REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE

N° :……

DOMAINE : TECHNOLOGIE

FILIERE : HYDRAULIQUE

OPTION : HYDRAULIQUE URBAINE

MEMOIRE PRESENTE POUR L'OBTENTION

DU DIPLOME DE MASTER ACADEMIQUE

Présenté par : BAALI Amar

Intitulé

Etude de Diagnostic et Réhabilitation du Réseau d'Alimentation en eau potable de l'agglomération de Fezara-Commune de Lac des oiseaux -Wilaya d'El Tarf

Soutenu devant le jury composé de :

Mr DOUGHA Mostafa	Université de M'sila	Président
Mr GHODBANE Messaoud	Université de M'sila	Encadreur
Mr HAMIDOU Mohamed	Université de M'sila	Examinateur

Année universitaire : 2025/2026

Remerciement

Je remercie Allah tout-puissant de m'avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail n'aurait pu être mené à bien sans l'aide précieuse et l'encadrement de ***Mr. Ghodbane Messaoud****, Je lui adresse mes sincères remerciements pour la qualité de son accompagnement, sa patience, sa rigueur ainsi que sa disponibilité tout au long de la préparation de ce mémoire.*

J'adresse également mes sincères remerciements à tous mes professeurs pour leur disponibilité, leur générosité ainsi que la grande patience dont ils ont fait preuve malgré leurs nombreuses responsabilités 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 a tous ceux qui m'mont 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 réseau d'alimentation en eau potable de «Fezara » - Commune de Lac des oiseaux-Wilaya d'El Tarf, qui tendra à déterminer les techniques et moyens permettant de remédier aux problèmes de déficit 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 leur déséquilibre. Cela à l'égard de manque d'archives de données relatives aux anciens et même parfois nouveaux réseaux d'AEP. Le support de décision est bénéficié des avantages offerts par l'utilisation d'un 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. Which will aim to determine the ways and means to remedy the problems of water deficit to the distribution networks, leaks causing considerable losses and potentially leading to dangerous epidemics linked to contamination and finally the problems of their imbalance.

In this context, the objective of our work is to use a decision support methodology for the diagnosis and rehabilitation of the drinking water distribution network of the municipality of Fezara- Municipality of Lake of the Birds, in the wilaya of El Tarf, which will aim to determine the techniques and means to remedy the problems of water deficit to the distribution networks, leaks causing considerable losses and potentially leading to dangerous epidemics linked to contamination and finally the problems of their imbalance. 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 شبكة توزيع مياه الشرب **لفزارة – بلدية بحيرة الطيور -ولاية الطارف**، والتي تهدف إلى تحديد التقنيات والوسائل لمعالجة مشاكل نقص المياه في شبكات التوزيع، والتسربات التي تسبب خسائر كبيرة تؤدي إلى تفشي الأوبئة الخطيرة المتعلقة بالتلوث، وأخيرًا مشكال عدم التوازن في شبكات التوزيع. وذلك بسبب نقص الصيانة المتعلقة بالشبكات القديمة لتوزيع المياه وحتى الجديدة أحيانًا.

تستفيد أداة دعم القرار من المزايا التي يوفرها استخدام النموذج المزدوج(Epanet-EpaCad-Autocad).

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

Table des matières

Introduction Générale.....1

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

I.1 Introduction.....3
I.2. Les éléments constitutifs de système d'alimentation en eau potable.....3
I.2.1 Captage et pompage.....4
I.2.2 Adduction.....5
I.2.3 Station de Traitement.....6
I.2.4 Réservoirs.....7
I.2.5 Réseau de distribution.....9
I.2.5.1 Structure générale d'un réseau de distribution.....10
I.2.5.2 Topologie des réseaux de distribution.....12
I.2.5.3 Equipement du réseau de distribution.....13
I.2.5.3 Choix de matériaux des conduites.....15
I. 3. Conclusion.....18

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

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

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

III.1. Introduction.....31
III.2. Définition du diagnostic.....31
III.2.1. Types de diagnostic.....31
III.2.2. Objectifs et intérêts d'une étude-diagnostic d'un réseau d'eau potable.....32

III.3. Méthodologie de diagnostic adoptée dans le Context algérien……. …….33
III.3.1. Cartographie des plans et collecte des données…… …..33
III.3.2. Vérification du système d'AEP et mise à jour des données…… .34
III.3.3. Préparation des plans du système d'AEP existant…… …35
III.3.4. Élaboration du Systèmes d'information géographique (SIG)…… ….35
III.4. Diagnostic du réseau de distribution existant…….....38
III.4.1. Sectorisation du réseau…… …38
III.4.2. Diagnostic physique du réseau…… ….40
III.4.3. Enquêtes et mesure chez les abonnées…….....41
III.5. Modélisation du réseau de distribution…….....42
III.5.1. Définition de la modélisation hydraulique……..……42
III.5.2. Les types de modélisation……43
III.5.3. Précision du modèle et représentation du réseau AEP…….....44
III.5.4. Rapport sur le diagnostic, sectorisation, enquêtes et mesure chez les abonnés…… ……45
III.5.5. Rapport sur le fonctionnement du réseau……46
III.6. Diagnostic du système d'AEP existant……..46
III.6.1. Diagnostic des systèmes de production……46
III.6.2. Diagnostic du captage……..49
III.6.3. Diagnostic des stations du Traitement……49
III.6.4. Diagnostic des conduites d'adduction……50
III.6.5. Diagnostic des réservoirs…….....50
III.6.6. Diagnostic des ouvrages de transport et de distribution d'eau…….....51
III.6.7. Diagnostic du système de mesures……..52
III.7. Analyse et synthèse des résultats du diagnostic de l'ensemble du système…..……52
III.8. Élaboration du schéma directeur de réhabilitation et de développement du système d'AEP……53
III.8.1. Collecte et analyse des données socio-économiques……..53
III.8.2. Estimation des besoins futurs en eau……53
III.8.3. Analyse des ressources en eau……..54
III.8.4. Simulation et développement du système d'AEP……..54
III.8.5. Formulation du schéma directeur……..……54
III.8.6. Programme de travaux……54
III.9. Conclusion……..…55

Chapitre IV : Etude de diagnostic et réhabilitation du réseau d'AEP

IV.1. Introduction.....62
IV.2. Présentation générale de la région et définition de de la zone d'étude.....63
IV.2.1. Situation géographique de la commune de Lac des Oiseaux *63*
IV.2.2. Situation Administrative : *63*
IV.2.3. Situation climatologie : *64*
IV.2.4. Situation démographique de la commune de Lac des oiseaux.....*66*
IV.2.5. Présentation de la zone d'étude :.....*66*
IV.2.5.1. Situation géographique de la zone d'étude « Fezara » 66
IV.3. Collecte des données : Document de données base sur le réseau d'AEP.....66
IV.4. Sorties de reconnaissance et visites des lieux : 67
IV.4.1. Délimitation de l'aire d'étude « Fezara »: 68
IV.4.2. Enquête et diagnostic de l'état actuel des équipements et infrastructures d'A.E.P 68
IV.4.2.1.Composantes du diagnostic.....69
IV.4.2.2.Etat de fait actuel et diagnostic des équipements et infrastructures 70
IV.4.3. Calculer et vérification de l'équilibre du réseau 75
IV.5. Modélisation et vérification des paramètres de fonctionnement des réseaux de distribution 82
IV.5.1. Introduction.....*82*
IV.5. 2 Présentation des logiciels utilisés.....*83*
IV.5. 2.1. AutoCAD 83
IV.5. 2.2 Epanet.....84
IV.5. 2.3 EpaCad.....*85*
IV.5. 3. Procédure de communication entre les logiciels.....*86*

IV.5.4. Simulation hydraulique ; application sur les données actuelles des réseaux.....*86*
de l'Agglomération de Fezara.....*86*
IV.6. Conclusion 91

Chapitre V Analyse des résultats du diagnostic et proposition d'un plan d'action futur pour l'agglomération de Fezara

V.1. Introduction 93
V.2. Interprétation des résultats du diagnostic du système d'AEP de l'agglomération de Fezara 93
V.2.1. Ressources en eau potable.....*93*
V.2. 2. Adduction et approvisionnement de l'eau.....*94*
V.2.3. Ouvrages de stockage et chambres de manœuvre *95*
V.2.4 Le réseau de distribution *96*
V.2.4.1. Etape 01 : Enquête sur terrain.....96
V.2.4.2 Vérification de l'équilibre des réseaux par modèle Epanet 97
V.2.4.3 - Rééquilibrage du réseau pour le bon fonctionnement à long terme 98
V.2.4.4. Avantages et inconvenants de la variante choisie.....102
V.2.5. Conclusion :.....110
Conclusion générale 112
Références bibliographiques 115
Annexes.....118

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. Vieillissement 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 entries. 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 l'agglomération de Fezara

Figure 41. Carte de découpage administratif de la wilaya d'El Tarf. 63
Figure 42. moyenne, max et min des températures mensuelle en (C°). 64

Figure 43. Humidité relative moyenne mensuelle de l'air. 65
Figure 44.Moyennes mensuelles de la vitesse du vent 66
Figure 45. Schéma du système d'approvisionnement d'eau de l'agglomération de Fezara. 69
Figure 46.Station de pompage du Lac des Oiseaux 71
Figure 47. Dégradation du béton armé et fissurations 72
Figure 48. Etat actuel des regards de vannes de sectionnement avec des fuites 74
Figure 49. Regards de sectionnement en état de dégradation très avancé 74
Figure 50. Etat des regards de vanne du réseau d'AEP 74
Figure 51. Modèle de réseau hydraulique de Fezara sur AutoCAD 83
Figure 52. Schéma de réseau hydraulique de Fezara sur Epanet 85
Figure 53. Interface de logiciel EpaCad 85
Figure 54. fonctionnement des logiciels 86

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

Figure 55. Photo de La station de pompage de Lac des Oiseaux 95
Figure 56. Taux de linéaire à maintenir, à rénover et à projeter 103

Liste des Tableaux

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

Tableau 1. Types de conduites selon le matériau et les résistances. 11

Chapitre III : Méthodologie proposé pour le diagnostic du contexte algérien

Tableau 2. Les données physiques du modèle..... 45
Tableau 3. Les données hydrauliques du modèle. 45

Chapitre IV : Etude de cas-diagnostic du système d'AEP de l'agglomération de Fezara

Tableau 4.moyenne, max et min des températures mensuelle en (C°). 64
Tableau 5.Humidité relative moyenne mensuelle de l'air. 65
Tableau 6.Moyennes mensuelles de la vitesse du vent. 66
Tableau 7.Population et habitations. 66
Tableau 8. Evolution de la population pour différents horizons. 75
Tableau 9.Evaluation des besoins scolaires..... 75
Tableau 10.Évaluation des besoins socio-culturels 76
Tableau 11.Besoin commerciaux 76
Tableau 12.Besoins sanitaires et publics 76
Tableau 13.Besoins d'arrosage..... 77
Tableau 14.Valeur de βmax en fonction du nombre d'habitants..... 77
Tableau 15. Evaluation des besoins en eau de la population à l'horizon 2046. 78
Tableau 16. tableau comparatif des besoins et ressources en eau disponibles 78
Tableau 17. Les résultats des besoins de stockage 79
Tableau 18. Résultats pour secteur 01 en état actuel 2026 81
Tableau 19. Résultats pour secteur 02 en état actuel 2024 81
Tableau 20.Les résultats de simulation du réseau actuel 2026 (vitesse et Pertes de charge) 86
Tableau 21.Caractéristique des nœuds du réseau actuel 2026 (élévation, demande, ... 88

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

Tableau 22. Anomalies et solutions proposées..... 93
Tableau 23. Anomalies et solutions proposées..... 93
Tableau 24. Anomalies et solutions proposées..... 94
Tableau 25. Anomalies et solutions proposées..... 95
Tableau 26.Les résultats de simulation du réseau futur 2046 (vitesse et Pertes de charge). 98
Tableau 27.Caractéristique des nœuds du réseau futur 2046 (élévation, demande, ... 100

Abréviation

SIG : Système d'informations géographiques

AEP : Alimentation en eau potable

D.P.A.T : La direction de planification et aménagement du territoire

A.D.E : L'Algérienne des eaux

P.D.A.U : Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme.

DN : Diamètre Nominal

P_F : Population future.

P_A : Population actuelle.

t : Taux d'accroissement

n : Nombre d'années projetées

Qmoyj : Débit moyen journalier

.**Kmaxj** : coefficient d'irrégularité maximale

Qmaxj : Débit maximal journalier.

K_p : Coefficient de pointe.

Q_P : Débit de pointe.

α_{max} : Coefficient qui tient compte du confort

β_{max} **:** Coefficient lié à l'accroissement de la population

Qsp : Débit spécifique en (l/s/ml).

Lt : Longueur totale du réseau en (m).

$Q_{nœud}$: Débit nodale en (l/s).

L_n : Longueurs des tronçons propres à chaque nœud (m).

PEHD : Polyéthylène Haute Densité.

PVC : Polychlorure de Vinyle

Ø : Diamètre en mm.

V: Vitesse d'écoulement en (m/s).

j : Pertes de charge unitaire en (m/m)

P: Pression au sol en (mCE).

mCE: mètres de colonne d'eau (m).

NVA: série ou gamme de la pompe définie par le fabricant

Introduction générale

Introduction générale

En Algérie, la mise en œuvre de la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) s'est concrétisée par le lancement d'un projet pilote dans le bassin hydrographique côtier algérois (02A) en 2006, développé par le Ministère des Ressources en Eau en partenariat avec la Coopération Technique Belge. Cette expérience demeure pertinente pour les autres régions du pays, par la mise en œuvre d'une politique de gestion rationnelle et équitable des ressources en eau 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 de «Fezara » - Commune de Lac des oiseaux-Wilaya d'El Tarf.

Pour cela, nous allons procéder selon la méthodologie suivante :

- ✓ Dans le premier chapitre, nous présenterons une description générale du système d'alimentation en eau potable en termes de connaissance.

- ✓ Le deuxième chapitre est consacré à l'identification de dysfonctionnement des réseaux 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.

- ✓ Le quatrième chapitre, est consacré à l'étude de cas ; Diagnostic du réseau d'AEP de l'agglomération de Fezara. Il présente la zone d'étude et les infrastructures du système d'AEP, puis traite l'estimation de la population à différents horizons et l'évaluation des besoins en eau nécessaires. Enfin les différents logiciels permettant la construction des modèles numériques, puis nous ferons une simulation du comportement et d'équilibre du réseau d'AEP de l'agglomération de Fezara par le modèle d'Epanet couplé avec Autocad par le biais de l'EpaCad.

- ✓ Dans le cinquième chapitre et dernier chapitre, nous discutons et interprétons les résultats du diagnostic de l'agglomération de Fezara et nous proposons les solutions faisant le plan d'action pour remédier et réhabiliter le réseau 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 réseau 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

I.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.

I.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]

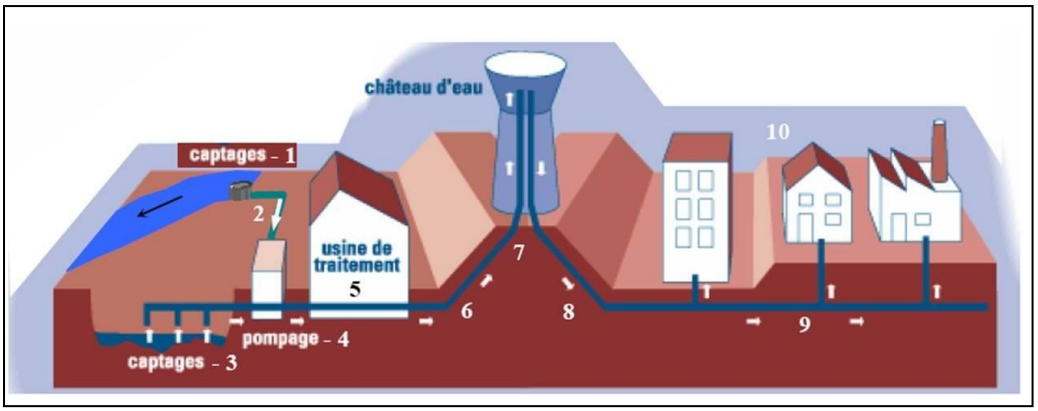


Fig.I.1. Schéma synoptique d'alimentation en eau potable.

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.

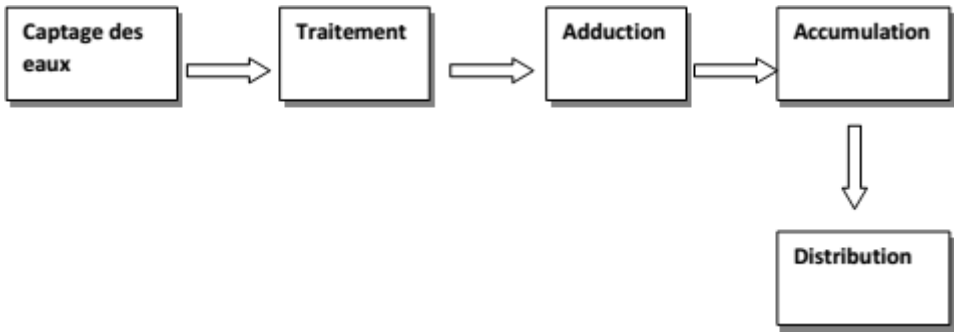


Fig.I.2. Les éléments constitutifs d'un système d'eau potable.

I.2.1. Captage et pompage

- ✓ **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].

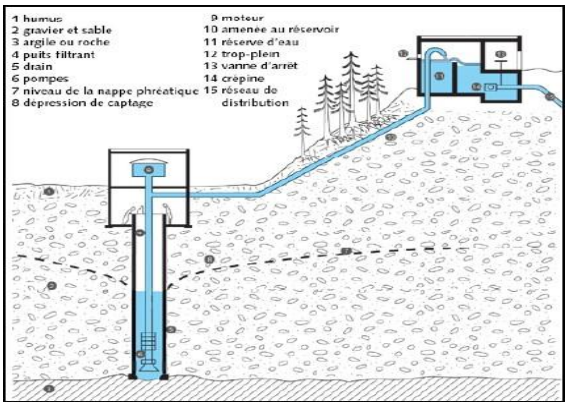


Fig.I.3. schéma des captages des eaux souterraines

- ✓ **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].

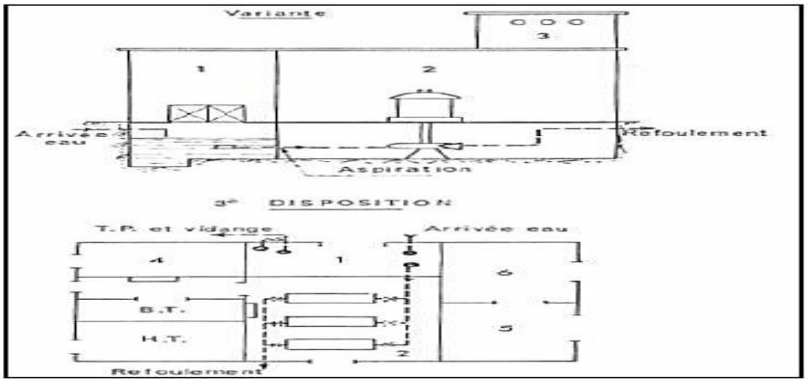


Fig.I.4. Schéma d'une station de pompage.

I.2.2. Adduction

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 dedéterminer 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].

Le transport de l'eau potable, se fait par des conduites en charge et en fonction de la position de la source d'eau on distingue deux types d'adduction :

✓ **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.

- ✓ **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.

I.2.3. 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].

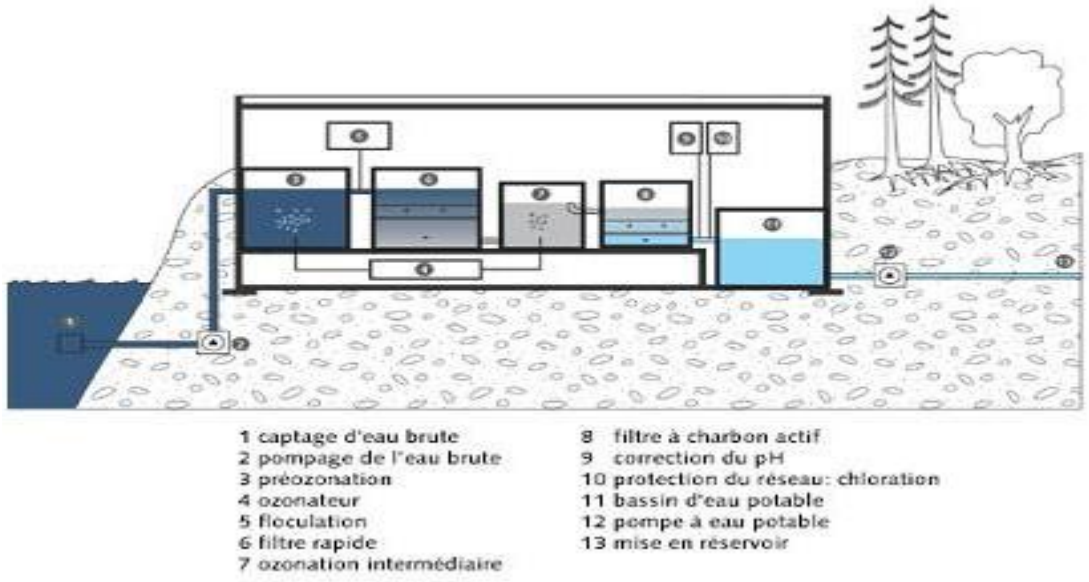


Fig.I.5. Schéma de traitement des eaux de surface**.**

I.2.4. 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].

✓ **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.

✓ **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.

✓ **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 m^3 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].

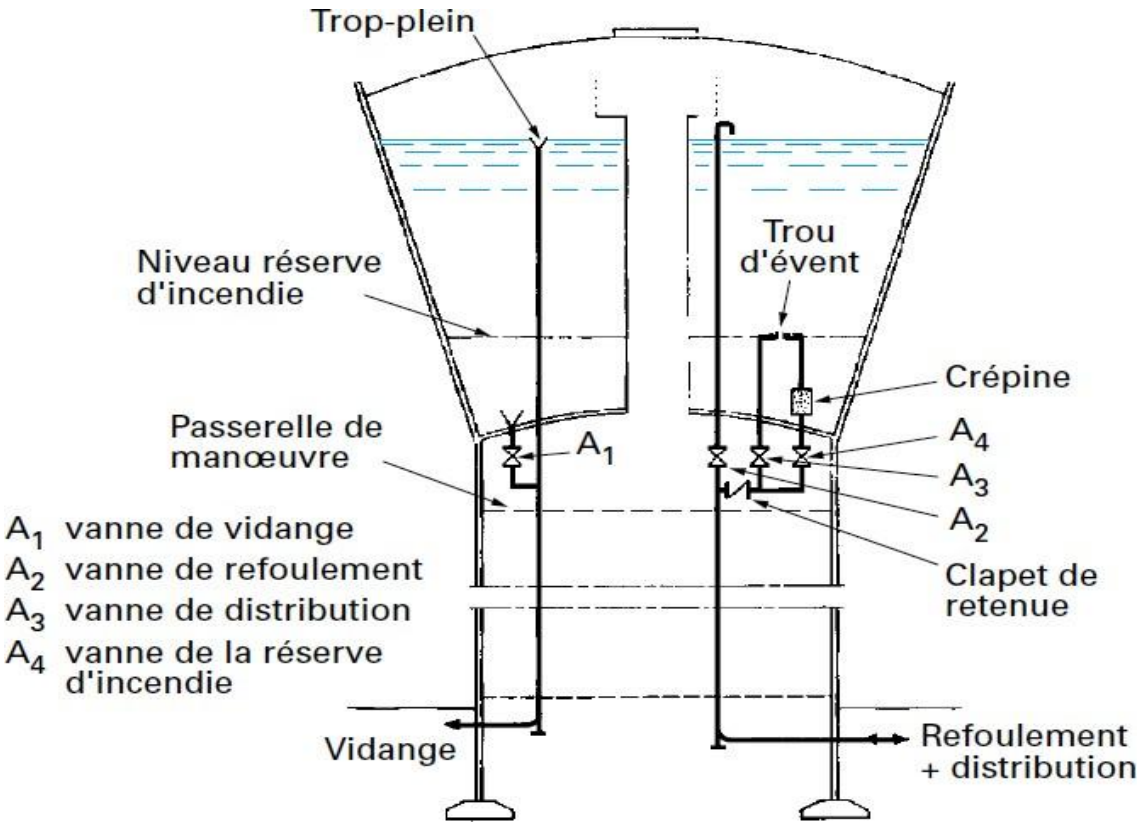


Fig.I.6. Réservoir équipé en refoulement-distribution

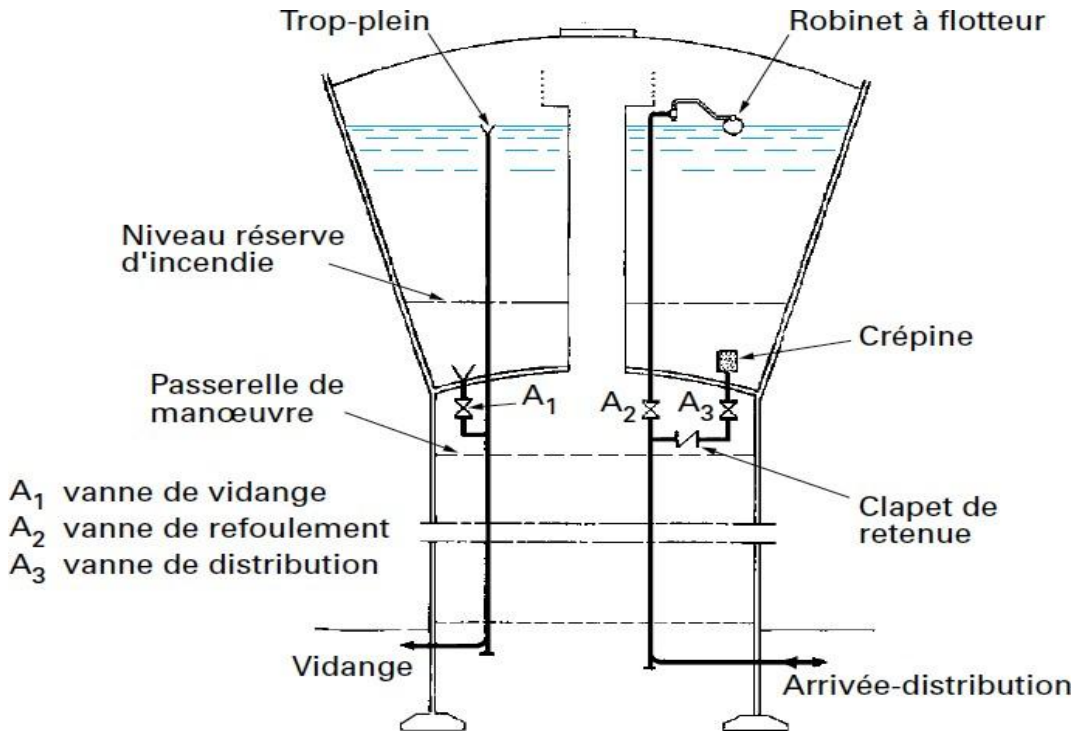


Fig.I.7. Équipement d'un réservoir d'équilibre

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 àl'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].

I.2.5. 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.

✓ **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 del'eau [8]
Donc un réseau de distribution de haute qualité est celui qui garantit les paramètres suivant :

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'usager 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'usager que pour la collectivité [18], [19], [20].

I.2.5.1. 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.

➢ **Conduites :**

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

✓ **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.

✓ **Conduites principales (conduites de service)**

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

✓ **Conduites de distribution secondaires (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.

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

✓ **Point de livraison**

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

I.2.5.2. 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 :

✓ **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.

✓ **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.

✓ **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.

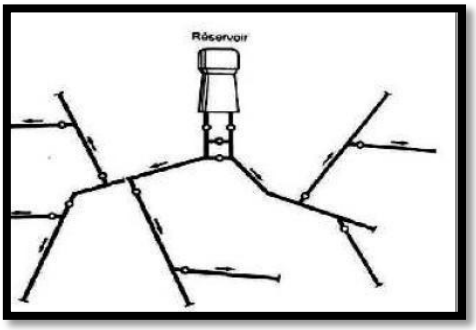


Fig.I.8. Réseau ramifié

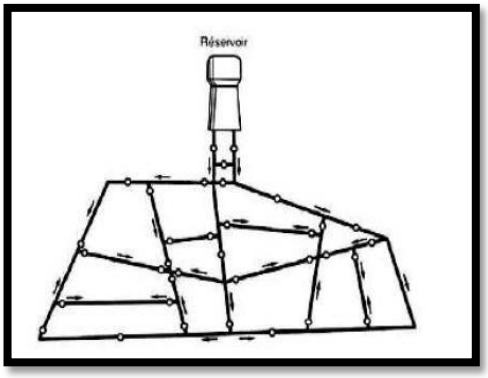


Fig.I.9. Réseau maillé

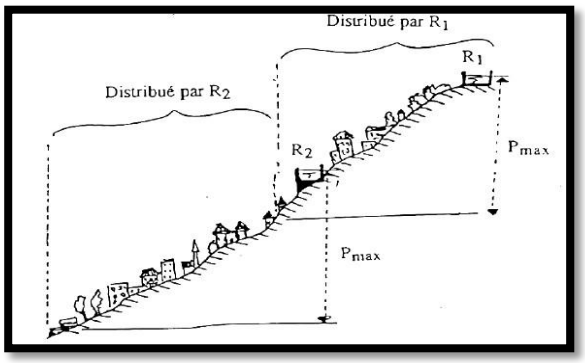


Fig.I.10. Réseau étagé

I.2.5.3. 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 :

✓ **Les robinets vannent**

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

Fig.I.11. Photo Les robinets vannent**.**

✓ **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**.**

✓ **Les cônes**

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

✓ **Les Tés et Croix**

Permettent le raccordement des canalisations secondaires à la canalisation principale.

✓ **Les coudes**

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

I.Fig.I.13. Photo coude**.**

✓ **Robinets de décharge**

Ce sont des appareils que l'on place au niveau des points bas de la conduite en vue de vidercelle-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**.**

✓ **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.

I.2.5.4. 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**.**

✓ **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.

✓ **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.

✓ **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.

✓ **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.

✓ **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.

I.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. Vieillissement 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. Vieillissement des canalisations.

2.2. Mauvais fonctionnement hydraulique du réseau engendre 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 entrainant 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 entrainent automatiquement une intervention sur le réseau. Elles sont mises en évidence parce qu'elles entrainent une inondation importante sur la chaussée. [21],[22].

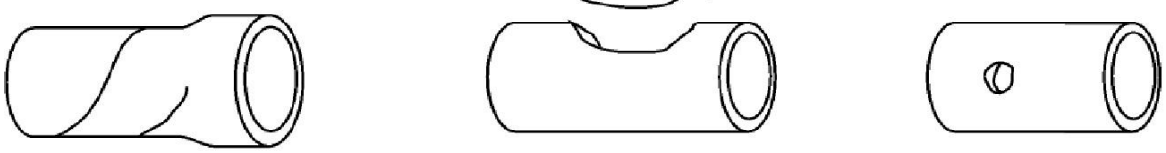
2.3.2. Ruptures sur conduites

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]

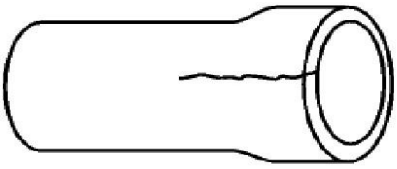
a. Défaillance structurale

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.

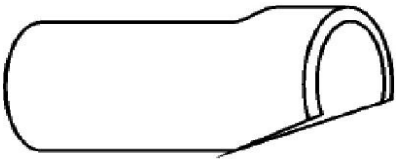
Les conduites de distribution se rompent habituellement lorsque l'étendue de la corrosion (ou de la dégradation) est suffisante pour empêcher la conduite de résister aux contraintes qu'elle subit. Voici une illustration des types de ruptures les plus courantes dans le cas des conduites de distribution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



Rupture en colimaçon | Rupture/Eclatement | Trou traversant



Emboîtement fend



Cisaillement de l'emboîtement

Fissure circulaire

Rupture longitudinale

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 cytolyse 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].

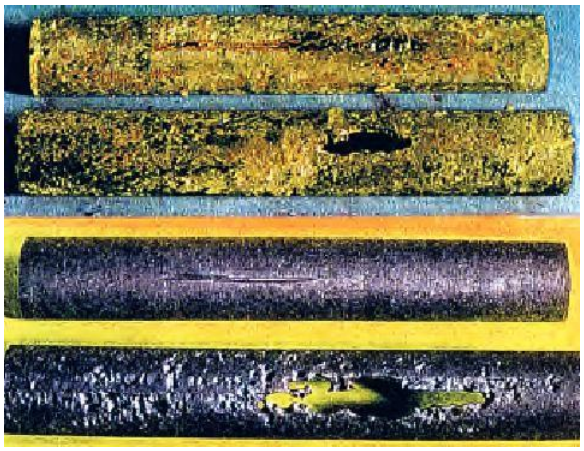


Fig.II.4. Corrosion des conduites en fonte ductile

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 particulaires 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 ($Fe(OH)_3$, 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 sansqu'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.

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

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 [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) ;
- L'agressivité naturelle des terrains ou des remblais (phénomènes de corrosion externe).

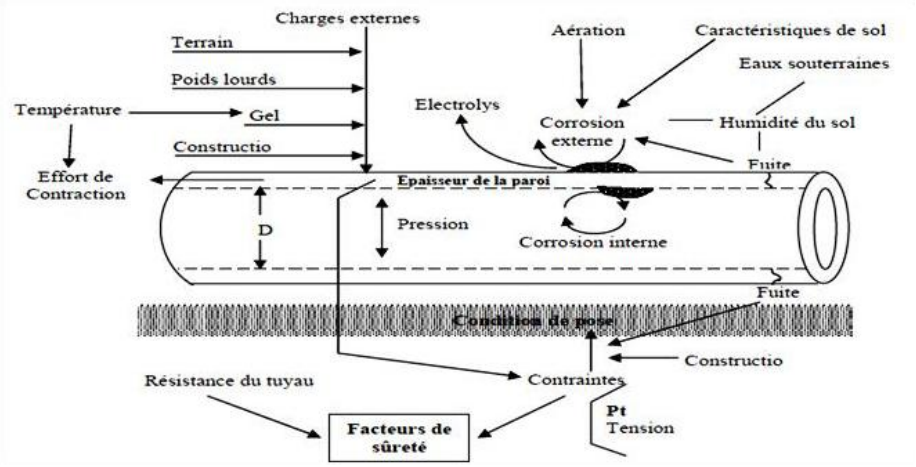


Fig.II.6. Causes de dysfonctionnement des réseaux d'AEP

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 constituants 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 constituants 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 engendres 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 lecoup 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 :

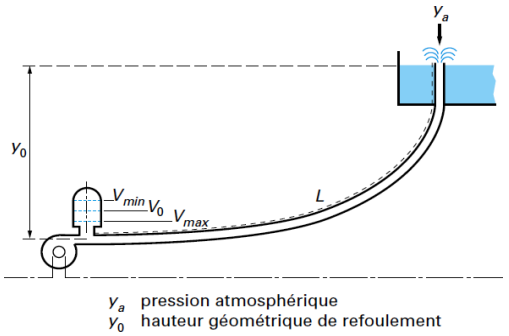


Fig. II.7. Emplacement d'un réservoir anti-bélier

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 :

- $W = S.L$ 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 pasdescendre ;

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

Pour l'application de cette formule, A. Vibert pose : $\tau\frac{w_0}{w} = \boldsymbol{\tau}$ 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 W_0, on déduit W_{0max} et W_{0min} des relations :

$W_{max0} = W_0\left(\frac{z_0}{z_{min}}\right)$ Et $W_{min\,0} = W_0\left(\frac{z_0}{z_{max}}\right)$;

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 /Z0 ou Z max /Z_0.

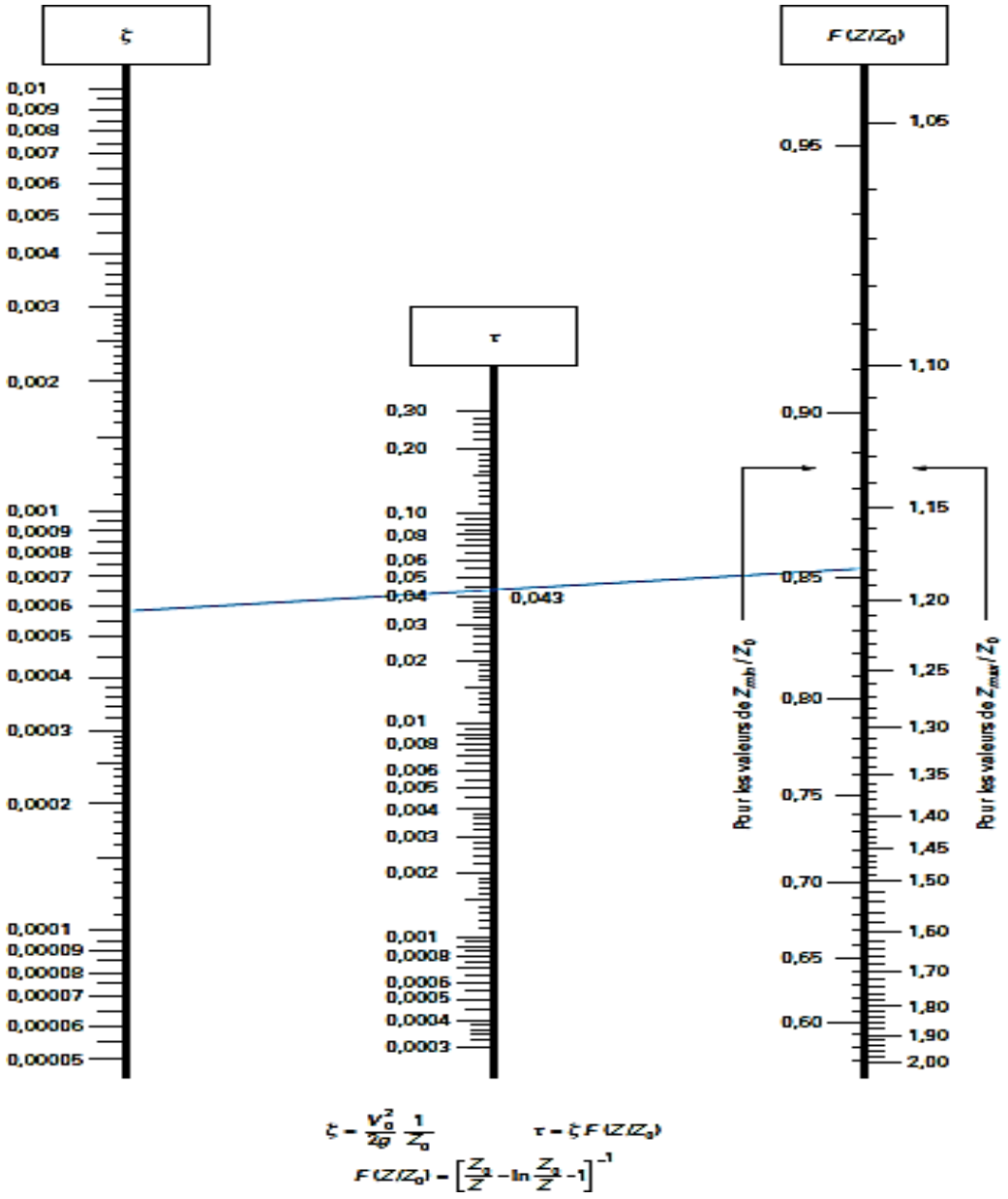


Fig.II.8. Abaque de Vibert Pour le calcul des cloches à air de protection contre les coups de bélier

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 les 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

III.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 de50% 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.

III.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 connaitre 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.

III.2.1. Types de diagnostic

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.

- **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.

- **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.

- **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.

III.2.2. 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 donnés 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.

III.3. Méthodologie de diagnostic adoptée dans le Context algérien

La démarche méthodologique retenue pour le diagnostic des réseaux d'alimentation en eau potable dans le contexte algérien repose sur les principales étapes suivantes :

III.3.1. Cartographie des plans et collecte des données

➢ **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 :

✓ **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 pour les zones concernées « notre cas zone 32 »).

- Rattachement par déterminations GPS.

✓ **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 informationsseront numérisées dans un système d'information géographique (SIG) de manière à constituer une base de référence.

III.3.2. Vérification du système d'AEP et mise à jour des données

Une fois les données existantes introduites dans un système d'information géographique (SIG); il aura une analyse du réseau et on 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 et 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 dé- finitiondes 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.

III.3.3. 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.

III.3.4. Élaboration du 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.

➢ **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.

b- 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).

c- 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 donnés

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).

g- 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.

III.4. Diagnostic du réseau de distribution existant

III.4.1. Sectorisation du réseau

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'interconnections 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 entrainer

- 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 (pompages, adduction, réservoirs)
- Les schémas d'implantation des appareils de mesures pour les tests

  des secteurs pilotesreprésentatifs (débits, pression, niveau)
- La vérification de l'étanchéité des vannes entre les secteurs (Fig.III.01).

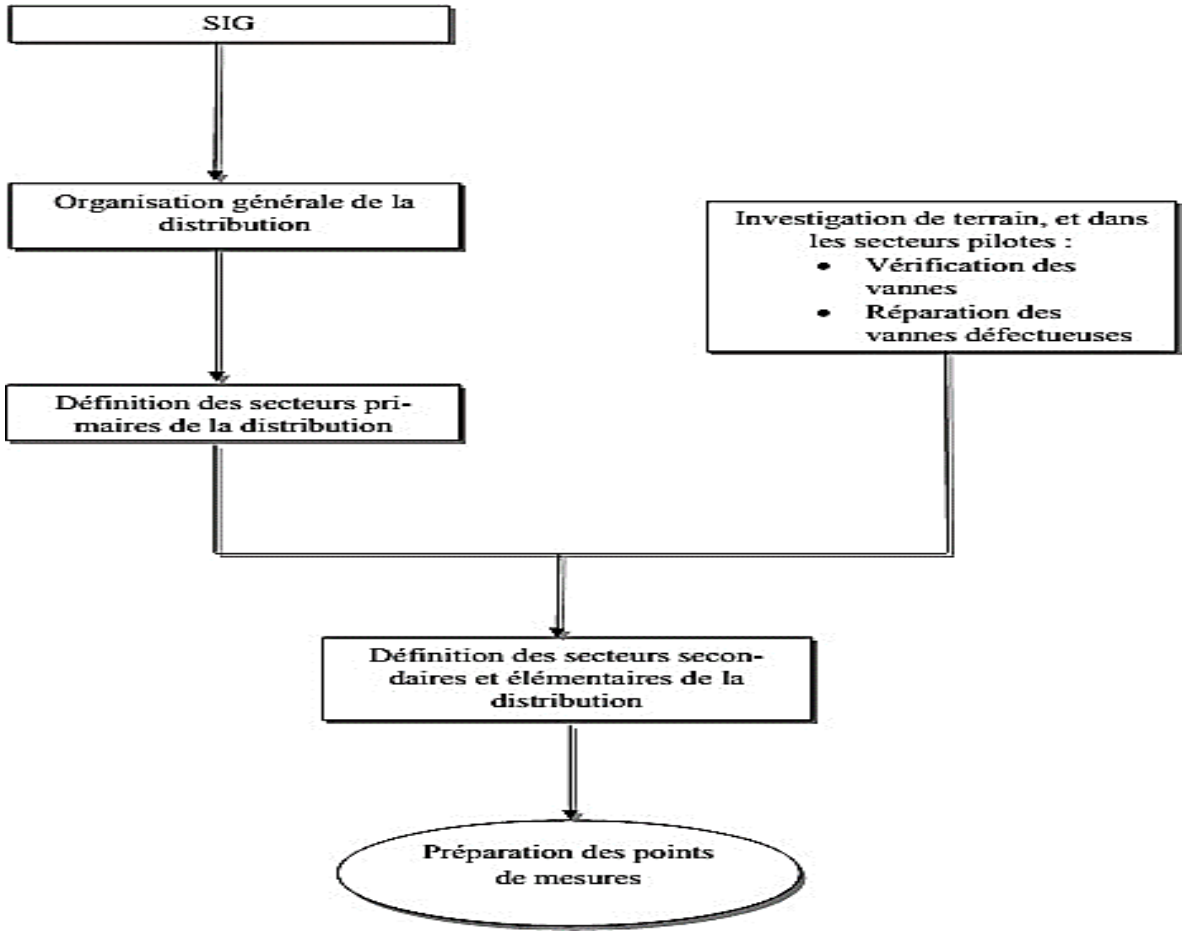


Fig.III.1. Organigramme découpage et préparation des secteurs**.**

III.4.2. Diagnostic physique du réseau

a- Inspection et description du fonctionnement du réseau

Pour le diagnostic des ouvrages du réseau, 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 àl'absence de joints autobloquants et permettre l'augmentation de pression dans le réseau.

b- Tests sur les ouvrages du système d'AEP

✓ **Tests sur les secteurs de distribution**

Ces tests ont pour objectif de déterminer les courbes de consommation journalières, de comparer les consommations réelles aux besoins théoriques en eau afin d'évaluer le niveau de satisfaction des usagers, et d'estimer les volumes de pertes au sein du réseau.

✓ **Tests sur les stations de pompage**

Les essais réalisés sur les stations de pompage visent à établir les courbes caractéristiques hauteur-débit des pompes pour le calage et la simulation du modèle hydraulique du réseau, notamment dans les systèmes alimentés directement par pompage sans l'intermédiaire d'un réservoir.

✓ **Tests sur les réservoirs**

Les tests sur les réservoirs consistent à suivre l'évolution des niveaux d'eau et à contrôler leur fonctionnement, notamment celui des dispositifs de trop-plein. Ces mesures permettent également de vérifier les bilans hydrauliques et d'évaluer l'influence des réservoirs sur les secteurs alimentés.

c- Bilan des pertes

À partir des résultats du diagnostic et des mesures réalisées, les pertes d'eau sont évaluées pour chaque secteur. Les résultats obtenus sont ensuite comparés aux données de modélisation hydraulique, de facturation et aux besoins théoriques en eau afin d'identifier les écarts et de localiser les secteurs les plus déficitaires.

III.4.3. 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 a pour objectif de : d'orienter les travaux de réhabilitation (Fig.III.2).

- Contrôle d'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 de facturation des abonnées.
- Identification des gros consommateurs qui peuvent avoir une incidence sur le cyclede consommation journalière.
- Choix de nombre total d'abonnés enquêtés sur le secteur.

- Les résultats des enquêtes seront exploités pour définir les grands ratios de latypologie des abonnées, de leur consommation et des volumes perdus.

Note : 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 (Facturation). Ils permettront d'en tirer des ratios en équipement de compteurs, d'abonnés non identifiés et des branchements illicites (Fig.III.2).

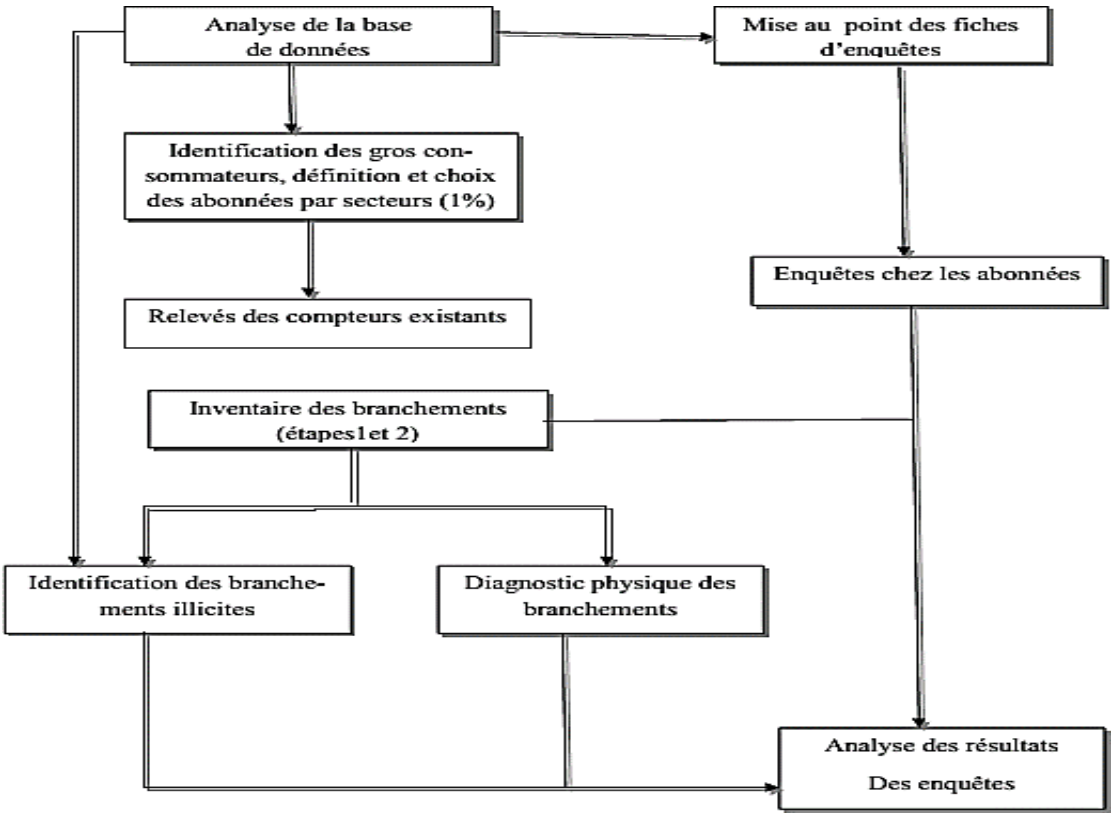


Fig.III.2. Organigramme enquête chez les abonnées.

III.5. Modélisation du réseau de distribution

III.5.1. Définition de la modélisation hydraulique

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.

III.5.2. Les types de modélisation

On distingue plusieurs types de modèles :

a- 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 supposées connus. Le niveau de détail est important, toutes les conduites sont représentées.

b- 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.

c- 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 granddiamètre servant au transport et à la distribution de l'eau.

d- 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.

III.5.3. 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.

✓ **Liste des donnés 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).

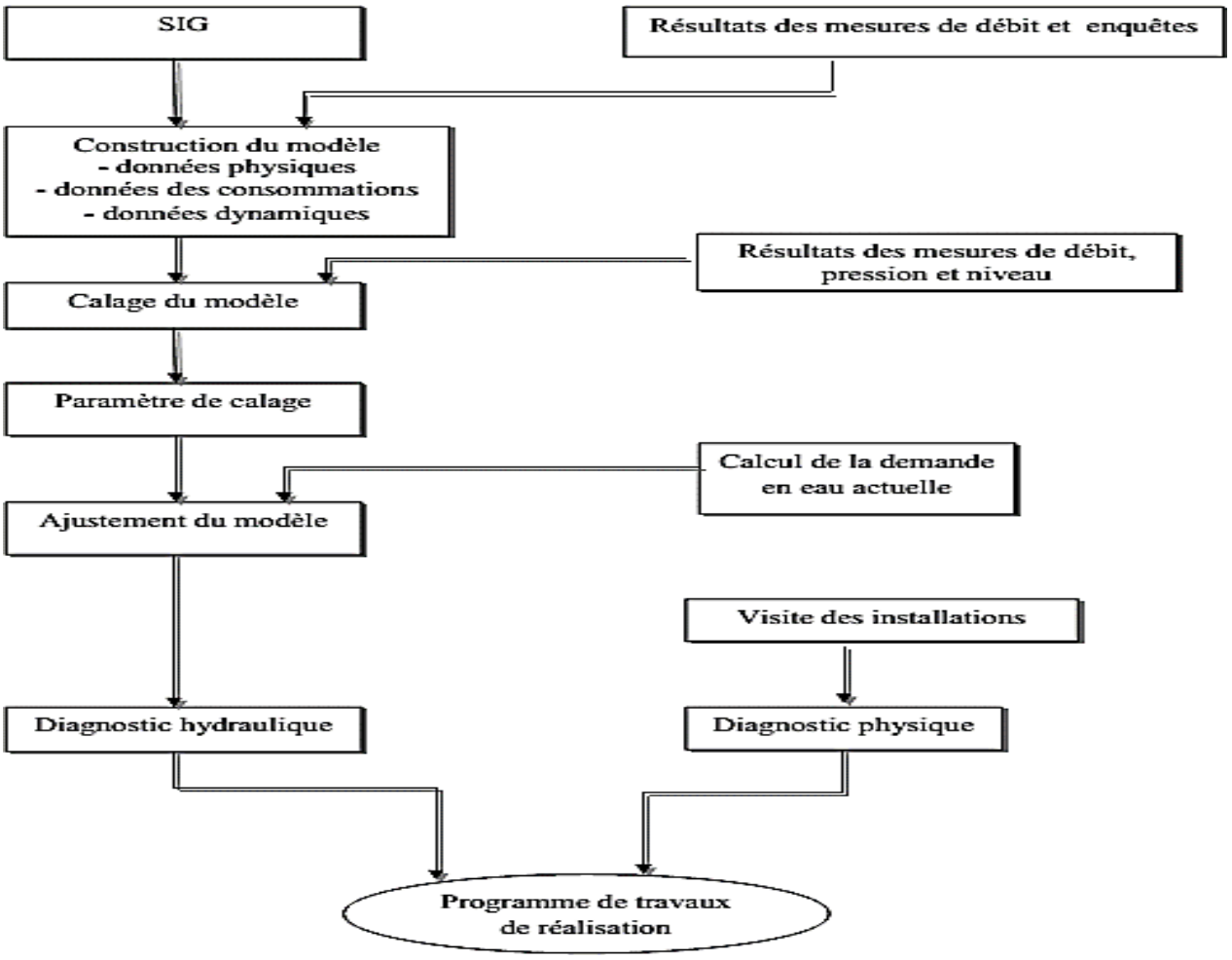


Fig.III.3. Organigramme modélisation – diagnostic.

III.5.4. Rapport sur le diagnostic, sectorisation, enquêtes et mesure chez les abonnés

Un rapport spécifique sur le diagnostic et la sectorisation retenue. Ce rapport mettra enparticulier 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 compagne de sensibilisation des abonnés sur les pertes au niveaudomestique ;
- 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 cesétudes et du diagnostic du réseau.

III.5.5. Rapport sur le fonctionnement du réseau

Un rapport décrivant le fonctionnement actuel du réseau et les habitudes desconsommateurs. 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.

III.6. Diagnostic du système d'AEP existant

III.6.1. Diagnostic des systèmes de production :

Le diagnostic des ouvrages de production comprendra l'évaluation de : Sources, 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. Schéma 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 de 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. Schéma d'ouvrage électrique et électromécanique**.**

III.6.2. 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. Schéma de captage en entries**.**

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

III.6.3. 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 équipementsélectromécaniques et l'entretien.

III.6.4. 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 àévaluer 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.

III.6.5. 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

III.6.6. Diagnostic des ouvrages de transport et de distribution d'eau

Les conduites d'alimentation (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 anciensbranchements 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.

III.6.7. 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.

III.7. Analyse et synthèse des résultats du diagnostic de l'ensemble du système

L'ensemble des ouvrages du système d'alimentation en eau potable (production, stockage, pompage et distribution) est intégré dans une base de données géographique (SIG) et dans un modèle hydraulique unique. Cette approche permet d'évaluer le fonctionnement global du système, d'identifier ses insuffisances et de proposer les solutions de réhabilitation appropriées.

Le rapport de diagnostic comprend :

- Les plans et schémas intégrés dans le SIG ;
- Les cartes thématiques produites à partir du SIG ;
- Les résultats des analyses sous forme de tableaux et graphiques ;
- L'identification des dysfonctionnements et contraintes du système ;
- Les recommandations relatives à la réhabilitation, au renforcement et à l'amélioration de l'exploitation du réseau.

III.8. Élaboration du schéma directeur de réhabilitation et de développement du système d'AEP

L'objectif de cette étape est d'établir un schéma directeur à l'horizon du projet permettant de définir les actions nécessaires à la réhabilitation, au renforcement et au développement du système d'AEP.

III.8.1. Collecte et analyse des données socio-économiques

Les données nécessaires à l'étude sont recueillies auprès des organismes concernés et portent principalement sur :

- Les données démographiques et les projections de population ;
- Les perspectives de développement urbain ;
- Les activités économiques et industrielles ;
- Les statistiques de production et de consommation d'eau ;
- Les données relatives à la distribution par secteur.

III.8.2. Estimation des besoins futurs en eau

Cette phase vise à déterminer les besoins futurs en eau potable à partir :

- Des projections démographiques ;
- De l'évolution de l'urbanisation ;
- Du développement industriel ;

- De l'évolution des taux de raccordement ;
- Des dotations unitaires de consommation.

Les besoins sont évalués à l'échelle de l'agglomération et par secteur de distribution.

III.8.3. Analyse des ressources en eau

Une comparaison entre les besoins futurs et les ressources mobilisables est réalisée afin d'évaluer l'adéquation entre l'offre et la demande et de définir, si nécessaire, les futures ressources à mobiliser ainsi que leurs points d'injection dans le réseau.

III.8.4. Simulation et développement du système d'AEP

À l'aide du modèle hydraulique EPANET, différents scénarios d'aménagement sont simulés afin d'identifier :

- Les besoins d'extension du réseau ;
- Les renforcements nécessaires des conduites ;
- Les besoins en stockage ;
- Les éventuels besoins en stations de pompage ;
- Les nouveaux points d'alimentation du système.

Les variantes étudiées sont comparées sur la base de critères techniques et économiques afin de retenir la solution optimale.

III.8.5. Formulation du schéma directeur

Le schéma directeur définit les actions à entreprendre en matière de :

- Réhabilitation du réseau existant ;
- Renforcement des infrastructures ;
- Développement des ressources en eau ;
- Amélioration de la gestion;
- Réduction des pertes d'eau et sensibilisation des usagers.

III.8.6. Programme de travaux

Sur la base des résultats obtenus, un programme de travaux est établi. Il comprend :

- Les études détaillées ;
- Les travaux de réhabilitation, de renforcement et d'extension ;
- Les actions d'amélioration de la gestion technique et commerciale;
- Les recommandations relatives à la mise en œuvre et au suivi du programme des travaux.

La Figure III.12, présente l'organigramme général d'élaboration du schéma directeur.

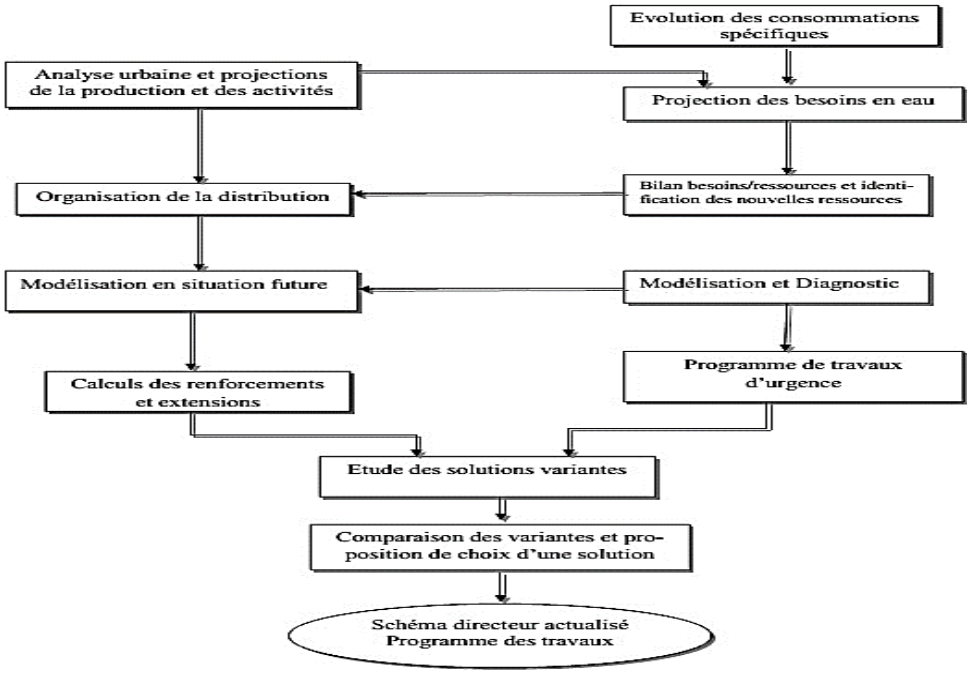


Fig.III.12. Organigramme d'élaboration du schéma directeur.

III.9. Conclusion

Dans ce chapitre, une méthodologie de diagnostic et de réhabilitation des réseaux d'alimentation en eau potable adaptée au contexte algérien a été présentée. Cette démarche repose sur un ensemble d'investigations et d'analyses visant à évaluer l'état actuel des infrastructures et à définir les actions nécessaires à leur amélioration. Elle comprend notamment :

- L'inventaire, la localisation et l'évaluation des ouvrages existants ;
- Le diagnostic des ressources en eau (sources, forages, etc.) ;
- L'évaluation de l'état des ouvrages de stockage et des stations de pompage ;
- Le diagnostic des conduites d'adduction, des réseaux de distribution et des ouvrages annexes ;
- L'intégration et la matérialisation des infrastructures sur les supports cartographiques et le système d'information géographique (SIG) ;
- L'estimation des besoins actuels et futurs en eau potable ;
- L'évaluation des déficits éventuels en matière de production, de stockage et de distribution ;
- La vérification des performances hydrauliques du réseau existant ;
- L'identification des insuffisances et des dysfonctionnements ;
- La proposition des solutions de réhabilitation, de renforcement et d'extension nécessaires pour répondre durablement aux besoins de la population.

Cette méthodologie constitue ainsi la base de l'élaboration du schéma directeur du système d'alimentation en eau potable et de la définition des programmes de travaux à mettre en œuvre.

Chapitre IV : Etude de diagnostic et réhabilitation du réseau d'AEP de l'Agglomération de Fezara – Commune de Lac des Oiseaux-Wilaya d'El Tarf -

Chapitre IV : Etude de diagnostic et réhabilitation du réseau d'AEP de Fezara – Commune de Lac des Oiseaux - Wilaya d'El Tarf

IV.1. Introduction

L'objectif visé par cette étude consiste à diagnostiquer l'état et le fonctionnement du réseau d'AEP de Fezara – Commune de Lac des Oiseaux - Wilaya d'El Tarf, 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 dimensionnent et surdimensionnement des conduites, l'insuffisance des débits et pressions fournis pour satisfaire les besoins en eau des habitants, de nombre 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 :

- Présentation générale de la région, délimitation de de la zone d'étude et description des infrastructures constituant le système d'alimentation en eau potable de Fezara.
- Collecte des données aux niveaux des services techniques: Document de données de base sur le réseau d'AEP de l'Agglomération de Fezara.
- 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.

IV.2. Présentation générale de la région et définition de de la zone d'étude

IV.2.1. Situation géographique de la commune de Lac des Oiseaux

La commune du Lac des Oiseaux fait partie de la Daïra de Bouteldja, appartenant à la Wilaya d'El-Taref au dernier découpage administratif de l'an 1984.

Elle est située au Nord-Ouest du chef-lieu de la Wilaya d'El Tarf, à environ 17 Km à vol d'oiseau. (Fig.IV.1).

IV.2.2. Situation Administrative :

Administrativement, la commune de Lac des Oiseaux, constitue l'une des vingt-quatre communes de la Wilaya de Taref, elle est limitée par :

- Au Nord : la commune de Berrihene.
- A l'Est : la commune de Bouteldja.
- Au Sud: la commune de Cheffia.
- A l'Ouest : la commune de Ben Mehidi.

Fig. IV.1. Carte de découpage administratif de la wilaya d'El Tarf.

IV.2.3. Situation climatologie :

- **Températures :**

D'une manière générale, la région d'étude est située dans le méditerranéen avec une température maximale dépassant les 30°C au mois d'août. Elle est caractérisée par un climat humide.

Les températures les plus basses sont naturellement enregistrées en mois de décembre atteignant les 6°C au niveau de la mer, elles descendent très rarement à 0°C. En effet ; les mois les plus froids sont décembre et janvier, alors que juillet et août, représentent les mois les plus chauds, ou la température dépasse les 30 °C (Tableau IV.1 et Fig.IV.2) .

Tableau. IV.1.: moyenne, max et min des températures mensuelle en (C°).

Mois	Jan	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Moy
T.Min	9.18	**9.15**	10.53	12.23	15.59	18.85	21.56	23.06	19.60	17.10	12.70	10.02	14.97
T.Max	16.25	16.58	17.88	20.63	23.73	27.33	30.41	**31.10**	28.67	26.02	20.25	16.93	23.00
T.Moy	12.57	12.91	13.58	16.13	19.44	23.07	26.23	26.81	24.35	21.68	16.46	13.41	**18.90**

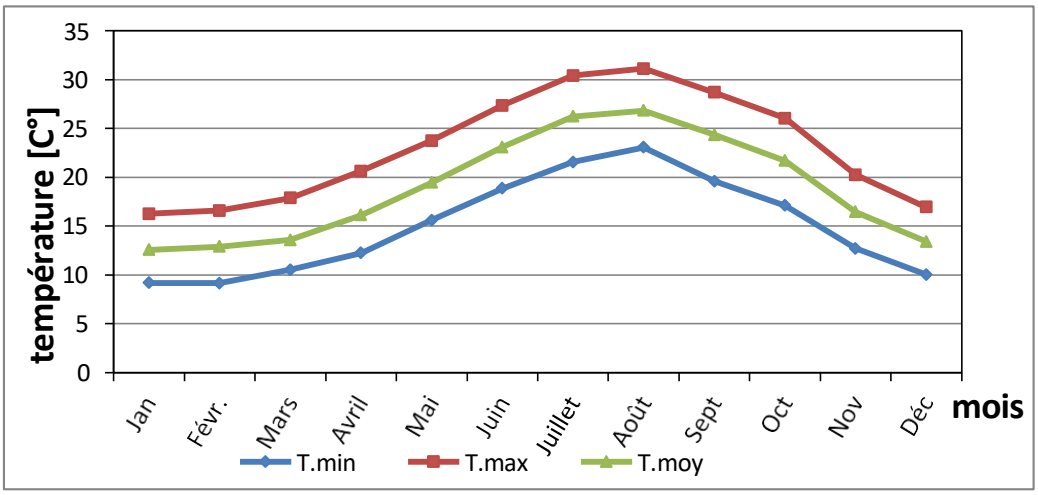


Fig. IV.2.: moyenne, max et min des températures mensuelle en (C°).

- **Humidité :**

Sachant bien que l'humidité de l'air est un facteur constituant le taux de saturation de l'air, il est fortement lié à plusieurs paramètres, tels que la température, la pression au sol, le vent, le couvert végétal, aussi il conditionne l'évaporation, il influe sur les conditions de développement de la végétation et par conséquent sur la nature de

l'écoulement de surface.

Comme le cas de toutes les villes côtières du pays, la région d'étude est caractérisée par un taux d'humidité relativement élevé, ses fluctuations sont très faibles durant toute l'année. En effet ce facteur oscille entre 75.1 % en janvier et 65.5 % courant le mois de juillet (Tableau IV.2 et Fig. IV. 3).

Tableau. IV.2*:* Humidité relative moyenne mensuelle de l'air.

Mois	Jan	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Moy
Humidité H%	**75.1**	71.6	71.1	70.2	70.2	68	**65.5**	67.7	70.4	69.2	70.1	74.2	**69.7**

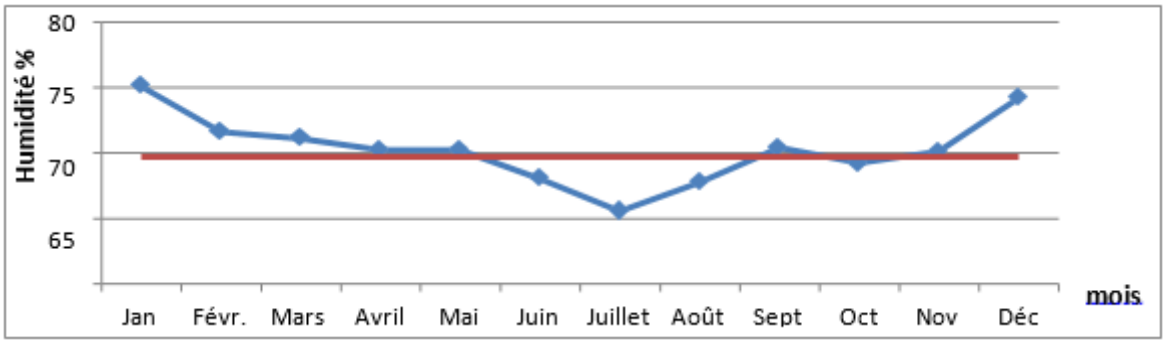


Fig. IV.3.: Humidité relative moyenne mensuelle de l'air.

- **Le vent :**

Le vent est également l'un des facteurs les plus caractéristiques du système ou encore l'équation complexe « **Climat** », il a un double effet, sur les précipitations et les températures, d'où il active l'évaporation.

Les vents N – W, sont les plus violents dans la région, ils avoisinent une moyenne de 03 m/s. Ces vents N – W, sont souvent liés aux pluies d'équinoxes qui apportent les précipitations les plus importantes, venues de l'Atlantique.

Les vents S – E et parfois S – W, sont dus généralement aux siroccos provenant du Sahara. Ils sont chauds et plus fréquent pendant le mois d'Août (Tableau IV.3 et Fig.IV.4).

Tableau. IV.3*:* Moyennes mensuelles de la vitesse du vent.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Moyenne
Vitesse Moyenne (m/s)	2.65	3.05	3.72	3.75	**3.78**	3.58	3.45	3.55	2.60	2.18	2.21	2.20	**3.05**

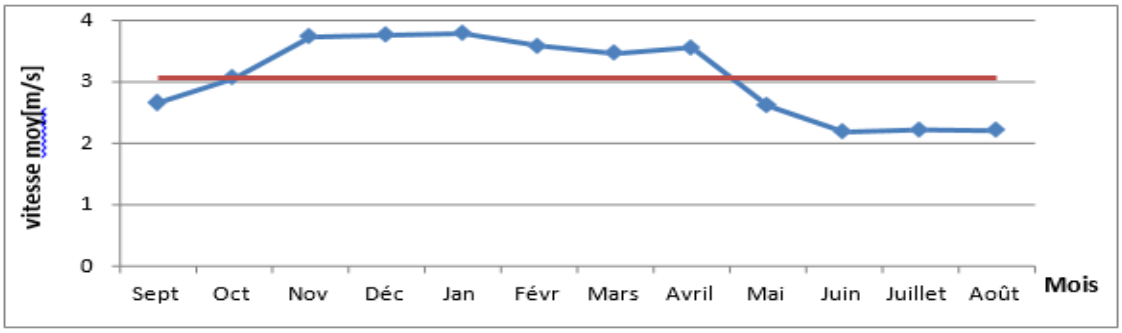


Fig. IV.4*:* Moyennes mensuelles de la vitesse du vent

IV.2.3. Situation démographique de la commune de Lac des oiseaux

Pour une superficie de 87,10 Km^2, la commune de Lac des oiseaux, compte 10624 habitants de la commune globale, selon le recensement de 2008, avec un taux d'accroissement de 2.8% et une densité moyenne de 122 habitant / Km^2. (Source : D.P.A.T de Taref).

IV.2.4. Présentation de la zone d'étude :

IV.2.4.1. Situation géographique de la zone d'étude « Fezara »

La zone d'étude est l'une des agglomérations secondaires et la plus importante de la commune de Lac des oiseaux, appelé **Fezara**. Situé à environ 3Km au Nord du chef-lieu de la commune. La totalité de l'aire d'étude concernée par la présente étude s'élève à 66 ha.

- **Population et habitations de Fezara**

Le nombre d'habitants de l'agglomération secondaire Fezara, atteint 2051 habitants au recensement 2008, elle comporte deux zones, l'une de population regroupée plus élevée et la deuxième éparse basse comme (Tableau IV.4) :

Tableau. IV.4: Population et habitations.

Agglomérations	**Population 2008**	**Construction**	**Occupation par logement** (Nombre d'habitants par logement)
Agglomérations Fezara	**8501**	**1417**	**6**

IV.3. Collecte des données : Document de données base sur le réseau d'AEP

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 l'Agglomération de Fezara, établi par les administrations et les services concernées, ainsi il a été procédé à la consultation de :

- ✓ La direction de ressources en eau de la Wilaya d'El Tarf.
- ✓ La direction de planification et aménagement du territoire (D.P.A.T d'El Tarf)
- ✓ L'A.P.C de Lac des Oiseaux.
- ✓ La subdivision de ressources en eau de Bouteldja.
- ✓ L'Algérienne des eaux (A.D.E) de de Bouteldja.

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

- La carte de découpage administrative de la wilaya d'El Tarf (source agence des bassins versants).
- Le P.D.A.U de Lac des Oiseaux (source : A.P.C de Lac des Oiseaux).
- Le plan d'occupation de sol « P.O.S » de Lac des Oiseaux. (source : A.P.C de Lac des Oiseaux).
- Les réseaux d'Alimentation en eau existants de l'agglomération de Fezara (source : Subdivision de ressources en eau de Bouteldja et A.D.E).
- Le document donnant la monographie globale de la wilaya (Source : D.P.A.T d'El Tarf)

IV.4. Sorties de reconnaissance et visites des lieux :

Durant la phase préliminaire de l'étude, plusieurs sorties de terrain et visites du site du projet ont été effectuées par les services techniques des collectivités locales, représenté par l'équipe de l'ingénieur chef de projet désigné par la direction des ressources en eau (DRE) de la Wilaya d'El Tarf, et en présence des représentants de :

- ➢ La subdivision de ressources en eau de la Daïra de Bouteldja.
- ➢ Services techniques de l'A.P.C de Lac des Oiseaux.
- ➢ L'A.D.E de la Daïra Bouteldja.

Ces investigations ont permis de procéder aux actions suivantes :

✓ La délimitation de l'aire d'étude.

✓ Enquête et diagnostic de l'état actuel des équipements et infrastructures d'A.E.P :

Les ouvrages de stockage, l'adduction, les ouvrages en lignes (vidanges et ventouses) et les réseaux de distributions. Ainsi l'élaboration d'un plan des réseaux existants, avec l'aide d'un ancien Chef d'exploitation de ce réseau, comme l'illustre la planche N°:01- (Annexe N°01)

IV.4.1. Délimitation de l'aire d'étude « Fezara »:

L'aire d'étude est définie comme étant la surface totale de l'agglomération bâtie (Fezara1 et Fezara 2), majorée par la zone d'extension, prévue pour planification future par les autorités de la collectivité locale.

IV.5.2. Enquête et diagnostic de l'état actuel des équipements et infrastructures d'A.E.P

Les sorties de terrain et les visites du site ont permis de constater que le système d'alimentation en eau potable de l'agglomération de Fezara est composé des infrastructures suivantes (Fig .IV.5):

- Les ressources en eau potable disponibles, sont de l'ordre de 18 l/s ; avec 12 l/s assurés du forage Mouileh et 6 l/s de la source Bouglez.
- La conduite d'adduction du Forage et station de pompage (Mouilleh) – réservoirs jumelées (300 m^3) de Fezara. En acier DN 150mm.

- La conduite d'adduction de Bouglez-Lac des oiseaux, en fonte, de diamètre 600mm sur de 15 Km, jusqu'à la station de pompage de Lac des Oiseaux et de la station jusqu'au réservoir 500 m^3 en PEHD DN 160mm.

- La station de pompage de Lac des Oiseaux, qui assure le refoulement de l'eau vers le réservoir de stockage de 500 m^3.

- Forage et station de pompage (Mouilleh), assure le refoulement de l'eau vers les réservoirs de stockage (02x 150 m^3).

- Les ouvrages de stockage actuels sont de capacité de 800 m^3. Dont deux réservoirs jumelés (02x 150 m3) alimentant le réseau Maillé (Secteur Fezara1) et un réservoir de capacité 500 m^3 réalisés en 1979 , alimentant le réseau Ramifié (Secteur Fezara 2).

- Deux réseaux de distribution, réseau Maillé alimentant Secteur Fezara1 et réseau Ramifié alimentant Secteur Fezara 2.

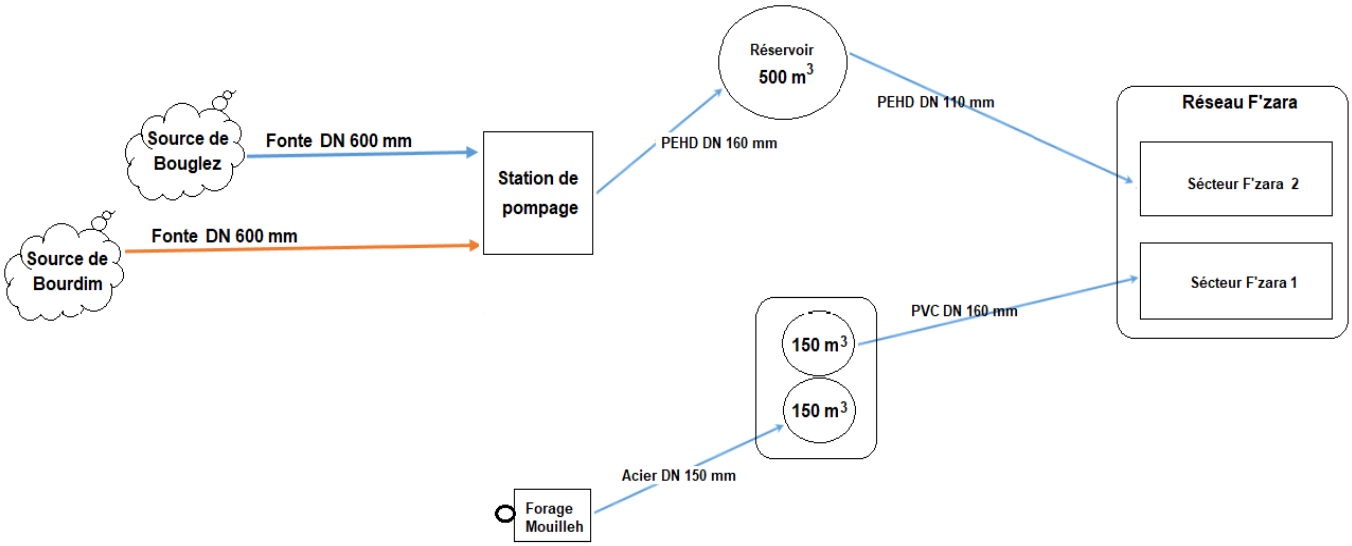


Fig. IV.5. Schéma du système d'approvisionnement d'eau de l'agglomération de Fezara.

IV.5.2.1.Composantes du diagnostic

Cette étude tendra à déterminer les méthodes 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 approfondie sur 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 de l'agglomération de Fezara, 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 de l'agglomération de Fezara, en matière d'alimentation en eau potable afin de définir les solutions les plus adéquates.

IV.5.2.2.Etat de fait actuel et diagnostic des équipements et infrastructures

Le diagnostic mené dans la zone d'étude a pour objectif d'évaluer et de vérifier l'état actuel du système d'alimentation en eau potable de l'agglomération de Fezara, afin d'identifier ses performances, ses insuffisances et les éventuelles contraintes affectant son fonctionnement.

A)- Diagnostic des ressources en eau

L'approvisionnement actuel du chef-lieu de commune de Lac des Oiseaux, s'effectue à partir des sources Bouglez et Bourdim, plus précisément par l'intermédiaire de :

- L'alimentation en eau du secteur 2 de l'agglomération de Fezara est assurée par deux prises (quotas) réalisées sur les conduites d'adduction principales à destination d'Annaba. La première est implantée sur la conduite de Bouglez en fonte de diamètre DN 600 mm, tandis que la seconde est aménagée sur la conduite de Bourdim, également en fonte de diamètre DN 600 mm. Les eaux prélevées à partir de ces deux conduites convergent vers la station de pompage du Lac des Oiseaux, qui assure leur refoulement vers le réservoir de 500 m³, à partir duquel est alimenté le secteur 2 de l'agglomération de Fezara.
- Le secteur Fezara1 est alimenté en eau potable à partir deux réservoirs jumelés de capacité (02x 150 m3), Ces ouvrages de stockage, sont alimentés par une conduite d'adduction DN 150mm en acier, raccordée à une station de pompage assurant le transfert de l'eau depuis le forage de Mouilleh.

B)- Diagnostic des stations de pompage et reprises:

B.1. Stations de pompage du lac des oiseaux :

Cette station alimente le réservoir 500 m³ du Lac des Oiseaux, elle dispose d'une seule pompe, de type NVA 80, avec un temps de fonctionnement de 17h/24h. Recevant les eaux des deux sources de Bouglez et Bourdim par un piquage des deux conduites d'adduction de diamètres DN 600 mm en fonte, alimentant Annaba, qui assure transfert de l'eau vers le réservoir de stockage de 500 m³, alimentant l'agglomération de Fezara (Fig .IV.6).

Fig .IV.6 : Station de pompage du Lac des Oiseaux

B.2. Stations de pompage (Forage Mouilleh) : La station de pompage assure le refoulement de l'eau vers les réservoirs de stockage jumelés (02x 150 m^3), alimentant l'agglomération de Fezara.

C)- Diagnostic des ouvrages de stockages:

C.1. Réservoir 500 m³ : Ce reservoir est réalisé en 1979, permettant l'alimentation plusieurs agglomérations à l'égard de de l'agglomération de Fezara, nous citons la cité VRA, la cité Boudebza Omar, la cité Harbi Boudjemaa, la cité Kherabi Laid ainsi que la cité Sidi Nacer (Fig .IV.7).

Fig .IV.7. Dégradation du béton armé et fissurations

C.2. Réservoirs de stockage jumelés (02x 150 m³):

Ces deux réservoirs sont alimentés de la station de pompage Mouilleh.

D)- Diagnostic des adductions:

D.1. Adduction des eaux des sources

Deux prises réalisées sur les conduites d'adduction principales de Bouglez et de Bourdim (DN 600 mm en fonte) destinées à Annaba. Les eaux prélevées sont acheminées vers la station de pompage du Lac des Oiseaux, puis refoulées vers un réservoir de 500 m³, par l'intermédiaire d'une conduite d'adduction de DN 160mm en PEHD.

D.2. Adduction des eaux du forage Mouilleh

Cette conduite d'adduction est en acier DN 150 mm, reliée la station de pompage Mouilleh assurant le transfert de l'eau depuis le forage de Mouilleh aux réservoirs jumelés d'une capacité totale de 300 m³ (2 × 150 m³).

E)- Diagnostic des réseaux actuels de distribution d'eau de Fezara:

L'agglomération de Fezara est alimentée en eau potable par deux types de réseaux : un réseau maillé desservant le regroupement d'habitations de Fezara 1 et un réseau ramifié alimentant la zone éparse de Fezara 2. La majeure partie du réseau actuel (environ 85,45 %) a été réalisée en 1991 en conduites PVC, avec des diamètres variant de 40 à 160 mm. Des

extensions représentant environ 13 % du réseau ont été réalisées en 2006, complétées par quelques tronçons supplémentaires en 2012. L'extension urbaine de l'agglomération s'est accompagnée de la réalisation de nombreux branchements sans études préalables ni planification adéquate, ce qui est susceptible d'affecter les performances hydrauliques, la fiabilité et le bon fonctionnement du réseau.

La vérification de fonctionnement des réseaux de distribution est réalisée à travers deux étapes principales:

E.1. Diagnostic et enquêtes sur terrain

L'agglomération de Fezara est constituée de deux secteurs, le secteur 01 comprend la partie supérieure de ville représentée par un regroupement d'habitations et la partie inférieure à partir du centre-ville vers l'Est représente le secteur 2, représentée par une zone d'habitations éparse.

E.1.1. Secteur N°01

Ce secteur est alimenté par réseau de de type maillé relié aux réservoirs jumelés d'une capacité (2 × 150 m³). , conçu en P.V.C et desserve la partie Sud-est de l'agglomération d'habitations regroupées. 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 tronçons du réseau, notamment au niveau des regards de vannes, ainsi l'existence de certains branchements illicites.
- Toutes les vannes de sectionnement sont conçues par système de bouche à clé.

E.1.2. Secteur N°02

Le secteur N° 02 est alimenté du réservoir 500 m^3, desserve la zone éparse (partie Sud-est) de l'agglomération. Le réseau est de type ramifié, conçu en P.V.C en majorité.

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

- En matière de fuite, elles sont plus ou moins importantes.
- La plus part des vannes de sectionnement sont conçu par système de bouche à clé.
- 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 Nord-est du secteur 2, cela revient toujours aux branchements illicites, fuites et l'absence d'étude.

- La grande partie des regards de vannes de sectionnement nécessitent des travaux de réfections, dans le but de remédier au nombre de fuites importantes et d'écarter tout risques d'épidémies liées au MTH (Fig .IV.8, Fig .IV.9, Fig .IV10).

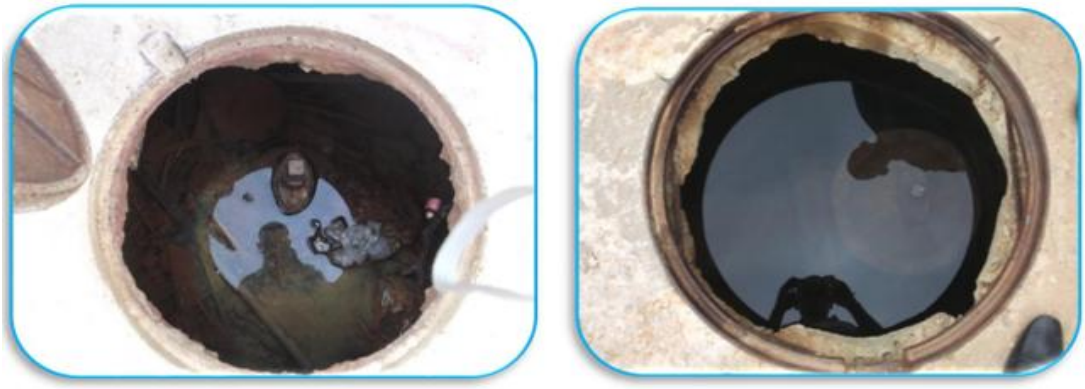


Fig .IV.8. Etat actuel des regards de vannes de sectionnement avec des fuites

- Des regards de sectionnement se trouvent dans un état de dégradation très avancé et sans tampons. Ces derniers nécessitent des reprises totalement (Fig .IV.9).

Fig .IV.9. Regards de sectionnement en état de dégradation très avancé

- Les vannes des regards du réseau d'AEP et les raccordements, sont en état de dégradation avancé (Fig .IV10).

Fig .IV.10. Etat des regards de vanne du réseau d'AEP

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

E.2. Calcul des besoins en eau et vérification de l'équilibre du réseau

E.2.1. 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 Fezara)
- **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	**1989**	**2008**	**2016**	**2026**	**2036**	**2046**
Population	6450	8501	10603	13975	18420	24279

E.2.2. 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 prise de 150 l/j/hab [1, 2, 3,4].

E.2.2.1. Besoins moyens journaliers

- **Besoins domestiques**

Le débit moyen journalier est donné par la formule suivante :

Q moy j = Nombre d'habitants x dotation..... (m^3/j)

- **Besoins d'équipements**

Les besoins d'équipements actuels et futurs sont enregistrés dans les tableaux suivants :

Tableau. IV.6: Evaluation des besoins scolaires

			2026			2046		
Besoins	Type d'équipement	Unité	Dotation (l/j/unité)	Nombre	Qmoy.j (m^3/j)	Dotation (l/j/unité)	Nombre	Qmoy.j (m^3/j)
Besoins scolaires	Écoles primaire	Élève	50	400	20	50	900	45
	Lycées	Élève	50	295	14.75	50	295	14.75
	C E M	Élève	50	375	18.75	50	863.5	43.125
Total					53.5			102.875

Tableau IV.7: Évaluation des besoins socio-culturels

			2026			2046		
Besoins	Type d'équipement	Unité	Dotation (l/j/unité)	Nombre	Qmoy.j (m^3/j)	Dotation (l/j/unité)	Nombre	Qmoy.j (m^3/j)
Besoins socio-culturels	Mosquée	Fidèle	50	475	23.75	50	1750	87.5
	Stade	m^2	5	10500	52.5	5	14500	72.5
	Bains	p	200	150	30	200	250	50
Total					106.25			210

Tableau IV.8 : Besoin commerciaux

			2026			2046		
Besoins	Type d'équipement	Unité	Dotation (l/j/unité)	Nombre	Qmoy.j (m^3/j)	Dotation (l/j/unité)	Nombre	Qmoy.j (m^3/j)
Besoins commerciaux	Commerce privé	m^2	**5**	660	**3.3**	**5**	660	**3.3**
	Marché couvert	m^2	5	840	4.2	5	840	4.2
	Cafétéria	Client	10	50	0.5	10	50	0.5
	Station de lavage	Voiture	80	20	**1.6**	80	22.5	**1.8**
Total					**9.6**			**9.8**

Tableau IV. 9: Besoins sanitaires et publics

			2026			2046		
Besoins	Type d'équipement	Unité	Dotation (l/j/unité)	Nombre	Qmoy.j (m^3/j)	Dotation (l/j/unité)	Nombre	Qmoy.j (m^3/j)
Besoins sanitaires et publics	Polyclinique	m^2	5	18000	70	5	36000	180
	P.T. T	Employé	15	15	0.225	15	15	0.225
	Gendarmerie	Agent	20	20	0.8	20	40	0.8
Total					71.025			181

Tableau IV.10: Besoins d'arrosage

			2026			2046		
Besoins	Type d'équipement	Unité	Dotation (l/j/unité)	Nombre	Qmoy.j (m^3/j)	Dotation (l/j/unité)	Nombre	Qmoy.j (m^3/j)
Besoins d'arrosage	Jardin public	m^2	5	6532	32.66	5	6550	32.75
	Rues	m^2	5	8280	41.4	5	9300	46.5
Total					74.06			79.25

E.2.2.2. Calcul des débits

- **Débit maximal journalier**

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

$$\mathbf{Q_{maxsd\ j}} = Q_{moy\ j} \times K_{max\ j} \text{ …….(m}^3\text{/j).}$$

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**

- **Débit de pointe**

Le débit de pointe est donné par la formule suivante :

$$\mathbf{Q_P} = Q_{moy\ j} \times K_p \text{ …….. (l/s).}$$

Avec:

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

$\mathbf{K_p}= k_{maxj}*k_{maxh}$ 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.11).

Tableau. IV.11. 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

- **Evaluation et calcul des besoins en eau de l'agglomération de Fezara**

Les résultats de calcul sont récapitulés dans le tableau ci-dessous (Tableau.IV.11) :

Tableau. IV. 11. Evaluation des besoins en eau de l'agglomération à l'horizon 2046.

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 (m3 / j)	Kp	Débit de pointe (l / s)
1998	**6450**	150	822.35	145.12	967.46	1064.21	1.15	12.88
2008	**8501**		1083.89	191.28	1275.16	1402.68	1.15	16.97
2016	**10603**		1351.88	238.57	1590.45	1749.50	1.15	21.17
2026	13975		1781.81	314.44	2096.25	2305.88	1.15	27.90
2036	18420		2261.50	501.5	2763	3039.30	1.15	36.78
2046	24279		3058.85	583	3641.85	4006.04	1.15	**48.46**

- **Comparaison besoins–ressources en eau de l'agglomération de Fezara**

La comparaison des besoins en eau de l'agglomération de Fezara et le ressources en eau disponibles sont illustrés dans le tableau (Tableau.IV.12) :

Tableau. IV.12. tableau comparatif des besoins et ressources en eau disponibles à différents horizons.

Agglomération	Secteurs	Horizon	1998	2008	2016	2026	2036	2046	Observation
Agglomération de Fezara	(Regroupement d'habitats) **Secteur1**	**Besoins** (l/s)	7.36	9.70	12.10	15.96	21.03	27.72	
		Apport en (l/s) Forage Mouilleh	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	
		Déficit Secteur1	4.63	2.29	-0.10	-3.96	-9.03	-15.72	

	Zone éparse **Secteur2**	**Besoins** (l/s)	5.51	7.26	9.06	11.94	15.73	20.74	
		Apport en (l/s) Sources ; Bouglez et Bourdim	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	
		Déficit Secteur2	0.48	-1.26	-3.06	-5.94	-9.73	-14.74	
	Total apport en (l/s)		18	18	18	18	18	18	
	Total Déficit		5.12	1.03	**-3.17**	**-9.9**	**-18.78**	**-30.46**	

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

- ✓ Les besoins en eau potable actuel **(2026)** de l'agglomération de Fezara, s'élève à 29.90 **l/s**, quant à la ressource à mettre en service, elle est de l'ordre **18 l/s**, ainsi, donc on a un déficit de **9.9 l/s**.
- ✓ Les besoins en eau potable de l'agglomération de Fezara à moyen terme, soit à l'horizon **2036** s'élève à **36.78 l/s**, quant à la ressource à mettre en service, elle est de l'ordre **18 l/s**, donc on a un déficit de **18.78 l/s**.
- ✓ Les besoins en eau potable de l'agglomération de Fezara à long terme, soit à l'horizon **2046** s'élève à **48.46 l/s**, quant à la ressource à mettre en service, elle est de l'ordre **18 l/s,** ainsi, donc on a un déficit de **30.46 l/s**. Ce qui justifier le manque important en eau déclaré par les citoyens lors de l'enquête sur terrain.

- **Besoins de stockage**

Les besoins de stockage à l'horizon 2046 sont estimés à 30% de la consommation maximale journalière. Les résultats sont illustrés dans le tableau ci-après, (Tableau.IV.13) :

Tableau.IV.13. Les résultats des besoins de stockage

Horizon	**2026**	**2036**	**2046**
Qmax.j (m^3/j)	2515.5	3315.5	4370.22
Capacité théorique (m^3)	**754.56**	**994.65**	**1311.066**
Capacité disponible (m^3)	**800**	**800**	**800**
Déficit (m^3)	45.44	-194.65	-511.066

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 de l'agglomération de Fezara, s'élève à **754.56 m³**, quant à la capacité disponible, elle est de l'ordre de **800 m³**, Donc l'agglomération de Fezara n'enregistre aucun déficit en matière d'ouvrage de stockage d'eau potable actuellement (2026).
- Les besoins en matière d'ouvrage de stockage de l'agglomération de Fezara, à moyen terme, soit à l'horizon **2036** s'élève à **994.65 m³**, quant à la capacité disponible, elle s'élève à **800 m³**, cependant l'agglomération de Fezara enregistre un déficit en matière de capacité de stockage de **194.65 m³**.
- Les besoins en matière d'ouvrage de stockage de l'agglomération de Fezara, à long terme, soit à l'horizon **2046** s'élève à **1311.066m³**, quant à la capacité disponible, elle est de **800 m³**, cependant le centre enregistre un **déficit** en matière de capacité de stockage, à long terme de **511.066m³**.

E.2.3. Vérification de l'état de fonctionnement actuel 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 2026 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 tableurs dressés plus bas, portant « Calcul hydraulique des réseaux d'AEP à l'horizon 2026 ».

E.2.3.1. Calcul du débit spécifique

Le débit spécifique est déterminé par la relation suivante :

Qsp = Qp / Lt ……. (l/s/ml).

Avec :

- Qsp : Débit spécifique en (l/s/ml).
- Qp : Débit de pointe en (l/s).
- Lt : Longueur totale du réseau en (m).

E.2.3.2. Calcul des débits nodaux

Pour déterminer le débit nodal on a utilisé les formules suivantes :

$Q_{nœud}$ =0.5 x Qsp x L_n …….(l/s). (Secteur 1; Réseau maillée)

$Q_{nœud}$ =0.55 x Qsp x L_n ……..…. (l/s). (Secteur 2; Réseau Ramifié)

Avec :

- $Q_{nœud}$: Débit nodale en (l/s).
- Qsp : Débit spécifique en (l/s/ml).
- L_n : Longueurs des tronçons propres à chaque nœud (m).

✓ **En état actuel (2026)**

➢ **Secteur 01**

Après avoir calculé les débits nodaux dans le secteur 01 en état actuel, les résultats sont enregistrés dans le Tableau.IV.14 :

Tableau.IV.14. Résultats pour secteur 01 en état actuel 2026

Nœud	Longueur Totale	Qsp (l/s)	Débit nodale (l/s)
1	235	0.00378312	0.646
2	188		0.517
3	292		0.803
4	74		0.204
5	185		0.509
6	351		0.989
7	339		0.970
8	257		0.707
9	241		0.663
10	240		1.499
11	628		1.727
12	195		0.703
13	158		0.435
17	359		2.535
18	608		1.672
19	304		1.010
20	344		0.946
21	277		0.768
22	460		1.265
23	318		0.875
24	106		0.465
27	751		2.065
28	336		1.090
29	189		0.690
67	420		1.155
68	318		0.875
69	364		1.001
70	341		0.938

➢ **Secteur 02**

Après avoir calculé les débits nodaux dans secteur 02 en état actuel, les résultats sont

enregistrés dans le Tableau.IV.15 :

Tableau.IV.15. Résultats pour secteur 02 en état actuel 2026

Nœud	Longueur Totale	Qsp (l/s)	Débit nodale (l/s)
30	321		0.404
31	355.5		0.463
32	692		0.955
33	423		0.486
34	169		0.265
35	591.5		0.801
36	335		0.385
37	257		0.325
38	661		0.955
39	852		2.206
41	401		0.528
42	136		0.663
43	663		1.511
44	395.5		0.730
46	157.5		0.376
49	393		0.518
50	398		0.711
51	538.5		1.786
52	223.5		0.257
53	501		0.838
55	823		1.143
57	903		1.614
58	520		0.597
59	435		1.182
60	278		0.493
66	477	0.001858513	0.548

IV.6. Modélisation et vérification des paramètres de fonctionnement des réseaux de distribution

IV.6.1. 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.

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 le biais de l'EpaCad*.

IV.6. 2 Présentation des logiciels utilisés

IV.6. 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.

❖ **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.11**)**.

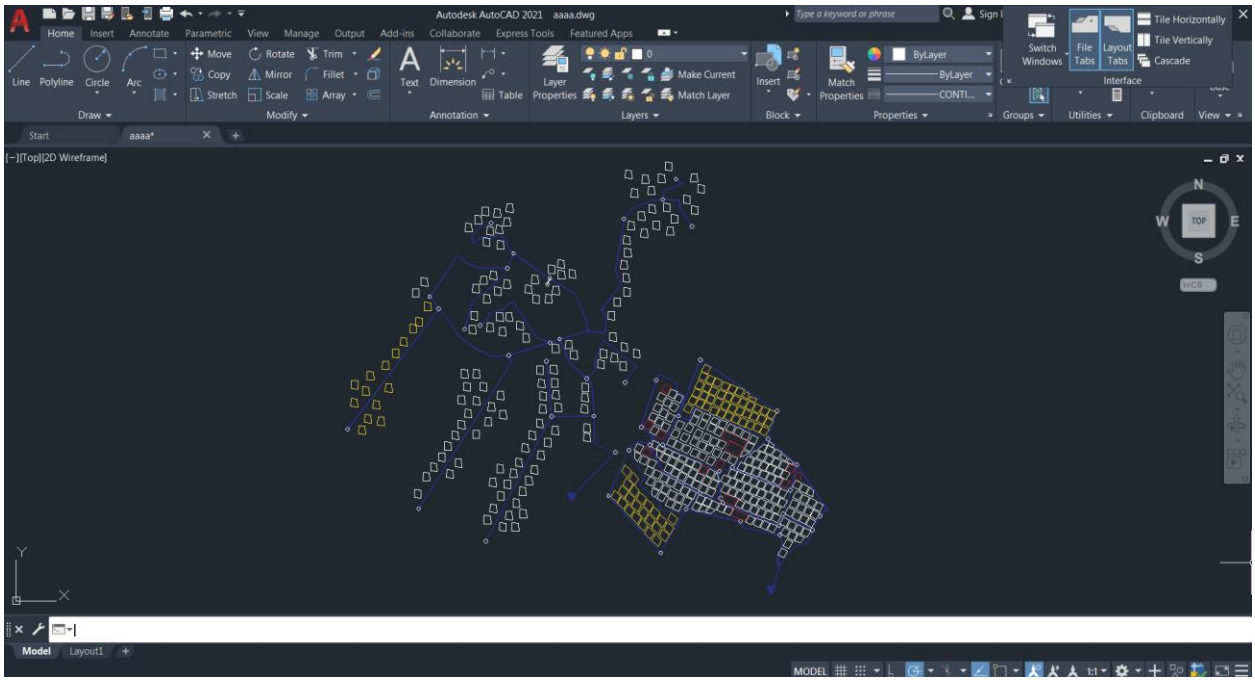


Fig.IV.11. Modèle de réseau hydraulique de Fezara sur AutoCAD

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.

IV.6. 2.2 Epanet

Epanet **(**Environnemental 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.

❖ **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 les paramètres hydrauliques des réseaux (Fig.IV.12**)** 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.

❖ **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.

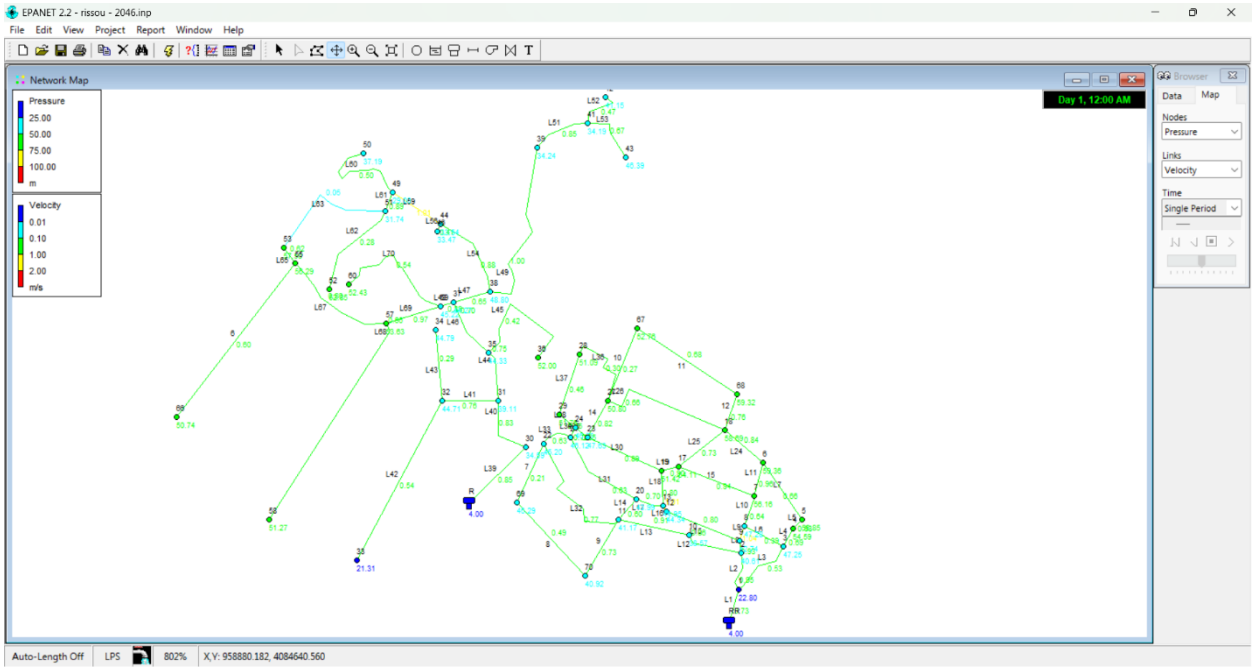


Fig.IV.12. Schéma de réseau hydraulique de Fezara sur Epanet

IV.6. 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.13).

- 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.13. Interface de logiciel EpaCad

IV.6. 3. Procédure de communication entre les logiciels

La procédure de communication entre les logiciels ce fait comme suit (Fig.IV.14.) :

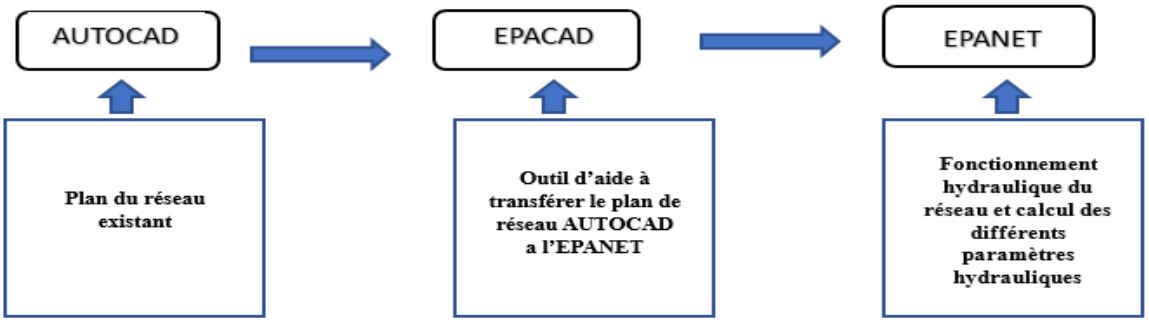


Fig.IV.15. fonctionnement des logiciels

IV.6.4. Simulation hydraulique ; application sur les données actuelles des réseaux de l'Agglomération de Fezara

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

Les résultats obtenus illustrant les paramètres hydrauliques du réseau actuel 2026 (débits, longueur, diamètre, vitesses, pertes de charge, Pressions …) sont enregistrés dans les tableaux IV.16, IV.17 ci-dessous et le plan de réseau existant en (Annexe N° 02) :

Tableau VI.16: Les résultats de simulation du réseau actuel 2026 (vitesse et Pertes de charge).

Secteur 01- Réseau maillé

N° Tronçon	Longueur (m)	Noeud de depart	Noeud d'arrivée	⌀ (mm)	V (m/s)	j (m/km)
L1	25	R	1	176.2	0.65	0.46
L2	87	1	2	141	0.82	0.42
L3	148	1	3	79.2	0.54	6.32
L4	46	3	4	53.6	0.68	17.35
L5	28	4	5	53.6	0.61	0.58
L6	98	3	8	42.6	0.41	9.62
L7	157	5	6	53.6	0.53	1

L8	26	2	9	110.2	0.86	9.94
L9	35	9	8	79.2	1.19	1.03
L10	74	8	7	96.8	0.82	12.84
L11	81	7	6	42.6	0.55	1.07
L12	75	2	10	79.2	0.87	0.79
L13	165	10	11	63.8	0.67	3.54
L14	61	20	11	42.6	0.78	0.06
L15	180	9	12	53.6	0.85	-0.9
L16	15	12	13	53.6	0.69	10.41
L17	65	13	20	42.6	0.34	10.7
L18	78	13	19	42.6	0.54	8.35
L19	40	19	17	53.6	0.75	5.01
L20	50	7	14	79.2	0.98	3.59
L21	37	14	15	79.2	0.95	7.92
L22	62	15	16	79.2	0.99	2.16
L23	35	16	17	79.2	0.87	2.83
L24	113	6	18	42.6	0.82	4.67
L25	135	17	18	42.6	0.44	1.5
L26	292	18	27	42.6	0.54	0.11
L27	34	26	27	42.6	0.4	0.08
L28	36	25	26	42.6	0.5	4.37
L29	26	23	25	42.6	0.58	6.42
L30	186	19	23	53.6	0.78	17.13
L31	218	20	21	42.6	0.64	11.34
L32	275	11	22	42.6	0.66	10.44
L33	35	21	22	42.6	0.25	12.07
L34	24	24	21	42.6	0.52	6.87
L35	36	23	24	42.6	0.29	2.47
L36	193	27	28	42.6	0.26	5.39
L37	143	28	29	42.6	0.3	7.74
L38	46	24	29	42.6	0.67	10.15

Secteur 02- Réseau ramifie

N° Tronçon	**Longueur (m)**	**Noeud de depart**	**Noeud d'arrivée**	**⌀ (mm)**	**V (m/s)**	**j (m/km)**
L39	181	R	30	141	0.76	3.04
L40	140	30	31	141	0.75	13.63
L41	100	31	32	42.6	0.85	8.46
L42	423	32	33	42.6	0.3	15.2
L43	169	32	34	42.6	0.12	9.68
L44	115.5	31	35	141	0.65	2.38
L45	335	35	36	42.6	0.24	16.39
L46	141	35	37	110.2	0.97	12.95
L47	86	37	38	96.8	0.69	12.14
L48	30	37	59	79.2	0.8	3.95

L49	380	38	39	53.6	0.92	9.03
L50	156	39	40	42.6	0.11	12.32
L51	136	39	41	42.6	0.44	12.01
L52	136	41	42	42.6	0.1	9.67
L53	129	41	43	42.6	0.09	10.38
L54	195	38	44	63.8	0.74	6.58
L55	51	44	45	42.6	0.15	6.34
L56	18.5	44	46	42.6	0.19	9.05
L57	80	46	47	42.6	0.06	18.63
L58	59	46	48	42.6	0.04	9.38
L59	131	44	49	53.6	0.67	7.03
L60	217	49	50	42.6	0.16	8.45
L61	45	49	51	42.6	0.66	10.03
L62	223.5	51	52	42.6	0.16	4.14
L63	270	51	53	42.6	0.14	5.46
L64	187	53	54	42.6	0.13	3.26
L65	44	55	53	42.6	0.32	0.67
L66	46	55	56	42.6	0.03	20.1
L67	256	57	55	42.6	0.59	3.24
L68	520	57	58	42.6	0.37	2.2
L69	127	59	57	63.8	0.79	3.73
L70	278	59	60	42.6	0.32	3.91

Remarque :

Le tableau précédent des valeurs des vitesses, des pertes de charges et des diamètres du réseau existant ; montre que :

- ✓ Pour le secteur 1 (Réseau maillé) ; les vitesses sont acceptables et varient de 0.25 à 0.5 pour les tronçons (L6, L17, L25, L27, L28, L33, L35, L36, L37). Cependant pour le reste des tronçons les valeurs de la vitesse sont dans la norme (0.5 à 1.5m/s).
- ✓ Pour le secteur 2 (Réseau ramifie), la majorité des vitesses sont faibles à très faibles, surtout au niveau des tronçons d'extrémité les plus loin. Ce qui nécessite le redimensionnement des conduites du réseau pour au moins satisfaire la condition de la vitesse minimale d'écoulement dans le réseau.

Tableau VI.17: Caractéristique des nœuds du réseau actuel 2026

(Élévation, demande, charge hydraulique et pression).

Secteur 01- Réseau maillé

N° Noeud	Altitude (m)	Demande (l /s)	Charge hydraulique (m)	Pressions (mCE)
1	211.10	0.445	246.86	35.76
2	192.92	0.356	246.48	53.56

3	186.19	0.552	246.25	60.06
4	178.47	0.140	245.79	67.32
5	174.01	0.350	245.55	71.54
6	171.97	0.664	244.45	72.46
7	176.70	0.426	245.21	68.51
8	186.79	0.392	245.72	58
9	190.65	0.456	246.32	55.67
10	194.15	1.293	245.25	51.1
11	190.19	0.948	244.17	53.98
12	187.54	0.369	243.58	56.04
13	186.68	0.299	243.42	56.74
14	176.86	0.165	244.61	67.75
15	177.12	0.208	244.19	67.07
16	176.90	0.186	243.54	66.64
17	177.14	1.945	243.2	66.06
18	171.30	1.021	242.34	71.04
19	179.15	0.749	242.72	63.57
20	186.71	0.651	243.17	56.45
21	182.02	0.530	240.52	58.5
22	183.35	0.586	240.61	57.26
23	180.49	0.469	240.43	59.94
24	181.05	0.201	240.32	49.27
25	178.57	0.117	240.17	61.6
26	177.73	0.132	239.89	62.16
27	175.50	0.982	239.7	64.2
28	174.59	0.802	239.23	64.64
29	180.90	0.528	239.69	58.79

Secteur 02- Réseau ramifie

N° Noeud	**Altitude (m)**	**Demande (l /s)**	**Charge hydraulique (m)**	**Pressions (mCE)**
30	198.77	0.302	269.29	70.52
31	193.77	0.323	268.77	75
32	186.95	0.607	266.76	79.81
33	205.39	0.432	265.39	60
34	186.18	0.173	266.65	80.47
35	188.23	0.516	268.44	80.21
36	177.96	0.342	267.72	89.76
37	187.94	0.241	267.33	79.39
38	183.16	0.617	266.9	83.74
39	192.99	1.280	260.3	67.31
40	194.47	0.159	260.21	65.74
41	191.40	0.361	259.44	68.04
42	183.50	0.139	259.38	75.88
43	177.93	0.132	259.39	81.46

44	196.48	0.367	265.02	68.54
45	200.47	0.219	264.97	64.5
46	196.41	0.135	264.99	68.51
47	196.43	0.082	264.98	68.55
48	193.40	0.060	264.99	71.59
49	198.84	0.353	263.72	64.88
50	188.96	0.222	263.5	74.54
51	195.37	0.509	263.14	67.77
52	173.40	0.228	262.9	89.5
53	169.64	0.469	262.9	93.26
54	174.02	0.191	262.75	88.73
55	17.35	0.337	263.05	91.7
56	176.90	0.047	263.05	86.15
57	176.84	1.158	265.72	88.88
58	170.44	0.532	263.29	92.85
59	186.76	0.948	267.08	80.32
60	176.21	0.458	266.08	89.87

Remarque :

Le tableau précédent (Tableau VI.17), des valeurs des pressions, des pertes de charges et des diamètres du réseau existant ; montre que :

- ✓ Pour le secteur 1 (Réseau maillé) ; 50% des pressions au niveau des nœuds de 6 à 7.2 bars relativement élevées, dépasse la pression de service recommandée, qui doit se situe généralement entre 2 et 6 bars. Ce qui peut engendre les fuites, accélérer la dégradation des conduites, détérioration des équipements (branchements, compteurs, vannes, …) et augmentation des pertes d'eau.
- ✓ Pour le secteur 2 (Réseau ramifie), la majorité des pressions varient de 6 à 93 bars, sont élevées et dépasse la pression de service recommandée de 6 bars.

À cet effet, il apparaît nécessaire de procéder au redimensionnement des conduites des réseaux des deux secteurs afin d'assurer une meilleure maîtrise des pressions, de préserver l'intégrité des ouvrages et de garantir un fonctionnement hydraulique stable du réseau.

IV.7. 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 l'Agglomération de Fezara, 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 (2026) ***seront bien 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 pour l'agglomération de Fezara

V.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 de l'agglomération de Fezara. 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.

V.2. Interprétation des résultats du diagnostic du système d'AEP de l'agglomération de Fezara

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.

V.2.1. Ressources en eau potable

- ✓ Après diagnostic du captage du Forage Mouilleh, produit un débit de 12 l/s en période normale. Il y'a lieu de signaler qu'aucune anomalie n'a été constatée.
- ✓ Un quota d'eau tiré de l'adduction (sources Bouglez et Bourdim) – Annaba, pour satisfaire les besoins en eau de l'agglomération de Fezara se fait par l'intermédiaire d'une station de Lac des oiseaux et le réservoir 500 m^3, avec un apport de l'ordre de 6 l/s.

Les besoins en eau potable de l'agglomération de Fezara s'élève en **2026** à **27.90 l/s,** avec un **déficit de 9.9 l/s** actuellement et **de 30.46 l/s** à long terme (2046), (Tableau V.1).

Tableau V.1. Anomalies et solutions proposées

Problèmes et anomalies	Solutions et aménagement proposés
➢ Un déficit de **9.9 l/s** pour l'an 2026, **9.9 l/s** pour 2036 et **30.46 l/s** pour l'an 2046.	➢ Compléter ce déficit en proposant d'ajouter une autre quantité d'eau, soit des sources Bouglez et Bourdim, soit par fonçage d'autres Forages.

V.2. 2. Adduction et approvisionnement de l'eau

L'approvisionnement d'eau potable de Fezara est assurée par trois conduites d'adduction et de deux endroits ; les sources de Bouglez et Bourdim et le forage de Mouilleh. Les eaux des sources sont acheminées vers la station de pompage du Lac des Oiseaux par deux conduites en fonte DN 600 mm, puis refoulées vers un réservoir de 500 m³ par une conduite en PEHD DN 160 mm. La deuxième adduction du forage de Mouilleh par une conduite en acier DN 150 mm vers deux réservoirs jumelés d'une capacité totale de 300 m³ (Tableau V.2).

Tableau V.2. Anomalies et solutions proposées

Stations de pompage et Adductions	
Problèmes et anomalies	**Solutions et aménagement proposés**
- station de pompage Lac des Oiseaux alimente le réservoir 500 m^3, elle dispose d'une seule pompe, de type NVA 80, avec un temps de fonctionnement de $17^h/24^h$ (Fig. V.1).	➢ La station est en bonne état, nécessite une deuxième pompe de réserve.
➢ La station de pompage de Mouilleh assure l'alimentation en eau potable des réservoirs jumelés de capacité totale (2 × 150 m³), destinés au secteur 2 de Fezara.	➢ La station est en bonne état.
➢ Deux conduites d'adduction ; La $1^{ère}$ conduite d'adduction en PEHD, de DN 160 mm, reliant la station de pompage du Lac des Oiseaux au réservoir 500 m^3, du Lac des Oiseaux. La $2^{ème}$ conduite d'adduction reliant la station de pompage Mouilleh et les deux réservoirs jumelés (2 × 150 m³), en acier DN 150mm.	➢Les deux conduites sont en bonne état.

Fig.V.1. Photo de La station de pompage de Lac des Oiseaux

V.2.3. Ouvrages de stockage et chambres de manœuvre

Le stockage des eaux potables de l'agglomération de Fezara est assuré par deux (03) réservoirs en béton armé, l'état de ces réservoirs, les anomalies et les solutions proposées sont illustrées dans le tableau ci-dessous (Tableau V.3).

Tableau V.3. Anomalies et solutions proposées

Réservoir circulaire 500 m^3	
Problèmes et anomalies	**Solutions et aménagement proposés**
➢ **Le réservoir 500 m^3**, en béton armé, circulaire et semi enterré, est réalisé en 1979, présente les anomalies : - fissures au niveau des parois, - Dégradation du béton armé de la chambre des vannes, - Etat très dégradé des conduites d'amené, vidanges et distribution. - Le réservoir est mal clôturé. ➢ Les photos **(Fig .IV.7)** montrent bien ces anomalies.	➢ Il est impératif de les prendre en charge dans l'immédiat, à savoir : **Traitement des fissures des parois** par injection de résines adaptées ou par reprise localisée du béton après expertise structurelle, afin de rétablir l'étanchéité et la durabilité de l'ouvrage. **Réalisation d'une étanchéité intérieure et extérieure** du réservoir après les travaux de réparation afin de garantir la qualité de l'eau stockée et de limiter les infiltrations. **Réhabilitation de la chambre des vannes**, comprenant l'élimination des parties dégradées, le traitement des armatures corrodées, la reconstitution des zones endommagées au moyen de mortiers de réparation et la protection des surfaces contre les agressions extérieures.

	➢ **Remplacement des conduites d'amenée, de distribution et de vidange** présentant un état de dégradation avancé par des conduites neuves répondant aux normes en vigueur, afin de réduire les risques de fuite et d'améliorer la fiabilité de l'exploitation. ➢ **Réhabilitation de la clôture de protection** autour du réservoir afin de sécuriser le site contre les intrusions, les actes de vandalisme et les risques de contamination.
Réservoirs jumelés (2 × 150 m³)	
➢ En bon état,	➢ Néant
Besoins en matière de stockage à moyen et long terme	
✓ L'agglomération de Fezara dispose actuellement (2026) d'une capacité de stockage de 800 m³, suffisante pour couvrir les besoins estimés à 754,56 m³, sans déficit. En revanche, les besoins projetés atteindront 994,65 m³ à l'horizon 2036 et 1 311,07 m³ à l'horizon 2046, engendrant des déficits de stockage respectifs de 194,65 m³ et 511,07 m³.	➢ Nous proposons deux variantes : ➢ 1ère variante : réaliser deux réservoirs sur deux phases ; un réservoir de 300m³ à court terme. Le deuxième de 500 m³ à moyen terme. ➢ 2ème variante : réaliser un réservoir de 1000 m³ à court terme qui couvre le déficit de l'agglomération de Fezara à long terme et permettra également de renforcer la desserte en eau potable des zones voisines.

V.2.4. Le réseau de distribution

L'agglomération de Fezara est desservie par deux réseaux d'AEP réalisés à partir de 1989 : un réseau maillé pour un regroupement d'habitats Fezara 1 (Secteur 1) et un réseau ramifié pour une zone éparse Fezara 2 (Secteur 1). Constitués principalement de conduites en PVC, complétées par des extensions en PEHD et quelques tronçons en acier galvanisé, ces réseaux ont fait l'objet de branchements réalisés sans études préalables lors de l'extension de l'agglomération, ce qui affecte leur fonctionnement et leur fiabilité.

Le diagnostic des réseaux comprend deux étapes :

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

V.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 de l'agglomération de Fezara (Tableau V.4).

Tableau V.4. Anomalies et solutions proposées

Réseau Maillé - Secteur 1 (Fezara 1)	
Problèmes et anomalies	**Solutions et aménagement proposés**
- Fuites en certains tronçons du réseau, notamment au niveau des regards de vannes, ainsi l'existence de certains branchements illicites.	- Réparation des fuites en certains tronçons du réseau, et contrôle des branchements illicites.
Réseau Ramifie - Secteurs 2 (Fezara 2)	
-Fuites, elles sont plus ou moins importantes (Fig .IV.8). - Regards de vannes de sectionnement en état dégradé (Fig .IV.9 et (Fig .IV.10). - Insuffisance de la quantité d'eau distribuée au niveau de quelques habitations se trouvant dans la partie Nord-est du secteur 2 (Selon les enquêtes de proximités menées auprès des citoyens), cela revient toujours aux branchements illicites, fuites et absence d'étude.	-Réparation des fuites en certains tronçons du réseau, et contrôle des branchements illicites. -Entretien et réfectionnement des regards de vannes de sectionnement, dans le but de remédier au nombre de fuites importantes et d'éliminer les risques d'épidémies liées au MTH. - Elimination des branchements illicites, réparation des fuites, réalisation d'une étude hydraulique du réseau détaillée basant sur le 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. Le renforcement ou le remplacement des conduites sous-dimensionnées et la mise en place d'un programme de gestion et de maintenance du réseau.

V.2.4.2. Etape 02 : Vérification de l'équilibre des réseaux par modèle Epanet

✓ **Analyse des résultats de vérification de l'équilibre des réseaux actuel**

L'analyse des résultats de vérification de l'équilibre hydraulique montre que les réseaux de distribution de l'agglomération de Fezara (Tableaux IV.16, IV.17 et Annexe N° 02), présentent un déséquilibre significatif en termes de vitesses d'écoulement et de pressions.

Les valeurs enregistrées s'écartent des normes recommandées, comme le montre l'analyse détaillée de chaque secteur du réseau ci-dessous :

Secteur N°01

- ✓ Le comportement actuel du réseau de secteur 1 après simulation montre que 48% des pressions au sol dépassent la pression de service recommandée 6 bars et elles varient de 6.2 bars à 7.3 bars.
- ✓ La majorité (79%) des valeurs des vitesses sont dans la norme de vitesse de service (0.5 à 1.5m/s), varient de 0.5 à 1.19. Cependant 21% des valeurs des vitesses sont inférieures à la norme 0.5m/s et varient de 0.25 m/s à 0.44 m/s.

Secteur N°02

- ✓ Le comportement actuel du réseau de secteur 2 après simulation montre que la totalité des pressions au sol dépassent la pression de service recommandée 6 bars et elles varient de 6 bars à 9.3 bars.
- ✓ Un important déséquilibre est enregistré au niveau des vitesses qui sont très faibles dans la majorité des tronçons. Les vitesses varient entre 0.04 m/s et 0.44 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 de certaines conduites par rapport aux débits réellement transités, à la faible densité de consommation, ainsi qu'aux extensions réalisées sans étude hydraulique préalable.

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

Afin d'assurer un bon fonctionnement du réseau de distribution à long terme, un rééquilibrage hydraulique est préconisé en la mise en place de réseaux de distribution couvrant l'ensemble du périmètre d'étude, y compris les zones d'extension futures, de manière à garantir une desserte homogène et adaptée aux besoins actuels et projetés. L'aménagement du réseau 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 l'agglomération de Fezara, 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.

V.2.4.3.1- Principe du système de « Zoning » en AEP :

Le zoning consiste à diviser une agglomération en plusieurs secteurs hydrauliques indépendants appelés zones de distribution ou districts hydrauliques. Chaque zone est alimentée de manière autonome à partir d'un réservoir, d'une station de pompage ou d'une conduite principale.

L'objectif est de mieux gérer le réseau d'alimentation en eau potable (AEP), de réduire les perturbations et d'adapter les investissements aux besoins futurs.

- **Etapes d'élaboration d'un système de zoning :**

- ✓ **Etape 01 ; Analyse du réseau éxistant :** Cette étape consiste à étudier le réseau actuel, en analysant les pressions, les débits et les vitesses d'écoulement, afin d'identifier les principaux dysfonctionnements. Elle prend également en compte les contraintes liées à la topographie et à l'urbanisation de l'agglomération.
- ✓ **Etape 02 ; Découpage de l'agglomération en zones homogènes :** Cette étape a pour objectif de subdiviser l'agglomération en secteurs homogènes en fonction du relief, de la répartition de la population, des limites naturelles ou urbaines et des capacités des ouvrages existants.
- ✓ **Etape 03 ; Estimation des besoins en eau de chaque zone :** Cette étape vise à évaluer les besoins actuels et futurs en eau de chaque secteur à partir de l'estimation de la population à desservir, du calcul de la consommation journalière et de la détermination du débit de pointe.
- ✓ **Etape 04 ; Estimation des besoins en eau de chaque zone :** Cette étape permet de déterminer, pour chaque secteur, les ouvrages assurant son alimentation (réservoirs, stations de pompage et conduites d'adduction et de distribution).
- ✓ **Etape 05 ; Définition des limites hydrauliques:** Cette consiste à délimiter et isoler chaque zone par l'installation de vannes de sectionnement, de compteurs de sectorisation et d'organes de régulation de pression.

- ✓ **Etape 06 ; Modélisation hydraulique:** Cette étape vise à simuler le fonctionnement du réseau à l'aide d'un logiciel de modélisation (EPANET, Water CAD, etc.) afin de vérifier les pressions, les vitesses d'écoulement, les pertes de charge et le comportement du réseau.
- ✓ **Etape 06 ; Validation et optimisation:** Cette étape vise à vérifier et améliorer le fonctionnement du réseau en ajustant les diamètres des conduites, en contrôlant les capacités de stockage, les vitesses et les pressions, ainsi qu'en tenant compte des besoins futurs.

V.2.4.3.2-Avantages et inconvénients du système de zoning:

Avantages :

- ✓ Assure une indépendance spatiale et temporelle de l'alimentation en eau potable en permettant à chaque secteur de fonctionner de manière autonome en cas de défaillance d'un ouvrage ou d'une conduite.
- ✓ Facilite l'exploitation et la gestion du réseau grâce à un meilleur contrôle des débits, des pressions et des interventions de maintenance.
- ✓ Permet une répartition plus équitable des ressources en eau entre les différents secteurs desservis.
- ✓ Réduit les pertes d'eau et améliore les performances hydrauliques du réseau par une meilleure maîtrise des pressions et une détection plus rapide des fuites.

Inconvénients :

- ✓ Les travaux de réalisation peuvent engendrer des perturbations temporaires de la circulation et des nuisances pour les riverains.
- ✓ Nécessite des investissements relativement importants liés à la création de nouveaux ouvrages et à la réhabilitation des infrastructures existantes.
- ✓ Rend l'exploitation du réseau plus complexe en raison de la nécessité d'un suivi technique rigoureux et d'une gestion coordonnée des différents secteurs.

V.2.4.3.3- Choix de la variante d'aménagement pour l'agglomération de Fezara

Sur la base des caractéristiques topographiques et urbanistiques de l'agglomération de Fezara citées précédemment, le nouveau aménagement du réseau de distribution prévoit le maintien du découpage en deux secteurs correspondant aux deux zones existantes (La zone de regroupent d'habitations et la zone éparse). Chaque secteur dispose de son propre réseau de distribution, comme l'illustre la planche N° 03 (Annexe N° 03). Ces deux zones sont alimentées comme suit :

Zone n°01 :

Cette zone comprend le secteur 01 de Fezara, est alimenté de la conduite principale de diamètre 250 mm en PEHD. Cette conduite est reliée aux réservoirs jumelés de capacité 300 m^3 par l'intermédiaire du regard de vanne et munie d'une vanne de sectionnement de même diamètre.

Zone n°02 :

Cette zone est représenté par le secteur 02 de l'agglomération de Fezara, raccordée à la conduite principale en PEHD (amenée), de diamètre 200mm, reliée au réservoir 500 m^3 par l'intermédiaire du regard de vanne et munie d'une vanne de sectionnement.

Les résultats de calculs des débits en routes et nodaux dans les réseaux des deux zones à long terme, sont enregistrés dans les tableaux .V.5 et V.6 :

Tableau. V.5. Résultats pour secteur1 (**Zone 01**) en état **Futur 2046**

Nœud	Longueur Totale	Qsp (l/s)	Débit nodale (l/s)
1	235	0.005500053	0.646
2	188		0.517
3	292		0.803
4	74		0.204
5	185		0.509
6	351		0.989
7	339		0.970
8	257		0.707
9	241		0.663
10	240		1.499
11	628		1.727
12	195		0.703
13	158		0.435
17	359		2.535
18	608		1.672

19	304		1.010
20	344		0.946
21	277		0.768
22	460		1.265
23	318		0.875
24	106		0.465
27	751		2.065
28	336		1.090
29	189		0.690
67	420		1.155
68	318		0.875
69	364		1.001
70	341		0.938

Tableau. V.6. Résultats pour secteur2 (**Zone 02**) en état **Futur 2046**

Nœud	**Longueur Totale**	**Qsp (l/s)**	**Débit nodale (l/s)**
30	321	0.003513284	0.549679922
31	355.5		0.629748961
32	692		1.295282479
33	423		0.659753696
34	169		0.264185283
35	591.5		1.089380831
36	335		0.522627632
37	257		0.442065447
38	661		1.279651429
39	516		1.390759764
41	401		0.718074218
42	136		0.71937875
43	129		0.200946163
44	326		0.583422856
49	393		0.705372409
50	217		0.339072227
51	268.5		1.537681169
52	223.5		0.694348584
55	733		1.379440547
57	903		2.058304939
58	520		0.812108563
59	435		1.397717157
60	278		0.608122997
66	477		0.863126509

La simulation des données du réseau calculées pour l'horizon 2046 par Epanet, permet d'obtenir les résultats illustrant les paramètres hydrauliques du réseau à projeter (débits, longueur, diamètre, vitesses, pertes de charge, Pressions …), tableaux V.7, V.8 et le plan de réseau futur (Annexe N° 03) :

Tableau V.7: Les résultats de simulation du réseau futur 2046 (vitesse et Pertes de charge).

Secteur 01- Réseau maillé

N° Tronçon	Longueur (m)	Noeud de depart	Noeud d'arrivée	⌀ (mm)	DN (mm)	V (m/s)	j (m/km)
L1	25	R	1	220.4	250	0,73	2.03
L2	87	1	2	176.2	200	0,95	4.34
L3	148	1	3	96.8	110	0,53	3.12
L4	46	3	4	63.8	75	0,69	8.42
L5	28	4	5	63.8	75	0,63	7.08
L6	98	3	8	53.6	63	0,39	3.78
L7	157	5	6	53.6	63	0,66	9.71
L8	26	2	9	141	160	0,93	5.43
L9	35	9	8	110.2	125	1,04	8.96
L10	74	8	7	141	160	0,64	2.81
L11	81	7	6	53.6	63	0,96	18.9
L12	75	2	10	110,2	125	0,86	6.34
L13	165	10	11	96.8	110	0,91	8.23
L14	61	20	11	42.6	50	0,60	10.67
L15	180	9	12	79.2	90	0,80	8.37
L16	15	12	13	63.8	75	1,01	16.69
L17	65	13	20	42.6	50	0,70	14.12
L18	78	13	19	53.6	63	0,80	13.55
L19	40	17	19	53.6	63	0,90	16.91
15	184	7	17	96.8	110	0,94	8.78
L24	113	6	18	63.8	75	0,84	11.9
L25	135	17	18	63.8	75	0,73	9.34
L26	292	18	27	42.6	50	0,66	12.62
14	96	27	23	42.6	50	0,82	18.95
L30	186	19	23	63.8	75	0,89	13.17
L31	218	20	21	42.6	50	0,63	11.78
L32	275	11	22	63.8	75	0,77	10.21
L33	35	21	22	42.6	50	0,63	11.74
L34	24	24	21	42.6	50	0,72	14.94
L35	36	23	24	42.6	50	0,55	9.36
L36	193	27	28	42.6	50	0,30	3.21
L37	143	28	29	42.6	50	0,46	6.84
L38	46	24	29	42.6	50	0,95	24.41
7	150	22	69	42.6	50	0,21	1.73
8	214	70	69	42.6	50	0,49	7.57
9	127	11	70	53.6	63	0,73	11.39
10	170	27	67	42.6	50	0,27	2.68
11	250	68	67	53.6	63	0,68	10.23
12	68	18	68	63.8	75	0,76	9.88

Secteur 02- Réseau ramifie

N° Tronçon	Longueur (m)	Noeud de depart	Noeud d'arrivée	⌀ (mm)	DN (mm)	V (m/s)	j (m/km)
L39	181	R	30	176.2	200	0.85	3.54
L40	140	30	31	176.2	200	0.83	3.37
L41	100	31	32	53.6	63	0.98	19.64
L42	423	32	33	42.6	50	0.46	6.82
L43	169	32	34	42.6	50	0.29	4.02
L44	115.5	31	35	176.2	200	0.71	2.56
L45	335	35	36	42.6	50	0.58	13.32
L46	141	35	37	141	160	1.01	6.31
L47	86	37	38	110.2	125	0.86	6.33
L48	30	37	59	96.8	110	0.97	9.24
L49	380	38	39	63.8	75	0.97	15.52
L51	136	39	41	53.6	63	0.73	11.39
L52	136	41	42	42.6	50	0.50	7.94
L53	129	41	43	42.6	50	0.22	2.51
L54	195	38	44	79.2	90	0.78	8.07
L59	131	44	49	79.2	90	0.66	6.01
L60	217	49	50	42.6	50	0.37	6.22
L61	45	49	51	53.6	63	0.99	19.85
L62	223.5	51	52	42.6	50	0.49	7.46
L67	256	57	55	53.6	63	0.99	20.01
L68	520	57	58	42.6	50	0.57	9.85
L69	127	59	57	96.8	110	0.69	5.08
L70	278	59	60	42.6	50	0.43	5.91
6	477	55	66	42.6	50	0.61	10.97

Remarque :

Le tableau V.7, précédent des valeurs des vitesses, des pertes de charges et des diamètres du réseau futur 2046 ; montre que :

- ✓ Pour le secteur 1 (Réseau maillé) ; les vitesses sont acceptables et varient de 0.21 à 0.5 pour les tronçons (L6, L36, L37, 7, 8, 10) [1, 2,3]. Cependant 84,62 % des tronçons ont des valeurs de vitesse varient de (0.5 à 1.5 m/s).
- ✓ Pour le secteur 2 (Réseau ramifie), la majorité des vitesses (83.33%) varient de (0.5 à 1.5 m/s). Cependant les tronçons (L43, L53, L60, L70) ont des valeurs des vitesses varient 0.22 à 0.5 considérées acceptables [1, 2,3].

Tableau V.8: Caractéristique des nœuds du réseau futur 2046 (élévation, demande, charge hydraulique et pression).

Secteur 01- Réseau maillé

N° Noeud	Altitude (m)	Demande (l /s)	Charge hydraulique (m)	Pressions (mCE)
1	211.10	0.646	233.9	22.8
2	192.92	0.517	233.53	40.61
3	186.19	0.803	233.44	47.25
4	178.47	0.204	233.06	54.59
5	174.01	0.509	232.86	58.85
6	171.97	0.989	231.33	59.36
7	176.70	0.970	232.86	56.16
8	185.79	0.707	233.07	47.28
9	190.65	0.663	233.39	42.74
10	194.15	1.499	232.72	38.57
11	190.19	1.727	231.36	41.17
12	187.54	0.703	231.88	44.34
13	186.68	0.435	231.63	44.95
17	177.14	2.535	231.25	54.11
18	171.30	1.672	229.99	58.69
19	179.15	1.010	230.57	51.42
20	186.72	0.946	230.71	43.99
21	182.02	0.768	228.14	46.12
22	183.35	1.265	228.55	45.2
23	180.49	0.875	228.12	47.63
24	181.05	0.465	227.78	46.73
27	175.50	2.065	226.3	50.8
28	174.59	1.090	225.68	51.09
29	174.90	0.690	226.66	51.76
67	174	1.155	226.76	52.76
68	170	0.875	229.32	59.32
69	182	1.001	228.29	46.29
70	189	0.938	229.92	40.92

Secteur 02- Réseau ramifie

N° Noeud	Altitude (m)	Demande (l /s)	Charge hydraulique (m)	Pressions (mCE)
30	198.77	0.550	233.36	34.59
31	193.77	0.630	232.89	39.12
32	186.95	1.295	230.92	43.93
33	205.39	0.660	228.04	22.65
34	186.18	0.264	230.24	44.06
35	188.23	1.089	232.59	44.36

36	177.96	0.523	228.13	50.17
37	187.94	0.442	231.70	43.76
38	183.16	1.280	231.16	48
39	192.99	1.391	225.26	32.27
41	191.40	0.718	223.71	32.31
42	183.50	0.719	222.63	39.43
43	177.93	0.201	223.39	45.46
44	196.48	0.583	229.58	33.1
49	198.84	0.705	228.80	29.96
50	188.96	0.339	227.45	38.49
51	195.37	1.538	227.90	32.53
52	173.40	0.694	226.24	52.84
55	171.35	1.379	225.66	54.31
57	176.84	2.058	230.78	53.94
58	170.44	0.812	225.66	55.22
59	186.76	1.398	231.42	44.66
60	176.21	0.608	229.78	53.57
66	170	0.863	220.42	50.42

Remarque :

Le tableau précédent (Tableau V.8), des valeurs des pressions, des pertes de charges et des diamètres du réseau existant ; montre que :

- ✓ La majorité des pressions enregistrées aux nœuds dans les deux secteurs (Réseau maillé et réseau ramifie) ; varient de 3 à 6 bars, situées dans la plage de pression de service recommandée dans le réseau de distribution d'eau potable.

V.2.4.3.4. Détermination des linéaires à maintenir, à renouveler et projeter

L'analyse des résultats du diagnostic du réseau de distribution d'eau potable de l'agglomération de Fezara a permis d'identifier l'état de fonctionnement et de différentes conduites existantes. Sur la base de cette évaluation, il a été possible de définir les linéaires de réseau à maintenir, à renouveler ou à projeter dans le cadre du futur aménagement (Tableau .V.9). Cette démarche vise à améliorer les performances hydrauliques du système, à réduire les pertes d'eau, à garantir une meilleure qualité de service aux usagers et à assurer une desserte adaptée aux besoins actuels et futurs de l'agglomération.

Tableau V.9: Les tronçons à maintenir, à renouveler et projeter

Secteur 01- Réseau maillé

N° Tronçon Existant en 2026	*Φ (mm)*	*Long (m)*	*Type de matériau*	*Etat*	*Maintenu A long terme*	*Renouveler*		
						Φ (mm)	*Type de matériau*	*Long (m)*
L1	176.2	25	P.V.C	SD	-	220.4	P.E.H.D	25
L2	141	87	P.V.C	SD	-	176.2	P.E.H.D	87
L3	79.2	148	P.V.C	SD	-	96.8	P.E.H.D	148
L4	53.6	46	P.V.C	SD	-	63.8	P.E.H.D	46
L5	53.6	28	P.V.C	SD	-	63.8	P.E.H.D	28
L6	42.6	98	P.V.C	SD	-	53.6	P.E.H.D	98
L7	53.6	157	P.V.C	Bonne	Oui	-	-	-
L8	110.2	26	P.V.C	SD	-	141	P.E.H.D	26
L9	79.2	35	P.V.C	SD	-	110.2	P.E.H.D	35
L10	96.8	74	P.V.C	SD	-	141	P.E.H.D	74
L11	42.6	81	P.V.C	SD	-	53.6	P.E.H.D	81
L12	79.2	75	P.V.C	SD	-	110,2	P.E.H.D	75
L13	63.8	165	P.V.C	SD	-	96.8	P.E.H.D	165
L14	42.6	61	P.V.C	Bonne	Oui	-	-	-
L15	53.6	180	P.V.C	SD	-	79.2	P.E.H.D	180
L16	53.6	15	P.V.C	SD	-	63.8	P.E.H.D	15
L17	42.6	65	P.V.C	Bonne	Oui	-	-	-
L18	42.6	78	P.V.C	SD	-	53.6	P.E.H.D	78
L19	53.6	40	P.V.C	Bonne	Oui	-	-	-
L20	79.2	50	P.V.C	SD/ME	--	Renouvelés et remplacés par la conduite 15, Φ 96.8 mm, 184 m en PEHD		
L21	79.2	37	P.V.C	SD/ME				
L22	79.2	62	P.V.C	SD/ME				
L23	79.2	35	P.V.C	SD/ME				
L24	42.6	113	P.V.C	SD	-	63.8	P.E.H.D	113
L25	42.6	135	P.V.C	SD	-	63.8	P.E.H.D	135
L26	42.6	292	P.V.C	Bonne	Oui	-	-	-
L27	42.6	34	P.V.C	ME	--	Renouvelés et remplacés par la conduite 14, Φ 42.6 mm, 96 m en PEHD		
L28	42.6	36	P.V.C	ME				
L29	42.6	26	P.V.C	ME				
L30	53.6	186	P.V.C	SD		63.8	P.E.H.D	186
L31	42.6	218	P.V.C	Bonne	Oui	-	-	-
L32	42.6	275	P.V.C	SD	-	63.8	P.E.H.D	275
L33	42.6	35	P.V.C	Bonne	Oui	-	-	-
L34	42.6	24	P.V.C	Bonne	Oui	-	-	-
L35	42.6	36	P.V.C	Bonne	Oui	-	-	-
L36	42.6	193	P.V.C	Bonne	Oui	-	-	-
L37	42.6	143	P.V.C	Bonne	Oui	-	-	-
L38	42.6	46	P.V.C	Bonne	Oui	-	-	-
Secteur 2 (Réseau Ramifié)								
N° Tronçon Existant en 2026	*Φ (mm)*	*Long (m)*	*Type de matériau*	*Etat*	*Maintenu*	*Renouveler*		
						Φ (mm)	*Type de matériau*	*Long (m)*
L39	141	181	P.V.C	SD	-	176.2	P.E.H.D	181
L40	141	140	P.V.C	SD	-	176.2	P.E.H.D	140

L41	42.6	100	P.V.C	SD	-	53.6	P.E.H.D	100
L42	42.6	423	P.V.C	Bonne	Oui	-	-	-
L43	42.6	169	P.V.C	Bonne	Oui	-	-	-
L44	141	115.5	P.V.C	SD	--	176.2	P.E.H.D	115.5
L45	42.6	335	P.V.C	Bonne	Oui	-	-	-
L46	110.2	141	P.V.C	SD	--	141	P.E.H.D	141
L47	96.8	86	P.V.C	SD	--	110.2	P.E.H.D	86
L48	79.2	30	P.V.C	SD	--	96.8	P.E.H.D	30
L49	53.6	380	P.V.C	SD	--	63.8	P.E.H.D	380
L50	42.6	156	P.V.C	--	--	CE		
L51	42.6	136	P.V.C	SD	--	53.6	P.E.H.D	136
L52	42.6	136	P.V.C	Bonne	Oui	--	--	--
L53	42.6	129	P.V.C	Bonne	Oui	--	--	--
L54	63.8	195	P.V.C	SD	--	79.2	P.E.H.D	195
L55	42.6	51	P.V.C	--	--	CE		
L56	42.6	18.5	P.V.C	--	--	CE		
L57	42.6	80	P.V.C	--	--	CE		
L58	42.6	59	P.V.C	--	--	CE		
L59	53.6	131	P.V.C	SD	--	79.2	P.E.H.D	131
L60	42.6	217	P.V.C	Bonne	Oui	--	--	--
L61	42.6	45	P.V.C	SD	--	53.6	P.E.H.D	45
L62	42.6	223.5	P.V.C	Bonne	Oui	--	--	--
L63	42.6	270	P.V.C	Bonne	Oui	CE		
L64	42.6	187	P.V.C	--	--	CE		
L65	42.6	44	P.V.C	Bonne	Oui	--	--	--
L66	42.6	46	P.V.C	--	--	CE		
L67	42.6	256	P.V.C	SD	--	53.8	P.E.H.D	256
L68	42.6	520	P.V.C	Bonne	Oui	--	--	--
L69	63.8	127	P.V.C	SD	--	96.8	P.E.H.D	127
L70	42.6	278	P.V.C	Bonne	Oui	--	--	--

- **Bonne** : conduite en bonne état**, - SD :** conduite sous-dimensionnée**, - ME :** Conduite en mauvaise état (Vétuste) et présente des fuites, **CE** : Conduite à enlever pour optimiser le fonctionnement hydraulique du réseau, en réduisant les déséquilibres de pression, de débit et des vitesses d'écoulement insuffisantes.

Tronçons Projetés

Secteur 1 (Réseau maillée)			
N° Tronçon	Φ (mm)	Long (m)	Type de matériau
7	42.6	150	P.E.H.D
8	42.6	214	P.E.H.D
9	53.6	127	P.E.H.D
10	42.6	170	P.E.H.D
11	53.6	250	P.E.H.D
12	63.8	68	P.E.H.D
Secteur 2 (Réseau Ramifié)			
N° Tronçon	Φ (mm)	Long (m)	Type de matériau
6	42.6	477	P.E.H.D

L'analyse des résultats de diagnostic des réseaux de l'agglomération de Fezara, nous permit d'avancer les taux à maintenir, à renouveler et projeter du linéaire total des réseaux ; existants (Actuels) et futurs (Fig. V.3).

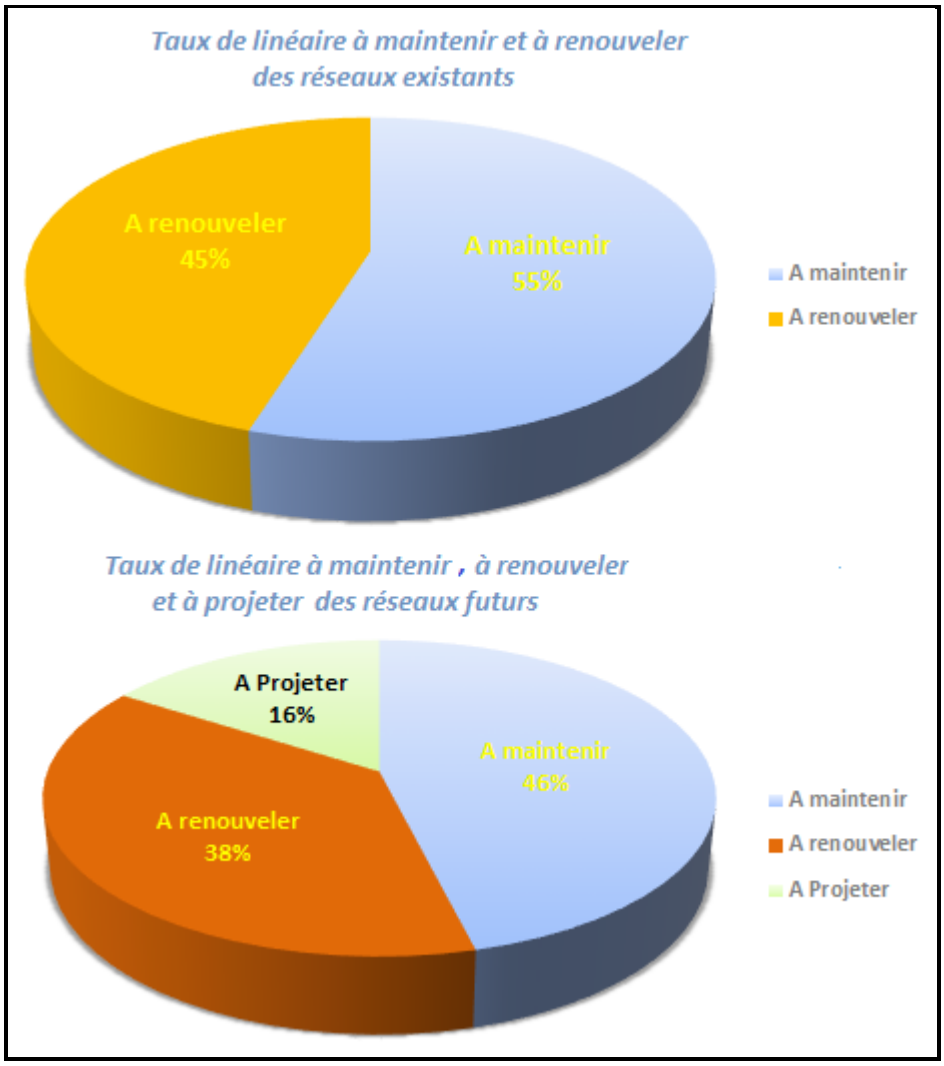


Fig. V.3. Taux de linéaire à maintenir et à renouveler et à projeter

- 46 % à maintenir du linéaire total des réseaux futurs (2046).
- 38 % à renouveler du linéaire total des réseaux futurs (2046).
- 16 % à projeter du linéaire total des réseaux futurs (2046).

Un plan directeur des réseaux de distribution d'eau potable de l'agglomération de Fezara à long terme (2046) est adressé en prenant compte de réhabilitation, renouvellement et projection des nouvelles conduites dans les parties d'extensions ; Planche N°04 (Annexe N° 04),

V.2.5 Conclusion :

L'analyse des résultats du diagnostic du réseau d'alimentation en eau potable actuel (2026) a permis de définir les interventions à entreprendre sur le patrimoine existant. Ainsi, environ 45% du linéaire total des conduites des réseaux existants est jugé conforme aux exigences techniques et peut être maintenu. En revanche, 55 % des réseaux existants nécessite des opérations de renouvellement en raison de défaillances structurelles et hydrauliques constatées lors du diagnostic. Enfin, 16 % du linéaire correspond à des extensions et renforcements projetés afin de répondre aux besoins futurs de développement de l'agglomération et d'améliorer les conditions d'exploitation du réseau.

À l'issue de cette étude, un plan directeur du réseau de distribution d'eau potable de l'agglomération de Fezara à l'horizon 2046 a été élaboré. Ce plan constitue un outil de référence pour la gestion, la planification et le développement futurs du réseau. Il définit les aménagements à entreprendre et sert à la programmation des opérations de renouvellement, de renforcement et d'extension nécessaires afin de satisfaire durablement aux besoins de la population et d'assurer un fonctionnement optimal du système d'alimentation en eau potable.

Conclusion générale et recommandations

Conclusion générale et recommandations

La présente étude, consacrée au diagnostic du système d'alimentation en eau potable de l'agglomération de Fezara, située dans la commune du Lac des Oiseaux (Wilaya d'El Tarf), a été réalisée selon une démarche de diagnostic et de réhabilitation des réseaux d'AEP adaptée au contexte national Algérien. Les investigations menées, associées à l'analyse des données d'inventaire et aux simulations hydrauliques, ont permis d'évaluer l'état et les performances du système existant ainsi que son aptitude à répondre aux besoins actuels et futurs de la population. Les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence les principales observations suivantes :

- Les ressources en eau actuellement mobilisées sont insuffisantes pour satisfaire les besoins futurs de l'agglomération. Le déficit est estimé à 9,90 l/s en 2026 et pourrait atteindre 30,46 l/s à l'horizon 2046.
- Les ouvrages d'adduction et les stations de pompage sont globalement en bon état de fonctionnement. Toutefois, la station de pompage du Lac des Oiseaux ne dispose pas de pompe de secours, ce qui constitue un risque pour la continuité du service.
- Le réservoir de 500 m³ présente plusieurs dégradations structurelles et fonctionnelles, notamment des fissures, une détérioration de la chambre des vannes, des conduites dégradées et une clôture insuffisante.
- La capacité de stockage actuelle de 800 m³ est suffisante à court terme, mais deviendra insuffisante à moyen et à long termes en raison de l'augmentation de la population et des besoins en eau potable.
- Le réseau de distribution présente plusieurs anomalies, notamment des fuites, des branchements illicites, des regards de vannes dégradés ainsi que des insuffisances hydrauliques dans certains secteurs.
- Les simulations hydrauliques du réseau existant ont révélé des pressions excessives dans plusieurs zones ainsi qu'un déséquilibre des vitesses d'écoulement, particulièrement dans le secteur 2.
- L'analyse du réseau a permis d'identifier les tronçons à maintenir, à renouveler et à projeter afin d'assurer un fonctionnement hydraulique satisfaisant à l'horizon 2046.

Travaux recommandés :

- ✓ Afin d'améliorer les performances du système d'AEP et de répondre aux besoins futurs de l'agglomération, il est recommandé de :
  - ✓ Renforcer les ressources en eau par l'augmentation du quota provenant des sources de Bouglez et Bourdim ou par la réalisation de nouveaux forages.
  - ✓ Installer une pompe de secours au niveau de la station de pompage du Lac des Oiseaux afin d'assurer la sécurité et la continuité de l'alimentation.
  - ✓ Réhabiliter le réservoir de 500 m³ par le traitement des fissures, la réfection de la chambre des vannes, le remplacement des conduites dégradées et la réhabilitation de la clôture de protection.
  - ✓ Renforcer la capacité de stockage par la réalisation de nouveaux réservoirs conformément aux besoins projetés à moyen et à long termes.
  - ✓ Réparer les fuites, supprimer les branchements illicites et réhabiliter les regards de vannes dégradés.
  - ✓ Mettre en œuvre le schéma d'aménagement retenu, prévoyant le maintien de 55 % et le renouvellement de 45 % du linéaire du réseau existant, ainsi que la réalisation de nouveaux tronçons représentant 16 % du linéaire total du réseau projeté, afin d'assurer la desserte des zones d'extension.
  - ✓ Assurer un programme permanent d'exploitation, d'entretien et de maintenance des ouvrages et équipements afin de garantir la pérennité et la fiabilité du système.

En conclusion, les aménagements proposés permettront d'améliorer les conditions d'alimentation en eau potable de l'agglomération de Fezara, de réduire les dysfonctionnements observés et d'assurer une desserte durable répondant aux besoins actuels et futurs de la population à l'horizon 2046.

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-Elévation 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).

[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 et 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. Prédictive model for pipe failures and their implications on maintenance planning stratégies for deteriorating water distribution systems. Phd Thesis, Department of civil engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge MA, USA. pp 78-118.

[13] BREMOND, 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. Vieillissement 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 &* CHIAVRI, 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-Etienneet, 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 deLyon. Thèse de Doctorat N° 99 ISAL 2242 de l'INSA de Lyon, URGC / HydrologieUrbaine, pp 38-76.

[25] Documents de **D.P.A.T** : Direction de planification et aménagement du territoire de la Wilaya d'el Taref.

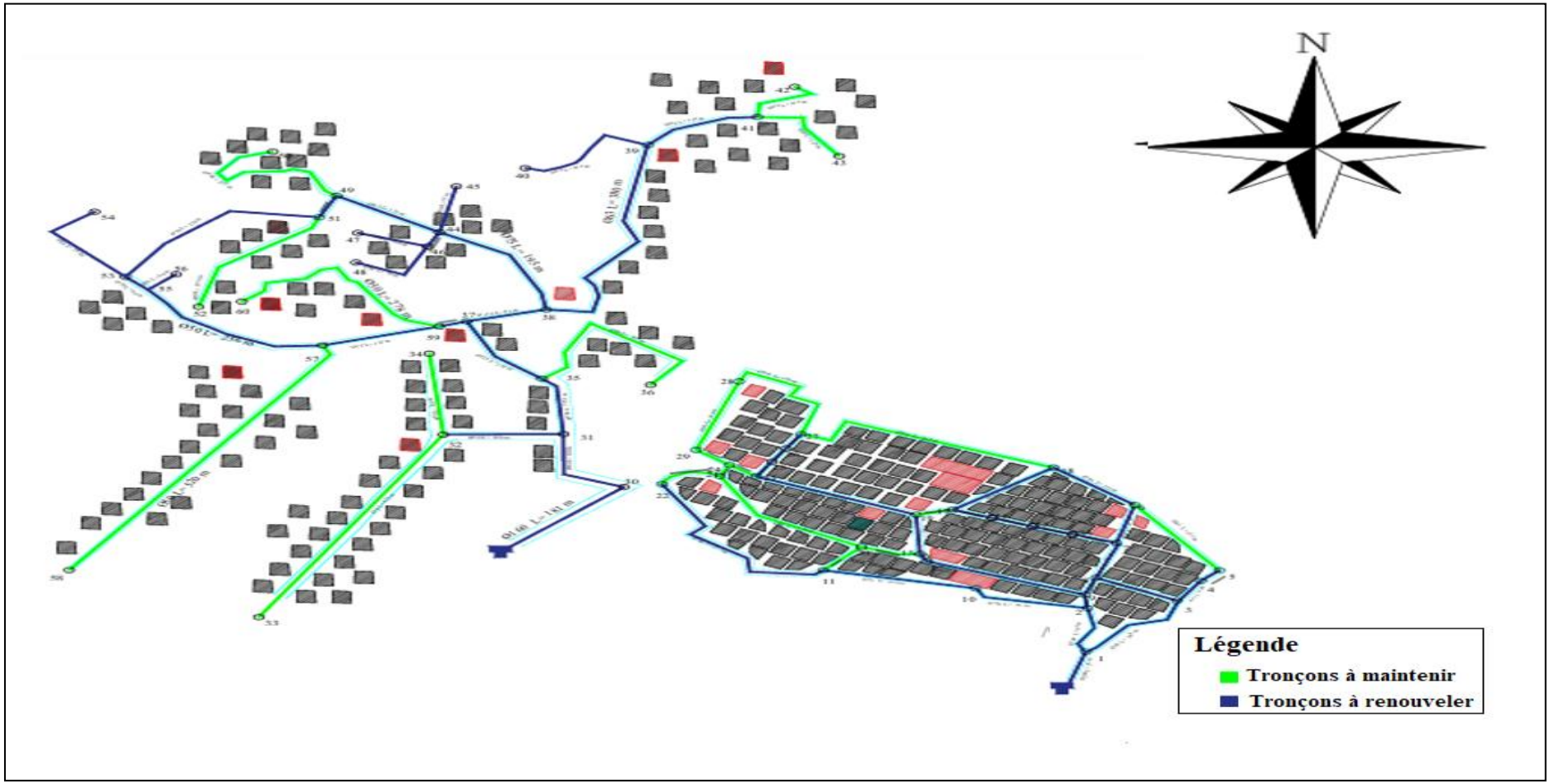
[26] Documents de **DRE** d'el Taref.

[27] Documents de l' **APC** de lac des oiseaux.

Annexes

Annexe N° 01

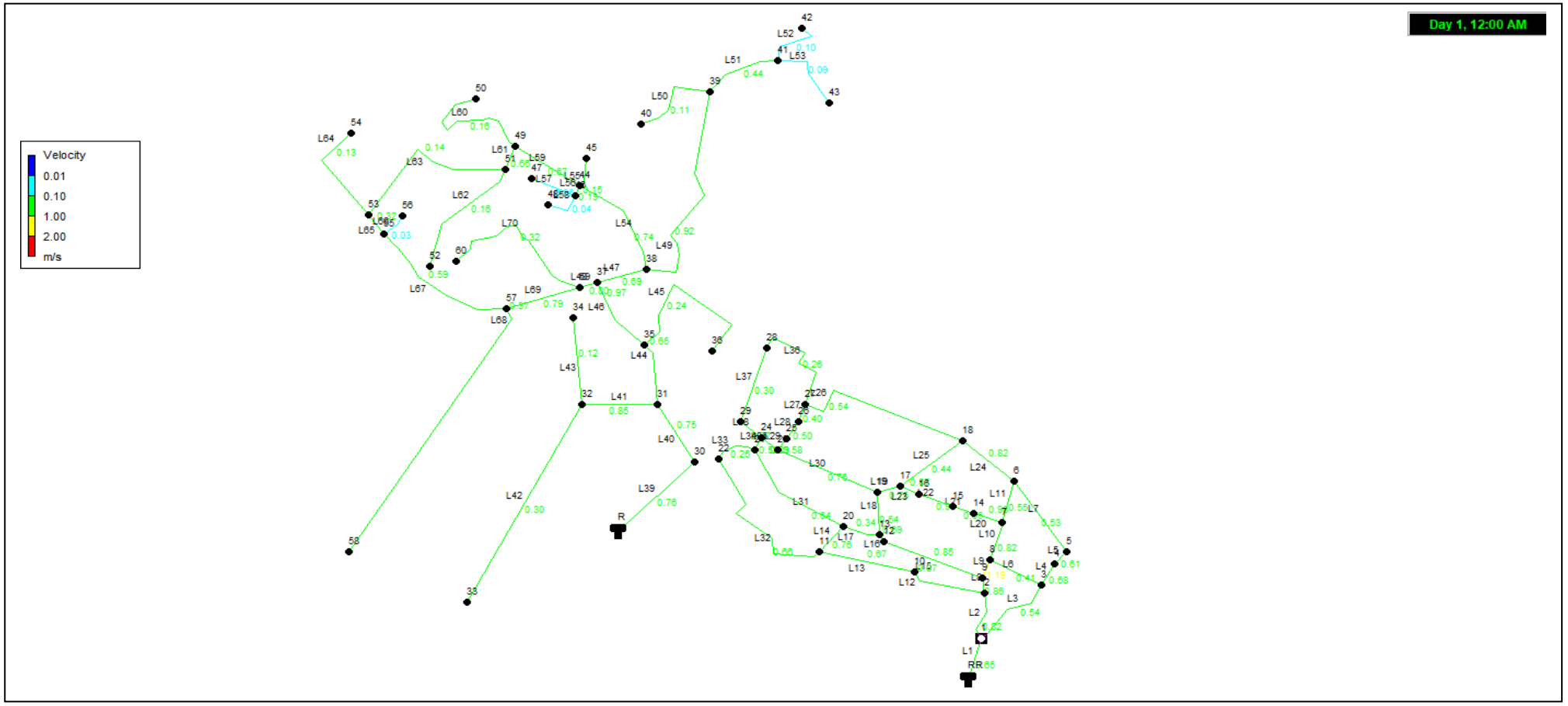
Plan de masse avec réseau existant 2026



Annexe N° 02

Plan du réseau existant 2026

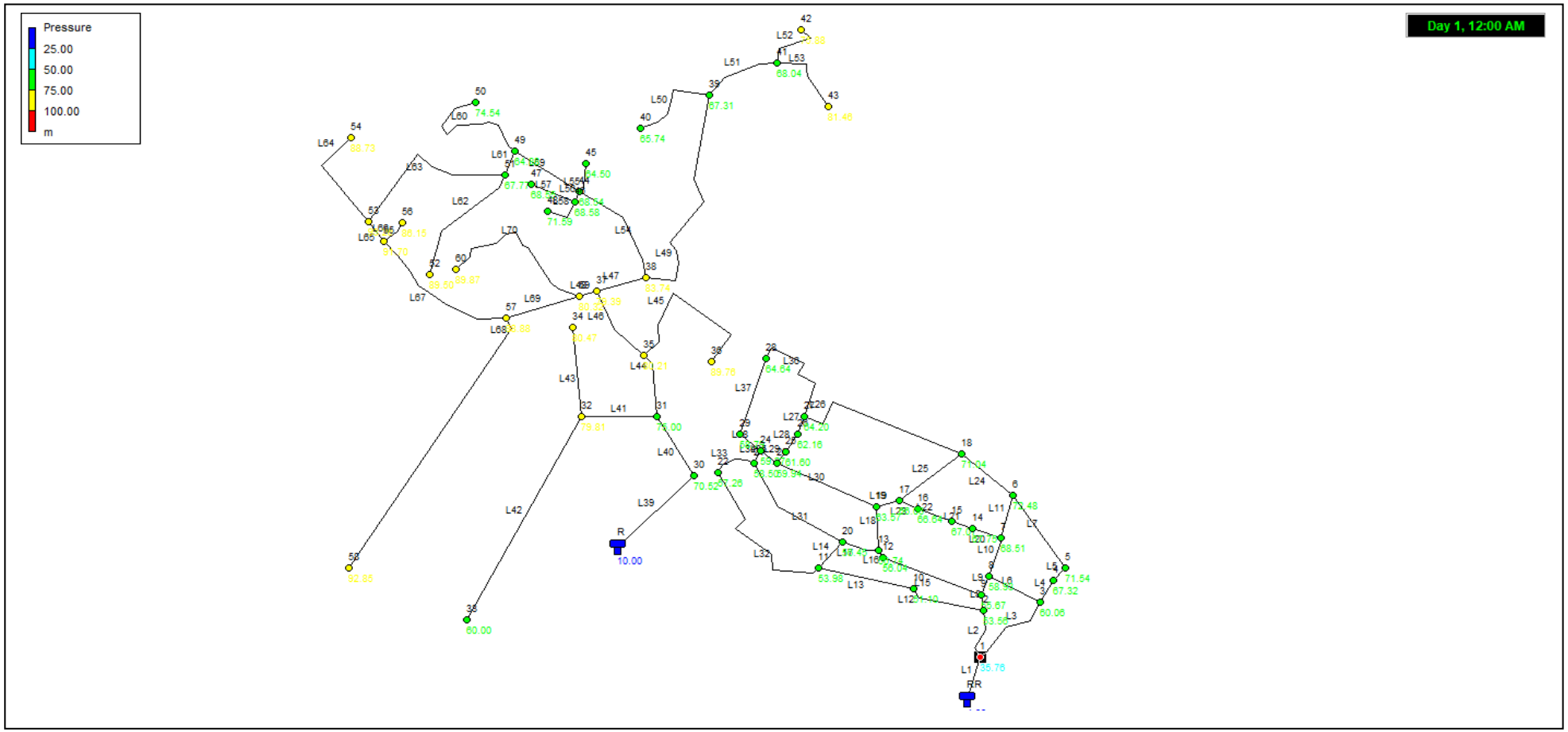
(Etat des Vitesses)



Annexe N° 02

Plan du réseau existant 2026

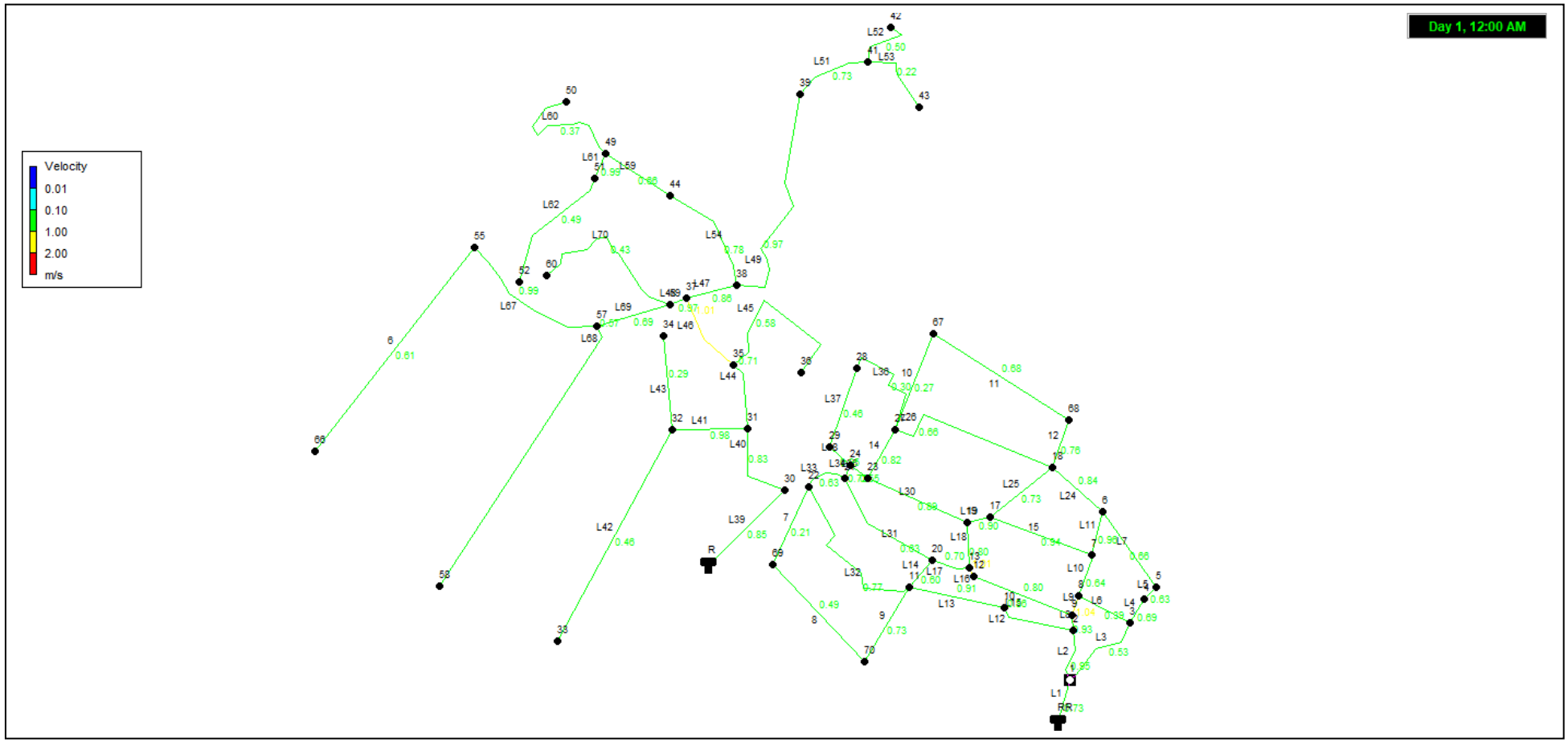
(Etat des Pressions)



Annexe N° 03

Plan du réseau à projeter 2046

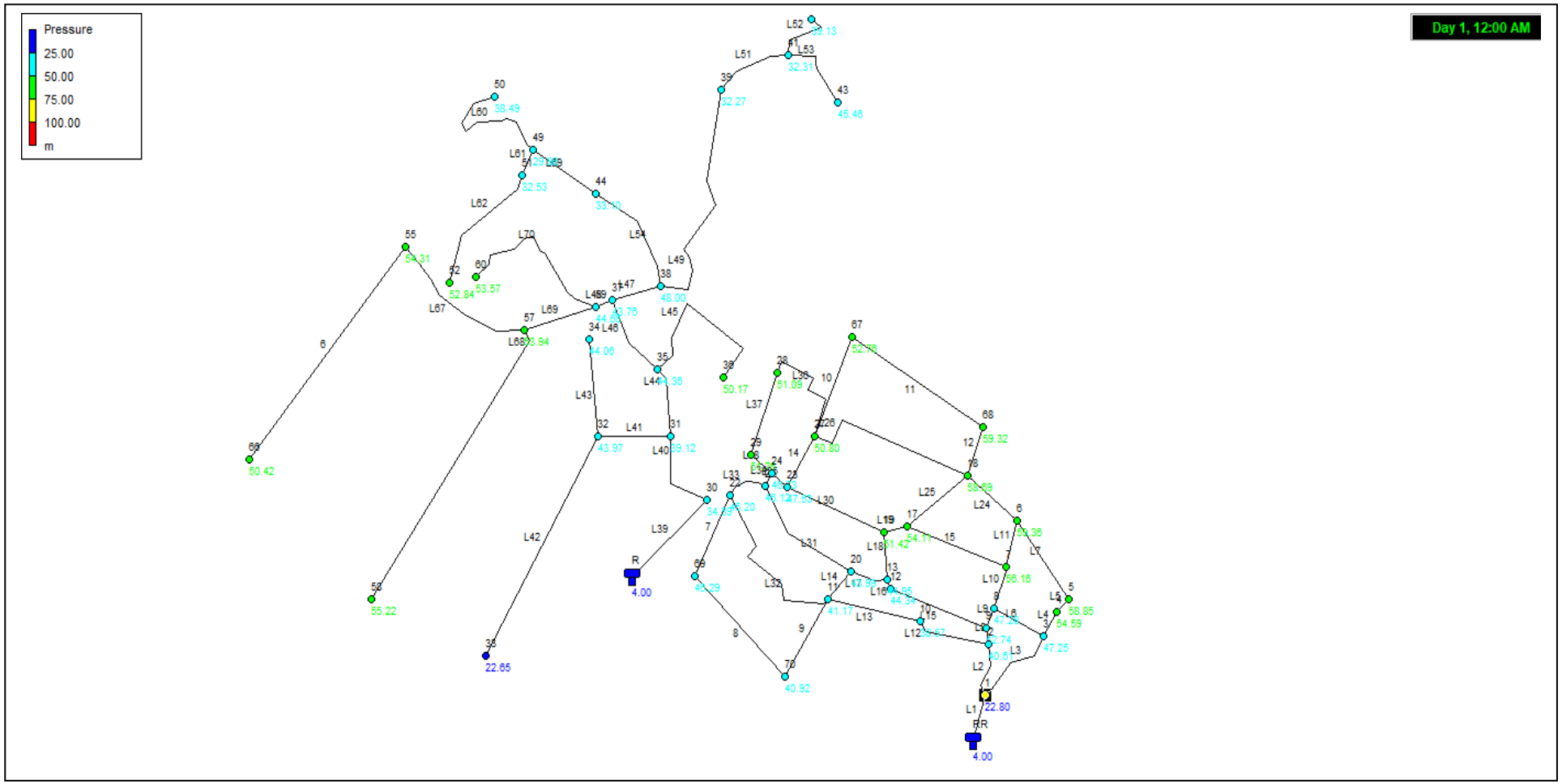
(Etat des Vitesses)

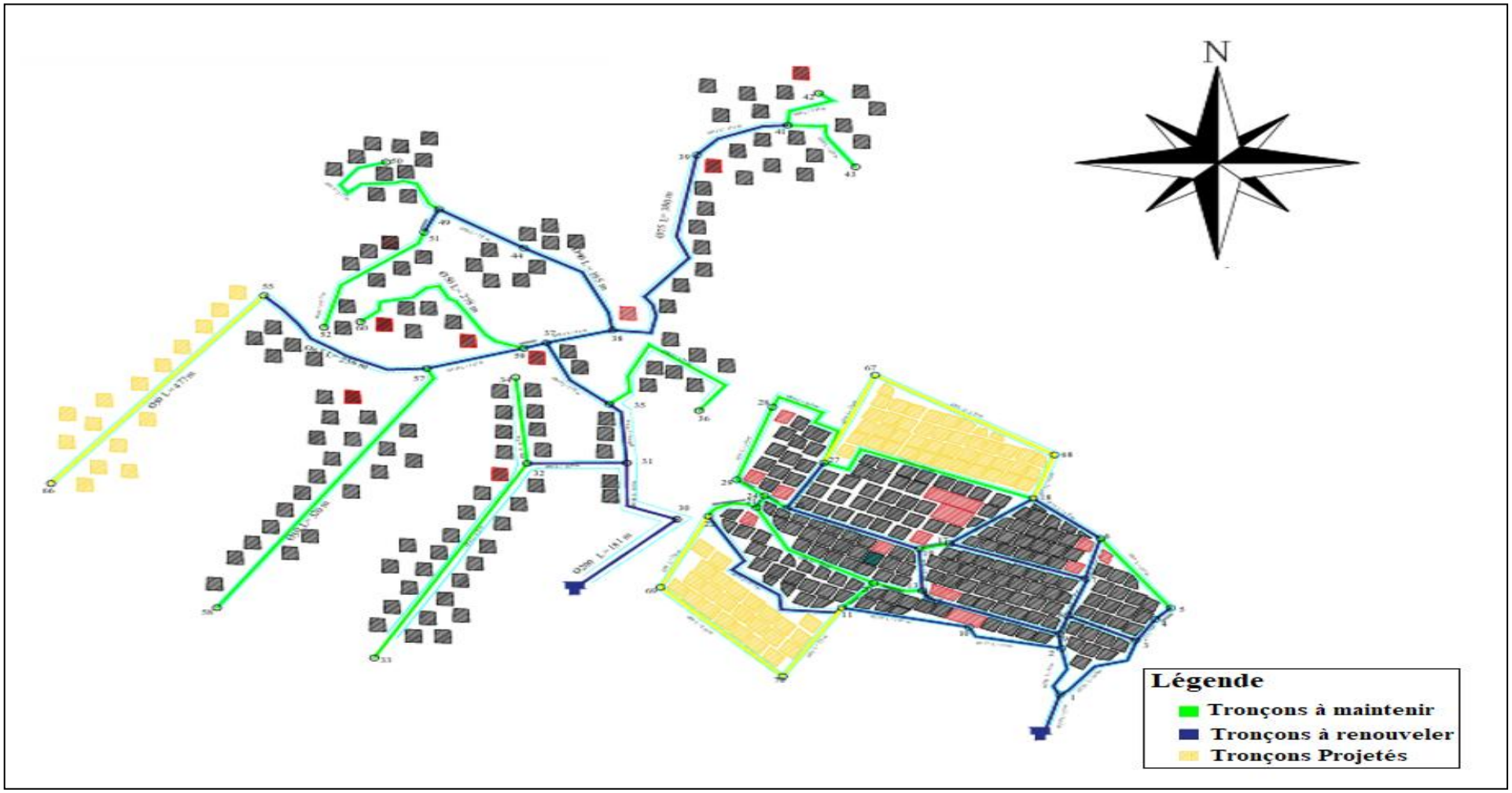


Annexe N° 03

Plan du réseau à projeter 2046

(Etat des Pressions)



Annexe N° 04

Plan directeur du réseau à projeter (2046)