le décideur, ils font l'objet de calculs statistiques qui rendent la méthode moins "accessible"
	PROMETHEE IV	<ul style="list-style-type: none"> •La méthode PROMETHEE IV a un intérêt plutôt théorique et concerne des ensembles infinis d'actions 	<ul style="list-style-type: none"> •La méthode nécessite le calcul d'intégrales au lieu de sommes
	ELECTRE I	<ul style="list-style-type: none"> •La méthode ELECTRE I est utilisée pour des problématiques de sélection. •Elle introduit la notion de noyau qui permet de restreindre le domaine de l'étude pour s'intéresser uniquement aux meilleures actions. 	<ul style="list-style-type: none"> •Elle exige de traduire les performances des actions en notes, ce qui suscite une gêne chez certains utilisateurs qui y voient une perte de maîtrise de leurs données

ELECTRE	ELECTRE II	<ul style="list-style-type: none"> • La méthode ELECTRE II relève des problématiques de classement. • Elle vise à classer les actions depuis les meilleurs jusqu'aux moins bonnes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Il est difficile de déterminer le pré-ordre partiel P car les rangs des actions bougent beaucoup entre le classement direct et le classement inverse. • Elle exige des évaluations cardinales et une articulation a priori des préférences.
	ELECTRE III	<ul style="list-style-type: none"> • La méthode ELECTRE III relève des problématiques de classement. Le but est de classer les actions des meilleures aux moins bonnes. • L'originalité de cette méthode est d'admettre une part de flou dans les choix du décideur, et l'introduction d'un seuil veto 	<ul style="list-style-type: none"> • Elle exige un grand nombre de paramètres techniques. • Elle est jugée trop complexe et parfois difficile à interpréter.
	ELECTRE IV	<ul style="list-style-type: none"> • La méthode ELECTRE IV relève des problématiques de classement • Elle associe à chaque critère des seuils de préférences, mais l'originalité réside dans le fait de supprimer la pondération attachée à chaque critère 	<ul style="list-style-type: none"> • Elle exige un grand nombre de paramètres techniques.

	<p>ELECTRE Is</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La méthode ELECTRE Is est utilisée pour des problématiques de sélection. • Elle introduit la notion de noyau qui permet de restreindre le domaine de l'étude pour s'intéresser uniquement aux meilleures actions 	<ul style="list-style-type: none"> • Elle exige de traduire les performances des actions, ce qui suscite une gêne chez certains utilisateurs qui y voient une perte de maîtrise de leurs données
	<p>ELECTRE TRI</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Relève des problématiques d'affectation. • Le but est de classer les actions qui seront proposées au décideur dans une des catégories prédéfinies 	<ul style="list-style-type: none"> • Elle exige un grand nombre de paramètres techniques

Tableau II.4 : Les avantages et les inconvénients des méthodes d'aide à décision (suite et fin)

Méthodes	Avantages	Inconvénients
<p>MAUT</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La méthode MAUT permet les évaluations des actions par rapport aux attributs qui sont imprégnés d'incertitude (aléatoire). 	<ul style="list-style-type: none"> • C'est une procédure très exigeante de point de vue informationnel. Par ailleurs, la construction des fonctions de valeur n'est pas toujours une tâche évidente. • La construction de la fonction analytique V est une tâche ardue. • L'exploitation de la forme additive n'est possible que sous des hypothèses très restrictives du point de vue théorique

<p>AHP</p>	<ul style="list-style-type: none"> •la méthode AHP permet la modélisation du problème de décision par une structure hiérarchique. •Elle utilise une échelle sémantique pour exprimer les préférences du décideur. 	<ul style="list-style-type: none"> •Un grand nombre d'éléments dans le problème de décision fait exploser le nombre de comparaisons par paires. •Le problème de renversement de rang (deux actions peuvent voir leur ordre de priorité s'inverser suite à une modification (ajout ou suppression d'une ou de plusieurs actions) de l'ensemble des actions. •L'association d'une échelle numérique à l'échelle sémantique est restrictive et introduit des biais
<p>ANP</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Elle permet de représenter non plus le problème sous forme hiérarchique mais sous la forme d'un réseau avec différents groupes qui peuvent être liés 	<ul style="list-style-type: none"> • Cette méthode est un outil indispensable pour parvenir à un résultat concis prenant en compte tous les aspects du problème, cependant elle n'est pas parfaite sur tous les points.
<p>TOPSIS</p>	<ul style="list-style-type: none"> •L'apport de la méthode TOPSIS est l'introduction des notions d'idéal et d'anti-idéal. • Elle est facile à appliquer. 	<ul style="list-style-type: none"> •Les attributs doivent être de nature cardinale, les préférences sont fixées a priori. •Si toutes les actions sont mauvaises, la méthode propose la meilleure action parmi les mauvaises
<p>DEA</p>	<p>L'une des possibilités de tenir compte des caractères multidimensionnels de l'éducation en utilisant plusieurs inputs et outputs</p>	<p>Montre que la performance altérée en présence d'erreur de mesure. Les scores d'efficience obtenue sont sensibles à la sélection préalable des outputs et inputs</p>

<p style="text-align: center;">Goal Programming</p>	<ul style="list-style-type: none">•Le Goal Programming a l'avantage d'aborder les problèmes sous l'angle de satisfaction d'objectifs.•Le Goal Programming s'avère utile pour modéliser des problèmes qui n'ont pas de solution optimale.•un modèle Goal Programming qui permet de choisir l'action qui se rapproche le plus de ces souhaits	<ul style="list-style-type: none">•Le Goal Programming dans sa forme standard peut générer des solutions non « performantes » dans le cas où les objectifs sur les critères sont fixés de façon pessimiste.
--	---	---

II.6. Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons passé en revue l'aide à la décision multicritère. Nous avons défini la décision multicritère et leurs principales méthodes d'aide à la décision multicritère. Et Nous avons souligné les principaux avantages et inconvénients de chaque méthode

Chapitre III :
*le renouvellement des conduites
d'AEP par la méthode
PROMETHEE-Rank sum weight*

III.1. Introduction

Dans ce chapitre, on va présenter et proposer une méthodologie qui à pour but la priorisation et le classement global afin de le renouveler dans le temps toutes les conduites d'un réseau de distribution d'eau potable. Cette méthodologie nécessite la collecte des caractéristiques du réseau et l'identification des critères, par la suite on va choisir la méthode qui permet de calculer le poids des critères et la méthode la plus adéquate à la problématique de préférence et de classement globale des tronçons

III.2. Caractéristiques des tronçons

L'identification des caractéristiques des tronçons a nécessité la collaboration des gestionnaires des services d'eau potable de la ville de Jijel. Cette étape a nécessité beaucoup de temps. Elle est particulièrement très difficile et longue. Elle est d'un intérêt crucial afin d'identifier des critères admis et acceptés par tous

III.3. Identification des critères

Un critère par sa propre définition est une fonction définie sur l'ensemble des actions représentant les préférences de l'utilisateur selon son point de vue.

Les critères pouvant évalué le niveau d'urgence sont nombreux et complexes. Pour cela le programme de gestion et de renouvellement d'un réseau d'eau potable elle reposer sur nombreux facteurs rentrent en ligne de compte : la qualité de l'eau, l'environnement de la conduite, l'impact économique sur le gestionnaire en cas de renouvellement, le coût de maintenances en service. Pour notre cas d'étude nous avons choisirent les critères qui sont par la suite :

Critère 1 : C1.Longueur LONG (m) : le critère C1 est basé sur le renouvellement des tronçons ayant une plus grande longueur.

Critère 2 : C2.Profondeur de pose PDP (m) :

La pose des conduites est une étape cruciale pour assurer le maintien du bon état des canalisations. La profondeur de pose est on fonction du diamètre de la conduite mais doit surtout pallié aux d'écrasements a exercées sur le sol, Des valeurs minimales de l'ordre de $(0,8m)$ sont recommandées afin de réduire les facteurs pouvant dégrader les conduites. Ainsi, une conduite posée à une profondeur adéquate n'est pas endommagée par les chocs liés au trafic en cas de mauvais état de la voirie, les vibrations des véhicules induisent un phénomène dit d'ovalisation qui diminue la résistance mécanique et augmente les pertes de charge. Il faut donc s'en prémunir.

Le critère C2 est basé sur la profondeur de pose de la conduite : **PDP (m)**

Critère 3 : C3. Type de matériau MAT : le choix du type du matériau doit tenir compte de plusieurs caractéristiques, comme la qualité et la nature de l'eau, l'environnement de la conduite, le régime hydraulique, la configuration du réseau, ... etc.

Le critère C3 est basé sur type du matériau de la conduite : **(MAT)**

- ✓ **Polyéthylène haute densité. (PEHD) = 1**
- ✓ **Galvanisé. (GV) = 2**
- ✓ **Polychlorure de vinyle. (PVC) = 3**
- ✓ **Acier. (A) = 4**

Critère 4 : C4. Age de la conduite AGE (ans)

Les conduites les plus âgées sont les plus sensibles à la détérioration. Le critère C4 est basé sur le renouvellement des tronçons les plus âgés.

Critère 5 : C5. Emplacement des conduits EMDC

La position de conduites caractérise leur emplacement par rapport à l'occupation des sols. Évidemment les conduites qui se trouvent sous les chaussées vont avoir un poids plus grand par rapport à celles se trouvent sous un espace vert, puisque les travaux sur celle-ci vont engendrer des frais plus importants et provoquer une gêne négligeable. Ce critère est basé sur l'emplacement des conduits **EMDC** :

- ✓ **Espace vertes. = 1**
- ✓ **Trottoirs. = 2**
- ✓ **Routes = 3**

Critère 6 : C6. Investissement INV (DA)

C'est le montant d'argent dépensé par le gestionnaire pour le renouvellement des conduites d'alimentation en eau potable dans une commune ; cela doit être minimisé pour éviter un gros investissement dans la même commune.

Ce critère est calculé en fonction du montant en dinars par longueur de conduite **INV**.

Critère 7 : C7. Diamètre de la conduite DIA (mm)

Les conduites ayant un plus grand diamètre sont les plus susceptibles d'avoir des taux élevés de détérioration. Parce qu'elles ont plus de surface exposée aux eaux.

Le critère C7 est basé sur le renouvellement des tronçons ayant un plus grand diamètre.

Critère 8 : C8. Présence d'un autre réseau urbain PRURB

La présence d'un autre réseau urbain en parallèle avec le réseau d'alimentation en eau potable, peut provoquer des problèmes et perturber le fonctionnement de ce dernier.

Par exemple une grosse fuite ou une rupture à côté d'un réseau d'assainissement peut perturber le bon fonctionnement de réseau et surtout avoir un grand impact sur la qualité de l'eau transportée, ce critère est basé sur la présence d'un autre réseau urbain en parallèle avec le réseau d'alimentation en eau potable **PRURB**.

- ✓ **Absence de réseau URB = 1**
- ✓ **Présence de réseau URB = 2**

Critère 9 : C9. La zone de développement ZDDV

Les canalisations traversant les zones industrielles prioritaires en cas d'un renouvellement face à celle se trouvent dans les zones d'habitant, puisque les canalisations traversant les zones industrielles vont un grand risque de la dégradation des conduits et de la qualité d'eau aux différents rejets. Ce critère est basé sur la zone de développement de réseau d'alimentation en eau potable ZDDV.

- ✓ **ZDDV : zones d'habitation = 1**
- ✓ **ZDDV : zones industrielles = 2**

Critère 10 : C10. Technique de réhabilitation : les techniques de réhabilitation existantes sont nombreuses. Pour la plupart, elles sont spécifiques à un problème donné et à l'objectif visé. Le critère C10 est basé sur l'utilisation de la technique de réhabilitation qui nécessite peu de moyens dans la réhabilitation des tronçons.

- ✓ **Renouvellement = 1**
- ✓ **Maintenance = 2**

Critère 11 : C11. Rupture : elle est due à l'action combinée de la corrosion sur la conduite et du mouvement de sol (vibration, séisme, travaux divers). Une rupture peut entraîner une intervention sur le réseau de plusieurs heures, pendant laquelle les abonnés sont éventuellement privés d'eau ou bien subissent une chute de pression. (Eisenbeis These 1994)

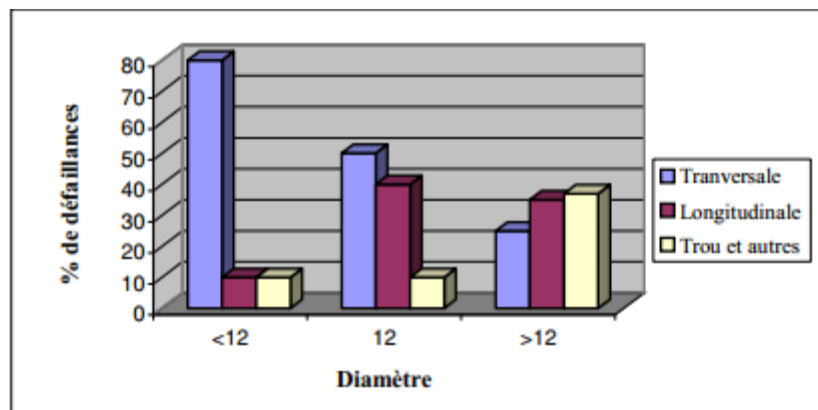


Figure III.1 : Fréquence du type de ruptures en fonction du diamètre [15]

Le critère C11 est basé sur le traitement de la rupture. C'est-à-dire traiter la rupture s'il Ya Lieu :

- ✓ **Pas de rupture = 1**
- ✓ **Rupture=2**

Critère 12 : C12. La plainte des clients et les gênes causées :

En cas de défaillance des canalisations d'eau potable, les usagers subissent différents types de gênes, à savoir des problèmes de santé publique, la désorganisation de la circulation et le désordre dans la vie courante, ... etc. Ce qui engendre des réclamations.

Le critère C12 est basé sur le renouvellement des tronçons ayant des réclamations :

- ✓ **Pas de réclamations =1**
- ✓ **Réclamation=2**

III.3.1. Poids des critères

Les poids des critères sont des données essentielles qui reflètent les exigences ou priorités du décideur. Ils traduisent l'importance relative des critères et sont définis indépendamment des échelles de mesure. Le meilleur critère est celui qui a le poids le plus élevé et la normalisation des poids se fait de telle sorte que leur somme soit égale à 1. [25]

Il existe dans la littérature plusieurs méthodes de calcul du poids. Exemples : la méthode d'analyse de jugement, la méthode des valeurs attendues, l'arbre de pondération, AHP, ... etc Dans notre cas on va utiliser la méthode Rank Sum weight pour le calcul du poids des différents critères.

III.3.2. Calcul du poids par méthode Rank Sum weight

Dans la procédure méthode sum (RS), les poids, sont les rangs individuels normalisés par divisant par la somme des rangs. La formule produisant les poids est la suivante. [16]

$$W_j(\text{RS}) = \frac{n - r_j + 1}{\sum_{k=1}^n n - r_k + 1} = \frac{2(n+1 - r_j)}{n(n+1)}$$

Où :

r_j Est le rang du j ième critère, $j = 1, 2, \dots, n$

III.4. Description de la méthode PROMETHEE

Le principe de la méthode PROMETHEE consiste à établir un processus de comparaison numérique de chaque action par rapport à toutes les autres actions. Ainsi il est possible de calculer le plus (mérite) ou le moins (démérite) de chaque action par rapport à toutes les autres. Le résultat de cette comparaison permet le classement ordonné des actions. [19]

D'après Brans, les méthodes PROMETHEE appartiennent à la classe des méthodes de surclassement et reposent sur les trois étapes suivantes:

1- Enrichissement de la structure de préférence

Nous allons définir une nouvelle notion, celle de critère généralisé, qui sera définie à partir d'une fonction de préférence. Cette notion est introduite afin de tenir compte des amplitudes

Des écarts entre les évaluations sur les différents critères, et également afin d'éliminer tous les effets d'échelle liés aux unités dans lesquelles les critères sont exprimés.

2- Enrichissement de la relation de dominance

Une relation de la valeur de surclassement tenant compte de l'ensemble des critères est proposée et pour chaque paire d'actions, un degré de préférence globale d'une action sur l'autre sera établi.

3- Aide à la décision

La relation de surclassement est exploitée en vue d'éclairer le décideur. Prométhée I fournira un rangement partiel des actions, tandis que Prométhée II fournit un rangement total.

III.4.1. Matrice multicritère pour PROMETHEE

Soit $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ l'ensemble de n alternatives et $F = \{f_1, f_2, \dots, f_m\}$ l'ensemble des m critères. Les données de la matrice des m critères selon les n différentes alternatives avec un poids W_i pour chaque critère selon leur importance sont représentées sous la forme d'un tableau (III-1) contenant $n \times m$ évaluations. Chaque ligne correspond à une alternative et chaque colonne à un critère. [21]

Tableau III.1 : La matrice multicritère

	$f_1(\cdot)$	$f_2(\cdot)$...	$f_m(\cdot)$
a_1	$f_1(a_1)$	$f_2(a_1)$...	$f_m(a_1)$
a_2	$f_1(a_2)$	$f_2(a_2)$...	$f_m(a_2)$
...
a_n	$f_1(a_n)$	$f_2(a_n)$...	$f_m(a_n)$

III.4.2. Les fonctions de préférences

La comparaison entre toutes les alternatives pour chaque critère est présentée par la relation suivante :

$$d_m(a_i, a_j) = f_m(a_i) - f_m(a_j)$$

Avec, $d_m(a_i, a_j)$ est la différence entre les évaluations de deux alternatives pour le critère f_m . La fonction de préférence est introduite pour traduire la différence entre deux alternatives a_i et a_j pour chaque critère m à un degré préférence rangé entre 0 et 1

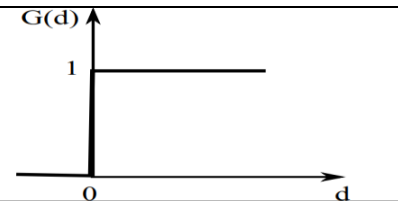
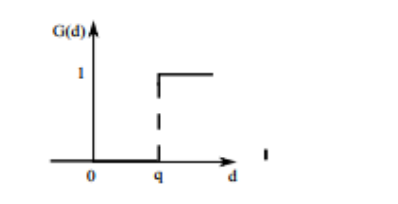
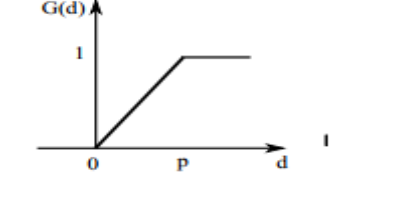
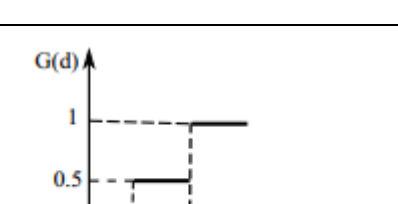
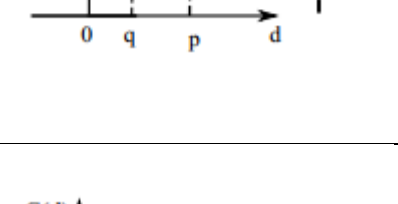
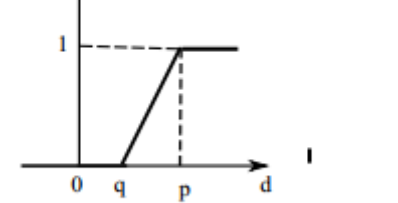
$$P_m(a_i, a_j) = F_i [C_i(a_i) - C_i(a_j)]$$

et $0 \leq P_i(a, b) \leq 1$

Avec, $P_m(a_i, a_j)$ la fonction de préférence, F_i est une fonction de préférence positive non décroissante.

Six différents types de fonction de préférence sont proposés dans la définition originale de PROMETHEE

Tableau III.2 : Différentes formes de critères dans la méthode PROMETHEE. [18]

Critère	expression analytique	représentation graphique
Critère usuel	$G(d) = \begin{cases} 0 & \text{si } x = 0 \\ 1 & \text{si } x \neq 0 \end{cases}$	
Quasi-Critère	$G(d) = \begin{cases} 0 & \text{si } 0 < x < q \\ 1 & \text{si } x > q \end{cases}$	
Critère à préférence linéaire	$G(d) = \begin{cases} \frac{x}{p} & \text{si } 0 \leq x \leq p \\ 1 & \text{si } x > p \end{cases}$	
Critère à niveaux	$G(d) = \begin{cases} 0 & \text{si } 0 \leq d \leq q \\ \frac{1}{2} & \text{si } q \leq d \leq p \\ 1 & \text{si } d > p \end{cases}$	
Critère linéaire et zone d'indifférence	$G(d) = \begin{cases} 0 & \text{si } 0 \leq d \leq q \\ \frac{d-q}{p-q} & \text{si } q \leq d \leq p \\ 1 & \text{si } d > p \end{cases}$	
Critère gaussien	$1 - \exp\left(-\frac{d^2}{2\mu^2}\right)$	

III.4.3. L'indice de préférence multicritère :

Lorsqu'une fonction de préférence a été associée à chaque critère par le décideur, l'indice de préférence est ensuite calculé pour comparer globalement chaque couple d'alternatives. Le degré de préférence est présenté par la relation suivante: [21]

$$\pi(\mathbf{a}, \mathbf{b}) = \sum_{i=1}^n P_i(\mathbf{a}, \mathbf{b}) W_i$$

Où, W_i représente le poids du critère F_m (l'importance du critère en pourcentage, proche de 1 si très important, proche de 0 si très peu significatif).

III.4.4. Le flux de surclassement:

Afin d'apprécier comment chaque action de \mathbf{A} se comporte face aux ($\mathbf{n} - 1$) autres actions, nous introduisons ici trois flux de surclassement: [19]

III.4.4.1. Le flux de surclassement sortant:

Considérons

$$\phi^+(\mathbf{a}) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(\mathbf{a}, \mathbf{x}),$$

Ce flux exprime le caractère surclassant de l'action \mathbf{a} face aux ($\mathbf{n} - 1$) autres actions, c'est-à-dire sa puissance. $\phi^+(\mathbf{a})$ est d'autant plus grand que \mathbf{a} surclasse fortement les autres actions.

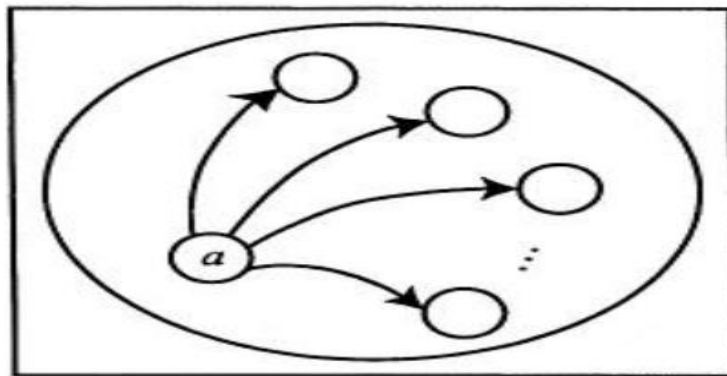


Figure III.2 : Flux de surclassement sortant [19]

III.4.4.2 Le flux de surclassement entrant:

Considérons

$$\phi^-(\mathbf{a}) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(\mathbf{x}, \mathbf{a}),$$

Ce flux exprime le caractère surclassé de l'action \mathbf{a} face aux ($\mathbf{n} - 1$) autres actions, c'est-à-dire sa faiblesse. $\phi^-(\mathbf{a})$ est d'autant moins grand que \mathbf{a} est peu surclassé.

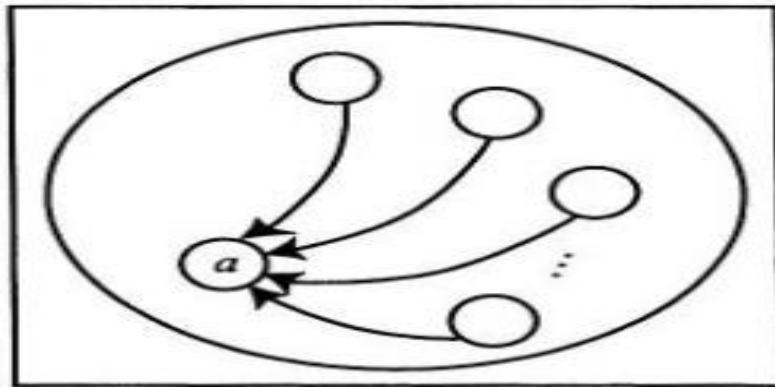


Figure III.3 : Flux de surclassement entrant [19]

III.4.4.3. Le flux de surclassement net:

Considérons

$$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a)$$

Le flux net exprime le bilan des flux entrant et sortant de l'action **a**. Plus $\Phi(a)$ est grand, l'action est meilleur.

III.4.5. Les classements PROMETHEE

III.4.5.1. PROMETHEE I

La méthode PROMETHEE I propose un pré-ordre partiel (permet l'incomparabilité) défini comme suit : [18]

- $x P x'$ si
 - $\Phi^+(x) > \Phi^+(x')$ et $\Phi^-(x) < \Phi^-(x')$
 - ou $\Phi^+(x) > \Phi^+(x')$ et $\Phi^-(x) = \Phi^-(x')$
 - ou $\Phi^+(x) = \Phi^+(x')$ et $\Phi^-(x) < \Phi^-(x')$
- $x I x'$ si $\Phi^+(x) = \Phi^+(x')$ et $\Phi^-(x) = \Phi^-(x')$
- $x R x'$ si non

Où les notations *P*, *I* et *R* signifient Préférence, Indifférence et Incomparabilité, respectivement.

III.4.5.2. PROMETHEE II

La méthode PROMETHEE II permet de construire un pré-ordre total (exclut l'incomparabilité et réduit considérablement l'indifférence) défini comme suit :

Soit : $\Phi(x) = \Phi^+(x) - \Phi^-(x)$

- $x P x'$ si $\Phi(x) > \Phi(x')$
- $x I x'$ si $\Phi(x) = \Phi(x')$

On remarque que la méthode PROMETHEE II se rapproche nettement des méthodes d'utilité, la mesure $\varphi(\mathbf{x})$ étant l'utilité accordée à l'action \mathbf{x} . Par contre, la méthode PROMETHEE I garde toujours sa filiation aux méthodes de surclassement, grâce aux flux entrant et sortant qui sont relativement similaires aux notions de concordance

III.4.6. GAIA Méthode

La méthode appelée analyse géométrique pour aide interactive (GAIA) peut être décrite en tant que ressource graphique pour l'analyse de tâches dans le prolongement de PROMETHEE catégorie de méthodes. La méthode GAIA est basée sur l'hypothèse que chaque variante est non caractérisé par des valeurs de critères, mais par le vecteur dit de flux mono-critères. [9]

$S_i (a_r), i = 1, 2, \dots, k$, définis comme suit:

$$S_i (a_r) = \frac{1}{p-1} \sum_{s=1}^p [p_i(a_r, a_s) - p_i(a_s, a_r)]$$

Chaque variante peut donc être représentée dans un espace vectoriel de dimension k par un R^k vecteur

$$q_r = [(S_1(a_r), S_2(a_r), \dots, S_k(a_r))]$$

Si le nombre de critères est $k = 2$, ce qui n'est pas une situation typique, toutes les variantes peut être affiché dans un plan. Sinon, la représentation doit être dans un espace d'une dimension supérieure.

III.4.6.1. PROMETHEE VI:

La méthode GAIA permet une classification des problèmes multicritères en problèmes aisés et difficiles, tout en laissant beaucoup de liberté au décideur. L'outil ainsi mis au point est appelé PROMETHEE VI. [19]

Dans le cas où le décideur est à même de fixer des valeurs précises des poids attribués aux critères, la longueur de l'axe de décision PROMETHEE (π) permet déjà d'apprécier le degré de difficulté du problème.

Dans beaucoup de cas, le décideur hésite à fixer des valeurs précises pour ces poids. Il est conscient de l'importance que les poids peuvent avoir sur le processus décisionnel. Dans PROMETHEE VI, il est proposé au décideur de fixer des intervalles dans lesquels les poids peuvent varier:

$$j=1, 2, \dots, k \quad w_j^- \leq w_j \leq w_j^+$$

Où w_j^- et w_j^+ sont des valeurs numériques fixées. De tels intervalles peuvent aussi être fixés à partir d'une valeur connue w_j en tolérant un pourcentage θ_j de variation autour de cette valeur:

$$j=1, 2, \dots, k \quad w_j \cdot \theta_j \neq w_j$$

En général, le décideur se sent ainsi beaucoup plus à l'aise. Il a la conviction que la véritable distribution de poids qu'il souhaite adopter, sans qu'il soit en mesure de la préciser, fait partie de l'espace de liberté qui lui est offert.

L'ensemble des vecteurs poids ainsi autorisés délimite, sur l'hyper sphère unité de R^k centrée à l'origine, un ensemble H dont la projection sur le plan GAIA est désigné par Δ . Il est signifié Δ le cerveau du décideur par rapport au problème multicritère. Δ traduit en effet les hésitations, l'espace de liberté que le décideur se donne avant de finaliser sa décision. Distinguons le cas où Δ contient l'origine du plan GAIA et le cas où il ne la contient pas.

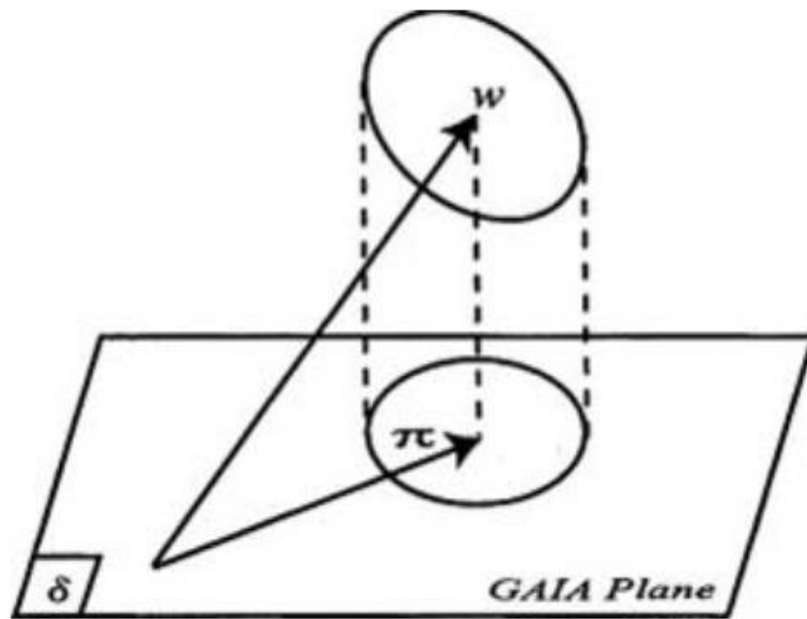


Figure III.4 : Ensembles H dans R^k et Δ dans le plan GAIA [19]

Problèmes multicritères aisés: si Δ ne contient pas l'origine, le vecteur π correspondant à toute répartition autorisée des poids est toujours orienté à peu près dans la même direction du plan GAIA. Les actions situées aussi loin que possible dans cette direction sont toujours de bonnes actions. Dans le cas d'une problématique de choix, il est alors facile de décider. Le problème multicritère est un problème aisé.

Problèmes multicritères difficiles: si Δ contient l'origine, le vecteur π peut être orienté dans toutes les directions du plan GAIA.

Des actions situées dans toutes les directions sont susceptibles d'être prises en compte à condition de retenir une répartition de poids appropriée. Le vecteur w est pratiquement orthogonal au plan GAIA. Il est alors très difficile de décider. Le problème multicritère nécessite souvent une analyse complémentaire. C'est également le cas, dans une moindre mesure, lorsque Δ est situé près de l'origine et inclut des directions quasiment opposées.

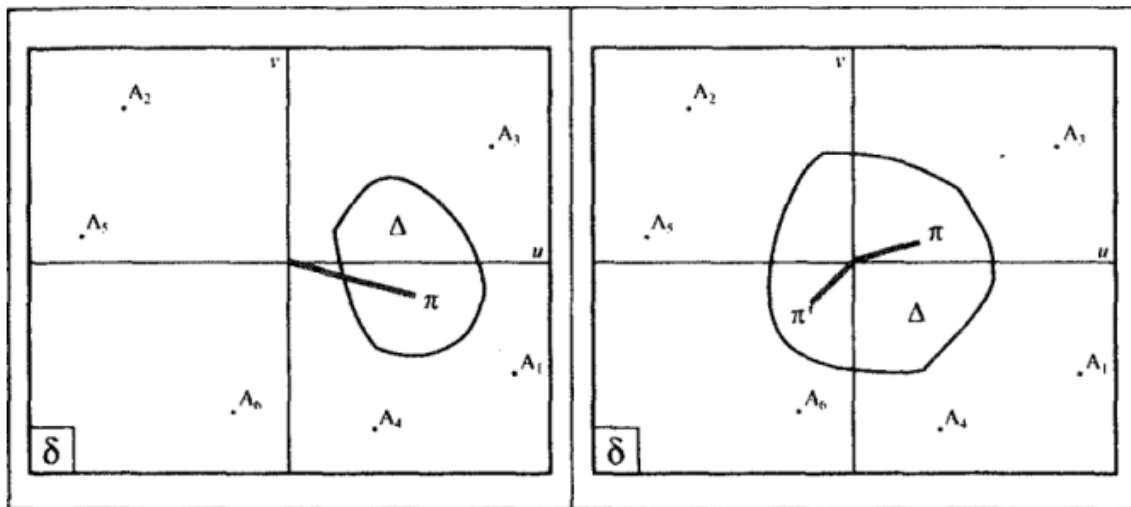


Figure III.5: Problèmes multicritères aisés et difficiles [19]

Le degré de difficulté d'un problème multicritère peut donc être apprécié par la procédure PROMETHEE VI en considérant la position de l'ensemble Δ par rapport à l'origine du plan GAIA. Cette information nous semble extrêmement utile pour le décideur.

III.4.6.2 Le plan GAIA: (Geometrical Analysis for Interactive Assistance)

Jean-Pierre Brans et Bertrand Mareschal en 1988 ont construit par analyse en composantes principales un plan dans lequel les actions de l'ensemble A sont représentés par des points. Le plan GAIA, il s'agit du complément descriptif de PROMETHEE. GAIA fournit une visualisation graphique extrêmement claire du problème de décision et du cerveau du décideur (c'est-à-dire l'information supplémentaire fournie par celui-ci). Les actions potentielles et les critères sont localisés dans le plan GAIA on déduit non seulement dans quelle mesure les actions sont bonnes ou mauvaises sur chacun des critères, mais aussi le caractère conflictuel de ces derniers. Un axe de décision met en évidence les actions privilégiées par un décideur particulier. Cet axe est relié à un véritable stick de décision qui permet le pilotage du processus de décision en fonction des poids de critère.

III.5. Conclusion :

Une méthodologie pour la priorisation de le renouvellement des conduites d'AEP a été développée en se basant sur un ensemble de critères. La phase de décision comporte le choix de la méthode de calcul du poids des critères ainsi que le choix de la méthode de préférence et de classement global des tronçons. Pour le calcul du poids on a choisi la méthode Rank Sum weight et Pour le calcul du classement on a choisi la famille PROMETHEE , car c'est la seule méthode qui permet D'effectuer un rangement complet de toutes les actions, et d'établir de façon décroissante un Ordre complet. Dans notre cas, la méthode PROMETHEE –Rank sum weight va permettre de classer le renouvellement des conduites du réseau d'eau potable des plus urgentes au moins urgentes.

Chapitre IV :
*Application de la méthodologie
dans le renouvellement de réseaux
d'AEP de la ville de Jijel*

IV.1. Introduction :

Dans ce chapitre, on a développé quatre points importants. Le premier point sera consacré à la présentation de la ville de Jijel. Dans le deuxième point on va faire la description physique du système qui assure l'alimentation en eau potable de la ville de Jijel. Le troisième point sera consacré à la présentation de la zone d'étude car notre application sera faite uniquement sur la zone de laakabi. Le quatrième point est consacré à l'application de la méthode développée et à la discussion des résultats obtenus.

IV.2 Présentation de la wilaya de Jijel

IV.2.1. Situation géographique

Jijel est une ville côtière de la Méditerranée située à l'est de la Kabylie et à environ 314 km d'Alger. S'étalant sur une superficie de 2.396,63 km², avec une façade maritime de 120 Kms, la wilaya de Jijel est comprise entre les méridiens 5°25 et 6°30 Est de Greenwich, et entre les parallèles 36°10 et 36°50, hémisphère Nord. La région appartient au domaine Nord atlasique connu localement sous le nom de la chaîne des Babors, elle est limitée par :

La mer méditerranée au Nord

La wilaya de Skikda à l'Est.

La wilaya de Bejaia à l'Ouest.

La wilaya de Setif et de Mila au Sud.

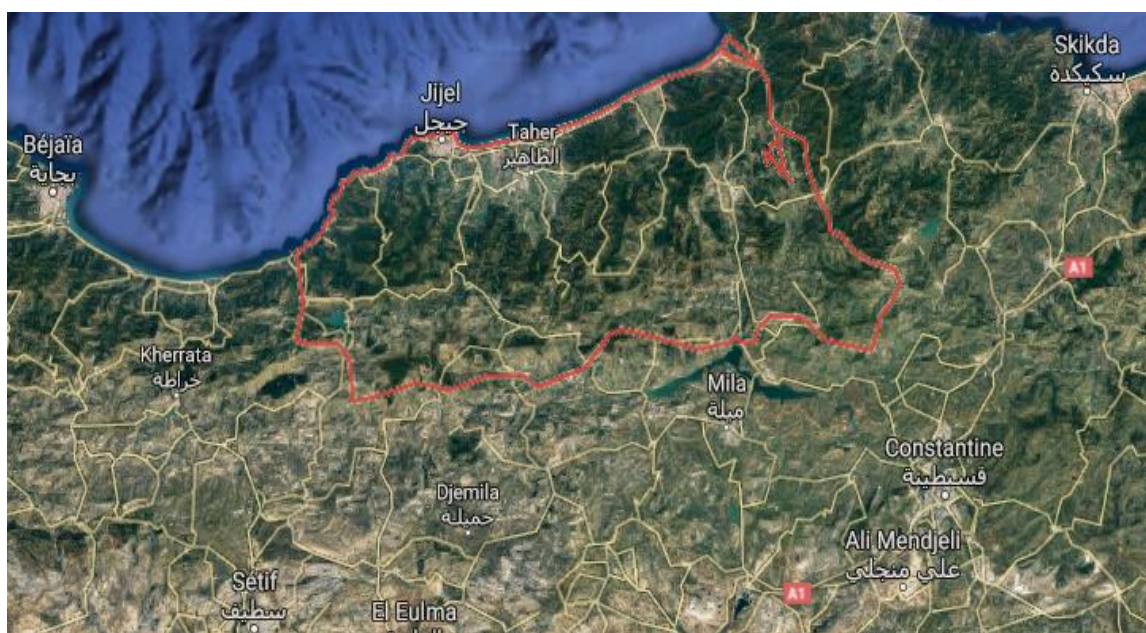


Figure IV.1 : Situation géographique de la wilaya de Jijel

IV.2.2. Les relief

La Wilaya de Jijel est caractérisée par un relief montagneux. Bien que l'altitude moyenne soit de 600 à 1000 M, on distingue principalement deux régions physiques

- **Les zones de plaines :**

Situées au nord, le long de la bande littorale allant des petites plaines de Jijel, les plaines d'El-Aouana, le bassin de Jijel, les vallées de Oued Kébir, Oued Boussiaba et les petites plaines de Oued Z'hor.

- **Les zones de montagnes :**

Elles constituent l'essentiel du territoire de la wilaya (82 %) et sont composées de deux groupes :

- **Groupe 1 :** Zones moyennes montagnes situées dans la partie littorale et centrale de la wilaya, caractérisée par une couverture végétale très abondante et un réseau hydrographique important.
- **Groupe 2 :** Zones de montagnes difficiles situées à la limite sud de la wilaya, elles comportent les plus hauts sommets de la wilaya dont les principaux sont : Tamasghida, tababour, Bouazza et Seddat

IV.2.3. Les pentes

Une carte des pentes de la région de Jijel à l'échelle 1/200000 (fig. IV.2), nous permet de quantifier le relief en fonction de l'inclinaison du terrain. Par catégorie de pente, il ressort pour toute la wilaya les proportions suivantes :

Tableau IV.1 : Classes de pente dans la région de Jijel.

	Pente %	Superficies	%
Classe I	0 à 3 %	11000 Ha	4,65%
Classe II	3 à 12,5 %	33,501 Ha	14,16 %
Classe II	12,5 à 25 %	192,055 Ha	26,05 %
Classe IV	> à 25 %	130,541 Ha	55,14 %

Deux massifs aux pentes raides encadrent le territoire de la wilaya, en inscrivant comme repère, nous citerons les communes qui s'y situent :

- À l'Est, les communes de El-Milia, Settara, Ghebala et Sidi Maarouf qui totalisent 25.780 ha de terrain ayant plus de 25% de pente où les formes escarpées sont nombreuses, caractérisant ainsi le relief accidenté.
- À l'Ouest, les communes de Ziama, Erraguene, El-Aouna et Selma qui totalisent 1.327 ha de terrain ayant plus de 25% de pente.

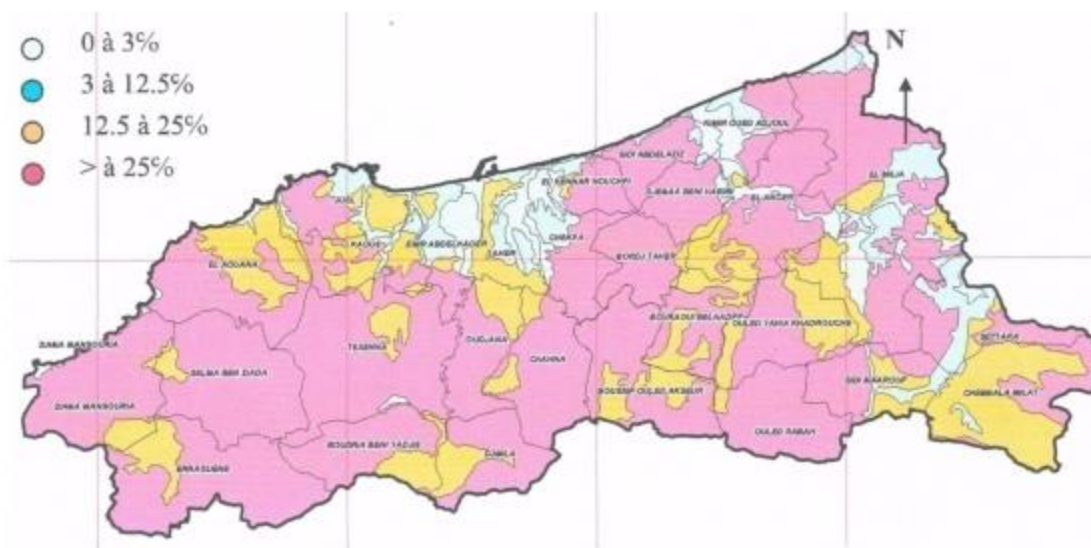


Figure IV.2 : Carte des pentes de la région de Jijel

IV.2.4. Le Climat

Le climat de la wilaya de Jijel est de type méditerranéen, il comporte des étés secs et tempérés et des hivers doux et humides, les températures varient entre 20 et 35°C en été, et 5 à 15°C en Hiver. La saison des pluies dure 6 mois environ et les précipitations sont de l'ordre de 1200 mm/an

IV.2.5. Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique de la région est très dense. Il est dominé par une direction Sud-Nord et des affluents de directions différentes favorisent l'écoulement des lames d'eau

précipitées qui déversent généralement dans la mer. Les plus importants oueds sont :

- Oued El-Kébir: qui prend naissance de la jonction d'Oued Rhumel et Oued Endja, traverse El-Milia et El-Ancer et se jette à la mer dans la région de Beni-Belaid

- Oued Djen-Djen qui prend sa source au Babors (Erraguene) est constitué de trois étages bioclimatiques (partie supérieure Erraguene barrage, partie centrale Oued Missa+Taballout et partie maritime Azzaouane à Taher).

IV.2.6. Réservoirs

Avec une pluviométrie de (800 à 1200 Mm/An), la wilaya de Jijel est considérée parmi les régions les plus arrosées d'Algérie. Elle reçoit chaque année des apports d'eaux de pluie très importants, qui ruissellent généralement vers les principaux Oueds existants dans la région

En outre, elle recèle plusieurs nappes phréatiques, dont les plus importantes sont : la nappe d'Oued Nil, la nappe d'Oued El-Kebir, la nappe d'Oued Djen-Djen, la nappe d'Oued kissir, et la nappe d'Oued Mencha.

Les infrastructures de stockage en AEP :

- 21 réservoirs ;
- 2 246 forages ;
- 06 barrages, avec un apport qui permet d'atteindre 800 millions de m³/an ;

IV.3. Description de système d'AEP de la ville de Jijel

La ville de Jijel dispose d'une ressource globalement satisfaisante en terme de volume distribué au regard de sa taille.

En effet, le volume journalier moyen mis en distribution, c'est-à-dire mesuré en sortie des ouvrages de stockage, est de l'ordre de **24 350 m³ /jour**. En outre, le volume journalier moyen consommé par les gros consommateurs (*administrations et industries principalement*) est de l'ordre de **3 450 m³ /jour**. Ainsi, le volume journalier moyen mis en distribution pour les domestiques est de l'ordre de **40 000 m³ /jour**.

En outre, on peut estimer la population de la ville, agglomérations secondaires comprises, à environ **155 780** habitants.

La dotation équivalente par habitant est donc de l'ordre de **266 l/jour**, le volume mis en distribution est donc potentiellement suffisant pour alimenter l'ensemble des consommateurs de la ville de manière continue (**H24**).

Le linéaire de canalisations collectées sur l'ensemble de la ville de Jijel atteint **306 km**.

IV.3.1. Le découpage du système de distribution de la ville de Jijel :

Au total, la ville de Jijel est formée de 10 zones de pression en service, dont :

Huit zones alimentées par des ouvrages de stockage :

- **Crête**, alimentée par les réservoirs de crête en service :
 - 4 réservoirs au sol d'une capacité de **2000 m³** chacun,
 - 2 réservoirs enterrés d'une capacité de **500 m³** chacun,
 - 1 réservoir surélevé d'une capacité de **80 m³**,
- **Ouled Aissa Inférieur**, alimentée par les réservoirs du même nom :
 - 3 réservoirs au sol d'une capacité de **2 000 m³** chacun,
- **Ouled Aissa supérieur**, alimentée par le réservoir et la bache du même nom :
 - 1 réservoir au sol d'une capacité de **1000 m³**,
 - 1 bache de stockage d'une capacité de **100 m³**,
- **Haddada inférieur**, alimentée par le réservoir du même nom d'une capacité de **2000 m³**,
- **Mezoui**, alimentée par la bache du même nom d'une capacité de **100 m³**,
- **Haddada supérieur**, alimentée par le réservoir du même nom d'une capacité de **2 000 m³**,
- **Laakabi**, alimentée par le réservoir du même nom d'une capacité de **500 m³**,
- **Harrathen**, alimentée par le réservoir du même nom d'une capacité de **500 m³**,
 - Deux zones alimentées directement depuis l'adduction :
- **Harrathen adduction** : directement alimentée depuis le refoulement issu des forages de Mencha,
- **Haddada Adduction** : directement alimentée depuis la canalisation de refoulement alimentant le réservoir d'Haddada inférieur.
En outre, 2 zones de pression supplémentaires existent et possèdent leur propre ouvrage des stockages et réseau de distribution :

IV.4. Zone de pression Laakabi (LA) :

La zone de pression **Laakabi** est désignée ainsi car alimentée par le réservoir du même nom, Cette zone de pression est relativement étendue du point de vue géographique et limitée du point de vue du nombre d'abonnés, Elle correspond à l'extension de l'urbanisation de la ville de Jijel vers l'Est.

Elle est constituée

- En majorité d'habitats individuels.
- De quelques commerces ainsi que l'administration.

La topographie de la zone est comprise entre **50 m NGA** sur la partie basse et **150 m NGA** au droit du site du réservoir. Ainsi, cet étage de pression présente une dénivellée de **100 m**, ce qui représente une dénivellée trop importante au regard des pressions statiques. Le type de réseau est majoritairement constitué d'un réseau ramifié.

- **Ouvrages de stockage et de pompage** : La zone de pression Laakabi est alimentée à partir d'un réservoir d'une capacité de **500 m³**.

- **Réseau de distribution de distribution structurant** : La distribution est centrée sur le réservoir de Laakabi via une canalisation unique **Ø300 en PEHD**.

IV.4.1. Caractérisation des conduites

IV.4.1.1. Le Linéaires

Le linéaire de canalisations collecté sur l'ensemble de la ville de Jijel atteint **306 km**.

Le secteur de la zone de pression Laakabi en regroupe **14.7 km** soit 5% du linéaire total.

Le tableau suivant représenté les Caractéristiques générales de la configuration du réseau sur le secteur de la zone de pression Laakabi :

Tableau IV.2 : le linéaire de canalisations le secteur de la zone de pression **Laakabi**.

Secteur	Superficie km ²	Linéaire Km	Somme de linéaire des canalisations (km)	Nbre de branchement
LA	2.99	5	14.7	1056

IV.4.1.2. Les diamètres

Cette zone est composée à **81 %** de conduites d'un diamètre inférieur à **150 mm** avec **57%** des canalisations de diamètre inférieur à **80 mm**. Ces diamètres sont caractéristiques d'un réseau de distribution d'eau potable secondaire "classique". Cette tendance générale connaît cependant des variations dans les secteurs et sous-secteurs selon le type de consommateurs et leur répartition spatiale. La figure suivante met en évidence l'importance relative des différentes classes de diamètres au sein de la zone de pression **Laakabi**.

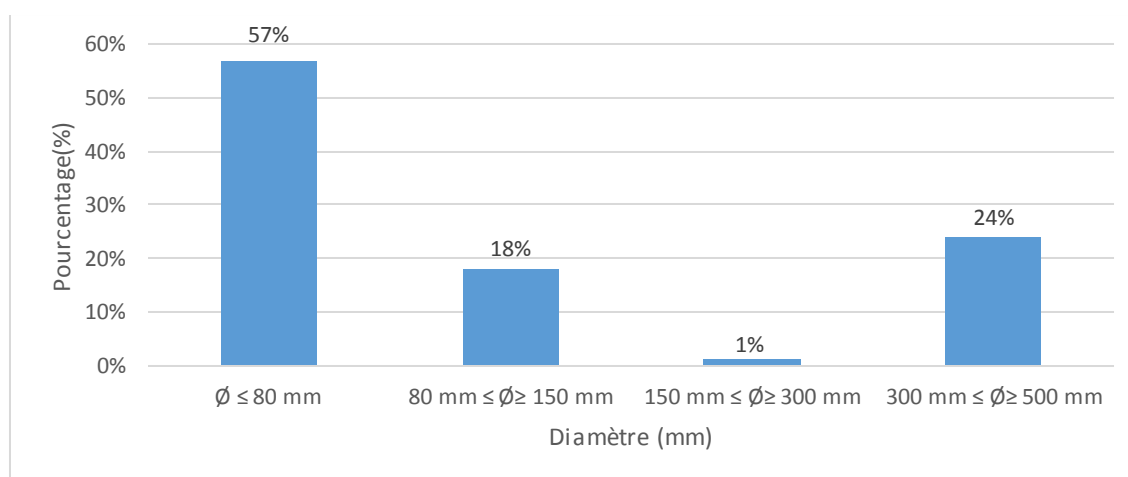


Figure IV.3 : Répartition des classes de diamètres dans la zone de pression **Laakabi**.

La répartition des canalisations par diamètre sur le secteur de laakabi fait ressortir :

- Un faible pourcentage de conduite de diamètre supérieur à 300 mm.
- Une majorité de canalisations dont le diamètre est inférieur à 80 mm, et un pourcentage faible de conduites dont le diamètre est compris entre 80 et 150 mm.
- Le pourcentage de conduites primaires est faible sur le secteur de Laakabi si l'on considère que telles conduites correspondant à celles dont le diamètre est supérieur à 150 mm

IV.4.1.3. Le type des Matériaux :

D'une façon plus détaillée les matériaux existants dans la zone de **Laakabi** sont :

- ✓ Le PEHD
- ✓ Le galvanisé
- ✓ Le PVC
- ✓ L'Acier

La figure suivante fait état des pourcentages de chaque matériau présent dans la zone de Laakabi.

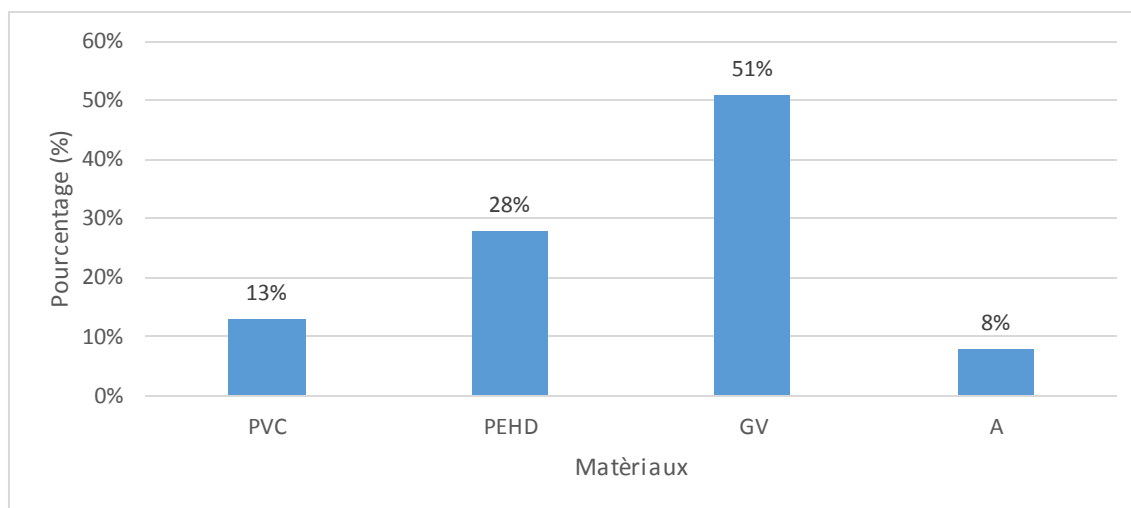


Figure IV.4 : Répartition des matériaux dans la zone de pression Laakabi.

72% des conduites sont constitués d'acier galvanisé et de PVC, c'est-à-dire de matériaux sensibles aux fuites et à l'avenir. D'une façon plus détaillée

- ✓ Le PEHD (42% du linéaire)
- ✓ L'acier galvanisé (36% du linéaire)
- ✓ Le PVC et l'Acier en plus faible pourcentage

IV.4.1.4. Année de pose :

Le graphe ci-dessous de répartition des décennies des canalisations de pose sur la zone de pression **Laakabi**, Ainsi 57% Du linéaire de conduites a été posés avant 2000 (réseau de moins de 10 ans) 98% des canalisations ont été posés avant 1980 (réseau de moins de 30 ans).

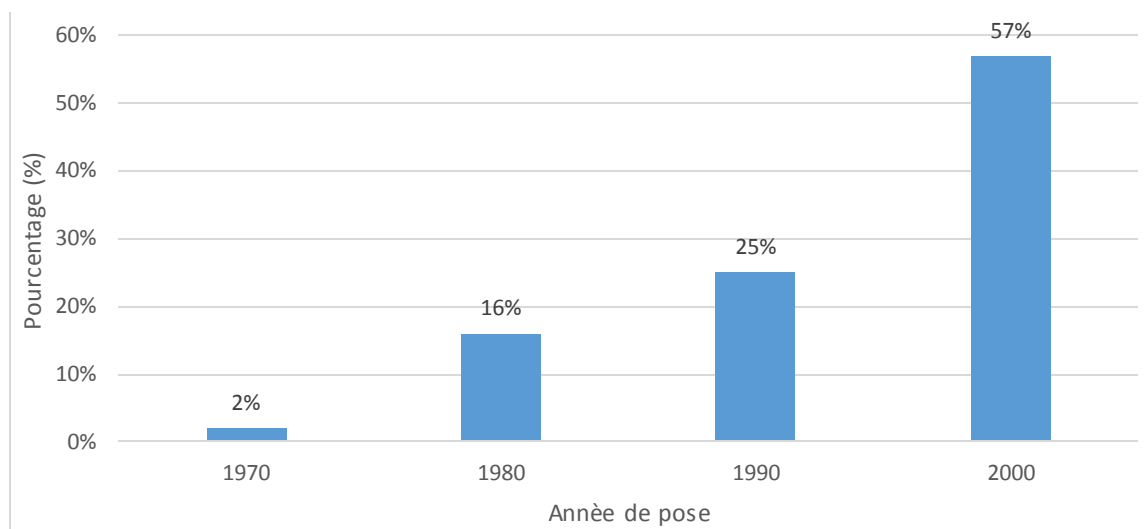


Figure IV.5 : Répartition des décennies de pose sur la zone de pression Laakabi.

IV.4.1.5. Année de pose des canalisations en fonction du matériau :

Jusqu'aux années **98**, l'acier galvanisé est largement majoritaire sur le réseau, à l'exception d'une petite campagne de pose d'acier dans les années **80**. Les années 2000 sont marquées par l'apparition du **PEHD** avec une petite quantité de **PVC**, cela est dû au renouvellement du réseau qui s'est fait ces dernières années.

La pose de ces matériaux se poursuit dans les années 2001 jusqu'à 2005 en grande quantité.

IV.4.1.6. Profondeur de pose :

Les profondeurs de pose relevées sur la zone de pression Laakabi sont de l'ordre de **0.2 m** jusqu'à **1.2 m**

IV.5. Application de la méthode et résultats

Pour mieux expliquer notre démarche, on va prendre deux exemples d'application. Le premier, le plus simple, sera réalisé sur un quartier de *Laakabi*. Ce quartier comporte 05 tronçons. Le deuxième exemple sera une application sur 200 tronçons. Le but de cette application est d'avoir comme résultats final un ordre complet de renouvellement des tronçons. Ce qui va permettre au gestionnaire du service d'eau potable de mieux gérer les travaux de renouvellement des tronçons ceci du plus urgent au moins urgent.

IV.5.1. Application du modèle PROMETHEE-RANK SUM WEIGHT

Dans cette partie nous avons présenté l'application de modèle PROMETHHE par logiciel PROMETHHE Visual, on fait trois scénarios chaque scénario présenté un classement des critères différents. pour but de la priorisation de renouvellement des tronçons de réseau d'alimentation en eau potable de la ville de Jijel (**zone de pression de laakabi**).

IV.5.1.1. Présentation des données des tronçons :

Le tableau(IV.3) représente un échantillon de cinq (05) tronçons zone de pression de **laakabi** pour L'application du modèle **PROMETHHE** . Chaque conduite est donnée en fonction de douze (12) critères.

Tableau IV.3 : Exemple d'un échantillon de base de données des conduites de Laakabi

Critères	Code	COND1	COND2	COND3	COND4	COND5
Longueur (m)	LONG	12	13	15	13	12.5
Profondeur (m)	PDP	0.4	0.5	0.65	0.6	0.8
Matériau	MAT	1	1	1	2	2
Age (ans)	AGE	10	10	10	30	30
Emplacement	EMDC	3	3	2	1	1
Investissement (DA/ml)	INV	1200	1200	1200	3500	3500
Diamètres (mm)	DIA	80	80	80	100	100
Présence réseau urbain	PRURB	1	1	1	2	2
Zone de développement	ZDDV	1	1	1	1	2
Réhabilitation Technique	RHB	2	2	2	2	1
Rupture	RUP	2	2	2	1	1
Réclamation des clients	RÉCL	2	2	1	2	1

IV.5.1.2. Scénario 1

Dans ce scénario, nous avons choisi un classement des critères qui commencer par l'âge des conduites, comme suit :

Tableau IV.4 : le classement des critères de scénario 1

Critères	Classement
LONG	7
PDP	9
MAT	5
AGE	1
EMDC	11
INV	6
DIA	2
PRURB	10
ZDDV	12
RHB	8
RUP	3
RECL	4

IV.5.1.2.1. Calcul du poids des critères

Pour calculer le poids des critères On utilise la méthode Rank Sum weight. La procédure de cette méthode, les poids, sont les rangs individuels normalisés par divisant par la somme des rangs.

Tous les critères considérés sont classés dans l'ordre décision du décideur. Générer les critères valeurs, chacun des critères est pondéré en fonction de la importance estimée dans le renouvellement des conduites dans le réseau d'alimentation en eau potable. Le droit classement (le plus important = 1, deuxième important = 2, etc.)

Exemple de calcul des poids, En utilisant l'équation Rank Sum Weight décrites dans la chapitre III

$$W_j(\text{RS}) = \frac{n-r_j+1}{\sum_{k=1}^n n-r_k+1} = \frac{2(n+1-r_j)}{n(n+1)}$$

Par exemple :

Le poids de longueur $W_{long} = \frac{2(12+1-7)}{12(12+1)} = 0,076923$

Tableau IV.5 : le poids des critères de Scénario 1 par la méthode Rank sum weight

Critères	Rank	Poids
LONG	7	0,076923
PDP	9	0,051282
MAT	5	0,102564
AGE	1	0,153846
EMDC	11	0,025641
INV	6	0,089744
DIA	2	0,141026
PRURB	10	0,038462
ZDDV	12	0,012821
RHB	8	0,064103
RUP	3	0,128205
RÉCL	4	0,115385

La figure suivante montre les résultats obtenus pour les poids des douze critères par la méthode Rank sum weight

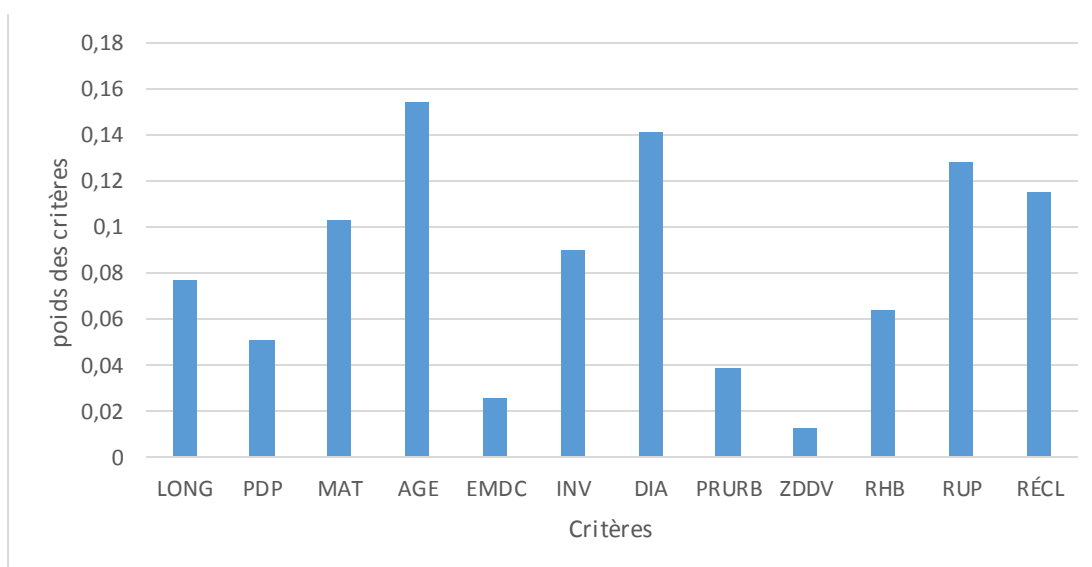


Figure IV.6 : schéma représenté les poids des douze critères de scénario 1 obtenu par la méthode Rank sum weight.

D'après la figure IV.6 on remarque que les poids des Cinq premiers critères C3 «Type de matériau », C12 «La plainte des clients », C11 «Rupture», C7 « Diamètre » et C4«Age de la conduite » ont des poids supérieurs à 0.1. Ces critères sont suivis par les critères C2 «Profondeur de pose PDP », C1«Longueur », C6 «Investissement INV», C10 «Technique de réhabilitation » et C5 «Emplacement des conduits EMDC » eAvec un poids compris entre 0.05et 0.1. Le reste des critères, C5 «Emplacement des conduits EMDC », C8 «Présence d'un autre réseau urbain PRURB, C9 «La zone de développement ZDDV», ont des poids inférieursà 0.05.

On peut dire que les critères C12, C11, C3, C7, C4 sont les plus déterminants dans la priorisation des travaux de renouvellement ; car il présente à eux seul un poids égal à 0.641 sur 1.

IV.5.1.2.2. Application par logiciel Visual PROMETHEE

Voici le tableau de données dans le logiciel Visual PROMETHEE

Scenario1	LONG	PDP	MAT	Age	EMDC	INV	DIA	PRURB	ZDDV	RHB	RUP	RECL
Unit	m	m		ans		DA/ml	mm					
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Preferences												
Min/Max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max
Weight	0,08	0,05	0,10	0,15	0,03	0,09	0,14	0,04	0,01	0,06	0,13	0,12
Preference Fn.	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
-Q: Indifference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
-P: Preference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
-S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics												
Minimum	12,00	0,40	1,00	10,00	1,00	1200,00	80,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Maximum	15,00	0,80	2,00	30,00	3,00	3500,00	100,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Average	13,10	0,59	1,40	18,00	2,00	2120,00	88,00	1,40	1,20	1,80	1,60	1,60
Standard Dev.	1,02	0,14	0,49	9,80	0,89	1126,77	9,80	0,49	0,40	0,40	0,49	0,49
Evaluations												
Conduite1	12,00	0,40	1,00	10,00	3,00	1200,00	80,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00
Conduite2	13,00	0,50	1,00	10,00	3,00	1200,00	80,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00
Conduite3	15,00	0,65	1,00	10,00	2,00	1200,00	80,00	1,00	1,00	2,00	2,00	1,00
Conduite4	13,00	0,60	2,00	30,00	1,00	3500,00	100,00	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00
Conduite5	12,50	0,80	2,00	30,00	1,00	3500,00	100,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00

Figure IV.7 :schéma représenté le tableau de données de scénario 1 dans le logiciel Visual PROMETHEE.

IV.5.1.2.2.1.PROMETHEE Classement

Il existe deux classements PROMETHEE calculés :

- Le classement partiel PROMETHEE I est basé sur le calcul de deux flux de préférences (Phi + et Phi-).

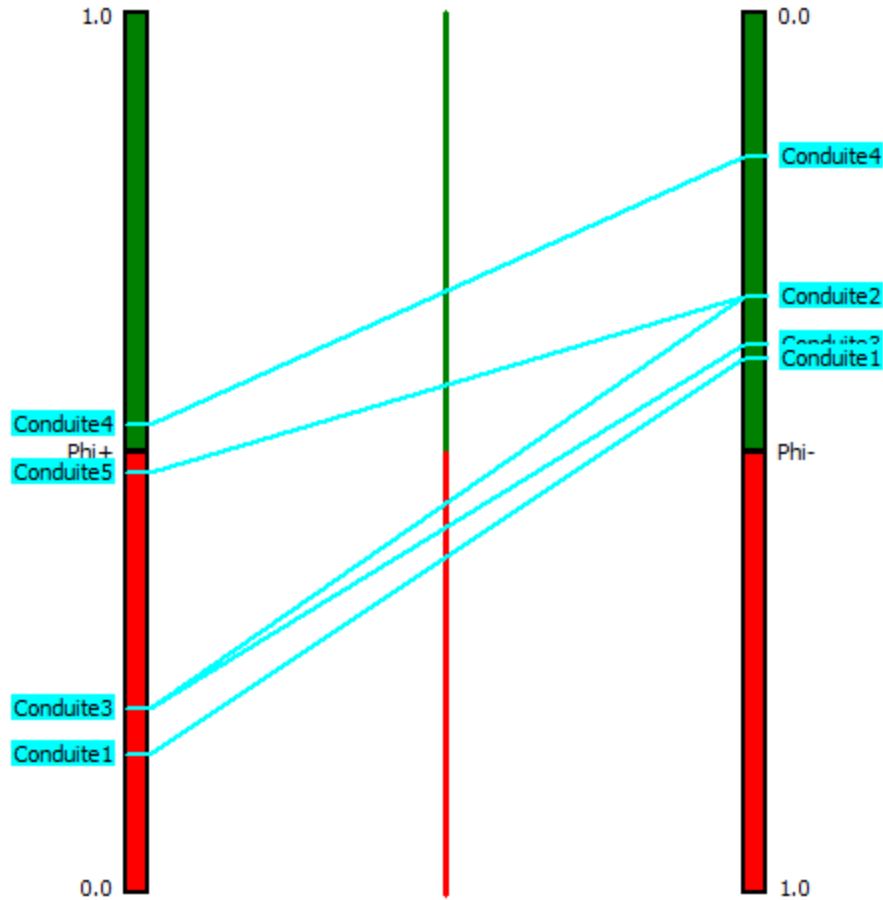


Figure IV.8 : schéma représenté Le classement partiel Ranking PROMETHEE I

Sur le schéma PROMETHEE I classement partiel, la barre la plus à gauche indique le classement des actions. Selon Phi +: la conduite 5 est en tête, suivi par la conduite 4, la conduite 2, laconduite 3, laconduite 1. A La barre la plus à droite indique le classement selon Phi-: la conduite 4 en tête, suivi par la conduite 5, la conduite 2, laconduite 3, laconduite 1

Nous pouvons conclure que :

- la conduite 4 est au sommet de la conduite 5 mais ils sont très proches des uns des autres.
- La conduite 2 est au sommet de la conduite 3
- La conduite 1 est incomparable avec les autres conduites car il a un score plus mauvais sur Phi + et sur le phi-.

- Le classement complet de PROMETHEE II est basé sur le flux de préférences nettes (Phi).

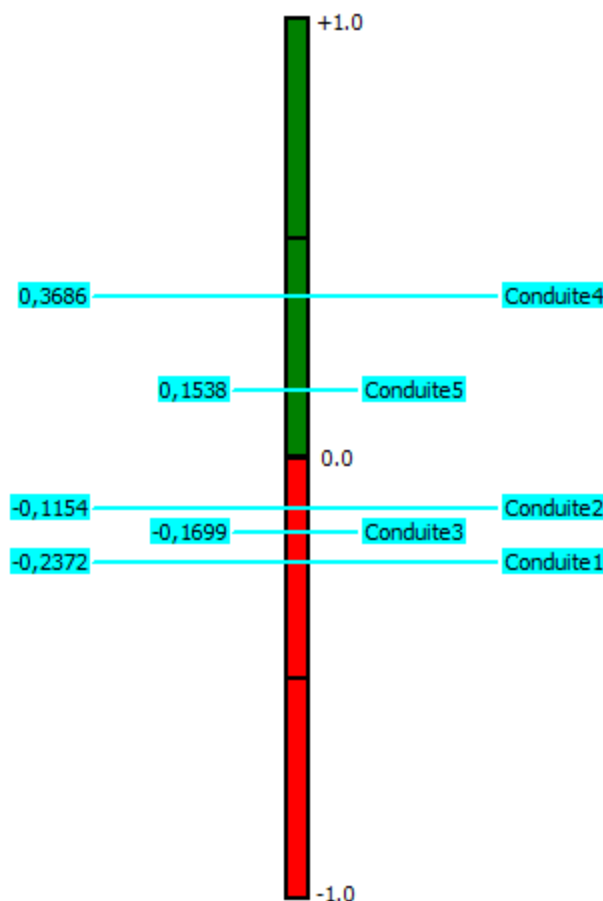


Figure IV.9 : schéma représenté Le classement complet Ranking de PROMETHEE II

Ceci est confirmé par le classement complet de PROMETHEE II. Trois groupes d'actions apparaissent clairement :

- la conduite 4 a un score Phi plus élevé
- la conduite 5 a un score phi positif proche de score Phi de la conduite 4
- la conduite 2 suivi par la conduite 3 et la conduite 1. Ils sont au bas de la Classement PROMETHEE II.

Bien que le classement complet de PROMETHEE II soit plus facile à expliquer, il est également moins informatif car les différences entre Phi + et Phi- scores ne sont plus visibles. L'incomparabilité dans le classement de PROMETHEE I est intéressant car il met en évidence des actions difficiles à comparer et aide ainsi le décideur à se concentrer sur ces cas difficiles

IV.5.1.2.2. PROMETHEE Diamant

Le diamant PROMETHEE est une représentation alternative bidimensionnelle conjointe des deux PROMETHEE I et II classements. Le carré correspond au plan (Phi +, Phi-) où chaque action est représentée par un point. L'axe est incliné à 45° de sorte que la dimension verticale donne le débit net de Phi. Les scores Phi + augmentent de gauche à droite et les scores Phi- les scores augmentent de gauche à droite.

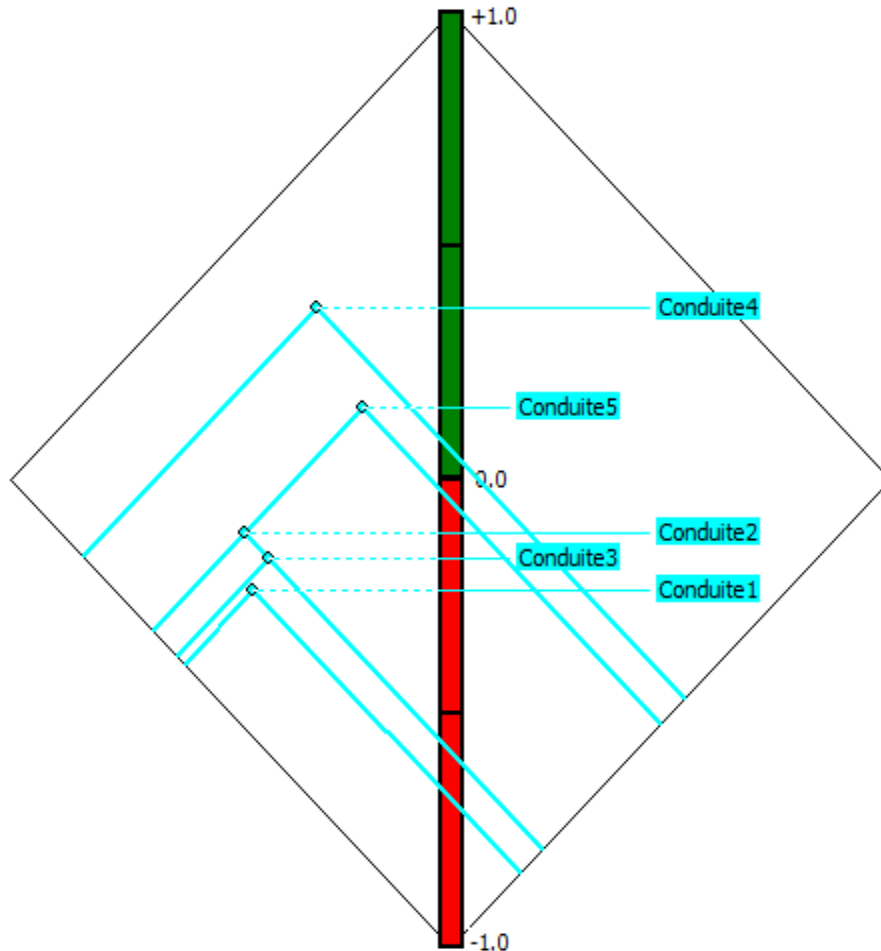


Figure IV.10 : schéma de PROMETHEE Diamant

Pour chaque action, un cône est tiré de la position de l'action dans le plan. Comme le cône conduite 4 recouvre tous les autres, cette action est préférée à toutes les autres du PROMETHEE I classement partiel. L'avantage du PROMETHEE Diamant est qu'il est facile de visualiser la proximité entre Phi + et Phi- scores globalement.

IV.5.1.2.2.3. Réseau PROMETHEE

Le réseau PROMETHEE représentation de la partielle PROMETHEE I. Les conduites sont représentées par les nœuds et les flèches sont dessinées pour indiquer les préférences. Les incompatibilités sont donc très faciles à détecter.

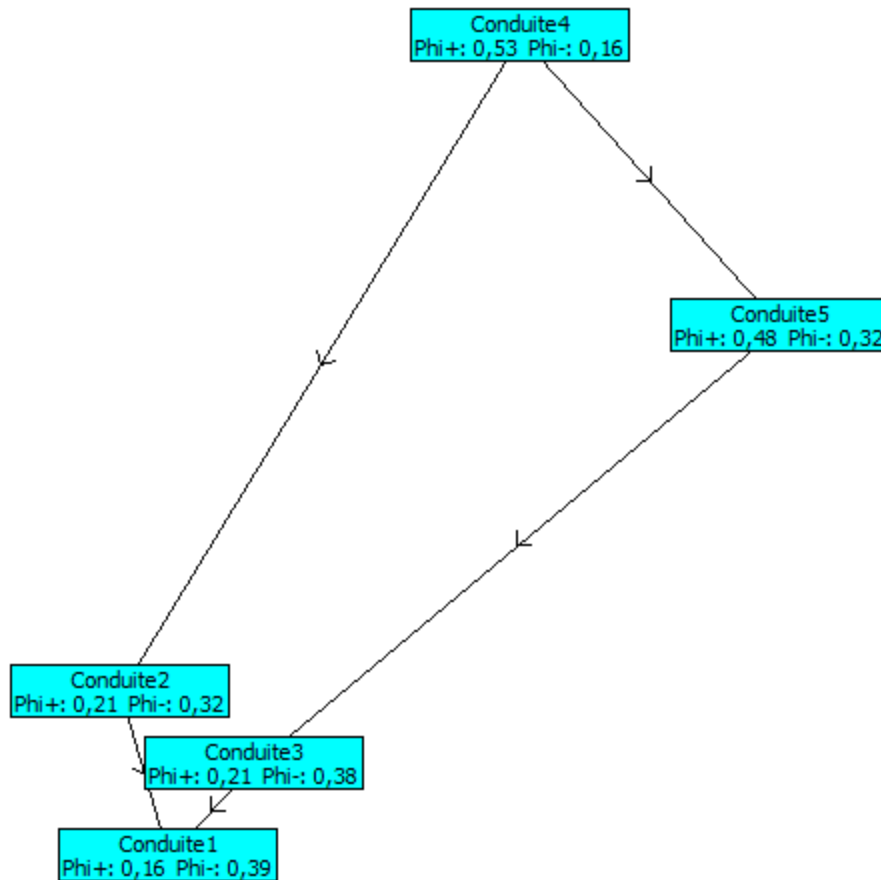


Figure IV.11 : schéma de réseau PROMETHEE

La Fig. IV.11 montre le réseau PROMETHEE qui présente le classement partiel de PROMETHEE I.

La conduite 4 est nettement préférée aux autres conduites. Suivi par la conduite 5, et les autres conduites sont en bas de classement

IV.5.1.2.2.4. Le plan GAIA :

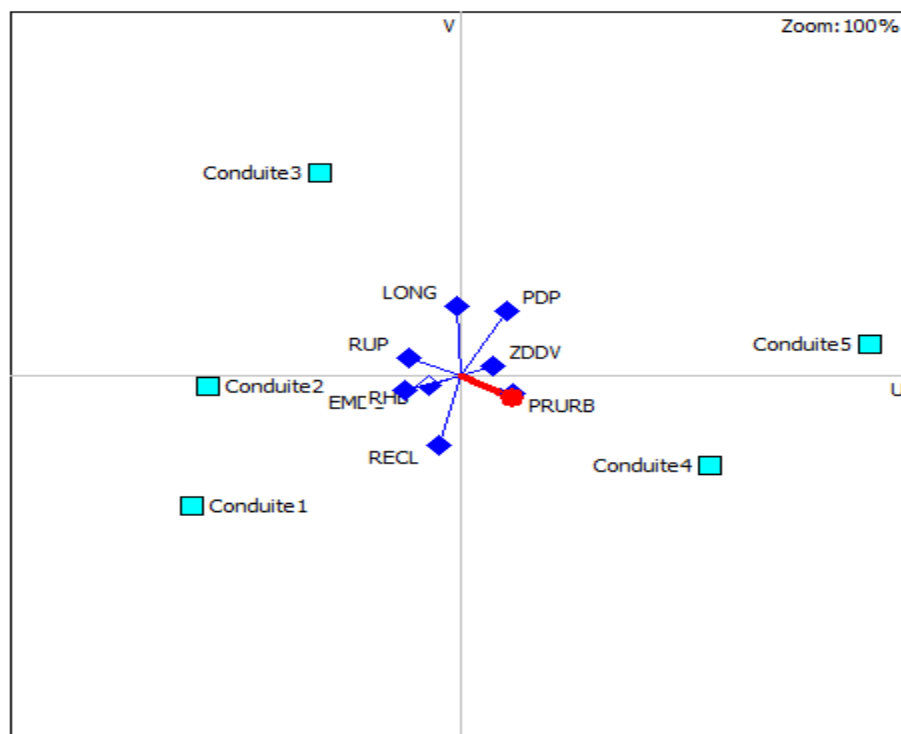


Figure IV.12 :schéma de plan GAIA

- Les conduites sont bien dispersées dans le plan
- Les critères sont assez proches des axes

En analysant, la répartition des conduites et des critères sur le plan nous constatons les points forts et les points faibles des différentes conduites. Les points forts correspondent aux axes pointant dans la direction de la conduite. Les points faibles correspondent aux axes pointant dans la direction opposée de la conduite.

- la **conduite 4** et opposé à la **conduite 3**
- la **conduite 5** est opposée à **conduite 2** et **conduite 1**

Dans le plan GAIA, les actions les meilleures au sens du rangement Prométhée II sont représentées par des points situés dans la direction de l'axe de décision π . L'axe de décision π est légèrement orienté vers le quadrant contenant « **conduite 4** » et « **conduite 5** ».

Dans la vue en 3 dimensions :

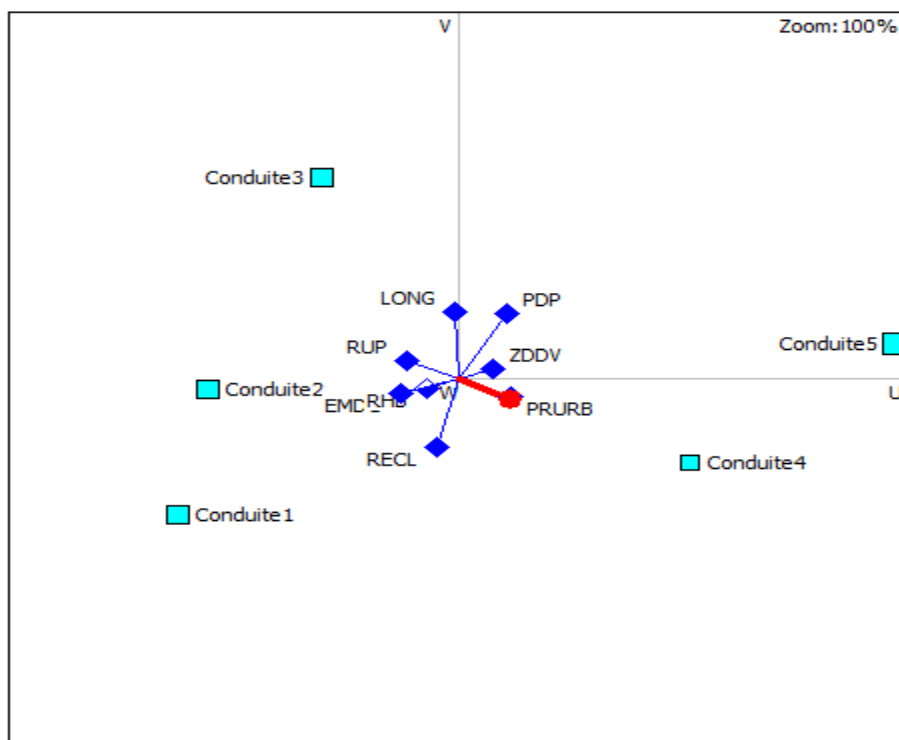


Figure IV.13 : schéma de plan GAIA 3 dimensions

L'axe de décision π s'approche très fortement de l'origine. Il semble indiquer la Conduite4 comme étant la meilleure, ce qui, vu le classement Prométhée I et II

IV.5.1.2.2.5. Tableau des flux PROMETHEE

Tableau IV.6. Le flux positifs, le flux négatif, le flux net des conduites et le classement

classement	Action	Phi	Phi+	Phi-
1	Conduite4	0,3686	0,5321	0,1635
2	Conduite5	0,1538	0,4776	0,3237
3	Conduite2	-0,1154	0,2083	0,3237
4	Conduite3	-0,1699	0,2083	0,3782
5	Conduite1	-0,2372	0,1570	0,3942

La figure (IV.11) présente les flux positif, négatif et net pour les conduites de Laakabi

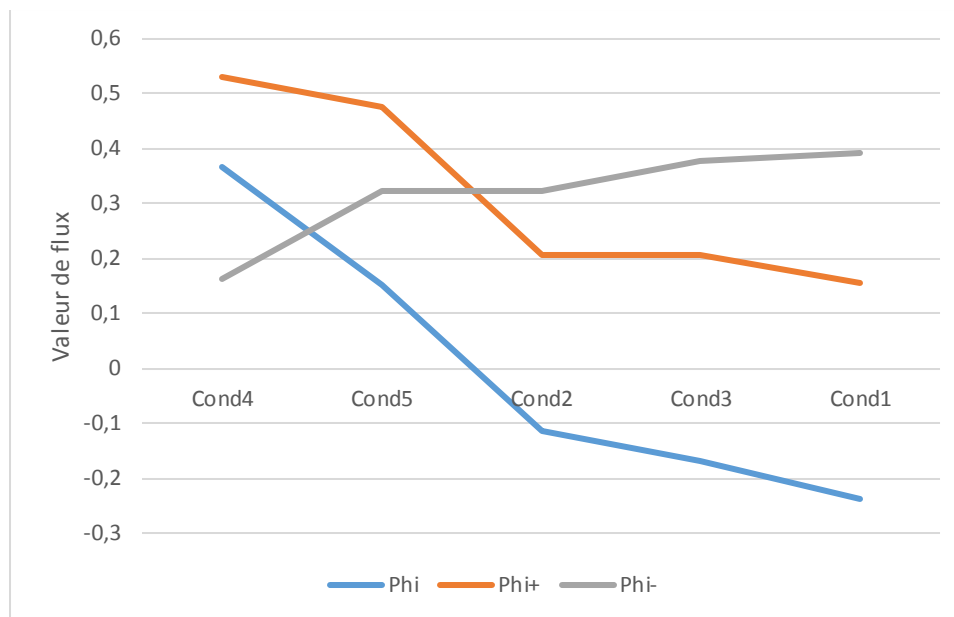


Figure IV.14 : Variation des différentes valeurs de flux.

IV.5.1.2.3. Classement des conduites pour renouvellement d'après le scénario 1 :

D'après les résultats montrés dans la figure (IV.11) et le tableau (IV.7), obtenus par la méthode PROMETHEE-RANK SUM WEIGHT :

La conduite 4 est la plus prioritaire pour le renouvellement parmi les autres conduites avec comme flux positif de $Ph+ = 0,5321$, flux négatif de $Ph- = 0,1635$ et le flux net de $Ph = 0,3686$.

La conduite 5 a été classé le deuxième conduite pour le renouvellement avec un flux positif de $Ph+ = 0,4776$, flux négatif de $Ph- = 0,3237$ et le flux net de $Ph = 0,1538$.

La conduite 2 a été classé la troisième conduite pour le renouvellement avec un flux positif de $Ph+ = 0,2083$, flux négatif de $Ph- = 0,3237$ et le flux net de $Ph = -0,1154$.

La conduite 3 a été classé quatrième conduite pour le renouvellement avec un flux positif de $Ph+ = 0,2083$, flux négatif de $Ph- = 0,3782$ et le flux net de $Ph = -0,1699$.

La conduite 1 a été classé la cinquième conduite avec un flux positif de $Ph+ = 0,1570$, flux négatif de $Ph- = 0,3942$ et le flux net de $Ph = -0,2372$.

IV.5.1.3. Scénario 2 :

Dans ce scénario on choisit un autre classement des critères qui commencer par La plainte des clients et les gênes causées.

Tableau IV.7 : le classement des critères de scénario 2

Critères	Classement
LONG	7
PDP	9
MAT	5
AGE	2
EMDC	11
INV	6
DIA	3
PRURB	10
ZDDV	12
RHB	8
RUP	4
RÉCL	1

IV.5.1.3.1. Calcul du poids des critères

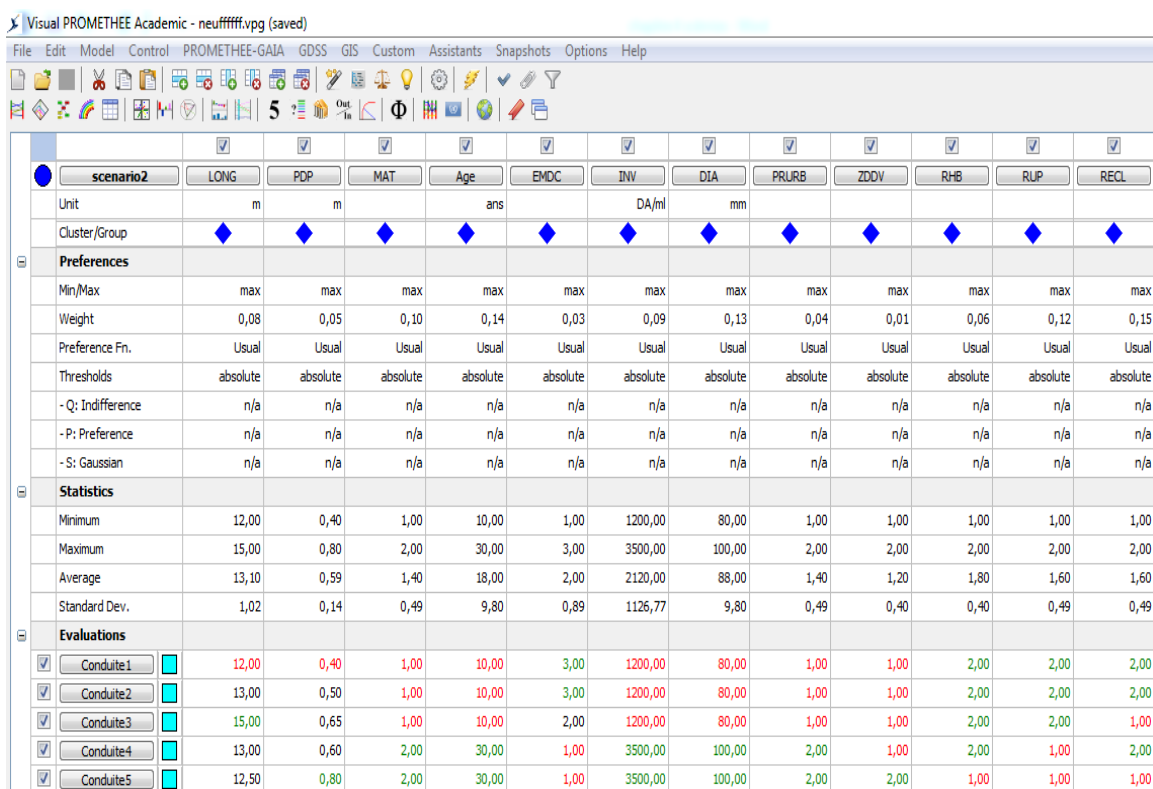
Pour calculer le poids des critères On utilise la même méthode de scénario 1, La méthode Rank Sum weight. On trouve les résultats suivant :

Tableau IV.8 : le poids des critères de scénario 2 par la méthode Rank sum weight

Critères	Classement	Poids
LONG	7	0,07692308
PDP	9	0,05128205
MAT	5	0,1025641
AGE	2	0,14102564
EMDC	11	0,02564103
INV	6	0,08974359
DIA	3	0,12820513

PRURB	10	0,03846154
ZDDV	12	0,01282051
RHB	8	0,06410256
RUP	4	0,11538462
RÉCL	1	0,15384615

IV.5.1.3.2. Application par logiciel Visual PROMETHEE



scenario2	LONG	PDP	MAT	Age	EMDC	INV	DIA	PRURB	ZDDV	RHB	RUP	RECL
Unit	m	m		ans		DA/ml	mm					
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Preferences												
Min/Max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max
Weight	0,08	0,05	0,10	0,14	0,03	0,09	0,13	0,04	0,01	0,06	0,12	0,15
Preference Fn.	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- P: Preference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics												
Minimum	12,00	0,40	1,00	10,00	1,00	1200,00	80,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Maximum	15,00	0,80	2,00	30,00	3,00	3500,00	100,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Average	13,10	0,59	1,40	18,00	2,00	2120,00	88,00	1,40	1,20	1,80	1,60	1,60
Standard Dev.	1,02	0,14	0,49	9,80	0,89	1126,77	9,80	0,49	0,40	0,40	0,49	0,49
Evaluations												
Conduite1	12,00	0,40	1,00	10,00	3,00	1200,00	80,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00
Conduite2	13,00	0,50	1,00	10,00	3,00	1200,00	80,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00
Conduite3	15,00	0,65	1,00	10,00	2,00	1200,00	80,00	1,00	1,00	2,00	2,00	1,00
Conduite4	13,00	0,60	2,00	30,00	1,00	3500,00	100,00	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00
Conduite5	12,50	0,80	2,00	30,00	1,00	3500,00	100,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00

Figure IV.15 :schéma représentéle tableau de données de scénario 2 dans le logiciel Visual PROMETHEE.

IV.5.1.3.2.1. Tableau des flux PROMETHEE:

Le tableau (IV.9) Présenter les flux PROMETHEE de scénario 2 calculé par logiciel Visual PROMETHEE

Tableau IV.9. Le flux positifs, le flux négatif, le flux net des conduites et le classement de scénario 2

Rang	Action	Phi	Phi+	Phi-
1	Conduite4	0,3786	0,5323	0,1537
2	Conduite5	0,1162	0,4588	0,3426
3	Conduite2	-0,0905	0,2207	0,3112
4	Conduite3	-0,1918	0,2020	0,3938
5	Conduite1	-0,2125	0,1694	0,3819

IV.5.1.3.3. Classement des conduites pour renouvellement d'après le scénario 2 :

D'après les résultats montrés dans le tableau (IV.9), obtenus par la méthode PROMETHEE-RANK SUM WEIGHT:

La conduite 4 est la plus prioritaire pour le renouvellement parmi les autres conduites avec comme flux positif de $Ph+ = 0,5323$, flux négatif de $Ph- = 0,1537$ et le flux net de $Ph = 0,3786$.

La conduite 5 a été classé le deuxième conduite pour le renouvellement avec un flux positif de $Ph+ = 0,4588$, flux négatif de $Ph- = 0,3426$ et le flux net de $Ph = 0,1162$.

La conduite 2 a été classé la troisième conduite pour le renouvellement avec un flux positif de $Ph+ = 0,2207$, flux négatif de $Ph- = 0,3112$ et le flux net de $Ph = -0,0905$.

La conduite 3 a été classé quatrième conduite pour le renouvellement avec un flux positif de $Ph+ = 0,2020$, flux négatif de $Ph- = 0,3938$ et le flux net de $Ph = -0,1918$.

La conduite 1 a été classé la cinquième conduite avec un flux positif de $Ph+ = 0,1694$, flux négatif de $Ph- = 0,3819$ et le flux net de $Ph = -0,2125$.

IV.5.1.4. Scénario 3 :

Dans ce scénario, nous avons choisi un troisième classement des critères. Qui commencer par investissement comme suit.

Tableau IV.10: le classement des critères de scénario 3

Critères	Classement
LONG	7
PDP	9

MAT	6
AGE	3
EMDC	11
INV	1
DIA	4
PRURB	10
ZDDV	12
RHB	8
RUP	5
RÉCL	2

IV.5.1.4.1. Calcul du poids des critères

Par l'utilisation de La méthode Rank Sum weight. On trouve les résultats suivants :

Tableau IV.11 : le poids des critères de scénario 3 par la méthode Rank sum weight

Critères	Classement	Poids
LONG	7	0,07692308
PDP	9	0,05128205
MAT	6	0,08974359
AGE	3	0,12820513
EMDC	11	0,02564103
INV	1	0,15384615
DIA	4	0,11538462
PRURB	10	0,03846154
ZDDV	12	0,01282051
RHB	8	0,06410256
RUP	5	0,1025641
RÉCL	2	0,14102564

IV.5.1.4.2. Application par logiciel Visual PROMETHEE

scenario3	LONG	PDP	MAT	Age	EMDC	INV	DIA	PRURB	ZDDV	RHB	RUP	RECL
Unit	m	m		ans			DA/ml	mm				
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Preferences												
Min/Max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max
Weight	0,08	0,05	0,09	0,13	0,03	0,15	0,12	0,04	0,01	0,06	0,10	0,14
Preference Fn.	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
-Q: Indifference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
-P: Preference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
-S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics												
Minimum	12,00	0,40	1,00	10,00	1,00	1200,00	80,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Maximum	15,00	0,80	2,00	30,00	3,00	3500,00	100,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Average	13,00	0,59	1,40	18,00	2,00	2120,00	88,00	1,40	1,20	1,80	1,60	1,60
Standard Dev.	1,10	0,14	0,49	9,80	0,89	1125,77	9,80	0,49	0,40	0,40	0,49	0,49
Evaluations												
Conduite1	12,00	0,40	1,00	10,00	3,00	1200,00	80,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00
Conduite2	13,00	0,50	1,00	10,00	2,00	1200,00	80,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00
Conduite3	15,00	0,65	1,00	10,00	2,00	1200,00	80,00	1,00	1,00	2,00	2,00	1,00
Conduite4	13,00	0,60	2,00	30,00	1,00	3500,00	100,00	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00
Conduite5	12,00	0,80	2,00	30,00	1,00	3500,00	100,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00

Figure IV.16 : schéma représenté le tableau de données de scénario 3 dans le logiciel Visual PROMETHEE.

IV.5.1.4.2.1. Tableau des flux PROMETHEE :

Voici le tableau des flux PROMETHEE de scénario 3 calculé par logiciel Visual PROMETHEE

Tableau IV.12. Le flux positifs, le flux négatif, le flux net des conduites et le classement de scénario 3

Rang	action	Phi	Phi+	Phi-
1	Conduite4	0,3786	0,5449	0,1441
2	Conduite5	0,1342	0,4582	0,3240
3	Conduite2	-0,1153	0,2083	0,3236
4	Conduite3	-0,2016	0,1956	0,3972
5	Conduite1	-0,2181	0,1569	0,3750

IV.5.1.4.3. Classement des conduites pour renouvellement d'après le scénario 3 :

D'après les résultats montrés dans le tableau (IV.12), obtenus par la méthode PROMETHEE -RANK SUM WEIGHT:

La conduite 4 est la plus prioritaire pour le renouvellement parmi les autres conduites avec comme flux positif de $Ph+ = 0,5449$, flux négatif de $Ph- = 0,1441$ et le flux net de $Ph = 0,3786$.

La conduite 5 a été classé le deuxième conduite pour le renouvellement avec un flux positif de $Ph+ = 0,4582$, flux négatif de $Ph- = 0,3240$ et le flux net de $Ph = 0,1342$.

La conduite 2 a été classé la troisième conduite pour le renouvellement avec un flux positif de $Ph+ = 0,2083$, flux négatif de $Ph- = 0,3236$ et le flux net de $Ph = -0,1153$.

La conduite 3 a été classé quatrième conduite pour le renouvellement avec un flux positif de $Ph+ = 0,1956$, flux négatif de $Ph- = 0,3972$ et le flux net de $Ph = -0,2016$.

La conduite 1 a été classé la cinquième conduite avec un flux positif de $Ph+ = 0,1569$, flux négatif de $Ph- = 0,3750$ et le flux net de $Ph = -0,2181$.

IV.5.2. Classement des conduites pour le renouvellement d'après les 3 scénarios :

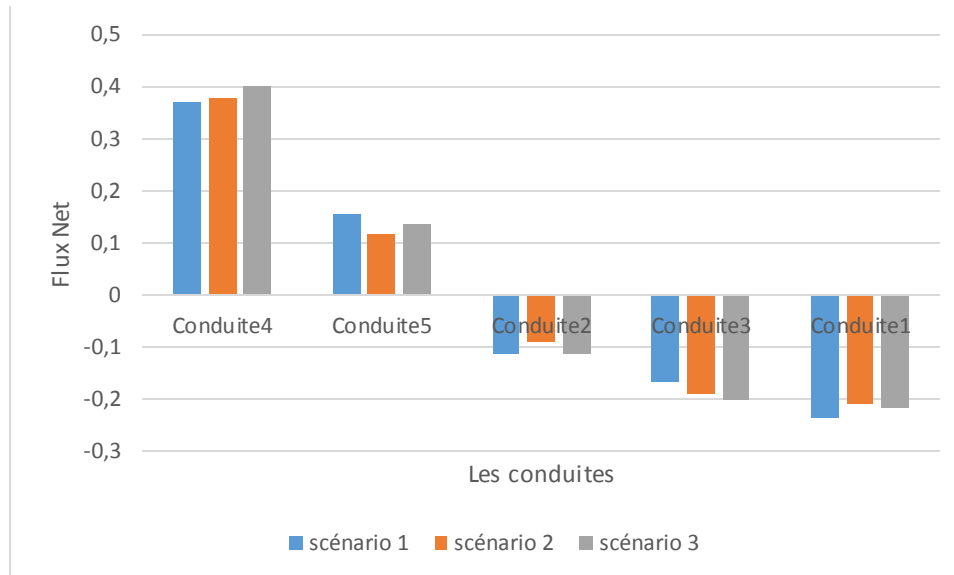


Figure IV.17 : représentation de flux net pour les conduites et le classement par rapport les trois scénarios.

D'après les résultats montrés dans la figure (IV.17) et les tableaux (IV.6 ; IV9 ; IV.12) obtenus par la méthode PROMETHEE-RANK SUM WEIGHT le classement des

conduites pour le renouvellement par rapport les trois scénarios reste le même avec un changement des valeurs de flux.

IV.6. Conclusion

La collecte des données a nécessité beaucoup de temps .Cette collecte a permis d'analyser la situation des réseaux qui alimentent en eau potable la ville de Jijel.

Pour la priorisation de le renouvellementdes conduite d'AEP on utiliser application de modèle PROMETHEE-RANK SUM WEIGHT. Le calcul de poids des douze critères a été effectué par la méthode Rank sum weight et le classement des conduites par la méthode PROMETHEE

Conclusion générale

le système de distribution a pour objectif la fourniture d'eau en quantité et qualité satisfaisantes, à des conditions spécifiques, sans nuisance pour le système et pour l'environnement. En outre, l'accomplissement de la mission doit garantir la non-nuisance aux biens et aux personnes.

Les réseaux de distribution d'eau potable ayant une durée de vie limitée, leur vieillissement se traduit invariablement par une nette augmentation des défaillances, ce qui engendre d'importants surcoûts couplés au risque d'avoir à renouveler en urgence des canalisations dont l'état de dégradation est avancé. Ceci justifiant une meilleure connaissance des phénomènes de vieillissement des réseaux d'eau potable.

L'application de la méthodologie est réalisée sur une partie du réseau de distribution d'eau potable de la ville de Jijel . zone de pression laakabi. Cette méthodologie est basée sur les douze critères, ces critères représentent les différentes questions examinées dans l'ordre de priorité des conduites, qui sont structurelles, hydraulique, environnemental, financière, technique et social.

La méthode de Runk sum weight est utilisée dans les trois scénarios pour déterminer les poids des critères de chaque scénario. La méthode PROMETHEE a été utilisée pour obtenir le classement final des conduites.

Bibliographie

Bibliographie

ABDELBAKI, C. (2014, Décembre 11) : *Modélisation d'un réseau d'AEP et contribution à sa gestion à l'aide d'un SIG -Cas de groupement Urbain de Telemcen. TLEMCEN, Université de Telemcen, Algérie. [5]*

Alena K, Marie D, Jiří L . (2017) : *PROMETHEE-GAIA Method as a Support of the Decision-Making Process in Evaluating Technical Facilities.[9]*

AISSANOU, F. (2014, Mai 28) : *Décisions multicritères dans les réseaux du Sud de PARIS, Ecole Doctorale Institut National des Télécommunications, France.[18]*

AYADI, D. (2012, Octobre 4) : *OPTIMISATION MULTICRITERE DE LA FIABILITE :APPLICATION DU MODELE DE GOAL PROGRAMMINGAVEC LES FONCTIONS DE SATISFACTIONS DANS L'INDUSTRIE DE TRAITEMENT DE GAZ. ANGERS, A l'Institut des Sciences et Techniques de l'Ingénieur d'Angers, France. [24]*

AZZI, L.(2016) : *Modelisation d'un réseau d'AEP et contribution a sa gestion à l'aide d'un système d'information géographique.Etude de la rive gauche de la ville SIDI AICHE. Mémoire de Magister, Université Khider-Biskra, Hydraulique urbaine et ouvrage, Biskra.[10]*

BLINDU, I. (2004, Mai 12) : *Outil d'aide au diagnostic du réseau d'eau potable pour la ville de CHISINAU par analyse spatiale et temporelle des dysfonctionnements hydrauliques. l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne et de l'Université Jean Monnet, FRANCE. [15]*

BEIERE, 2012 : Bureau d'études industrielles BEIERE , *Récupéré sur <http://hmf.enseeiht.fr>. [30]*

DEFISCALISATION : *Récupéré sur defiscalisation :www.francedefiscalisation.com[11]*

DUPONT A, (1979) : « *Hydraulique urbaine, Tome 2, Edition Eyrolles*». [1]

DINEPA ,(13 septembre) : *Rèhabilitation et remplacement des réseaux d'eau potable et de l'assainissement. [28]*

EMMANUELLE, K. (2016) : *La selection de projet dans un contexte de développement durable en présence d'incertitude. Rimouski, Université de Québec à Rimouski, Canada.[25]*

EISENBIES, P. (1994, Mai 2) : *Modélisation statique de la prèvision des défaillances sur les conduites d'eau potable . l'université luis Pasteur . [14]*

FUTURA MAISON. (s.d). *Récupéré sur FUTURA: Futurasciences.com/maison/définitions/maison-adduction-eau-10491. [20]*

FUTURA Planete. (s.d). Eau potable : *quelles sont les étapes du traitement du traitement de l'eau ? Rècupèrè sur futura : <https://www.futura-sciences.com>. [4]*

GÖRENER, A. (2012) : *Comparing AHP and ANP: An Application of Strategic Decisions Making in a Manufacturing Company. International Journal of Business and Social Science.* [22]

GUEDDOUY, & OUARET. (2002) : *Optimisation multicritère pour la gestion d'un réseau d'AEP. Béjaia.*[17]

IRSTEA : *Rècupère sur irstea : <https://www.irstea.fr>.* [29]

ISHIZAKA & Nemery. (2013) : *Multi-Criteria Decision Analysis Methods and Software.* (J.W. Sons, Éd.) New Delhi, India: Aptara Inc. [12]

Jean-Marc Huguenin. (2013) : *Data Envelopment Analysis (DEA) :,Un guide pédagogique à l'intention des décideurs dans le secteur public , Institut de hautes études en administration publique Swiss Graduate School of Public Administration.* [26]

JEANDIN , T. (2015) : *MÉTHODE DE CHOIX DES ATTACHEMENTS POUR LA FIN DE VIE DES PRODUITS ,ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL.* [2]

KESSILI, A. (2016) : *Elaboration d'outil d'aide à l'exploitation des réseaux d'assainissement_Cas d'application :les réseaux d'assainissement d'Alger.* [21]

MAMMERI, M. L. (2013, Septembre 17) : *Une approche d'aide multicritère à la décision pour. PARIS, UNIVERSITÉ PARIS-DAUPHINE, FRANCE.* [23]

Maroi, A. (2018, Septembre 24) : *Méthodes d'aide à la décision multi-attribut et multi-acteur pour résoudre le problème de sélection dans un environnement certain/incertain , Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambresis.* [27]

ONEMA , ASTEF , AITF, (MAI 2013) : *«Gestion patrimoniale des réseaux d'eau potable».* [13]

ROSZKOWSKA, E. (2013) : *RANK ORDERING CRITERIA WEIGHTING METHODS – A COMPARATIVE OVERVIEW. University of Bialystok.* [16]

SAATY, T. L. (1999) : *Fondamental of the Analytic Network Process. Pittsburgh, University of Pittsburgh, USA.* [7]

Sabrina .I , Nacira.H (2018) :*PROBLEMATIQUE DE REHABILITATION DES CONDUITES DES RESEAUX D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE, Université Abderrahmane MIRA de Bejaia.* [6]

TAIBI, B. (2010) : *L'analyse Multicritère comme outil d'aide à la décision: Application de la méthode PROMETHEE, UNIVERSITE ABOU-BEKR-BELKAID TLEMCEN.* [19]

VETOFISH : *Rècupère sur vetofish : <https://www.vetofish.com>.* [8]

YOUNSI ,F, Z : *Proposition d'un modèle Décisionnel en Aménagement du territoire par utilisation des SIG et des réseaux de Neurons, Université d'Oran ES-SENIA.* [3]

Annexe

Annexe :

Le tableau suivant représente le classement final des 200 conduites pour la priorité de renouvellement de réseau d'AEP de la ville de Jijel, les résultats obtenus d'après la méthode PROMETHEE- RANK SUM WEIGHT :

Classement	action	Phi	Phi+	Ph-
1	Conduite 136	0,4835	0,5718	0,0882
2	Conduite 5	0,3477	0,4945	0,1468
3	Conduite 172	0,3448	0,4944	0,1496
4	Conduite 6	0,3368	0,4860	0,1492
5	Conduite 121	0,3149	0,4639	0,1491
6	Conduite 59	0,3030	0,4992	0,1962
7	Conduite 37	0,3019	0,4620	0,1601
8	Conduite 52	0,2845	0,4625	0,1781
9	Conduite 118	0,2802	0,4663	0,1862
10	Conduite 40	0,2706	0,4678	0,1972
11	Conduite 107	0,2659	0,4285	0,1626
12	Conduite 93	0,2611	0,4830	0,2219
13	Conduite 154	0,2594	0,4575	0,1981
14	Conduite 4	0,2508	0,4426	0,1918
15	Conduite 132	0,2356	0,4499	0,2144
16	Conduite 44	0,2330	0,4219	0,1889
17	Conduite 146	0,2238	0,4663	0,2425
18	Conduite 108	0,2220	0,4194	0,1974
19	Conduite 98	0,2171	0,4079	0,1907
20	Conduite 87	0,2155	0,4267	0,2112
21	Conduite 82	0,2103	0,3774	0,1671
22	Conduite 49	0,2095	0,3974	0,1879

23	Conduite 58	0,2086	0,4096	0,2010
24	Conduite 114	0,2037	0,4180	0,2143
25	Conduite 197	0,2014	0,4044	0,2030
26	Conduite 113	0,2004	0,4249	0,2245
27	Conduite 116	0,1981	0,4276	0,2295
28	Conduite 88	0,1947	0,3869	0,1922
29	Conduite 143	0,1923	0,4117	0,2194
30	Conduite 125	0,1887	0,4039	0,2152
31	Conduite 95	0,1832	0,4031	0,2199
32	Conduite 193	0,1800	0,4563	0,2763
33	Conduite 189	0,1759	0,3908	0,2148
34	Conduite 48	0,1749	0,4198	0,2448
35	Conduite 156	0,1739	0,4091	0,2352
36	Conduite 130	0,1689	0,3370	0,1681
37	Conduite 142	0,1687	0,4183	0,2496
38	Conduite 161	0,1671	0,3830	0,2159
39	Conduite 145	0,1624	0,3741	0,2117
40	Conduite 63	0,1534	0,3714	0,2180
41	Conduite 94	0,1531	0,3732	0,2201
42	Conduite 27	0,1519	0,3958	0,2439
43	Conduite 128	0,1453	0,3811	0,2358
44	Conduite 162	0,1383	0,3942	0,2560
45	Conduite 195	0,1366	0,3718	0,2352
46	Conduite 91	0,1365	0,3698	0,2333
47	Conduite 120	0,1364	0,3841	0,2477
48	Conduite 133	0,1319	0,4202	0,2883
49	Conduite 148	0,1298	0,4134	0,2836

50	Conduite 192	0,1286	0,4088	0,2802
51	Conduite 32	0,1241	0,3633	0,2391
52	Conduite 179	0,1241	0,3724	0,2482
53	Conduite 166	0,1170	0,3750	0,2580
54	Conduite 126	0,1170	0,3757	0,2587
55	Conduite 65	0,1161	0,3647	0,2486
56	Conduite 84	0,1118	0,3907	0,2790
57	Conduite 15	0,1061	0,3463	0,2402
58	Conduite 150	0,1061	0,3923	0,2862
59	Conduite 188	0,1020	0,3725	0,2705
60	Conduite 187	0,0979	0,3786	0,2807
61	Conduite 50	0,0968	0,3435	0,2467
62	Conduite 170	0,0916	0,3618	0,2702
63	Conduite 106	0,0906	0,3602	0,2696
64	Conduite 9	0,0881	0,3883	0,3003
65	Conduite 171	0,0877	0,3334	0,2457
66	Conduite 191	0,0863	0,3656	0,2793
67	Conduite 80	0,0847	0,3388	0,2541
68	Conduite 41	0,0810	0,3136	0,2326
69	Conduite 185	0,0804	0,3875	0,3071
70	Conduite 86	0,0775	0,3306	0,2531
71	Conduite 47	0,0717	0,3495	0,2777
72	Conduite 54	0,0701	0,3484	0,2783
73	Conduite 64	0,0684	0,3621	0,2937
74	Conduite 68	0,0562	0,3059	0,2496
75	Conduite 147	0,0546	0,3573	0,3027
76	Conduite 112	0,0509	0,3285	0,2775

77	Conduite 168	0,0506	0,3411	0,2905
78	Conduite 131	0,0469	0,3614	0,3145
79	Conduite 70	0,0465	0,3003	0,2537
80	Conduite 7	0,0463	0,3579	0,3116
81	Conduite 8	0,0449	0,3326	0,2877
82	Conduite 141	0,0428	0,3829	0,3401
83	Conduite 71	0,0386	0,3537	0,3151
84	Conduite 181	0,0283	0,3455	0,3173
85	Conduite 115	0,0272	0,3003	0,2730
86	Conduite 159	0,0240	0,3689	0,3449
87	Conduite 144	0,0224	0,2934	0,2710
88	Conduite 35	0,0222	0,2924	0,2702
89	Conduite 160	0,0210	0,3309	0,3098
90	Conduite 38	0,0171	0,3206	0,3035
91	Conduite 105	0,0170	0,2830	0,2660
92	Conduite 75	0,0165	0,3303	0,3138
93	Conduite 45	0,0163	0,2861	0,2698
94	Conduite 22	0,0123	0,3435	0,3311
95	Conduite 76	0,0117	0,2853	0,2737
96	Conduite 57	0,0052	0,3240	0,3188
97	Conduite 151	0,0045	0,3287	0,3085
98	Conduite 165	0,0022	0,3108	0,3085
99	Conduite 196	0,0009	0,2837	0,2828
100	Conduite 178	-0,0016	0,3029	0,3045
101	Conduite 200	-0,0032	0,3249	0,3282
102	Conduite 43	-0,0044	0,3809	0,3852
103	Conduite 79	-0,0047	0,3889	0,3936

104	Conduite 152	-0,0070	0,3161	0,3232
105	Conduite 62	-0,0072	0,2778	0,2850
106	Conduite 110	-0,0082	0,2660	0,2741
107	Conduite 61	-0,0092	0,3581	0,3673
108	Conduite 3	-0,0112	0,2633	0,2745
109	Conduite 137	-0,0153	0,3129	0,3281
110	Conduite 85	-0,0231	0,3009	0,3240
111	Conduite 198	-0,0240	0,2928	0,3168
112	Conduite 134	-0,0246	0,2775	0,3021
113	Conduite 175	-0,0273	0,2632	0,2905
114	Conduite 92	-0,0276	0,2957	0,3232
115	Conduite 139	-0,0289	0,3138	0,3428
116	Conduite 177	-0,0355	0,2916	0,3271
117	Conduite 102	-0,0374	0,2615	0,2989
118	Conduite 100	-0,0378	0,2949	0,3327
119	Conduite 135	-0,0398	0,3018	0,3416
120	Conduite 34	-0,0408	0,2765	0,3172
121	Conduite 66	-0,0435	0,2653	0,3088
122	Conduite 117	-0,0450	0,2647	0,3097
123	Conduite 167	-0,0497	0,2861	0,3357
124	Conduite 184	-0,0515	0,2758	0,3273
125	Conduite 183	-0,0515	0,2758	0,3273
126	Conduite 39	-0,0524	0,3126	0,3651
127	Conduite 28	-0,0534	0,2943	0,3477
128	Conduite 83	-0,0538	0,2631	0,3169
129	Conduite 140	-0,0540	0,2840	0,3379
130	Conduite 180	-0,0573	0,3095	0,3668

131	Conduite 53	-0,0581	0,3101	0,3682
132	Conduite 99	-0,0596	0,1967	0,2563
133	Conduite 89	-0,0623	0,2822	0,3444
134	Conduite 122	-0,0638	0,2462	0,3100
135	Conduite 157	-0,0649	0,2624	0,3273
136	Conduite 2	-0,0731	0,2608	0,3339
137	Conduite 36	-0,0791	0,2852	0,3643
138	Conduite 33	-0,0829	0,2939	0,3768
139	Conduite 19	-0,0858	0,2599	0,3456
140	Conduite 158	-0,0867	0,2690	0,3557
141	Conduite 10	-0,0892	0,2528	0,3420
142	Conduite 129	-0,0920	0,2446	0,3366
143	Conduite 104	-0,0953	0,2721	0,3674
144	Conduite 164	-0,1019	0,2351	0,3370
145	Conduite 14	-0,1036	0,2623	0,3660
146	Conduite 194	-0,1080	0,2464	0,3544
147	Conduite 11	-0,1100	0,2641	0,3740
148	Conduite 77	-0,1128	0,2141	0,3269
149	Conduite 169	-0,1138	0,2843	0,3981
150	Conduite 23	-0,1142	0,2704	0,3847
151	Conduite 97	-0,1179	0,2895	0,4074
152	Conduite 186	-0,1234	0,2331	0,3564
153	Conduite 26	-0,1242	0,2498	0,3740
154	Conduite 123	-0,1274	0,2608	0,3882
155	Conduite 17	-0,1355	0,2442	0,3797
156	Conduite 119	-0,1392	0,2130	0,3522
157	Conduite 124	-0,1409	0,2397	0,3806

158	Conduite 51	-0,1463	0,2802	0,4265
159	Conduite 18	-0,1504	0,2238	0,3743
160	Conduite 72	-0,1524	0,2022	0,3546
161	Conduite 55	-0,1559	0,1962	0,3521
162	Conduite 109	-0,1580	0,2512	0,4093
163	Conduite 155	-0,1582	0,2294	0,3876
164	Conduite 138	-0,1593	0,2433	0,4026
165	Conduite 69	-0,1611	0,2358	0,3968
166	Conduite 127	-0,1620	0,2667	0,4287
167	Conduite 81	-0,1664	0,2252	0,3916
168	Conduite 16	-0,1667	0,2404	0,4071
169	Conduite 73	-0,1668	0,1937	0,3605
170	Conduite 24	-0,1706	0,2769	0,4475
171	Conduite 25	-0,1714	0,2920	0,4664
172	Conduite 1	-0,1763	0,2084	0,3847
173	Conduite 13	-0,1826	0,2124	0,3950
174	Conduite 173	-0,2019	0,2006	0,4025
175	Conduite 56	-0,2055	0,2527	0,4582
176	Conduite 153	-0,2110	0,1860	0,3970
177	Conduite 182	-0,2182	0,1712	0,3894
178	Conduite 20	-0,2207	0,2195	0,4402
179	Conduite 90	-0,2220	0,1608	0,3828
180	Conduite 149	-0,2380	0,2280	0,4661
181	Conduite 60	-0,2404	0,1816	0,4220
182	Conduite 101	-0,2410	0,1532	0,3943
183	Conduite 174	-0,2446	0,2110	0,4556
184	Conduite 199	-0,2460	0,1619	0,4079

185	Conduite 163	-0,2492	0,1645	0,4138
186	Conduite 78	-0,2604	0,2295	0,4899
187	Conduite 190	-0,2606	0,1876	0,4482
188	Conduite 21	-0,2684	0,1930	0,4614
189	Conduite 103	-0,2715	0,2215	0,4931
190	Conduite 74	-0,2716	0,2220	0,4936
191	Conduite 67	-0,2733	0,2038	0,4771
192	Conduite 176	-0,2810	0,1496	0,4306
193	Conduite 46	-0,2997	0,1611	0,4607
194	Conduite 42	-0,3037	0,1847	0,4884
195	Conduite 96	-0,3104	0,1456	0,4560
196	Conduite 31	-0,3131	0,1507	0,4638
197	Conduite 12	-0,3470	0,1325	0,4795
198	Conduite 29	-0,3529	0,1321	0,4850
199	Conduite 30	-0,4402	0,1049	0,5451
200	Conduite 111	-0,4878	0,0672	0,5550