

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –  
Faculté de TECHNOLOGIE



## **MEMOIRE**

Présenté pour l'obtention du **diplôme de MASTER**

**En : Hydraulique**

**Spécialité : Hydraulique Urbaine**

**Par : BOUSALAA Souhila & BENBEKHTI Fatima Zohra**

**Sujet**

**Etude diagnostic d'un réseau d'AEP à l'aide du logiciel  
Epanet  
- Cas du chef-lieu de la ville de Hennaya -**

Soutenu en Juin 2018, devant le jury composé de :

**Mr M. ADJIM**

**Mr C. BENTALHA**

**Mr Z. DEBBAL**

**Mr A. SEDDINI**

**Mme C. BOUKLI HACENE**

**Président**

**Examineur**

**Examineur**

**Encadreur**

**Co-encadreur**

**Promotion:2017-2018**

# Résumé

---

## Résumé

La gestion des réseaux d'alimentation en eau potable est l'un des principaux problèmes rencontrés dans les centres urbains. Ces problèmes, qui sont liés directement à l'exploitation, sont souvent dus à des défauts de conception. C'est dans ce sens que ce travail a été développé et qui vise à faire un diagnostic du réseau actuel d'AEP de la ville d'Hennaya. Une vérification par les indicateurs de performance a été appliquée pour ce réseau. Les résultats ont montré que ce dernier est défaillant nécessitant des mesures correctives. Par la suite, le réseau a été digitalisé sous SIG Mapinfo 8.0 avec la création de sa base de données pour avoir sa géométrie. Un passage vers Epanet a été fait pour simuler le comportement du réseau pour différents scénarios. Des corrections géométriques ont été proposées pour améliorer son fonctionnement.

**Mots-clés :** Diagnostic- réseau d'alimentation en au potable- Indicateurs de performance- Epanet

# ABSTRACT

---

## Abstract

The management of drinking water supply networks is one of the main problems encountered in urban centers. These problems, which are directly related to the operation, are often due to design flaws. It is in this sense that this work has been developed and aims to make a diagnosis of the current network of AEP in the city of Hennaya. An audit by the performance indicators has been applied for this network. The results showed that the latter is defective requiring corrective measures. Subsequently, the network was digitized in S.I.G Mapinfo 8.0 with the creation of its database to have its geometry. A transition to Epanet was made to simulate the behavior of the network for different scenarios. Geometric corrections have been proposed to improve its operation.

**Keywords:** Diagnosis- Drinking Water Supply Network- Performance Indicators- Epanet

## ملخص

---

### ملخص

تعد إدارة شبكات إمدادات مياه الشرب واحدة من المشكلات الرئيسية التي تواجهها المراكز الحضرية. هذه المشاكل التي ترتبط مباشرة بالاستغلالية غالباً ما تكون بسبب عيوب التصميم. ومن هذا المنطلق تم تطوير هذا العمل ويهدف إلى تشخيص الشبكة الحالية لشبكات الامداد بالمياه الصالحة للشرب في مدينة الحنايا. تم تطبيق مراجعة بواسطة مؤشرات الفعالية لهذه الشبكة وأظهرت النتائج أن هذا الأخير هو عيب يتطلب إجراءات تصحيحية. بعد ذلك تم رقمنة الشبكة بواسطة نظام الاعلام الجغرافي Mapinfo 8.0 مع إنشاء قاعدة البيانات الخاصة به للحصول على هندسته. تم إجراء انتقاله إلى نموذج برنامج الري Epanet لمحاكاة سلوك الشبكة لسيناريوهات مختلفة و بذلك تم اقتراح تصحيحات هندسية لتحسين عملها.

**كلمات مفتاحية:** تشخيص - شبكة إمدادات مياه الشرب - مؤشرات الفعالية - Epanet

## **Remerciement**

*Avant tout, nous remercions DIEU de nous avoir donné le courage, la force et la volonté d'achever et de terminer ce mémoire.*

*Nous tenons à remercier sincèrement Mr A.SEDDINI pour avoir accepté d'encadrer ce sujet, de nous orienter, pour sa générosité au long de l'évolution de notre projet.*

*Nous remercions s'adressent également à Mme C.BOUKLI HACENE pour son aide pratique, sa disponibilité, sa grande patience et ses encouragements.*

*Nous sommes conscientes de l'honneur que nous a fait Mr M.ADJIM en étant président du jury, ainsi qu'à Mr Z. DEBBAL et Mr C.BENTALHA d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Nos vifs remerciements aux responsables et personnel de la direction des ressources en eaux et la subdivision de l'hydraulique de Hennaya, surtout à Mr I.SEHNOUNE.*

*A tous les enseignants du département d'hydraulique qui ont contribué à notre formation.*

*A tous les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail à...*

*A mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, à toi mon père.*

*A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, ma raison d'être, le symbole de tendresse ma vie et mon bonheur, maman que j'adore.*

*Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent de me combler. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.*

*Aux personnes dont j'ai aimé la présence dans ce jour.*

*A mes chères sœur Fatima, Ikrame et Mounia.*

*A mon cher frère Abdkader*

*A mes nièces et mes neveux*

*A mon fiancé*

*A mes cousines Faiza et Hidayet*

*Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés mes sœurs de cœur **Ghizlene, Imene, Fatima et Chahinaz***

*A tout ma famille et mes amies*

*Un remerciement particulier et sincère pour **M<sup>me</sup> C.BOUKLI HACEN***

*A mes chers collègues*

*En témoignage de l'amitié qui m'a uni et des souvenirs, de tous les moments passés ensemble, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de bonheur.*

*Je vous aime tous*

*B.SOUHILA...*



## ***Dédicace***

*Je dédie ce modeste travail à*

*Ma chère mère, qui m'a toujours apportée son amour et son affection.*

*Mon cher père, qui m'a toujours encouragé, conseillé et soutenu dans mon travail.*

*Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie.*

*Mes chères sœurs : **Asma, Saliha, Yassamine et Meriem.***

*Mes neveux et ma nièce **Noor***

*Mes beaux frères : **Ali et Ali***

*A toute ma famille.*

*Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés **Souhila et Amine.***

*Un remerciement particulier et sincère pour **M<sup>me</sup> C.BOUKLI HACEN***

*A mes collègues*

*En témoignage de l'amitié qui m'a uni et les bons moments passés ensemble.*

*Je vous remercie tous, pour votre soutien et vos encouragements.*

***Fatima***

# Liste des abréviations

---

## Liste des abréviations

<b>AEP :</b>	Alimentation en eau potable.
<b>ADE :</b>	Algérienne des eaux.
<b>RN :</b>	Route national.
<b>AE :</b>	Acier enrobé.
<b>AG :</b>	Acier galvanisé.
<b>PEHD :</b>	Polyéthylènes haute densité.
<b>ILP :</b>	Indice linéaire des pertes.
<b>ILR :</b>	Indice linéaire de réparation.
<b>Q<sub>équipement</sub> :</b>	Besoins des équipements.
<b>Q<sub>moy j</sub> :</b>	Débit moyen journalier.
<b>Q<sub>p</sub> :</b>	Débit de pointe.
<b>SIG :</b>	Système d'information géographique.
<b>APC :</b>	Assemblée populaire communale.
<b>DRE :</b>	Direction des ressources en eaux.

## Liste des figures

---

### Liste des Figures

Figure I.1 : Schéma Descriptif d'un système d'AEP [3].....	3
Figure I.2 : Un réseau ramifié [3].....	4
Figure I.3 : Une casse dans un réseau ramifié [3] .....	4
Figure I.4 : Un réseau maillé [3] .....	5
Figure I.5 : Une casse dans un réseau maillé [3].....	5
Figure I.6 : Tuyaux en fonte ductile [5] .....	6
Figure I.7 : Tuyaux en acier [5].....	7
Figure I.8 : Tuyaux en béton armé [5].....	7
Figure I.9 : Tuyaux en amiante-ciment [6].....	8
Figure I.10 : Tuyaux en PVC [5].....	8
Figure I.11 : Tuyau en PEHD [5].....	9
Figure I.12 : Robinet vanne [13].....	12
Figure I.13 : Délimitation des ilots sur plan [13].....	13
Figure I.14 : Pré localisation par quantification par alimentation direct [13] .....	14
Figure I.15 : Amplificateur d'écoute direct [13] .....	15
Figure I.16 : Principe de la corrélation acoustique [13] .....	16
Figure II.1: La présentation de la zone d'étude Hennaya (partie 1) (google earth)...	22
Figure II.2: La présentation de la zone d'étude Hennaya (partie 2) (google earth). .....	23
Figure II.3: Répartition des longueurs en fonction de la nature des conduites. ....	26
Figure II.4: Répartition des diamètres du réseau. ....	27
Figure II.5 : Comparaison entre les volumes produits et les volumes distribués. ....	29
Figure II.6 : Comparaison ente le volume distribué et le volume facturé. ....	30
Figure II.7: Variation du rendement production.....	31
Figure II.8: Variation du rendement primaire. ....	32
Figure II.9 : Variation de l'ILP.....	33
Figure II.10: Les fuites enregistrées et réparées. ....	34
Figure II.11: Variation de l'ILR. ....	35
Figure III.1 : Tracé du réseau sous SIG.....	38
Figure III.2 : Fenêtre de changement de format. ....	39

## Liste des figures

---

Figure III.3 : Import d'un fichier Shape file sous Porteau.....	40
Figure III.4 : Import des nœuds du réseau sous Porteau. ....	40
Figure III.5 : Export du réseau sous forme INP. ....	41
Figure III.6: Le réseau d'AEP d'Hennaya sous Epanet. ....	41
Figure III.7 : Exemple de saisie des données des tuyaux. ....	42
Figure III.8 : Exemple de saisie des données des nœuds. ....	42
Figure III.9 : Exemple de saisie des données des réservoirs. ....	43
Figure III.11 : Les options hydrauliques. ....	44
Figure III.12 : Les options de temps.....	44
Figure III.13 : Lancement de la simulation. ....	45
Figure III.14 : Résultat de la simulation. ....	45
Figure III.15 : Réseau du premier scénario. ....	47
Figure III.16 : Résultat de la simulation pour le premier scénario à minuit.....	48
Figure III.17 : Enveloppe de pression à minuit. ....	49
Figure III.18 : Résultat de la simulation pour le premier scénario à 10 :00 heures.....	50
Figure III.19 : Enveloppe de pression à 10 :00 heures. ....	50
Figure III.20 : Répartition des vitesses dans le réseau. ....	51
Figure III.21 : Réseau du deuxième scénario. ....	52
Figure III.22 : Résultat de la simulation pour le deuxième scénario à minuit.....	53
Figure III.23 : Enveloppe de pression à minuit. ....	54
Figure III.24 : Résultat de la simulation pour le deuxième scénario à 07 :00 heures. ....	55
Figure III.25 : Enveloppe de pression à 07 :00 heures. ....	55
Figure III.26 : Répartition des vitesses dans le réseau. ....	56

## Liste des tableaux

---

### Liste des Tableaux

Tableau I.1 : Indicateurs de services. [15].....	17
Tableau II.1: Evolution de la population au niveau de la commune d'Hennaya pour l'horizon considéré. [17] .....	24
Tableau II.2: Les adductions alimentant la ville d'Hennaya. [16]. .....	25
Tableau II.3 : La nature des canalisations dans les différentes zones. [16].....	27
Tableau II.4 : Comparaison des valeurs des indices linéaires des pertes d'eau. [22].....	33

# Table des matières

---

## Table des matières

Liste des Tableaux	
Liste des Figures	
Liste des Abréviations	
Introduction générale.....	1
<b>Chapitre I : Etude bibliographique</b>	
I. 1 Description d'un réseau d'AEP .....	3
I. 2 Types des réseaux.....	4
I. 2.1 Réseau de distribution ramifié.....	4
I. 2.2 Réseau de distribution maillé .....	5
I. 2.3 Réseau de distribution étagé .....	6
I. 2.4 Réseau de distribution à alimentation distinctes .....	6
I. 3 Nature des canalisations .....	6
I. 3.1 Tuyaux en fonte ductile .....	6
I. 3.2 Tuyaux en acier .....	7
I. 3.3 Tuyaux en béton armé .....	7
I. 3.4 Tuyaux en amiante-ciment .....	8
I. 3.5 Tuyaux en matière plastique.....	8
I. 4 Problèmes pouvant être rencontrés dans un réseau d'AEP .....	9
I. 5 Gestion des réseaux .....	10
I. 5.1 Gestion classique .....	10
I. 5.2 Gestion informatisée des réseaux .....	10
I. 6 Cartographie des réseaux .....	11
I. 7 Sectorisation des réseaux d'eau potable.....	11
I. 8 Recherche des fuites.....	12
I. 8.1 Pré location .....	12
I. 8.2. Localisation .....	15
I. 9 Les indicateurs des services d'eau potable .....	17
I. 10 Modélisation hydraulique.....	18
I. 11 Les logiciels de modélisation des réseaux d'AEP.....	19
I. 12 Conclusion.....	20

# Table des matières

---

## Chapitre II : Présentation de la zone.

II. 1 Introduction.....	22
II. 2 Présentation de la zone.....	22
II. 2.1 Localisation géographique .....	22
II. 2.2 Relief.....	23
II. 2.3 Climatologie.....	23
II. 3 Cadre démographique .....	24
II. 4 Les ressources en eau.....	24
II. 5 Ouvrage de stockage.....	25
II. 6 Réseau de distribution.....	26
III. 7 Besoin en eau.....	28
II. 8 Rendement et performance du réseau .....	28
II. 8.1 Etude des pertes dans le système d’AEP du Hennaya .....	29
II. 8.2 Rendement du réseau de la ville d’Hennaya.....	30
II. 9 Interprétations et Recommandations.....	35
II. 10 Conclusion .....	36

## Chapitre III : Simulation, interprétation et recommandation

III. 1 Introduction .....	38
III. 2 Tracé du réseau d’AEP .....	38
III. 3 Définition Epanet.....	39
III. 3.1 Passage SIG-Porteau.....	39
III.3.2 Le passage Porteau-Epanet .....	41
III. 4 Simulation du fonctionnement du réseau d’AEP sous EPANET.....	42
III. 5 Etat du réseau actuel.....	45
III. 5.1 Interprétations des résultats du réseau actuel.....	46
III. 6 Scénarios de fonctionnement proposés pour le réseau d’AEP de la ville d’Hennaya .....	46
III. 6.1 Premier scénario .....	47
III. 6.2 Deuxième scénario.....	52
III. 7 Conclusion.....	57
Conclusion générale .....	59

Références bibliographiques

Annexes

# Table des matières

---

# **INTRODUCTION GENERALE**

# Introduction générale

---

## Introduction générale

L'alimentation en eau potable d'une ville constitue une nécessité vitale pour la population. C'est pourquoi il est élémentaire d'entamer au maximum les problèmes qui perturbent cette alimentation. L'enjeu principal des services d'AEP concerne essentiellement à protéger les réseaux, de limiter les fuites et d'apporter un service de qualité. Il s'agit de réaliser le diagnostic et d'assurer l'entretien des réseaux tout en construisant un programme de maintenance et réhabilitation.

C'est dans ce sens que s'inscrit ce travail qui a pour objectif de mener une étude critique du réseau d'AEP de Hennaya et de vérifier son fonctionnement.

La démarche adoptée a consisté en premier lieu à calculer les indicateurs de performance pour se prononcer sur l'état du réseau, ensuite créer la base de données du réseau d'AEP de Hennaya sous SIG et enfin transférer ce réseau pour simuler son comportement avec Epanet. Ceci est fait pour ressortir les points faibles du réseau et de proposer les solutions adéquates. Dans le cadre de notre étude, Epanet doit nous permettre d'avoir plusieurs configurations du réseau pour choisir la configuration optimale, qui assure les débits, les diamètres, les pressions et les vitesses les plus convenables possibles.

Pour ce faire, ce travail se propose de développer un aspect théorique et un aspect technique, qui sont organisés comme suit :

Le premier chapitre est consacré à une étude bibliographique sur les systèmes d'AEP, les indicateurs des services d'AEP et les logiciels de modélisation.

Dans le deuxième chapitre, une présentation pour la zone d'étude a été faite en calculant les indicateurs de performance.

Le dernier chapitre est consacré sur la conception du réseau sous SIG et le passage vers Epanet avec la proposition de différents scénarios de simulations.

Enfin, une conclusion qui met l'accent sur une telle étude avec quelques recommandations.

# **CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE**

## I.1 Description d'un réseau d'AEP

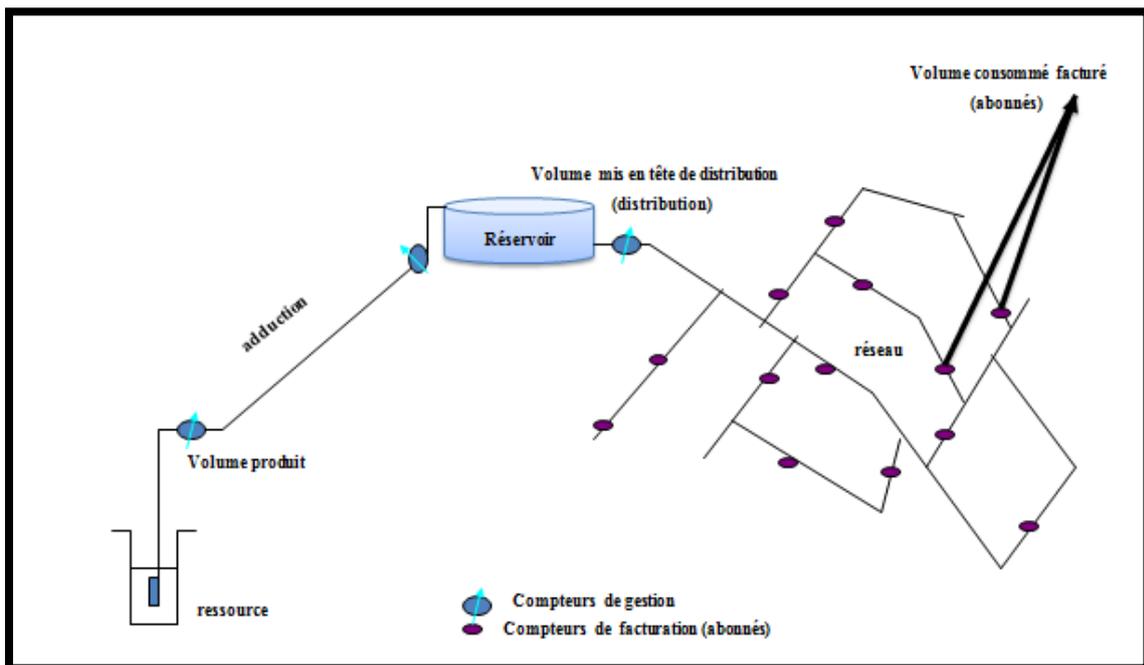
Un réseau d'alimentation en eau potable a pour fonction principale de desservir en eau potable un ensemble de points tels que : Compteurs d'abonnés, Bouches de lavage, Poteaux d'incendie [1].

Il conditionne l'activité et le développement des agglomérations [2].

Le réseau d'eau potable est un Ensemble des circuits hydrauliques qui permettent de véhiculer l'eau potable depuis le réservoir jusqu'aux abonnés. Ce circuit peut comporter :

- Réservoir(s) ;
- Conduites de différents diamètres et natures ;
- Accessoires et pièces spéciales : Vannes, Té; Coudes, Cônes de réduction, ventouses ... etc ;
- Branchements ;
- Ouvrages annexes (regards, bouches à clé etc...) [3].

La figure I.1 représente le schéma des principaux ouvrages constituant dans un réseau d'AEP.



**Figure I.1 :** Schéma Descriptif d'un système d'AEP [3].

## I.2 Types des réseaux

On peut distinguer les types de réseaux suivants :

### I.2.1 Réseau de distribution ramifié

Composé de conduites qui vont toujours en se divisant à partir du point d'alimentation sans jamais se refermer pour former une boucle (figure I.2) [3].

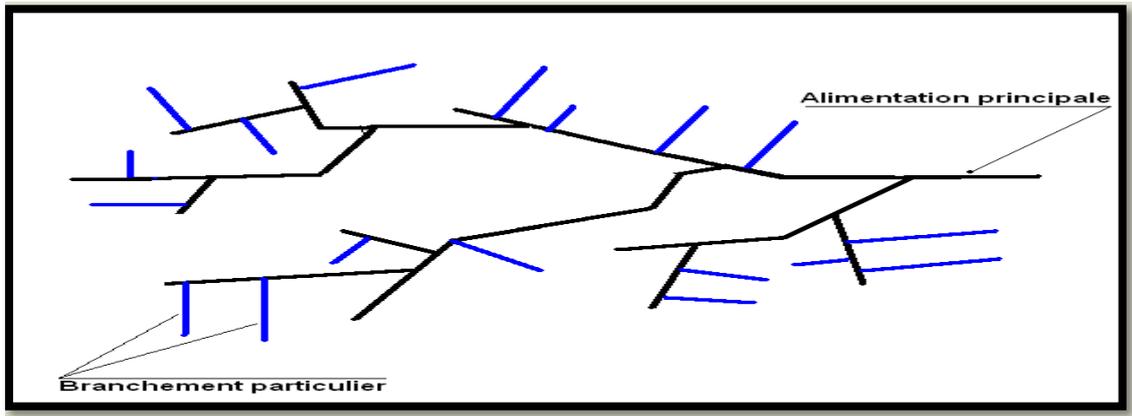


Figure I.2 : Un réseau ramifié. [3]

Dans le réseau ramifié les conduites ne comportent aucune alimentation en retour, présente l'avantage d'être économique, mais il manque de sécurité et de souplesse en cas de rupture : un accident sur la conduite principale prive d'eau tous les abonnés d'aval (figure I.3) [1].

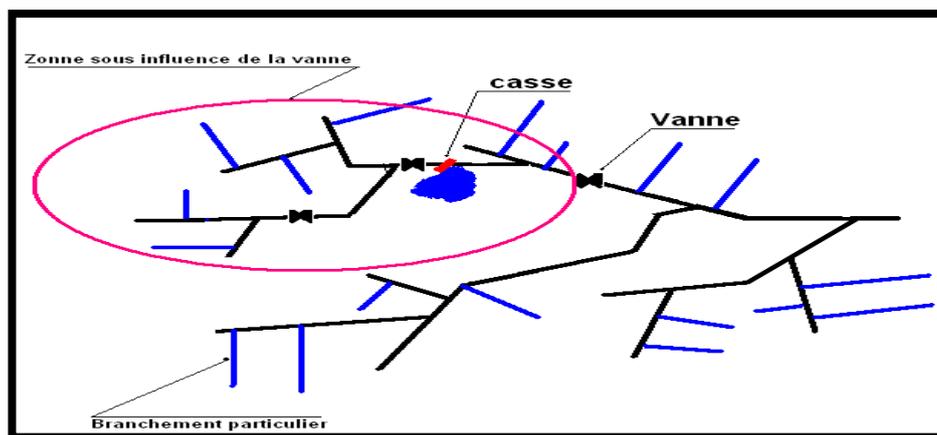


Figure I.3 : Une casse dans un réseau ramifié. [3]

### I.2.2 Réseau de distribution maillé

Composé de conduites suivant des contours fermés formant ainsi plusieurs mailles (figure I.4) [3].

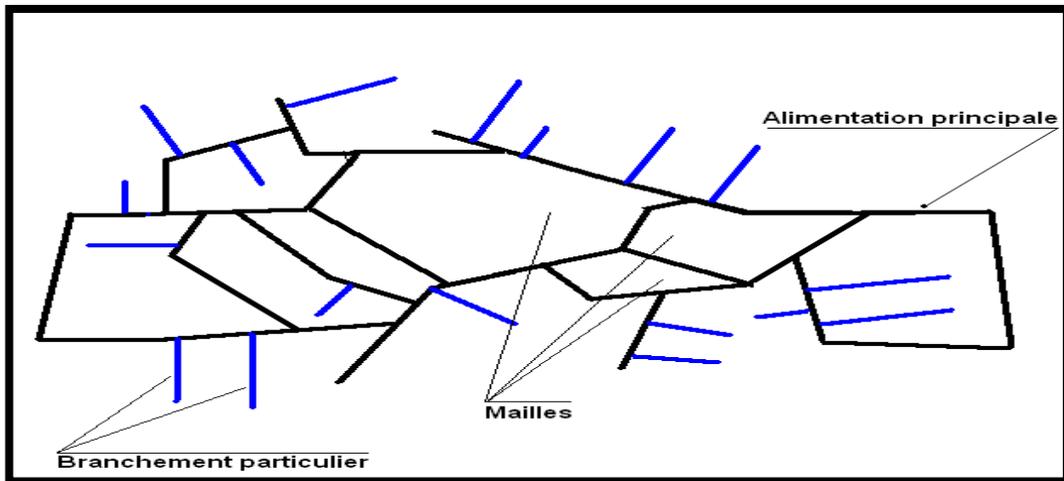


Figure I.4 : Un réseau maillé. [3]

Le réseau maillé permet, au contraire du réseau ramifié, une alimentation en retour, donc d'éviter l'inconvénient du réseau ramifié. Une simple manœuvre de robinets permet d'isoler le tronçon accidenté et de poursuivre néanmoins l'alimentation des abonnés d'aval (figure I.5). Il est bien entendu, plus coûteux d'établissement, mais, en raison de la sécurité qu'il procure, il doit être toujours préféré au réseau ramifié [1].

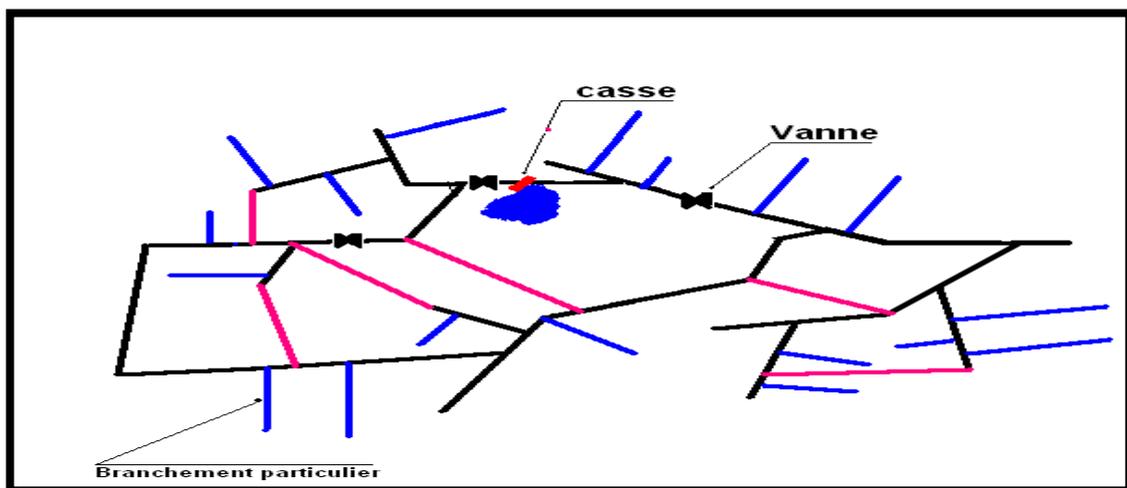


Figure I.5 : Une casse dans un réseau maillé. [3]

### I.2.3 Réseau de distribution étagé

Conseiller dans le cas d'agglomération présentant des différences de niveaux importantes [3].

Il éviter les problèmes énormes posés par les fortes pressions pour assurer une pression de service acceptable par contre la maintenance des équipements de sectionnement est fréquente.

### I.2.4 Réseau de distribution à alimentation distinctes

Les réseaux à alimentations distinctes distribuent, l'un, l'eau potable destinée à tous les besoins domestiques, et l'autre, l'eau non potable réservée aux usages industriels et aux lavages et arrosage des rues et plantations. Ces réseaux ne se justifient que dans les installations extrêmement importantes. [1]

## I.3 Nature des canalisations

Une canalisation sous pression est constitué par des tuyaux assemblés les uns aux autres. Les divers tuyaux peuvent être :

- Métalliques : fonte ductile, acier ;
- A base de ciment : béton armé, amiante-ciment ;
- En matière plastique [4].

### I.3.1 Tuyaux en fonte ductile

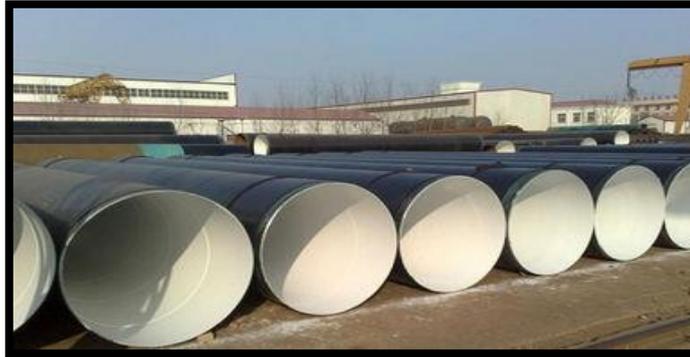
Les tuyaux de diamètre inférieur à 250 mm sont zingués à l'extérieur; en exécution normal, ces tuyaux comportent un revêtement intérieur au mortier de ciment exécuté par centrifugation [4]. La figure I.6 représente les tuyaux en fonte ductile.



**Figure I.6 :** Tuyaux en fonte ductile. [5]

### I.3.2 Tuyaux en acier

Les tuyaux en acier (figure I.7) sont plus légers que les tuyaux en fonte, d'où économie sur le transport, mais plus lourds que les tuyaux en matières plastique, leur résistance aux contraintes est supérieure à celle des tuyaux en matière plastique. Par contre leur résistance à la corrosion est due à la qualité de ses revêtements intérieur et extérieurs mais le passage au halai électrique permet la détections, suivi d'une réparation, des éventuelles détériorations du revêtement extérieur au moment de la pose [4].



**Figure I.7 :** Tuyaux en acier. [5]

### I.3.3 Tuyaux en béton armé

Parmi ceux-ci, il y a lieu de distinguer :

- Les tuyaux en béton armé centrifugé ou vibré ;
- Les tuyaux à tube médian en tôle d'acier et double revêtement en béton armé ;
- Les tuyaux en béton précontraint [4].

La figure I.8 représente les tuyaux en béton armé.



**Figure I.8 :** Tuyaux en béton armé. [5]

### I.3.4 Tuyaux en amiante-ciment

Les tuyaux en amiante-ciment (figure I.9) pour canalisation sous pression sont fabriqués à partir d'un mélange intime et homogène en présence d'eau, d'amiante en fibre et de ciment Portland, à l'exclusion de toute armature métallique [4].



**Figure I.9 :** Tuyaux en amiante-ciment. [6]

### I.3.5 Tuyaux en matière plastique

Au point de vue de la nature du matériau, il faut distinguer quatre catégories :

- Les tuyaux en polychlorure de vinyle non plastifié (P.V.C) ;
- Les tuyaux en polyéthylène basse densité (P.E.B.D) ;
- Les tuyaux en polyéthylène haute densité (P.E.H.D) ;
- Les tuyaux en matériaux composites verre thermodurcissable [4].

- **Les tuyaux en polychlorure de vinyle non plastifié (P.V.C)**

L'alimentation en eau potable des agglomérations constitue l'une des plus anciennes et des plus importantes applications des canalisations en PVC. Aujourd'hui la part de marché des canalisations PVC en adduction d'eau potable représente plus de 50% [7]. La figure I.10 représente les tuyaux en PVC.



**Figure I.10 :** Tuyaux en PVC. [5]

- **Les tuyaux en polyéthylènes haute densité (PEHD)**

Les conduites en PEHD (figure I.11) sont plus résistantes et plus solides. Ce type de tuyauterie est semi-cristallin et a tendance à être plus disponible que les tuyaux en PVC. De plus, les tuyaux en PEHD sont capables de résister à des températures plus élevées, les joints offrent une plus grande résistance à la pression, et sont plus résistantes à l'abrasion. Elles ont la capacité d'amortir et d'absorber les chocs, ce qui a pour effet de minimiser les variations de puissance lorsque le système est utilisé. Ce qui fait qu'elles sont souvent un choix de prédilection pour les applications souterraines [8].



**Figure I.11** : Tuyau en PEHD. [5]

#### **I.4 Problèmes pouvant être rencontrés dans un réseau d'AEP**

Plusieurs problèmes de différentes origines peuvent survenir dans un réseau d'AEP ; des fuites, les branchements illicites, les erreurs de comptage, les problèmes environnementaux, pénétration de contaminants, chute de pression, des ruptures ou casses sur les conduites et leurs accessoires, les interruptions. A ces problèmes s'ajoutent des problèmes de gestion du réseau. Ces différents problèmes causent le mécontentement des consommateurs qui réagissent en déposant des plaintes sur les différents services (quantité insuffisante, qualité médiocre, interruption de l'alimentation, etc.) au niveau des services concernés. Les différents problèmes survenant dans un réseau d'alimentation en eau potable peuvent être classés en trois grandes catégories :

- Problèmes induisant les ruptures et les casses.
- Problèmes induisant les fuites.
- Problèmes induisant la dégradation de la qualité de l'eau [9].

## **I.5 Gestion des réseaux**

### **I.5.1 Gestion classique**

La gestion d'un réseau d'AEP a pour principale mission d'assurer les fonctions de production, stockage et distribution. La gestion classique des réseaux présente beaucoup d'inconvénients. Les supports cartographiques sur lesquels sont portés les objets représentant les réseaux sont difficilement manipulables. [10] Cette gestion est également très limitée, les informations caractérisant les réseaux représentés sont portées sur le support en même temps que les objets graphiques eux-mêmes. Ceci peut provoquer une surcharge du support pouvant rendre illisibles certaines informations [2].

Cette gestion présente les problèmes suivants:

- L'archivage des documents cartographiques et les fiches techniques du réseau.
- La perte de temps pour la recherche d'une information bien déterminée.
- La difficulté de la mise à jour.
- La facilité de perdre des informations à cause de la mémorisation et l'archivage [2].

### **I.5.2 Gestion informatisée des réseaux**

La complexité des réseaux d'eau potable et la difficulté éprouvée par les gestionnaires de prévoir les phénomènes hydrauliques qui s'y déroulent, fait de la gestion informatisée une opération indispensable, rendue possible grâce aux progrès de l'informatique [2], [11].

Elle permet en effet :

- D'améliorer la connaissance des réseaux faisant l'objet d'une telle étude ;
- De détecter et de comprendre les désordres pouvant se produire sur le réseau : on peut par exemple localiser les zones où la pression est anormale et en déduire la présence de fuites ou l'existence d'éléments inconnus, s'apercevoir que les temps théoriques de fonctionnement de pompes sont bien inférieurs aux temps mesurés ou découvrir d'autres indices qui témoignent de dysfonctionnement ;
- De simuler sur une période d'au moins une journée le comportement du réseau afin d'en optimiser les ressources, les capacités de stockage, les pompages ;
- D'étudier l'impact de nouvelles consommations ou d'éventuels incidents, de prévoir et adapter les installations pour faire face à de nouvelles contraintes ou à des situations de crises ;
- De dimensionner les extensions, les renforcements ou les aménagements nécessaires pour satisfaire les nouveaux besoins [2].

## I.6 Cartographie des réseaux

C'est l'ensemble des études et opérations intervenants à partir d'une connaissance approfondie des réseaux (observations, exploitation ...) et l'établissement des cartes, plans et autres modes d'expression, ainsi que leurs utilisations [2].

Les plans de réseaux sont des outils indispensables à la bonne marche d'un service d'AEP. Ils sont utilisés par de nombreux intervenants tels que les agences d'urbanisme ou autres services publics.

On distingue plusieurs plans à des échelles différentes selon leur utilisation.

- Plans à petite échelle (de l'ordre de 1/ 10 000): Ils offrent une vue globale de l'ensemble du réseau. Ils sont utilisés par les services chargés de la planification et de l'élaboration des plans directeurs d'aménagement et d'urbanisme (PDAU). Cette échelle est souvent employée aussi dans les zones rurales où les réseaux sont étendus avec une basse densité de branchements et équipements [11].
- Plans à échelle moyenne (1/ 5000 à 1/ 1000): Ce sont les plans utilisés sur le terrain par les exploitants. Sur ces plans sont représentés les fonds de plans et les réseaux accompagnés des informations indispensables à l'exploitant [11].
- Plans à grande échelle (1/500 à 1/100): Ils permettent une localisation précise des ouvrages existants. Ces plans sont généralement réalisés rue par rue, et présentent le positionnement des canalisations et des pièces spéciales, les branchements et les côtes exactes du réseau. Ces plans sont très utiles, compte tenu de la masse d'informations qu'ils contiennent [11].
- Plan de recollement: Sur les plans d'exécution qui sont généralement à l'échelle du 1/500 sont reportés tous les réseaux nouvellement construit avec leurs caractéristiques (diamètre, type, nature), sont indiqués aussi les ouvrages annexes, les vannes et les côtes de radiers [11].

## I.7 Sectorisation des réseaux d'eau potable

La sectorisation offre la possibilité d'obtenir des données à des échelles spatiales et temporelles plus fine, ce qui facilite la recherche et localisation des fuites et permet une hiérarchisation des actions à mettre en œuvre.

La sectorisation consiste à diviser le réseau d'AEP en plusieurs «sous-réseau» appelés secteur pour lesquels le suivi des débits mis en distribution est effectué par comptage des débits entrants et sortants. Les systèmes récents sont entièrement télé-gérés et permettent un rapatriement et un stockage des mesures en continu avec des pas de temps horaires voir infra horaires [12].

La sectorisation doit tendre à satisfaire :

- homogénéité des secteurs ; pour faciliter l'interprétation des indicateurs et la compréhension de leurs évolutions
- adaptabilité aux évolutions ; en vue de créer ou modifier des secteurs en raison des évolutions de la demande sans tout remettre en cause
- la facilité d'exploitation, limitation des points d'acquisition des données à 3 ou 4 par secteur (ce qui permet également de limiter le risque d'erreur de mesure) ;
- un coût modéré pour la mise en place et la maintenance du système [13].

## I.8 Recherche des fuites

### I.8.1 Pré location

#### a- Vanne de sectionnement

Les vannes de sectionnement jouent un rôle très important sur un réseau d'eau potable car elles permettent d'isoler des portions de réseau.

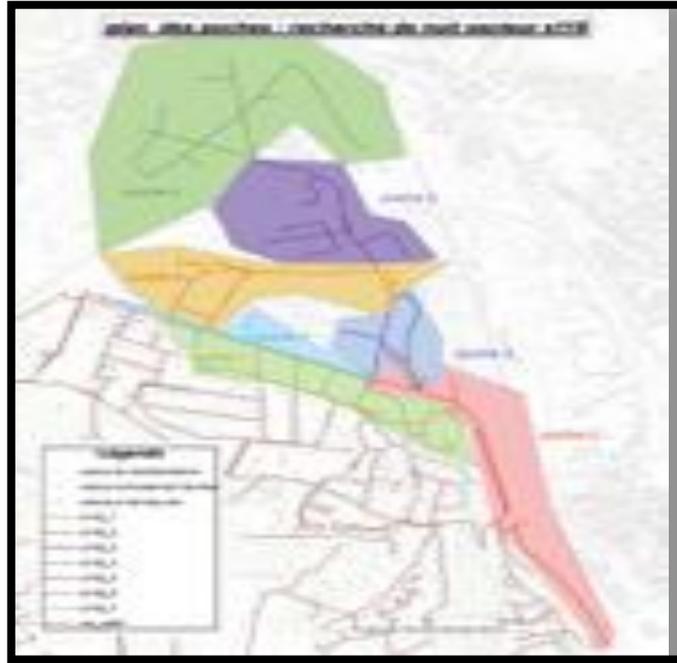
Typiquement, l'exploitant a besoin de sectionner une partie du réseau lors d'opérations de maintenance (réparation, remplacement de conduite ou d'équipement) ou lors de contamination par un polluant. Dans le cadre de la lutte contre les pertes, les vannes sont les éléments essentiels des opérations de sectorisation et d'ilotage car elles permettent de travailler sur des zones restreintes [13]. La figure I.12 représente un robinet vanne.



**Figure I.12** : Robinet vanne. [13]

**b- Ilotage**

Il s'agit de mesurer le débit introduit dans les différents îlots de la zone du réseau étudiée. L'îlotage est généralement réalisé de nuit lorsque les consommations sont minimales et l'impact pour les usagers limité ce qui permet d'assimiler les débits mesurés aux pertes de l'îlot [13]. La figure I.13 représente d'élimination des îlots sur plan.

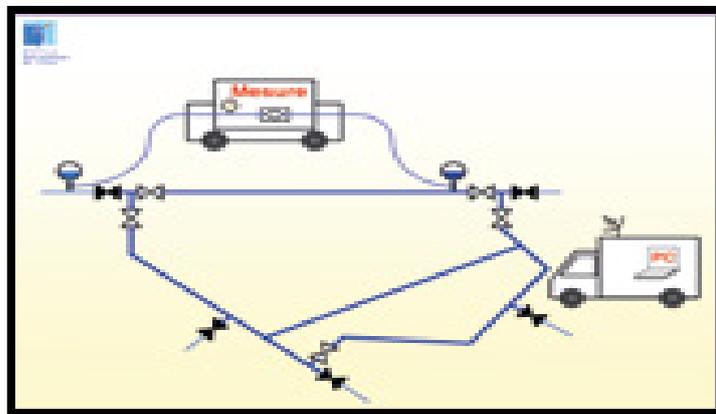


**Figure 1.13** : Délimitation des îlots sur plan. [13]

**c- Quantification par alimentation directe**

Cette action a pour but de mesurer le débit introduit dans une portion du réseau (maille ou ramification) formant un îlot afin d'en évaluer le niveau de pertes. Pour cela, l'îlot est complètement isolé du réseau par fermeture de vannes. Son alimentation en eau est alors assurée par un tuyau souple reliant deux poteaux incendie, l'un situé à l'extérieur de l'îlot et l'autre à l'intérieur. Cette alimentation temporaire est équipée d'un débitmètre ou d'un compteur et d'un manomètre. Après vérification de l'étanchéité de l'îlot, sa consommation d'eau est mesurée en temps réel. Le minimum de consommation mesuré peut être assimilé à la perte de l'îlot lorsque l'opération est réalisée à un moment de consommation minimale par les usagers.

Lorsque les résultats montrent un niveau de pertes anormalement haut, des actions de localisation de fuites sont à engager sur l'îlot [13]. La figure I.14 représente la pré localisation par quantification par alimentation direct.



**Figure I.14** : Pré localisation par quantification par alimentation direct. [13]

#### **d- Prélocalisation acoustique**

Le pré localisation acoustique consiste à mesurer les niveaux de bruits du réseau, à la recherche du bruit permanent généré par l'écoulement continu de l'eau à travers un orifice et qui se propage dans les canalisations du réseau (parois et eau). En cas de niveau minimal de bruit important ou variant fortement d'un capteur à l'autre, la source du bruit doit être identifiée et localisée afin de s'assurer qu'il s'agit bien d'une fuite.

Les capteurs de bruit peuvent être installés en contact direct soit avec la canalisation (accéléromètre aimanté), soit avec l'eau (hydrophone), de manière permanente (utilisation en poste fixe) ou régulièrement déplacés (utilisation mobile). Un pré localisateur acoustique peut capter les bruits émis à une distance variant de quelques dizaines à quelques centaines de mètres selon les conditions (matériaux constitutifs du réseau notamment). Aussi, la pose d'une batterie d'appareils est nécessaire pour couvrir la zone du réseau étudiée [13].

#### **e- Ecoute directe mécanique**

Il s'agit de la plus ancienne technique employée en matière de recherche de fuites. Elle consiste à capter les bruits véhiculés par le matériau des canalisations à l'aide d'une tige métallique. Le bruit est alors amplifié par « une membrane à tension réglable placée à l'intérieur d'une caisse de résonance » [14].

L'opérateur écoute le réseau avec un stéthoscope et identifie le bruit généré par une fuite. Cette méthode rustique d'auscultation des réseaux a des performances qui dépendent de l'expérience de l'opérateur [13].

La figure I.15 représente un amplificateur d'écoute direct.



**Figure I.15 :** Amplificateur d'écoute direct. [13]

## I.8.2. Localisation

### a. Écoute électronique amplifiée directe et au sol

L'écoute électronique consiste à utiliser un capteur piézo-électrique qui transforme le bruit de fuite en signal électrique et un boîtier électronique qui transforme le signal électrique en signal sonore (casque d'écoute) et en signal visuel (galvanomètre ou barre-graph) visible directement sur un écran portable. Sur la plupart des appareils, il est possible de filtrer le signal pour essayer d'isoler le bruit de la fuite du bruit ambiant [13].

### b. Corrélation acoustique

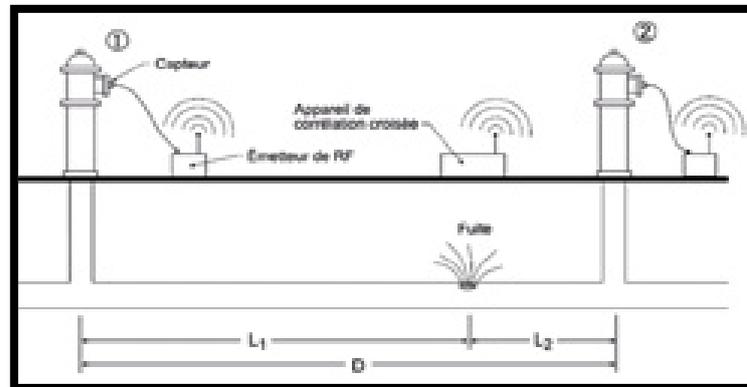
L'écoulement de l'eau par un orifice génère une onde acoustique qui se propage à une vitesse spécifique et constante dans un milieu homogène donné (eau, matériau de la conduite, etc.). L'amplitude de l'onde acoustique s'atténue en se propageant, jusqu'à ne plus être distinguable du bruit de fond. La corrélation consiste à positionner deux capteurs sur des points d'accès du réseau (si possible de part et d'autre de la fuite) et à chercher les similitudes entre les bruits qu'ils enregistrent.

Lorsqu'un bruit de fuite est identifié, il est possible de calculer sa position, connaissant :

- la distance entre les deux capteurs ;
- la vitesse de propagation du bruit dans le matériau ou dans l'eau ;

- le décalage temporel à l'enregistrement par les 2 capteurs du bruit généré par la fuite (perçu atténué et retardé pour le capteur situé le plus loin de la fuite) [13].

La figure I.16 représente le principe de la corrélation acoustique.



**Figure I.16** : Principe de la corrélation acoustique. [13]

### c. Gaz tracteur

Cette technique consiste à introduire un gaz traceur plus léger que l'air dans le réseau à tester. Le gaz, inerte vis-à-vis de l'eau, se dissout sous la pression de l'eau qui le transporte dans le réseau. En présence d'une fuite, il s'échappe de la conduite et remonte à la surface en traversant le sol. Il peut alors être détecté en surface à l'aide d'une sonde aspiratrice qui mesure en continu sa concentration.

Les gaz utilisés sont l'hélium pur ou l'hydrogène (mélange 5 % hydrogène – 95 % azote).

Le plus souvent, l'opération est menée sur conduite en charge. Elle peut aussi être réalisée sur conduite vide mais il faudra alors utiliser une plus grande quantité de gaz.

L'étanchéité d'une conduite nouvellement posée peut être testée par cette technique.

Cette opération permet d'évaluer l'importance des fuites selon la concentration de gaz mesurée. Toutes les fuites de la portion de réseau testée sont repérées en une seule opération [13].

### d. Géo radar

Cette technologie est très marginale en localisation des fuites sur les réseaux d'eau potable. Elle est néanmoins employée lorsque les autres techniques ne sont pas performantes et que les conditions de son application sont réunies [13].

## I.9 Les indicateurs des services d'eau potable

Les indicateurs techniques permettent aux décideurs d'avoir des grandeurs représentatives de l'état du réseau et de son fonctionnement. Les indicateurs doivent être analysés au regard de valeurs de référence et en fonction de leur évolution dans le temps. En reflétant l'état du réseau, les indicateurs permettent d'identifier les problèmes et de définir des zones à surveiller ou d'établir une stratégie d'intervention.

De nombreuses actions existent pour lutter contre les pertes et il est nécessaire de prioriser ces actions en fonction du contexte. Les indicateurs fournissent alors des éléments clés de décision [13]. Le tableau I.1 représente les indicateurs de services.

**Tableau I.1 :** Indicateurs de services. [15]

Thème	Type	Libellé
Abonnés	Indicateur descriptif	Estimation du nombre d'habitants desservis
Abonnés	Indicateur descriptif	Prix TTC du service au m <sup>3</sup> pour 120 m <sup>3</sup>
Abonnés	Indicateur descriptif	Délai maximal d'ouverture des branchements pour les nouveaux abonnés défini par le service
Qualité de l'eau	Indicateur de performance	Taux de conformité des prélèvements sur les eaux distribuées réalisés au titre du contrôle sanitaire par rapport aux limites de qualité pour ce qui concerne la microbiologie
Qualité de l'eau	Indicateur de performance	Taux de conformité des prélèvements sur les eaux distribuées réalisés au titre du contrôle sanitaire par rapport aux limites de qualité pour ce qui concerne les paramètres physico-chimiques
Réseau	Indicateur de performance	Indice de connaissance et de gestion patrimoniale des réseaux d'eau potable
Réseau	Indicateur de performance	Rendement du réseau de distribution
Réseau	Indicateur de	Indice linéaire des volumes non comptés

	performance	
Réseau	Indicateur de performance	Indice linéaire de pertes en réseau
Réseau	Indicateur de performance	Taux moyen de renouvellement des réseaux d'eau potable
Qualité de l'eau	Indicateur de performance	Indice d'avancement de la protection de la ressource en eau
Gestion Financière	Indicateur de performance	Montant des abandons de créance ou des versements à un fonds de solidarité
Abonnés	Indicateur de performance	Taux d'occurrence des interruptions de service non programmées
Abonnés	Indicateur de performance	Taux de respect du délai maximal d'ouverture des branchements pour les nouveaux abonnés
Gestion financière	Indicateur de performance	Durée d'extinction de la dette de la collectivité
Gestion financière	Indicateur de performance	Taux d'impayés sur les factures d'eau de l'année précédente
Abonnés	Indicateur de performance	Taux de réclamations

### I.10 Modélisation hydraulique

La modélisation hydraulique d'un réseau consiste à représenter son fonctionnement dans l'espace et dans le temps.

Les logiciels dédiés permettent de visualiser les caractéristiques hydrauliques du réseau en tout point : débits, vitesses d'écoulement et pressions. En calculant l'évolution de ces caractéristiques dans le temps, le modèle permet de mieux comprendre le fonctionnement hydraulique du réseau, d'en faire un diagnostic, et de tester différents scénarios résultant d'actions volontaires (changement du marnage d'un réservoir, construction d'une nouvelle canalisation, etc.) ou involontaires (fuite en réseau, défaillance d'une pompe).

La modélisation hydraulique est un outil très utile (voire incontournable pour les réseaux complexes) pour définir certaines actions de lutte contre les pertes et évaluer leur impact [13].

### **I.11 Les logiciels de modélisation des réseaux d'AEP**

- **RESODO**

RESODO permet de modéliser les réseaux de tout type et de toute dimension: petits réseaux ruraux, grands réseaux urbains, prise en compte d'une grande gamme d'équipements: réservoirs, pompes, vannes régulatrices, etc. Il propose de nombreux outils d'aide à l'utilisateur, parmi lesquels: calculs des pressions résiduelles, calculs de défense contre l'incendie, estimation des fuites, calculs de bilans, etc. RESODO utilise le moteur de calcul EPANET pour effectuer ses calculs hydrauliques et de qualité [15].

- **Water CAD**

Est une application conviviale qui permet de modéliser le comportement hydraulique et la qualité de l'eau dans les réseaux de distribution. Pour gérer leurs infrastructures, de nombreux services publics, services municipaux et bureaux d'étude font confiance à Water CAD, un outil fiable et économique qui facilite la prise de décision. Du contrôle des systèmes de lutte contre les incendies à l'analyse de l'eau, de la consommation énergétique et à la gestion des coûts, Water CAD aide à analyser, concevoir et optimiser les réseaux de distribution d'eau [15].

- **PICCOLO**

Piccolo est un logiciel de modélisation des réseaux d'eau potable, développé par le Siège en 1986. C'est un outil général de simulation des écoulements en charge dans les réseaux maillés. A partir des données du réseau, Piccolo calcule les vitesses, les pressions, les débits, l'évolution des niveaux de réservoirs...Les calculs peuvent concerner un régime statique ou dynamique, c'est un outil puissant de modélisation des réseaux de fluides (eau potable, eau surchauffée) [15].

- **PORTEAU**

Porteau est un logiciel de simulation hydraulique et de cinétique adapté aux réseaux d'eau sous pression. Il est développé par le Cemagref de Bordeaux en 2001. Il permet: une schématisation du réseau, la représentation de son fonctionnement en pointe, sur un horizon de plusieurs heures ou jours, la modélisation de la qualité avec temps de séjour, cinétique et traçage de provenances. Il est utile comme outil de gestion et d'aide au dimensionnement [15].

- **EPANET**

Logiciel Epanet est né suite à une initiative du Congrès des Etats–Unis qui visait à protéger les ressources naturelles du pays. Dès lors, l’EPA (US Environmental Protection Agency) a été chargée de développer des techniques permettant de mieux appréhender les écoulements et les transformations de l’eau dans un réseau d’adduction d’eau potable [15].

## **I.12 Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons décrit d’une manière générale un réseau d’alimentation en eau potable, on a défini les différents types de canalisation, la gestion ainsi les indicateurs de services et quelque logiciels de modélisation.



# **CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE**

## II.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter la zone d'étude Hennaya aussi une étude détaillée sur son réseau d'AEP en calculant les besoins en eau et les différents indicateurs de performance.

## II.2 Présentation de la zone

### II.2.1 Localisation géographique

La commune de Hennaya est située au Nord de la wilaya de Tlemcen, elle est limitée dans son ensemble : Au Nord par la commune de Remchi, au Sud par la ville de Tlemcen, à l'Est par la commune d'Amier et Chetouane et à l'Ouest par la commune de Zenata et Benimester.

Elle est composée de cinq agglomérations dont Hennaya en tant que chef-lieu de commune [16]. Les figures II.1, II.2 représentant un extrait de Google Earth la situation de la zone d'étude.



**Figure II.1:** La présentation de la zone d'étude Hennaya (partie 1). (Extrait de Google Earth 03/2018).



**Figure II.2:** La présentation de la zone d'étude Hennaya (partie 2). (Extrait de Google Earth 03/2018).

### II.2.2 Relief

La commune d'Hennaya est caractérisée par un relief relativement plat au Nord composé de plateaux homogènes, accidenté dans la partie Sud entaillé par le ravinement des oueds.

L'altimétrie varie de 150 m, point le plus bas et le point culminant à la limite de la commune de Tlemcen situé à 500 m. Cela correspond à une pente moyenne de l'ordre de 5 % dans la direction Nord Sud.

La partie Sud du commun est à relief vallonné à l'exception de quelques replats .Les dépressions formées par les Oued génèrent des ravinements à fortes pentes ou active une érosion hydrique très apparente [16].

### II.2.3 Climatologie

Le climat est modéré sur la partie occidentale particulièrement sur les dépressions et vallées ou s'installe un micro-climat. Par contre la partie orientale est caractérisée par un climat contrasté dont l'écart thermique est très important, présence de gelée et vents violents.

- ❖ La pluviométrie varie entre 400 et 500mm/an.
- ❖ Absence totale de neige et nombre réduit de gelée.
- ❖ Les vents dominant sont ceux de l'Ouest et Nord-Ouest [16].

### II.3 Cadre démographique

Pour la ville d'Hennaya, la population est donnée dans le tableau II.1 avec un taux d'accroissement moyen de 2,2% au niveau de la commune d'Hennaya [16].

**Tableau II.1:** Evolution de la population au niveau de la commune d'Hennaya pour l'horizon considéré [17].

Années	2008	2013	2018	2050
Population	27103	31168	34751	69727

### II.4 Les ressources en eau

La ville de Hennaya était alimenté à partir de captage des sources Ain Seffah et Ain Guillot un forage situé à Koudia situées à 3 Km au Sud de la ville d'Hennaya.

Ces eaux ont été acheminées et collecter au répartiteur Chouhada, puis repartis vers la ville d'Hennaya, mais ces ressources ont été endommagé par la réalisation de l'autoroute Est-Ouest [16].

Actuellement elle est alimentée à partir :

#### Les eaux superficielles

- Deux piquages sur le transfert Sekkak-Tlemcen débitant un débit total de 70 l/s qui viennent de dessalement de Honaine.
- Un piquage sur le transfert Beni Behdel-Oran d'un débit de 65 l/s à partir de dessalement de Souk Telata [16].

#### Les eaux souterraines

- Un forage situé à Melilia 24l/s (à l'arrêt) [16].

## II.5 Ouvrage de stockage

La ville d'Hennaya est dotée de quatre ouvrages de stockages répartis comme suit :

- I. Deux réservoirs jumelés de capacité  $2 \times 500 \text{ m}^3$ , situé sur la bordure du chemin reliant Hennaya-Ain Hadjar.
- 2- Un réservoir  $500 \text{ m}^3$  situé au niveau cimetièrè Chouhada.
- 3- Un réservoir  $1000 \text{ m}^3$  situé dans la zone d'activité.
- 4- Un réservoir  $1000 \text{ m}^3$  situé en bordure de RN 22 [16].

Le tableau II.2 représente les adductions alimentant la ville d'Hennaya.

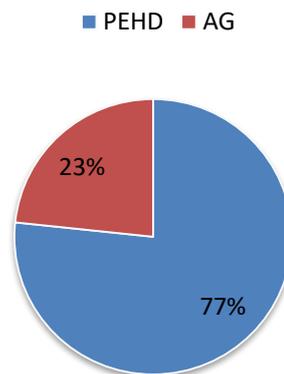
**Tableau II.2:** Les adductions alimentant la ville d'Hennaya [16].

Nom adduction	Système de production	Date mise en service	Long (Km)	Diamètre (mm)	Type de matériaux	Mode de transport de l'eau	Gestion
Vers $2 \times 500 \text{ m}^3$ Hennaya	Dessalement	1985	2	250	AE	Gravitaire	ADE
Vers $500 \text{ m}^3$ Ben Mhidi	Dessalement	1985	0.1	150	AG	Refoulement	ADE
Vers $1000 \text{ m}^3$ Hennaya	Dessalement	2006	0.4	200	PEHD	Gravitaire	ADE
Vers $1000 \text{ m}^3$ Khemisti	Dessalement	1985	2	200	AE	Gravitaire	ADE

Selon les déclarations du responsables de la subdivision de l'hydraulique d'Hennaya ; Seul deux réservoirs sur quatre à savoir celui de  $1000 \text{ m}^3$  vers Hennaya centre et celui de  $1000 \text{ m}^3$  vers Khemisti sont fonctionnels.

## II.6 Réseau de distribution

Le réseau de distribution de la ville d'Hennaya est un réseau mixte (maillé+ramifié), les conduites du réseau de distribution sont composés de deux types de canalisation : Acier Galvanisé et Polyéthylène haute densité [16]. La figure II.3 représente la répartition des longueurs à partir de la nature des canalisations dans le réseau d'AEP de la ville d'Hennaya.



**Figure II.3:** Répartition des longueurs en fonction de la nature des conduites.

Les deux types de canalisations sont répartis dans la ville d'Hennaya comme suit :

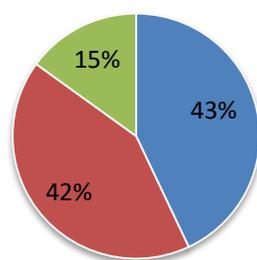
Le tableau II.3 représente la nature des différents types de canalisations dans chaque zone de la ville Hennaya

**Tableau II.3** : La nature des canalisations dans les différentes zones [16].

ZONE	TYPE
Lotissement Ben Dimred	AG
Ben M'HIDI	AG
Hennaya centre	PEHD
120 Logs	AG
Der bain Houtz	AG
Village (Moulin)	PEHD
Boulevard exterieur	AG
Enclave 09	AG
Enclave 05	AG
Enclave 14	AG
Abattoire + Soumaa	PEHD
La gare	PEHD
Khemesti	AG+PEHD
Complement	PEHD
Ouled Kada	PEHD

Les diamètres des canalisations varient de 40 mm jusqu'à 300 mm. La figure II.4 représente la répartition des diamètres du réseau.

■ D < 80 mm   ■ 80 < D < 150 mm   ■ D > 150 mm

**Figure II.4**: Répartition des diamètres du réseau.

### III.7 Besoin en eau

Les besoin en eau sont calculés en se basant sur une dotation de 200 l/j/Hab. pour l'année 2018.

Les besoin de l'équipement sont estimés à 15 % des besoins domestiques [17].

Les pertes sont estimées à 30 % [1] .

Besoin Domestique = Nombre d'habitant  $\times$  200l/j/habitant

Besoin Domestique =  $34751 \times 200 = 6950.2 \text{ m}^3$  /jour

On estime 15% des besoins des équipements.

$Q_{\text{équipement}} = 1042.53 \text{ m}^3$ /jour

$Q_1 = 7992.73 \text{ m}^3$ /jour

30% de  $Q_1$  estimé pour les pertes

$Q_{\text{moy j}} = 10390.549 \text{ m}^3$  /jour

Le coefficient de pointe est 3

$Q_p = Q_{\text{moy j}} \times 3 = 31171.647 \text{ m}^3$ /jour

$Q_p = 360.775 \text{ l/s}$

#### A l'horizon 2050, le débit moyen futur

Besoin futur domestique = Nombre d'habitant  $\times$  200l/jour/habitant

Besoin futur domestique =  $69727 \times 200 = 13945.4 \text{ m}^3$  /jour

$Q_{\text{équipement}} = 2091.81 \text{ m}^3$ /jour

$Q_1 = 16037.210 \text{ m}^3$ /jour

$Q_{\text{moy j}} = 20848.373 \text{ m}^3$ /jour

$Q_{\text{moy j}} = 241.301 \text{ l/s}$

### II.8 Rendement et performance du réseau

Dans le domaine de l'alimentation en eau potable, la mesure de performance par des indicateurs portant sur les résultats qualitatifs du service apparaît comme un outil propre à améliorer la maîtrise de la gestion [18].

La mise en œuvre de cette méthodologie cherche à constituer un panel commun d'indicateurs balayant l'ensemble des missions des services d'alimentation en eau potable [18].

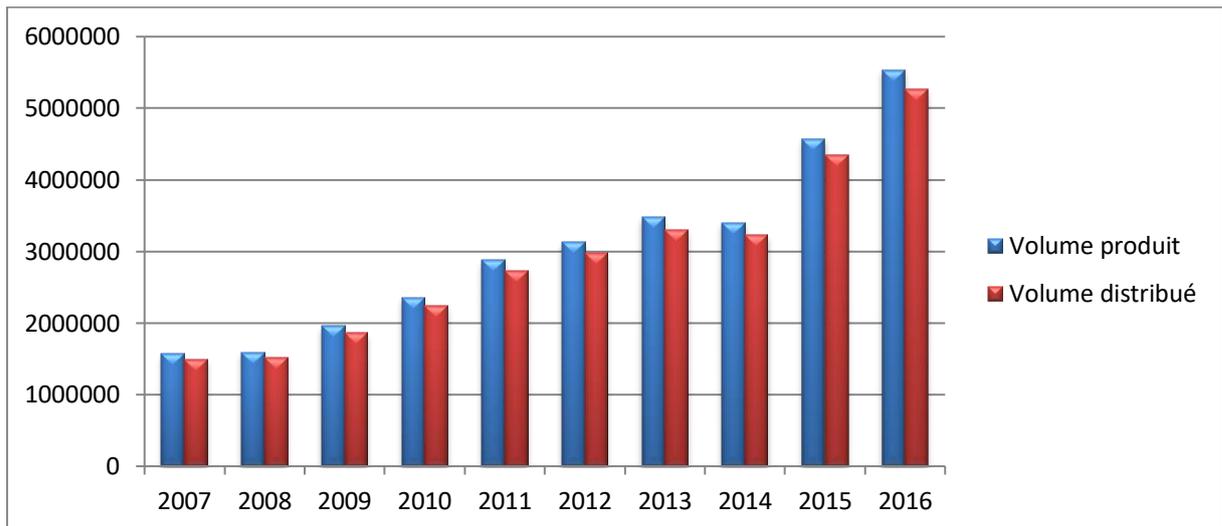
Pour une meilleure exploitation du réseau d'alimentation en eau potable de la ville d'Hennaya, des indicateurs de qualité sont choisis pour évaluer l'état de fonctionnement du réseau. Ces indicateurs permettent de mieux identifier les forces et faiblesses dans la conduite

du service des eaux. Ils sont calculés en se basant sur les données des volumes produits, mis en distribution et facturés au niveau de la ville d'Hennaya.

### II.8.1 Etude des pertes dans le système d'AEP du Hennaya

- Les pertes en stockage :

La figure II.5 présente une comparaison entre les volumes produits et les volumes distribués de la ville d'Hennaya

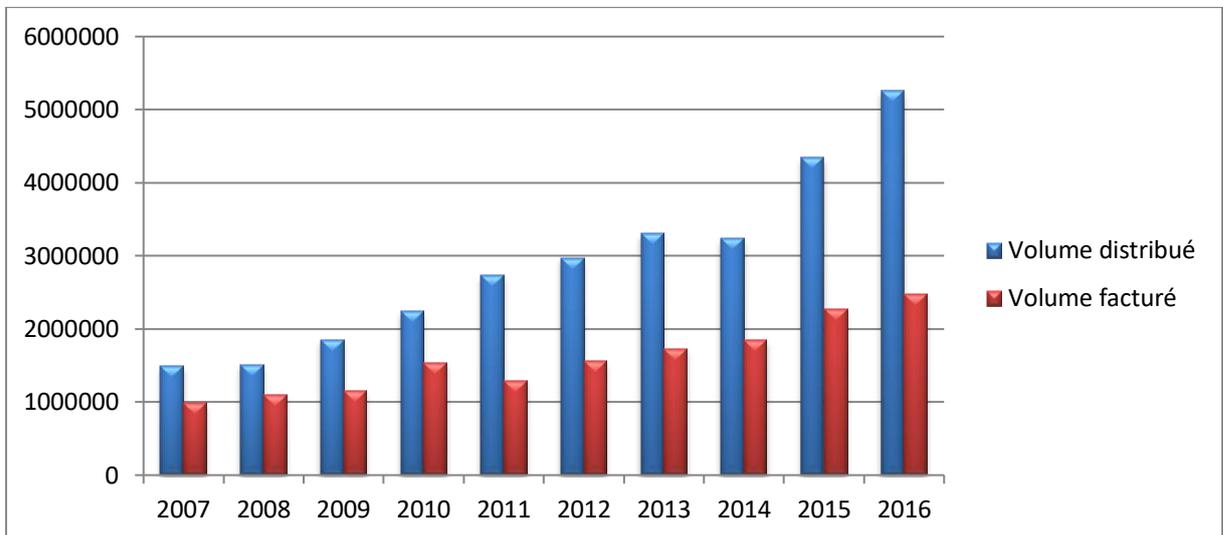


**Figure II.5 :** Comparaison entre les volumes produits et les volumes distribués.

Le résultat acquis a montré qu'il y a un écart entre les années 2007 et 2016 on remarque un escalade significative de ce dernier en raison de l'augmentation de la population.

- **Les pertes en distribution**

La figure II.6 présente une comparaison ente les volumes distribués et les volumes facturés de la ville d'Hennaya



**Figure II.6 :** Comparaison ente le volume distribué et le volume facturé.

Le résultat obtenu, a affirmé que les volumes de perte augmentent d'une année à l'autre, on pourra dire que la accumulation de perte a doublé à cause des fuites de réseau ainsi aux branchements illicites. Un programme de prise en charge de ce problème est indispensable.

### II.8.2 Rendement du réseau de la ville d'Hennaya

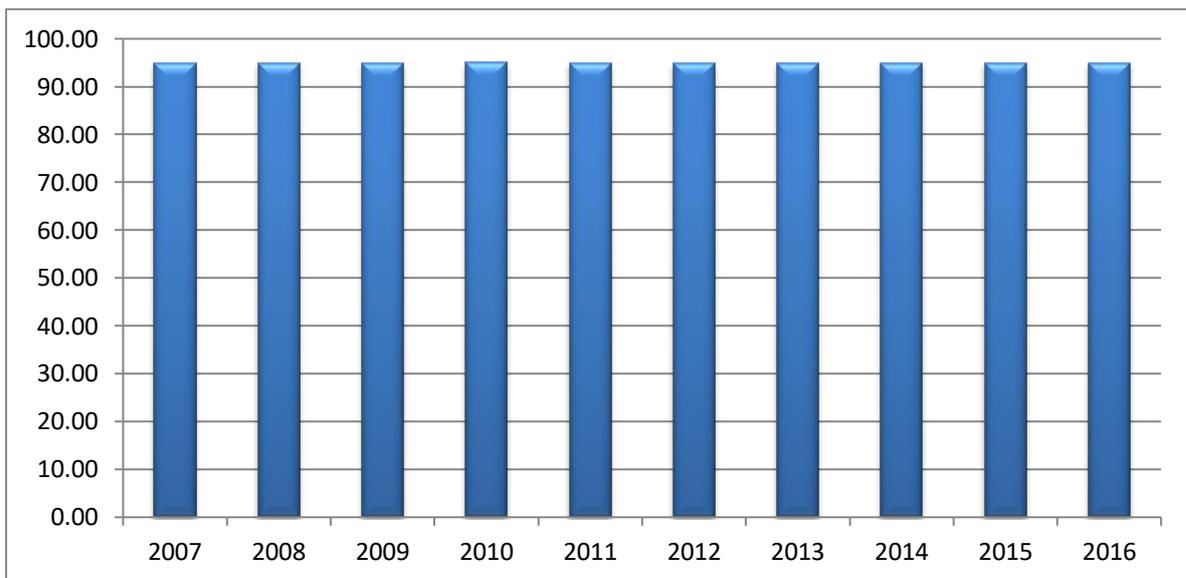
Concernant la production et la distribution de l'eau potable, la première des économies à réaliser est bien sur le rendement du réseau puisque chaque mètre cube d'eau produit, a consommé de kilowattheure perdus suites aux fuites dans le réseau. Les rendements des réseaux sont rarement inférieurs à 70% dans les pays développés, cependant ils peuvent descendre à moins de 30% dans certaines exploitations urbaines en déshérence. L'optimisation du service de distribution d'eau pour un rendement élevé implique la mise en place d'une gestion adaptée et efficace, qui combine à la fois les aspects de maintenance rapide du réseau, de renouvellement du réseau et d'amélioration de la gestion commerciale [15].

- **Rendement de production**

Le rendement production est un indicateur important pour la gestion technique d'un réseau d'alimentation en eau potable, il est délimité selon la formule II.2 [11].

$$\text{Rendement production (\%)} = \frac{\text{Volume distribué}}{\text{Volume produit}} * 100 \quad (\text{II.2})$$

La figure II.7 affiche la variation du rendement production au cours des années 2007-2016



**Figure II.7:** Variation du rendement production.

On remarque que le rendement moyen est de 95%, il est acceptable.

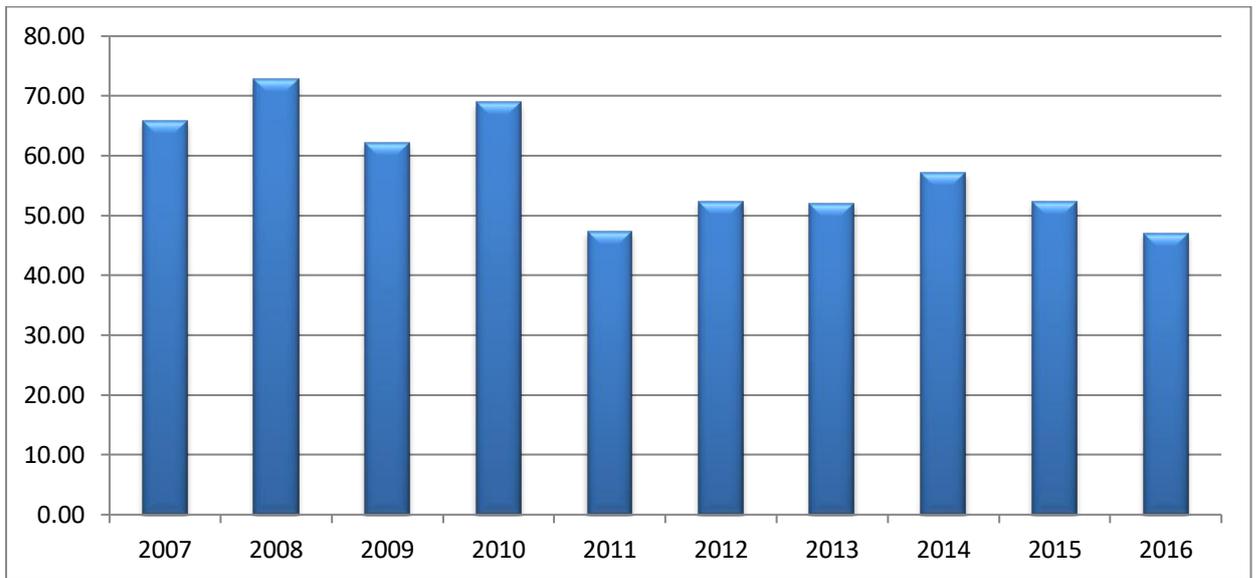
- **Rendement primaire**

Le rendement de réseau est un indicateur simple et très utilisé qui permet d'apprécier la qualité d'un réseau. Il représente le rapport entre la quantité d'eau utilisée par les abonnés et la quantité d'eau introduite dans le réseau. Il existe de nombreuses définitions du rendement qui dépendent des volumes pris en compte pour son calcul. Dans notre analyse, il s'agit plus précisément du rendement dit primaire [19].

$$\text{Rendement primaire (\%)} = \frac{\text{Volume facturée}}{\text{Volume mis en distribution}} * 100 \quad (\text{II.3})$$

Le rendement primaire généralement supérieur à 65% et peut atteindre, voire dépasser, 90% [20].

La figure II.8 représente la variation du rendement primaire durant neuf ans.



**Figure II.8:** Variation du rendement primaire.

D'après la figure II.8 on remarque que tous les rendements primaires sont inférieurs à 65% sauf l'année 2008 et 2010, donc il est indispensable de calculer l'ILP pour se prononcer sur la performance du réseau d'eau.

- **Indice linéaire de perte**

L'indice linéaire des pertes en réseau évalue, en les rapportant à la longueur des canalisations (hors branchements), les pertes par fuites sur le réseau de distribution. Cet indice est donné selon la formule II.4 [21].

$$ILP = \frac{\text{Volume de perte}}{\text{linéaire} \cdot 365 \cdot 24} \quad (\text{II.4})$$

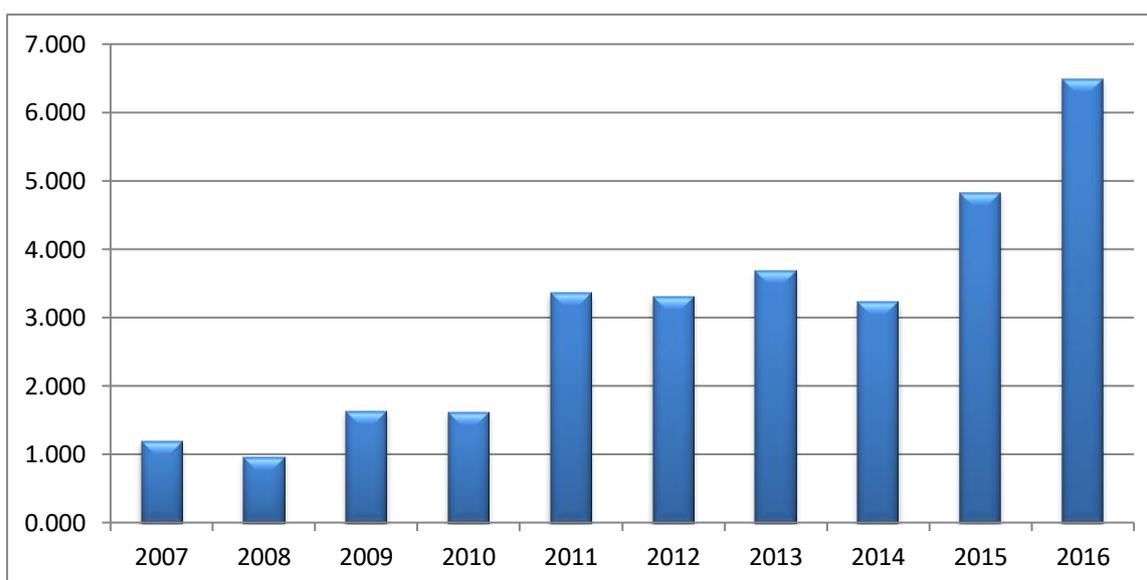
Ce ration varie suivant le type du réseau et peut atteindre 10 à 15 m<sup>3</sup>/j/Km [11].

Une comparaison de ces différents indices est présentée dans le tableau II.4

**Tableau II.4** : Comparaison des valeurs des indices linéaires des pertes d'eau [22].

ILP (m <sup>3</sup> /h/Km)	Niveau des pertes d'eau	Remarque
0.06 à 0.25	Faible	Réseaux neuf, très bonne maintenance
0.25 à 0.40	Moyenne	Résultats pouvant être obtenus à l'aide de moyen technique appropriés
0.40 à 1.00	Elevé	Faible maintenance
1.0 à 2.00	Très élevé	Maintenance très limitée
>2	Extrêmement élevé	Non acceptable

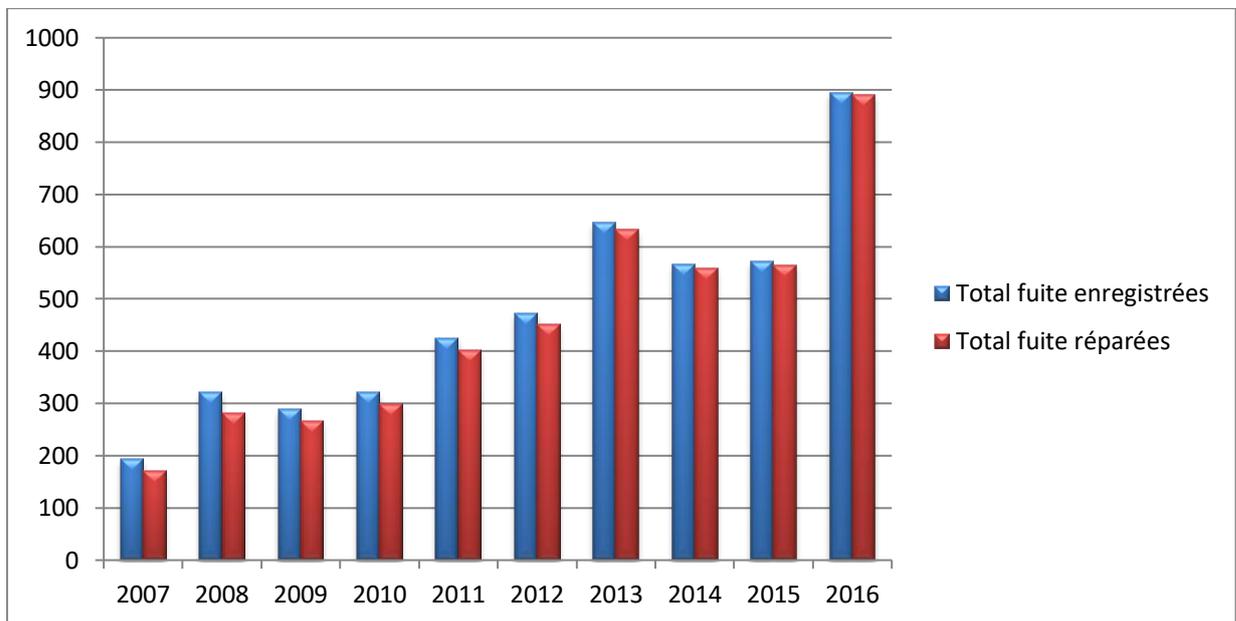
La figure II.9 présente la variation d'indice linéaire de perte au niveau de réseau d'AEP de la ville d'Hennaya

**Figure II.9** : Variation de l'ILP.

Le résultat obtenu montre qu'il y a des pertes d'eau extrêmement élevées au niveau de la ville d'Hennaya qui résultent d'une maintenance très limitée.

Les fuites proviennent essentiellement d'une mauvaise étanchéité des canalisations et de leurs accessoires. Les facteurs de risque sont multiples [14].

La figure II.10 représente la variation des fuites déclarées et réparées dans le réseau d'AEP Hennaya



**Figure II.10:** Les fuites enregistrées et réparées.

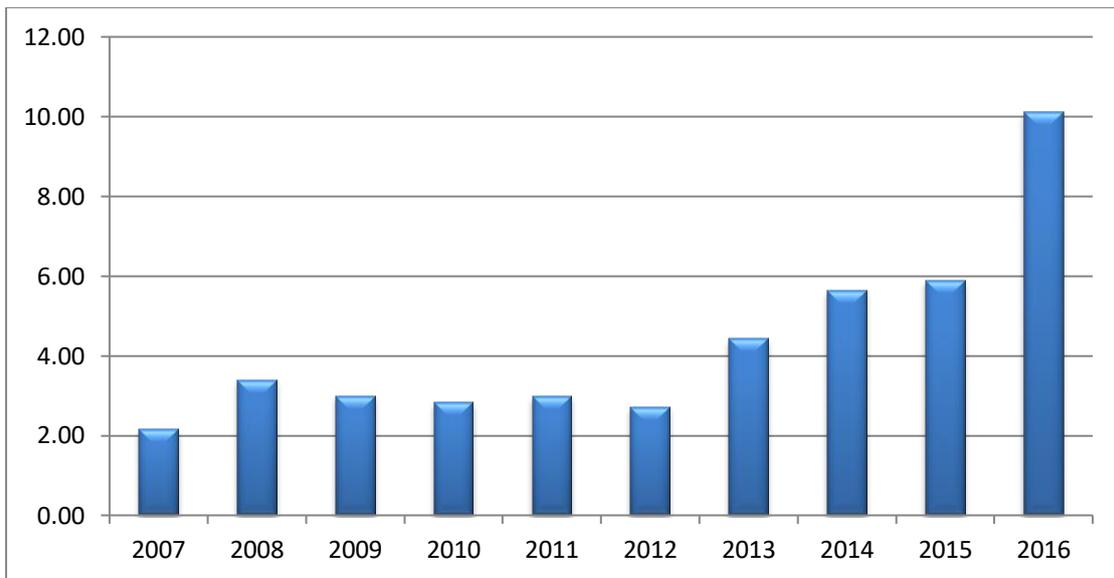
On remarque d'après les résultats de la figure II.9 qu'environ 90% des fuites enregistrés sont réparées dans l'année 2013 et 2016, de ce fait on a calculé l'indice linéaire de réparation.

- **Indice linéaire de réparation**

L'indice linéaire de réparation est un indicateur sur l'état de dégradation des équipements et des canalisations en eau potable. Cet indice est donné par la formule II.5 [23].

$$ILR = \frac{\text{nombre de réparation par an}}{\text{linéaire du réseau}} \quad (\text{II.5})$$

La figure II.11 représente les variations de l'indice linéaire de réparation



**Figure II.11:** Variation de l'ILR.

Le résultat de la figure II.11 fait apparaître que la variation de l'ILP est supérieur à 1 réparation /an/Km. C'est-à-dire que les réparations des fuites d'eau ne sont pas réaliser selon les règles de l'art et que le réseau est vétuste.

## II.9 Interprétations et Recommandations

D'après les résultats obtenus ; On peut conclure que :

- \* Le réseau d'Hennaya est un réseau défaillant avec des pertes d'eau considérables .
- \* La corrosion des conduites (acier galvanisé).
- \* Les branchements illicites et non contrôlés.
- \* Défaillance des pièces de rechange .
- \* Absence de politique de maintenabilité et l'intervention immédiate en cas d'une fuite au .niveau du réseau de distribution.

Donc pour que le réseau soit en bon fonctionnement, il faut prendre des mesures nécessaires afin d'améliorer son rendement ainsi éviter le sur ou le sous dimension du réseau à long terme.

### **II.10 Conclusion**

Ce chapitre nous a permis de faire une étude sur la zone d'Hennaya en point de vue, géographique, démographie, climatique et la situation hydraulique, ainsi une étude sur les rendements et les performances du réseau d'Hennaya.

Cette étude a permis de déterminer l'état actuel du réseau qui nécessite une rénovation. Des propositions sont faites dans le chapitre 3 de ce travail.





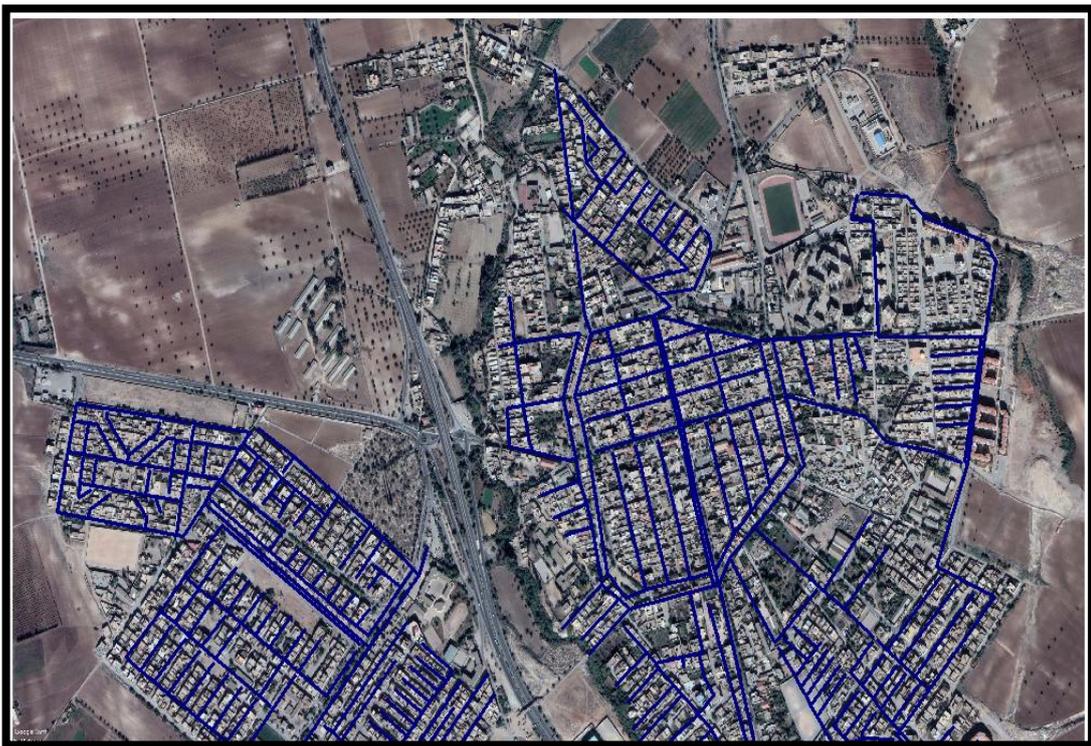
**CHPITRE III : SIMULATION,  
INTERPRETATION ET  
RECOMMANDATION**

### III.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons expliquer la démarche pour avoir le réseau d'AEP de la ville d'Hennaya sous le logiciel Epanet ainsi de faire une description de son état en vérifiant sa performance par la simulation avec les Epanet après on va proposer des solutions pour les cas défavorables.

### III.2 Tracé du réseau d'AEP

Pour le tracé du réseau d'AEP de la ville d'Hennaya des extraites d'images google earth en état enregistrés, ensuite le réseau a été digitalisé sous SIG Mapinfo 8.0 avec la création de sa base de données pour avoir sa géométrie. Les données relatives au réseau ont été identifiées, décrit et localiser à l'aide des données cartographiques et confirmés avec les gestionnaires de la subdivision d'Hennaya. Les figures III.1 montre les résultats du tracé du réseau d'AEP sous SIG pour la ville d'Hennaya.



**Figure III.1** : Tracé du réseau sous SIG.

### III.3 Définition Epanet

EPANET est un logiciel de simulation du comportement hydraulique et qualitatif de l'eau sur de longues durées dans les réseaux sous pression. Un réseau est un ensemble de tuyaux, nœuds (jonctions de tuyau), pompes, vannes, bâches et réservoirs.

EPANET calcule le débit dans chaque tuyau, la pression chaque nœud, le niveau de l'eau dans les réservoirs, et la concentration en substances chimiques dans les différentes parties du réseau, au cours d'une durée de simulation divisée en plusieurs étapes. Le logiciel est également capable de calculer les temps de séjour et de suivre l'origine de l'eau [24].

#### III.3.1 Passage SIG-Porteau

Pour passer du SIG vers Porteau, nous avons fait appel au traducteur universel qui nous a permis de convertir les données (figure III.2).

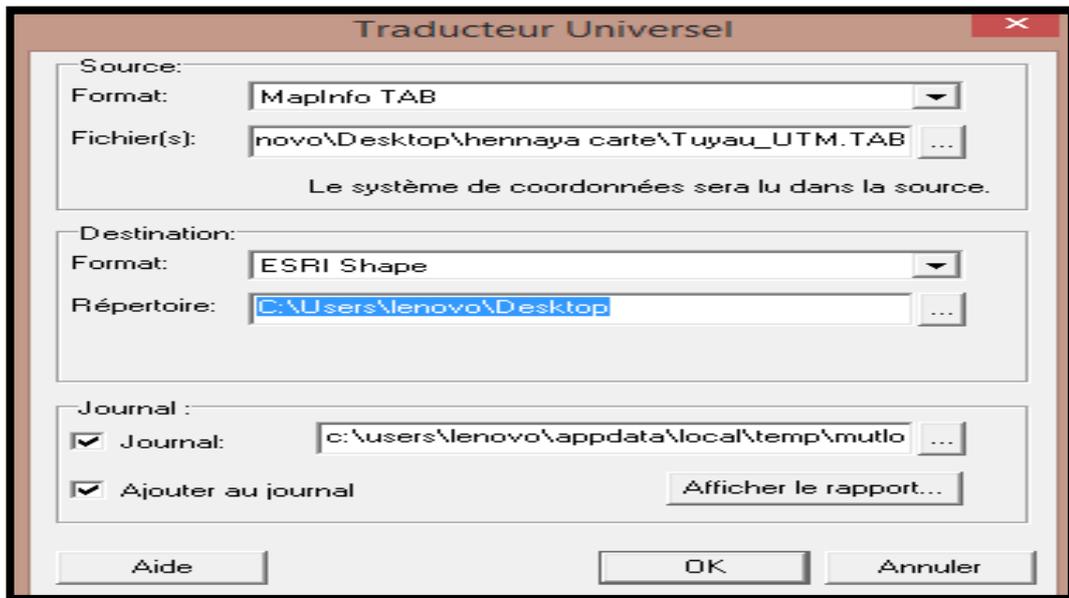


Figure III.2 : Fenêtre de changement de format.

Les données converties sont importées ensuite grâce au sous-menu « Importer un shape file » comme c'est illustré dans les figures III.3 et III.4.

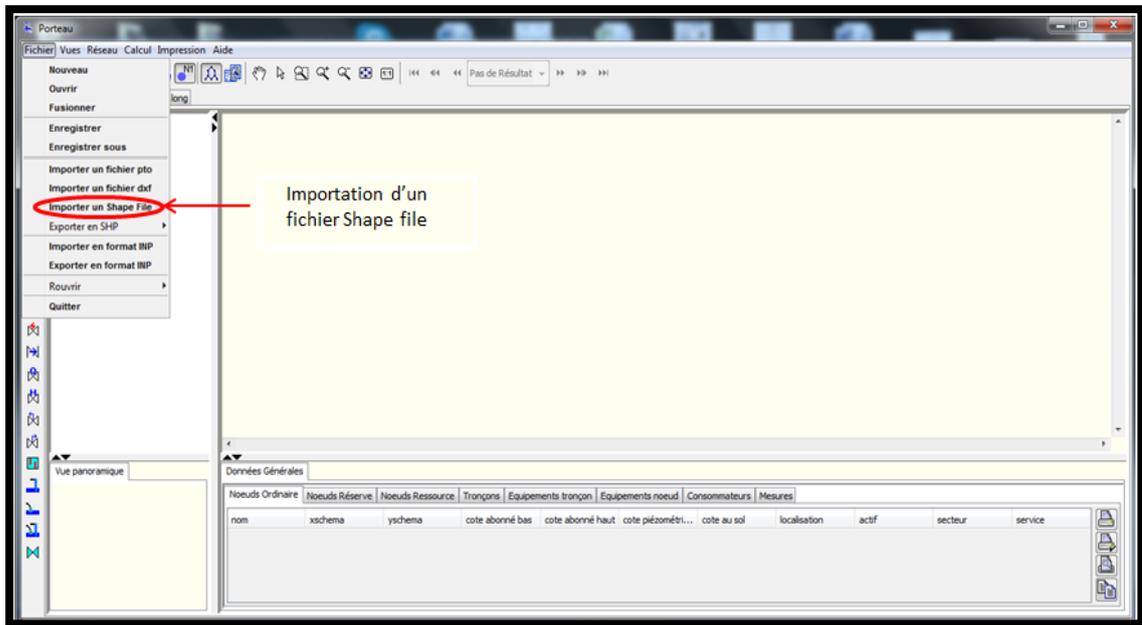


Figure III.3 : Import d'un fichier Shape file sous Porteau.

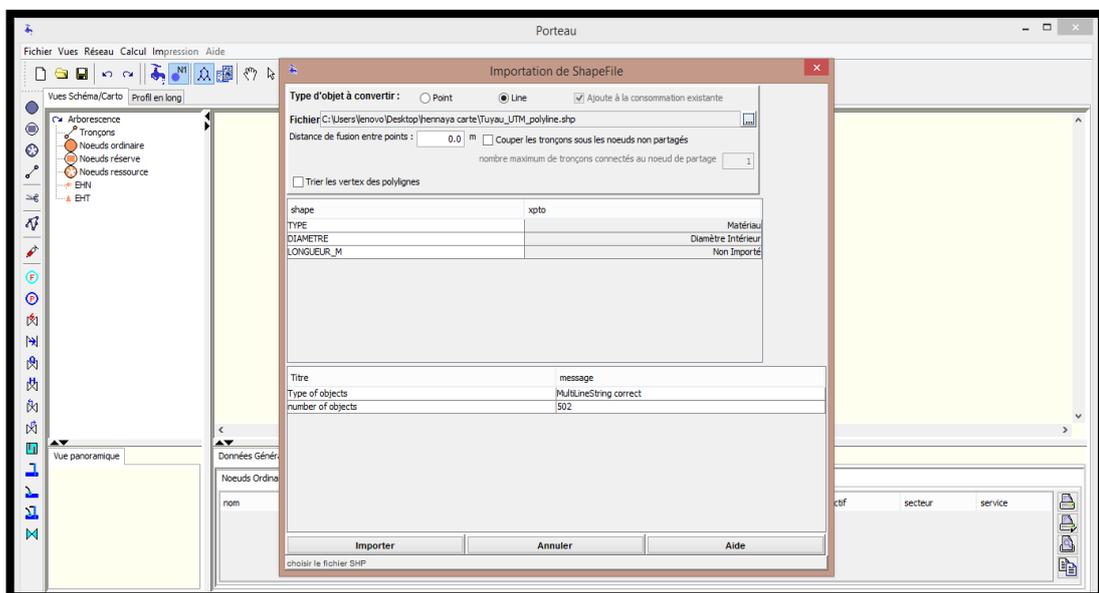


Figure III.4 : Import des nœuds du réseau sous Porteau.

### III.3.2 Le passage Porteau-Epanet

Les données sont converties vers Epanet sous forme « Exporter en format inp ». Tous les éléments constitutifs du réseau d'AEP ont été importés sous Epanet. Le résultat de l'import des différents éléments du réseau est représenté dans les figures III.5 et III.6.

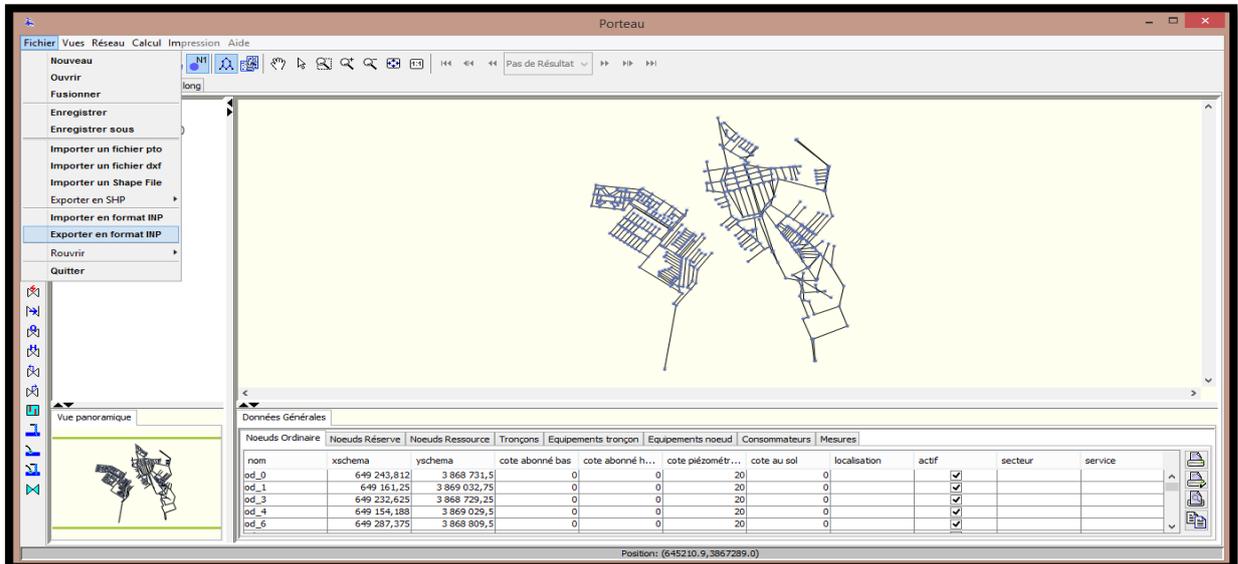


Figure III.5 : Export du réseau sous forme INP.

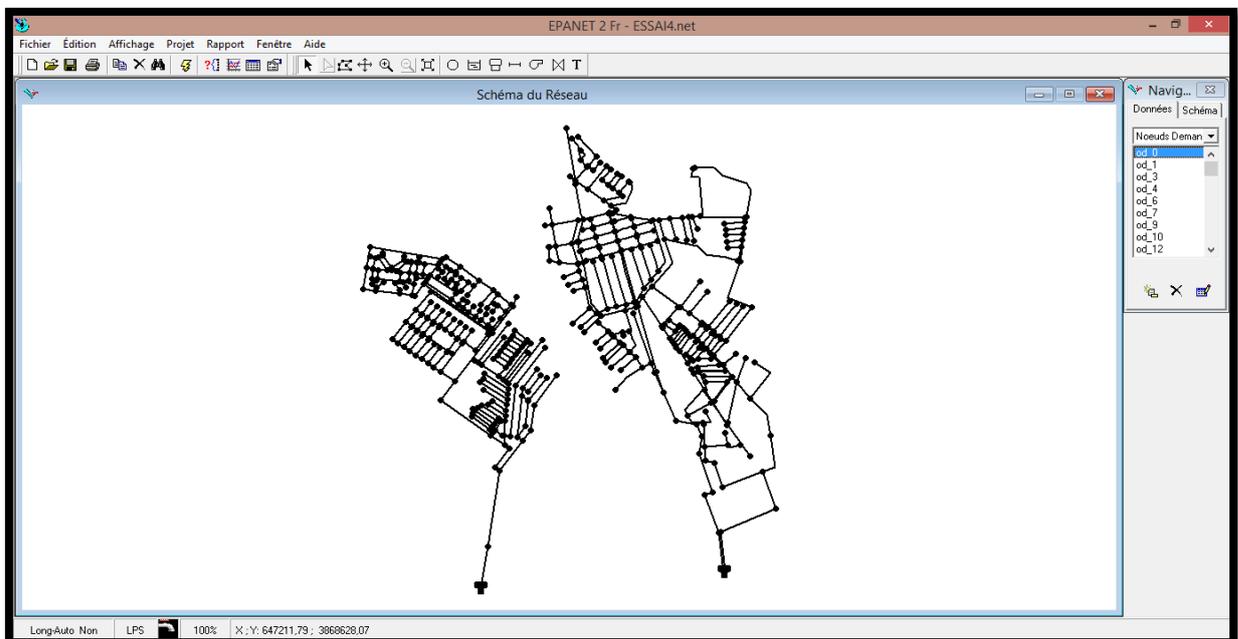


Figure III.6: Le réseau d'AEP d'Hennaya sous Epanet.

### III.4 Simulation du fonctionnement du réseau d'AEP sous EPANET

Après la conversion du réseau, on a introduit les données du réseau tel que les diamètres et la rugosité pour les canalisations, les altitudes et les demandes de base pour les nœuds ainsi que les caractéristiques des réservoirs. Les figures III.7, III.8 et III.9 illustrent le chargement des données pour les différentes composantes du réseau d'AEP de la ville d'Hennaya.

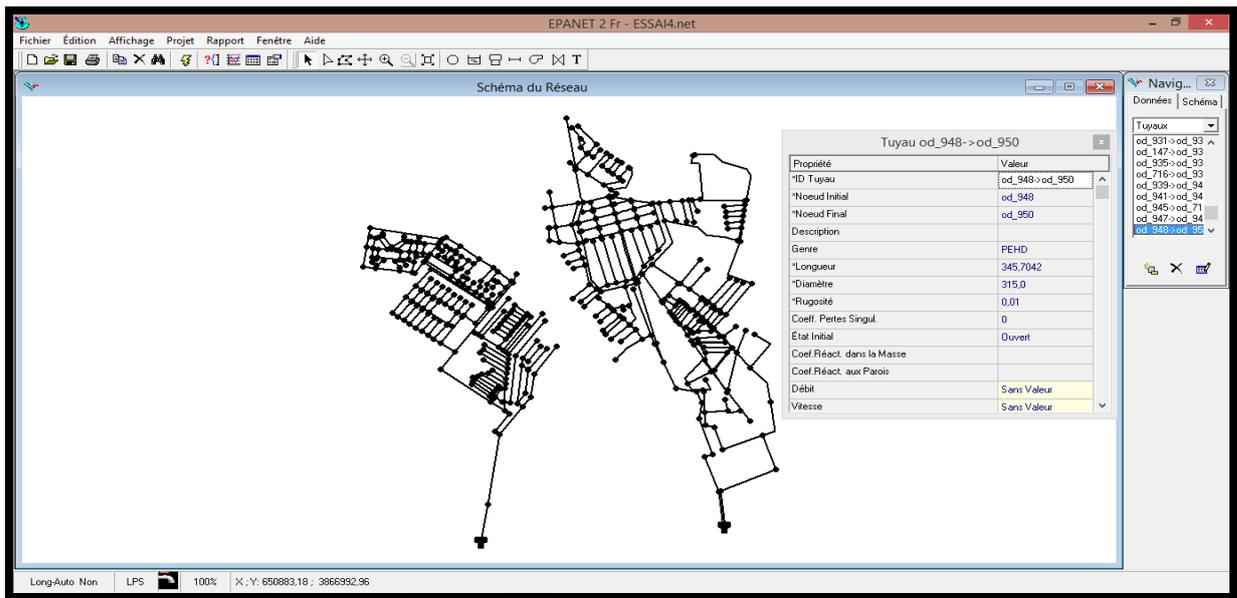


Figure III.7 : Exemple de saisie des données des tuyaux.

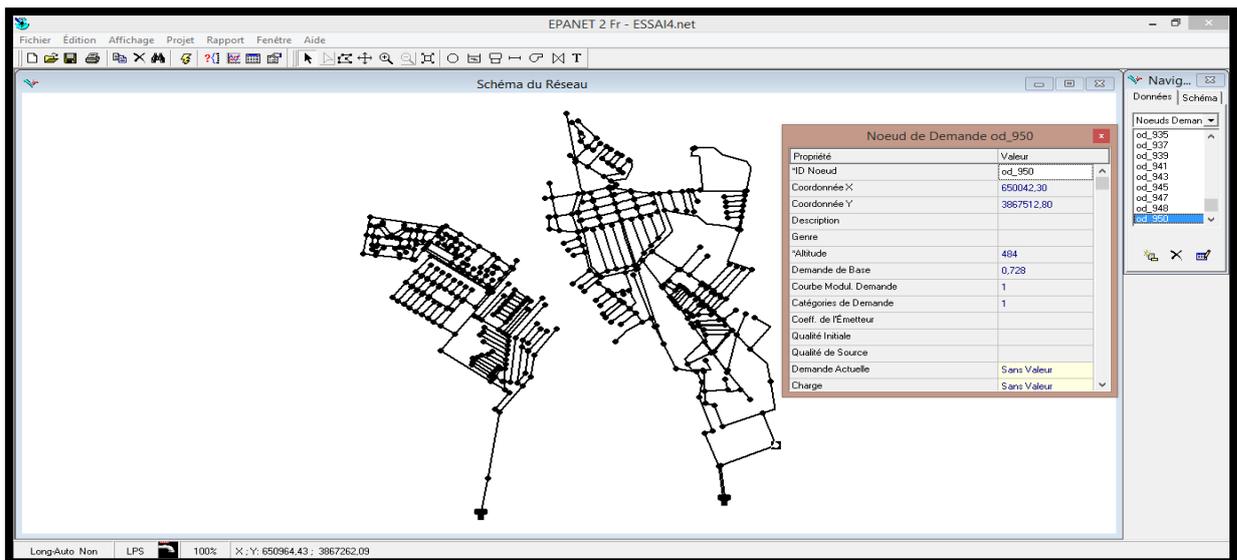


Figure III.8 : Exemple de saisie des données des nœuds.

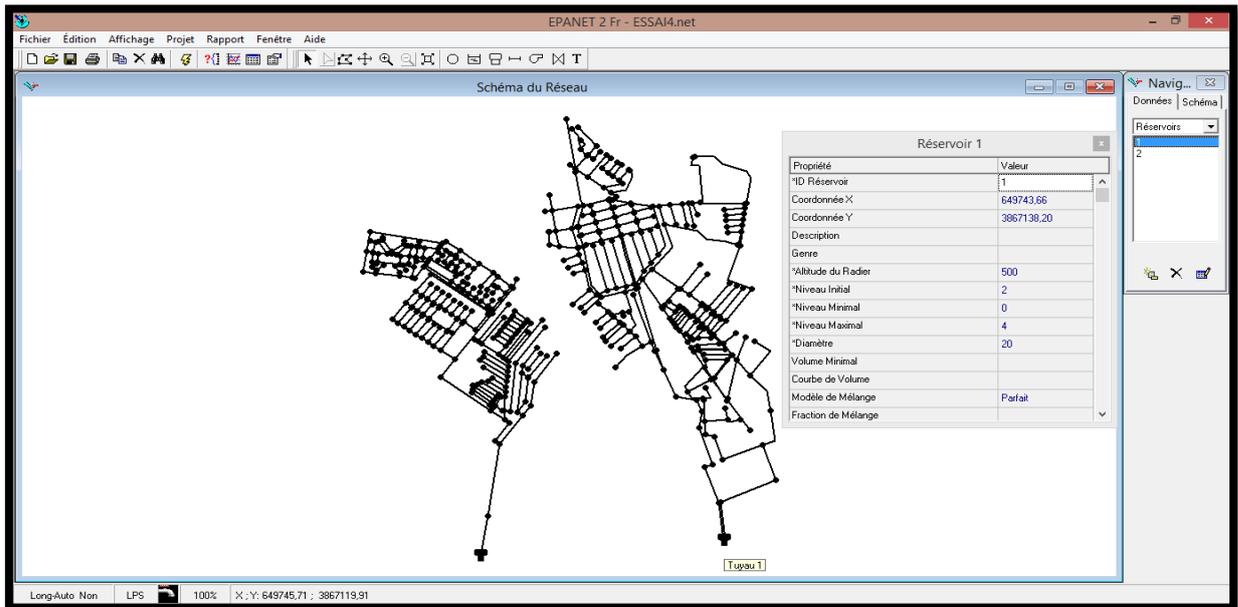


Figure III.9 : Exemple de saisie des données des réservoirs.

- **Courbe de modulation**

La répartition de la consommation sur une journée est très importante et a une grande influence sur le comportement du réseau.

La courbe de modulation choisie est illustrée dans la figure III.10.

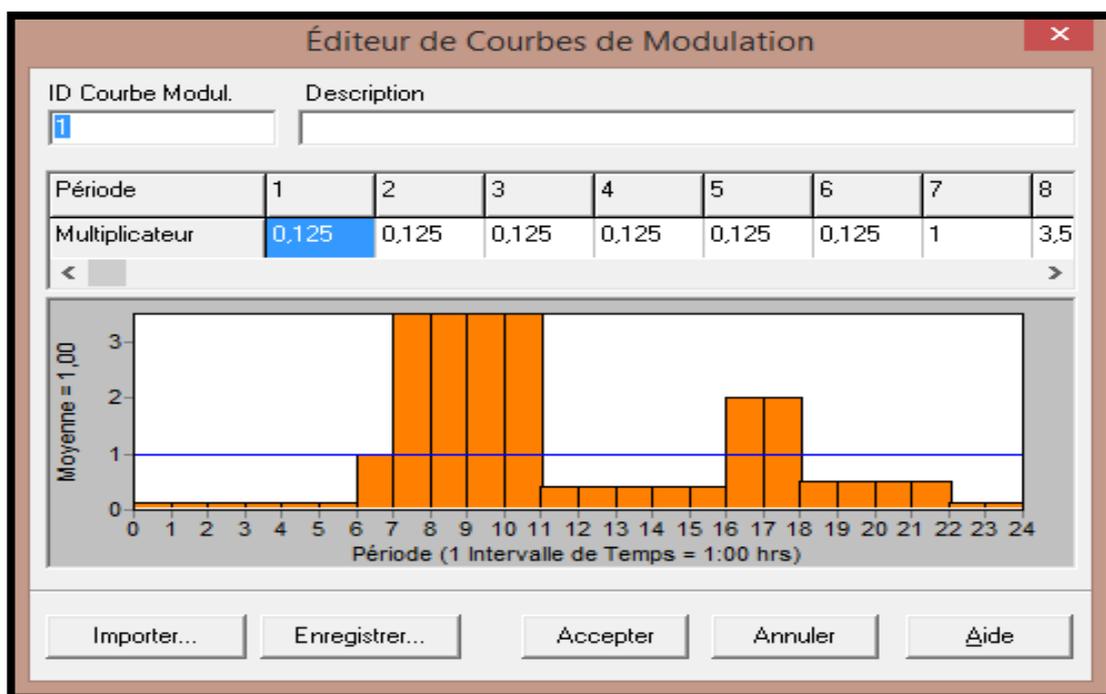
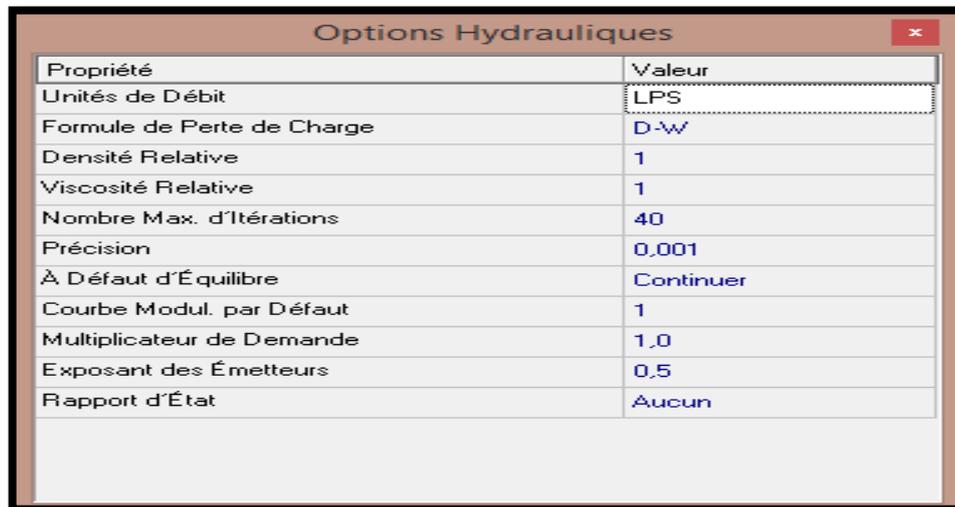


Figure III.10 : Modèle de consommation

- **Options Hydrauliques de la simulation**

Les Options Hydrauliques permettent de déterminer: l'Unités de Débit, Formule de Perte de Charge, le nombre maximum d'itérations, rapport d'état comme il est illustré dans la figure III.11.

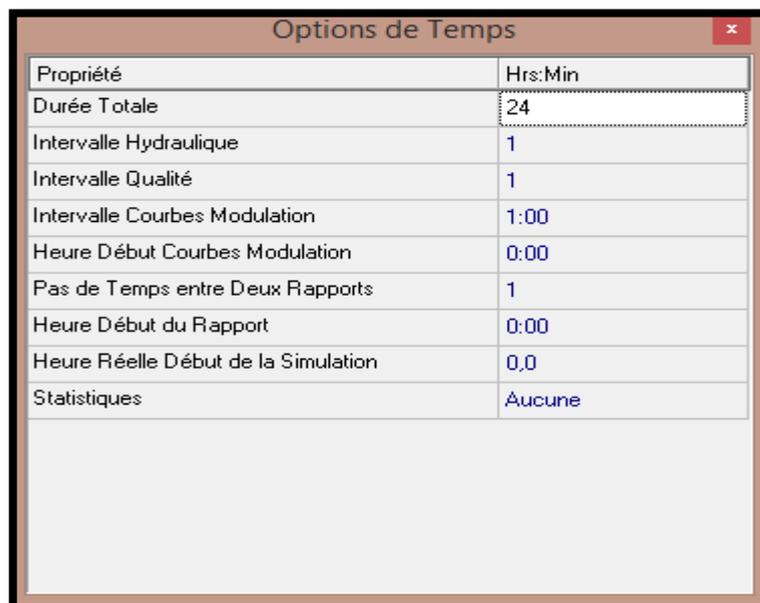


Propriété	Valeur
Unités de Débit	LPS
Formule de Perte de Charge	D-W
Densité Relative	1
Viscosité Relative	1
Nombre Max. d'itérations	40
Précision	0,001
À Défaut d'Équilibre	Continuer
Courbe Modul. par Défaut	1
Multiplicateur de Demande	1,0
Exposant des Émetteurs	0,5
Rapport d'État	Aucun

**Figure III.11** : Les options hydrauliques.

- **Options de temps**

Les Options de Temps définissent les valeurs des différents intervalles des simulations de longues durées (figure III.12).



Propriété	Hrs:Min
Durée Totale	24
Intervalle Hydraulique	1
Intervalle Qualité	1
Intervalle Courbes Modulation	1:00
Heure Début Courbes Modulation	0:00
Pas de Temps entre Deux Rapports	1
Heure Début du Rapport	0:00
Heure Réelle Début de la Simulation	0,0
Statistiques	Aucune

**Figure III.12** : Les options de temps.

### III.5 Etat du réseau actuel

Les figures III.13, III.14 représentent respectivement le lancement d'une simulation et le résultat de cette dernière pour le fonctionnement du réseau actuel d'alimentation en eau potable de la ville d'Hennaya.

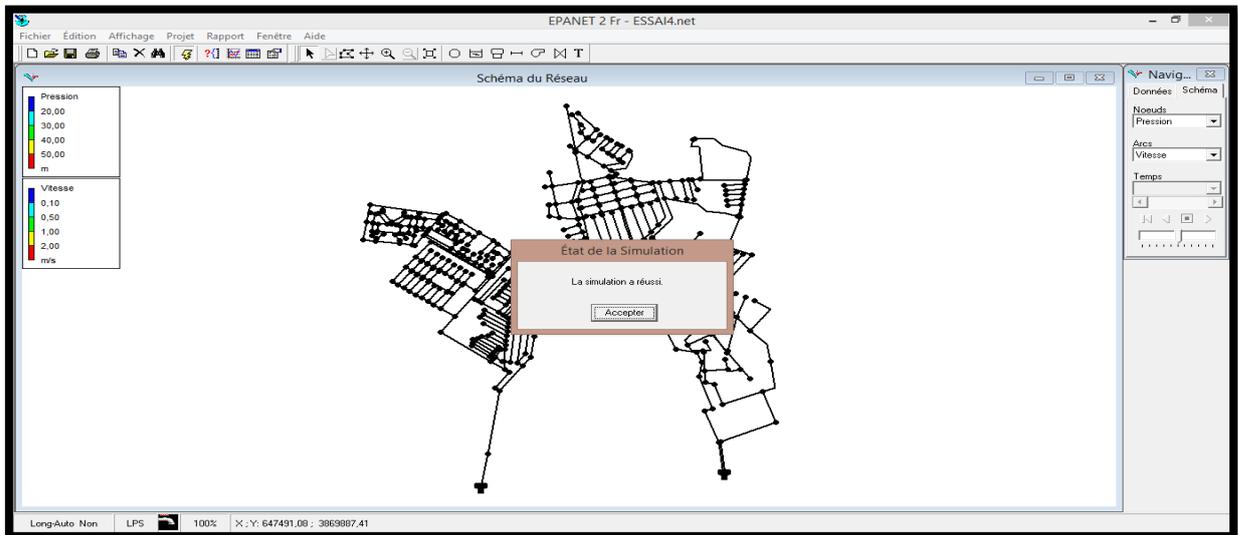


Figure III.13 : Lancement de la simulation.

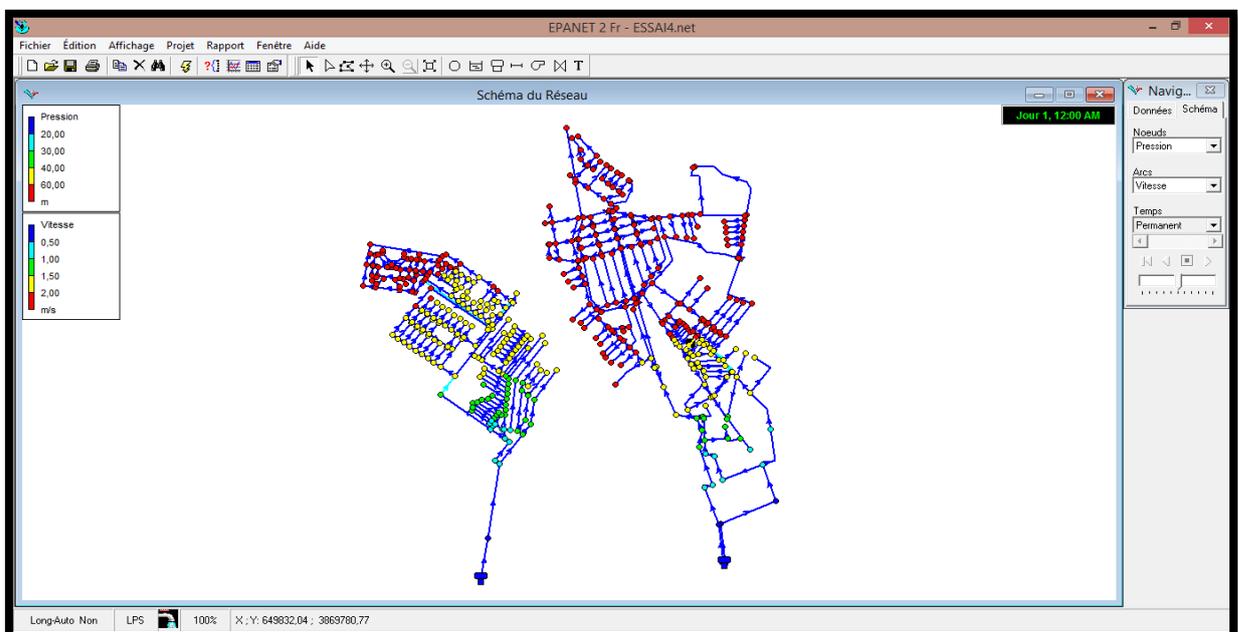


Figure III.14 : Résultat de la simulation.

### III.5.1 Interprétations des résultats du réseau actuel

D'après les résultats obtenus ; on a pu dégager que les principaux problèmes rencontrés pour le réseau d'AEP actuel de Hennaya sont :

- Une dénivelée importante entre des deux réservoirs (500 m et 476 m) et le point le plus bas du réseau (388 m), ce qui donne naissance à des pressions importantes et la création des étages de pressions s'avère indispensable.
- La nature des canalisations (l'âge et le type de matériau) favorise l'apparition des fuites considérables.
- Le problème de la géométrie du réseau (sou-dimensionnement dans certaines parties et surdimensionnement dans d'autres) ce qui donne des enveloppes de pressions très fortes dans certaines zones et faibles dans le reste du réseau.

### III.6 Scénarios de fonctionnement proposés pour le réseau d'AEP de la ville d'Hennaya

Pour régler les problèmes du réseau actuel, on a proposé des scénarios.

Les paramètres interprétés sont la pression et la vitesse.

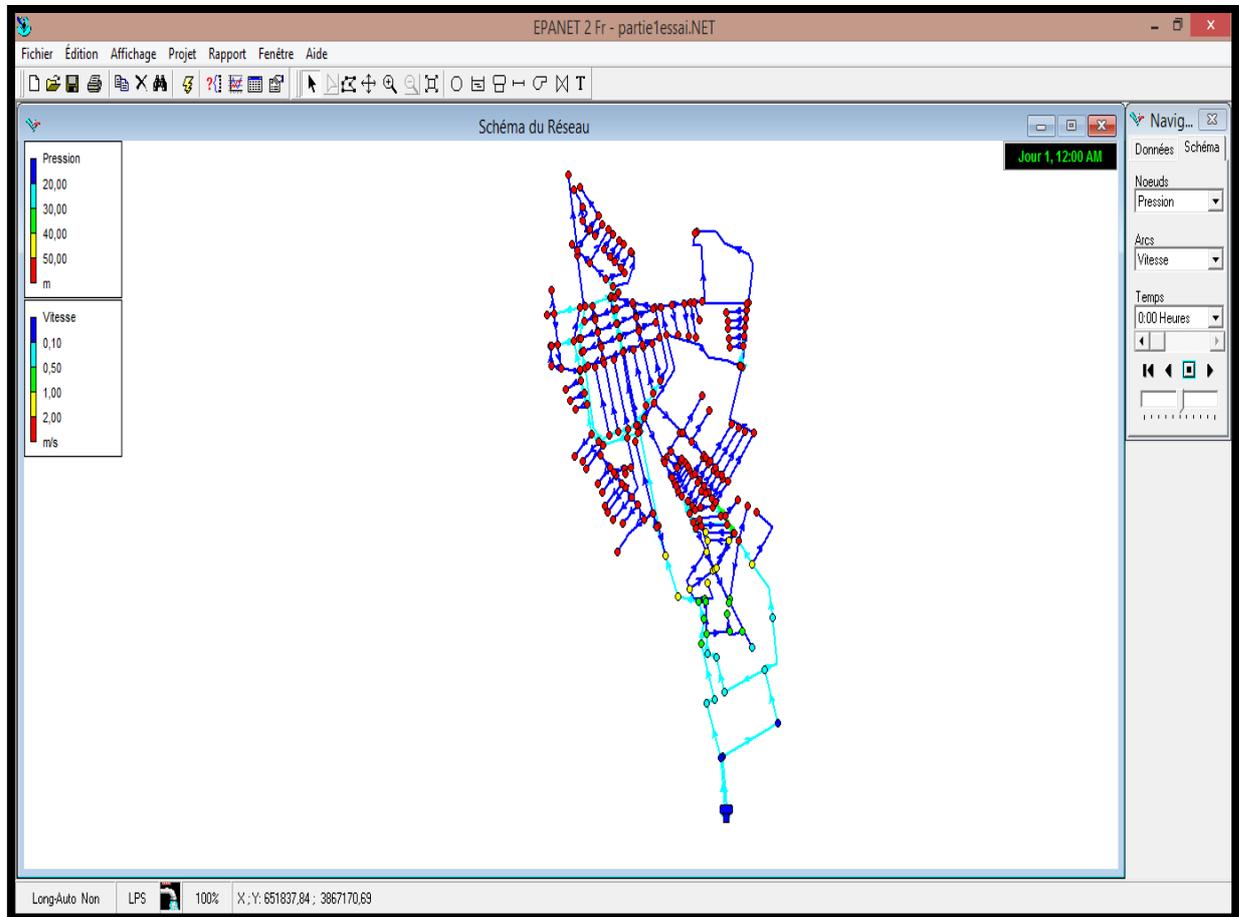
❖ **Pression** : En vue de la bonne tenue des canalisations, il y a lieu d'éviter en ville des pressions supérieures à 40 m qui risquent d'apporter des désordres (fuites) et certains bruits désagréables dans les installations intérieures d'abonnés [1], [20], [26].

❖ **Vitesse** : La vitesse de l'eau dans les conduites est de l'ordre de 0,5 à 1 m/s. Les vitesses supérieures à 1,5 m/s, de même que celles inférieures à 0,5 m/s sont à éviter [1]. Les faibles vitesses favorisent la formation des dépôts, difficiles à évacuer et celles supérieures à 1,5 m/s permettent d'envisager des augmentations de consommation sans que l'utilisateur n'en souffre trop [11].

Puisque le réseau d'AEP de la ville d'Hennaya est composé de deux réseaux séparés l'un de l'autre on a proposé de les séparer et de faire la simulation pour chaque partie.

### III.6.1 Premier scénario

Le premier scénario représente la partie Hennaya chef-lieu illustrée dans la figure III.15.



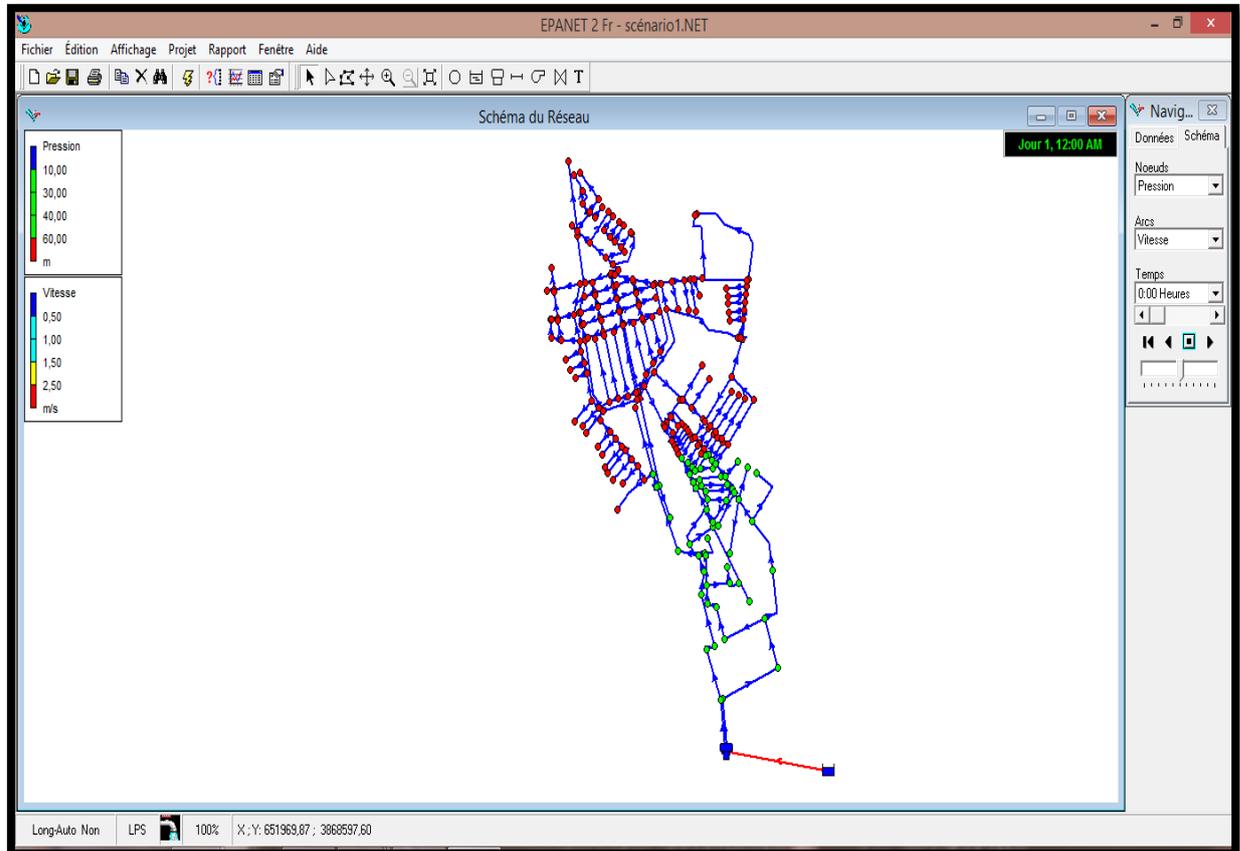
**Figure III.15 :** Réseau du premier scénario.

On a proposé de :

- Ajouter une bache d'eau (550 m) à coté du réservoir.
- Changer le type de canalisation AG en PEHD.
- Changer les diamètres.
- Créer un maillage pour sécuriser l'alimentation en eau potable.

**Les résultats du premier scénario****➤ A minuit 00 :00**

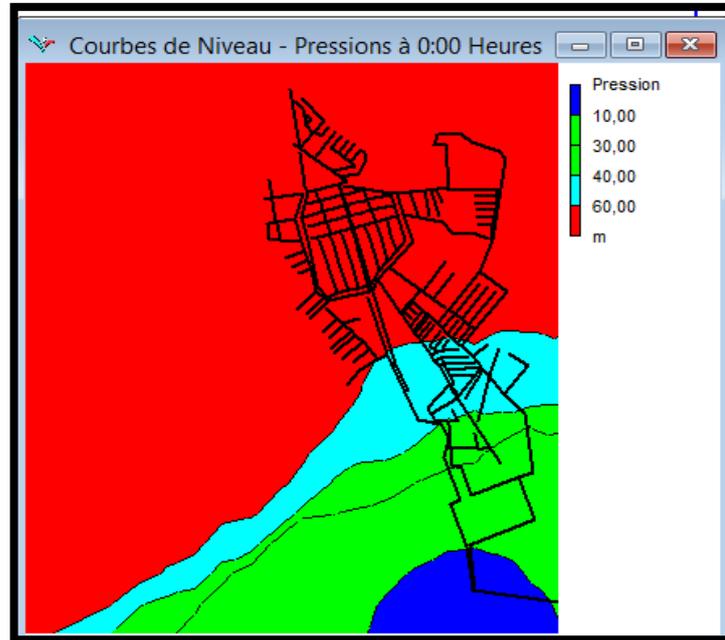
La figure III.16 montre les résultats de la simulation obtenus à minuit.



**Figure III.16 :** Résultat de la simulation pour le premier scénario à minuit.

❖ **Pression :**

L'enveloppe des pressions est donnée dans la figure III.17.



**Figure III.17 :** Enveloppe de pression à minuit.

D'après les résultats obtenus dans la simulation

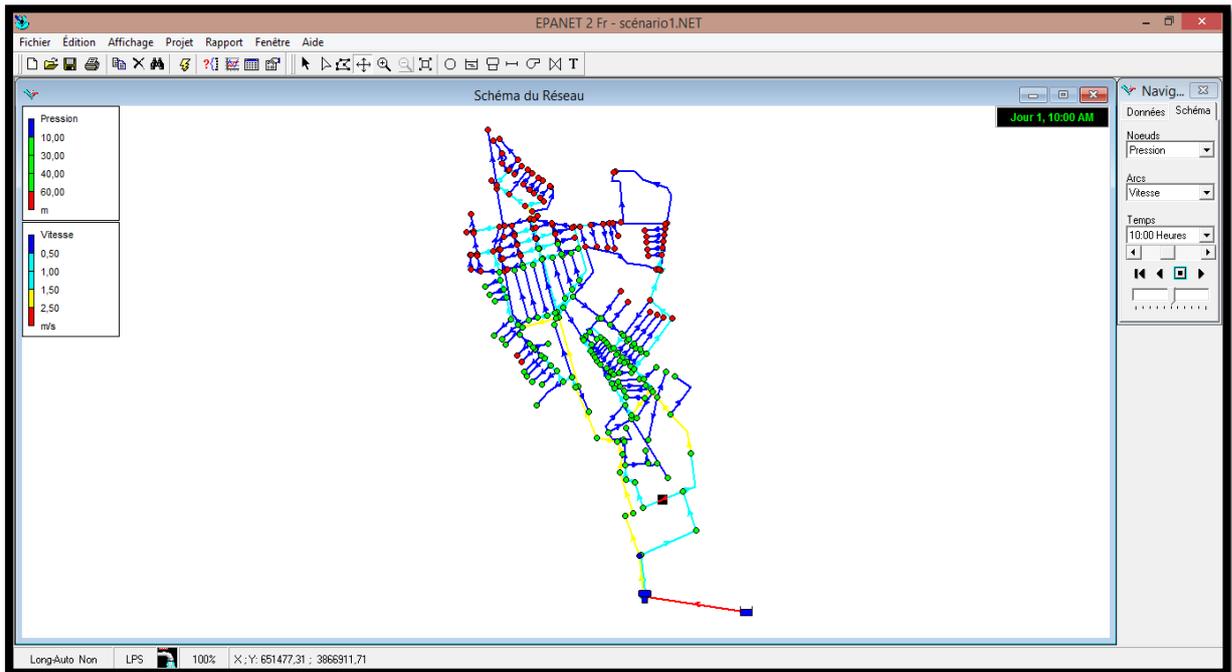
- 10% des nœuds de consommation ont des pressions entre 10 et 40 m.
- 15% des nœuds de consommation ont des pressions entre 40 et 60 m.
- 75% des nœuds de consommation ont des pressions supérieures à 60 m.

❖ **Vitesse :**

100% des canalisations ont des vitesses inférieures à 0,5 m/s.

➤ **A 10 :00 heures**

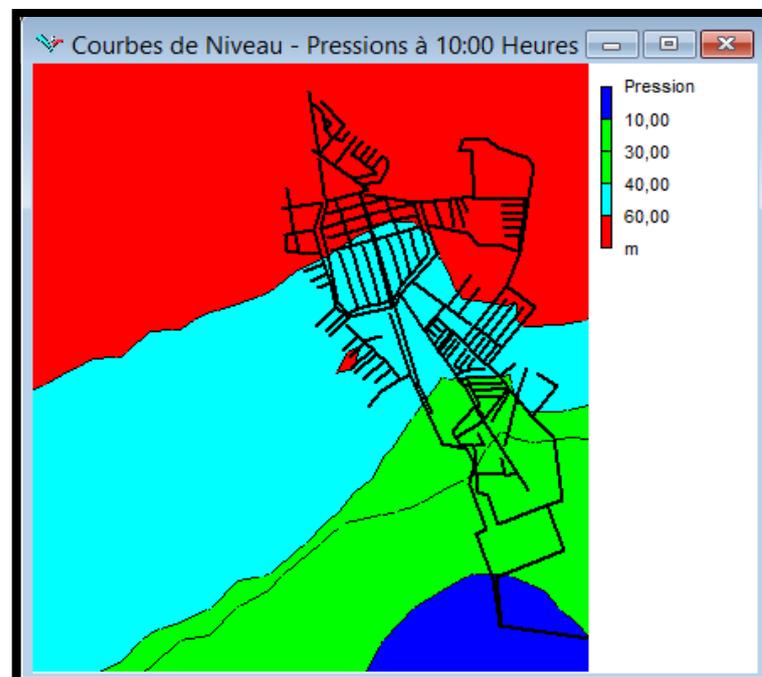
La figure III.18 montre les résultats de la simulation obtenus à 10 :00 heures.



**Figure III.18** : Résultat de la simulation pour le premier scénario à 10 :00 heures.

❖ **Pression :**

L'enveloppe des pressions à 10 :00 heures est donnée par la figure III.19.



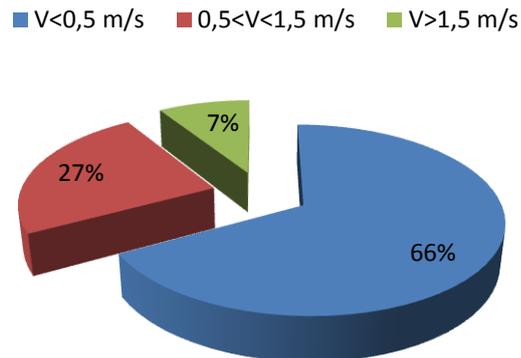
**Figure III.19** : Enveloppe de pression à 10 :00 heures.

Les résultats obtenus ont montrés qu'il y a :

- 25% des nœuds de consommation ont des pressions entre 10 et 40 m.
- 35% des nœuds de consommation ont des pressions entre 40 et 60 m.
- 40% des nœuds de consommation ont des pressions supérieures à 60 m.

❖ **Vitesse :**

La figure III.20 montre les résultats de vitesses à 10 :00 heures.



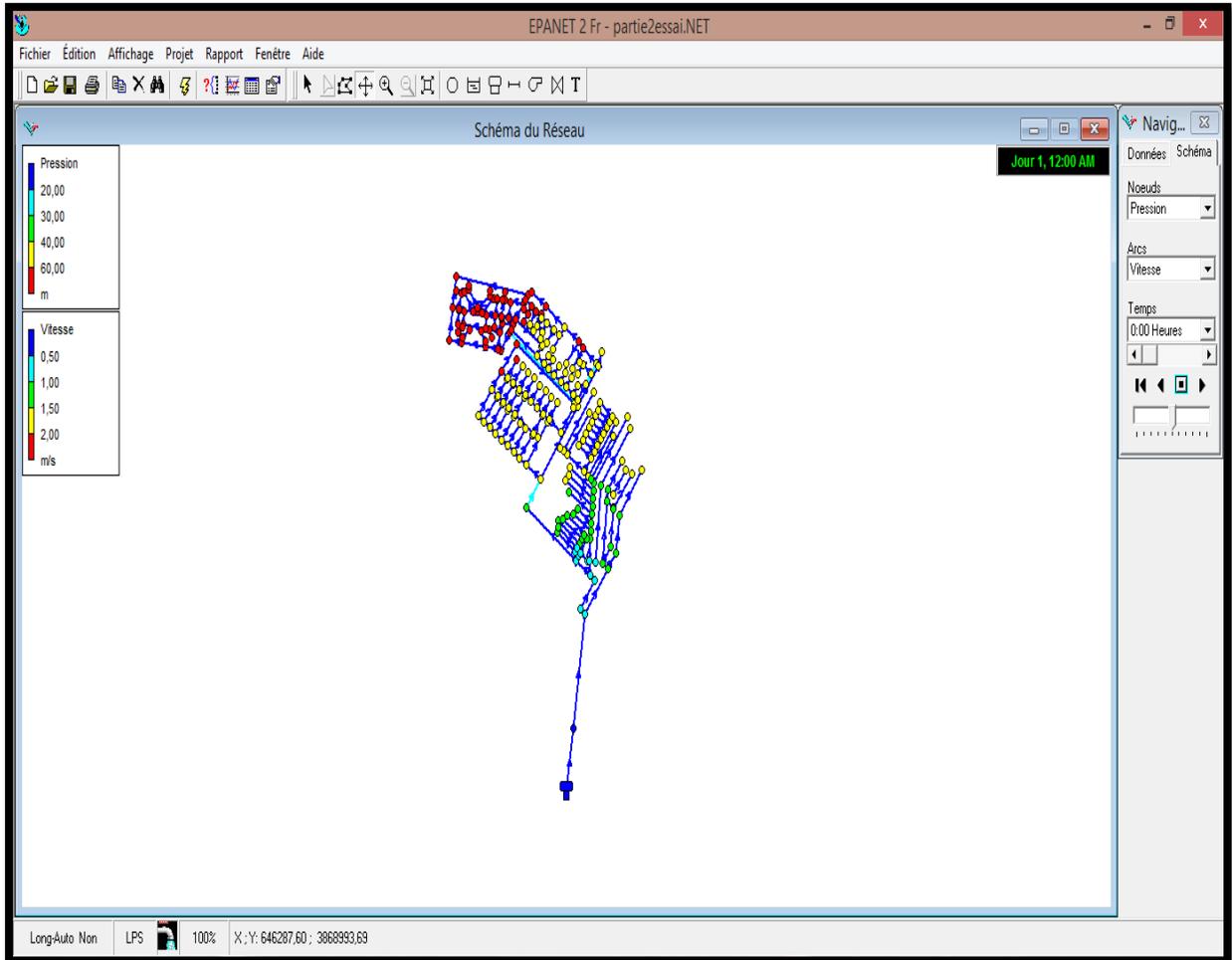
**Figure III.20 :** Répartition des vitesses dans le réseau.

Les résultats obtenus ont montrés qu'il y a :

- 66% des canalisations ont des vitesses inférieures à 0,5 m/s.
- 27% des canalisations ont des vitesses entre 0,5 et 1,5 m/s.
- 7% des canalisations ont des vitesses supérieures à 1,5 m/s.

### III.6.2 Deuxième scénario

Le deuxième scénario représente la partie Khemisti illustrée dans la figure III.21.



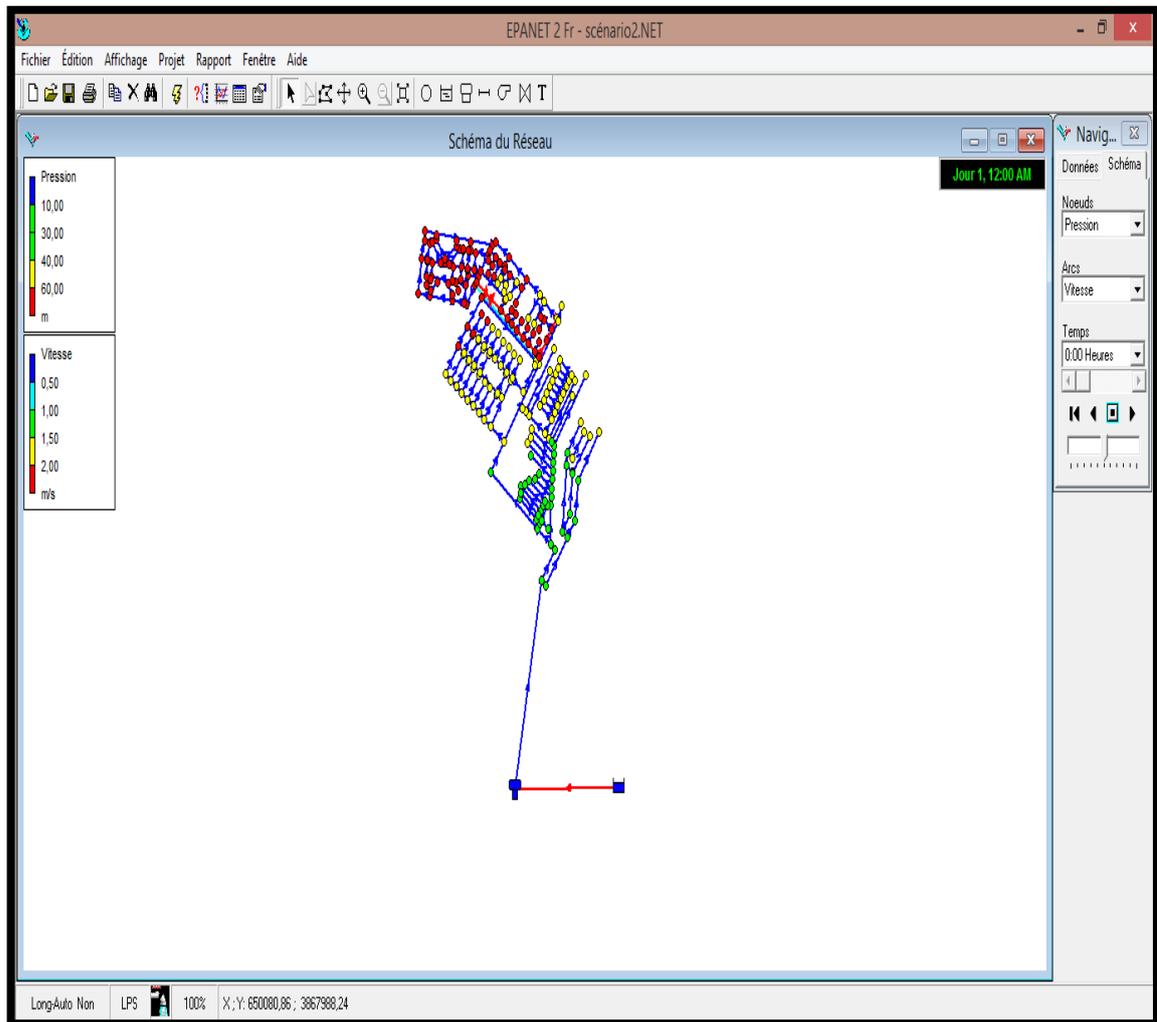
**Figure III.21** : Réseau du deuxième scénario.

On a proposé de :

- Ajouter une bache (550 m)
- Changer le matériau de canalisation AG en PEHD.
- Changer les diamètres.
- Ajouter une vanne régulatrice de pression.

➤ **A minuit 00 :00**

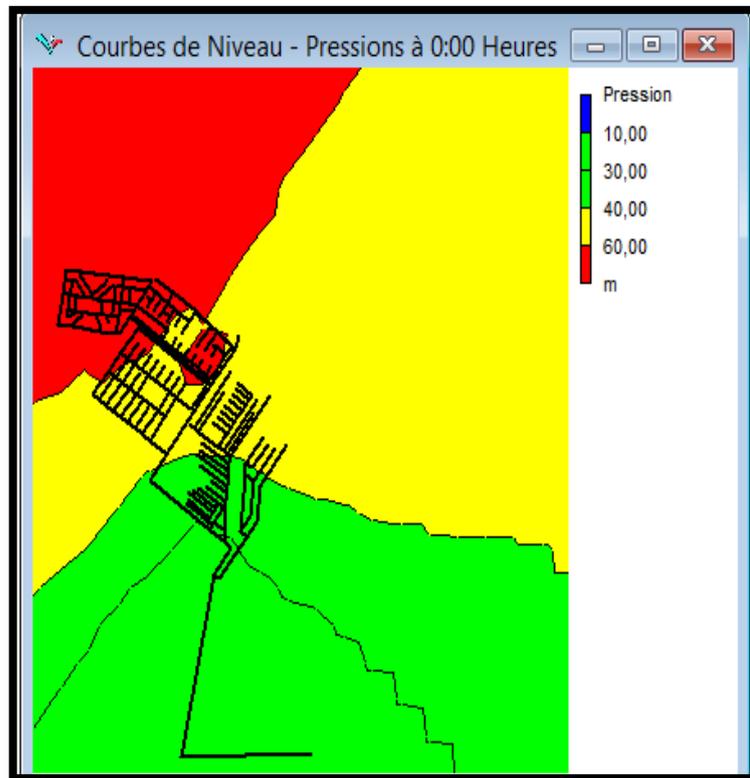
La figure III.22 montre les résultats de la simulation obtenus à minuit.



**Figure III.22** : Résultat de la simulation pour le deuxième scénario à minuit.

❖ **Pression**

L'enveloppe des pressions est donnée par la figure III.23.



**Figure III.23** : Enveloppe de pression à minuit.

Les résultats obtenus ont montrés qu'il y a :

- 18% des nœuds de consommation ont des pressions entre 10 et 40 m.
- 39% des nœuds de consommation ont des pressions entre 40 et 60 m.
- 43% % des nœuds de consommation ont des pressions supérieures à 60 m.

❖ **Vitesse**

99% des canalisations une des vitesses inférieurs à 0,5 m/s.

## ➤ A 07 :00 heures

La figure III.24 montre les résultats de la simulation obtenus à 7 :00 heures.

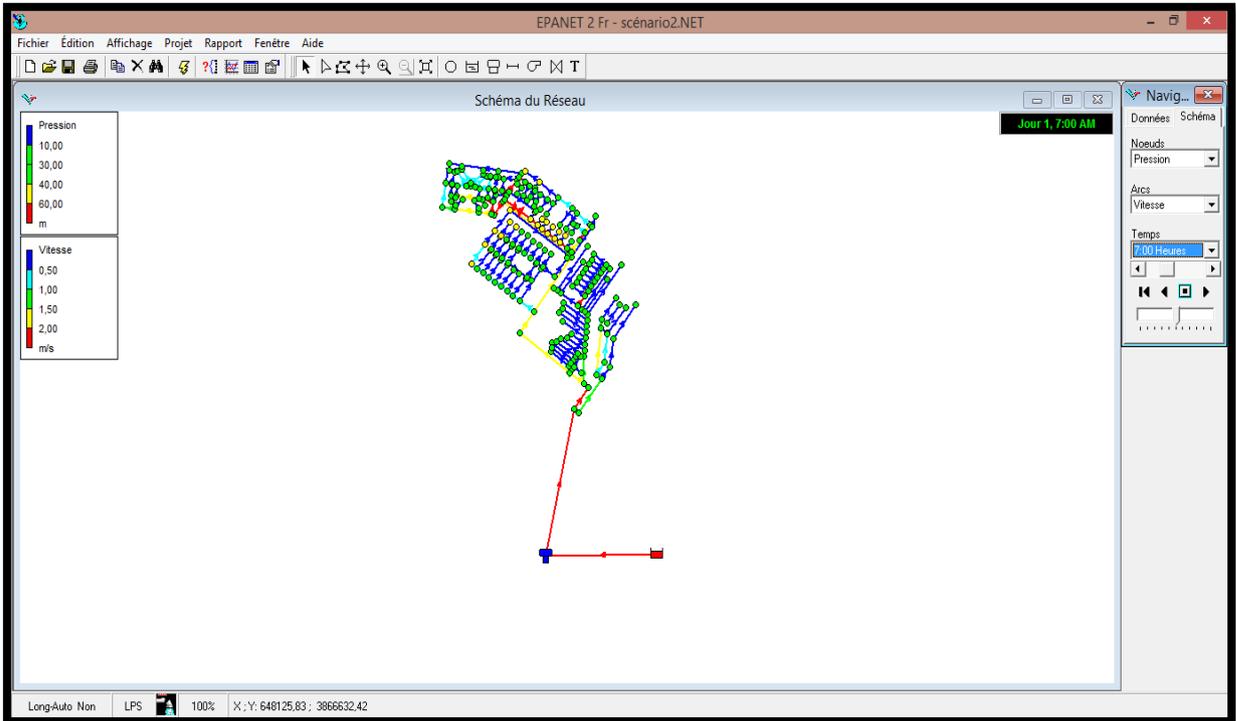


Figure III.24 : Résultat de la simulation pour le deuxième scénario à 07 :00 heures.

## ❖ Pression

L'enveloppe des pressions est montrée dans la figure III.25.

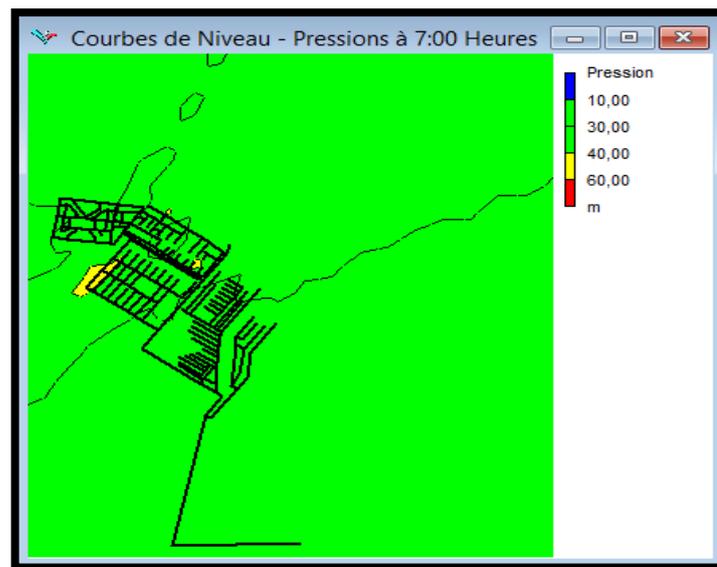


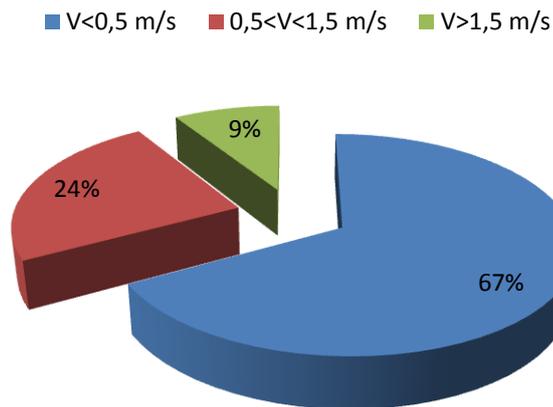
Figure III.25 : Enveloppe de pression à 07 :00 heures.

Les résultats obtenus montre qu'il y a :

- 90% des nœuds de consommation ont des pressions entre 10 et 40 m.
- 10% des nœuds de consommation ont des pressions entre 40 et 60 m.

❖ **Vitesse :**

La figure III.26 montre les résultats de vitesses à 07 :00 heures.



**Figure III.26 :** Répartition des vitesses dans le réseau.

Les résultats ont montrés que :

- 67 % des canalisations ont des vitesses inférieures à 0,5 m/s
- 24% des canalisations ont des vitesses entre 0,5 et 1,5 m/s.
- 9% des canalisations ont des vitesses supérieures à 1,5 m/s.

### III.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons fait un diagnostic pour l'état actuel du réseau d'AEP de la ville d'Hennaya à partir de la simulation de logiciel Epanet. Ce dernier a permis de déterminer les paramètres hydrauliques (pression et vitesse).

Le fonctionnement du réseau d'AEP ne répond pas aux normes de pressions et de vitesses. Ce qui pose des problèmes pour le bon fonctionnement de ce réseau.

Les faibles pressions ont été causées par les sous-dimensionnements des canalisations alors que les fortes pressions ont été causées par le mauvais positionnement des réservoirs ainsi que les contraintes topographiques.

Les conduites à faibles vitesses peuvent provoquer une formation de dépôts, et les grandes vitesses augmentent les pertes de charges et altèrent plus rapidement les conduites.

Pour cela, on a fait des scénarios sur Epanet pour donner des solutions aux problèmes rencontrés, ces solutions concernent le changement des diamètres des canalisations. Malgré toutes les solutions qu'on a proposées, les faibles vitesses restent un problème dans certains tronçons et même en diminuant les diamètres, la variation de la vitesse reste en dehors de la fourchette. À part ceci, les pressions sont aux normes et les diamètres sont légaux.



# **CONCLUSION GENERALE**

### Conclusion générale

Ce travail nous a permis en premier lieu d'avoir un aperçu sur l'état du réseau d'AEP actuel de Hennaya en vérifiant sa performance avec des indicateurs techniques tels que le rendement, l'indice des pertes.... et de dégager les points les plus défavorables au niveau du réseau. Les résultats obtenus ont montré que ce réseau est défaillant avec des pertes considérables.

Pour faire une étude plus détaillée du réseau d'AEP, des simulations de son fonctionnement, pour différents horizons et avec différentes configurations, ont été faites pour vérifier les caractéristiques hydrauliques (répartition des pressions et des vitesses). Cela a nécessité le tracé du réseau sous SIG et la création de sa base de données.

Un passage du SIG vers Epanet 2.0 a été ensuite fait et des simulations du fonctionnement du réseau d'AEP de la ville de Hennaya ont été lancées pour différents cas (état actuel, état futur...). Plusieurs anomalies ont été enregistrées et des propositions ont été faites pour corriger les problèmes rencontrés dans ce réseau.

Les propositions faites se sont basées sur deux scénarios de réhabilitation et de rénovation du réseau pour mieux desservir les abonnés de Hennaya en heure de pointe. Enfin, il faut signaler que le développement de ce sujet a été conditionné par plusieurs contraintes, la plus importante étant le problème de non disponibilité des données et le manque des plans.

Ce travail de mémoire s'inscrit dans un processus global pour développer des méthodes et des techniques de conception et de gestion des réseaux d'AEP, pour le compléter, nous recommandons de :

- Faire des campagnes de mesures pour valider les résultats
- Faire une étude technico économique.
- Faire la sectorisation pour le réseau.
- Prendre en charge la modélisation de qualité de l'eau.

# Références bibliographiques

---

## Référence bibliographiques

- [1] **André DUPONT** ; Hydraulique urbaine, Tome 2, Edition Eyrolles, 1979, 484 p.
- [2] **Abdelbaki C, Allal M. A. et Djelloul Smir S. M** ; Une démarche qualité pour la gestion des réseaux d'alimentation en eau potable ; cas du GUT (Algérie), 6<sup>ème</sup> conférence internationale des ressources en eau dans le bassin méditerranéen, Sousse, Tunisie, 10- 12 Oct. 2012.
- [3] **Mohamed BOULOUARD** ; Gestion et exploitation de réseau d'eau potable, Formation Maroc, 2014.
- [4] **Cyril GOMELLA et Henri GUEREE** ; La distribution d'eau dans les agglomérations urbaines et rurales, Edition Eyrolles, Paris, 1974, p 87-108.
- [5] Les différents types de canalisations, consultées le site : <http://www.wikip.fr/distribution/les-types-de-canalisation> , 06-2018.
- [6] Tuyaux en amiante ciment, consulté le site : <https://www.google.com/search?q=tuyaux+amiante+ciment> , 06-2018.
- [7] Matériaux utilisés dans les réseaux d'AEP, consulter le site : [www.pipelife.fr/fr/media/pdf/STRPVC-Guide-AEP-Avril-2014.pdf](http://www.pipelife.fr/fr/media/pdf/STRPVC-Guide-AEP-Avril-2014.pdf) , 02-2018.
- [8] Les tuyaux en PEHD, consulter le site : <http://www.plastechplus.ca/nouvelles/les-differences-entre-le-pvc-et-le-pehd-69.aspx> , 05-2018.
- [9] **Ouellebi F, Chettouh Y** ; Dimensionnement du réseau d'alimentation en eau potable de secteur route Touggourt – EL OUED, Mémoire, 2015.
- [10] **Choux B** ; Modélisation des réseaux d'eau potable, compatibilité avec la cartographie informatisée, l'eau –l'industrie –les nuisances N 141, 1990, 48-50p
- [11] **Valiron F** ; Mémento du gestionnaire de l'alimentation en eau potable et de l'assainissement, Tome 1, 2,3, Edition Lavoisier, 1994, 1268 p
- [12] **Cherif FZ** ; Etude critique et modélisation du réseau d'AEP du chef-lieu de Chetouane, thèse de master, 2015.
- [13] Réduction des pertes d'eau des réseaux de distribution d'eau potable Guide pour l'élaboration du plan d'actions (décret 2012-97 du 27 janvier 2012).
- [14] **Office International de l'eau (OIE)** ; Connaissance et maîtrises des pertes dans le réseau d'eau potable, 2005, p15.

## Références bibliographiques

---

- [15] **Abdelbaki C** ; Modélisation d'un réseau d'AEP et contribution à sa gestion à l'aide d'un SIG- Cas du groupement Urbain de Tlemcen, Thèse de doctorat, 2014.
- [16] **Subdivision de l'hydraulique d'Hennaya** ; Rapport interne, 2018.
- [17] **APC Hennaya** ; Population de la commune, 2018.
- [18] **Guérin-Schneider L** ; L'intérêt des indicateurs de performance dans la gestion des services d'eau et d'assainissement, Colloque SHF, Paris, 2002.
- [19] **Seine & Marne** ; Analyse des performances des réseaux d'eau potable en seine-et-marne , 2009.
- [20] **Gomella C** ; Guide de l'alimentation en eau dans les agglomérations urbaine et rurales Tome 1 : la distribution, Edition EYROLLES, Paris, 1985, p 227.
- [21] Indice linéaire de perte ; Consulté le site :  
<http://www.services.eaufrance.fr/indicateurs/P106.3> , 03-2018.
- [22] **Institut national de perfectionnement de l'équipement INPE** ; Séminaire sur l'économie de l'eau, 2001.
- [23] **Lambert A.O., Brown TG., Takizawa M. W** ; A review of performance indicators for real losses from water supply systems. Aqua, 48, 1999, p 227-237.
- [24] **EPANET 2.0** ; Simulation Hydraulique et Qualité pour les Réseaux d'Eau sous Pression, 2003.
- [25] **Bonin, J** ; Hydraulique Urbaine Appliquée aux agglomérations de petite et moyenne importance. Edition Eyrolles, 1986, 228 p.
- [26] **DRE** ; La direction des ressources en eaux, rapport technique, 2018.

# **ANNEXES**

## ANNEXES

---

### Annexe 1 :

#### Etude des indicateurs de performance des services AEP de la ville d'Hennaya

La variation des pertes d'eau et les rendements de production au niveau de la ville d'Hennaya

[26]

<b>Année</b>	<b>Volume produit (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume distribué (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Perte stockage (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Perte stockage (%)</b>	<b>Rendement Production (%)</b>
<b>2007</b>	1575146	1496389	78757	4,99998	95
<b>2008</b>	1589473	1509999	79474	5,00002	95
<b>2009</b>	1955026	1857275	97751	4,99998	95
<b>2010</b>	2354000	2237000	117000	4,97026	95
<b>2011</b>	2876347	2732530	143817	4,99999	95
<b>2012</b>	3127025	2970674	156351	4,99999	95
<b>2013</b>	3473629	3299947	173682	5,00002	95
<b>2014</b>	3405161	3234904	170257	4,99997	95
<b>2015</b>	4571083	4342528	228555	5,00002	95
<b>2016</b>	5536817	5259975	276842	5,00002	95

## ANNEXES

La variation des pertes d'eau en distribution et les rendements primaire au niveau de la ville  
d'Hennaya [26]

<b>Année</b>	<b>Volume distribué (m3)</b>	<b>Volume facturé (m3)</b>	<b>Perte distribution (m3)</b>	<b>Perte distribution (%)</b>	<b>Rendement primaire (%)</b>
<b>2007</b>	1496389	985136	511253	34,16578176	65,83
<b>2008</b>	1509999	1098306	411693	27,26445514	72,74
<b>2009</b>	1857275	1156094	701181	37,75321371	62,25
<b>2010</b>	2237000	1543462	693538	31,00303979	69,00
<b>2011</b>	2732530	1290670	1441860	52,76648381	47,23
<b>2012</b>	2970674	1553730	1416944	47,69772786	52,30
<b>2013</b>	3299947	1719124	1580823	47,90449665	52,10
<b>2014</b>	3234904	1850437	1384467	42,797777	57,20
<b>2015</b>	4342528	2272782	2069746	47,6622373	52,34
<b>2016</b>	5259975	2474887	2785088	52,94869272	47,05

## ANNEXES

---

Les fuites enregistrées et les fuites réparées dans le réseau d'AEP de Hennaya [26]

Année	Fuites enregistrées			Total	Fuites réparées			Total
	Adduction	Distribution	Branchement		Adduction	Distribution	Branchement	
<b>2007</b>	5	119	69	193	5	106	60	171
<b>2008</b>	7	184	130	321	7	166	108	281
<b>2009</b>	5	162	121	288	5	147	115	267
<b>2010</b>	7	150	165	322	7	139	154	300
<b>2011</b>	9	156	259	424	9	146	246	401
<b>2012</b>	3	140	329	472	3	133	315	451
<b>2013</b>	4	221	420	645	4	217	411	632
<b>2014</b>	6	283	277	566	6	276	276	558
<b>2015</b>	3	292	277	572	3	289	273	565
<b>2016</b>	0	496	399	895	0	495	396	891

## ANNEXES

---

La variation de l'indice linéaire des pertes d'eau en distribution au niveau de la ville  
d'Hennaya [26]

<b>Année</b>	<b>Longueur réseau Adduction (Km)</b>	<b>Longueur réseau Distribution (Km)</b>	<b>Total (Km)</b>	<b>Perte distribution (m<sup>3</sup>)</b>	<b>ILP (m<sup>3</sup>/km/h)</b>
<b>2007</b>	24	49	73	511253	1,191
<b>2008</b>	24	49	73	411693	0,959
<b>2009</b>	24	49	73	701181	1,634
<b>2010</b>	24	49	73	693538	1,616
<b>2011</b>	24	49	73	1441860	3,359
<b>2012</b>	24	49	73	1416944	3,301
<b>2013</b>	24	49	73	1580823	3,683
<b>2014</b>	24	49	73	1384467	3,225
<b>2015</b>	24	49	73	2069746	4,822
<b>2016</b>	24	49	73	2785088	6,488

## ANNEXES

---

La variation de l'indice linéaire de réparation au niveau de la ville d'Hennaya [26]

<b>Année</b>	<b>Nombre de réparation annuel</b>	<b>linéaire (km)</b>	<b>indice linéaire de réparation (rep/an /km)</b>
<b>2007</b>	60	49	2,16
<b>2008</b>	108	49	3,39
<b>2009</b>	115	49	3,00
<b>2010</b>	154	49	2,84
<b>2011</b>	246	49	2,98
<b>2012</b>	315	49	2,71
<b>2013</b>	411	49	4,43
<b>2014</b>	276	49	5,63
<b>2015</b>	273	49	5,90
<b>2016</b>	396	49	10,10

# ANNEXES

## Annexes 2

### Résultat de simulation sous Epanet

#### Premier scénario

➤ État des Nœuds du Réseau à 10:00 Heures

ID Nœud	Altitude(m)	Demande (LPS)	Charge (m)	Pression (m)
Nœud od_0	434	0,85	486,96	52,96
Nœud od_1	430	0,85	485,49	55,49
Nœud od_3	434	0,85	487,28	53,28
Nœud od_4	430	0,85	486,92	56,92
Nœud od_6	432	0,85	485,9	53,9
Nœud od_7	430	0,85	485,72	55,72
Nœud od_9	431	0,85	485,26	54,26
Nœud od_10	428	0,85	485,12	57,12
Nœud od_12	430	0,85	484,75	54,75
Nœud od_13	427	0,85	484,63	57,63
Nœud od_15	426	0,85	484,79	58,79
Nœud od_17	422	0,85	484,25	62,25
Nœud od_18	421	0,85	483,7	62,7
Nœud od_20	424	0,85	484,23	60,23
Nœud od_22	418	0,85	483,62	65,62
Nœud od_24	428	0,85	484,94	56,94
Nœud od_25	425	0,85	484,84	59,84
Nœud od_27	421	0,85	484,14	63,14
Nœud od_29	435	0,85	487,11	52,11
Nœud od_30	431	0,85	487,02	56,02
Nœud od_32	430	0,85	486,36	56,36
Nœud od_34	434	0,85	486,99	52,99
Nœud od_35	431	0,85	486,9	55,9
Nœud od_37	434	0,85	486,92	52,92
Nœud od_38	429	0,85	486,83	57,83
Nœud od_40	427	0,85	486,78	59,78

## ANNEXES

➤ État des Arcs du Réseau à 10:00 Heures.

ID Arc	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (LPS)	Vitesse (m/s)	PDC Unitaire (m/km)
T od_0->od_1	309,89	200	34,02	1,08	4,73
T od_3->od_4	310,36395	200	15,68	0,5	1,16
T od_6->od_7	238,27994	75	0,85	0,19	0,72
T od_9->od_10	199,42757	75	0,85	0,19	0,72
T od_12->od_13	162,71236	75	0,85	0,19	0,72
T od_1->od_15	61,17	160	30,62	1,52	11,54
T od_17->od_18	110,25594	75	2,55	0,58	5
T od_15->od_20	112,230515	75	2,55	0,58	4,99
T od_18->od_22	48,637394	63	0,85	0,27	1,65
T od_24->od_25	58,47	63	0,85	0,27	1,65
T od_20->od_27	50,77169	63	0,85	0,27	1,65
T od_29->od_30	293,70386	90	0,85	0,13	0,3
T od_4->od_32	111,714035	75	2,55	0,58	4,99
T od_34->od_35	293,38364	90	0,85	0,13	0,3
T od_37->od_38	293,16113	90	0,85	0,13	0,3
T od_40->od_41	112,03776	75	2,55	0,58	5
T od_43->od_44	112,29491	75	2,55	0,58	4,99
T od_46->od_47	111,18	75	2,55	0,58	4,99
T od_32->od_49	55,22098	63	0,85	0,27	1,65
T od_41->od_51	50,923916	63	0,85	0,27	1,65
T od_44->od_53	48,852547	63	0,85	0,27	1,65
T od_60->od_58	135,56	110	0,48	0,05	0,04
T od_62->od_63	153,33	63	2,55	0,82	11,57
T od_65->od_66	94,94817	63	2,55	0,82	11,57
T od_72->od_73	79,67342	63	0,85	0,27	1,65
T od_75->od_76	132,7806	63	0,85	0,27	1,65
T od_78->od_79	120,96947	63	0,85	0,27	1,65
T od_81->od_82	85,817276	63	0,85	0,27	1,65
T od_84->od_85	65,6735	63	0,85	0,27	1,65
T od_58->od_87	216,22	90	0,85	0,13	0,3
T od_89->od_90	217,89606	90	0,85	0,13	0,3
T od_92->od_93	85,898766	63	0,85	0,27	1,65
T od_95->od_96	85,56098	63	0,85	0,27	1,65
T od_98->od_99	82,45602	63	0,85	0,27	1,65

## ANNEXES

### Deuxième scénario

➤ État des Nœuds du Réseau à 7:00 Heures

ID Nœud	Altitude (m)	Demande (LPS)	Charge (m)	Pression (m)
Nœud od_116	410	0,9	439,22	29,22
Nœud od_117	401	0,9	438,52	37,52
Nœud od_119	409	0,9	428,08	19,08
Nœud od_120	410	0,9	428,02	18,02
Nœud od_122	413	0,9	444,46	31,46
Nœud od_123	411	0,9	444,34	33,34
Nœud od_125	407	0,9	419,93	12,93
Nœud od_126	405	0,9	419,83	14,83
Nœud od_128	408	0,9	420,6	12,6
Nœud od_129	406	0,9	420,5	14,5
Nœud od_131	409	0,9	426,33	17,33
Nœud od_132	409	0,9	426,24	17,24
Nœud od_134	409	0,9	438,32	29,32
Nœud od_135	409	0,9	438,23	29,23
Nœud od_137	411	0,9	435,13	24,13
Nœud od_138	410	0,9	435,03	25,03
Nœud od_140	411	0,9	440,33	29,33
Nœud od_141	409	0,9	440,22	31,22
Nœud od_143	410	0,9	439,11	29,11
Nœud od_144	407	0,9	438,93	31,93
Nœud od_146	407	0,9	437,47	30,47
Nœud od_147	406	0,9	436,99	30,99
Nœud od_149	405	0,9	438,02	33,02
Nœud od_150	403	0,9	437,91	34,91
Nœud od_152	417	0,9	455,32	38,32
Nœud od_153	414	0,9	455,02	41,02
Nœud od_155	411	0,9	439,72	28,72
Nœud od_156	408	0,9	439,53	31,53
Nœud od_158	420	0,9	456,03	36,03
Nœud od_159	422	0,9	455,85	33,85
Nœud od_161	419	0,9	455,88	36,88
Nœud od_162	421	0,9	455,67	34,67
Nœud od_164	418	0,9	455,12	37,12
Nœud od_166	415	0,9	454,94	39,94
Nœud od_168	414	0,9	436,56	22,56

## ANNEXES

➤ État des Arcs du Réseau à 7:00 Heures.

ID Arc	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (LPS)	Vitesse (m/s)	PDC Unitaire (m/km)
T od_116->od_117	414,85373	90	2,26	0,36	1,68
T od_119->od_120	33,67449	63	0,9	0,29	1,82
T od_122->od_123	62,146072	63	0,9	0,29	1,82
T od_125->od_126	54,188232	63	0,9	0,29	1,82
T od_128->od_129	54,527622	63	0,9	0,29	1,82
T od_131->od_132	51,6917	63	0,9	0,29	1,82
T od_134->od_135	47,001293	63	0,9	0,29	1,82
T od_137->od_138	55,62896	63	0,9	0,29	1,82
T od_140->od_141	62,098328	63	0,9	0,29	1,82
T od_143->od_144	97,82385	63	0,9	0,29	1,82
T od_146->od_147	14,725497	63	4,5	1,44	32,3
T od_149->od_150	60,324455	63	0,9	0,29	1,82
T od_152->od_153	132,68977	90	2,7	0,42	2,3
T od_155->od_156	105,81406	63	0,9	0,29	1,82
T od_158->od_159	102,25271	63	0,9	0,29	1,82
T od_161->od_162	112,76912	63	0,9	0,29	1,82
T od_152->od_164	112,777145	63	0,9	0,29	1,82
T od_153->od_166	41,498413	63	0,9	0,29	1,82
T od_168->od_169	65,1288	90	0,9	0,14	0,33
T od_171->od_172	42,516388	90	2,7	0,42	2,3
T od_172->od_174	38,2989	90	0,9	0,14	0,33
T od_176->od_177	62,132633	90	0,9	0,14	0,33
T od_180->od_182	57,254738	63	2,7	0,87	12,81
T od_182->od_184	46,87217	63	0,9	0,29	1,82
T od_186->od_187	47,184647	63	0,9	0,29	1,82
T od_189->od_190	46,24595	63	0,9	0,29	1,82
T od_192->od_193	42,990093	63	0,9	0,29	1,82
T od_195->od_196	46,349842	63	0,9	0,29	1,82
T od_198->od_199	45,006596	63	0,9	0,29	1,82
T od_201->od_202	43,64922	63	0,9	0,29	1,82
T od_204->od_205	45,943256	63	0,9	0,29	1,82
T od_207->od_208	183,32784	63	0,9	0,29	1,82
T od_210->od_211	139,62288	63	0,9	0,29	1,82