

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'enseignement Supérieur Et de la Recherche Scientifique
Université Mohammed Boudiaf De M'sila
Faculté Sciences de Technologie
Département de L'hydraulique



**Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme
de Master Académique**

Filière : Hydraulique

Option : Hydraulique Urbaine

THEME

**Etude de diagnostic et réhabilitation du système d'alimentation
en eau potable de la commune d'Oued-Endja (Radjas)
Wilaya de Mila**

Présenté par :

BAKHTI Abdeldjalil

AICHAOUI Ihab

Soutenu devant le jury composé de :

Mr. FERHATI Ahmed

Université de M'sila

Président

Mr. GHODBANE Messaoud

Université de M'sila

Encadreur

Mr. ADJISSI Omar

Université de M'sila

Examineur

Année universitaire : 2023 / 2024

Remerciement

Nous remercions Allah tout-puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement Mr .Messaoud Ghodbane, nous le remercions pour la qualité de son encadrement exceptionnel pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent également à tous nos professeurs pour leur générosité et la grande patience dont ils ont su faire preuve, malgré leurs charges académiques et professionnelles.

Dédicace

Tout d'abord, je remercie Allah de m'avoir donné la force, la volonté et le courage afin d'accomplir ce travail modeste

Je dédie ce travail

A mon père que je le remercie énormément pour ses efforts, ses conseils et sa surveillance, J'espère qu'il soit fier de moi

A ma mère, la source de tendresse et la lumière qui guide mes routes et qui m'emmène aux chemins de la réussite, pour tous ses sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie

A mes chers frères et sœurs et à tous mes amis

A tous mes enseignants sans exception

Enfin, j'offre mes bénédictions à tous ceux qui m'ont soutenu dans l'accomplissement de ce travail.

Résumé :

Pour un développement durable et gestion intégrée du secteur hydraulique, il est indispensable d'engager des investissements basés sur la bonne gestion, le suivi et l'entretien, afin d'assurer le bon rendement, la préservation et la durabilité des ressources en eau et les moyens ; d'approvisionnement, de stockage et de distribution.

Durant l'exploitation des réseaux d'eau potable, seulement une partie de l'eau produite est réellement distribuée aux usagers en raison des fuites dans les réseaux ; les taux de pertes sont très importants, atteignant dans certains cas plus 50%. Cette problématique, s'explique principalement par l'état défectueux des réseaux. Les actions qui permettent d'assurer la continuité et la qualité du service public ces actions sont : la réparation des réseaux, la réduction des fuites et du gaspillage. Pour remédier à ces problèmes, il est nécessaire de planifier des diagnostics relatifs aux anciens réseaux existant.

Dans ce Contexte, l'objectif de notre travail consiste à utiliser une méthodologie constituant un support de décision en matière de diagnostic et réhabilitation du système d'alimentation en eau potable du réseau de la commune d'Oued-Endja (Radjas)- Wilaya de Mila, qui tendra à déterminer les voies et moyens permettant de remédier aux problèmes de déficit d'eau, de son stockage, du transfert d'eau vers les réseaux de distribution, des fuites engendrant des pertes considérables et pouvant provoquer des dangereuses épidémies liées aux contaminations et enfin les problèmes de déséquilibre des réseaux de distributions, Cela à l'égard de manque d'archives relatives aux anciens et même parfois nouveaux réseaux d'AEP. Le support de décision est bénéficié des avantages offerts par l'utilisation modèle couplée D'Epanet et L'Autocad par le biais l'EpaCad.

Mots clés : Diagnostic, Réseaux, Fuites, Modélisation, Modèle couplée (Epanet-EpaCad- Autocad).
Support de décision.

Abstract:

For sustainable development and integrated water management, it is essential to undertake investments based on good management, monitoring and maintenance, in order to ensure the proper performance, preservation and sustainability of water resources and means of supply, storage and distribution.

During the operation of drinking water networks, only a part of the water produced is actually distributed to users due to leaks in the networks; the loss rates are very high, reaching in some cases over 50%. This problem is mainly due to the poor condition of the networks. The actions that ensure the continuity and quality of public service are: network repairs, leak reduction and waste reduction. To address these problems, it is necessary to plan diagnostics for existing old networks.

In this context, the objective of our work is to use a methodology that constitutes a decision support tool for the diagnosis and rehabilitation of the drinking water supply system of the network of the commune of Oued-Endja (Radjas)- Wilaya de Mila, which will aim to determine the ways and means to remedy the problems of water deficit, its storage, water transfer to the distribution networks, leaks causing considerable losses and potentially causing dangerous epidemics related to contamination and finally the problems of imbalance of the distribution networks. This is due to the lack of archives relating to old and even sometimes new drinking water supply networks. The decision support tool benefits from the advantages offered by the use of the coupled Epanet and L'Autocad model through EpaCad.

Key Words: Diagnosis, Networks, Leaks, Modeling and Coupled Model (Epanet-EpaCad-Autocad). Decision support.

ملخص :

لضمان تنمية مستدامة وإدارة متكاملة لقطاع المياه، من الضروريّ للغاية القيام باستثمارات قائمة على حسن الإدارة والمتابعة والصيانة، وذلك لضمان الأداء الجيد والحفاظ على استدامة موارد المياه ووسائلها؛ التزويد والتخزين والتوزيع.

أثناء تشغيل شبكات مياه الشرب، يتم توزيع جزء فقط من المياه المنتجة فعليًا على المستخدمين بسبب التسربات في الشبكات؛ معدلات الضياع كبيرة جدًا، حيث تصل في بعض الحالات إلى أكثر من 50%. ترجع هذه المشكلة بشكل أساسي إلى الحالة السيئة للشبكات. الإجراءات التي تضمن استمرارية وجودة الخدمة العامة هي: إصلاح الشبكات، والحد من التسربات والضياع. لمعالجة هذه المشكلات، من الضروري التخطيط لتشخيص الشبكات القديمة الموجودة.

في هذا السياق، تهدف دراستنا إلى استخدام منهجية تشكل أداة وقاعدة اتخاذ القرار في مجال تشخيص وإعادة تأهيل نظام إمداد مياه الشرب لشبكة بلدية وادي النجى (رجاس) -ولاية ميله، والتي تسعى إلى تحديد الطرق والوسائل لمعالجة مشكلات نقص المياه، وتخزينها، ونقلها إلى شبكات التوزيع، والتسربات التي تتسبب في خسائر كبيرة وقد تؤدي إلى تفشي الأوبئة الخطيرة المتعلقة بالتلوث، وأخيرًا مشكلات عدم التوازن في شبكات التوزيع. وذلك بسبب نقص الصيانة المتعلقة بالشبكات القديمة لتوزيع المياه وحتى الجديدة أحيانًا. تستفيد قاعدة اتخاذ القرار من استخدام النموذج المزدوج (Epanet-EpaCad-Autocad).

كلمات مفتاحية: التشخيص، الشبكات، التسربات، النمذجة والنموذج المزدوج (Epanet-EpaCad-Autocad)، قاعدة القرار.

TABLE DES MATIERES

Introduction Général	1
Chapitre I : Généralités sur le système d'alimentation en eau potable	
1.Introduction	3
2.Les éléments constitutifs de système d'alimentation en eau potable	3
2.1 Captage et pompage.....	4
2.1.1 Captage.....	4
2.1.2 Pompage.....	4
2.2 Adduction.....	5
2.2.1 Adduction gravitaire	5
2.2.2 Adduction par refoulement.....	5
2.3 Ouvrages de Transport.....	5
2.4 Station de Traitement.....	6
2.5 Réservoirs	7
2.5.1 Classification des Réservoirs.....	7
2.5.2 Utilité des Réservoirs	7
2.5.3 Prescriptions générales applicables aux réservoirs	7
2.6 Réseau de distribution.....	9
2.6.1 Le réseau de distribution de Haut qualité	10
2.6.2 Structure générale d'un réseau de distribution	10
2.7 Conduites	11
2.7.1 Conduites principales (les artères).....	11
2.7.2 Conduites secondaires (conduites de service).....	11
2.7.3 Conduites de distribution principales (Les branchement).....	11
2.7.4 Point de livraison	12
2.8 Topologie des réseaux de distribution	12
2.8.1 Les réseaux Ramifiés	12
2.8.2 Les réseaux Maillé	12
2.8.3 Réseaux étagés.....	12
2.9 Equipement du réseau de distribution.....	13
2.9.1 Les robinets vannent	14
2.9.2 Poteaux d'incendie.....	14
2.9.3 Les cônes	14
2.9.4 Les Tés et Croix.....	14
2.9.5 Les coudes	14
2.9.6 Robinets de décharge	15
2.9.7 Compteurs	15
2.10. Choix de matériaux des conduites	15
2.10.1 Tuyaux en fonte	16
2.10.2 Tuyaux en acier	16
2.10.3 Tuyaux en PVC (Polychlorure de Vinyle non Plastifié)	16

2.10.4	Tuyaux en amiante ciment	17
2.10.5	Tuyaux en PEHD	17
3.	Conclusion	18

Chapitre II : Dysfonctionnements des réseaux d'alimentation en eau potable

1.	Introduction	19
2.	Vieillessement des réseaux d'alimentation en eau potable	19
2.1.	Définition du vieillissement d'une conduite d'eau potable.....	19
2.2.	Mauvais fonctionnement hydraulique du réseau engendré par le vieillissement d'une conduite	19
2.3.	Défaillance des réseaux d'alimentation en eau potable	20
2.3.1.	Les fuites	20
2.3.2.	Ruptures sur conduites	20
2.3.3.	Corrosion.....	21
2.3.4.	Impact de la corrosion sur la qualité de l'eau	22
2.3.5.	Phénomène d'entartrage.....	23
3.	Causes de dysfonctionnement des réseaux d'alimentation en eau potable.....	23
3.1.	Causes d'ordre hydraulique.....	23
3.2.	Causes liées à la qualité de l'eau distribuée	24
3.3.	Causes liées à la canalisation elle-même	24
3.4.	Causes liées au milieu environnant	24
4.	Symptômes de dysfonctionnement des réseaux d'alimentation en eau potable	25
5.	Domages engendrés par la détérioration des conduites.....	25
6.	Protection des conduites.....	26
6.1.	Protection contre la corrosion	26
6.1.1.	Isolement du métal de l'électrolyte.....	26
6.1.2.	Protection cathodique de la conduite	26
6.2.	Équipements de protection contre les surpressions, les dépressions et le coup de bélier	27
6.2.1.	Réservoir à air.....	27
6.2.2.	Cheminée d'équilibre.....	29
6.2.3.	Soupape anti-bélier	29
6.2.4.	Les ventouses.....	29
6.2.5.	Volant d'inertie.....	29
7.	Conclusion.....	30

Chapitre III : Méthodologie proposée pour le diagnostic dans le contexte algérien

1.	Introduction	31
2.	Définition du diagnostic	31
2.1	Différentes formes de diagnostics	31
2.2.1	Diagnostic global (approfondi)	32
2.2.2	Diagnostic express	32
2.2.3	Diagnostic fonctionnel.....	32
3.	Objectifs et intérêts d'une étude-diagnostic d'un réseau d'eau potable	32
4.	Étapes de diagnostic des réseaux d'alimentation en eau potable.....	33

4.1	Cartographie des plans.....	33
4.1.1	Saisie des plans et données du système existant (Cartographie).....	33
4.1.2.	préparation des fonds de plan	33
4.1.3	Recueil des données	33
4.1.4	Vérification du système d'AEP	34
4.1.5	Préparation des plans du système d'AEP existant	35
4.1.6	Systèmes d'information géographique (SIG)	35
4.1.7	L'information géographique.....	36
4.1.8	Préparation du rapport SIG :	37
4.2	Etape 2- Diagnostic du réseau de distribution existant	38
4.2.1.	Découpage du réseau en secteur	38
4.2.2.	Diagnostic du réseau	40
4.2.3.	Enquêtes et mesure chez les abonnés	42
4.2.4.	Modélisation du réseau de distribution	43
4.2.5.	Rapport sur le diagnostic, sectorisation, enquêtes et mesure chez les abonnés	46
4.2.6.	Rapport sur le fonctionnement du réseau	47
4.3.	Etape 3 - Diagnostic du système d'AEP existant	47
4.3.1	Diagnostic du système de production.....	47
4.3.2	Diagnostic du captage	50
4.3.3	Diagnostic des stations du Traitement	50
4.3.4	Diagnostic des conduites d'adduction.....	51
4.3.5	Diagnostic des réservoirs	52
4.3.6	Les ouvrages d'alimentation et de distribution (Réseau)	52
4.3.7	Diagnostic du système de mesures.....	53
4.3.8	Diagnostic de l'ensemble du système d'AEP	54
4.3.9	Rédaction et analyse des rapports du diagnostic de l'ensemble du Système d'AEP.....	54
4.4	Etape 4-Préparation d'un schéma directeur pour la réhabilitation et le Rééquilibrage du réseau d'AEP	54
4.4.1	Enquêtes socio-économiques - Recueil des données	54
4.4.2	Formulation du schéma directeur de distribution	55
4.4.3	Formulation d'un programme de travaux.....	57
5.	Conclusion.....	58

Chapitre IV : Etude de cas- Diagnostic du système d'AEP de la ville

D'Oued Endja (Radjas)

1.	Introduction	60
2.	Données: Document de données base sur le système d'AEP de la ville d'Oued Endja	60
3.	Présentation générale de la région	61
3.1	Situation géographique de la commune d'Oued Endja (Radjas).....	61
3.2	Situation Administrative.....	61
3.3.	Monographie et situation socio-économique	62
3.4.	Population et habitations.....	62

3.5 Equipements et infrastructures.....	63
4. L'aire d'étude	64
4.1 Définition de l'aire d'étude.....	64
4.2 Description de l'aire d'étude.....	64
4.3 Sorties de reconnaissance et visites des lieux	64
4.4 Composantes du diagnostic	65
4.5. Secteurs d'alimentation en eau potable du centre d'Oued Endja	66
4.6. Etat de fait actuel et diagnostic des équipements	66
4.6.1. Diagnostic sur les ressources en eau.....	67
4.6.2. Diagnostic sur les adductions	68
4.6.3. Diagnostic des ouvrages de stockage et chambres de manœuvre.....	69
4.6.4. Diagnostic des réseaux de distributions	70
4.7 Modélisation et vérification des paramètres de fonctionnement des réseaux de distribution.....	78
4.7.1 INTRODUCTION.....	78
4.7.2 Présentation des logiciels utilisés	78
4.8. Procédure de communication entre les logiciels	81
4.9. Simulation hydraulique ; application sur les données actuelles des réseaux de centre Oued Endja	81
4.10. Conclusion	82

Chapitre V : Analyse des résultats du diagnostic et proposition d'un plan d'action futur

1. Introduction.....	82
2. interprétation des résultats du diagnostic du système d'AEP des centres d'Oued Endja	82
2.1 Ressource en eau potable.....	82
2.2 Adduction et approvisionnement de l'eau	83
2.3 ouvrage du stockage et chambre de manœuvre	84
2.4 Le réseau de distribution.....	85
2.4.1 Etape 01 : Enquête sur terrain	85
2.4.2 Vérification de l'équilibre des réseaux par modèle.....	86
2.4.2.1 résultats de vérification de l'équilibre de réseau en état actuel	86
2.4.3 Rééquilibrage du réseau pour le bon fonctionnement a long terme.....	87
2.4.4 Avantages et inconvenantes de la variante choisie	88
2.4.4.1 Avantages	88
2.4.4.2 Inconvenantes	88
2.5 Conclusion	88
Conclusion générale	89

Liste des Figures

Chapitre I : Généralités sur le système d'alimentation en eau potable

Figure.I.1. Schéma synoptique d'alimentation en eau potable.....	3
Figure.I.2. Les éléments constitutifs d'un système d'eau potable.....	4
Figure.I.3. Schéma des captages des eaux souterraines.....	4
Figure.I.4. Schéma d'une station de pompage.....	5
Figure.I.5. Schéma de traitement des eaux de surface.....	6
Figure.I.6. Réservoir équipé en refoulement-distribution.....	8
Figure.I.7. Équipement d'un réservoir d'équilibre.....	9
Figure.I.8. Réseau ramifié.....	13
Figure.I.9. Réseau maillé.....	13
Figure.I.10. Réseau étagé.....	13
Figure.I.11. Photo Les robinets vannent.....	14
Figure.I.12. Photo Poteaux d'incendie.....	14
Figure.I.13. Photo coude.....	15
Figure.I.14. Photo Robinets de décharge.....	15
Figure.I.15. Photo compteurs.....	15
Figure.I.16. Photo tuyaux en fonte.....	16
Figure.I.17. Photo tuyaux en acier.....	17
Figure.I.18. Photo tuyaux en PVC.....	17
Figure.I.19. Photo tuyaux en amiante ciment.....	17
Figure.I.20. Photo tuyaux en PEHD.....	18

Chapitre II : Dysfonctionnement des réseaux d'alimentation en eau potable

Figure.II.1. Vieillesse des canalisations.....	19
Figure.II.2. Différents types de rupture des conduites d'eau potable.....	22
Figure.II.3. Corrosion de l'intérieur.....	22
Figure.II.4. Corrosion des conduites en fonte ductile.....	23
Figure.II.5. Formation de calcaire sur la paroi interne de la conduite.....	24
Figure.II.6. Causes de dysfonctionnement des réseaux d'AEP.....	26
Figure.II.7. Emplacement d'un réservoir anti-bélier.....	28
Figure.II.8. Abaque de Vibert Pour le calcul des cloches à air de protection contre les coups de bélier.....	29

Chapitre III : Méthodologie proposé pour le diagnostic de contexte algérien

Figure .III.1. Organigramme découpage et préparation des secteurs.....	42
Figure .III.2. Organigramme enquête chez les abonnées.....	45
Figure .III.3. Organigramme modélisation – diagnostic.....	48
Figure .III.4. Schème de puits et forage.....	50
Figure .III.5. Schéma d'une pompe doseuse.....	51
Figure .III.6. Schème d'ouvrage électrique et électromécanique.....	51
Figure .III.7. Schème de captage en entrees.....	52
Figure .III.8. Schéma de chambre de manœuvre extérieure.....	52
Figure .III.9. Schéma de l'ouvrage de conduite.....	54
Figure .III.10. Schéma d'un réservoir.....	54
Figure .III.11. Schéma de réseau distribution.....	56
Figure .III.12. Organigramme d'élaboration du schéma directeur.....	61

Chapitre IV : Etude de cas-diagnostic du système d'AEP de la ville d'Oued Endja (Redjas)

Figure.IV.1. Carte de découpage administratif de la wilaya de Mila.....	63
Figure .IV.2. Photo de source Tamda 01.....	68
Figure .IV.3. Photo de conduite en acier.....	69
Figure .IV.4. Photo de vanne.....	69
Figure .IV.5. Photo de conduite en PVC.....	70
Figure .IV.6. Photo de conduite est en amiante ciment.....	70

Figure .IV.7. Schéma de Captage et approvisionnement de l'eau- Commune d'Oued Endja (Radjas)- W.8 Mila.....	72
Figure .IV.8. Module de réseau hydraulique sur AutoCAD.....	83
Figure .IV.9. Schéma d'un réseau hydraulique sur logiciel Epanet.....	85
Figure .IV.10. Interface de logiciel EpaCad.....	85
Figure .IV.11. fonctionnement des logiciels	86

Chapitre V : Analyse des résultats du diagnostic et proposition d'un plan d'action futur

Figure.V.1. Photo de conduite en acier.	87
Figure.V.2. Photo de vanne.	78
Figure.V.3 Taux de linéaire à maintenir, à rénover et à projeter.....	90

Liste des Tableaux

Chapitre I : Généralités sur le système d'alimentation en eau potable

Tableau.I.01. Types de conduites selon le matériau et les résistances.....	12
--	----

Chapitre III : Méthodologie proposé pour le diagnostic du contexte algérien

Tableau.III.1. Les données physiques du modèle.....	47
Tableau.III.2. Les données hydrauliques du modèle.....	47

Chapitre IV : Etude de cas-diagnostic du système d'AEP de la ville d'Oued Endja(Redjas)

Tableau.IV.1.Population et habitations.....	64
Tableau .IV.2.Taux de branchement aux réseaux hydrauliques	64
Tableau .IV.3.Equipements du secteur de santé publique.....	64
Tableau .IV.4.Equipements du secteur de l'éducation.....	65
Tableau .IV.5.Evolution de la population pour différents horizons.....	74
Tableau.IV.6.Valeur de β_{max} en fonction du nombre d'habitants.....	75
Tableau .IV.7.Evaluation des besoins en eau de la population à l'horizon 2044.....	76
Tableau .IV.8.Tableau comparatif des besoins et ressources en eau disponibles	76
Tableau .IV.9.Les résultats des besoins de stockage	77
Tableau .IV.10.Résultats pour secteur 01 en état actuel	79
Tableau .IV.11.Résultats pour secteur 02 et 03 en état actuel 2024	80

Chapitre V: Analyse des résultats du diagnostic et proposition d'un plan d'action futur

Tableau.V.1. Anomalie et solutions proposées	83
Tableau.V.2. Anomalie et solutions proposées.....	84
Tableau.V.3. Anomalie et solutions proposées.....	85
Tableau.V.4. Anomalie et solutions proposées	86

Introduction Générale

La politique du développement du secteur hydraulique telle qu'elle a été menée à ce jour n'a pas donnée des résultats malgré les gros investissements engagés, et cela pour plusieurs raisons comme la mauvaise gestion, le gaspillage et le manque d'entretien. A ce sujet un programme GIRE Algérois a été proposé en 2006 par le Ministère des ressources en eau, avec la coopération Belge.

Le programme précité consiste en la Gestion Intégrée des Ressources en Eau dans le bassin hydrographique côtier algérois 02A. Il a principalement pour fonction de gérer rationnellement et équitablement les ressources en eau algériennes dans une perspective de développement durable.

L'exploitation durable et la gestion intégrée des réseaux d'AEP, demande une méthodologie basée sur un modèle de gestion et de diagnostic, qui représente un support de décision. Dans ce cadre nous nous proposons d'étudier le diagnostic du système d'alimentation en eau potable de la commune d'Oued Endja (Redjas)- Wilaya de Mila.

Pour cela, nous allons procéder selon la méthodologie suivante :

- ✓ Dans le premier chapitre, nous allons décrire le système d'alimentation en eau potable en termes de connaissance.
- ✓ Dans le deuxième chapitre nous allons essayer d'identifier le dysfonctionnement du réseau d'alimentation en eau potable en cherchant leurs causes et symptômes des dommages engendrés.
- ✓ Dans le troisième chapitre nous citerons l'objectif et les différentes sortes du diagnostic ainsi que les démarches à suivre pour effectuer un diagnostic.
- ✓ Dans le quatrième chapitre nous présenterons la ville d'Oued Endja (Redjas, puis nous estimerons la population à différents horizons. Et enfin nous calculerons les besoins en eau de la ville.
- ✓ Dans le cinquième chapitre, nous présenterons les différents logiciels permettant la construction des modèles numériques, puis nous ferons une simulation du comportement et d'équilibre du réseau d'AEP de la ville par le modèle d'Epanet couplé avec Autocad par le biais de l'EpaCad.

- ✓ Dans le sixième et dernier chapitre, nous discutons et interprétons les résultats du diagnostic et nous proposons les solutions faisant le plan d'action pour remédier et réhabiliter le système d'alimentation en eau potable.

Nous terminons notre travail par une conclusion générale récapitulant les démarches du diagnostic et les solutions faisant le programme d'action pour réparer et réhabiliter le système d'alimentation en eau potable.

Chapitre I : Généralités sur le système d'alimentation en eau potable

Chapitre I : Généralités sur le système d'alimentation en eau potable

1. Introduction

Dans le présent chapitre, nous allons présenter les systèmes d'alimentation en eau potable en termes de connaissance, et essentiellement de nature descriptive. Nous suivrons le cheminement de l'eau du milieu naturel jusqu'à l'abonné, en passant par les différentes étapes telles que le captage, l'adduction et la distribution.

2. Les éléments constitutifs de système d'alimentation en eau potable

Généralement le système d'AEP comporte les constructions et les installations suivantes (Fig.I.1): (1 et 3) Captage, (5) Station de traitement, (2, 6 et 8) Transport (Adduction), (7) Stockage, (9) Réseau de distribution et (10) Les différents consommateurs. [1]

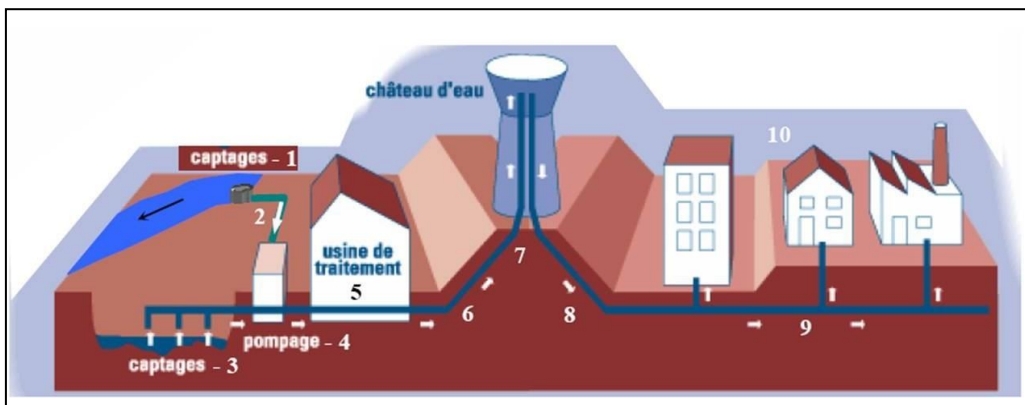


Fig.I.1. Schéma synoptique d'alimentation en eau potable.

Les principaux éléments constitutifs d'un réseau d'eau potable (Fig.I.2) sont :

- ✚ Captage (Puits, forages, sources, ...).
- ✚ Station de traitement.
- ✚ Adduction (Gravitaire ou par refoulement).
- ✚ Ouvrages de stockage ou d'accumulation (Réservoirs, bâches d'eau,).
- ✚ Réseau de distribution.

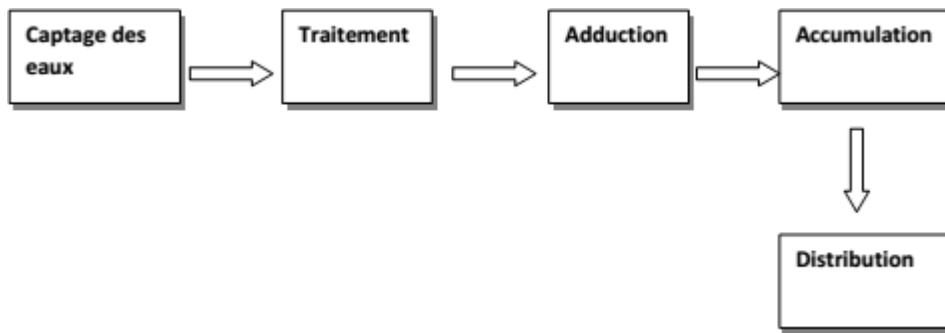


Fig.I.2. Les éléments constitutifs d'un système d'eau potable.

2.1 Captage et pompage

2.1.1 Captage

Les captages effectués pour prélever les eaux naturelles en vue de l'alimentation, ils peuvent être soit des nappes aquifère, soit des nappes phréatique (Fig.I.3), soit encore celle que l'on trouve à la surface du sol, dans les rivières ou dans des étangs naturels ou artificiels. Les forages et les puits sont les moyens les plus répandus pour le captage des eaux souterraines. Les eaux souterraines sont en général limpides, mais leurs caractéristiques physico- chimiques varient en fonction de site et en doit, dans chaque cas, faire une étude physico-chimique de l'eau, pour déterminer le traitement nécessaire pour rendre l'eau potable [1].

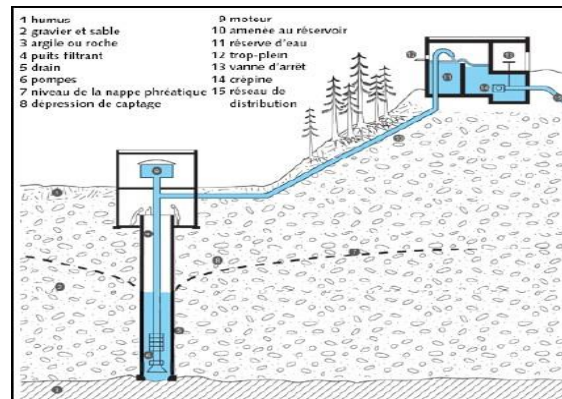


Fig.I.3. schéma des captages des eaux souterraines

2.1.2 Pompage

Une pompe est un dispositif permettant de fournir l'énergie au liquide. Le fonctionnement de la pompe est relié généralement à un réservoir. Le démarrage et l'arrêt de la pompe sont en fonction du niveau du réservoir ou de plages horaires spécifiques. Une pompe est caractérisée par sa puissance (énergie),

fournie pour le prélèvement et refoulement d'un débit d'eau au cours du temps, d'un point bas vers un point haut (Fig.I.4) [2].

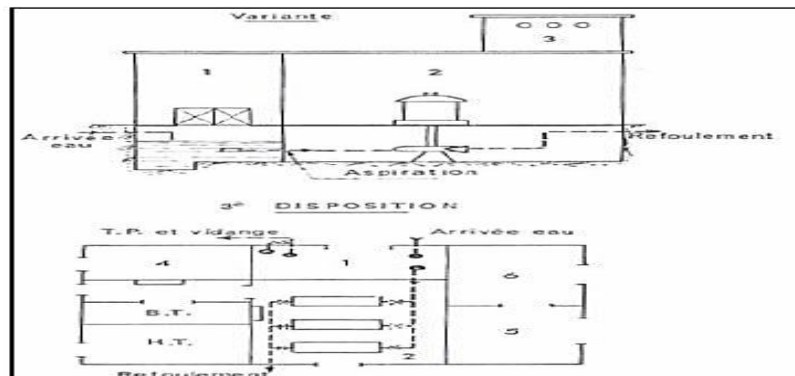


Fig.I.4. Schéma d'une station de pompage.

2.2 Adduction

En fonction de la position de la source d'eau on distingue deux types d'adduction :

2.2.1 Adduction gravitaire :

Dans une adduction gravitaire. Le point de captage se situe à une altitude supérieure à celle du réservoir de desserte de l'agglomération.

L'adduction gravitaire se présente également lorsqu'un bassin d'accumulation intermédiaire reçoit, dans un premier temps, l'eau refoulée par une usine et que, dans un deuxième temps. L'eau se trouve évacuée par gravité jusqu'au réservoir de la ville, situé à un niveau plus bas. L'adduction gravitaire s'effectue, soit par aqueduc, soit par conduite forcée. Avec les aqueducs, il est fait appel à l'écoulement libre de l'eau, c'est-à-dire sans pression, grâce à la pente, ordinairement uniforme sur tout le parcours.

Dans les conduites forcées, l'écoulement se fait sous pression. Dans ce cas les pertes de charges seront plus importantes que dans un aqueduc à faible pente présentant le même diamètre.

2.2.2 Adduction par refoulement

Dans une adduction par refoulement, le captage se situe à un niveau inférieur de celui du réservoir d'accumulation.

Les eaux du captage sont relevées par une station de pompage dans cette conduite de refoulement. Lors de l'établissement de la conduite de refoulement certaines conditions techniques et économiques doivent être respectées. Tout d'abord, il importe de chercher un profil en long aussi régulier que possible, établi, de préférence, avec une rampe toujours dans le même sens vers le réservoir d'accumulation.

2.3 Ouvrages de Transport

L'adduction peut se faire par des conduites en charge, des canaux ouverts, ou par des tunnels ou

galeries.

Le choix entre ces différents ouvrages est essentiellement économique, il s'agit de déterminer la configuration la plus rentable en tenant compte des éléments suivants :

- ✚ Topographie ;
- ✚ Charge hydraulique disponible ;
- ✚ Méthodes de construction ;
- ✚ Coût initial et d'exploitation ;
- ✚ Qualité de base de l'eau ;
- ✚ Contamination lors du transport [3].

2.4 Station de Traitement

Les eaux captées dans la nature, exactement les eaux de surface (lacs et rivières), ne présentent pas les qualités physiques, chimiques et biologiques désirables pour la consommation [4].

Le traitement d'une eau brute dépend de sa qualité, laquelle est fonction de son origine et peut varier dans le temps. L'eau à traiter doit donc être en permanence analysée car il est primordial d'ajuster le traitement d'une eau à sa composition et, si nécessaire, de le moduler dans le temps en fonction de la variation observée de ses divers composants. Il peut arriver cependant qu'une pollution subite ou trop importante oblige l'usine à s'arrêter momentanément (Fig.I.5), [5].

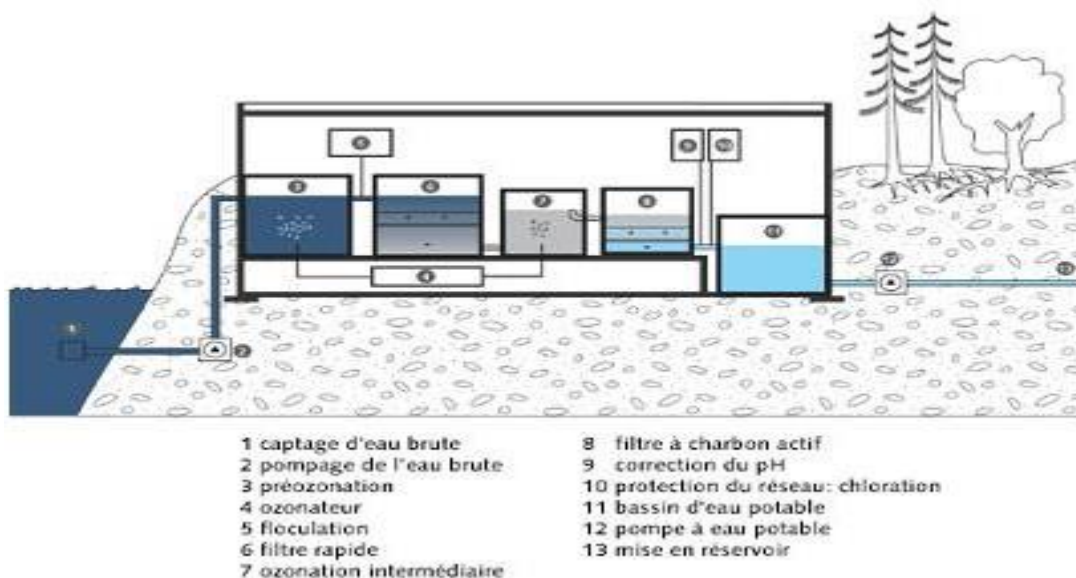


Fig.I.5. Schéma de traitement des eaux de surface.

2.5 Réservoirs

Un réservoir est un ouvrage qui permet d'emmagasiner l'eau lorsque la consommation est inférieure à la production, et la restitue lorsque la consommation devient supérieure à la production [6].

2.5.1 Classification des Réservoirs

On peut classer les réservoirs selon la nature des matériaux et la situation des lieux :

➤ D'après la nature des matériaux, on distingue :

- ✚ Les réservoirs métalliques ;
- ✚ Les réservoirs en maçonnerie ;
- ✚ Les réservoirs en béton armé.

➤ D'après la situation des lieux, on distingue :

- ✚ Enterrés ;
- ✚ Semi-enterrés ;
- ✚ Surélevés.

2.5.2 Utilité des Réservoirs

Les réservoirs constituent les organes régulateurs de pression et de débit entre le régime de production et le régime de consommation.

En milieu rural ou pour des villes de petite importance, avec une installation correctement conçue, la capacité du ou des réservoirs oscille aux alentours du volumemoyen journalier d'eau consommée.

Mais avec l'augmentation du nombre de consommateurs, le rapport entre la capacité et le volume moyen journalier diminue notablement.

2.5.3 Prescriptions générales applicables aux réservoirs

Ils permettent une alimentation, sans gêne pour les utilisateurs,aux incidents temporaires suivants :

- ✚ Panne électrique ;
- ✚ Remplacement d'une pompe ;
- ✚ Accident sur la conduite de refoulement.

Les réservoirs permettent, outre une régularité de fonctionnement des groupes de pompage, de profiter au maximum du tarif de nuit en énergie électrique.

Les réservoirs, à partir d'une certaine capacité, comportent deux compartiments pour faciliter leur nettoyage (minimum une fois par an) et des réparations.

Certains réservoirs sont équipés de telle manière qu'une partie de leur capacité constitue une réserve d'incendie. Ce volume se renouvelle par un dispositif spécial, le plus souvent constitué par un siphon, qui se désamorce lorsque le niveau de la réserve est atteint. Cette réserve correspond à 120 m³ au moins, utilisables en 2 heures.

Dans le cas où une agglomération s'étend dans une direction donnée, un réservoir unique et de hauteur convenable peut devenir insuffisant pour assurer une pression correcte en tout point du réseau et à tout moment. C'est alors que l'on a recours à un ou plusieurs réservoirs d'équilibre en liaison par le réseau avec le réservoir principal, mais à une cote de niveau légèrement inférieure.

Le remplissage du réservoir d'équilibre se fait gravitaire ment au moment des faibles consommations, c'est-à-dire principalement la nuit.

La journée, la charge à partir du réservoir principal diminue dans le réseau par suite de la consommation, celle du réservoir d'équilibre devient alors prépondérante et c'est son action qui maintient une pression régulière (Fig.I.6 et Fig.I.7), [7].

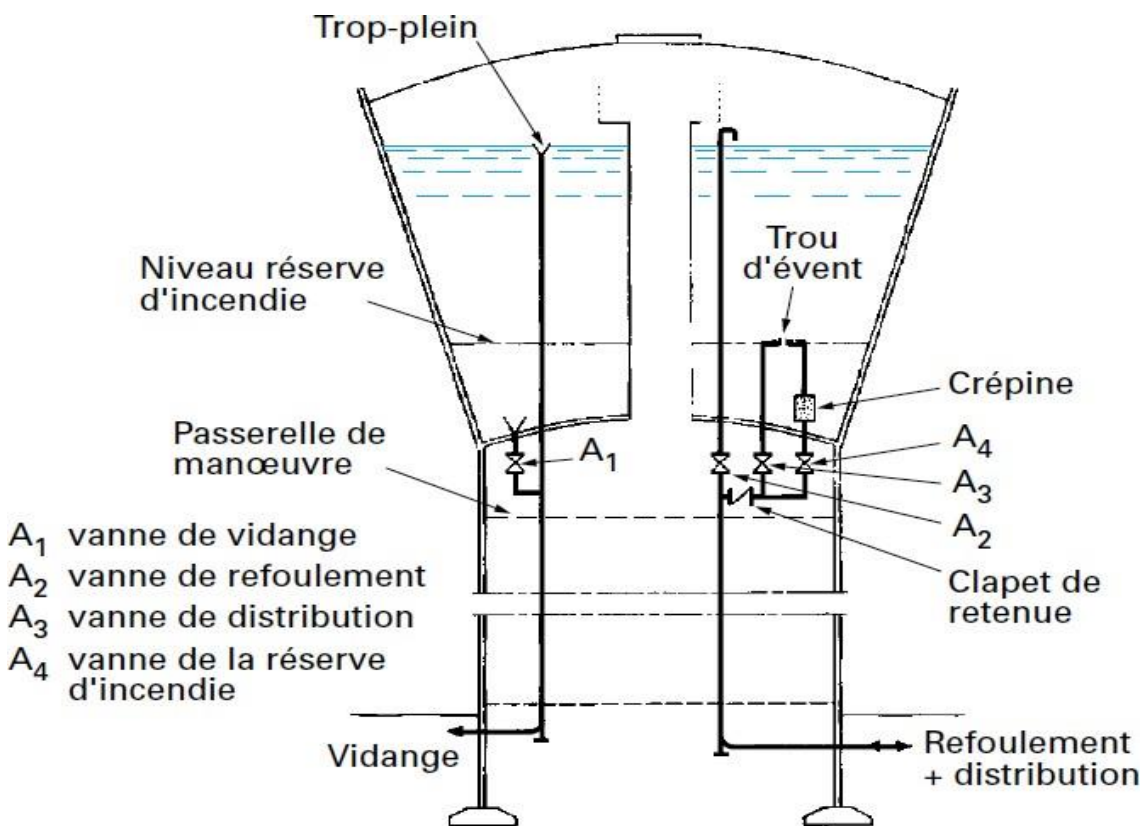


Fig.I.6. Réservoir équipé en refoulement-distribution

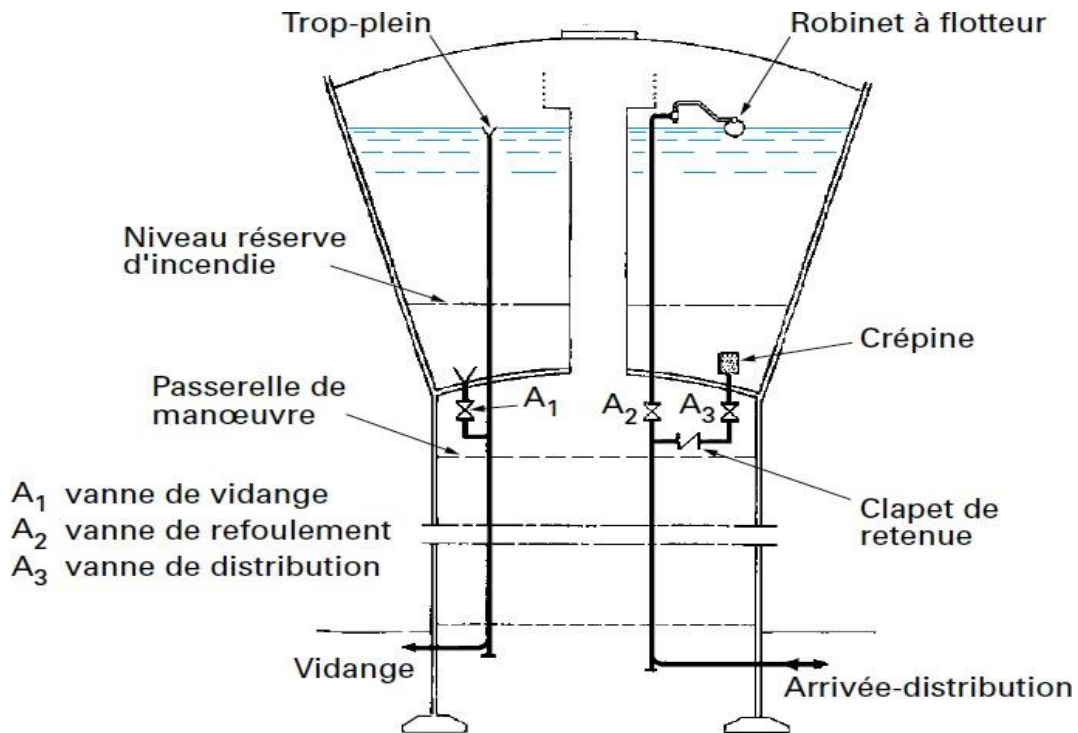


Fig.I.7. Équipement d'un réservoir d'équilibre

Les réservoirs doivent être protégés contre toute pollution d'origine extérieure et contre les élévations importantes de température.

Ils doivent être faciles d'accès et leur installation doit permettre de vérifier en tout temps leur étanchéité, On doit installer un dispositif permettant une prise d'échantillon d'eau à l'amont et à l'aval immédiat du réservoir.

L'ensemble des matériaux constituant les réservoirs ne doit ni se désagréger ni communiquer à l'eau des saveurs ou odeurs désagréables.

Après chaque intervention susceptible de contaminer l'eau contenue dans les réservoirs et, de toute façon au moins une fois par an, les réservoirs sont vidés, nettoyés et désinfectés.

Des dispositions sont prises pour assurer un approvisionnement en eau potable pendant la mise hors service [7].

2.6 Réseau de distribution

Le réseau de distribution est le dernier obstacle avant la livraison de l'eau au robinet du consommateur. Même si l'eau qui quitte la station de traitement est de la plus haute qualité qui soit, cette qualité peut se détériorer gravement si des mesures de précaution ne sont pas prises. Dans des cas extrêmes, il peut même y avoir contamination dangereuse.

2.6.1 Le réseau de distribution de Haut qualité

Un réseau de distribution de haute qualité est un réseau qui est fiable et assure un approvisionnement continu en eau potable, à une pression appropriée. Des réservoirs équilibrent la pression et permettent de répondre aux pointes de consommation, d'assurer la protection contre les incendies et les autres urgences, sans causer de rétention indue de l'eau. Des conduites principales en boucle empêchent l'eau de stagner et réduisent au minimum les inconvénients pour les clients pendant les réparations. La qualité de l'eau diminue quand le temps de séjour dans le réseau augmente et que la vitesse à laquelle cette qualité diminue dépend en partie des caractéristiques du réseau de distribution, un réseau de grande qualité a le moins possible de conduites en impasse et assure un débit et un renouvellement adéquats de l'eau [8]. Donc un réseau de distribution de haute qualité est celui qui garantit les paramètres suivants :

a- La qualité

Les objectifs doivent bien sûr être les mêmes dans tous les services, assurer en permanence au consommateur une eau qui ne doit pas nuire à sa santé et qui doit être conforme à la réglementation sanitaire [9] et [10].

b- La Quantité

L'utilisateur doit disposer d'une quantité d'eau suffisante pour couvrir ses besoins, dans un souci permanent de maîtrise de la consommation et de lutte contre le gaspillage [11].

c- La continuité du service

Le service de distribution doit être assuré 24 heures sur 24 avec le minimum d'interruptions [12], [13], [14].

d- A Répartition de la Pression

La pression doit être admissible selon les normes requises [15], [16], [17].

L'atteinte de ces objectifs doit impérativement respecter deux contraintes majeures :

- ✚ La préservation de la ressource ;
- ✚ Le coût raisonnable du service de distribution tant pour l'utilisateur que pour la collectivité [18], [19], [20].

2.6.2 Structure générale d'un réseau de distribution

La structure du réseau d'alimentation en eau potable dépend de la localisation des abonnés, de leur importance et du niveau de demande à assurer. La structure traduit les dimensions des conduites, la capacité des réservoirs, le nombre de pompes et la puissance fournie. Elle tient compte d'éléments géographiques tels que : la dispersion des abonnés, la présence d'obstacles naturels, la présence de routes, chemin de fer,

jardins, d'autres réseaux enterrés. Tous ces éléments vont permettre au service de l'eau de définir des caractéristiques propres à chaque composant du réseau afin d'assurer son bon fonctionnement.

2.7 Conduites

Les conduites permettent l'acheminement de l'eau d'un point du réseau à un autre. En fonction de la situation urbaine et de l'importance du quartier nous distinguons trois types de conduites:

2.7.1 Conduites principales (les artères)

Les artères, représentent les conduites qui partent du réservoir soit de la station de pompage (SP) afin de distribuer l'eau dans tous les points du réseau par le plus court chemin. Les artères doivent être posées de telle façon qu'elles puissent alimenter le secteur et disposer, si c'est possible, de diamètres économiques et d'obtenir des pressions uniformément distribuées.

2.7.2 Conduites secondaires (conduites de service)

Le diamètre varie entre 250 – 150 mm, elles sont alimentées par les artères et distribuent l'eau vers les branchements.

2.7.3 Conduites de distribution principales (Les branchement)

C'est la partie de l'installation située entre les conduites de service et le compteur ou robinet vanne d'arrêt lorsque le branchement ne comporte pas de compteur (service incendie notamment). Le diamètre du branchement est déterminé en fonction des débits de pointe et des consommations journalières.

Une autre distinction peut être effectuée en se basant sur la nature du matériau constituant la conduite dont ils présentent des caractéristiques physiques et mécaniques distinctes.

Le tableau suivant présente certains types de conduite (Tableau.I.01) :

Tab.I.01. Types de conduites selon le matériau et les résistances.

<i>Matériau</i>	<i>Résistance mécanique</i>	<i>Résistance à la corrosion</i>
Béton	importante	importante
Fibres ciment	Interdit comporte de l'amiante	
Matières Plastiques (<i>PVC, PEHD, PRV</i>)	faible	importante
Acier	importante	faible
Fonte grise	faible	importante
Fonte ductile	importante	Importante

2.7.4 Point de livraison

Le point de livraison est l'emplacement où est délivrée l'eau potable à l'abonné, il est situé au raccord aval du compteur.

2.8 Topologie des réseaux de distribution

La topologie du réseau est la représentation schématique de ses différents éléments constitutifs, et de leurs liaisons. La disposition des nœuds et des conduites dépend de la localisation des abonnés, présence de routes, obstacles naturels, présence d'autres réseaux. En termes de topologie, nous distinguons :

2.8.1 Les réseaux Ramifiés

Ce type de réseau se présente selon une structure arborescente à partir du réservoir d'alimentation assurant la mise sous pression. Cette configuration est justifiée par la dispersion des abonnés. Cependant, ce type de topologie réduit la fiabilité du réseau dans le cas d'une rupture d'une conduite, privant en eau les utilisateurs en aval du point de rupture (fig.I.8).

Elle caractérise généralement les réseaux de distribution d'eau en milieu rural.

2.8.2 Les réseaux Maillé

Comportant un certain nombre d'antennes en boucle et pouvant assurer la distribution en eau, cette configuration caractérise les réseaux de distribution d'eau en milieu urbain où il existe une concentration des abonnés. La présence de boucle ou de maille réduit les risques de coupure en cas de rupture de conduites, car assurant une redondance dans l'acheminement de l'eau et limitant l'impact d'une rupture sur la desserte en eau (fig.I.9).

Dans la réalité les deux configurations coexistent dans un même réseau.

En milieu rurale, le réseau sera formé par plus d'antenne et ramifications, alors qu'en milieu urbain, on constatera plus de mailles.

2.8.3 Réseaux étagés

Lorsque le secteur à alimenter s'étend sur une dénivellation trop importante, l'alimentation à partir d'un seul réservoir peut être à l'origine de pressions trop élevées en bas du réseau. Des réservoirs intermédiaires doivent alors être intercalés, ce qui permet de diviser le réseau en sous-réseaux d'une dénivellation satisfaisante. Ces réservoirs peuvent être alimentés par la même source, avoir leur propre alimentation, ou même être reliés entre eux (Fig.I.10).

Le réseau étagé peut, en effet, être maillé ou ramifié.

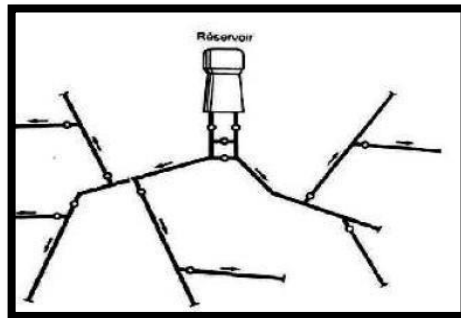


Fig.I.8. Réseau ramifié

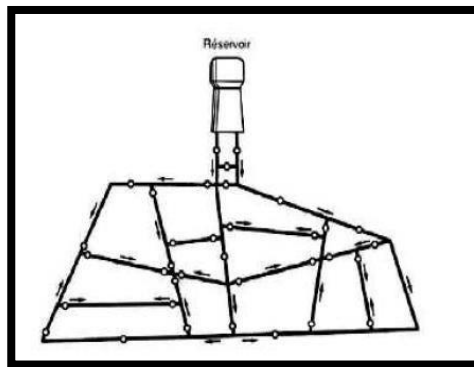


Fig.I.9. Réseau maillé

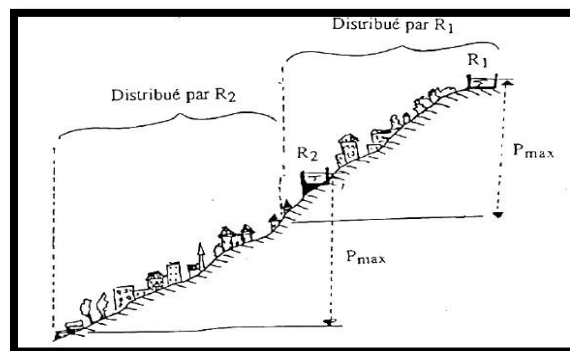


Fig.I.10. Réseau étagé

2.9 Equipement du réseau de distribution

Le long d'une canalisation différents organes accessoires sont installés pour :

- ✚ Assurer un bon écoulement.
- ✚ Régulariser les pressions et assurer les débits.

- ✚ Protéger les canalisations.
- ✚ Soutirer les débits.

Les appareils qui sont utilisés pour notre réseau de distribution sont les suivants :

2.9.1 Les robinets vannent

Ce sont des appareils de sectionnement leur rôle est de permettre l'isolement des tronçons du réseau de distribution lors de leur réparation et permettent aussi la régularisation des débits (Fig.I.11).



Fig.I.11. Photo Les robinets vannent.

2.9.2 Poteaux d'incendie

Ils doivent être raccordés sur des conduites capables d'assurer un débit de 17 l/s et une pression de 1 bar (Fig.I.12).



Fig.I.12. Photo Poteaux d'incendie.

2.9.3 Les cônes

Permettent le raccordement des conduites ayant des diamètres différents, ils peuvent être placés au niveau de l'emplacement des robinets vannes et d'autres accessoires.

2.9.4 Les Tés et Croix

Permettent le raccordement des canalisations secondaires à la canalisation principale.

2.9.5 Les coudes

Ce sont des pièces utilisées dans le cas de changement de la direction (Fig.I.13).



I.Fig.I.13. Photo coude.

2.9.6 Robinets de décharge

Ce sont des appareils que l'on place au niveau des points bas de la conduite en vue de vider celle-ci, dans le but d'éliminer les dépôts qui se sont formés ou dans le cas de réparation (Fig.14).



Fig.I.14. Photo Robinets de décharge.

2.9.7 Compteurs

Le réseau de distribution nécessite l'emplacement des compteurs qui seront installés en des points adéquats, et servent l'évaluation du rendement du réseau de distribution et le contrôle de la consommation (Fig.I.15).



Fig.I.15. Photo compteurs.

2.10. Choix de matériaux des conduites

Le choix du matériau utilisé est en fonction de la pression supportée, de l'agressivité du sol et de l'ordre économique (coût et disponibilité sur le marché) ainsi que la bonne jonction de la conduite

avec les équipements auxiliaires (joints, coudes, vannes...etc.). Parmi les matériaux utilisés on peut citer : l'acier, la fonte, le PVC et le PEHD.

2.10.1 Tuyaux en fonte

Ce type de conduites présente plusieurs avantages :

- ✚ Bonne résistance aux forces internes.
- ✚ Bonne résistance à la corrosion.
- ✚ Très rigides et solides.

L'inconvénient de ce type de conduites est qu'elles sont très lourdes, très chers et non disponibles sur le marché (Fig.I.16).



Fig.I.16. Photo tuyaux en fonte.

2.10.2 Tuyaux en acier

Ce type de conduites présente les avantages suivants:

- ✚ Les tuyaux en acier sont plus légers que les tuyaux en fonte, d'où l'économie sur le transport et la pose.
- ✚ Bonne résistance aux contraintes (choc et écrasement).
Leur inconvénient majeur est la corrosion (Fig.I.17).



Fig.I.17. Photo tuyaux en acier.

2.10.3 Tuyaux en PVC (Polychlorure de Vinyle non Plastifié)

Ce type de conduites présente les avantages suivants :

- + Bonne résistance à la corrosion.
- + Disponible sur le marché.
- + Une pose de canalisation facile.

Leur inconvénient réside dans le risque de rupture (Fig.I.18)



Fig.I.18. Photo tuyaux en PVC.

2.10.4 Tuyaux en amiante ciment

- -Les parois intérieures d'amiante ciment sont relativement lisses et étanches.
- -Ils sont insensibles à la corrosion électrochimique. Leur inconvénient est la fragilité (Fig.I.19).



Fig.I.19. Photo tuyaux en amiante ciment.

2.10.5 Tuyaux en PEHD

Ce type de conduites présente les avantages suivants :

- + Bonne élasticité.
- + Fiable au niveau des branchements, pas de fuite.
- + Bonnes caractéristiques hydrauliques (coefficient de rugosité très faible).
- + Bonne stabilité de tension et résistance à la tension.
- + Bonne résistance aux hautes températures (90°C).
- + La conduite peut être allongée 3 fois avant qu'elle atteigne sa limite de rupture.
- + Bonne résistance à la corrosion.
- + Facilité de pose.
- + Disponible sur le marché (Fig.I.20).



Fig.I.20. Photo tuyaux en PEHD.

3. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présentés les éléments constitutifs d'un système d'AEP et les éléments spécifiques des réseaux d'eau potable, avec une description physique, pour connaître les éléments du réseau et l'importance de chaque élément dans le système de distribution.

Chapitre II : Dysfonctionnements des réseaux d'alimentation en eau potable

Chapitre II : Dysfonctionnements des réseaux d'alimentation en eau potable

1. Introduction

L'eau est une source vitale, indispensable à la vie, malheureusement cette richesse n'est pas bien protégée, à causes de gaspillage, de dysfonctionnement des réseaux et le problème de fuite d'eau potable, qui tient la part du lion. Lié aux les différents types des fuites.

2. Vieillessement des réseaux d'alimentation en eau potable

2.1. Définition du vieillissement d'une conduite d'eau potable

Le vieillissement d'une conduite correspond à sa dégradation dans le temps, celle-ci donnant lieu, soit à certains dommages, soit au mauvais fonctionnement hydraulique du réseau (Fig.II.1).



Fig.II.1. Vieillessement des canalisations.

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

a. Chute de pression

Une conduite en service aura un diamètre diminué à cause de l'entartrage ou des protubérances dues la corrosion

b. Fuites diffuses

Dues aux détériorations 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.

c. Ruptures

Dues 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.

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.

2.3. Défaillance des réseaux d'alimentation en eau potable

C'est l'incapacité à livrer de façon fiable et à une pression minimale un volume adéquat d'eau dont la qualité satisfait aux recommandations pour la qualité de l'eau potable. Cette défaillance est le résultat d'une dégradation des conduites qui se traduit par :

2.3.1. Les fuites

Ce sont tous les événements entraînant une réparation sur les conduites, on distingue :

a. Fuites diffuses

Elles sont caractérisées, soit par une fragilisation du tuyau dues à la corrosion, soit par un mauvais état des joints qui deviennent alors poreux. Une forte augmentation de leur nombre peut avoir une incidence directe sur le réseau et diminuer le rendement.

b. Fuites apparentes

Ces fuites sont celles qui entraînent automatiquement une intervention sur le réseau. Elles sont mises en évidence parce qu'elles entraînent une inondation importante sur la chaussée. [21],[22].

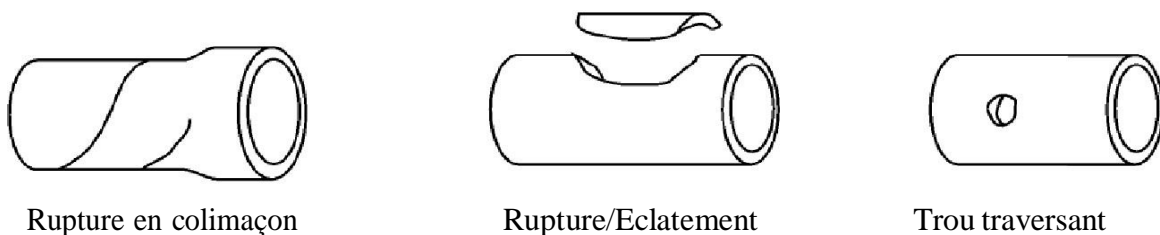
2.3.2. Ruptures sur conduites

La rupture est une défaillance mécanique ou structurale d'une conduite de distribution d'eau, elle est due à l'action combinée de la corrosion sur la conduite et des mouvements de sol (vibrations, séismes, travaux divers). Habituellement une rupture est plus conséquente qu'une fuite. [23]

a. Défaillance structurale

Selon (Eisenbeis, 1994,) une défaillance structurale est une rupture ou une fuite apparente nécessitant une intervention sur le réseau, soit sur le tuyau, soit sur le joint.

Les conduites de distribution se rompent habituellement lorsque l'étendue de la corrosion (ou de la dégradation) est suffisante pour empêcher la conduite de résister aux contraintes qu'elle subit. Voici une illustration des types de ruptures les plus courantes dans le cas des conduites de distribution (Fig.II.2).



Rupture en colimaçon

Rupture/Eclatement

Trou traversant

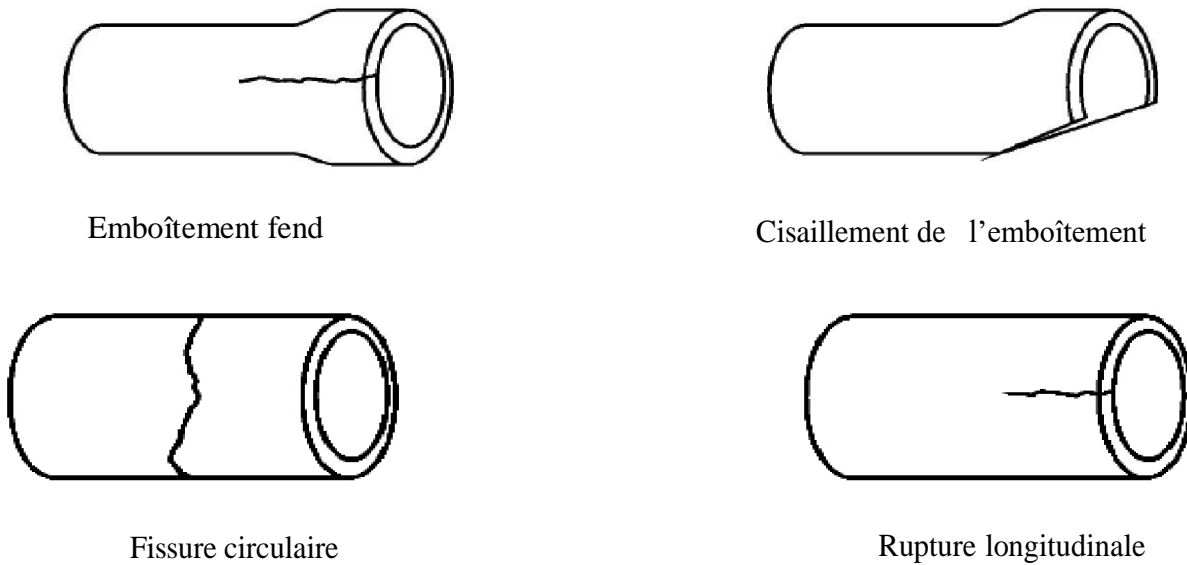


Fig.II.2. Différents types de rupture des conduites d'eau potable

2.3.3. Corrosion

En Algérie, la plupart des conduites sont en fonte (ordinaire ou ductile), ou en acier. Par conséquent, la corrosion est le problème le plus courant dans les systèmes de distribution.

En plus d'affaiblir les parois des conduites, la corrosion a un impact direct sur les caractéristiques mécaniques des conduites, elle augmente leurs risques de rupture, elle augmente aussi considérablement les pertes de charge en augmentant la rugosité, on peut distinguer deux type de corrosion [10].

a. Corrosion interne

La corrosion est toujours le résultat de la présence simultanée de deux agents, le métal et le milieu corrosif qui est l'eau dans le cas de la corrosion interne [24].

La corrosion interne est régie par de nombreux facteurs :

- ✚ La vitesse de l'eau peut avoir une influence sur les zones de dépôt,
- ✚ Quand le pH d'équilibre n'est pas atteint, l'eau est alors agressive favorisant cette corrosion qui est particulièrement importante pour les tuyaux en acier. [25], (Fig.II.3).



Fig.II.3. Corrosion de l'intérieur

b. Corrosion externe

La corrosion extérieure des conduites métalliques enterrées est généralement la conséquence d'un processus électrochimique, le sol jouant le rôle d'un électrolyte, particulièrement quand il est humide. On peut distinguer l'auto-corrosion et la corrosion électrolytique.

Auto-corrosion

On lui rattache les corrosions spontanées telles que :

- ✚ La cytolysse ou corrosion électrochimique localisée, limitée à la surface du métal par l'étendue du terrain agressif, et due au mauvais isolement de la conduite.
- ✚ La géolyse ou corrosion électrochimique étendue, due à la formation d'une pile géologique par la mise en contact du métal avec deux zones de terrains différentes.

c. Corrosion électrolytique

Ensemble des corrosions dues à des effets électriques extérieurs, désignés souvent sous le nom de courants vagabonds, particulièrement nombreux dans les régions industrielles (nombreuses terres) et à proximité de lignes de tramways et de chemins de fer électriques (Fig.II.4), [7].

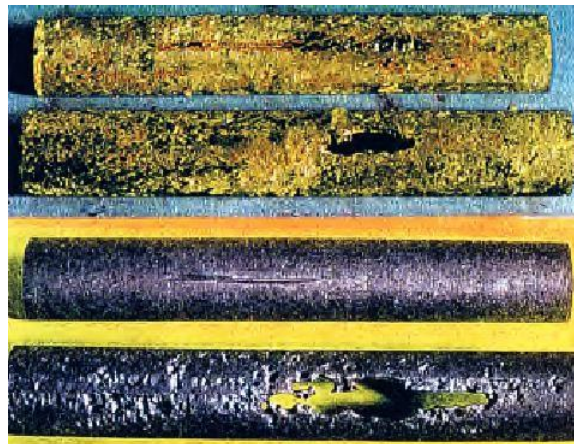


Fig.II.4. Corrosion des conduites en fonte ductile

2.3.4. Impact de la corrosion sur la qualité de l'eau

Les effets de corrosions peuvent être désastreux, la corrosion peut faciliter le développement de gros tubercules (ensembles de matières pouvant comprendre du tartre, des algues et des bactéries) dans les conduites, ce qui réduit le débit et la pression de l'eau, allonge le temps de séjour de l'eau dans les conduites et favorise la corrosion. Par ailleurs, la qualité « esthétique » de l'eau peut être réduite à cause

du dégagement, dans l'eau, de sous-produits solubles ou particuliers de la corrosion.

2.3.5. Phénomène d'entartrage

Le tartre est habituellement composé de précipités de carbonates qui s'accumulent sur les parois des conduites. La formation de ces dépôts calcaires a des répercussions internes sur la qualité de l'eau et sur son écoulement par réduction de la section utile de la conduite (Fig.II.5). [26].



Fig.II.5. Formation de calcaire sur la paroi interne de la conduite

L'entartrage calcaire dans les conduites non revêtues intérieurement et aussi l'apparition de protubérances dues à des produits de corrosion ($\text{Fe}(\text{OH})_3$, FeS) [23].

Engendrent l'augmentation du coefficient de rugosité et même une diminution des diamètres intérieurs des conduites qui causent la diminution de la capacité de transport, cela est observé par une augmentation des pertes de charge sans qu'il y ait une augmentation de la consommation.

3. Causes de dysfonctionnement des réseaux d'alimentation en eau potable

Qu'elles soient posées en terre, ce qui est le cas général, ou en galeries, les conduites d'adduction gravitaire ou par refoulement, aussi bien que celles de distribution d'ailleurs, sont menacées de dégradation ou de destruction par des causes diverses naturelles ou artificielles (Fig.II.6).

3.1. Causes d'ordre hydraulique

Les causes hydrauliques sont :

- ✚ La dépression qui se traduit par une chute brutale de pression dans le réseau, elle peut donner lieu à un retour d'eau, ce qui provoque l'aspiration de polluants dans l'eau ;
- ✚ La contre pression qui est une augmentation brusque de la pression qui peut causer une détérioration dans le réseau. [27] ;
- ✚ Le coup de bélier qui se produit lors d'un passage rapide entre deux régimes « permanents » dans une installation hydraulique, il s'accompagne d'une importante et soudaine variation de pression,

ce phénomène est occasionné par l'arrêt brutal d'une pompe, la fermeture rapide d'une vanne,...etc. [28].

3.2. Causes liées à la qualité de l'eau distribué

La nature de l'eau est un facteur très important de corrosion interne de la canalisation et de l'entartrage, des interactions eau-conduite peuvent se traduire simultanément par une dégradation de la qualité de l'eau et aussi par une dégradation de l'état intérieur des conduites. [23]

3.3. Causes liées à la canalisation elle-même

Tout type de canalisation d'eau potable doit être conforme à certaines spécifications techniques, assurant une durabilité suffisante.

Cependant les différents types de canalisations ont chacun des caractéristiques propres, qui peuvent faciliter certains types de défaillances.

Les causes liées à la canalisation sont soit dues à leur diamètre ou bien à leur matériau de fabrication, elles se présentent par :

- ✚ Un mauvais choix initial du matériau ou du diamètre (surdimensionnement ou sous dimensionnement) ;
- ✚ Une mauvaise qualité du matériau : défaut du revêtement ou défaut de structure (fissuration, ovalisation, graphitisation...);
- ✚ Des joints des tuyaux défectueux ou inadaptés ;
- ✚ Des défauts de pose. [30] et [23]

3.4. Causes liées au milieu environnant

Elles sont :

- ✚ Les caractéristiques mécaniques médiocres des terrains (charges transmises aux canalisations) [10] ;
- ✚ La présence de nappes phréatiques ;
- ✚ La pose ou remplacement d'autres réseaux et travaux de voirie (mouvements et déstabilisation des sols) ; [31]
- ✚ L'agressivité naturelle des terrains ou des remblais (phénomènes de corrosion externe).

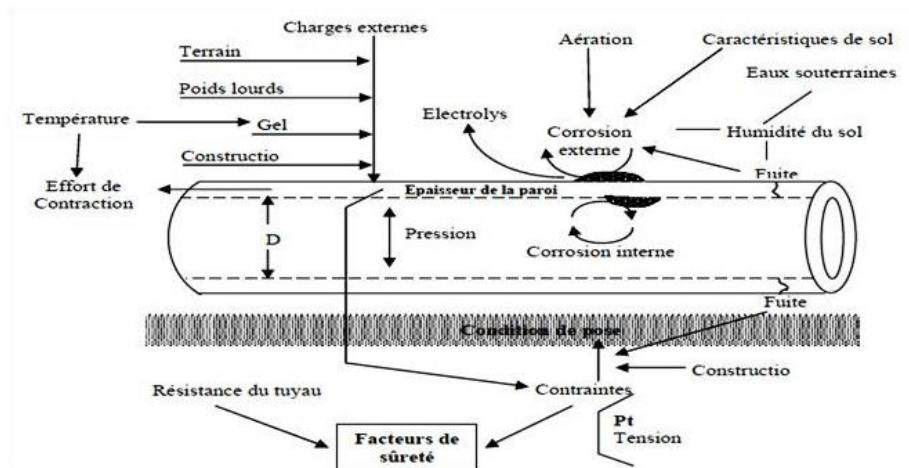


Fig.II.6. Causes de dysfonctionnement des réseaux d'AEP

4. Symptômes de dysfonctionnement des réseaux d'alimentation en eau potable

L'existence d'un ou de plusieurs des phénomènes suivants indique que le réseau de distribution d'eau est détérioré :

- ✚ Une détérioration de la qualité de l'eau en raison de la corrosion interne des éléments constitutants métalliques sans revêtement, de la formation d'un film biologique ou de mauvaises pratiques d'entretien ; [13]
- ✚ Une réduction de la capacité hydraulique en raison de la corrosion interne (C'est-à-dire de la tuberculisation) des éléments constitutants métalliques sans revêtement ou des précipitations de carbonate de calcium ;
- ✚ Un débit de fuite élevé en raison de trous produits par la corrosion dans les tuyaux ou de la détérioration des joints ;
- ✚ Des ruptures fréquentes causées par la corrosion, la dégradation du matériau, de mauvaises pratiques de mise en place, des défauts de fabrication ou des conditions d'exploitation. [9]

5. Dommages engendrés par la détérioration des conduites

Ils sont liés au mauvais fonctionnement hydraulique du réseau ou autre pendant laquelle les abonnés sont éventuellement privés d'eau ou subissent une chute de pression.

Ces dommages se traduisent par :

- ✚ 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 ;
- ✚ Détérioration de la qualité de l'eau.

6. Protection des conduites

La bonne conservation des conduites dépend, en premier lieu, de la qualité du matériau dont elles sont constituées et surtout de son adaptation aux caractéristiques physico-chimiques des terrains dans lesquels elles sont posées. Ceci est vrai pour les différentes natures de matériaux, mais principalement pour les conduites métalliques : fer, fonte, acier, ...etc. Ainsi que pour les conduites en béton armé, dans la constitution desquelles il entre des matériaux ferreux.

Les conduites peuvent aussi être soumises fonctionnellement à des surpressions accidentelles auxquelles elles doivent résister soit intrinsèquement par leur résistance propre, soit par des moyens de protection appropriés.

6.1. Protection contre la corrosion

On doit protéger les canalisations menacées par l'un ou l'autre des deux procédés suivants, qui peuvent d'ailleurs être employés simultanément.

6.1.1. Isolement du métal de l'électrolyte

Par emploi d'un revêtement isolant efficace qui convient particulièrement en terrain très sec et de très forte résistivité.

6.1.2. Protection cathodique de la conduite

Elle consiste à rendre le métal constituant cette dernière passif ou autrement dit cathodique par rapport à une anode artificielle (rail électrifié, par exemple) ou naturelle (blocs de magnésium). Cette méthode implique l'utilisation d'une source de courant auxiliaire, d'origine galvanique (anodes réactives de magnésium) ou d'origine industrielle (protection électrique).

6.2. Equipements de protection contre les surpressions, les dépressions et le coup de bélier

6.2.1. Réservoir à air

Dans les installations de moyenne importance, l'appareil le plus simple et le plus sûr est le réservoir à air, placé dans les conditions de la (Fig.II.7). Quand la conduite de longueur L et de section constante S est à caractéristique unique (caractères hydrauliques et mécaniques identiques sur toute sa longueur), le volume d'air W0 nécessaire est donné par la formule simple :

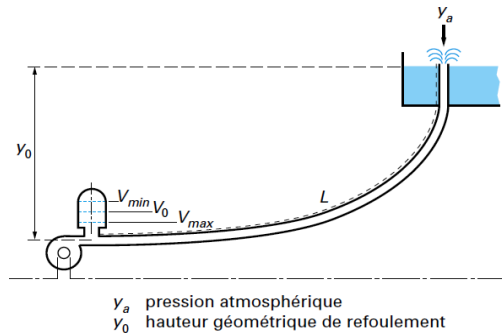


Fig. II.7.Emplacement d'un réservoir anti-bélier

FIGURE 1EMPLACEMENT D'UN RESERVOIR ANTI-BELIER

$$W_0 = \left(\frac{v_0^2}{2g} \frac{1}{z_0} \right) F \left(\frac{z}{z_0} \right)$$

Avec :

- ✚ $W = S \cdot L$ volume de la conduite à protéger ;
- ✚ $Z_0 = y_0 + y_a$ Pression absolue au refoulement, exprimée en mètres d'eau ;
- ✚ $F \left(\frac{z}{z_0} \right) = \frac{1}{f \left(\frac{z}{z_0} \right)}$;
- ✚ $f \left(\frac{z}{z_0} \right) = \left(\frac{z}{z_0} \right) - \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) - 1$;
- ✚ $Z = Z_{max}$ pression absolue à ne pas dépasser, exprimée en mètres d'eau ;

Où $Z = Z_{min}$ pression absolue minimale au-dessous de laquelle on ne veut pas descendre ;

M. Sliosberg a donné les valeurs de $f \left(\frac{z}{z_0} \right)$

Pour l'application de cette formule, A. Vibert pose : $\tau \frac{w_0}{w} = \tau$ et $\tau = \frac{V_0^2}{2g} \frac{1}{z_0}$

Il vient alors : $\tau = \zeta F \left(\frac{z}{z_0} \right)$

Cette expression donne le volume d'air nécessaire par unité de volume de la conduite. Connaissant W0, on déduit W0max et W0min des relations :

$$W_{max0} = W_0 \left(\frac{z_0}{z_{min}} \right) \quad \text{Et} \quad W_{min0} = W_0 \left(\frac{z_0}{z_{max}} \right) ;$$

L'abaque de Vibert (Fig.II.8), pour le calcul des cloches à air de protection contre les coups de bélier permet la détermination graphique de τ en partant des valeurs de ζ , Z_{\min} / Z_0 ou Z_{\max} / Z_0 .

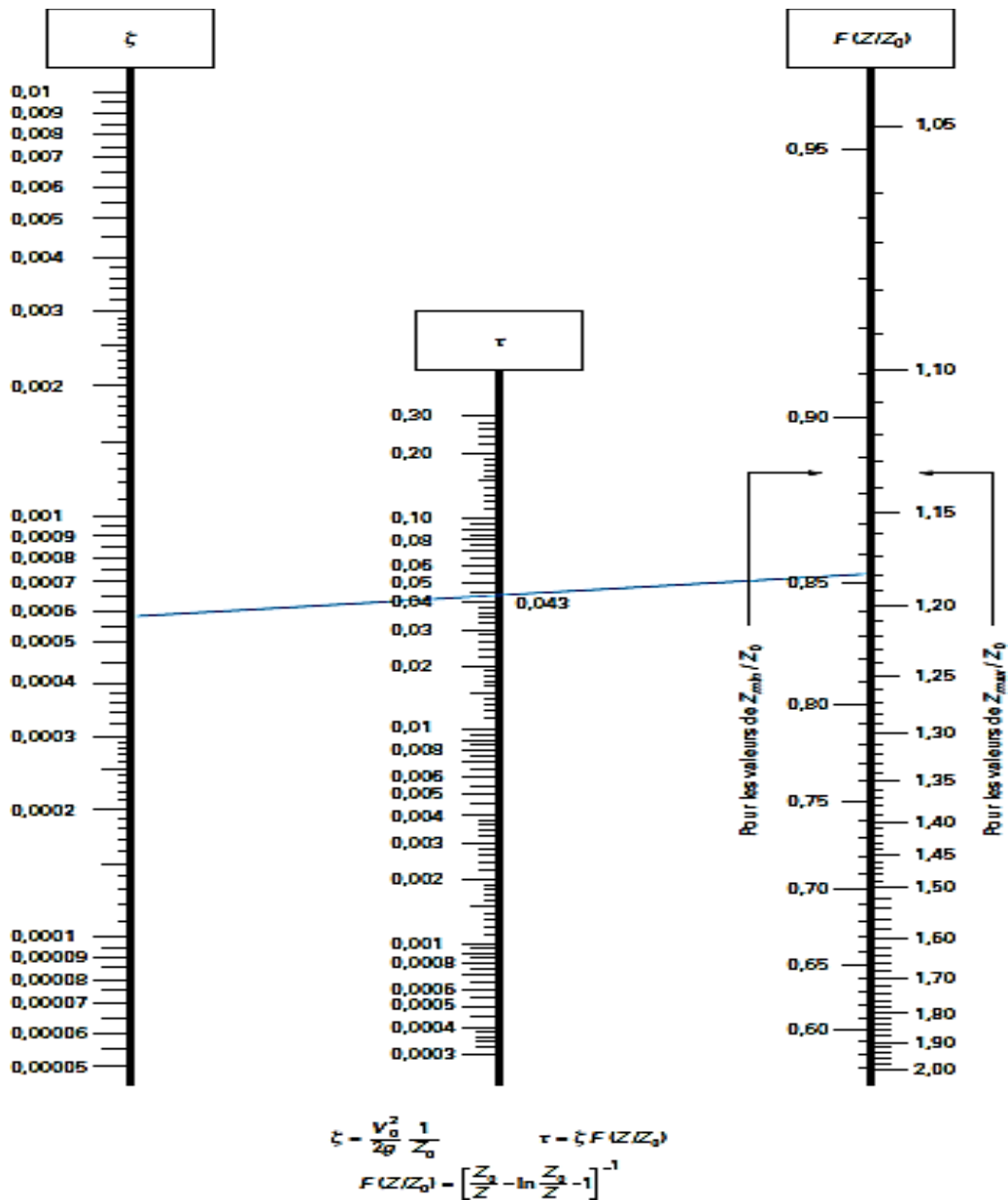


Fig.II.8. Abaque de Vibert Pour le calcul des cloches à air de protection contre les coups de bélier

6.2.2. Cheminée d'équilibre

Les cheminées d'équilibre sont des dispositifs assez simples qui permettent de transformer les surpressions et les dépressions en variation de hauteur de colonne d'eau, dans les cas de refoulement sur des dénivellations importantes, l'utilisation de cheminées d'équilibre devient impraticable puisque leurs hauteurs seraient trop grandes. Cependant, elle peut être placée en cours de parcours pour contrer les effets de la cavitation. La hauteur de la cheminée sera alors réduite et son emplacement, son niveau d'entretien étant réduit.

6.2.3. Soupape anti-bélier

Les soupapes anti-bélier sont des équipements mécaniques qui ont pour rôle d'éliminer localement les pressions supérieures à une valeur donnée. Ces dispositifs sont généralement constitués d'une soupape maintenue par un ressort dont la pression est fixée à une valeur égale ou légèrement supérieure à la pression maximale. L'ouverture de la soupape laisse passer un débit qui doit être évacué vers l'extérieur. Cet équipement est inefficace pour protéger les conduites contre les dépressions et les cavitations.

6.2.4. Les ventouses

Elles se trouvent en général sur les points hauts, il faut bien distinguer les ventouses permettant l'évacuation d'air de celles permettant également l'entrée d'air pour une lutte contre les pressions relatives négatives mais qui ne peuvent fonctionner que de manière exceptionnelle pour les réseaux d'eau potable.

6.2.5. Volant d'inertie

Calé sur l'arbre du moteur, lors de l'arrêt de ce dernier, le volant d'inertie aura emmagasiné de l'énergie qu'il restituera afin de permettre l'allongement du temps d'arrêt de la pompe. Donc il permet de diminuer l'intensité du coup de bélier.

Remarque

La protection des conduites gravitaires contre le coup de bélier est basée sur la vitesse de fermeture de la dernière vanne sur cette conduite. Les ondes de surpression et de dépression sont caractérisées par une vitesse de propagation donnée par la formule d'Allievi :

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + k \frac{D}{e}}}$$

C : célérité d'onde (m/s) ; D : diamètre de la conduite (mm) ; e : épaisseur de la conduite (mm) et k : Coefficient d'élasticité de l'eau.

7. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons mis en évidence l'importance du diagnostic, nous avons présenté les défaillances et les causes de dysfonctionnement des réseaux d'AEP, puis des dommages provoqués par la détérioration des canalisations, et enfin nous avons cité les moyens de lutte et de protection contre la corrosion et le phénomène du coup de bélier.

Chapitre III : Méthodologie proposé pour le diagnostic dans le contexte algérien

Chapitre III : Méthodologie proposé pour le diagnostic dans le contexte algérien

1. Introduction

L'exploitation des systèmes d'alimentation en eau potable, n'est pas effectuée d'une manière rigoureuse et efficace. On peut estimer les pertes d'eau dans les anciens réseaux à plus de 50% de la production d'eau.

La plus par des réseaux de distribution ont été réalisés sont études, ce qui constitué un véritable obstacle devant les ingénieurs concepteur et services gestionnaires du réseau de distribution. Pour cela il est nécessaire de mettre en place une méthode de diagnostic des réseaux d'eau potable.

2. Définition du diagnostic

Le mot diagnostic est d'origine grecque, il signifie « connaissance », ce qui nous permet de dire que le diagnostic est d'acquérir la connaissance à partir des signes observables. Le diagnostic est le raisonnement menant à l'identification de la cause (l'origine) d'une défaillance, d'un problème ou d'une maladie, à partir des informations relevées par observations, contrôles ou tests. À l'origine utilisé dans le domaine médical, ce terme signifie :

- ✚ Identification d'une maladie par ses symptômes ;
- ✚ Un jugement porté sur une situation, sur un état.

A l'heure actuelle, la démarche de diagnostic est utilisée dans un grand nombre de domaines différents, et en particulier dans le domaine de l'Hydraulique ou elle constitue l'étape préliminaire pour l'analyse du réseau. Elle consiste à détecter les problèmes existant dans le réseau à partir de l'observation de certains facteurs indicateurs des dysfonctionnements et l'élaboration de certains tests spécifiques. Le diagnostic nous permet de connaître les forces et les faiblesses d'un réseau d'alimentation en eau potable, d'expliquer son évolution passée et de porter un jugement sur son évolution future [32].

2.1 Différentes formes de diagnostics

Selon les circonstances, la nature des problèmes où l'urgence, le diagnostic pourra revêtir plusieurs formes sans que celles-ci altèrent le principe et la rationalité de la démarche.

2.2.1 Diagnostic global (approfondi)

C'est le modèle de base qui analyse le réseau dans une perspective globale à travers ses fonctions et son organisation et débouche sur des propositions d'améliorations.

Le diagnostic va permettre de mettre en évidence les points forts et les points faibles, de comprendre l'évolution passée du réseau, il va également faire ressortir les menaces et opportunités à venir.

Ces informations permettront aux principaux responsables d'orienter leur action pour améliorer les performances du réseau.

2.2.2 Diagnostic express

Il arrive parfois que l'urgence, ou la ponctualité d'un problème, ne justifie pas ou ne permet pas d'attendre les résultats d'un diagnostic approfondi, il faudra simplement procéder à un diagnostic express.

Ce diagnostic aura alors pour objectif d'identifier les raisons des difficultés mais, de formuler des mesures de sauvetage rapides et hiérarchiser les actions à réaliser par ordre d'urgence et d'importance.

2.2.3 Diagnostic fonctionnel

Enfin, la troisième forme que pourra revêtir le diagnostic est celle du diagnostic fonctionnel. Il s'agit là d'un diagnostic fragmentaire, destiné à solutionner des problèmes de fonctionnement interne et à améliorer les résultats.

Il se peut aussi qu'après un diagnostic express, l'analyse identifie et localise les problèmes dans une partie déterminée et décide d'effectuer un travail d'approfondissement nécessaire à cette partie.

Nous aurons ainsi, dans ce cas-là, un diagnostic express plus un diagnostic spécialisé et limité à une seule partie.

3. Objectifs et intérêts d'une étude-diagnostic d'un réseau d'eau potable

La phase de terrain permet dans un premier temps de réaliser un repérage exhaustif du patrimoine hydraulique (conduites, Robinets-vannes de sectionnement, appareils de régulation etc.) Suite à ce repérage, un schéma d'ensemble du réseau d'eau potable est réalisé sous format informatique et papier avec une base de données associée. Ce document constitue un premier outil de synthèse et de gestion qui peut être mis à jour régulièrement en fonction des évolutions techniques du réseau.

Dans un deuxième temps, la pose de compteurs au niveau des secteurs de distribution, permet la réalisation de mesures hydrauliques qui vont définir les volumes de pertes de chaque secteur de distribution. Ces mesures vont en outre permettre de calculer les indices et ratios servant à caractériser l'état général du réseau ainsi que le volume nécessaire aux abonnés de chaque secteur.

Puis dans un troisième temps, on procèdera à la localisation et à la réparation des fuites détectées lors de la phase de mesures hydrauliques. Cette phase peut être reconduite plusieurs fois jusqu'à obtention de rendements satisfaisants pour la collectivité.

Enfin, une dernière phase consiste en la rédaction d'un rapport d'étude qui répond à un double objectif :

- ✚ Réaliser la synthèse des opérations menées dans le cadre de l'étude-diagnostic et notamment mettre en évidence les dysfonctionnements rencontrés. Cette synthèse permet d'insister sur l'adéquation entre les ressources disponibles et les consommations, sur les capacités insuffisantes des réservoirs, sur le dimensionnement des conduites ...etc.
- ✚ Proposer à la collectivité des solutions techniques viables ainsi qu'un échéancier des travaux à prévoir afin d'assurer un fonctionnement optimum du réseau en situation actuelle mais également future.

4. Etapes de diagnostic des réseaux d'alimentation en eau potable

4.1 Cartographie des plans

4.1.1 Saisie des plans et données du système existant (Cartographie)

L'objectif de cette étape est de mettre à jour les plans du système d'alimentation en eau potable de la ville objet l'étude. Un certain nombre de plans et de données existants, seront mis pour la vérification sur terrain ; en même temps une saisie informatique de SIG des plans de réseau. La mise en œuvre s'effectuera dans les phases suivantes :

4.1.2. préparation des fonds de plan

La mise à jour des plans existants ; prendre en considération l'urbanisation actuelle qui devrait être limitée.

Pour les zones où un levé complémentaire doit être effectué, du fait de l'extension de la ville, la méthode de préparation des fonds de plans sera du type « levé direct » et comprendra :

- ✚ Levé des rues et des façades.
- ✚ Détails altimétriques et planimétriques des rues.
- ✚ Mise en place d'une polygonale de base rattachée au système cartographique en usage en Algérie (UTM 32 pour les zones concernées).
- ✚ Rattachement par déterminations GPS.

4.1.3 Recueil des données

La collecte des données informations nécessaire relative au réseau existante (conduites d'adductions, de distributions et ouvrages) se fait au près des administrations et services concernés.

Pour identifier et qualifier les informations disponibles, il faut faire une note de synthèse relative à ces informations, avec un schéma d'ensemble du réseau. Toutes ces informations seront numérisées dans un système d'information géographique (SIG) de manière à constituer une base de référence.

4.1.4 Vérification du système d'AEP

Une fois les données existantes introduites dans un système d'information géographique (SIG); il aura une analyse du réseau et notera les anomalies qui apparaissent (départ de conduites sans vanne, branchement illogique, zones sans réseau, etc.). Cette analyse servira de guide à la vérification du système d'AEP.

Cette tâche ; de vérification du système d'AEP, sera réalisée en coordination avec les personnels des services concernés. Qui dispose d'une connaissance certaine du réseau. La procédure est comme suit :

- + La vérification des plans des réseaux de distribution par visite sur le terrain avec le personnel de l'ADE ; la direction des ressources en eau.

- + A la collecte des données techniques : diamètre, matériau et âge de la conduite à partir des connaissances du personnel ; quand les informations seront inconnues comme l'âge ou les matériaux ; il sera nécessaire d'estimer ces informations à partir de la connaissance générale du secteur.

- + Sondage par excavation pour localiser les conduites quand cela s'avère nécessaire comme :

- ❖ Le manque complet de plans sur des nouveaux secteurs,
- ❖ Plans erronés ou incomplets ;
- ❖ Bouche à clé invisible ;
- ❖ Matériau indétectable à partir de la surface.

- + A des recherches des métaux pour localiser les vannes qui n'apparaissent pas sur les plans alors que leur existence est présumée ou pour qualifier les équipements spéciaux. Dans des cas particuliers, afin de vérifier la conception des nœuds il pourrait s'avérer nécessaire de procéder à des fouilles.

- + La réalisation d'un bilan qualitatif des équipements spéciaux du réseau, puis définition des travaux à réaliser pour permettre leur bon fonctionnement dans le cadre de la réhabilitation.

- + La vérification des plans des ouvrages principaux (stations de pompage, de traitement, forage, réservoirs, etc.) ou éventuellement à l'élaboration des schémas.

4.1.5 Préparation des plans du système d'AEP existant

La préparation de la base des données technique du SIG conduira :

- ✚ Préparation de la base de données (secteurs, conduites, nœuds, ouvrages, branchements.) et l'identification de tous les éléments du système d'AEP proprement dit

- ✚ L'identification des conduites (code, diamètre, matériaux, âge, etc.).

- ✚ L'identification des nœuds (type, code, diamètre, matériau, âge, etc.) Avec une attention particulière aux vannes de sectorisation.

- ✚ L'identification des branchements (type, code, diamètre, âge, etc.)

Toutes ces informations seront utilisées pour l'élaboration de rapports spécifiques sur une composante du système par élément ou par zone géographique, et la mise en évidence, à partir de l'état des équipements et des contraintes, des travaux de réhabilitation à réaliser.

4.1.6 Systèmes d'information géographique (SIG)

a- Définition du SIG :

Un SIG est un système informatique de matériels, de logiciels et de processus, conçu pour permettre la collecte, la gestion, la manipulation et l'affichage des données à référence spatiale en vue de résoudre des problèmes d'aménagement et de gestion.

Pour transformer un objet réel en une donnée à référence spatiale, on décompose le territoire en couche thématique (relief, route, bâtiments...) structurées dans des bases de données numériques. Les bases de données qui alimentent les SIG doivent être géo référencées, c'est-à-dire partager un cadre commun de repérage qui s'appelle système de projection [32].

b- Les SIG permettent entre autre :

- ✚ De stocker sous forme numérique de gros volumes de données géographiques de manière centralisée et durable. Par rapport au papier ou aux fiches, les supports informatiques actuels (CD, DVD), assurent une meilleure conservation des données.

- ✚ D'afficher et de consulter les données sur l'écran, de superposer plusieurs couches d'information, de rapprocher des informations de différentes natures (topographiques, environnementales, économiques).

- ✚ D'actualiser ou de modifier les données sans avoir à recréer un document.

- ✚ D'analyser les données en effectuant par exemple des calculs de surface ou de distance.
- ✚ D'ajouter ou d'extraire des données, de les transformer pour mettre à disposition d'un prestataire (géomètre, architecte, gestionnaire de réseau,..) ou d'un décideur.
- ✚ D'éditer des plans et des cartes à la demande et en grand nombre à des coûts peu élevés.

c- Les composantes du SIG

Un SIG comprend principalement 5 composantes :

1. Le matériel informatique
2. Le logiciel SIG
3. Les données organisées en bases
4. Les méthodes
5. Les ressources humaines (les utilisateurs).

4.1.7 L'information géographique

La définition de chacun des composants, système d'information et information géographique contribue à en préciser le contour :

- ✚ Système d'information : ensemble de composants inter-reliés qui recueillent de l'information, la traitent, la stockent et la diffusent afin de soutenir la prise de décision et le contrôle au sein de l'organisation.
- ✚ Information géographique : l'information est dite géographique lorsqu'elle se rapporte à un ou plusieurs lieux de la surface du globe terrestre. Cette information possède la caractéristique d'être localisée, repérée ou géocodée.
- ✚ Un système d'information géographique a donc comme finalité de renseigner sur un territoire en localisant les informations pour aboutir à un processus de décision.

d- Intérêt de SIG :

Les systèmes d'information géographique servent principalement à :

- ✚ Enregistrer l'information sur le territoire est la fonction première des SIG.
- ✚ Questionner l'information sur le territoire,
- ✚ Produire des cartographies thématiques,
- ✚ Analyser l'information sur le territoire,

- ✚ Effectuer des simulations.

Pour l'élaboration du SIG plusieurs opérateurs sont utilisés tels que :

- ✚ Arc GIS
- ✚ AutoCAD Map 3D
- ✚ MapInfo,...

e- Usages du SIG sur les réseaux hydrauliques :

L'élément clé de la réussite d'un projet de construction d'un SIG dans les réseaux hydrauliques est la base de données. Elle doit être conçue de telle façon à assurer le passage des données du SIG vers le logiciel de calcul pour la simulation des calculs hydrauliques (exemple : Epanet etc.), puis le retour des résultats vers SIG pour leur analyse et leur interprétation.

f- Structure de la base des données

Pour chaque élément du réseau d'AEP une approche de la structure de la base de données est donnée (conduite ; nœuds ; forage ; réservoir ; station de pompage).

4.1.8 Préparation du rapport SIG :

Le rapport final contient :

- La mise à jour du rapport provisoire comprenant :
 - ✓ Le plan général, les schémas et les plans détaillés du système d'AEP existant
 - ✓ Le rapport décrivant le mode de fonctionnement du système AEP
 - ✓ Un bilan qualitatif des composants du réseau, et les rénovations qu'il préconise.
 - ✓ Les différences trouvées entre les plans initiaux reçus et la situation actuelle sur terrain.
 - ✓ La liste des canalisations et pièces spéciales retrouvées
 - ✓ Les recommandations en termes de rénovations et de réhabilitations.
 - ✓ Les cartes thématiques utiles à la compréhension du système AEP.
 - ✓ Les rapports thématiques.
 - ✓ Le dossier de recollement des organes réparés en cours de visite.

4.2 Etape 2- Diagnostic du réseau de distribution existant

4.2.1. Découpage du réseau en secteur

Le découpage du réseau comprendra les phases suivantes :

a- Analyse du réseau et Définition des secteurs :

Les données nécessaires de cette phase seront collectées dans le cadre du SIG. Il s'agit principalement :

- Des réseaux mis à jour.
- Des données des caractéristiques des ouvrages de production, stockage et pompage.

Les données relatives aux statistiques des consommations et des volumes produits

Seront également recueillies auprès des services concernés.

Les secteurs seront définis en fonction de la taille :

On prend une longueur moyenne de réseau de 2 km à 3 km maximum pour les conduites

Principales et secondaire sans tenir compte des conduites de distribution de diamètre

Inférieur à une certaine valeur selon les cas :

- ✚ Le nombre d'interconnexions entre secteurs et des possibilités d'isolement.
- ✚ La forme du réseau.
- ✚ L'altitude du secteur qui joue un rôle dans la distribution des volumes.
- ✚ De l'alimentation interne (forage).
- ✚ De la sectorisation « commerciale ».
- ✚ Du comptage général.
- ✚ Type de consommateurs.

Le découpage en secteurs (et sous-secteurs) devra être simple et logique afin de simplifier le calcul de bilans, de réduire les coûts d'équipement pour la réhabilitation (vannes, compteurs) et de faciliter la gestion du rationnement.

En parallèle de l'opération de découpage en secteur ; il sera procédé à une analyse du système de distribution (pré-diagnostic). Cette opération sera effectuée par enquête sur terrain en s'appuyant sur la mémoire humaine ; les agents et les responsables de l'entretien afin de vérifier :

- ✚ Les natures de matériaux indiquées sur plans.
- ✚ La position et les types des principales vannes de sectionnement.
- ✚ Le mode de connexion des vannes.

Une réparation et entretien seront effectuées ; pour pouvoir préciser l'importance des réparations qui seront nécessaires au cours du diagnostic et de commander du matériel adapté au besoin.

Deux niveaux de secteurs seront définis :

- ✚ Les secteurs de distribution qui correspondent aux zones géographiques de distribution. Généralement, il s'agit de l'organisation spatiale de la distribution à partir des réservoirs ou des piquages sur canalisations principales et adductions.

- ✚ Les secteurs élémentaires qui correspondent à des sous-ensembles des secteurs principaux. Ce sont des secteurs pouvant être isolés par des vannes sans entraîner

- ✚ de perturbation sur secteur limitrophes. Sur ces secteurs l'analyse de la consommation et les bilans sera faite.

b- Critères du découpage en secteurs

Les critères de découpages (Fig.III.1) en secteur sont :

- ✚ L'organisation de la distribution et les modalités d'alimentation et de desserte des zones de distribution pour les secteurs de distribution.
- ✚ La recherche de minimiser les perturbations de la distribution et les coupures d'eau sur les secteurs.
- ✚ La possibilité de l'implantation des vannes d'isolement et d'installation de compteurs généraux permettant de faire des bilans.

c- Sectorisation :

Après définition sur plan des secteurs, les opérations de sectorisation seront faites par des investigations de terrain qui comprendront :

- ✚ Les visites des ouvrages principaux (pompes, adduction, réservoirs)
- ✚ Les schémas d'implantation des appareils de mesures pour les tests des secteurs pilotes représentatifs (débits, pression, niveau)
- ✚ La vérification de l'étanchéité des vannes entre les secteurs (Fig.III.01).

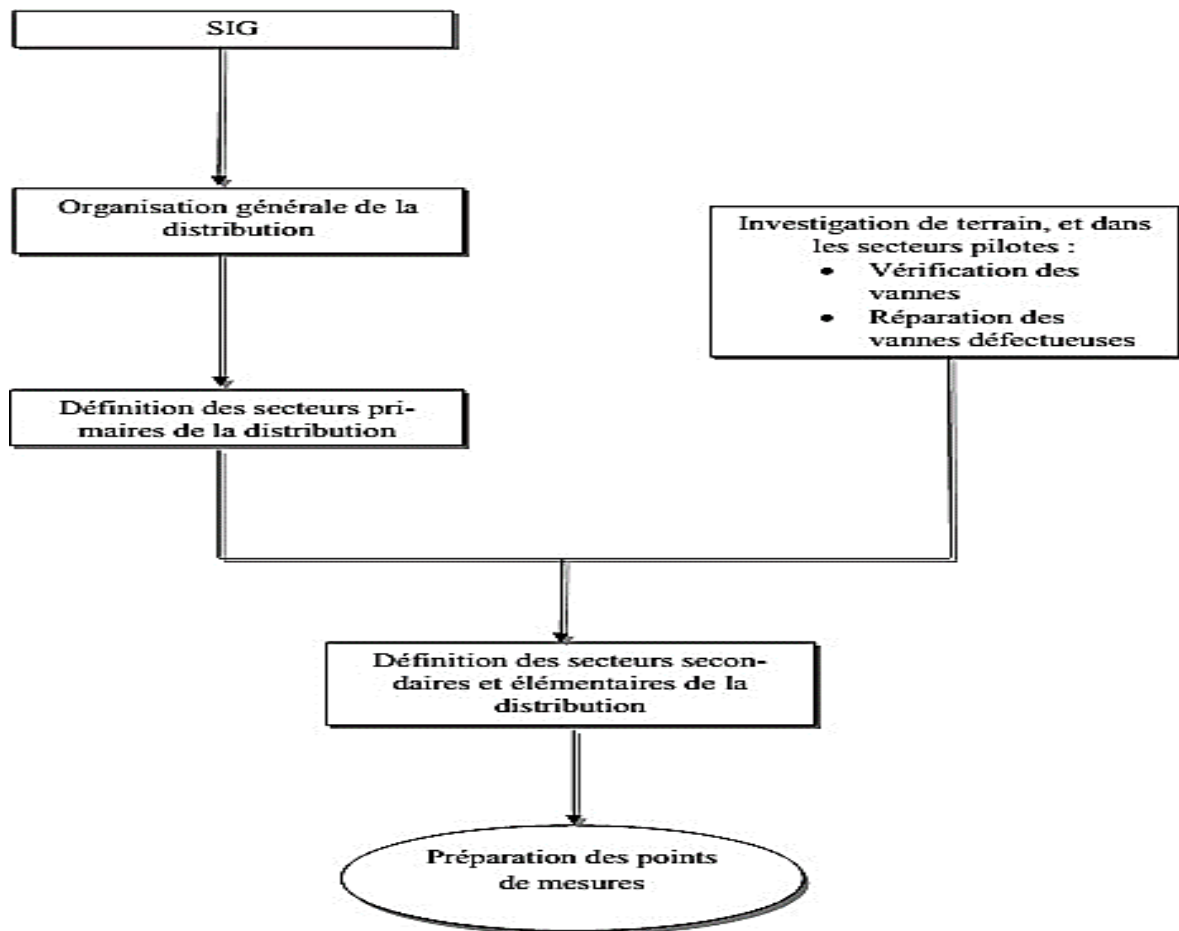


Fig.III.1. Organigramme découpage et préparation des secteurs.

4.2.2. Diagnostic du réseau

Le diagnostic du système de distribution d'eau sera fait sur la base des investigations de reconnaissance des ouvrages, des résultats des mesures et de simulation à l'aide du modèle ; pour cela nous procéderons par :

a- Inspection et description du fonctionnement du réseau

Pour compléter la phase de collecte des données ; il est prévu de réaliser un diagnostic physique des ouvrages ; le diagnostic physique portera sur les ouvrages du réseau, station de pompage, réservoirs et réseau de distribution.

Le diagnostic du système d'AEP comprenant la production extérieure, les adductions et les ouvrages principaux (pompage, traitement).

Pour le diagnostic des ouvrages du réseau (canalisation, et équipements), il sera fait à partir des données SIG et des résultats des actions menées dans le cadre de la sectorisation (État des vannes, état des branchements, fréquences et situation des fuites).

Le diagnostic physique du réseau servira à orienter le programme de réhabilitation dont certaines composantes pourraient être :

- ✚ Remplacement des canalisations trop dégradées.
- ✚ Réhabilitation de canalisation et de branchements défectueux.
- ✚ Mise en place et/ou remplacements de compteurs généraux.
- ✚ Remplacement et pose de vannes.
- ✚ Mise en place des butées au droit des vannes, des coudes, des tés afin de palier à l'absence de joints autobloquants et permettre l'augmentation de pression dans le réseau.

b-Teste sur secteur pilotes

Les tests et les mesures qui seront effectués sur le réseau distribution, les réservoirs et les stations de pompages

c-Teste sur secteurs de distributions

L'objectif de ces tests est de déterminer :

- ✚ Les courbes de consommation journalières
- ✚ De comparer la consommation mesurée avec une demande en eau théorique afin de juger le degré de satisfaction.
- ✚ De déterminer les volumes de pertes.

d-Teste sur les stations des pompages

Ces tests constituent l'établissement des courbes hauteurs débit des pompes ; si celle-ci n'est pas disponible. Cette donnée est nécessaire pour l'élaboration du modèle mathématique. La totalité des pompes sont équipées de compteurs. Il sera nécessaire de faire varier les conditions hydrauliques en agissant sur les vannes de sectionnement.

e-Teste sur les réservoirs

Les tests des réservoirs consisteront principalement à mesurer en continu les niveaux dans les réservoirs par pose d'échelles limnométriques à enregistreurs. Des inspections de nuit pour noter le fonctionnement des réservoirs seront effectuées afin de vérifier le fonctionnement du trop-plein. Ces tests permettront de noter la réaction du secteur alimenté par le réservoir et par intégration entre tous les réservoirs de l'alimentation (forage et adduction) ainsi des mesures à la sortie des réservoirs afin de

vérifier les termes du bilan.

f- Rapport sur bilan des pertes

A partir des diagnostics et des tests, il sera effectué un calcul des pertes par secteur. Par la suite ces résultats seront comparés aux résultats de la modélisation, de la facturation et du calcul théorique de la demande en eau. Les différences notées entre secteurs

4.2.3. Enquêtes et mesure chez les abonnées

L'enquête à réaliser sur un échantillon supérieur de à 1% ; du total des abonnées pour déterminer les conditions de consommation et l'état de la plomberie interne. Cette enquête à pour objectif de : d'orienter les travaux de réhabilitation (Fig.III.2).

- ✚ Contrôle de l'enregistrement chez l'abonné.
- ✚ Détermination de l'importance des branchements non enregistrés.
- ✚ Calcul des consommations moyennes par branchement et habitant.
- ✚ Etat du compteur et de la niche.

La méthodologie des enquêtes sera la suivante :

- ✚ Analyse des fichiers des données commerciales des abonnées.
- ✚ Identification des gros consommateurs qui peuvent avoir une incidence sur le cycle de consommation journalière.
- ✚ Choix de nombre total d'abonnés enquêtés sur le secteur.
- ✚ Les résultats des enquêtes seront exploités pour définir les grands ratios de la typologie des abonnées, de leur consommation et des volumes perdus.

Nota : Les résultats des enquêtes serviront au calcul de la demande en eau et à définir la méthode d'inventaire des abonnées.

Ces résultats seront croisés avec le fichier de données commerciales de l'exploitant. Ils permettront d'en tirer des ratios en équipement de compteurs, d'abonnés non identifiés et des branchements illicites (Fig.III.2).

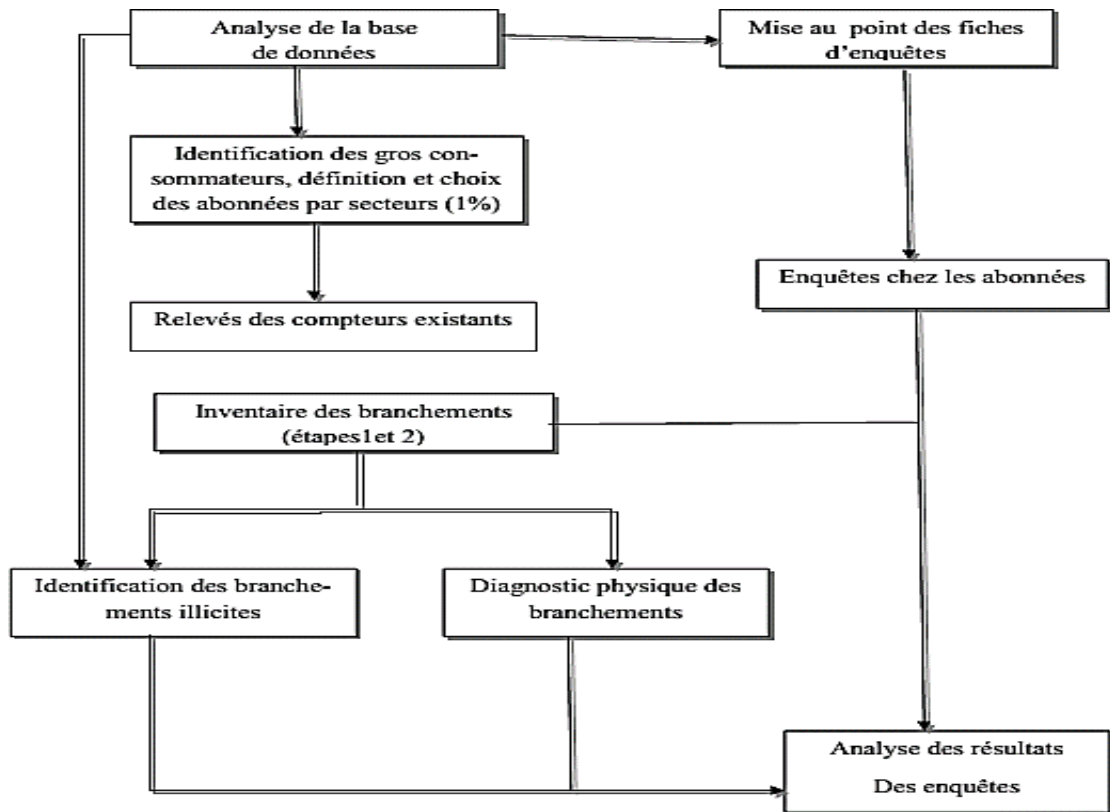


Fig.III.2. Organigramme enquête chez les abonnés.

4.2.4. Modélisation du réseau de distribution

a- Définition

La modélisation du fonctionnement du réseau cherche à décrire le comportement hydraulique des différents dispositifs du réseau. L'intérêt est de reproduire ce qui se déroule en réalité dans le réseau à l'aide d'un modèle hydraulique. La représentation et la précision du modèle sont tributaire des objectifs du service de l'eau et des analyses escomptées, le niveau de détail conditionne donc les résultats de la modélisation.

Plusieurs logiciels sont utilisés pour la simulation du comportement des réseaux d'AEP dont nous citons :

- Piccolo;
- Porteau ;
- Zomayet ;
- Epanet ;
- Water CAD.

b- Les types de modélisation

On distingue plusieurs types de modèles :

b.1 Modèle pour dimensionnement du réseau

Le modèle permet de vérifier pour une configuration donnée du réseau, la satisfaction des exigences des abonnés en termes de pression et de débit. L'intérêt est de dimensionner les conduites et dispositifs hydrauliques.

L'état des conduites et la demande sont supposés connus. Le niveau de détail est important, toutes les conduites sont représentées.

b.2. Modèle pour l'analyse du fonctionnement hydraulique et diagnostic

Dans ce cas, le modèle cherche à décrire le fonctionnement d'un réseau existant, par la détermination de l'état des conduites à travers la mesure de la rugosité des conduites et la demande des abonnés. Pour un réseau, des données liées à la topologie du réseau, les types des conduites, la typologie des consommateurs ainsi que des mesures de pression et débits en des points du réseau sont supposés connus. Un calage du modèle permet de déterminer certains paramètres inconnus : rugosité, consommation afin de s'approcher le plus possible du fonctionnement réel du réseau.

b.3. Modèle pour gestion du réseau

Dans ce cas le modèle servira à décrire le comportement des sources d'approvisionnement, des zones de stockage et des stations de pompage. L'intérêt de ce Méthodologie proposée Chapitre 4 pour le diagnostic dans le contexte Algérien 68 type de modèle est d'optimiser l'exploitation des sources d'eau et de minimiser les coûts d'exploitation du réseau en régulant le pompage et le stockage de l'eau dans la journée. Ce modèle ne retient que les conduites de grand diamètre servant au transport et à la distribution de l'eau.

b.4. Modèle pour mesure de la qualité de l'eau

Dans ce cas le modèle cherche à décrire les temps de séjour (stagnation de l'eau) de l'eau dans le réseau. En effet des temps de séjour important altèrent la qualité de l'eau dans le réseau. L'objet du modèle est de mesurer l'évolution d'un produit à titre d'exemple le chlore dans le réseau et d'en mesurer les concentrations à des points précis du réseau.

c. Précision du modèle et représentation du réseau AEP

La modélisation du fonctionnement du réseau doit décrire le comportement réel du réseau. En fonction de l'utilisation du modèle, un niveau de détail doit être défini. Le modèle ne considérera que certaines conduites du réseau et certains abonnés seront rassemblés sur des nœuds afin de simplifier la modélisation.

Il n'existe pas de règles précises pour la simplification de réseau, mais certaines sont fréquemment utilisées :

- ✚ Suppression des conduites de petits diamètres ou de petites longueurs
- ✚ Suppression des conduites en antenne
- ✚ Suppression des nœuds intermédiaires
- ✚ Agglomération de plusieurs abonnés en un même nœud.
- ✚ Enchaînement de conduites de même diamètre et même matériau
- ✚ Distinction entre abonnés de nature différente : domestique, industriel, Autres.

d. Liste des données du modèle

La liste des données physiques et hydrauliques du modèle en question est donnée par les tableaux suivants (Tableaux.III.1) et (Tableau.III.2) :

Tableau.III.1. Les données physiques du modèle.

Données physiques	Objet
Plan d'ensemble du réseau	Numérotation des nœuds
Plan topographique	Altitude des nœuds
Plan de détail réseau	Longueur et diamètre tuyaux
Caractéristique physico-chimique d'eau	Coefficient pertes de charge
Matériau et âge des canalisations	ID
Renseignements sur état parois intérieures	ε
Plan d'équipement des réservoirs	- Plans conduites (arrivée et départ) - Côte radier - Côte trop plein - Volume
Plan d'équipement des stations de pompage et relais	Plan arrivé et départ
Courbes caractéristiques des pompes	Courbes hauteur-débit

Tableau. III.2. Les données hydrauliques du modèle.

Données hydrauliques	Objet
Production d'eau journalière	
Totaux des consommations par secteurs géographiques	Calcul du pourcentage consommé en chaque nœud
Consommation des industriels et gros consommateurs : valeur localisation sur plans	

Le diagramme suivant présente l'organisation des tâches de modélisation, calage et diagnostic du réseau (Fig.III.3).

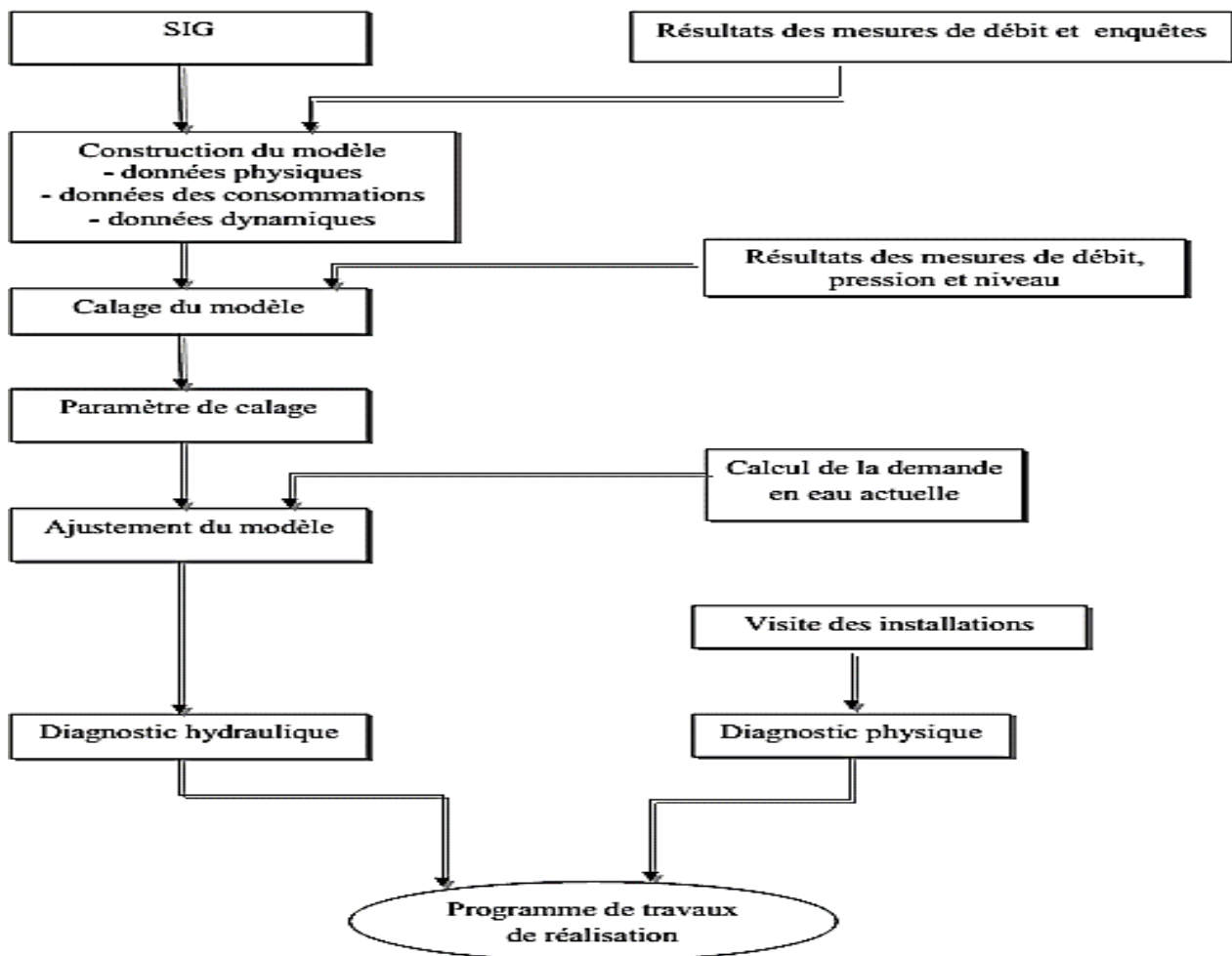


Fig.III.3. Organigramme modélisation – diagnostic.

4.2.5. Rapport sur le diagnostic, sectorisation, enquêtes et mesure chez les abonnés

Un rapport spécifique sur le diagnostic et la sectorisation retenue. Ce rapport mettra en particulier en évidence :

- ✚ La part des différentes composantes des eaux non comptabilisées (pertes physique, pertes commerciales) ;
- ✚ Les tests effectués et les résultats obtenus ;
- ✚ Les résultats obtenus par traitement des enquêtes et mesurés chez les abonnés ;
- ✚ La cartographie de la sectorisation associée à des cartes thématiques ;
- ✚ Les recommandations en termes de réhabilitation (type, mode de réalisation, programme, ordre d'exécution, etc.)

- ✚ Le dimensionnement des travaux de réhabilitation envisagés.

Des recommandations seront également formulées et justifiées notamment dans les domaines :

- ✚ Des modalités d'entretien du réseau ;
- ✚ De la généralisation du comptage de sensibilisation des abonnés ;
- ✚ Du lancement de campagne de sensibilisation des abonnés sur les pertes au niveau domestique ;
- ✚ De la mise en place de cellules de recherches et réparation des fuites ;
- ✚ Des travaux de réhabilitation.

Un rapport de synthèse sera élaboré qui regroupera les principales conclusions de ces études et du diagnostic du réseau.

4.2.6. Rapport sur le fonctionnement du réseau

Un rapport décrivant le fonctionnement actuel du réseau et les habitudes des consommateurs. Ce rapport comprendra les recommandations en terme de :

- ✚ Gestion du réseau en phase de rationnement ;
- ✚ Amélioration du rendement par réduction des pertes (physique et commerciales) ;
- ✚ Rénovation du réseau et en particulier du renforcement nécessaire en termes de vannes de sectorisation et de mesure des débits ;
- ✚ Renforcement des équipements.

4.3. Etape 3 - Diagnostic du système d'AEP existant

Par système d'AEP existant il faut entendre tous les ouvrages autres que ceux inclus dans le réseau. Le diagnostic de certains ouvrages (réservoirs et stations de pompage).

4.3.1 Diagnostic du système de production

Le diagnostic des systèmes de production comprendra l'évaluation de forages ; puits ; des stations de pompage et Equipment électrique.

a- Diagnostic des puits et des forages

Le diagnostic des puits et forages comprendra (Fig.III.4) :

- ✚ Collecte de toutes les données sur construction des forages tels que: Abrits, type de tubage.

- ✚ Collecte de toutes les données sur débit exploités dans le temps et sur les niveaux dynamiques.
- ✚ Collecte de toutes les données de l'évolution du niveau statique dans le temps.
- ✚ Collecte de toutes les données sur l'entretien dans le temps.
- ✚ L'analyse de ces données afin de déterminer les causes de baisses de niveau.
- ✚ L'évaluation des besoins en réhabilitation, renouvellement de forages et entretien.



Figure.III.4. Schème de puits et forage.

b- Diagnostic des stations de pompage

On procède et diagnostic comme suit :

- ✚ Vérification du schéma d'installation.
- ✚ Etablir des schémas des équipements.
- ✚ les caractéristiques des pompes.
- ✚ Etablir une liste des équipements les plus importants et de leurs caractéristiques.
- ✚ L'âge des équipements.
- ✚ Evaluation les besoins en réhabilitation, en renouvellement des équipements électromécaniques et en entretien (Fig.III.5).



Fig.III.5. Schéma d'une pompe doseuse.

c- Diagnostic e l'équipement électromécanique

Le diagnostic de l'équipement électromécanique des puits et forages comprendra (Fig.III.6) :

- ✚ La collecte de toutes les données disponible sur les pompes comme ; caractéristiques,
- ✚ Relevé de toutes les données disponibles sur l'alimentation électrique comme :transformateur ; armoire électrique etc.
- ✚ La collecte des plans disponibles ou établir les schémas d'équipement.
- ✚ La localisation exacte des coordonnées des puits et forages (X ; Y ; Z).
- ✚ L'évaluation des besoins en réhabilitation, renouvellement des équipements électromécaniques.



Fig.III.6. Schème d'ouvrage électrique et électromécanique.

4.3.2 Diagnostic du captage

Le diagnostic du captage comprendra (Fig.III.7) et (Fig.III.8) :

- ✚ Etat de captage
- ✚ Etat de Equipment de chambre de manœuvre.
- ✚ Débit corelliennes.



Fig.III.7.Schème de captage en entrees.



Fig.III.8.Schéma de chambre de manœuvre extérieure.

4.3.3 Diagnostic des stations du Traitement

Pour les stations des traitements le diagnostic comprendra :

- ✚ La collecte de tous les plans et schémas existants et retiendra les plans les plus importants pour les archiver.

- ✚ Etablir un schéma du procédé de traitement.
- ✚ Etablir une liste des équipements les plus importants et de leurs caractéristiques.
- ✚ Noter l'âge des équipements.
- ✚ L'inventaire des besoins en réhabilitation, en renouvellement des équipements électromécaniques et l'entretien.

4.3.4 Diagnostic des conduites d'adduction

Pour le diagnostic de l'adduction on procède comme suit :

- ✚ La collecte des plans et schémas existants.
- ✚ Etablir les schémas à grande échelle qui serviront de base pour les données à introduire dans MapInfo et dans Epanet. Ces schémas localiseront l'ensemble des ouvrages sur conduites (vannes, conduites, ventouses etc.) et préciseront les caractéristiques et matériaux de la conduite
- ✚ Une visite des ouvrages pour l'évaluation de l'état. (ouvrages qui se trouvent dans les chambres).
- ✚ La mesure en utilisant le système de métrologie afin de déterminer les caractéristiques intérieures (encrassement éventuel, coefficient de rugosité). Ces mesures serviront à évaluer le niveau des fuites.
- ✚ Faire des tests comme l'ouverture des vidanges avec prise d'échantillons d'eau afin de juger l'état de l'encrassement.
- ✚ Collecte de toutes les données concernant les interventions sur les conduites d'adduction.
- ✚ Inventaire des besoins en réhabilitation, en renouvellement des équipements, en besoin des recherches des fuites et en entretien courant (Fig.III.9.).



Fig.III.9. Schéma de l'ouvrage de conduite.

4.3.5 Diagnostic des réservoirs

Les réservoirs (Fig.III.10), forment des ouvrages très importants dans les systèmes d'AEP ; pour cela ils feront l'objet d'un diagnostic détaillé au niveau de l'état de génie civil et des équipements ; on procède de cette manière :

- ✚ Collecte des plans et schémas existants.
- ✚ Etablir un schéma des équipements (vannes, vidanges).
- ✚ Etablir une liste des équipements les plus importants et de leurs caractéristiques.
- ✚ Noter l'état et l'âge des équipements et les niveaux de corrosion éventuels.
- ✚ Noter l'état du génie civil (corrosion des bétons, fissuration, fuites tec.).
- ✚ Inventaire les besoins en réhabilitation en matière de génie civil et équipements enté entretien



Fig.III.10. Schéma d'un réservoir

4.3.6 Les ouvrages d'alimentation et de distribution (Réseau)

Les conduites d'adduction et de distribution sont les vecteurs de transport qui permettent de relier la production aux zones de consommation. Elles constituent le cœur du réseau ; leur bonne connaissance est la base d'une bonne gestion (Fig.III.11).

Selon les besoins, le diagnostic physique devra porter sur tous les ouvrages d'alimentation (conduites d'adduction, de distribution, bornes d'incendie...). Les branchements des particuliers ne font théoriquement pas partie du diagnostic, à l'exception d'éventuels et anciens branchements en plomb.

Ainsi, l'ensemble des équipements hydrauliques du réseau d'alimentation et de distribution doit être scrupuleusement informé. Globalement, l'information relative au réseau conduira à mettre en évidence, sur une fiche d'identification personnalisée, les informations suivantes :

- ✚ Secteur, nom de la rue et éventuellement le numéro du bâtiment ;
- ✚ Le diamètre des tronçons ;
- ✚ La longueur des tronçons ;
- ✚ Equipements de réseaux (vannes, des organes de régulation, ventouses, etc....) ;
- ✚ La date de pose ;
- ✚ Emplacement de la conduite par rapport à la chaussée (ce facteur caractérise le fait que la conduite se trouve sous la chaussée ou le trottoir) ;
- ✚ Remplacement par rapport aux autres réseaux (assainissement, rejets divers, etc...) ;
Conditions de pose et de protection (Ces données concernent la profondeur de la canalisation et son lit de pose) ;
- ✚ Le matériau de canalisation ;
- ✚ Dernière intervention (caractéristiques : opérations de recherches de fuites, travaux de nettoyages effectués, ...) ;
- ✚ Points des livraisons particuliers (poteaux et bouches d'incendie, abonnés spéciaux (hôpitaux, installations de lutte contre l'incendie, etc.) ;



Fig.III.11. Schéma de réseau distribution.

4.3.7 Diagnostic du système de mesures

Etablir un plan général du système de mesure existant (compteurs, débitmètre, manomètre, etc.) il y aura une analyse du fonctionnement de tous les équipements et faire les recommandations nécessaires pour l'amélioration du système de mesures.

4.3.8 Diagnostic de l'ensemble du système d'AEP

L'ensemble du système d'AEP ; ouvrage de production et de distribution seront reportés sur le même SIG; et le même modèle hydraulique.

4.3.9 Rédaction et analyse des rapports du diagnostic de l'ensemble du Système d'AEP

Le rapport comportera :

- ✚ Les plans et schémas qui auront été collectés et introduit dans la base de données SIG.
- ✚ Les rapports cartographiques obtenus à partir du SIG.
- ✚ Les résultats du traitement des données sous forme de tableaux et graphiques.
- ✚ Le rapport présentant les résultats du diagnostic, les faiblesses identifiées et les recommandations en termes de réhabilitation et de renforcement des équipements.

4.4 Etape 4-Préparation d'un schéma directeur pour la réhabilitation et le Rééquilibrage du réseau d'AEP

L'objectif de cette étape du diagnostic est d'établir un schéma directeur pour la réhabilitation et le rééquilibrage du réseau d'AEP.

Les études s'attacheront d'abord à définir les besoins en eau potable et industrielle à satisfaire. Ces besoins seront confrontés aux nouvelles ressources dont la mobilisation est projetée par des études existantes. En permettant d'établir et de planifier les travaux pour le développement des systèmes d'AEP.

4.4.1 Enquêtes socio-économiques - Recueil des données

La collecte des données et des études existantes se fera auprès des autorités concernées, ces données sont les suivantes :

- ✚ les données statistiques de population (dernier recensement).
- ✚ Les données sur la population en transit (tourisme ; transport).
- ✚ Les prévisions planifiées d'accroissement de population.
- ✚ Les prévisions de développements programmés (plan d'urbanisation).
- ✚ Les données mensuelles sur la production et la distribution d'eau disponible dans le passé par secteur

4.4.2 Formulation du schéma directeur de distribution

a- Projection de la demande en eau

- ✚ Estimation de la population et des perspectives de développement

Cette phase a pour but de rassembler les données de base nécessaires à la définition des besoins en eau à satisfaire par secteur géographique dans le contexte futur où la ressource ne sera plus limitative. Elle comporte en plus :

- ✚ Une analyse socio-économique et urbaine.
- ✚ Une analyse spécifique du développement industriel.
- ✚ Analyse socio-économique et urbaine

Cette phase comprend l'analyse de la situation actuelle et affinée de la manière suivante :

- ✚ Détermination de la démographie et les caractéristiques socio-économiques de la population.
- ✚ Précision du type d'occupation via une investigation urbaine.

D'après les résultats de l'analyse de la situation actuelle, on lance des projections des divers paramètres :

- ✚ Projection globale de la population ; emploi et développement urbain.
- ✚ Projection par quartier ; type d'habitat, densité de population.
- ✚ Analyse du développement industriel

Une analyse concernant le développement industriel qui précisera le poids des besoins en eau industrielle dans les besoins totaux et les perspectives de développement industriel qui sera analysé à partir des prévisions fournies par l'administration. Cette analyse permet d'évaluer les besoins futurs correspondants.

- ✚ Etude prévisionnelle des besoins en eau

Elle comportera les tâches suivantes :

- ✚ Estimation de la consommation des abonnés.
- ✚ Estimation de la production requise.

A partir des projections de développement économique et urbain qui auront été réalisées précédemment en examinant :

- ✚ L'évolution de la population par quartier.

- ✚ L'évolution du taux de branchement en relation avec le programme de réduction des clandestins.
- ✚ L'évolution des dotations unitaires par habitant et par branchement suivant le type d'habitation.

Nota : L'évolution des taux de branchements sera arrêtée en accord avec la politique de développement de la desserte par branchement fixé par le gestionnaire.

L'ensemble des critères ci-dessus permettra d'évaluer la consommation en eau globalement et par secteur à l'horizon.

La production en eau pour satisfaire les besoins sera estimée en fonction des paramètres suivants

- ✚ Coefficient de pointe saisonnier et annuel de la consommation journalière.
- ✚ L'évolution du taux de perte qui prendra en compte les travaux entrepris pour la réhabilitation des réseaux, les résultats du diagnostic des réseaux, la satisfaction des besoins et les scénarios envisagés de changements des habitudes des consommateurs.

Ces paramètres permettront de déterminer les volumes d'eau à produire et à injecter en tête des réseaux en moyenne annuelle et en journée de pointe tant globalement que par zone si les données sont disponibles.

b- Étude des ressources en eau

Cette phase a pour objectif la comparaison entre la demande et les ressources, et les recommandations éventuelles sur les dates de mobilisation des nouvelles ressources et finalement les points d'injection dans le réseau des nouvelles ressources.

c- Extension du système d'AEP

La simulation sera lancée sous la base des données de la demande en eau à l'horizon futur ; Avec le modèle Epanet. Cette simulation mettra en évidence :

- ✚ La nécessité d'étendre le système de distribution.
- ✚ La nécessité de renforcer la distribution sur certains secteurs.
- ✚ La nécessité de renforcer l'alimentation en eau et les points d'injection les plus probables.
- ✚ La nécessité de renforcer le stockage (réservoirs).
- ✚ La nécessité éventuelle de créer des étages de pression (station de pompage).

L'extension du système d'AEP sera proposée en tenant compte des résultats du modèle permettant de satisfaire la demande en eau. Les besoins d'extension seront présentés pour chaque étape du plan directeur.

L'extension du système d'AEP sera coordonnée avec le programme parallèle de réhabilitation du réseau. En particulier les projections tiendront compte de la capacité du réseau supporté des pressions les plus élevées. Au cours des simulations des variantes d'équipements pourraient éventuellement apparaître du type :

- ✚ Variante de programmation de ressources.
- ✚ Point d'injection des nouvelles ressources dans le système de distribution.
- ✚ Optimisation entre pompage et stockage pour satisfaire la consommation de pointe. Ces variantes seront comparées à ce stade au niveau technico-économique.

Les critères techniques comprendront les coûts d'investissement, les coûts d'exploitation, le coût global actualisé.

c- Formulation du schéma directeur

Le schéma directeur comprendra :

- ✚ Le résumé des résultats des études.
- ✚ La description des composantes du schéma directeur en terme de :
 - ✚ Réhabilitation du système AEP.
 - ✚ Renforcement du système AEP.
 - ✚ Renforcement des ressources en eau.
 - ✚ Renforcement de la gestion technique.
 - ✚ Renforcement de la gestion commerciale.
 - ✚ Renforcement institutionnel.
 - ✚ Sensibilisation pour réduire les pertes de la consommation domestique.

4.4.3 Formulation d'un programme de travaux

Le programme de travaux sera établi sur la base des résultats des études économiques et financières approuvées par les services concernés comme l'ADE dans le cadre de la formulation du schéma directeur il comprendra :

- ✚ Les études détaillés ; travaux et les supervisions.
- ✚ Les opérations à développer dans le cadre des renforcements : technique, commercial et institutionnel.

Nota : Des recommandations seront émises sur la stratégie de mise en œuvre du programme des travaux et des recommandations de mesure d'accompagnement.

Le diagramme suivant présente l'organisation des tâches réalisées lors de l'élaboration du schéma directeur (Fig.III.12).

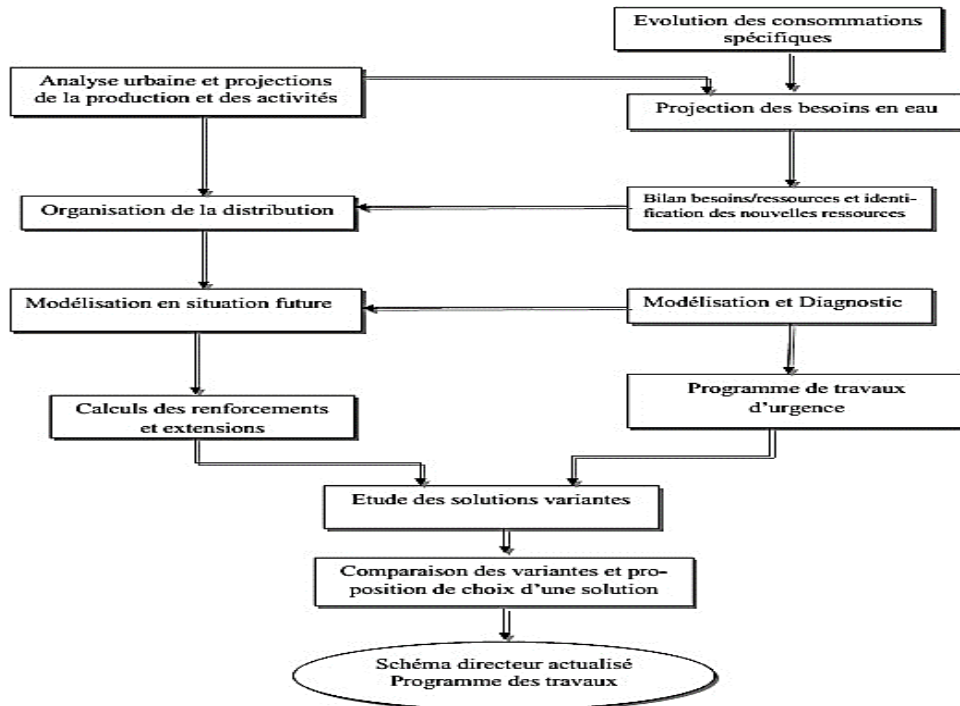


Fig.III.12. Organigramme d'élaboration du schéma directeur.

5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons proposé une méthodologie de diagnostic et réhabilitation des réseaux d'eau potable dans le contexte algérien. Qui basé sur les étapes suivantes :

➤ Enquête et diagnostic de l'état actuel des équipements et infrastructures d'A.E.P, avec toutefois la localisation de :

- Points d'eau (Sources, forages ...etc.).
- Ouvrages de stockage
- Infrastructures de pompage.
- Conduites d'adductions.
- Ouvrages en lignes et accessoires
- Réseaux de distributions.
- Matérialisation des infrastructures et équipements existants sur le levé topographique.
- Evaluation des besoins en eau actuels et futurs de la population.

- Estimation du déficit en matière de besoins et stockage.
- Vérification de l'état de fonctionnement du réseau existant.
- Proposition des nouveaux aménagements.

Chapitre IV : Etude de cas-

Etude de diagnostic et réhabilitation du système d'AEP de la ville d'Oued Endja (Radjas)

Chapitre IV : Etude de diagnostic et réhabilitation du système d'AEP de la ville d'Oued Endja (Radjas)

1. Introduction

L'objectif visé par cette étude consiste à diagnostiquer l'état et le fonctionnement des différents ouvrages et équipements du système d'AEP de la ville d'Oued Endja, dans le but d'améliorer le système d'approvisionnement en eau potable et faire sortir toutes les défaillances de fonctionnement de ce système, notamment, le sous dimensionnement et surdimensionnement des conduites, l'insuffisance des débits et pressions fournis pour satisfaire les besoins en eau des habitants, de nombre de élevé de fuites, induisant des pertes considérables d'eau potable (ressources vitale et rare) et des risques de Cross-connexion; facteur essentiel des maladies à transmission hydriques.

Les axes principaux à suivre, pour élaborer ce travail, se résument en tâches suivantes :

➤ Enquête et diagnostic de l'état actuel des équipements et infrastructures d'A.E.P, avec toutefois la localisation de :

- ✚ Points d'eau (Sources, forages ...etc.).
- ✚ Ouvrages de stockage
- ✚ Infrastructures de pompage.
- ✚ Conduites d'adductions.
- ✚ Ouvrages en lignes et accessoires.
- ✚ Réseaux de distributions.

➤ Concrétisation des infrastructures et équipements existants sur le levé topographique.

➤ Proposition des aménagements sous forme de variantes.

2. Données : Document de données base sur le système d'AEP de la ville d'Oued Endja

Pour cette étude, il a été procédé à la collecte des données et un document de données de base représente un recueil des données sur le système d'AEP de la ville d'Oued Endja (Radjas), établi par les administrations et les instances concernées, ainsi il a été procédé à la consultation de :

- ✚ La direction de l'hydraulique de la Wilaya de Mila.
- ✚ L'A.P.C d'Oued Endja.

- ✚ La subdivision de l'hydraulique d'Oued Endja.
- ✚ L'Algérienne des eaux (A.D.E) d'Oued Endja.
- ✚ L'agence foncière.
- ✚ La subdivision de l'urbanisme et de construction d'Oued Endja.
- ✚ La D.P.A.T de la wilaya de Mila.
- ✚ La D.U.C de la wilaya de Mila.
- ✚ L'O.P.G.I de la Wilaya de Mila.

Les documents qui ont servi d'éléments de base à l'élaboration de ce travail sont :

- ✚ La carte de découpage administrative de la wilaya de Mila (source agence des bassins versants).
- ✚ Le P.D.A.U d'Oued Endja.
- ✚ Le plan d'occupation de sol « P.O.S » d'Oued Endja. (source : A.P.C de Redjas).
- ✚ Les plan d'A.E.P des lotissements et coopératives (source : A.D.E de Oued Endja).
- ✚ Le réseau d'Alimentation en eau existant du centre de Redjas (source : Subdivision de l'Hydraulique et A.D.E).
- ✚ Le document donnant la monographie globale de la wilaya (source D.P.A.T)

3. Présentation générale de la région

3.1 Situation géographique de la commune d'Oued Endja (Radjas)

La commune d'Oued Endja est située à l'Ouest du Chef-lieu de la Wilaya de Mila, à environ 12 Km à vol d'oiseau (Fig.IV.1).

3.2 Situation Administrative

- ✚ Au Nord : Les communes de Amira Arres et Terrai Bainen
- ✚ A l'Est : La commune de Mila et Zeghaia
- ✚ Au Sud : Les communes d'Ahmed Rachedi et Tiberguent.
- ✚ A l'Ouest : La commune de Rouached.



Fig. IV.1. Carte de découpage administratif de la wilaya de Mila.

3.3. Monographie et situation socio-économique

Pour une superficie de 53.39 Km², la commune d'Oued Endja, compte 18521 habitants au dernier recensement de 2004, avec un taux d'accroissement de 2.8% et une densité moyenne de 347 habitant / Km². (Source : D.P.A.T de Mila).

3.4. Population et habitations

Le nombre d'habitants de la ville d'Oued Endja en 2004 d'après les données recueillies au niveau de la D.P.A.T de la Wilaya de Mila, atteint 18521 habitants répartis sur deux agglomérations et zones éparses comme le montre le tableau IV.1, suivant :

Tableau IV.1 : Population et habitations.

Agglomérations	Population	Construction	Occupation par logement (Nombre d'habitants par logement)
Agglomération chef-lieu (ACL)	12039	1915	7
Agglomérations secondaires	3519	487	6
Zones éparses	2963	433	7
Total commune	18521	2835	7

(Source : D.P.A.T de Mila).

3.5 Equipements et infrastructures

a. Secteur hydraulique

La ville est desservie par un réseau d'AEP, avec un taux de branchement total de 85%, et un réseau d'assainissement, avec un taux de raccordement total de 88%. Cependant on signale le manque des réseaux en zones éparses. Cependant, on signale le manque de réseaux dans les zones éparses (Tableau.IV.2).

Tableau .IV. 2 : Taux de branchement aux réseaux hydrauliques

Agglomérations	Population	Taux de piquage en AEP	Taux raccord en assainissement
Agglomération chef-lieu (ACL)	12039	94%	92%
Agglomérations secondaires	3519	90%	100%
Zones éparses	2963	Bornes fontaines	Fosses septiques
Total commune	18521	85%	88%

(Source : D.P.A.T de Mila).

b. Secteur de santé publique

La commune d'Oued Endja est bénéficiée de six (06) salles de soins, répartis comme suit (Tableau.IV.3).

Tableau .IV. 3 : Equipements du secteur de santé publique

Agglomérations	Population	Nombre de salles de soins
Agglomération chef-lieu (ACL)	12039	1
Agglomérations secondaires	3519	3
Zones éparses	2963	2
Total commune	18521	6

(Source : D.P.A.T de Mila).

c. Secteur de l'éducation

Le secteur de l'éducation comprend 1^{er} et 2^{ème} cycle, répartis comme suit (Tableau.IV.4).

Tableau .IV. 4 : Equipements du secteur de l'éducation.

Agglomération	Education 1 ^{er} et 2 ^e cycle		
	Nombre		
	Ecoles	Classes utilisées	Elèves
Agglomération chef-lieu (ACL)	5	32	1221
Agglomérations secondaires	1	9	337
Zones éparses	5	17	458
Total commune	11	57	2016

(Source : D.P.A.T de Mila)

4. L'aire d'étude

4.1 Définition de l'aire d'étude

L'aire d'étude est définie comme étant la zone incluse à l'intérieur du plan directeur d'aménagement et d'urbanisme de la commune d'Oued Endja. La totalité de l'aire d'étude concernée par la présente étude s'élève à **275 ha**. Cette aire abrite 18521 habitants en 2004, disposant de 2835 logements et desservi par deux réseaux d'alimentation en eau potable de type mixte (Maillé et ramifié), Le Secteur 01 comprend la partie supérieure de ville caractérisé par un réseau maillé et la partie inférieure à partir du centre- ville vers l'Est représente les secteurs 2 et 3, caractérisé par un réseau mixte.

4.2 Description de l'aire d'étude

Du point de vue urbanisation, la ville d'Oued Endja est caractérisée par une urbanisation homogène dans l'ensemble sauf au niveau de la partie supérieure constituée de vieilles constructions non planifiées, et anarchiques regroupées dans des quartiers traversés par des petites ruelles mal viabilisées. Néanmoins, il y'a lieu de noter les efforts consentis par les représentants de collectivités locales et ceux de la Wilaya courant ces dernières années, sur différent programmes d'investissements, dans le but de relancer le développement de la ville. Cette dernière constituant un pôle considérable durant le siècle passé notamment en matière de l'agriculture, sans oublier que les terres d'Oued Endja étaient classée N° 01, en matière de rendement du blé dur Algérien.

4.3 Sorties de reconnaissance et visites des lieux

Les données utilisées dans cette étude sont collectées par les services techniques des collectivités locales, durant leurs sorties et visites des lieux, dont le but de réaliser le projet en question. Ces services sont représenté par l'équipe de l'ingénieur chef de projet désigné par la direction des ressources en eau (DRE) de la Wilaya de Mila, et en présence des représentants de :

- ✚ La subdivision de l'hydraulique de la Daïra de Oued Endja.
- ✚ Services techniques de l'A.P.C.
- ✚ L'A.D.E d'Oued Endja

Durant ces sorties, il a été procédé à :

- ✚ La délimitation de l'aire d'étude.
- ✚ Les visites des points d'eau (Champs captant de Tamda « Tamda 01 », voir schéma synoptique (Fig.IV.2).
- ✚ La reconnaissance des itinéraires de la conduite d'adduction de Tamda 01 vers Oued Endja.
- ✚ Les visites des infrastructures (Ouvrages de stockage et chambres de manœuvres) existantes :
 - Réservoir 500 m³ existant (Alimentant Radjas).
 - Réservoir 1000 m³ existant (Alimentant Radjas).
 - Réservoir rectangulaire 500 m³ récemment réalisé par l'A.D.E, dans le cadre de transfert des eaux du Barrage de Béni Haroun.
- ✚ Les visites des ouvrages en lignes (vidanges et ventouses).
- ✚ Les visites des réseaux de distributions.

4.4 Composantes du diagnostic

Cette étude tendra à déterminer les voies et moyens permettant de remédier aux problèmes de déficit d'eau, de son stockage, de transfert d'eau vers les réseaux de distribution, des fuites engendrant des pertes considérables et pouvant provoquer des dangereuses épidémies liées aux contaminations et enfin les problèmes de déséquilibre des réseaux de distributions.

Les composantes du diagnostic peuvent être ramenées aux aspects suivants :

Un examen en profondeur de l'état des infrastructures et équipements, depuis les points d'eau jusqu'au consommateur, en passant par les sources, les adductions, les ouvrages de stockage, les ouvrages en lignes et les réseaux de distributions et leurs degrés de fiabilité.

Le diagnostic de l'ensemble de ces équipements et infrastructures est effectué, afin d'apprécier convenablement leurs états de dégradation, l'ampleur des fuites, les risques de Cross-connexion ...etc.

L'opération a été couverte par des photos illustrant particulièrement les points noirs et les zones sensibles des réseaux,

Parallèlement, une enquête de proximité sur les réseaux a été menée auprès des citoyens, de la collectivité locale et des organismes publics concernés, permettant de recueillir toutes les informations sur les branchements des citoyens au réseau public (profondeur, diamètre, âge, problèmes de pression,

dotation, Cross-connections enregistrées, réaction des citoyens vis à vis du service gestionnaire...etc.). Cette enquête a été élargie aux raccordements des citoyens aux réseaux d'assainissement.

Au cours des sorties, plusieurs enquêtes ont été menées sur l'historique des réseaux d'alimentation en eau potable du centre d'Oued Endja, des points d'eau, des adductions, des ouvrages de stockage, des équipements électromécaniques, des différents réseaux de distribution et enfin des horaires d'approvisionnement.

L'objectif de ces visites et enquêtes, est d'aboutir à une connaissance approfondie de la problématique du centre d'Oued Endja, en matière d'alimentation en eau potable afin de définir les solutions les plus adéquates.

Ce diagnostic a permis l'élaboration d'un plan de recollement du réseau existant, comme l'illustre la planche N° : 01-01 (annexe n°01).

4.5. Secteurs d'alimentation en eau potable du centre d'Oued Endja

Les réseaux de distributions d'eau potable du centre d'Oued Endja, sont de type mixte.

Ces réseaux de distribution couvrent trois grands secteurs :

Secteur N°01 :

Ce secteur regroupe la partie supérieure de la ville, la cité 50 logements. Il est constitué d'un réseau de type maillé.

Secteur N°02 :

Le secteur N° 02 regroupe le centre-ville, la cité koukou Smail (278 lots), et le lotissement 96 lots. Il est constitué d'un réseau de type mixte.

Secteur N°03 :

Ce secteur concerne la cité 100 logements, la cité 80 logements, la cité 18 février, le lotissement 311 lots, le lotissement 74 lots et El-Karia. Leurs réseau est de type mixte aussi.

Les trois secteurs sont alimentés à partir des réservoirs ; 2 x 500 m³ et 1000 m³ existants, fonctionnant par intermittence.

4.6. Etat de fait actuel et diagnostic des équipements

L'objectif visé par ce diagnostic, consiste à vérifier l'état actuel de tout le système d'alimentation en eau potable du centre d'Oued Endja, permettant l'aboutissement aux différentes défaillances de fonctionnement de ce système.

4.6.1. Diagnostic sur les ressources en eau

L'approvisionnement de l'eau potable du chef-lieu de la commune d'Oued Endja, s'effectue à partir du captage de la source « Tamda 01 », par un système gravitaire et de transfert du barrage Beni Haroun par refoulement à partir de la station de traitement Ain Tinn.

D'après l'enquête menée au niveau des différentes administrations (A.P.C, A.D.E, Subdivision de l'hydraulique de Oued Endja) et les avis des populations locales, ce captage de Tamda, date de l'époque romaine et a été peut être rénové et entretenu durant la période coloniale. Néanmoins, les matériaux qui se trouvent là sont constitués de pierres rectangulaires taillées, et mises d'une façon homogène et ordonnée. Le système fonctionne d'une manière gravitaire à partir d'une colline près du bassin de réception, à travers une galerie (Fig.IV.02) ; ce dit bassin est surmonté d'un genre de trop plein en forme de déversoir vers l'extérieur constituant par là une cuvette à l'air libre.



Fig.IV.2. Photo de source Tamda 01

D'après les différents jaugeages effectués in situ et les données recueillies de l'organisme gestionnaire (A.D.E), le captage de Tamda 01, produit les débits ci-après :

- ✚ 15 l/s en période d'étiage.
- ✚ 22 l/s en période normale.
- ✚ 24 l/s en période de saturation.

Après diagnostic du captage de Tamda 01, il y'a lieu de signaler qu'aucune anomalie n'est constatée. L'apport de l'ordre de 98 l/s est transféré du barrage de Beni Haroun au réservoir rectangulaire 500 m³ récemment réalisé par l'A.D.E, dans le cadre de renforcement en eau de la commune d Oued Endja.

4.6.2. Diagnostic sur les adductions

Du bassin de réception de Tamda 01, de forme rectangulaire en pierres cimentées, bifurque une conduite de départ 250 mm en acier, à la base du bassin, munie d'une vanne de sectionnement de diamètre 250 mm et un compteur dans un état défectueux (Fig.IV.3 et IV.4).



Fig.IV.3. Photo de conduite en acier.



Fig.IV.4. Photo de vanne.

Cette conduite en acier enrobé est connectée directement, à la sortie du captage, à une conduite en amiante ciment de même diamètre et sur un linéaire de 6046 m. Au niveau du point J₁ la conduite est convertie à une conduite en P.V.C de même diamètre (250mm), sur un linéaire de 3130 m (Fig.IV.5). Au niveau du point J₂ le diamètre a été réduit à 150 mm en amiante ciment (Fig.IV.6), sur un linéaire de 1481 m pour se raccorder au réservoir 500 m³ circulaire.



Fig.IV.5. Photo de conduite en PVC.



Fig.IV.6. Photo de conduite est en amiante ciment

Le réservoir 500 m³ circulaire est relié au réservoir 1000 m³ par une conduite en acier enrobé de diamètre 200 mm sur une distance de 609 m.

Le réservoir rectangulaire 500 m³ récemment réalisé par l'A.D.E, dans le cadre des transferts des eaux du Barrage de Béni Haroun, est relié au réservoir 1000 m³ par une conduite en acier. Le total d'adductions, du captage au réservoir 1000 m³, est de 11269 m. (Fig.IV.7).

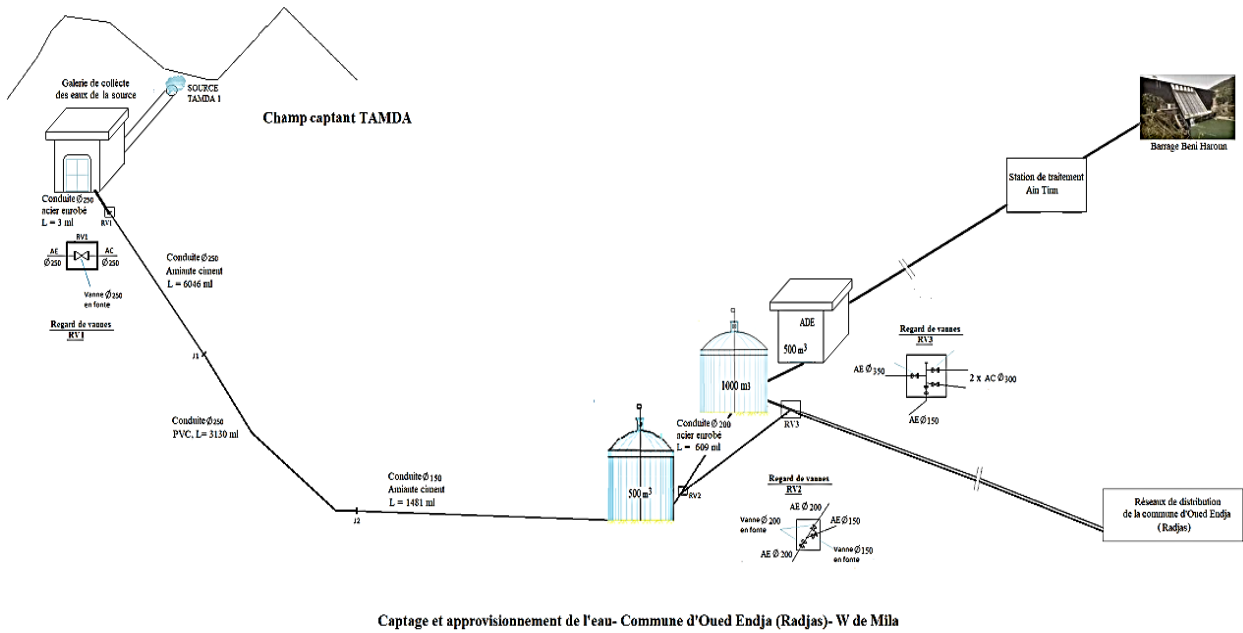


Fig.IV.7. Schéma de Captage et approvisionnement de l'eau- Commune d'Oued Endja (Radjas)- W.8 Mila

4.6.3. Diagnostic des ouvrages de stockage et chambres de manœuvre

Le stockage pour l'alimentation en eau potable du centre d'Oued Endja est assuré par trois (03) réservoirs en béton armé, deux circulaires et semi enterrés de capacité 500 m³ et 1000 m³, le troisième de forme rectangulaire de capacité 500 m³, réalisé par l'A.D.E, dans le cadre des transferts des eaux du barrage de Beni Haroun, à partir de la station de traitement de Ain-Tinn. Récemment mis en service.

Après diagnostic des ouvrages de stockages, il y'a lieu de signaler ce qui suit :

1. Le réservoir circulaire de 500 m³

Il est en bon état, mais nécessite un entretien extérieur (Peinture du réservoir et de clôture). Ce réservoir est relié par la conduite d'arrivée de diamètre 150 mm en amiante ciment, servant au remplissage, comme il est équipé d'une conduite de départ de diamètre 200 mm en acier enrobé, avec une vanne de sectionnement pour la régulation du débit, dans un état de corrosion accrue, servant le remplissage du réservoir 1000 m³.

Le réservoir de 500 m³ rempli de l'eau de la source de Tamda 01, lié aux réseaux de distribution du centre d'Oued Endja au niveau du regard de vannes (RV3), sert à alimenter directement par intermittence les habitants des trois secteurs par vannes de sectionnement.

Les vannes de sectionnement se trouvant à l'extérieur, leur regard en état dégradé nécessite un réfectionnement.

Tous les équipements se trouvant à l'intérieur de la chambre de manœuvre sont en état de corrosion très avancé, avec en apparence les eaux de fuites à travers les accessoires de raccordements.

2. Le réservoir rectangulaire 500 m³ (ADE)

Le réservoir est de forme rectangulaire réalisé par l'ADE, en état neuf. Servant à alimenter les deux communes d'Oued Endja et Ahmed Rached, munie d'une vanne de sectionnement pour permettre le remplissage du réservoir 1000 m³.

3. Le réservoir 1000 m³

Le réservoir 1000 m³ comporte la spécificité suivante : Le réservoir est muni d'un genre de puisard, des escaliers, d'une conduite de 200 mm en acier par la quelle arrivent les eaux de remplissage du réservoir. La conduite de départ en acier de diamètre 350 mm, reliée à un regard de vannes (RV3), comprend un Té raccordé à deux conduites de distribution de 300 mm en amiante ciment. La première conduite est munie d'une vanne de sectionnement de même diamètre, véhicule les eaux vers le réseau du secteur n°01 du centre d'Oued Endja et la deuxième conduite est munie aussi d'une vanne de sectionnement de même diamètre et véhicule les eaux vers le réseau des secteurs n°02 et n°03.

Il est à noter que tous les équipements (conduites, Té, vannes) sont dans un état de corrosion avancée.

4.6.4. Diagnostic des réseaux de distributions

Le centre d'Oued Endja est constitué de trois secteurs, le secteur 01 comprend la partie en supérieure de ville et la partie inférieure à partir du centre-ville vers l'Est représente les secteurs 2 et 3.

La vérification de fonctionnement des réseaux de distribution du centre d'Oued Endja se compose de deux parties :

4.6.4.1. Diagnostic et enquêtes sur terrain

Les réseaux de distribution d'eau potable du centre d'Oued Endja (Redjas), sont conçus à grande partie en P.V.C, quelques tronçons sont en acier galvanisé, Ces réseaux couvrent trois grands secteurs ci-après :

1. Secteur N°01

Ce secteur est alimenté par réseau de de type maillé, conçu en P.V.C.

Après diagnostic de ce réseau il y'a lieu de signaler ce qui suit :

- ✚ En matière de pertes, il est à signaler que d'après la constatation sur terrain et les tests menée par les services de l'ADE l'existence des fuites en certains traçons du

réseau, notamment au niveau des regards de vannes, ainsi l'existence de certains branchements illicites.

- ✚ Selon les enquêtes de proximités menées auprès des citoyens, la quantité d'eau distribuée est insuffisante au niveau de quelques habitations se trouvant dans la partie Sud-Ouest du secteur 1, cela revient toujours aux branchements illicites et sans étude.
- ✚ Toutes les vannes de sectionnement sont conçues par système de bouche à clé.

2. Secteur N°02

Le secteur N° 02 est alimenté aussi du réservoir 1000 m³, regroupe le centre-ville, la cité koukou Smail (278 lots), cité évolutif, et enfin le lotissement 96 lots.

Le réseau est de type maillé, conçu en P.V.C, alimenté à partir de la conduite principale en amiante ciment de diamètres 300 mm, 250 mm et 200 mm

Après diagnostic du réseau il y'a lieu de signaler :

- ✚ En matière de fuite, elles sont plus ou moins importantes.
- ✚ Le regard de vanne au niveau du nœud N°19 est en état dégradé.
- ✚ Le reste des vannes de sectionnement sont conçu par système de bouche à clé.

3. Secteur N°03

Ce secteur regroupe la cité 100 logements, la cité 80 logements, la cité 18 février, le lotissement 311 lots, le lotissement 74 lots et El-Karia.

Leurs réseau est de type ramifié, alimenté du réservoir 1000 m³. Ce réseau en P.V.C, à l'exception de la partie alimentant le lotissement 74 lots, conçu en acier galvanisé.

Après diagnostic du réseau il y'a lieu de signaler :

- ✚ Quelques habitations, se trouvant à l'extrémité de la cité El-Karia, ne reçoivent pas d'eau suite au sous dimensionnement de la conduite principale alimentant la cité.
- ✚ Quelques habitations, se trouvant à l'extrémité du lotissement 311 lots, du côté Nord-Ouest, ne reçoivent pas d'eau suite au sous dimensionnement de la conduite principale alimentant la cité.
- ✚ Toutes les vannes de sectionnement sont conçues par système de bouche à clé.

a- Calculer et vérification de réseau

a.1. Evolution d'un la population

Pour la détermination du nombre d'habitants à différents horizons, il a été procédé à l'application de la relation des accroissements géométriques, qui s'écrit comme suit :

$$P_F = P_A (1 + t)^n$$

Avec :

- ✚ **P_F** : Population future.
- ✚ **P_A** : Population actuelle.
- ✚ **t** : Taux d'accroissement (2.8 % de la commune d'Oued Endja)
- ✚ **n** : Nombre d'années projetées.

Les résultats de calcul sont illustrés dans le tableau ci-dessous (Tableau.IV.5).

Tableau. IV. 5. Evolution de la population pour différents horizons.

Année	2004	2014	2024	2034	2044
Population	18521	24412	32176	42409	55897

a.2. Estimation actuelle et future des besoins en eau

La zone d'étude est de type rural et par conséquent, la norme de dotation unitaire journalière est pris de 150 l/j/hab ; vu le développement important que connaît le centre d'Oued Endja.

a.2.1. Besoins moyens journaliers

- **Besoins domestiques**

Le débit moyen journalier est donné par la formule suivante :

$$Q_{\text{moy j}} = \text{Nombre d'habitants} \times \text{dotation} \dots \dots \dots (\text{m}^3/\text{j})$$

- **Besoins d'équipements**

Compte tenu de l'absence de grands équipements consommateurs d'eau potable ; les besoins d'équipements sont fixés à 15% de la consommation moyenne journalière.

b. Calcul des débits

b.1. Débit maximal journalier

Le débit maximal journalier est donné par la relation usuelle ci-après :

$$Q_{\text{max j}} = Q_{\text{moy j}} \times K_{\text{max j}} \dots \dots \dots (\text{m}^3/\text{j})$$

Avec :

- ✚ Q_{maxj} : Débit maximal journalier.
- ✚ Q_{moyj} : Débit moyen journalier.
- ✚ K_{maxj} : coefficient d'irrégularité maximale des varie entre 1.1 et 1.3. pour notre cas on prend $K_{maxj} = 1.1$

b.2. Débit de pointe

Le débit de pointe est donné par la formule suivante :

$$Q_P = Q_{moyj} \times K_p \dots\dots\dots (l/s).$$

Avec:

- ✚ Q_P : Débit de pointe.
- ✚ Q_{moyj} : Débit moyen journalière.
- ✚ K_p : Coefficient de pointe.

$$K_p = k_{maxj} * k_{maxh} \text{ et } k_{maxh} = \alpha_{max} * \beta_{max}$$

α_{max} : Coefficient qui tient compte du confort des équipements de l'agglomération et de régime du travail, varie de 1,2 à 1,4 et dépend du niveau de développement local. Pour notre cas on prend. $\alpha_{max} = 1,2$.

β_{max} : Coefficient étroitement lié à l'accroissement de la population, le tableau donne sa variation en fonction du nombre d'habitants (Tableau.IV.6).

Tableau. IV.06. Valeur de β_{max} en fonction du nombre d'habitants.

habitant	<1000	1500	2500	4000	6000	10000	20000	50000
β_{max}	2	1,8	1,6	1.5	1.4	1.3	1.2	1,15

Les résultats de calcul sont récapitulés dans le tableau ci-dessous (Tableau.IV.7) :

Tableau. IV. 07. Evaluation des besoins en eau de la population à l'horizon 2044.

Horizon	Nombre Habitants	Dotation (l / j / hab)	Débits domestiques (m ³ / j)	Débits équipements (m ³ / j)	Débit moyen Journalier (m ³ / j)	Débit max (m ³ / j)	Kp	Débit de point (l / s)
2004	18521	150	2778.15	416.22	3194.87	3514.36	1.22	46.06
2014	24412		3661.8	549.27	4211.02	4632.18	1.19	59.23
2024	32176		4826.4	724	5550.4	6105.4	1.558	100
2034	42409		6361.35	954.2	7315.5	8037.1	1.535	129.98
2044	55897		8384.6	1257.7	9642.2	10606.5	1.510	168.53

La comparaison des besoins en eau du centre d'Oued Endja et les ressources en eau disponibles sont illustrés dans le tableau (Tableau.IV.8) :

Tableau. IV.08. tableau comparatif des besoins et ressources en eau disponibles à différents horizons.

Horizon	2024	2034	2044	Observation
Besoins (l/s)	100	129.98	168.53	Les apports disponibles majorés par le renforcement par les eaux du Barrage de Beni Haroun sont largement suffisants, jusqu'à l'an 2044.
Apport en (l/s) Tanda 01	22.00	22.00	22.00	
Apport B.B.H en (l/s)	98.00	98.00	98.00	
Total apport en (l/s)	120.00	120.00	120.00	
Déficit	Néant	09,98	48,53	

L'analyse des résultats illustrés dans le tableau ci-dessus, permet d'avancer les interprétations suivantes :

- ✓ Les besoins en eau potable actuel du centre d'Oued Endja, s'élève en **2024** à **100 l/s**, quant à la ressource à mettre en service, elle est de l'ordre **120 l/s**, ainsi, aucun déficit n'est enregistré actuellement.
- ✓ Les besoins en eau potable du centre d'Oued Endja à moyen terme, soit à l'horizon 2034 s'élève à **129.98 l/s**, quant à la ressource à mettre en service, elle est de l'ordre **120.00 l/s**, donc on a un déficit de **9.98 l/s**.
- ✓ Les besoins en eau potable du centre d'Oued Endja à long terme, soit à l'horizon **2044** s'élève à **168.53 l/s**, quant à la ressource à mettre en service, elle est de l'ordre **120.00 l/s**, ainsi, donc on a un déficit de **48.53 l/s**.

c. Besoins de stockage

Les besoins de stockage à l'horizon 2044 sont estimés à 30% de la consommation maximale journalier.

Les résultats des besoins de stockage sont illustrés dans le tableau ci-après, (Tableau.IV.9) :

Tableau.IV.9. Les résultats des besoins de stockage

Horizon	2024	2034	2044
Q _{max.j} (m ³ /j)	6105.4	8037.1	10606.5
Capacité théorique	1785	2314	3012
Capacité disponible	2000	2000	2000
Déficit	Néant	314.6	1012

L'analyse des résultats insérés dans le tableau ci-dessus, permet d'avancer les interprétations suivantes :

Les besoins actuels en matière de capacité de stockage du centre de Oued Endja, s'élève à **1785 m³**, quant à la capacité disponible, elle est de l'ordre de **2000 m³** après mise en service du réservoir rectangulaire **500 m³**, réalisé par l'A.D.E, dans le cadre de renforcement du centre par les eaux du barrage de Beni Haroun, cependant le centre Oued Endja n'enregistre aucun déficit en matière d'ouvrage de stockage d'eau potable actuellement (2024).

Les besoins en matière d'ouvrage de stockage du centre d'Oued Endja, à moyen terme, soit à l'horizon **2034** s'élève à **2314m³**, quant à la capacité disponible, elle s'élève à **2000 m³**, cependant le centre enregistre un déficit en matière de capacité de stockage de **314 m³**.

Les besoins en matière d'ouvrage de stockage du centre d'Oued Endja, à long terme, soit à l'horizon **2044** s'élève à **3012m³**, quant à la capacité disponible, elle est de **2000 m³**, cependant le centre enregistre un déficit en matière de capacité de stockage, à long terme cependant le centre en étude enregistre un déficit en matière de capacité de stockage de **1012 m³**.

d. Vérification de l'état actuel de fonctionnement de la conduite

d.1. Etat de fonctionnement du réseau de distribution existant

La vérification de l'état actuel de fonctionnement des conduites de distributions est faite sur la base du plan des réseaux actuels 2024 par :

- ✚ La méthode linéaire pour la détermination des débits nodaux.
- ✚ La méthode d’ARDY CROSS pour les différentes simulations.
- ✚ Les résultats obtenus sont représentés dans les tableaux dressés plus bas, portant « Calcul hydraulique des réseaux d’AEP à l’horizon 2024 ».

d.1.1. Calcul du débit spécifique

Le débit spécifique est déterminé par la relation suivante :

$$Q_{sp} = Q_p / L_t \dots\dots\dots(l/s/ml).$$

Avec :

- ✚ Q_{sp} : Débit spécifique en (l/s/ml).
- ✚ Q_p : Débit de pointe en (l/s).
- ✚ L_t : Longueur totale du réseau en (m).

d.1.2. Calcul des débits nodaux

Pour déterminer le débit nodal on a utilisé la formule suivante

$$Q_{\text{noeud}} = Q_{sp} \times L_n \times 0.55 \dots\dots\dots(l/s).$$

Avec :

- ✚ Q_{noeud} : Débit nodale en (l/s).
- ✚ Q_{sp} : Débit spécifique en (l/s/ml).
- ✚ L_n : Longueur propre à chaque noeud (m).

✓ **En état actuel (2024)**

➤ **Secteur 01**

Après calculer les débits nodaux dans le secteur 01 en état actuel, les résultats sans (Tableau.IV.10)

Tableau.IV.10. Résultats pour secteur 01 en état actuel

Nœud	Longueur Totale	Qspc (l/s)	Débit nodale (l/s)
1	565.75	0.025961066	7.344
2	838.71		10.887
3	396.78		5.150
4	559.26		7.259
5	531.69		6.902
6	375.85		4.879
7	479.37		6.222
8	440.24		5.715
9	321.61		4.175
10	501.32		6.507

➤ **Secteur 02 et 03**

Après calculer les débits nodaux dans le secteur 01 et secteur 03 en état actuel, les résultats sans (Tableau.IV.11)

Tableau.IV.11. Résultats pour secteur 02 et 03 en état actuel 2024

Nœud	Longueur Totale	Qspc(l/s)	Débit nodale (l/s)
11	441.62	0.004078106	0.900
12	532.62		1.086
14	367.93		0.750
15	465.3		0.949
16	355.77		0.725
17	367.07		0.748
18	409.84		0.836
19	532.73		1.086
20	392.12		0.800
21	372.39		0.759
22	370.76		0.756
23	366.9		0.748
24	269.5		0.550
25	375.71		0.766
26	278.84		0.569
27	371.94		0.758
28	1177.46		2.401
29	1160.26		2.366
30	728.22		1.485
31	275.59		0.618
32	614.41		1.155
33	149.5		0.335
34	187.47		0.420
35	229.95		0.516
36	900.72		1.155
37	236.06		0.529
38	880.07		1.826
39	113.83		0.255
40	443.49		0.916
41	93.78		0.210
42	100.03		0.224
43	685.71		1.368

4.7 Modélisation et vérification des paramètres de fonctionnement des réseaux de distribution

4.7.1. Introduction

La modélisation est le processus qui consiste à créer une **représentation simplifiée** d'un système, d'un phénomène ou d'une situation réelle. Cette représentation, appelée modèle, peut prendre différentes formes Mathématiques, géométrique, informatique, Empirique.

Le but de la modélisation est de mieux comprendre, analyser, prédire ou simuler le comportement du système réel étudié. Le modèle permet de réaliser des expériences, des simulations ou des calculs qui seraient difficiles, coûteux ou impossibles à réaliser sur le système réel [34].

Il existe plusieurs logiciels de modélisation et simulation on peut citer Piccolo, porteau, Zomayet, Epanet, Water CAD ; comme il a été présenté dans le chapitre III.

Dans notre cas on a utilisé le logiciel d'Epanet avec l'AutoCAD par biais de l'EpaCad.

4.7.2 Présentation des logiciels utilisés

4.7.2.1. AutoCAD

AutoCAD est un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO) développé par Autodesk. Il s'agit d'un outil puissant utilisé par les professionnels de divers domaines, AutoCAD est disponible en différentes versions, chacune avec des fonctionnalités et des options spécifiques pour répondre aux besoins des différents utilisateurs [34].

❖ Domaines d'utilisation de l'AutoCAD

- ✚ **Architecture** : pour créer des plans de bâtiments, des coupes et des élévations.
- ✚ **Ingénierie** : pour concevoir des pièces mécaniques, des systèmes électriques et des circuits électroniques et des réseaux hydrauliques.
- ✚ **Construction** : pour produire des plans de construction et des détails techniques.
- ✚ **Fabrication** : pour créer des modèles 3D et des instructions de fabrication.
- ✚ **Cartographie** : pour créer des cartes et des plans topographiques (Fig.IV.8).

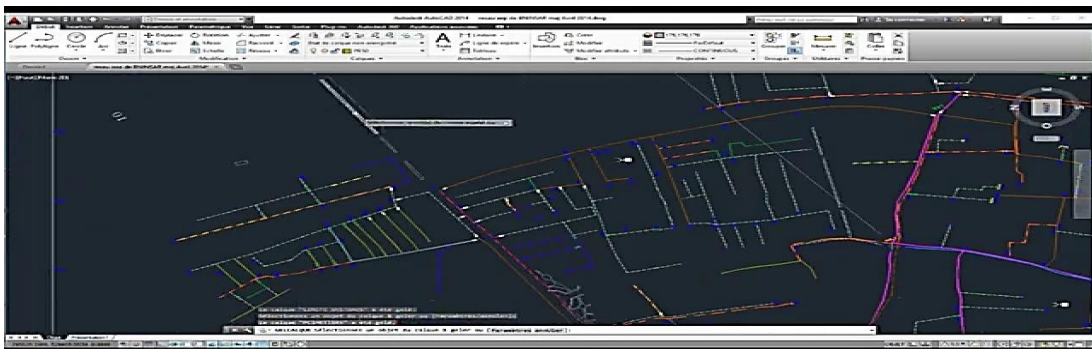


Fig.IV.8. Module de réseau hydraulique sur AutoCAD

L'AutoCAD permet de créer des dessins 2D et 3D précis et détaillés. Il offre une large gamme de fonctionnalités

- ✚ **Dessin d'entités** : création de lignes, arcs, cercles, poly lignes, etc.
- ✚ **Modification de dessins** : édition, suppression et déplacement d'entités.
- ✚ **Annotation** : ajout de cotations, de textes et de blocs.
- ✚ **Calques** : organisation des dessins sur différents calques.
- ✚ **Hachurage** : ajout de motifs et de textures aux dessins.
- ✚ **Modélisation 3D** : création de modèles 3D volumiques et réalistes.
- ✚ **Bibliothèques de blocs** : utilisation de symboles et de composants prédéfinis.
- ✚ **Rendu** : création d'images photo réalistes des modèles 3D.
- ✚ **Collaboration** : partage et modification de dessins avec d'autres utilisateurs.

4.7.2.2 Epanet

Epanet (Environmental Protection Agency Network Evaluation Tools), est un logiciel de simulation informatique développé par l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis (EPA) pour modéliser le comportement hydraulique et la qualité de l'eau dans les réseaux de distribution d'eau potable. Il s'agit d'un outil gratuit et open-source largement utilisé par les ingénieurs, les chercheurs et les gestionnaires de réseaux d'eau dans le monde entier [35].

❖ Domaines d'utilisation de l'Epanet

Epanet permet de simuler le flux d'eau dans un réseau de distribution, en tenant compte de divers facteurs tels que :

- ✚ La géométrie du réseau : la longueur, le diamètre et le matériau des tuyaux, la présence de vannes, de pompes et de réservoirs.
- ✚ La demande en eau : la quantité d'eau consommée par les utilisateurs à différents moments de la journée et de l'année.
- ✚ Les caractéristiques de l'eau : la pression, la température et la qualité de l'eau.

Le logiciel permet également de calculer des paramètres hydrauliques importants tels que :

- ✚ La pression et le débit à chaque point du réseau.
- ✚ Les pertes de charge dans les tuyaux.
- ✚ Le temps de séjour de l'eau dans le réseau (Fig.IV.9).

❖ **Fonctionnalités principales de l'Epanet**

- ✚ **Simulation hydraulique** : Calcul du flux d'eau, de la pression, du débit et des pertes de charge dans le réseau.
- ✚ **Simulation de la qualité de l'eau** : Suivi du transport et de la transformation des contaminants dans le réseau.
- ✚ **Analyse des scénarios** : Simulation de différents scénarios de demande en eau et de configuration du réseau.
- ✚ **Optimisation du réseau** : Identification des modifications optimales du réseau pour améliorer ses performances.
- ✚ **Visualisation des résultats** : Création de graphiques et de cartes pour visualiser les résultats de la simulation.

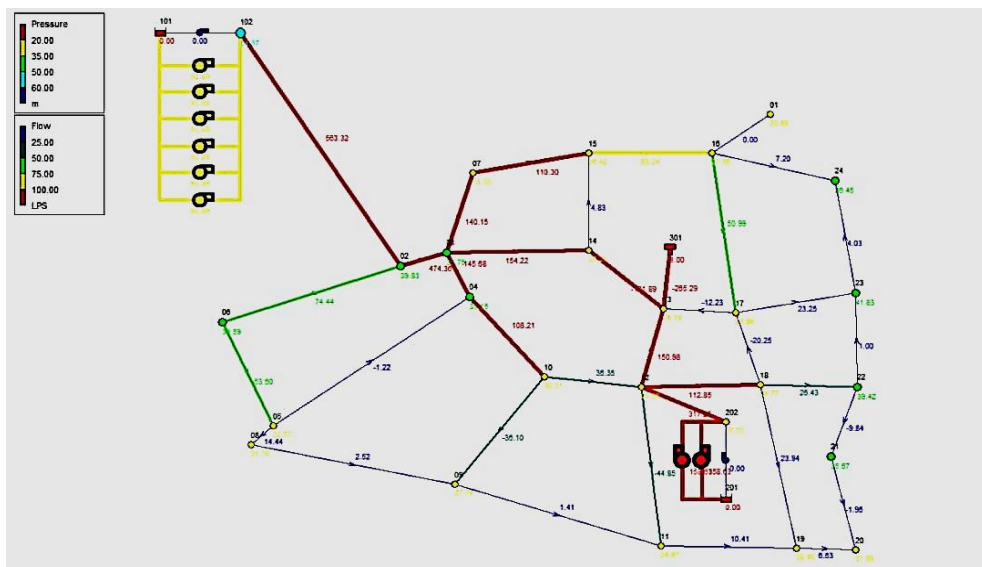


Fig.IV.9. Schéma d'un réseau hydraulique sur logiciel Epanet

4.7.2.3 EpaCAD

EpaCad est un logiciel gratuit et open-source qui permet de convertir des fichiers AutoCAD en fichiers Epanet, EpaCad génère un fichier Epanet qui peut ensuite être utilisé pour simuler le comportement hydraulique du réseau de distribution d'eau potable (Fig.IV.10).

- Fonctionnalité principale de l'EpaCAD

- ✚ **Importation de fichiers AutoCAD** : Prise en charge des formats DXF et DWG.
- ✚ **Extraction automatique des nœuds et des tuyaux.**
- ✚ **Calcul de la longueur des tuyaux.**

- ✚ Attribution des propriétés aux éléments du réseau.
- ✚ Génération de fichiers Epanet.
- ✚ Interface utilisateur simple et intuitive.



Fig.IV.10. Interface de logiciel EpaCAD

4.8. Procédure de communication entre les logiciels

La procédure de communication entre les logiciels ce fait comme suit (Fig.IV.11.) :

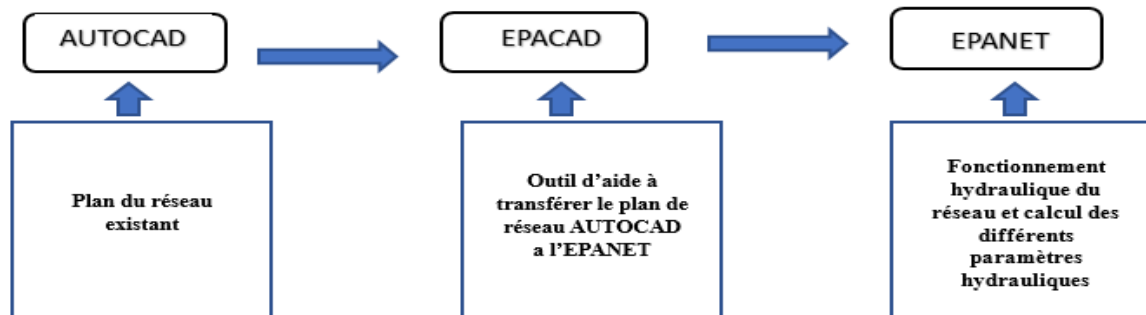


Fig.IV.11. fonctionnement des logiciels

4.9. Simulation hydraulique ; application sur les données actuelles des réseaux de centre Oued Endja

Pour la simulation on utilise dans notre cas le logiciel Epanet.

Les résultats obtenus illustrant les paramètres hydrauliques (Pressions, débits, vitesses, ...) sont enregistrés dans l'annexe n°01 (Planche N°01) et l'annexe n°02.

4.10. Conclusion

Le diagnostic et l'analyse du comportement du réseau actuel est effectué à l'aide du modèle de diagnostic (Diagno) offert par l'utilisation couplée D'Epanet et L'Autocad par le lien de L'EpaCad. L'application de ce modèle hydraulique sur les données actuelles du réseau de centre d'Oued Endja, permet de déterminer les paramètres (indices) de décision jugeant l'efficacité et le bon fonctionnement (Débits, diamètres des conduites, pressions et vitesses). Les résultats de calcul sur l'état actuel (2024) seront analysés interprétés dans le chapitre V, pour prendre la décision nécessaire et de projeté le plan d'action futur.

**Chapitre V : Analyse des résultats du diagnostic et proposition
D'un plan d'action futur**

Chapitre V : Analyse des résultats du diagnostic et proposition d'un plan d'action futur

1. Introduction

Dans ce chapitre nous exposons les résultats du diagnostic, interprétant les enquêtes et le fonctionnement menés sur l'état des ouvrages et équipements du système d'alimentation en eau potable du centre d'Oued Endja. Ainsi nous proposons des solutions pour remédier aux problèmes de fonctionnement et anomalies constatées sur terrain. Ces opérations dont le but d'élaborer un programme d'action pour réhabiliter et rénover certaines parties du système, et rééquilibrer le réseau d'alimentation en eau potable.

2. Interprétation des résultats du diagnostic du système d'AEP des centres d'Oued Endja

Les résultats du diagnostic et les solutions proposées pour réparer les défaillances sont enregistrées dans les tableaux ci-dessous, pour chaque ouvrage et équipement du système d'alimentation en eau potable.

2.1. Ressources en eau potable

Après diagnostic du captage de Tamda 01, produit un débit de 22 l/s en période normale. Il y'a lieu de signaler qu'aucune anomalie n'est constatée.

Un transfert d'eau pour satisfaire les besoins en eau du centre se fait à partir du barrage de Béni Haroun avec un apport de l'ordre de 98 l/s et récemment réalisé en état neuf.

Les besoins en eau potable du centre d'Oued Endja s'élève en **2024 à 100 l/s** et aucun déficit n'est enregistré actuellement. Cependant ces besoins ne sont pas assurés à moyen et à court terme (2034 et 2044), (Tableau V.1).

Tableau V.1. Anomalies et solutions proposées

Problèmes et anomalies	Solutions et aménagement proposés
- Un déficit de 9.98 l/s pour 2034 et 48.53 l/s pour 2044 par rapport à l'apport actuel de 120 l/s .	- Compléter ce déficit en proposant d'ajouter une autre quantité d'eau transférée du barrage Beni Haroun.

2.2. Adduction et approvisionnement de l'eau

L'adduction comprend deux conduites, la première se fait du captage Tamda vers le réservoir 500 m³ et la deuxième du barrage Beni Haroun (station de traitement Ain Tinn) vers le réservoir 1000 m³ (Tableau V.2).

Tableau V.2. Anomalies et solutions proposées

Adduction Tamda-réservoir 500 m³	
Problèmes et anomalies	Solutions et aménagement proposés
<ul style="list-style-type: none"> - A la sortie de bassin d'accumulation des eaux, la conduit et la vanne de sectionnement de diamètre 250 mm et un compteur dans un état défectueux (Fig.V.1 et V.2). - Plusieurs tronçons déterrés suite aux caractéristiques géomorphologiques de la région. - Fuite importante du côté de la vidange située au voisinage du ponceau, près du joint de raccordement J1. -Manque d'entretien des regards de vidange. - Deux parties de l'adduction réalisées en amiante ciment en état dégradées, Outre l'impact sur la santé humaine 	<ul style="list-style-type: none"> - Changement de la vanne de sectionnement et du compteur, ainsi l'entretien et maintenance de la conduite de diamètre 250 mm en acier. - Entretien et remblai des parties déterrées de l'adduction. - Réparer les fuites. - Entretien des regards de vidange. - Changement des conduites en amiante ciment de diamètre 250 mm sur un linéaire de 6046 m et celle de diamètre 150 mm sur un linéaire de 1481m, par des conduites en acier enrobé.
Adduction du barrage Beni Haroun-réservoir rectangulaire 500 m³ (ADE)	
- Pas d'anomalies (En bon état).	



Fig.V.1. Photo de conduite en acier.



Fig.V.2. Photo de vanne.

2.3. Ouvrages de stockage et chambres de manœuvre

Le stockage des eaux potables du centre d'Oued Endja est assuré par trois (03) réservoirs en béton armé, l'état de ces réservoirs, les anomalies et les solutions proposées sont illustrées dans le tableau ci-dessous m³ (Tableau V.3).

Tableau V.3. Anomalies et solutions proposées

Réservoir circulaire 500 m³	
Problèmes et anomalies	Solutions et aménagement proposés
<ul style="list-style-type: none"> - En bon état, mais nécessite un entretien extérieur (Peinture du réservoir et de clôture). - La vanne de sectionnement pour la régulation du débit de la conduite de départ de diamètre 200 mm en acier enrobé, servant le remplissage du réservoir 1000 m³ dans un état de corrosion accrue. - Les vannes de sectionnement se trouvant à l'extérieur, leur regard (RV2), en état dégradé nécessite un réfectionnement. - Tous les équipements se trouvant à l'intérieur de la chambre de manœuvre sont en état de corrosion très avancé, avec en apparence les eaux de fuites à travers les accessoires de raccords. 	<ul style="list-style-type: none"> - L'entretien de l'extérieur réservoir et peinture du réservoir et de clôture. -Maintenance de la vanne de sectionnement pour la régulation du débit de la conduite de départ de diamètre 200 mm en acier enrobé, servant le remplissage du réservoir 1000 m³. -Réfectionnement du regard (RV2). -Changement et rénovation de tous les équipements se trouvant à l'intérieur de la chambre de manœuvre du réservoir et réparation des fuites en apparence à travers les accessoires de raccords.
Réservoir circulaire 1000 m³	
<ul style="list-style-type: none"> - En bon état, mais nécessite un entretien extérieur (Peinture du réservoir et de clôture). -Tous les équipements de la chambre de manœuvre (conduites, Té, vannes,...) du réservoir 1000 m³, sont dans un état de corrosion avancée. 	<ul style="list-style-type: none"> - L'entretien de l'extérieur de réservoir et peinture du réservoir et de clôture. - Changement et rénovation de tous les équipements se trouvant à l'intérieur de la chambre de manœuvre du réservoir.
Réservoir rectangulaire de 500 m³ (ADE)	
<ul style="list-style-type: none"> - Récemment réalisé par l'ADE, en bon état. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pas d'anomalies.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Déficit en matière de stockage de 314 m³ en 2034 et 1012 m³ en 2044, tandis que la capacité disponible est de 2000 m³. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Projeté un réservoir de capacité 1500 m³ pour satisfaire la demande en matière d'ouvrage de stockage du centre d'Oued Endja, à long terme.

2.4 Le réseau de distribution

Le diagnostic des réseaux comprend deux étapes :

- Enquête sur terrain et enregistrement des anomalies.
- Vérification du fonctionnement et d'équilibre des réseaux.

2.4.1. Etape 01 : Enquête sur terrain.

L'enquête effectuée sur terrain permet d'enregistrer les anomalies et de proposer les solutions nécessaires pour réparer et réhabiliter les réseaux d'AEP du centre d'Oued Endja (Tableau V.4).

Tableau V.4. Anomalies et solutions proposées

Réseau de secteur 1	
Problèmes et anomalies	Solutions et aménagement proposés
<ul style="list-style-type: none"> - Fuites en certains traçons du réseau, notamment au niveau des regards de vannes, ainsi l'existence de certains branchements illicites. - Insuffisance de la quantité d'eau distribuée au niveau de quelques habitations se trouvant dans la partie Sud-Ouest du secteur 1, cela revient toujours aux branchements illicites et sans étude. 	<ul style="list-style-type: none"> - Réparation des fuites en certains traçons du réseau, et contrôle des branchements illicites. - Changement de la conduite d'amenée (distribution) du réservoir 1000 m³ au nœud n°1, de diamètre 300 mm en amiante ciment par une conduite de diamètre 369.4 mm en PEHD.
Réseau de Secteurs 2 et 3	
<ul style="list-style-type: none"> -Fuites, elles sont plus ou moins importantes. -Le regard de vanne au niveau du nœud N°19 est en état dégradé. -Les habitations des cités : Evolutive, El-Karia, lotissement 311 lots (côté Nord-Ouest), ne reçoivent pas d'eau suite au sous dimensionnement de la conduite principale de la cité. 	<ul style="list-style-type: none"> -Réparation des fuites en certains traçons du réseau, et contrôle des branchements illicites. -Entretien du regard de vanne au niveau du nœud N°19. -Rééquilibre du réseau et la vérification des paramètres de bon fonctionnement assurant les conditions d'écoulement (vitesse, pression) pour la satisfaction des besoins des habitants et cela par le changement de la conduite d'amenée (distribution) du réservoir 1000 m³ au nœud n°11, de diamètres 300,250,200 mm en amiante ciment par une conduite de diamètre 290.8 , 230.8 , 184.6 mm en PEHD. Outre la protection de la santé humaine.

2.4.2 Vérification de l'équilibre des réseaux par modèle Epanet

2.4.2.1- Résultats de vérification de l'équilibre des réseaux en état actuel

L'interprétation des résultats de vérification de l'équilibre des réseaux permet d'avancer que les réseaux de distribution du centre d'Oued Endja sont caractérisés par un déséquilibre remarquable du point de vue vitesse et pression, qui ne sont pas dans les normes (Voir annexe n°2).

Secteur N°01

- ✓ Le comportement actuel du réseau de secteur 1 après simulation donne les résultats des pressions au sol dans les normes elles varient de 1.5 bars à 4 bars.
- ✓ La majorité des valeurs des vitesses varient de 0.41 m/s et 1.25 m/s, sont considérées dans /ou proches des normes (0.5 à 1.5 m/s),

Secteur N°02 et N°03

- ✓ Le comportement actuel du réseau de secteur 2 et 3 après simulation montre que la majorité des pressions au sol sont dans les normes elles varient de 3.5 bars à 5.5 bars.
- ✓ Un important déséquilibre est enregistré au niveau des vitesses qui sont très faibles dans la majorité des tronçons principales (Voir annexe n°2). Les vitesses varient entre 0.02 m/s et 0.38 m/s, cette intervalle de variation est hors fourchette des vitesses admissibles (0.5 à 1.5 m/s) pour un réseau de distribution d'eau potable, cette situation est due au surdimensionnement des conduites, qui peut engendrer des dépôts considérables d'entartrage à l'intérieur des conduites.

2.4.3 - Rééquilibrage du réseau pour le bon fonctionnement à long terme

L'aménagement consiste à projeter des réseaux de distributions couvrant la totalité du centre d'étude, avec toutefois les zones à extension.

Il est caractérisée par :

- Rénovation de quelques conduites, avec le changement des diamètres et matériaux.
- Réhabilitation et changement ; des accessoires de raccordement et vannes.
- Entretien des regards et réparation des fuites.

- La projection des nouveaux tronçons qui nous permet de couvrir les zones en cours d'extension.
- Le recours du possible pour le maintien de l'assiette du tracé existant (initiale).

Pour des raisons topographiques, structure d'urbanisation qui caractérisent le centre de d'Oued; Endja, ainsi de point de vue économique nous avons opté pour la proposition d'une variante d'aménagement qui est basée sur le système de « ZONING » offrant une indépendance dans le temps et dans l'espace en matière d'approvisionnement. Aussi elle permet une meilleure maîtrise et gestion des réseaux.

Sur cette base le nouveau aménagement des réseaux de distribution se divise en deux zones, ayant chacune son propre réseau de distribution, comme l'illustre la planche N° 01-02.

Ces deux zones sont alimentées comme suit :

Zone n°01 :

Cette zone comprend le secteur 01, est alimenté de conduite principale de diamètre 400mm en PEHD au niveau du N°01. Cette est reliée au réservoir 1000 m³ par l'intermédiaire du regard de vanne et munie d'une vanne de sectionnement de même diamètre, véhicule les eaux vers le réseau du secteur n°01 du centre d'Oued Endja.

Zone n°02 :

Cette zone est constituée des secteurs 02 et 03, raccordée au niveau nœud N°11, à la conduite principale en PEHD (amenée), de diamètres (200mm-250mm-315mm) , reliée au réservoir 1000 m³ par l'intermédiaire du regard de vanne (RV3) et munie d'une vanne de sectionnement, véhicule les eaux vers le réseau du secteur n°02 et 03 du centre d'Oued Endja.

Les résultats de calculs des débits en routes et nœuds dans les réseaux des deux zones, à projeter en long terme, sont enregistrés dans les tableaux (Tableau.V.5 et V.6), (Voir annexe N° 03).

2.4.4. Avantages et inconvénients de la variante choisie

2.4.4.1. Avantage:

- ✓ Offre une indépendance dans le temps et dans l'espace en matière d'approvisionnement.
- ✓ Offre une indépendance dans le temps et dans l'espace en matière d'approvisionnement en cas de défaillance sur l'une des points d'alimentation.
- ✓ Permettant une meilleure maîtrise et gestion des réseaux par le service gestionnaire.

- ✓ Permettant au service gestionnaire de faire une répartition équitable entre les abonnés.

2.4.4.2. Inconvénients :

- Encombrement de la route, suite à l'exécution de la conduite principale rénovée.

2.5. Conclusion :

L'analyse des résultats de diagnostic des réseaux du centre d'Oued Endja, nous permet d'avancer ce les taux de maintenir, de renouveler et de projeter un linéaire total des réseaux existants, (Fig. V.3).

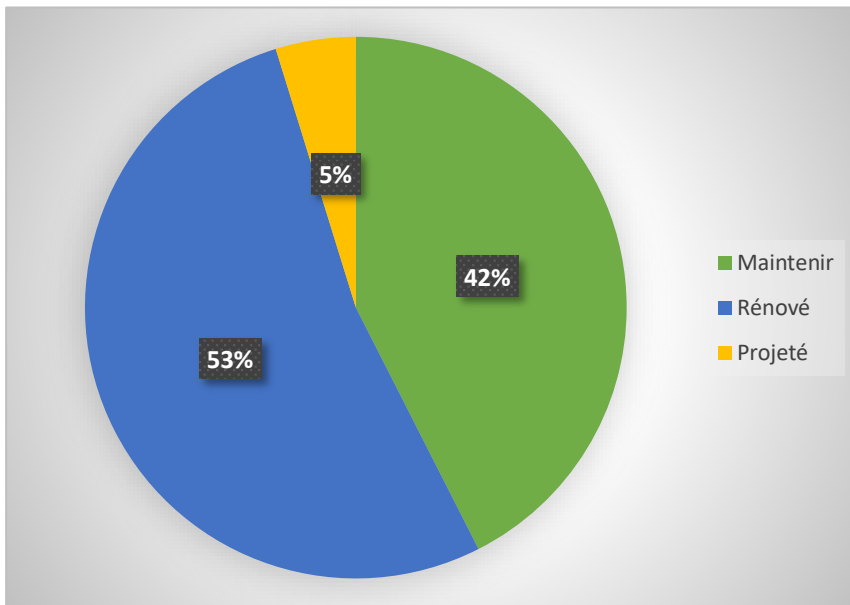


Fig. V.3. Taux de linéaire à maintenir, à rénover et à projeter

- 42% à maintenir du linéaire total des réseaux existants.
 - 53% à de rénover du linéaire total des réseaux existants.
 - 5 % à projeter du linéaire total des réseaux existants.
-
- ✓ Un plan directeur des réseaux de centre Oued Endja de fonctionnement de projection à long terme (2044) est adressé en prenant compte de réhabilitation, rénovation et projection des nouvelles conduites dans les parties d'extensions (Voir annexe n° 04), (Planche N°02).

Conclusion générale

Conclusion générale

Le système d'alimentation en eau potable est constitué des ouvrages et équipements.

Ces installations sont composées des éléments spécifiques, chaque élément joue un rôle primordial dans le fonctionnement du système d'AEP et sa défaillance signifie le dysfonctionnement et la discontinuité de ce dernier.

Pour le diagnostic du système d'AEP une présentation des critères physiques et géographiques la zone d'étude, de l'état physique et le fonctionnement des équipements du système et la vérification de l'équilibre des réseaux d'alimentation en eau potable, ont été effectué pour juger son état de point de vue réhabilitation, rénovation partielle ou totale.

Les équipements et leurs éléments spécifiques se dégradent dans le temps sous l'effet combiné des charges mécaniques et d'agressions électrochimiques. Donc cette dégradation influée directement sur le rendement du réseau, à cause de vieillissement et la vétusté des éléments du réseau, ce qui engendré des pertes d'eau importantes.

Pour améliorer les caractéristiques de ces éléments, nous avons proposé une méthode de diagnostic et réhabilitation des réseaux d'eau potable dans le contexte algérien. Cette méthode est axée sur les points suivants :

- ✓ Enquête et diagnostic de l'état actuel des équipements et infrastructures d'A.E.P, avec toutefois la localisation de :
 - Points d'eau (Sources, forages ...etc.).
 - Ouvrages de stockage
 - Infrastructures de pompage.
 - Conduites d'adductions.
 - Ouvrages en lignes et accessoires.
 - Réseaux de distributions.
- ✓ Matérialisation des infrastructures et équipements existants sur le levé

topographique, réalisé par nos soins en tenant compte du P.D.A.U du centre et de ces P.O.S.

- ✓ Evaluation des besoins en eau actuels et futurs de la population.
- ✓ Estimation du déficit en matière de besoins et stockage.
- ✓ Vérification de l'état de fonctionnement du réseau existant.
- ✓ Proposition des aménagements sous forme de variantes.
- ✓ Dimensionnement du nouveau réseau aménagé.
- ✓ Recommandation et planification des travaux à court terme, moyen terme et long terme.

Pour concrétiser cette méthode, nous avons étudié le cas du centre d'Oued Endja-Wilaya de Mila.

L'analyse des résultats de diagnostic des réseaux du centre d'Oued Endja, nous a permis d'avancer que le réseau existant d'Oued Endja, est sous dimensionné et en état de vieillissement avancé, cela nécessite une réhabilitation, rénovation partielle et projection de nouveaux tronçons pour couvrir les parties en cours d'extension, ainsi :

- La nécessité d'entretien périodique des équipements électromécaniques et ouvrages, de stockages.
- Réhabilitation des vidanges et ventouses le long de la conduite d'adduction.
- Découpage du réseau en deux zones d'alimentation indépendante l'une de l'autre.
- Le maintien des mêmes itinéraires des tracés existants pour la rénovation des conduites.

Le réseau du centre d'Oued Endja doit subir les travaux suivants :

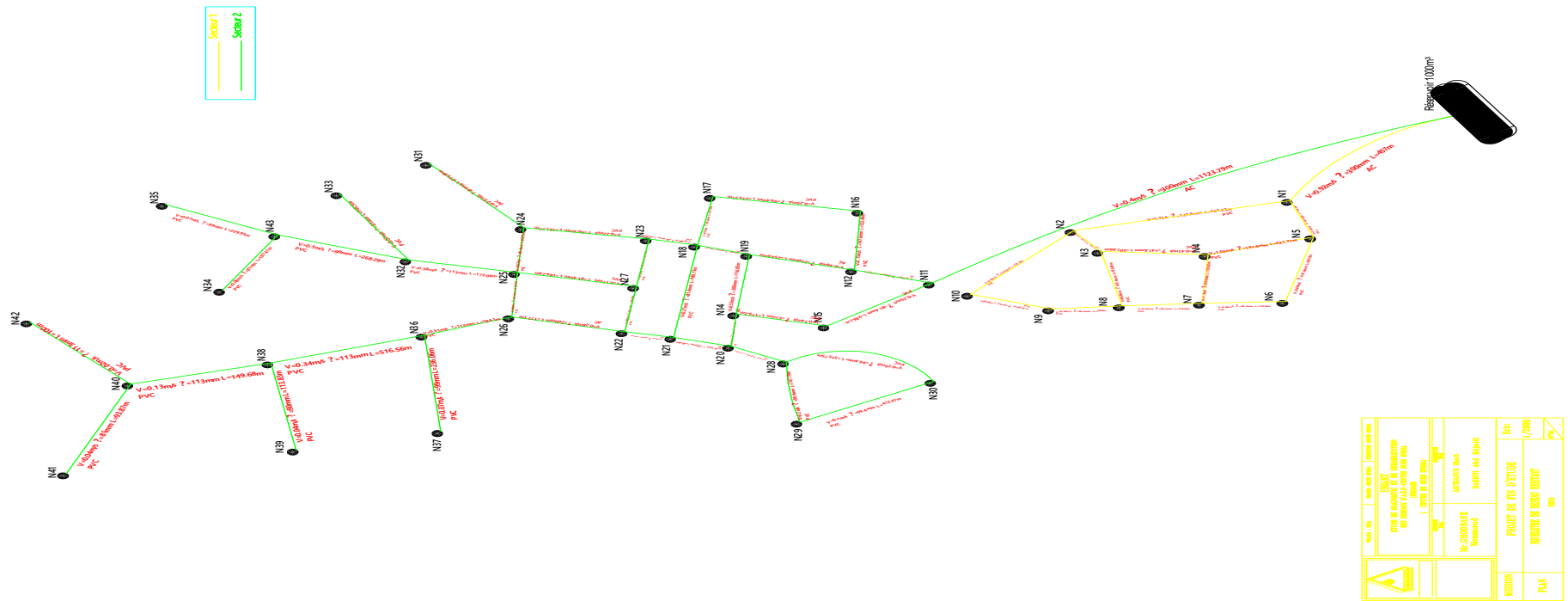
- Un taux de maintien des réseaux existants de 30%.
- Un taux de rénovation des réseaux existants de 64 % du linéaire total.
- Un taux de nouvelles projections de 6 %.

Finalement un plan directeur des réseaux de centre Oued Endja de fonctionnement à long terme (2044) est adressé en prenant compte de réhabilitation, rénovation et projection des nouvelles conduites dans les parties d'extensions (Voir annexe n°04).

ANNEXES

Annexe N°01

La planche N° 01 : Schéma des réseaux existants du centre Oued Endja en 2024



	Date de mise à jour : 10/05/2024 Centre de Recherche et d'Appui Technique pour le Développement Rural (CART)	Auteur : Ingénieur Spécialité :	Date : / / 2024
	Titre : Schéma des réseaux existants du centre Oued Endja en 2024	Approuvé par : Directeur	Date de validation : / / 2024

Annexe N°02

Secteur 1

1.1. État des Nœuds du Réseau en 2024

	Pression
ID Noeud	m
Noeud N10	37.59
Noeud N3	31.79
Noeud N2	32.89
Noeud N4	25.73
Noeud N5	19.59
Noeud N8	37.42
Noeud N7	35.4
Noeud N6	29.69
Noeud N9	37.13
Noeud N1	29.8

1.2. État des Arcs du Réseau en 2024

	Longueur	Diamètre	Vitesse	Perte de charge
ID Arc	m	mm	m/s	m
Tuyau t8_9	134.8	99.4	0.43	2.07
Tuyau t1_5	104.42	147.6	2.12	22.48
Tuyau t3_8	126.85	99.4	0.66	4.42
Tuyau t3_4	207.06	147.6	0.41	1.19
Tuyau t7_8	178.59	99.4	0.51	2.75
Tuyau t4_7	130.43	99.4	0.47	2.42
Tuyau t1_2	461.33	147.6	1.25	8.62
Tuyau t2_10	314.51	147.6	0.43	1.26
Tuyau t9_10	186.81	57	0.32	2.48
Tuyau t6_7	170.35	99.4	0.84	6.74
Tuyau R_N1	457.35	300	0.92	2.11
Tuyau t2_3	62.87	147.6	0.19	0.29
Tuyau t4_5	221.77	147.6	1.05	6.31
Tuyau t5_6	205.5	147.6	0.66	2.76

Secteur 2 et 3

2.1. État des Nœuds du Réseau en 2024

ID Noeud	Pression(m)	ID Noeud	Pression(m)
Noeud N24	48.06	Noeud N23	43.59
Noeud N25	47.99	Noeud N28	45.14
Noeud N26	48.56	Noeud N30	40.57
Noeud N22	43.33	Noeud N29	50.32
Noeud N21	41.2	Noeud N19	39.51
Noeud N20	40.47	Noeud N31	52.35
Noeud N14	37.68	Noeud N32	54.37
Noeud N12	41.5	Noeud N43	57.22
Noeud N16	49.03	Noeud N33	57.35
Noeud N17	47.41	Noeud N34	58.66
Noeud N15	35	Noeud N35	59.82
Noeud N11	40.82	Noeud N36	54.39
Noeud N18	41.05	Noeud N38	55.7
Noeud N27	42.89	Noeud N40	56.02
Noeud N39	56.82	Noeud N42	59.89
Noeud N41	60.73	Noeud N37	51.44

2.2. État des Arcs du Réseau en 2024

	Longueur	Diamètre	Vitesse	Perte charge
ID Arc	m	mm	m/s	m/km
Tuyau t24_25	90.73	99.4	0.07	0.09
Tuyau t25_26	100.74	147.4	0.18	0.28
Tuyau t22_21	96.2	200	0.32	0.51
Tuyau t21_20	89.46	200	0.3	0.45
Tuyau t12_11	155.5	300	0.37	0.41
Tuyau t27_23	91.24	99.4	0.16	0.37
Tuyau t22_26	177.1	200	0.28	0.41
Tuyau t23_24	187.77	99.4	0.22	0.64
Tuyau t27_22	96.46	99.4	0.05	0.05

Tuyau t27_25	184.24	81.4	0.17	0.52
Tuyau t18_23	96.86	99.4	0.48	2.49
Tuyau t21_18	186.73	81.4	0.27	1.18
Tuyau t20_14	71.88	200	0.52	1.23
Tuyau t14_19	116.85	200	0.53	1.28
Tuyau t19_18	89.35	145.6	0.29	0.64
Tuyau t12_16	122.46	147.6	0.15	0.21
Tuyau t16_17	233.31	99.4	0.25	0.77
Tuyau t17_18	133.76	99.4	0.15	0.33
Tuyau t15_14	179.2	57	0.14	0.61
Tuyau t12_19	254.64	250	0.46	0.76
Tuyau t28_20	113.92	99.4	0.81	6.29
Tuyau t29_28	747.79	99.4	0.2	0.54
Tuyau t29_30	412.47	99.4	0.1	0.17
Tuyau t30_28	315.75	99.4	0.29	1.06
Tuyau t11_15	286.1	81.4	0.25	1.04
Tuyau R_N11	1123.79	300	0.4	0.48
Tuyau t24_31	275.59	81	0.12	0.28
Tuyau t25_32	173.06	113	0.38	1.4
Tuyau t32_43	268.29	99	0.3	1.09
Tuyau t43_35	229.95	99	0.07	0.08
Tuyau t43_34	187.47	81	0.08	0.15
Tuyau t32_33	149.5	81	0.07	0.1
Tuyau t26_36	148.1	113	0.51	2.38
Tuyau t36_38	516.56	113	0.34	1.17
Tuyau t38_40	249.68	113	0.13	0.23
Tuyau t40_42	100	113	0.02	0.01
Tuyau t"6_37	236.06	99	0.07	0.08
Tuyau t38_39	113.83	90	0.04	0.04
Tuyau t40_41	93.87	81	0.04	0.04

Annexe 03

Secteur 01

1.1 État des Nœuds du Réseau en 2044

	Pression
ID Noeud	m
Noeud N10	39.71
Noeud N3	33.26
Noeud N2	35.72
Noeud N4	27.68
Noeud N5	21.29
Noeud N8	37.9
Noeud N7	36.28
Noeud N6	30.93
Noeud N9	37.33
Noeud N1	27.85

1.2 État des Arcs du Réseau en 2044

ID Arc	Longueur m	Diamètre mm	Vitesse m/s	Perte de charge m
Tuyau t8_9	134.8	99.4	0.64	4.14
Tuyau t1_5	104.42	230.8	1.46	6.64
Tuyau t3_8	126.85	99.4	1.17	12.29
Tuyau t3_4	207.06	147.6	0.76	3.5
Tuyau t7_8	178.59	99.4	0.71	4.99
Tuyau t4_7	130.43	99.4	1.08	10.67
Tuyau t1_2	461.33	230.8	0.86	2.57
Tuyau 2_10	314.51	147.6	0.76	3.53
Tuyau t9_10	186.81	57	0.82	12.75
Tuyau t6_7	170.35	99.4	0.98	8.89
Tuyau t2_3	62.87	69.2	1.27	21.89
Tuyau t4_5	221.77	194.2	1.13	5.17
Tuyau t5_6	205.5	147.6	0.92	4.98
Tuyau R-N1	457.35	369.4	1.02	1.99

Secteur 02 et 03

2.1.État des Nœuds du Réseau 2044

	Pression		Pression
ID Nœud	m	ID Nœud	m
Noeud N24	40.34	Noeud N30	35.41
Noeud N25	41.72	Noeud N29	43.47
Noeud N26	42.55	Noeud N19	37.27
Noeud N22	39.65	Noeud N31	39.18
Noeud N21	37.87	Noeud N32	47.73
Noeud N20	38.57	Noeud N43	50.14
Noeud N14	35.03	Noeud N33	49.7
Noeud N12	39.89	Noeud N34	49.69
Noeud N16	46.56	Noeud N35	51.03
Noeud N17	50.13	Noeud N36	47.76
Noeud N15	33.09	Noeud N38	47.92
Noeud N11	39.73	Noeud N40	44.93
Noeud N18	38.63	Noeud N42	47.81
Noeud N27	38.08	Noeud N37	41.22
Noeud N23	39.59	Noeud N39	48.63
Noeud N28	41.13	Noeud N41	48.85
Noeud N46	40.99	Noeud N44	49.75
Noeud N47	41.41		

2.2 État des arcs du réseau en 2044

	Longueur	Diamètre	Vitesse	Perte de charge
ID Arc	m	mm	m/s	m
Tuyau t24_25	90.73	40	0.73	15.93
Tuyau t25_26	100.74	101.6	0.53	2.88
Tuyau t22_21	96.2	155.2	0.87	4.16
Tuyau t21_20	89.46	147.6	0.95	5.2
Tuyau t12_11	155.5	230.8	1.06	3.71
Tuyau t27_23	91.24	83	0.89	9.3
Tuyau t22_26	177.1	115.4	1.37	13.55
Tuyau t23_24	187.77	40	0.84	20.48
Tuyau t27_22	96.46	40	0.62	11.81
Tuyau t27_25	184.24	81.4	0.83	8.42
Tuyau t18_23	96.86	83	1.32	18.76
Tuyau t21_18	186.73	58	0.55	6.03
Tuyau t20_14	71.88	184.6	1.05	4.78
Tuyau t14_19	116.85	184.6	1.05	4.8
Tuyau t19_18	89.35	145.6	0.65	2.71
Tuyau t12_16	122.46	58	0.6	7.23
Tuyau t16_17	233.31	32	0.46	9.49
Tuyau t17_18	133.76	40	0.71	15.24
Tuyau t15_14	179.2	57	0.47	4.72
Tuyau t12_19	254.64	230.8	0.98	3.21
Tuyau t28_20	113.92	99.4	1.36	16.05
Tuyau t29_28	747.79	58	0.45	4.33
Tuyau t29_30	412.47	79.9	0.56	4.26
Tuyau t30_28	315.75	99.4	0.68	4.68
Tuyau t11_15	286.1	81.4	0.54	3.88
Tuyau R_N11	1123.79	290.8	0.73	1.45
Tuyau t24_31	275.59	40	0.83	20.07
Tuyau t25_32	173.06	113	0.64	3.54
Tuyau t32_43	268.29	99	0.5	2.74
Tuyau t43_35	229.95	46	0.52	7.51
Tuyau t43_34	187.47	40	0.56	10.19
Tuyau t32_33	149.5	40	0.45	6.87

Tuyau t26_36	148.1	113	0.91	6.65
Tuyau t36_38	516.56	113	0.62	3.39
Tuyau t38_40	249.68	58	0.86	13.49
Tuyau t40_42	100	32	0.47	9.82
Tuyau t36_37	236.06	40	0.71	15.29
Tuyau t38_39	113.83	83	0.52	3.53
Tuyau t40_41	93.87	32	0.43	8.38
Tuyau 2	123.97	58.2	0.6	7.12
Tuyau 4	254	58.2	0.75	10.57
Tuyau 5	124	46	0.48	6.45

- **Calcul des débits ; spécifique et nodaux en 2044**

Secteur N°01.

Tableau.V.5. Résultats pour secteur 01 a long terme 2044

Nœud	Longueur Total	Qsp (l/s)	Débit nodale (l/s)
1	565.75	0.043723481	12.368
2	838.71		18.336
3	396.78		8.674
4	559.26		12.226
5	531.69		11.624
6	375.85		8.217
7	479.37		10.480
8	440.24		9.624
9	321.61		7.031
10	501.32		10.960

Secteur N°02 et N°03**Tableau.V.6.** Résultats pour secteur 02 et 03 à long terme 2044

Nœud	Longueur Total	Qsp (l/s)	Débit nodale (l/s)
11	441.62	0.006868266	1.517
12	532.62		1.829
14	367.93		1.264
15	465.3		1.598
16	355.77		1.222
17	367.07		1.261
18	409.84		1.407
19	532.73		1.829
20	392.12		1.347
21	372.39		1.279
22	370.76		1.273
23	366.9		1.260
24	269.5		0.925
25	375.71		1.290
26	278.84		0.958
27	371.94		1.277
28	1177.46		4.044
29	1160.26		3.984
30	728.22		2.501
31	275.59		1.041
32	614.41		1.945
33	149.5		0.565
34	187.47		0.708
35	229.95		0.869
36	900.72		1.945
37	236.06		0.892
38	880.07		3.075
39	113.83		0.430
40	443.49		1.542
41	93.78		0.354
42	100.03		0.378
43	685.71		2.304

Les tronçons remplacés pour l'équilibre des réseaux

Tronçon	Diamètre existant (mm)	Gamme tubes	Diamètre Rénové (mm)	Diamètre normal	Gamme tubes	Longueur (m)
1__2	147.6	P.V.C	230.8	250	P.E.H.D/6 bar	461.33
1__5	147.6	P.V.C	230.8	250	P.E.H.D/6 bar	104.42
4__5	147.6	P.V.C	184.6	200	P.E.H.D/6 bar	221.77
2__3	147.6	P.V.C	69.2	75	P.E.H.D/6 bar	62.87
11__12	300	A.C	230.8	250	P.E.H.D/6 bar	155.5
12__19	250	A.C	184.6	200	P.E.H.D/6 bar	254.64
19__14	200	A.C	184.6	200	P.E.H.D/6 bar	116.85
14__20	200	A.C	184.6	200	P.E.H.D/6 bar	71.88
20__21	200	A.C	147.6	160	P.E.H.D/6 bar	89.46
21__22	200	A.C	155.2	160	P.E.H.D/6 bar	96.2
25__26	147.4	P.V.C	101.6	101.6	P.E.H.D/6 bar	100.74
22__26	200	A.C	115.4	125	P.E.H.D/6 bar	177.1
12__16	147.6	P.V.C	58	63	P.E.H.D/6 bar	122.46
16__17	99.4	P.V.C	32	32	P.E.H.D/6 bar	233.31
17__18	99.4	P.V.C	58	63	P.E.H.D/6 bar	133.76
18__23	99.4	P.V.C	83	90	P.E.H.D/6 bar	96.86
18__21	41.4	P.V.C	58	63	P.E.H.D/6 bar	186.73
23__27	99.4	P.V.C	83	90	P.E.H.D/6 bar	91.24
23__24	99.4	P.V.C	40	40	P.E.H.D/6 bar	187.77
24__25	99.4	P.V.C	40	40	P.E.H.D/6 bar	90.73
24__31	81	P.V.C	40	40	P.E.H.D/6 bar	275.59
32__33	81	P.V.C	40	40	P.E.H.D/6 bar	149.5
43__34	81	P.V.C	40	40	P.E.H.D/6 bar	187.47
43__35	99	P.V.C	46	50	P.E.H.D/6 bar	229.95
36__37	99	P.V.C	40	40	P.E.H.D/6 bar	236.06
38__39	90	P.V.C	83	90	P.E.H.D/6 bar	113.83
38__40	113	P.V.C	58	63	P.E.H.D/6 bar	249.68
40__41	81	P.V.C	32	32	P.E.H.D/6 bar	93.87
40__42	113	P.V.C	32	32	P.E.H.D/6 bar	100
28__29	99.4	P.V.C	58	63	P.E.H.D/6 bar	747.79
22__27	99.4	P.V.C	40	40	P.E.H.D/6 bar	96.46

R__11	300	A.C	290.8	315	P.E.H.D/6 bar	1123.79
R__1	300	A.C	269.4	400	P.E.H.D/6 bar	457.35

Annexe N°4

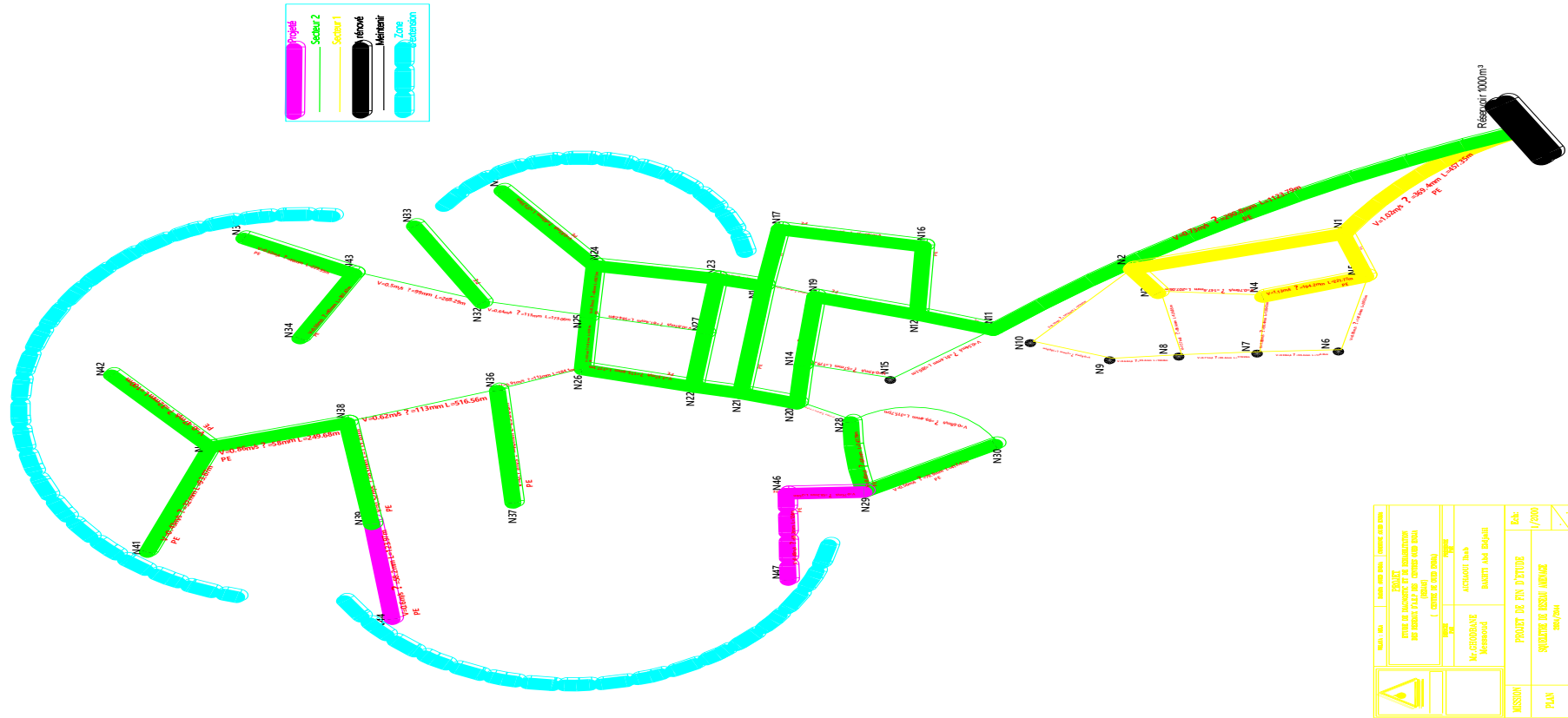


Planche N° 02 : Schéma directeur des réseaux d'AEP du centre Oued Endja en 2044

	N°: 100 Date: 10/2020 Version: 1.0	PROJET ETUDE DE FAUCONNAGE ET DE RECONSTRUCTION DES RESEAUX D'AEP DU CENTRE OUED ENDEJA (VILLE DE OUED ENDEJA)	N°: 100 Date: 10/2020 Version: 1.0
	M. GERARDINE Responsable	M. MOHAMED Responsable	M. MOHAMED Responsable
MISSION	PROJET DE FIN D'ETUDE SOLUTIONS DE RESEAUX AEP		Date: / / 2020
PLAN			Echelle: /

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] **BLINDU I. (2004)**. Outil d'aide au diagnostic du réseau d'eau potable pour la ville de Chisinau par analyse spatiale et temporelle des dysfonctionnements hydrauliques. Thèse doctorat. Ecole nationale des mines Saint-Étienne. France.
- [2] **DUPOND A. (1981)**. Hydraulique urbaine Tome2 – Editions Eyrolles. France.
- [3] **DUPONT, A. (1979)**. Ouvrage de transport-Élévation et distribution des eaux. Hydraulique Urbaine.
- [4] **BONNIN J. (1982)**. Aide-mémoire d'hydraulique urbaine. Édition Eyrolles.France.
- [5] **DUPOND A. (1981)**. Hydraulique urbaine Tome2 – Editions Eyrolles. France.
- [6] **BENBLIDIA M., THIVET G. (2010)**.Gestion des ressources en eau : les limites d'une politique de l'offre. La note d'analyse du centre international de hautes études agronomiques méditerranéennes (CIHEM). CE.
- [7] **Godart, H.**, Adduction et distribution d'eau Techniques de l'ingénieur, traité Construction C 5 195.
- [8] **GNCIMD, (2002)**. Guide National Canadien pour des Infrastructures Municipales Durables, Fédération canadienne des municipalités et le Conseil national de recherches du Canada, Détérioration et inspection des réseaux de distribution d'eau ISBN 1- 897094-15-9.
- [9] **Celerier, J & Faby, J**, La dégradation de la qualité de l'eau potable dans les réseaux. Document technique, hors-série N°12. Office International de l'Eau SNIDE.pp 82-89.
- [10] **OIEau.**, La gestion patrimoniale des réseaux d'eau potable : enjeux et recommandation. Etude réalisée par l'Office International de l'Eau pour le compte dusyndicat professionnel des entreprises des Services d'Eau er d'Assainissement (SPDE).
- [11] **Arnoux, P.**, 1998. Modélisation du vieillissement d'un réseau d'eau potable en fonte et application aux stratégies de renouvellement. Thèse en Science de l'eau. Université Louis Pasteur. Strasbourg, France. pp 49-76.
- [12] **Andreou, S A.**, 1986. Predictive model for pipe failures and their implications on maintenance planning strategies for deteriorating water distribution systems. Phd Thesis, Department of civil engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge MA, USA. pp 78-118.

- [13] **Brémond, B & Berthin, S.**, 2001. Reliability of a drinking water supply system. Cemagref Bordeaux, Pub 01/0053. pp 67-81.
- [14] **Cuaz, D & Hertz, F.**, 2005. Connaissance et maîtrise des pertes dans les réseaux d'eau potable. Agence de l'Eau Adour-Garonne. France.
- [15] **Wagner, J M & Shamir, U & Marks, D H.**, 1988. Water Distribution Reliability : Simulations Methods. Journal of Water Ressources Planning and Management, Vol N°3, pp115-127.
- [16] **Kremer, M.**, 1990. Vieillessement des canalisations. Exemples de politiques de renouvellement en France et en RFA. Mémoire de DEA Sciences et Techniques de l'Eau, ENGEES-ULP Strasbourg, pp 13-29.
- [17] **Ostfeld, A.**, 2001. Reliability analysis of regional water distribution systems. Urban Water N°3, pp 25-36.
- [18] **Roy, B.**, 1985. Méthodologie multicritère d'aide à la décision. Economica, Paris. France.
- [19] **American Water Works Association, AWWA.** 1998. Water Utility Capital Financing, Manual of Water supply Practices. AWWA M29. ISBN0-089867-957-5.
- [20] **Ajuste, C & Berland, J & Celerier, J.**, 2004. Réhabilitation et remplacement des réseaux d'eau potable en zone rurale. Document technique, hors-série N°12. Office International de l'Eau SNIDE. Pp 01-29.
- [21] **Werey, C.**, 2000. Politiques de renouvellement des réseaux d'eau potable. Thèse de doctorat en génie de l'environnement. Université Louis Pasteur. Strasbourg. France. pp 50-79.
- [22] **O'Day, D K & Weiss, R & Chivari, S & Blair, D.**, 1989. Water main evaluation for rehabilitation/replacement. Guidance manual of Awwa research foundation, pp118- 156.
- [23] **Blindu I.**, 2004. Outil d'aide au diagnostic du réseau d'eau potable pour la ville de CHISINAU par analyse spatiale et temporelle des dysfonctionnements hydrauliques. Thèse de Doctorat. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, 263 pages.
- [24] **Malandain, J.**, 1999. Modélisation de l'état de santé des réseaux de distribution d'eau pour l'organisation de la maintenance. Étude du patrimoine de l'agglomération de Lyon. Thèse de Doctorat N° 99 ISAL 2242 de l'INSA de Lyon, URGC / Hydrologie Urbaine, pp 38-76.

[25] **Hammer, M J & Clark, J M & Viessman, W.** 1977. Water Supply and Pollution Control. Harper and Row Publishers, Inc., U.S.A.

[26] **Blindu I.,** 2004. Outil d'aide au diagnostic du réseau d'eau potable pour la ville de CHISINAU par analyse spatiale et temporelle des dysfonctionnements hydrauliques. Thèse de Doctorat. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, 263 pages.

[27] **Werey, C & Janel, J & Gandon, G & Mellac-beck, I & Villette, J P.,** 2006. L'inventaire départemental des réseaux d'eau potable du Bas-Rhin : analyse des facteurs de vulnérabilité, L'Eau, l'industrie, les nuisances, n° 095, pp 41-44.

[28] **Harrouz, O.** 1995. Conséquences de la squelettisation des réseaux d'alimentation en eau potable sur le diagnostic, modèle de simplification. Thèse de doctorat en Génie de l'Environnement. Université Louis Pasteur. Strasbourg. France. pp 26-87.

[29] **Elodie, J.,** 2009. Contrôle de l'état hydraulique dans un réseau d'eau potable pour limiter les pertes. Thèse de doctorat en mathématiques appliquées. L'Université de Bordeaux I. France. pp 46-84.

[30] **Eisenbeis, P.,** 1994. Modélisation statistique de la prévision des défaillances sur les conduites d'eau potable. Thèse de doctorat en Génie de l'environnement, Université Louis Pasteur, Strasbourg, France, pp 96-148.

[31] **Brémond, B & Berthin, S.,** 2001. Reliability of a drinking water supply system. Cemagref Bordeaux, Pub 01/0053. pp 67-81.

[32] **Belmokhtar O.,** 2010. Module de diagnostic et planification stratégiques. Cours de génie industriel.

[33] **HAMMOUM H. BOUZIDA R.** (2010). Pratique des systèmes d'information géographiques (S.I.G) application sous MapInfo. Pages Bleues. France.

- **Sites internet**

[5] www.cnrs.com

[34] <https://clic-competences.fr/formation-autocad-cpf-en-ligne/>

[35] <https://www.autodesk.com/>

[36] <https://www.epa.gov/water-research/epanet>