

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd - Tlemcen -

Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

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

En : Hydraulique

Option : Technologie De Traitement Des Eaux

Par : Benchida Saad Allah

Sujet

Etude Diagnostique Du Réseau D'Ain Elhoutz

Soutenue publiquement, le 09 /11 /2016, devant le jury composé de :

M. BESSEDIK .M

M^{me}. BOUCHELKIA.F

M^{me}.DJEDID.H

M^{me}.BOUKLI HACEN.C

Président

Examinatrice

Examinatrice

Encadreur

2015/2016



Remerciements

Mes louanges et mes gratitude intarissables vont en premier lieu à Allah, que son nom soit exalté, le tout-puissant qui m'a prodigué le courage, la volonté et la patience afin d'accomplir cette modeste œuvre.

Ma très grande reconnaissance va à mon encadreur **Mme. CHERIFA BOUKLI HACEN** qu'avec son noble esprit scientifique et sa modestie sans égale, m'a inculqué les vraies valeurs de personne du savoir, qui par sa patience, sa loyauté scientifique et morale a su diriger avec une si parfaite habileté ce présent travail.

Je tiens également à remercier **M.M BESSEDIK** d'avoir accepté de présider le jury de notre projet de fin d'études.

Je remercie **Mme.F BOUCHELKIA** et **Mme. H DJEDID** qu'ont bien voulu examiner notre travail. Leur présence va valoriser, de manière certaine, le travail que nous avons effectué.

Je tiens à remercier aussi **M.CHIBOUB FELLAH ABD ELGHANI**



Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A mes parents :

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie.

Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie.

A ma fiancée

Qui m'a insufflé toute une énergie pour aller jusqu'à la réalisation de ce travail.

*A ma très chère sœur et mes frères et leurs fils
(Chemsou, Salim, Riad et la petite sassafinda Nihel).*

A tous ceux que j'aime et qui m'aiment.

A tous mes amis et mes proches

Saad Allah

Résumé

Le renouvellement des réseaux d'eau potable est un sujet à multiples enjeux : santé, sûreté, environnement, économie, etc. Et comme la croissance de la population conduit à une augmentation des besoins en eau potable, entraînant la recherche des nouvelles sources d'alimentation ainsi que la protection de cette ressource contre le gaspillage soit au niveau de réseau de distribution qui est vétuste soit au niveau des gens qu'il faut sensibiliser de la rareté de cette ressource.

Compte tenu de l'augmentation du volume des pertes et la diminution du rendement au niveau de la localité d'AIN Elhoutz, cette modeste étude consiste une étude diagnostique de la rénovation du réseau d'AEP de AIN Elhoutz.

A l'aide d'un modèle informatisé Epanet, On est arrivé à rénover et proposer le nouveau réseau de distribution pour la localité d'Ain Elhoutz.

Abstract

The rehabilitation and modification of the drinking water network is influenced by different issues as Health, safety, environment and economics as well as socioeconomic. And as long as the demand on water is rising rapidly and quickly became of the a high increasing in the population, this drive us to find another resources and alternatives also find protection way for the resources or also in the awareness. This study done for the rehabilitation and find solutions to improve the water piping network on EinAlhout area. By using epanet software on this case we get the summary on how this network is efficient and reliable.

ملخص

إن تجديد شبكات مياه الشرب هو موضوع يخضع لعدة قضايا الصحة و السلامة والبيئة والاقتصاد. وبما أن النمو السكاني أدى إلى زيادة في الاحتياجات المائية فهو يؤدي إلى البحث عن مصادر جديدة للماء وحماية هذا المورد من التبذير سواء على مستوى شبكة التوزيع التي تسرب المياه أو بتحسيس المواطنين على ندرة هذا المورد. ومع زيادة الحجم الضائع وانخفاض في العائد على مستوى عين الحوت فإن هذه الدراسة المتواضعة هي لتجديد وتقديم شبكة توزيع جديدة وذلك باستخدام نظام . Epanet

Liste des figures

Fig.1.1 Schéma d'un réseau d'AEP.....	2
Fig.1.2 Schéma du réseau ramifié.....	4
Fig.1.3 Schéma du réseau maillé	4
Fig.1.4 Système de fonctionnement d'un réservoir d'eau.....	6
Fig1.5 Un château d'eau	7
Fig.1.6 Réservoir semi-enterré	7
Fig.1.7 Conduite en fonte ductile.....	8
Fig.1.8 Conduite en acier.....	8
Fig.1.9 Conduite en béton	9
Fig.1.10 Conduite en PEHD	10
Fig.1.11 Les différents types de joints : a) mécanique, b) à emboîtement, c) à bride.....	11
Fig.1.12 Les différents type de vannes : a) robinet-vanne b) robinet à papillon c) vanne à clapet de non-retour d) vanne de réduction de pression.....	11
Fig.1.13 Purgeur type 113.....	12
Fig.1.14 Ventouse Automatique Triple Fonction.....	13
Fig.1.15 Clapet	13
Fig.2.1 Localité d'Ain Elhoutz	20
Fig.2.2 Diagramme Climatique	21
Fig.2.3 Conduite CBBO	23
Fig.2.4 Ventouse.....	23
Fig.2.5 Réservoir d'Ain Elhoutz.....	23
Fig.2.6 Conduite en acier enrobée 102/114.....	23
Fig. 2.7 Conduite en PEHD 110.....	23
Fig.2.8 Schéma de principe de piquage.....	24
Fig.2.9 Schéma de pompage.....	24
Fig.2.10 Variation du rendement production de production au niveau d'Ain Elhoutz....	26
Fig.2.11A Variation du rendement primaire au niveau d'ainelhoutz.....	27
Fig.2.12 Variation de l'indice linéaire de perte au niveau d'ainelhoutz.....	28
Fig.2.13 Variation de l'indice linéaire de réparation au niveau d'ainelhoutz.....	28
Fig.3.1 tracé du réseau sur googleEarth.....	33
Fig.3.2 tracé du réseau sur Epanet.....	33

Fig.3.3 Schéma du 1 ^{er} scénario.....	35
Fig.3.4 L' enveloppe de pression en heure de pointe.....	36
Fig.3.5 Répartition des vitesses en heure de pointe.....	36
Fig.3.6 Résultats de simulation sur Epanet.....	37
Fig.3.7 Répartition des vitesses à minuit.....	37
Fig.3.8 Schéma du 2 ^{eme} scénario	38
Fig.3.9 L' enveloppe de pression en heure de pointe	39
Fig.3.10 Répartition des vitesses en heure de pointe.....	39
Fig.3.11 Résultats de simulation sur Epanet.....	40
Fig.3.12 Répartition des vitesses à minuit.....	40
Fig.3.13 Schéma du 3 ^{eme} scénario	41
Fig.3.14 L' enveloppe de pression en heure de pointe.....	42
Fig.3.15 Répartition des vitesses en heure de point.....	42
Fig.3.16 Résultats de simulation sur Epanet.....	43
Fig.3.17 Répartition des vitesses à minuit.....	44
Fig.3.18 Schéma du 4 ^{eme} scénario	44
Fig.3.19 L' enveloppe de pression en heure de pointe.....	45
Fig.3.20 Répartition des vitesses en heure de point.....	45
Fig.3.21 Résultats de simulation sur Epanet	45
Fig.3.22 Répartition des vitesses à minuit	45
Fig.3.23 Schéma du 5 ^{eme} scénario	47
Fig.3.24 L' enveloppe de pression en heure de pointe.....	47
Fig.3.25 Répartition des vitesses en heure de pointe	48
Fig.3.26 Résultats de simulation sur Epanet.....	48
Fig.3.27 Répartition des vitesses à minuit.....	49
Fig.3.28 Schéma du 6 ^{eme} scénario	50
Fig.3.29 L' enveloppe de pression en heure de pointe.....	50
Fig.3.30 Répartition des vitesses en heure de point.....	51
Fig.3.31 Résultats de simulation sur Epanet.....	51
Fig.3.32 Répartition des vitesses à minuit.....	52

Liste des tableaux

Tableau.2.1 Présente un état récapitulatif du RGPH	21
Tableau.2.2 Evaluation de la population d'Ain Elhoutz en 2036.....	22
Tableau.2.3 Données réseau de distribution d'Ain Elhoutz (Source ADE).....	25
Tableau.3.1 Multiplicateurs d'agglomération	34
Tableau.3.2 Diamètres et les longueurs réseau 1 ^{er} réseau	38
Tableau.3.3 Diamètres et les longueurs réseau 2 ^{eme} réseau.....	41
Tableau.3.4 Diamètres et les longueurs réseau 3 ^{eme} réseau.....	44
Tableau.3.5 Diamètres et les longueurs réseau 4 ^{eme} réseau.....	46
Tableau.3.6 Diamètres et les longueurs réseau 5 ^{eme} réseau.....	50
Tableau.3.7 Diamètres et les longueurs réseau 6 ^{eme} réseau.....	53

Abréviations

AEP :	Alimentation en Eau Potable
ADE :	Algerienne Des Eaux
CBBO :	Conduite Barrage Benibahdel-Oran
GS :	Graphite Sphéroïdal
ONS :	Office National des Statistique
PVC :	Polychlorure de Vinyle
PEHD :	Polyéthylène Haute Densité
PEBD :	Polyéthylène Basse Densité
RGPH :	Recensement Général de la Population et de l’Habitat.

Sommaire

Remerciement	I
Dédicace	II
Résumés	III
Liste des figures	IV
Liste des tableaux	VI
Abréviation	VI
Introduction Générale.....	1

Chapitre 1 : Etude Bibliographique

1.1 Introduction.....	2
1.2 Présentation des Réseaux d’AEP.....	2
1.2.1 Qu’est ce qu’un réseau d’eau potable.....	2
1.2.2 Classification des réseaux	3
1.2.2.1 Réseaux ramifiés.....	3
1.2.2.2 Réseaux maillés.....	4
1.2.2.3 Réseauxétagé.....	5

1.2.2.4 Réseaux à double alimentation.....	5
1.3 Fuites dans un réseau.....	5
1.4 Entretien du réseau.....	5
1.5 Réservoirs de stockage.....	6
1.5.1 Type des réservoirs.....	6
1.5.2 Trop-plein, Vidange et By-pass.....	7
1.6 Conduites et les accessoires.....	7
1.6.1 Quelles que types des conduites.....	7
1.6.1.1 Conduite en Fonte ductile.....	7
1.6.1.2 Conduite en acier.....	8
1.6.1.3 Conduite en béton.....	9
1.6.1.4 Conduite en polyéthylène.....	9
1.6.2 Accessoires.....	10
1.6.2.1 Joints.....	10
1.6.2.2 Vannes.....	11
1.6.2.3 Ventouses et purgeurs.....	12
1.6.2.4 Clapets.....	13
1.7 Gestion des réseaux	14
1.7.1 La gestion classique	14
1.7.2 La gestion informatisée	14
1.8 Logiciel de modélisation des réseaux d'AEP.....	15
1.8.1 EPANET.....	15
1.8.2 PORTEAU.....	16
1.8.3 RESODO.....	16
1.8.4 Water CAD.....	17
1.8.5 PICCOLO.....	18
1.9 Conclusion.....	19

Chapitre 2 : Présentation du Site

2.1 Introduction.....	20
2.2 Localité d'Ain Elhoutz.....	20
2.2.1 Climatologie.....	20
2.2.2 Cadre démographique.....	21

2.2.3	Besoin en eau.....	22
2.2.4	Contraintes du site.....	22
2.3	Ressources en eaux actuelles.....	22
2.4	Réseau de Distribution	25
2.4.1	Rendement et performance des réseaux.....	25
2.4.1.1	Rendementde production.....	26
2.4.1.2	Rendementprimaire.....	26
2.4.2	Indice linéaire de perte.....	27
2.4.3	Indice linéaire e réparation.....	28
2.5	Calcule du débit moyen journalier.....	29
2.6	Interprétations et recommandations.....	29
2.7	Conclusion.....	30

Chapitre 3 : Dimensionnement du Réseau d’AEP

3.1	Introduction.....	31
	Débit.....	31
	Diamètre.....	31
	Vitesse.....	31
	Pression.....	31
	Matériaux.....	32
3.2	Stockage d’Eau.....	32
3.3	Application sur EPANET.....	32
3.3.1	Traçage du réseau.....	32
3.3.2	Estimation des besoins et calcul des details.....	34
3.4	simulation du comportement du réseau projeté.....	35
3.4.1	Premier scénario.....	35
3.4.2	Deuxième scénario.....	38
3.4.3	Troisième scénario.....	41
3.4.4	quatrième scénario.....	44
3.4.5	cinquième scénario.....	47
3.4.6	sixième scénario.....	50
3.5	Conclusion.....	53
	Conclusion générale	

Bibliographie

Introduction générale

On appelle la gestion de l'eau toute activité qui consiste à planifier, développer, distribuer et gérer l'utilisation optimale des ressources en eau.

Le réseau d'alimentation en eau potable est un moyen qui assure l'approvisionnement de l'eau chez les habitants car chaque citoyen a le droit d'obtenir une eau claire non contaminée : dite « potable ».

En Algérie, la tension relative à l'AEP ne cesse de s'accroître face à une demande croissante. Les aléas climatiques observés, conjugués à une forte démographie en milieu urbain ont contribué à une pénurie incontournable des ressources mobilisables (ABDELBAKI 2014).

Dans ce modeste travail sur la distribution de l'eau potable pour la localité d'Ain Elhoutz la problématique qu'on va la traiter nous a permis de poser les questions suivantes :

- ✓ Est-ce que le réseau d'AEP qui existe répond aux besoins en eau actuelle et à long terme ?
- ✓ Est-ce que le réseau d'AEP nécessite une rénovation ?

L'objectif de notre travail consiste à vérifier la performance du réseau et apporter des solutions.

Pour répondre à ces questions on a divisé le travail en 3 chapitres :

- Le 1^{er} chapitre comporte une étude bibliographique vise à donner une définition globale de tout ce qui concerne un réseau de distribution et de déterminer les différents logiciels permettant le dimensionnement et la gestion des réseaux d'AEP.
- Le 2^{ème} chapitre présente le site en particulier les infrastructures hydrauliques qui existent et les besoins en eau à long terme ainsi d'interpréter les résultats trouvés.
- Le 3^{ème} chapitre consacré à l'étude du comportement du réseau. Des scénarios de distribution ont été proposés à l'aide d'un modèle informatique « Epanet » et donner la bonne solution pour la problématique qu'on a.

1.1 Introduction

Le réseau d'alimentation en eau potable est un moyen de transporter l'eau chez les abonnés. Dans ce chapitre on va essayer de définir et présenter les différents accessoires formant un réseau ainsi les différents modèles de calcul.

1.2 Présentation des réseaux d'AEP

1.2.1 Qu'est ce qu'un réseau d'eau potable ?

Un réseau d'eau potable est un ensemble de conduites et d'équipements organisés pour permettre la circulation et la distribution de l'eau potable vers la population d'une collectivité ou de plusieurs collectivités (**Fig.1.1**) [1].

Un réseau d'eau potable doit être fiable et durable pour pouvoir répondre aux exigences des consommateurs (quantité et qualité optimales, dysfonctionnement minimaux) [2].

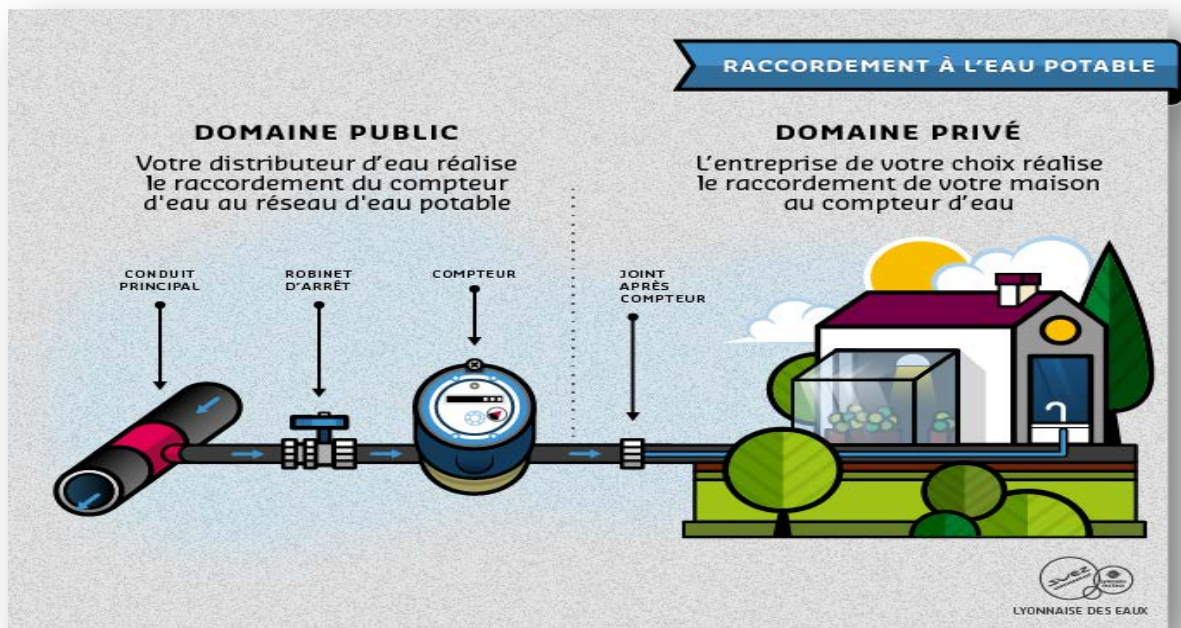


Fig.1.1 Schéma d'un réseau d'AEP [3]

L'exploitation d'un réseau d'eau potable est très importante et consiste essentiellement en deux aspects :

- Entretien des installations existantes et maintenir la qualité de l'eau distribuée aux abonnés ;
- Entretien des installations d'adduction et de distribution d'eau potable (**Fig.1.2**) ;

On compte en effet l'exploitation des sites de production (pompage). Il s'agit d'assurer leur fonctionnement et de contrôler la qualité de l'eau produite. En cas de qualité douteuse, il convient d'effectuer des traitements sur l'eau afin de la purifier. La maintenance des stations de pompage fait appel à des compétences variées qui dépassent le stricte cadre de la plomberie et du sanitaire ;

Le contrôle des accessoires du réseau de distribution et d'adduction d'eau potable doit être régulier et fréquent ;

La surveillance de la qualité de l'eau est très importante et doit se faire en permanence,

Le nettoyage et la désinfection des canalisations et des réservoirs doivent être effectués au moins une fois par an. Il s'agit de maintenir une excellente qualité des ouvrages de stockage et de transport de l'eau ;

La lutte contre le gaspillage et le suivi des consommations fait également partie de ce travail à assurer tout au long de l'année ;

Enfin, la lutte contre les fuites (recherche et réparation) est également une priorité pour améliorer les rendements du réseau de distribution et préserver la ressource [2].

1.2.2 Classification des réseaux

Les réseaux peuvent être classés comme suit :

- ❖ Réseaux ramifiés ;
- ❖ Réseaux maillés ;
- ❖ Réseaux étagés ;
- ❖ Réseaux à double alimentation ;

1.2.2.1 Réseaux ramifiés

Le réseau ramifié (**Fig.1.2**) dans lequel les conduites ne comportent aucune alimentation en retour, présente l'avantage d'être économique, mais il manque de sécurité et de souplesse, en cas de rupture ou d'un accident sur la conduite principale tous les abonnés d'aval seront privés d'eau [4].

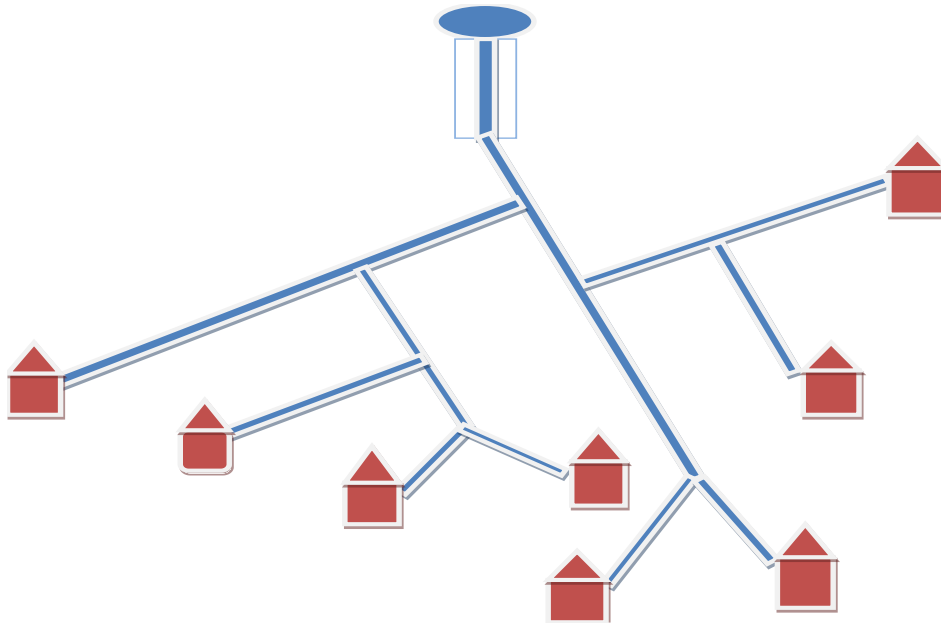


Fig.1.2 Schéma du réseau ramifié

1.2.2.2 Réseaux maillés

Le réseau maillé (**Fig.1.3**) permet au contraire, une alimentation en retour, une simple manœuvre de vanne permet d'isoler le tronçon accidenté et de poursuivre l'alimentation des abonnés d'aval, il est bien entendu, que ce type de réseau revient plus coûteux dans son établissement, mais en raison de la sécurité qu'il procure, il doit être toujours préféré au réseau ramifié. [4]

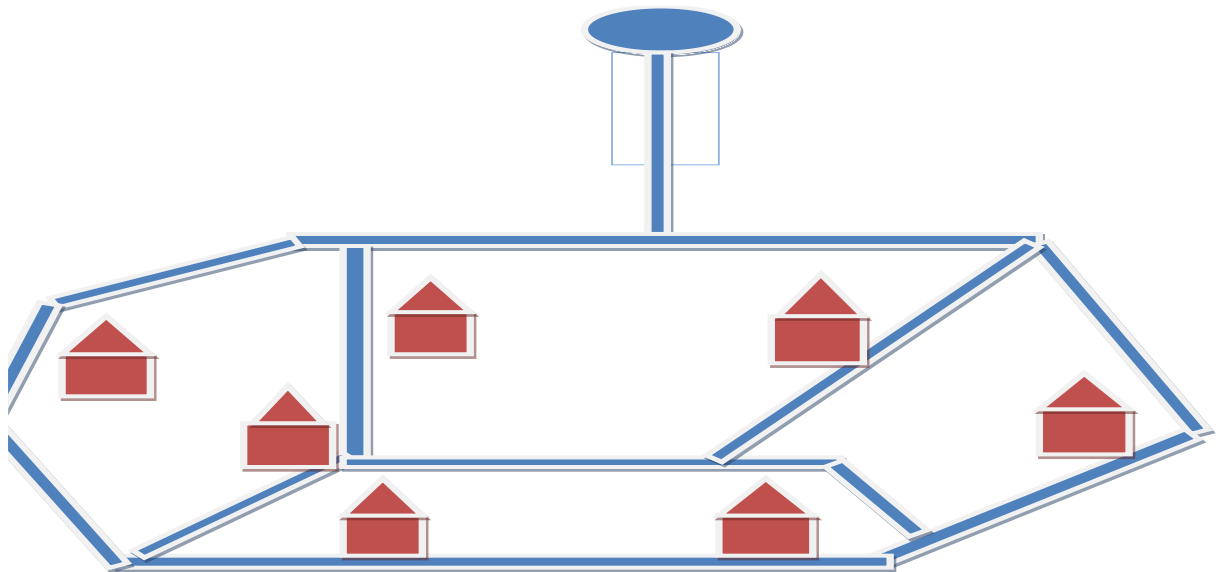


Fig.1.3 Schéma du réseau maillé.

1.2.2.3 Réseaux étagés

Il est toujours possible dans des cas particuliers et en tenant compte de la topographie de terrain de constituer des réseaux indépendants avec une pression limitée aux environs de 40m d'eau. [4]

1.2.2.4 Réseau à double alimentation

Il est distribuant, l'un d'eau potable destinée à tous les besoins domestiques, l'autre, l'eau non potable réservée aux usages industriels et au lavage et arrosage des rues et plantations, ces réseaux ne se justifient que dans les installations, extrêmement importantes [4].

1.3 fuites dans le réseau

Les fuites proviennent essentiellement d'une mauvaise étanchéité des canalisations et de leurs accessoires. Les facteurs de risques sont multiples. Parmi les principales causes de fuites, on retiendra :

- Conditions de pose : choix des matériaux, techniques de raccordement, soin apporté à la réalisation des travaux,
- Nature du terrain : remblai, acidité et stabilité des sols,
- Qualité de l'eau : agressivité naturelle,
- Conditions hydrauliques : pression excessive, variation de pression, coup de bélier, air dans les conduites,
- Age des conduites,
- Environnement du réseau : circulation automobile, chantiers, courants vagabonds,...
- Densité des accessoires de robinetterie, de fontainerie et de branchements,
- Variations de température : gel, dégel [5].

1.4 Entretien du réseau

Pour qu'un réseau d'AEP fonctionne correctement il est important qu'il soit entretenu régulièrement. Il existe trois types d'entretien :

- L'entretien préventif : Il permet de s'assurer que les structures et installations d'eau ne tombent pas en panne.
- L'entretien correctif : Il intervient lorsqu'il y a un problème au niveau de la production ou du réseau, par exemple lorsqu'on répare une fuite d'eau avant que celle

ci ne s'aggrave. Ca permet d'éviter que le dégât ne prenne des proportions importantes.

- L'entretien d'urgence : Celui-ci vise à rétablir le Service de l'eau lors d'un arrêt total de la distribution; cette situation survient surtout en cas d'absence d'entretien préventif ou lors de rupture de canalisation [6].

1.5 Réservoirs de stockage

Les réservoirs (**Fig.1.4**) servent à stocker temporairement l'eau potable en attendant sa distribution (phase 2). Ils permettent essentiellement de réguler la pression et le débit entre la phase de production (phase 1) et la phase de consommation (phase 3). Leur rôle est d'emmagasiner l'eau lorsque la consommation est inférieure à la production et de la restituer lorsqu'elle en devient supérieure [7].

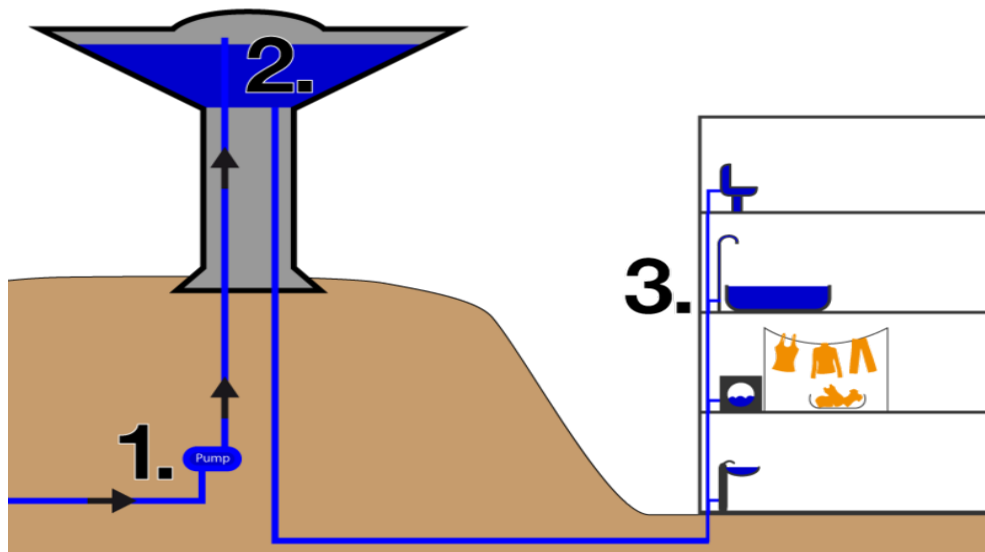


Fig.1.4 Système de fonctionnement d'un réservoir d'eau [8]

1.5.1 Type des réservoirs

On distingue : Le réservoir surélevé (sur tour) (**Fig.1.5**) et le réservoir au sol (enterré ou semi enterré) (**Fig.1.6**). Lorsque la topographie permet de disposer d'un point haut pour construire un réservoir au sol, c'est cette solution qui est en général retenue. En revanche, lorsque le terrain ne présente pas de point suffisamment élevé, nous pouvons opter pour l'une ou l'autre des solutions suivantes : un château d'eau (réservoir surélevé) ou un réservoir au sol [7].



Fig.1.5 Château d'eau [9]



Fig.1.6 Réservoir semi-enterré [10]

1.5.2 Trop-plein, vidange et by-pass

Le trop-plein pour que l'eau ne déborde pas, comme dans une baignoire. Si l'eau monte trop, elle s'en va par ce trop-plein. L'eau de la cuve se vide alors par le tuyau de vidange.

Le by-pass. Si jamais il y a un problème avec l'eau stockée dans le réservoir, l'eau passe directement du tuyau de remplissage au tuyau de distribution par ce by-pass [11].

1.6 Conduites et les accessoires

1.6.1 Quels que types des conduites

1.6.1.1 Conduite en fonte ductile

La fonte ductile (1,7 à 5 % de carbone) (**Fig.1.7**) : le carbone de la fonte grise se présente sous forme de graphite lamellaire qui peut entraîner la formation de fissures. La fonte ductile a une meilleure résistance mécanique car elle est à graphite sphéroïdal (GS) ce qui élimine tout risque de propagation des fissures. Pour éviter la corrosion, elle est revêtue intérieurement de mortier de ciment et extérieurement de zinc métallique et de peinture bitumineuse. Lorsque l'eau est très agressive, les revêtements sont renforcés [12].



Fig.1.7 Conduite en fonte ductile [13]

1.6.1.2 Conduite en acier

L'acier (0,1 à 1,7 % de carbone) (**Fig.1.8**): L'élasticité de l'acier, déterminée par l'épaisseur du corps et la nuance d'acier utilisée, est plus importante que celle de la fonte. Les risques d'ovalisation sont donc plus grands pour des tubes plus légers. Deux types de revêtements intérieurs sont appliqués pour assurer une protection contre la corrosion : le mortier de ciment pour les petits diamètres (80 à 600 mm) et la résine époxy pour les grands diamètres (500 à 2500 mm). [12]



Fig.1.8 Conduite en acier [14]

1.6.1.3 Conduite en béton

Les tuyaux en béton (**Fig.1.9**), utilisés pour des diamètres de 400 à 4000 mm, ont un tube médian en acier mince terminé par des bagues d'about pour permettre leur assemblage soit par joints soudés et rejointement au mortier, soit par joints à garniture en élastomère (petits diamètres). Dans le cas des joints soudés, l'acier garantit l'étanchéité absolue et immédiate de la conduite et participe à sa résistance mécanique. Le béton assure quant à lui une protection contre la corrosion intérieure et extérieure. Le coût hors pose est moins élevé que celui du PVC au delà de 300 mm de diamètre. L'inconvénient du béton est qu'il peut affecter les caractéristiques organoleptiques de l'eau par repartage de produits (retardateur de prise, antigel...) [12].



Fig.1.9 Conduite en béton [15]

1.6.1.4 Conduite en polyéthylène

Le PE (**Fig.1.10**) : le polyéthylène se divise en deux classes selon le procédé de fabrication et les additifs utilisés: le PE haute densité (PEHD) et le PE basse densité (PEBD), plus souple et moins cher.

Les diamètres peuvent aller jusqu'à 2500 mm. Pour les petits diamètres, le PE peut s'enrouler en couronne sur des centaines de mètres ce qui permet de diminuer le nombre de raccords et donc le risque de fuites. Sa souplesse lui donne également une grande adaptabilité au sol et une grande résistance au choc mais peut en contrepartie entraîner des risques d'ovalisation

pour les plus gros diamètres. Le PE est plus cher que le PVC et de l'ordre de grandeur de la fonte (hors pose). Il est inerte chimiquement et donc ne se corrode pas [12].



Fig.1.10 Conduite en PEHD [16]

1.6.2 Accessoires

1.6.2.1 Les joints

Ils ont pour fonction d'assurer l'étanchéité des jointures des tuyaux et faire face aux sollicitations mécaniques et chimiques. Pour cela, ils doivent épouser parfaitement la loge qui leur est destinée.

Les joints constituent la partie la plus fragile de la canalisation à cause de leur souplesse ; tout mouvement du tuyau s'articule sur le joint, ce qui provoque en lui des usures mécaniques. L'action des produits chlorés de l'eau et le dessèchement induisent le vieillissement des joints.

Il existe trois principaux types de joints (**Fig.1.11**) : mécaniques, à emboîtement et à bride. Les joints mécaniques ou à emboîtement sont utilisés pour relier les conduites enfouies dans le sol, alors que les joints à bride sont utilisés pour raccorder des tronçons à l'intérieur des constructions (station de pompage, station de traitement, etc.) [4].

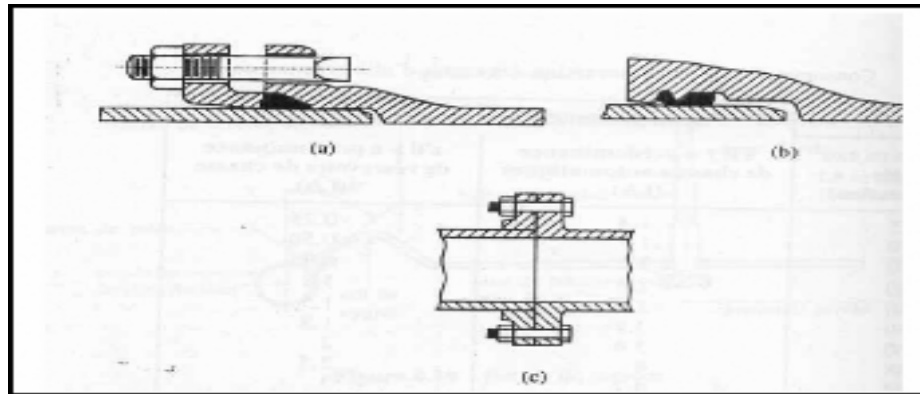


Fig.1.11 Les différents types de joints : a) mécanique, b) à emboîtement, c) à bride [4]

1.6.2.2 Vannes

Elles permettent de maîtriser les écoulements dans le réseau, donc de mieux gérer celui-ci. Il existe plusieurs types de vannes qui satisfont à des besoins variés. (**Fig.1.12**) :

- Vannes d'isolement : permettent d'isoler certains tronçons qu'on veut inspecter, réparer ou entretenir. On distingue deux types : les robinets à papillon pour les conduites de gros diamètres et les robinets-vannes pour les conduites de petits diamètres ;
- Vannes à clapets de non-retour : permettent de diriger l'écoulement dans un seul sens. Elles sont installées sur les conduites de refoulement.
- Vannes de réduction de pression : permettent de réduire la pression à une valeur prédéterminée [4].

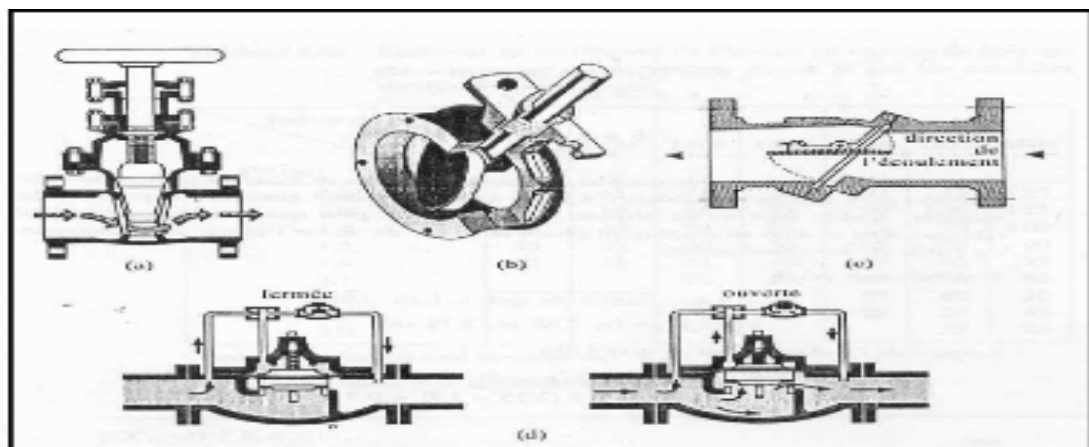


Fig.1.12 Différents type de vannes : a) robinet-vanne b) robinet à papillon c) vanne à clapet de non-retour d) vanne de réduction de pression [4]

1.6.2.3 Ventouses et purgeurs

Les purgeurs et ventouses protègent les canalisations des effets néfastes engendrés par l'accumulation d'air dans les points hauts ou les points singuliers des réseaux :

- Interruption totale ou partielle du débit par la présence d'une poche d'air dans un point haut du réseau ;
- Coups de bélier dus à la détente de la poche d'air ou à son déplacement dans les canalisations ;
- Désamorçage des pompes et des siphons [17].

➤ Les purgeurs

Les purgeurs (**Fig.1.13**) assurent le dégazage à faible débit de l'air accumulé aux points hauts des canalisations en exploitation (0,3 bar). Ils existent dans 4 types de connectivité différents : avec bride, sans bride, avec robinet et sans aucune spécificité [17].



Fig.1.13 Purgeur type 113 [18]

➤ Les ventouses

Les ventouses ont une triple fonction (**Fig.1.14**) :

- Evacuation d'air à haut débit lors de la mise en eau des canalisations
- Admission d'air à grand débit lors de la vidange des canalisations (protection du réseau contre la mise en dépression des canalisations en cas de rupture de conduite)
- Dégazage à faible débit en exploitation [17].



Fig.1.14 Ventouse Automatique Triple Fonction [19]

1.6.2.4 Clapets

Le clapet (**Fig.1.15**) anti-retour est un appareil de robinetterie qui a pour fonction d'autoriser le passage du fluide dans un sens et de le refuser dans l'autre, ou bien de maintenir une position en charge. Il existe plusieurs types de clapets anti-retour : clapet anti-retour à battant, clapet anti-retour à disque, clapet anti-retour à membrane, clapet anti-retour à boule... Ils sont, en général, utilisés dans les systèmes de canalisation. On pourra aussi les utiliser dans les industries utilisant des systèmes hydrauliques, ou en tant que clapet de dosage dans certains ouvrages [20].



Fig.1.15 Clapet [21]

1.7 Gestion des réseaux

La gestion d'un réseau d'AEP a pour principale mission d'assurer les fonctions de production, de stockage et de distribution.

Il existe deux types de gestion : la gestion classique et la gestion informatisée

1.7.1 La gestion classique :

La gestion classique des réseaux présente beaucoup d'inconvénients. Les supports cartographiques sur lesquels sont portés les objets représentant les réseaux sont difficilement manipulables (Choux, 1990).

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 (Abdelbaki C., Allal M., Djelloul Smir S. M., 2012).

Cette gestion classique 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.

1.7.2 La gestion informatisée :

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 (Choux, 1990, Valiron, 1994)

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 pompes ;

- 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.

1.8 Logiciels de modélisation des réseaux d'AEP

De nos jours, les outils de modélisation sont devenus incontournables à la gestion des réseaux d'eau potable. De plus en plus de gestionnaires de réseaux d'eau potable se dotent d'outils de modélisation pour encore mieux concevoir, gérer et prévoir l'évolution des ouvrages hydrauliques et la qualité de l'eau distribuée. Actuellement, il existe plusieurs logiciels pour la modélisation et la gestion des eaux, parmi ces logiciels on peut citer (ABDELBAKI Chérifa 2014) :

1.8.1 EPANET

Il a pour objectif une meilleure compréhension de l'écoulement et de l'usage de l'eau dans les systèmes de distribution. Il peut être utilisé pour différents types d'application dans l'analyse des systèmes de distribution. C'est un logiciel de calcul (débit, pression, vitesse...) en tout point du réseau au fil d'un temps choisi.

Ses principales caractéristiques sont:

- Logiciel gratuit ;
- Dimensionnement de réseaux ;
- Taille de réseau illimitée ;
- Choix de différentes formules de calcul des pertes de charge ;
- Régulation des pressions dans le réseau ;
- Modélisation de pompes à vitesse fixe ou variable ;
- Calcul de l'énergie consommée et coût ;
- Modélisation de différents types de vannes et clapets ;
- Géométrie des réservoirs aux formes variées possible ;
- Détection des zones de fonctionnement déficitaire ;
- Amélioration de la gestion des équipements de réseau ;
- Asservissement des ouvrages par des commandes simples ou complexes. (Rossman, 2000)

1.8.2 PORTEAU

Porteau est un logiciel de simulation hydraulique et de cinétique adapté aux réseaux d'eau sous-pression - eau potable. 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.

Les principales caractéristiques :

- Visualisation de réseaux de distribution d'eau potable sur fond cartographique.
- Visualisation de schémas de réseaux de distribution d'eau potable.
- Impression au traceur jusqu'au format A0.
- Visualisation et impression des résultats sous forme de tableau ou sur le schéma du réseau.
- Visualisation et impression des résultats sous forme de profils hydrauliques.
- Exportation des données et des résultats vers un tableur.
- Exportation des graphiques de résultats en format vectoriel

Principaux objectifs :

- Fournir un outil de modélisation du comportement hydraulique en régime permanent d'un réseau intégrant les ouvrages de stockage et de régulation.
- Simuler la réponse au tirage en pointe des consommateurs du réseau en termes de satisfaction de la pression désirée, dimensionner ou renforcer le réseau pour atteindre l'objectif.
- Simuler par pas successifs l'évolution de la réponse du réseau et de son système de régulation (réservoirs, pompes, vannes spéciales) à une période donnée de comportement des consommateurs, dimensionner le réseau de transport-adduction et de stockage.
- Après l'hydraulique, simuler l'évolution de la qualité de l'eau par son âge, sa concentration en désinfectant, trouver la part de mélange due à diverses provenances ; positionner et dimensionner le système de désinfection le mieux adapté [22].

1.8.3 RESODO

RESODO est un logiciel de modélisation des réseaux d'eau potable et d'une manière générale des réseaux d'eau sous pression. Il a été créé pour répondre à un manque de logiciels de ce

type en français et bon marché tout en étant performant et en proposant des fonctionnalités modernes et évolutives.

Outre les calculs dynamiques hydrauliques pendant un à plusieurs jours (débits, pressions, niveaux d'eau dans les réservoirs, arrêts et démarrage de pompes, etc.) et les calculs liés à la qualité de l'eau (temps de séjour, origine de l'eau, dégradation d'une substance), RESODO présente aussi des outils spécifiques tels que les calculs des fuites (réellement en fonction de la pression) et des rendements avec sectorisation du réseau, des pressions résiduelles lors d'un soutirage, des cartes de protection contre l'incendie, des bilans aux pompes (volumes, énergie,...) et aux réservoirs (volumes utiles,...), et d'autres choses encore...

RESODO permet aussi d'afficher des images ou des dessins de fond de plan (avec de nombreuses fonctionnalités), utilise des MNT (modèle numérique de terrain permettant de récupérer automatiquement les altitudes aux nœuds du modèle). échange des données (importations et exportations) depuis EPANET, depuis des fichiers textes, des SIG (shapefiles) et depuis d'autres formats encore [23].

1.8.4 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 qui est 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. Les fonctions intégrées de gestion de la qualité de l'eau permettent aux ingénieurs d'analyser les constituants, l'âge de l'eau, le mélange d'eau dans les réservoirs et la traçabilité de la source afin d'assurer la programmation complète de la chloration.

Avec Water CAD, les utilisateurs peuvent également évaluer le volume d'eau disponible pour la défense incendie. L'application calcule la quantité d'eau mobilisable à chaque bouche d'incendie ou groupe de bouches d'incendie, Les utilisateurs déterminent rapidement et avec précision la capacité du réseau à assurer une protection efficace contre les incendies. De plus, les commandes d'exploitation basées sur des règles, le pompage à vitesse variable, la modélisation des fuites, ainsi que les dispositifs de vidange unidirectionnelle, aident les

utilisateurs à localiser les goulets d'étranglement, réduire la consommation d'énergie et modéliser différentes actions sur le réseau.

De nombreuses fonctionnalités sont possibles avec Water CAD on peut citer :

- Simulation en régime permanent ;
- Simulation sur période étendue ;
- Analyse de la concentration en constituants ;
- Suivi de la source ;
- Analyse du mélange d'eau dans les réservoirs ;
- Analyse de l'âge de l'eau ;
- Analyse de la défense incendie ;
- Commandes logiques ou basées sur des règles ;
- Pompage à vitesse variable ;
- Modélisation des fuites;
- Consommation fonction de la pression ;
- Modélisation des vannes [24].

1.8.5 PICCOLO

PICCOLO 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).

Les applications du modèle PICCOLO sont :

- Renforcement de conduites, stations de pompage, installations de stockage ;
- Sécurité contre les incendies ;
- Simulation de casse.

La conception et le calage d'un modèle PICCOLO vont permettre de mieux connaître:

- Diagnostic de fonctionnement du réseau, des réservoirs ;
- étude de l'insuffisance de pression ;
- étude des vitesses détection d'anomalies (vannes fermées) trop importantes.

Le modèle permet de:

- Manipuler et modifier la structure du réseau sur le modèle ;
- Rechercher le meilleur dimensionnement;
- Optimiser les coûts de fonctionnement du pompage [25].

1.9 Conclusion

Dans ce chapitre, on a mis le point sur les différents éléments ainsi que les accessoires nécessaires pour la conception d'un réseau d'AEP. Aussi le point a été mis sur les logiciels les plus utilisés dans le cadre de la modélisation des réseaux d'alimentation en eau potable. Les caractéristiques de ces modèles ont été présentées d'une façon succincte.

2.1 Introduction

Dans ce chapitre, la zone d'étude est présentée sous différents angles (climatique démographique). et décrire son alimentation en eau potable, ainsi que les besoins de la population, et on a mesuré les indicateurs de performance et le rendement de réseau qui existent.

2.2 Localité d'Ain Elhoutz

Ain Elhoutz (**Fig.2.1**) se trouve à 8 km au nord de la ville de Tlemcen, d'une superficie de 45 km², limitée au nord ouest par Hennaya, au sud par Aboutechfin, à l'ouest par Oudjlida et Chetouane à l'est.



Fig.2.1 Localité d'Ain Elhoutz

2.2.1 Climatologie

Ain Elhoutz, limitrophe avec la région de Chetouane, présente un climat identique.

Le climat de Chetouane est dit tempéré chaud. L'hiver à Chetouane se caractérise par des précipitations bien plus importantes qu'en été. La carte climatique de Köppen-Geiger y classe le climat comme étant de type Csa. La température moyenne annuelle à Chetouane est de 16.6 °C. Les précipitations annuelles moyennes sont de 477mm (**Fig.2.2**) [29].

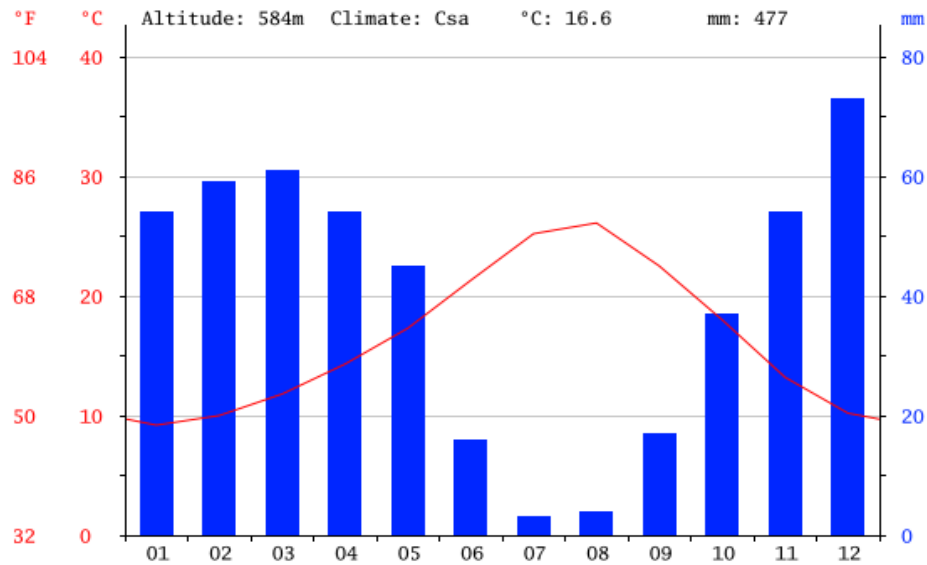


Fig.2.2 Diagramme Climatique [29]

Juillet est le mois le plus sec, avec seulement 3 mm. Une moyenne de 73 mm fait du mois de Décembre le mois ayant le plus haut taux de précipitations.

2.2.2 Cadre démographique

En 2008, le nombre d'habitant à Ain Elhoutz était de 5074 hab avec un taux de croissance égale à 3,1% le **Tableau.2.1** présente un état récapitulatif du RGPH (ONS 2008).

Tableau.2.1 Présente un état récapitulatif du RGPH

Ain elhoutz	Construction	Logement				Ménages	Population		
		Habités	Inhabités	Usage professionnel	Total		Masculin	Féminin	total
Total	1017	821	191	22	1034	920	2653	2421	5074

La population future est estimée en utilisant la formule II-1

$$P_n = P_0 (1 + \beta)^n \quad \text{(II-1)}$$

Avec:

P_n : Population à l'horizon considéré

P_0 : Population de base

n : Intervalle des années considérées

β : Taux d'accroissement moyen de la population

Le résultat est donné dans le **Tableau.2.2**

Tableau.2.2 Evaluation de la population d'Ain elhoutz en 2036

1987	1998	2008	2036
/	/	5074	11929

2.2.3 Besoin en eau

Les besoins en eau sont calculés en se basant sur une dotation de 150 l j/hab pour l'horizon 2036. Les besoins des équipements sont estimés à 15% des besoins domestiques (Gomella, 1985). Les pertes sont estimées à 15% (Dupont, 1979).

2.2.4 Contraintes du site

La localité d'Ain Elhoutz détient plusieurs problèmes, parmi ces problèmes :

- Les obstacles souterrains (différents réseaux).
- Les Propriétés privées.
- La difficulté d'arrivé à l'abonné (petites ruelles).
- Manque le plan de recollement.
- Problème de voirie pour l'accès des engins à cause d'un seul boulevard principal de largeur ne dépassant pas les 5m.
- Problème de pression pour les abonnés mitoyens du réservoir.

2.3 Ressources en eaux actuelles

La localité d'Ain Elhoutz est alimentée par deux types de ressources en eau :

- ❖ Les eaux superficielles :

Alimentent la bonne partie du site par un piquage au niveau d'une ventouse sur la conduite du CBBO (diamètre 1100 mm). (**Fig.2.3 ; 2.4**)



Fig.2.3 Conduite CBBO



Fig.2.4 Ventouse

Le piquage alimente le 1^{er} réservoir de 500 m³ semi-enterré qui a mis en service en 1978 (**Fig.2.5**) gravitaire par une conduite de diamètre 102/114 en acier enrobé (**Fig.2.6**). L'alimentation du réservoir est renforcée à partir d'une station de pompage qui alimente les deux réservoirs d'oujlida par un refoulement et une conduite de diamètre 110 en PEHD (**Fig.2.7**).schématisés dans la **Fig.2.8**.



Fig.2.5 Réservoir d'Ain Elhoutz



Fig.2.6 Conduite en acier enrobée 102/114



Fig.2.7 Conduite en PEHD 110

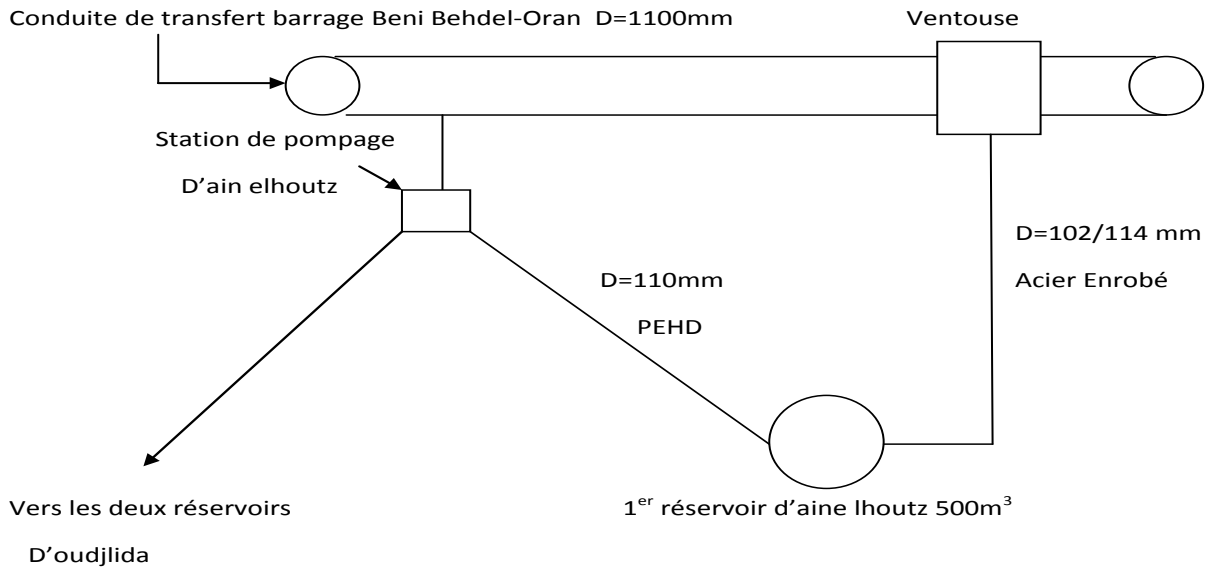


Fig.2.8 Schéma du principe de piquage

❖ Les eaux souterraines :

- Le forage d'Ain Elhoutz (les oliviers) mis en service en 1988 réalisé par formide avec une profondeur de 470m et un débit de 22 l/s alimente oujlida et la partie de sud ouest d'Ain Elhoutz (lotissement) par un réservoir de stockage de capacité de 500 m^3 avec une canalisation de diamètre 160mm en PEHD (Source ADE) ; schématisé dans la **Fig.2.9**
- Source d'Ain Elhoutz utilisée seulement pour l'irrigation (Source ADE)

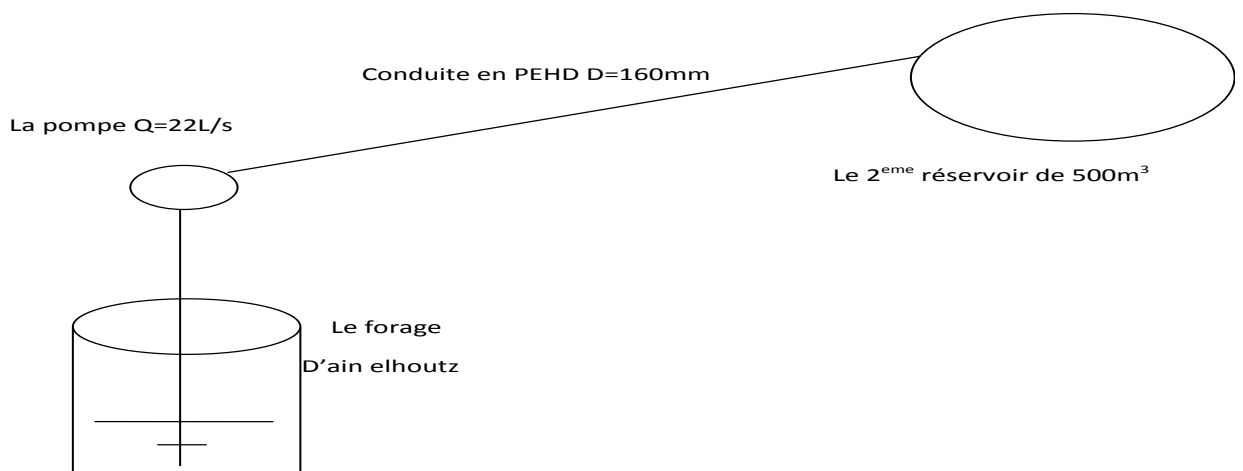


Fig.2.9 Schéma de pompage

2.4 Réseau de Distribution

Le réseau de distribution d'Ain Elhoutz est un réseau mixte (maillé+ramifié), Il comporte plus de 5 km de longueur. Le diamètre des conduites varie du 33/42mm à 102/114mm en acier galvanisé et une conduite de 125mm en acier enrobé à la sortie du réservoir à une longueur de 130m (Source ADE). Le tableau II-3 présente les données du réseau de distribution d'Ain Elhoutz.

Tableau II-3 : Données réseau de distribution d'Ain Elhoutz (Source ADE).

Année	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Volume produit	361182	350287	436665	417716	428611	445517	497901	423356
Volume distribués	343122	332772	414831	396830	407180	423241	473005	402188
Volume facturés	123851	148212	146629	158215	168889	180528	185124	199419
Volume De perte	219271	184560	268202	238615	238291	242713	287881	202769
Nombre d'abonnées	3554	3729	3906	4033	4229	4357	4492	4618
Nombre de fuites enregistrés	96	48	91	67	60	51	84	36
Nombre de réparation enregistrés	85	39	79	56	51	40	70	30

2.4.1 Rendement et performance des réseaux

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 (Guerin-Schneider, 2001). 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 (Guerin-Schneider, 2002). Ces indicateurs, en nombre limité et souvent assez simples à calculer, sont hiérarchisés de manière à guider le choix de la collectivité, sans toutefois lui retirer la possibilité d'adapter la liste au contexte particulier de son service.

Ces indicateurs indiquent d'une part le degré de prise en charge de la gestion des réseaux d'alimentation en eau potable et d'autre part ils sont considérés comme critères influant sur la

prise de décision dans la programmation des travaux de rénovation et de réhabilitation pour l'amélioration de la qualité de service rendu. Le suivi des indicateurs techniques (rendement primaire, indice linéaire de pertes et indice de réparation ...) a porté sur la chronique correspondante à la période 2008-2015 (Abdelbaki et al.... 2014).

2.4.1.1 Rendement de production

Le rendement de production (**Fig.2.10**) est un indicateur important pour la gestion technique d'un réseau d'alimentation en eau potable (Valiron, 1994), définit selon la formule suivante :

$$\text{Rendement « production » (\%)} = \frac{\text{Volume distribué}}{\text{Volume produit}} \times 100$$

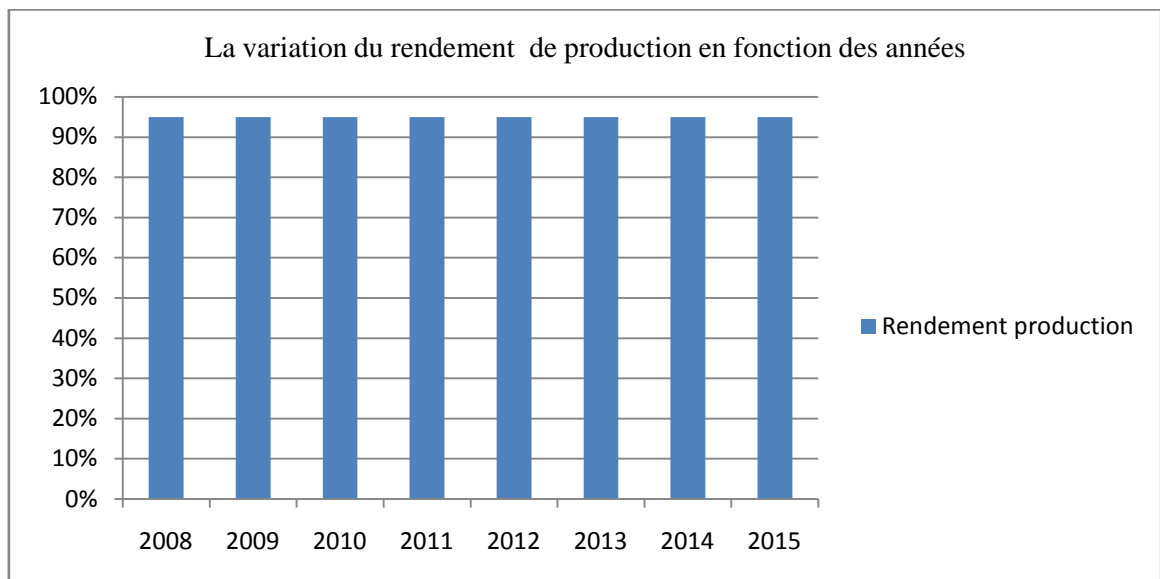


Fig.2.10 Variation du rendement production de production au niveau d'Ain Elhoutz

2.4.1.2 Rendement primaire

Ce rendement ou rendement technique, traduit la notion d'efficacité du réseau (Liemberger, 2002), puisqu'il compare la totalité de l'eau utilisée avec celle introduite dans le réseau (AFD, 2011 et Godart, 2000).

$$\text{Rendement primaire (\%)} = \frac{\text{Volume facturé}}{\text{Volume distribué}} \times 100$$

D'après (Gomella, 1985) le rendement primaire généralement supérieur à 65% et peut atteindre, voire dépasser, 90%. la figure II-11 représente les rendements primaires durant 2008-2015.

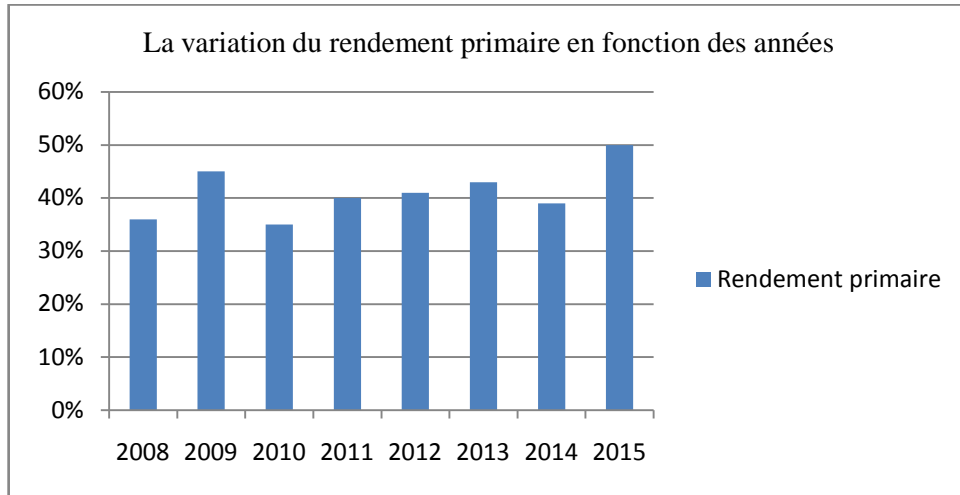


Fig.2.11 Variation du rendement primaire au niveau d'Ain Elhoutz

D'après la **Fig.2.11** on remarque que tous les rendements primaires sont inférieurs à 65%, les pertes d'eau dépassent les 40%. Cependant, il est cependant difficile d'évaluer la performance d'un réseau d'eau uniquement avec cet indice (Guérin-Schneider, 2001). c'est pour cette raison qu'on calcule l'indice linéaire de perte

2.4.2 Indice linéaire de perte

L'indice linéaire des pertes est défini comme étant le rapport entre le volume des pertes en distribution et le linéaire du réseau. et cela pourra varier selon le type du réseau (Liemberger, 2002).

Ce ratio varie suivant le type de réseau (Liemberger, 2002) et peut atteindre journalièrement 10 à 15 m³/km.j (Valiron, 1994).

$$ILP\left(\frac{m^3}{km} \cdot j\right) = \frac{\text{Volume de perte}}{\text{linéaire} \times 365 \times 24}$$

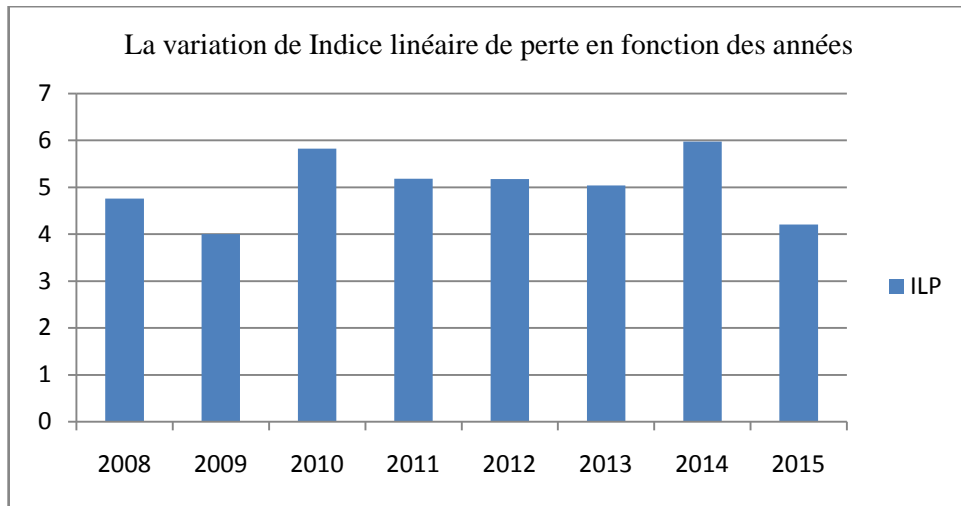


Fig.2.12 Variation de l'indice linéaire de perte au niveau d'Ain Elhoutz

La **Fig.2.12** représente la variation d'indice linéaire de perte en fonction des années, Cet indice varie entre 4 et 5,825 m³/h.km, représentant des pertes d'eau très élevées (Oieau, 2005), qui résultent d'une maintenance très limitée (Abdelbaki et al... 2014).

Dans le cas où l'indice des pertes est élevé, il est souhaitable de déterminer l'indice linéaire de réparation (Winarni, 2009).

2.4.3 Indice linéaire de réparation

L'indice linéaire de réparation est un indicateur sur l'état de dégradation des équipements et des canalisations du réseau d'alimentation en eau potable (Lambert et All, 1999)

$$ILR (rep/km. an) = \frac{\text{nombre de réparation par an}}{\text{linéaire du réseau}}$$

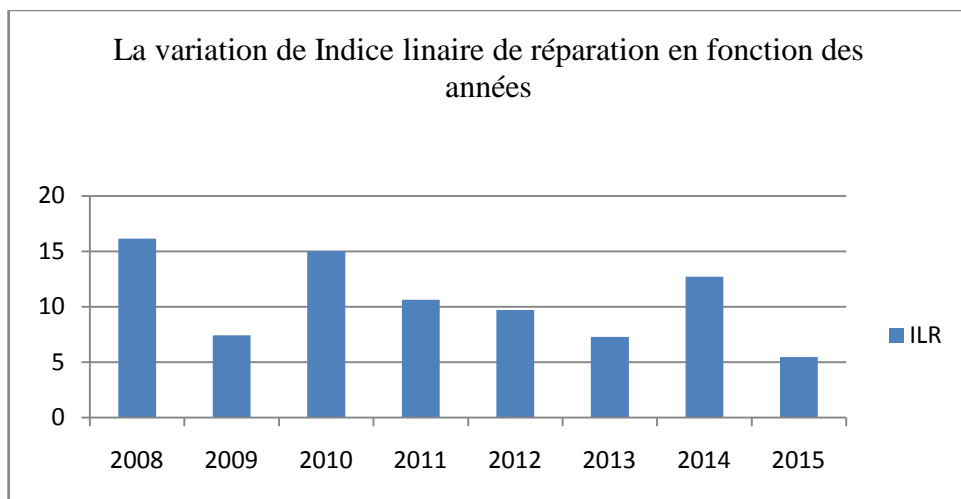


Fig.2.13 Variation de l'indice linéaire de réparation au niveau d'Ain Elhoutz

Les variations de l'indice linéaire de réparation sont représentées dans la **Fig.2.13**. Cette dernière montre que cet indice est nettement supérieur à 1 (rép/an.km) atteindre le 16 (rép/an.km). ce qui confirme que le réseau est vétuste et nécessite une réhabilitation et que les réparations des fuites d'eau ne sont pas réalisées selon les règles de l'art.

2.5 Calcul du débit moyen journalier

$$\begin{aligned} \text{➤} \quad \Sigma \text{Besoin} &= \text{Nombre d'habitant} * \text{dotation (150l/j/h)} \\ &= 11929 * (150/86400) = 20,71 \text{ l/s} \end{aligned}$$

Les pertes sont estimées à 15% :

$$\begin{aligned} \Sigma \text{besoin(Perte)} &= \Sigma \text{besoin} * 15\% \rightarrow 20,71 * 0,15 = 3,10 \text{ l/s} \\ Q_{\text{moyj}} &= \Sigma \text{besoin} + \Sigma \text{besoin(Perte)} \rightarrow 23,81 \text{ l/s} \end{aligned}$$

Pour les usages non domestiques la valeur estimée est 15%

$$\begin{aligned} 23,81 * 0,15 &= 3,571 \text{ l/s} \\ Q_{\text{moyj total}} &= 3,571 + 23,81 = 27,38 \text{ l/s} \end{aligned}$$

2.6 Interprétations et Recommandations

D'après les résultats obtenus, on remarque que le rendement primaire au niveau d'Ain Elhoutz est inférieur à 50%, ces faibles rendements sont dus à :

- La corrosion des conduites puisque le réseau d'Ain Elhoutz est en acier galvanisé.
- Les branchements illicites et non contrôlés.
- Défaillance des pièces de rechange (absence des pièces au niveau du stock).
- Absence de politique de maintenabilité et l'intervention immédiate en cas d'une fuite au niveau du réseau de distribution.

Pour qu'un réseau de distribution d'eau potable soit au bon fonctionnement et exploitation, il faut prendre des mesures et un diagnostic parfait pour améliorer et donner un bon rendement ainsi éviter le sur ou le sous dimension du réseau à long terme.

- Choisir des matériaux adéquats pour les canalisations (PEHD par exemple).
- Analyser des volumes de production et de consommation durant les dernières années pour améliorer les ressources qui alimentent Ain Elhoutz et prendre en considération le développement démographique pendant 20ans.
- Un suivi régulier du réseau par le service technique.

2.7 Conclusion

Dans ce chapitre les rendements et les performances du réseau d'AEP d'Ain Elhoutz ont été abordés y compris le calcul du débit moyen journalier.

Cette analyse a permis de se prononcer sur l'état du réseau d'Ain Elhoutz, qui nécessite une étude de rénovation suite aux rendements très faibles. Des propositions sont faites dans le chapitre 03 de ce travail.

Chapitre 3

Dimensionnement du Réseau d'AEP

3.1 Introduction

Dans ce chapitre, un nouveau réseau d'AEP est proposé pour la localité d'Ain Elhoutz. Ces variantes ont été étudiées pour simuler le comportement du réseau proposé.

La distribution d'eau potable de la localité d'Ain Elhoutz se fait sur des canalisations dans laquelle les abonnés feront des piquages, ces canalisations doivent présenter un diamètre suffisant de façon à assurer le débit maximal avec une pression au sol compatible avec la hauteur des constructions.

Les paramètres pris en considération dans le cadre de ce travail sont des paramètres techniques, et sont les suivants (débit, diamètre, vitesse, pression, matériaux).

a) Débit

À partir du débit de pointe, la conduite doit transiter le débit le plus fort par rapport aux autres débits durant la journée.

b) Diamètre

Le choix de diamètre est basé sur la gamme existante, pour le matériau utilisé dans notre cas, on a utilisé le PEHD. Les diamètres existants sont :

20 – 40 – 50 – 63 – 75 – 90 – 110 – 125 – 160 – 200 – 250 – 315 – 400 – 500 –
630 mm.

c) Vitesse

La vitesse de l'eau dans les conduites est de l'ordre de 0,5 à 1,5 m/s. Les vitesses supérieures à 1,5 m/s, de même que celles inférieures à 0,5 m/s sont à éviter (Dupont, 1979).

d) Pression

Le réseau doit être calculé pour satisfaire quelle que condition de pression :

- Une charge minimale de 3m doit être prévue considérablement
- Éviter les pressions supérieures à 60 m qui risquent d'apporter des désordres (fuites) et certains bruits désagréables dans les installations intérieures d'abonnés.

e) Matériaux

Le choix de type des canalisations utilisées est en fonction de certains critères :

- La pression et la nature du terrain.
- Plus économique (moins coûteux).
- La disponibilité sur le marché.
- Une facilité de la pose et les prises de branchement.

3.2 Stockage d'Eau

Comme on a dit dans le 2^{ème} chapitre, le stockage se fait dans les deux réservoirs existants, le 1^{er} réservoir se trouve au Nord d'Ain Elhoutz à une altitude de 553m et le 2^{ème} au Sud d'Ain Elhoutz à une altitude de 620 m.

A partir de ces deux réservoirs, la distribution se fait d'une manière gravitaire vers le réseau qui est équipé de diverses vannes de sectionnement, pour accroître la sécurité et éviter les interruptions du service en cas de réparation.

3.3 Application sur Epanet

Suite aux manques enregistrés concernant la couverture cartographique de la localité d'Ain Elhoutz, le réseau proposé (toutes les variantes) a été reporté sur un fond de plan, la localité extrait à partir de Google Earth

3.3.1 Tracé du réseau

Le tracé du réseau proposé a été fait sur Google Earth. On fait passer les tuyaux principaux sur toute la localité d'Ain Elhoutz et enregistré la photo (**Fig.3.1**).

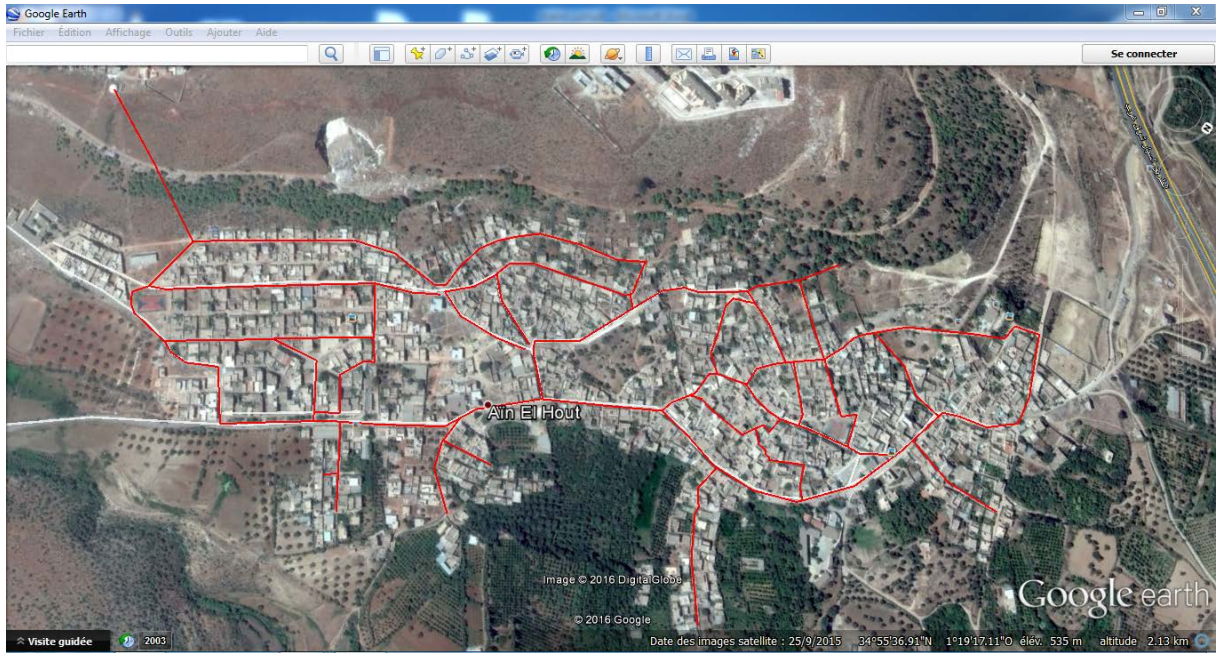


Fig.3.1 Tracé du réseau sur Google Earth

En suite, On à importer la photo sur Epanet et on trace le réseau d'une façon identique comme sur Google Earth (**Fig.3.2**).

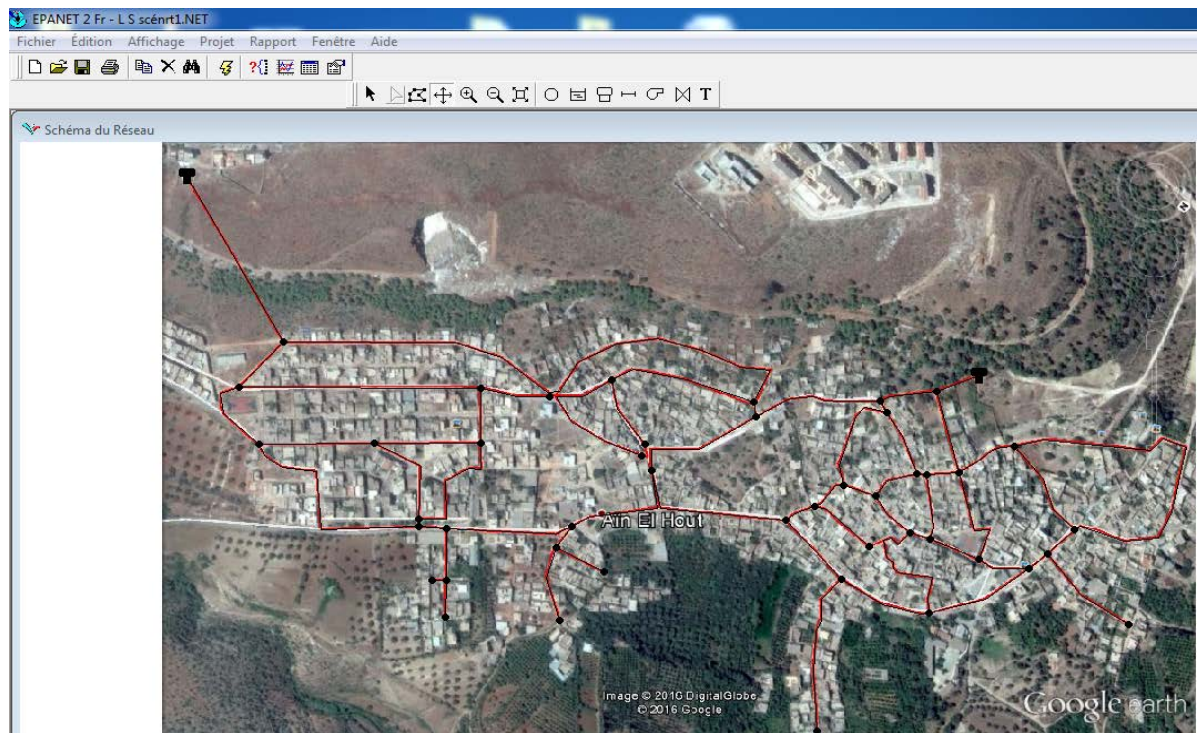


Fig.3.2 Tracé du réseau sur Epanet

3.3.2 Estimation des besoins et calcul des détails

Calcul de la population future pour une année bien définie.

Calcul des besoins en eau (débit moyen journalier) en tenant compte des besoins des établissements publics et les pertes.

Répartition du débit moyen sur les nœuds du réseau sous Epanet.

Choix d'une courbe de modulation (appelée aussi modèle de consommation pour certains logiciels) (**tableau 3.1**).

Simulation du fonctionnement du réseau.

Tableau 3.1 Coefficient d'horaire

Heure	Agglomération de type rural	< 10 000 habitants
0-1	0,75	1,00
1-2	0,75	1,00
2-3	1,00	1,00
3-4	1,00	1,00
4-5	3,00	2,00
5-6	5,50	3,00
6-7	5,50	5,00
7-8	5,50	6,50
8-9	3,50	6,50
9-10	3,50	5,50
10-11	6,00	4,50
11-12	6,50	5,50
12-13	6,50	7,00
13-14	6,00	7,00
14-15	5,00	5,50
15-16	5,00	4,50
16-17	3,50	5,00
17-18	3,50	6,50
18-19	6,00	6,50
19-20	6,00	5,00
20-21	6,00	4,50
21-22	3,00	3,00
22-23	2,00	2,00
23-24	1,00	1,00

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

La localité d'Ain Elhoutz est de type rural et ne dépasse les 10000 habitants, donc on prend les valeurs d'agglomération de type rural.

3.4 Simulation du comportement du réseau projeté

Après avoir calculé le débit de pointe de la localité d'Ain Elhoutz, plusieurs variantes (scénarios) ont été proposées pour voir le comportement du réseau en fonctionnement.

Cette opération permettra de choisir la conception optimale de ce réseau (assurer des pressions suffisantes avec des vitesses acceptable).

Les détails des scénarios sont développés dans ce qui suit :

3.4.1 Premier scénario

Dans le 1^{ème} scénario (**Fig.3.3**), on a mis la conduite qui relie la 1^{ère} partie du réseau avec la 2^{ème} en position ouverte afin que le réseau soit alimenté par les deux réservoirs à la fois. Les figures suivantes montrent la pression et la vitesse d'eau dans deux périodes différentes.



Fig.3.3 Schéma du 1^{er} scénario

En heure de pointe. On remarque que :

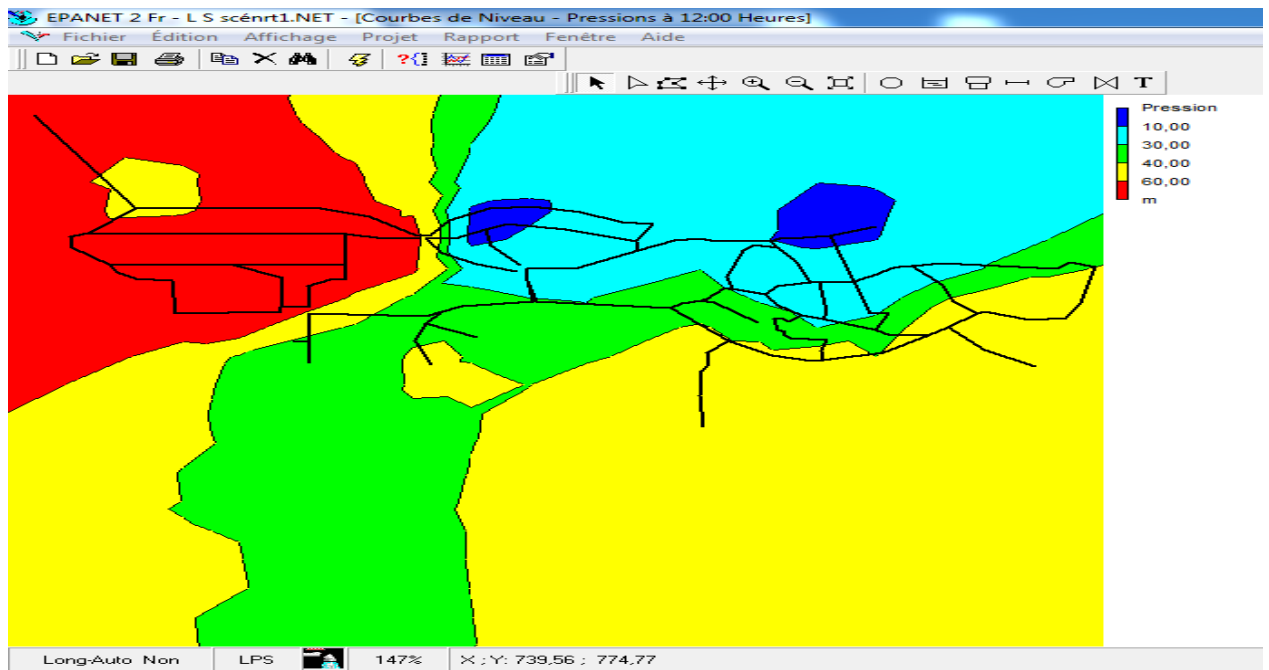


Fig.3.4 L'enveloppe de pression en heure de pointe

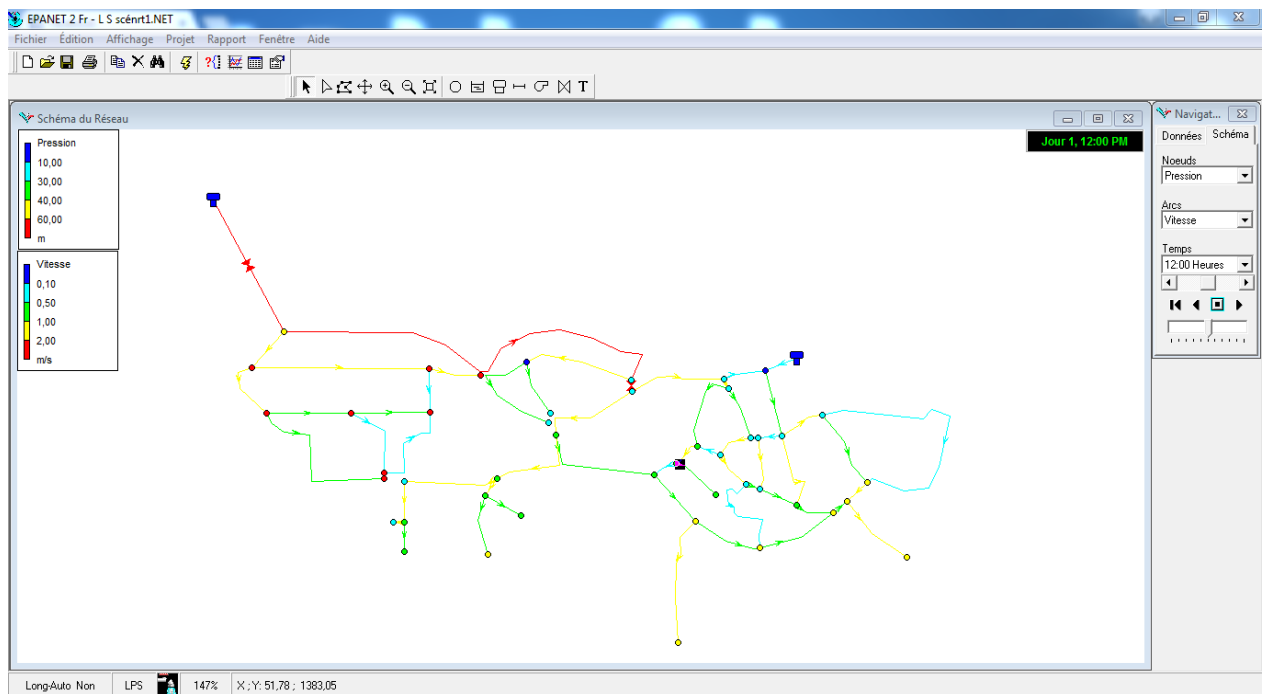


Fig.3.5 Répartition des vitesses en heure de pointe

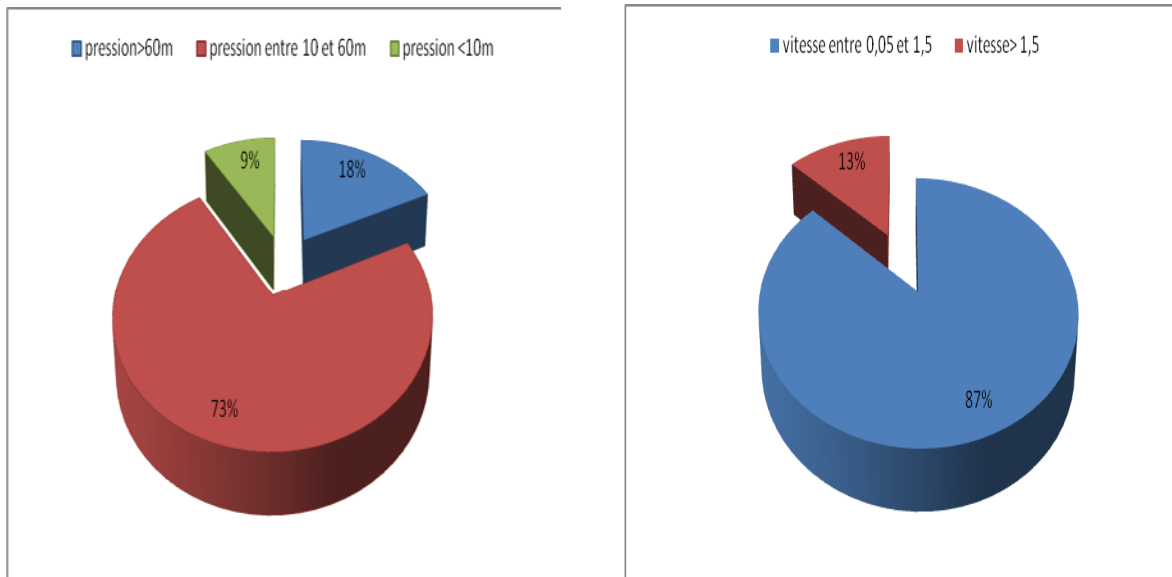


Fig.3.6 Résultats de simulation sur Epanet

La pression dans 73% des nœuds du réseau est dans la plage entre 10 et 60m. 18% des nœuds leur pression est > 60m et 9% qui restent est < 10m.

La vitesse dans 87% des conduites du réseau est entre 0,05 et 1,5 m/s et 13% des conduites leur vitesse > 1,5 m/s.

A 00h. On remarque que :

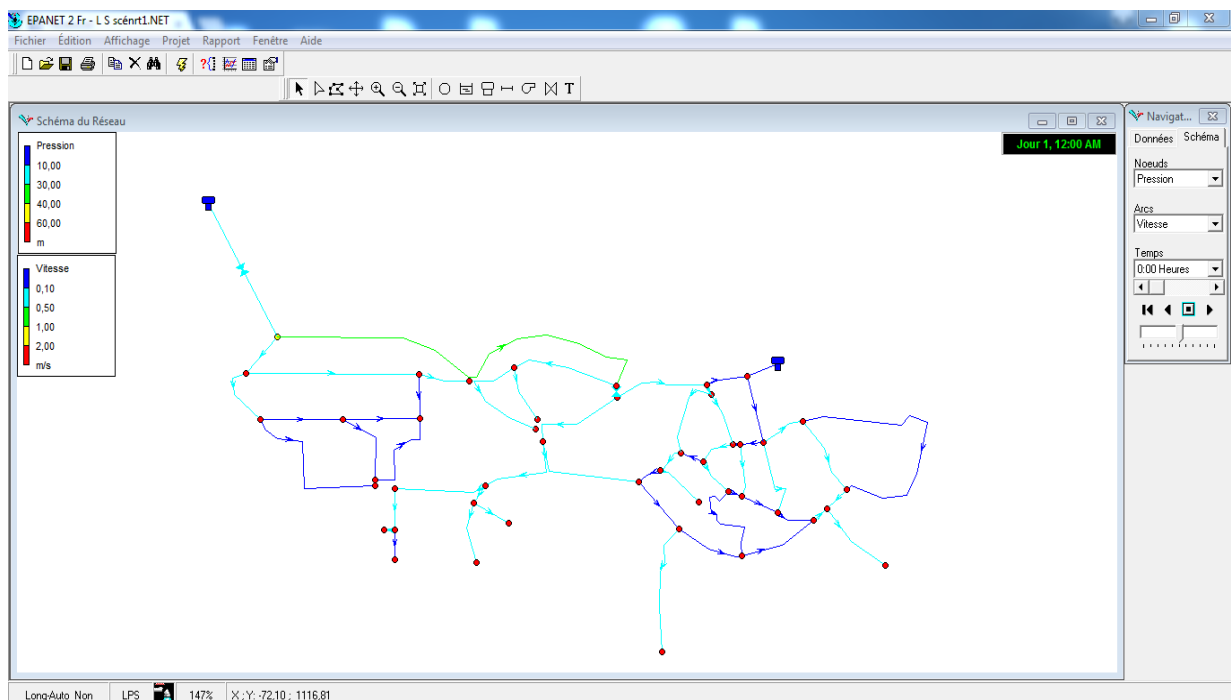


Fig.3.7 Répartition des vitesses à minuit

Chapitre 3 : Dimensionnement du Réseau d'AEP

Le 1^{er} réseau à proposer pour la localité d'Ain Elhoutz est un réseau mixte mais beaucoup plus maillé, alimenté par deux réservoirs, il comporte une longueur plus de 8,4 km en PEHD. Le tableau 3.2 montre les diamètres utilisés dans le réseau :

Tab 3.2 Diamètres et les longueurs du 1^{er} réseau

Diamètre (mm)	La longueur(m)
315	67,60
250	555
200	1193
160	704
125	313
110	1595
90	1302
75	1328
63	1358

3.4.2 Deuxième scénario

Dans le 2^{ème} scénario (Fig.3.8), on mit la conduite qui relie les deux parties en position fermé a fin que le réseau soit séparé.

Les figures suivantes montrant la pression et la vitesse d'eau dans deux périodes différentes

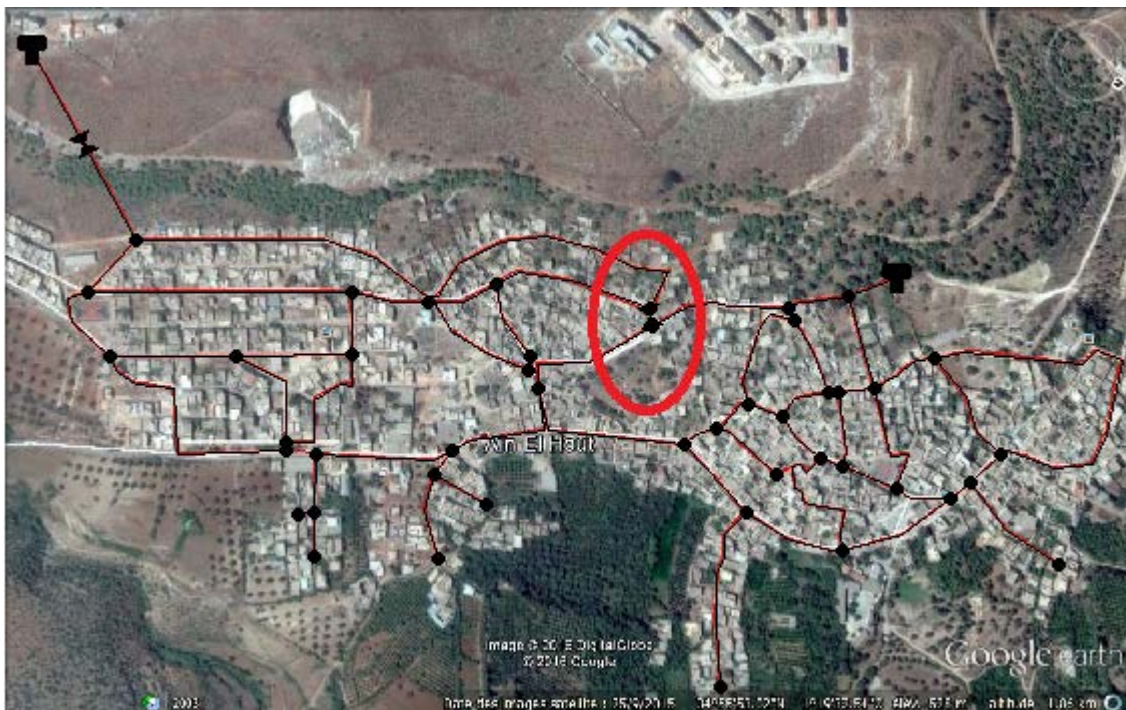


Fig.3.8 Schéma du 2^{ème} scénario

En heure de point. On remarque que :

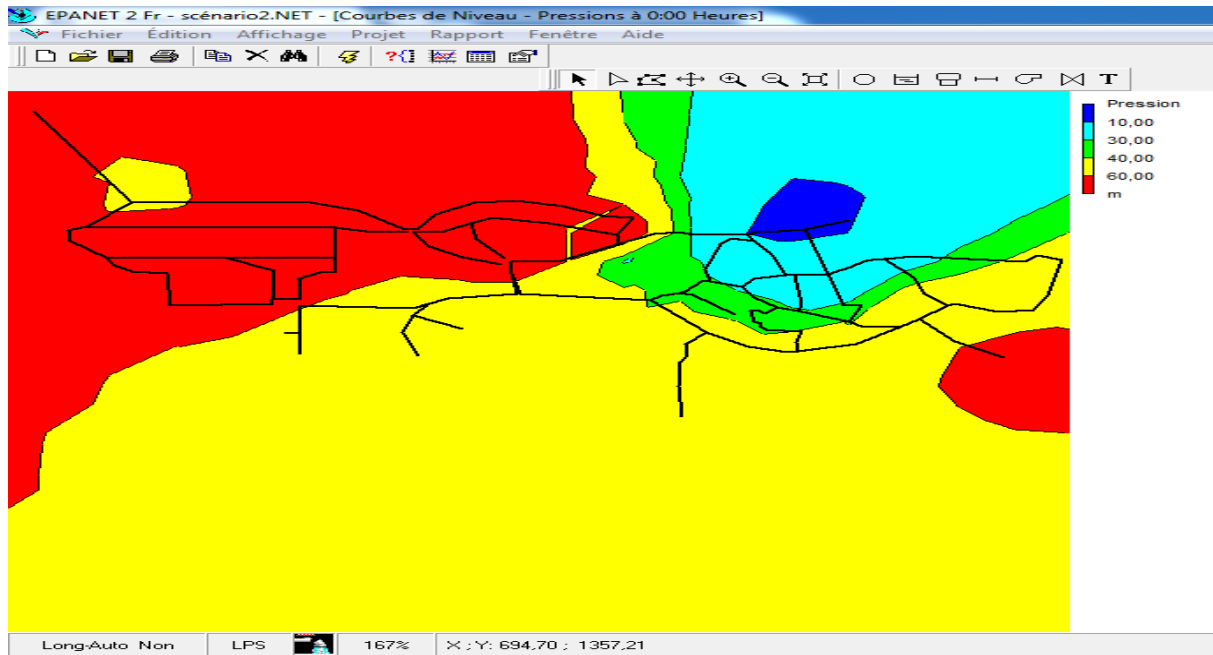


Fig.3.9 L'enveloppe de pression en heure de pointe

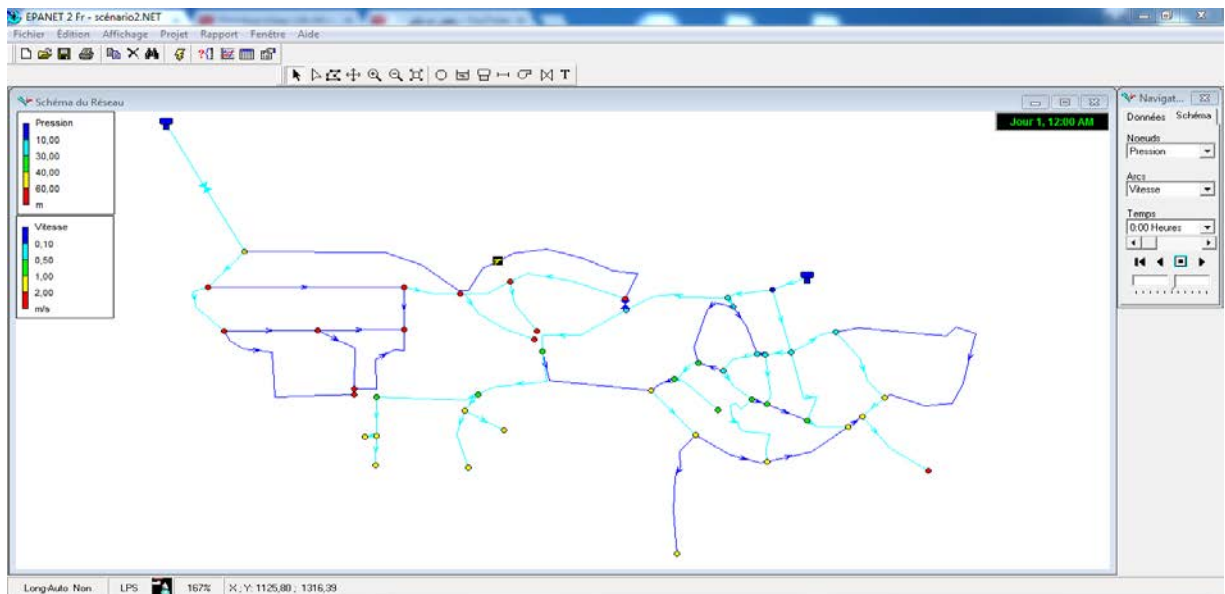


Fig.3.10 Répartition des vitesses en heure de pointe

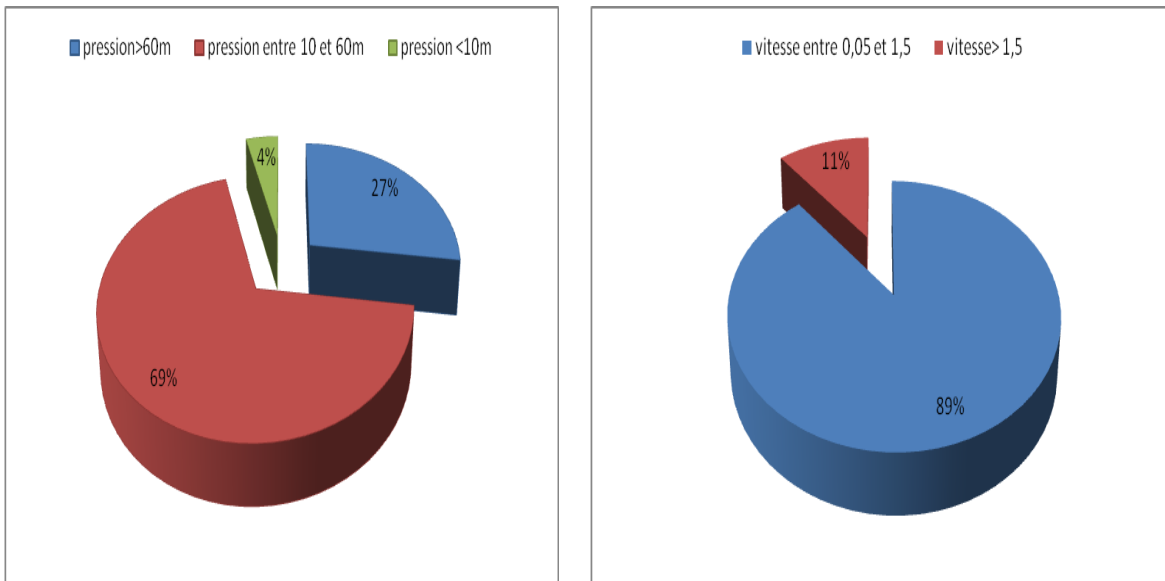


Fig.3.11 Résultats de simulation sur Epanet

La pression dans 69% des nœuds du réseau est dans la plage entre 10 et 60m. 27% des nœuds leur pression est > 60m et 4% qui restent est < 10m.

La vitesse dans 89% des conduites du réseau est entre 0,05 et 1,5 m/s et 11 % des conduites leur vitesse > 1,5 m/s.

A minuit. On remarque que :

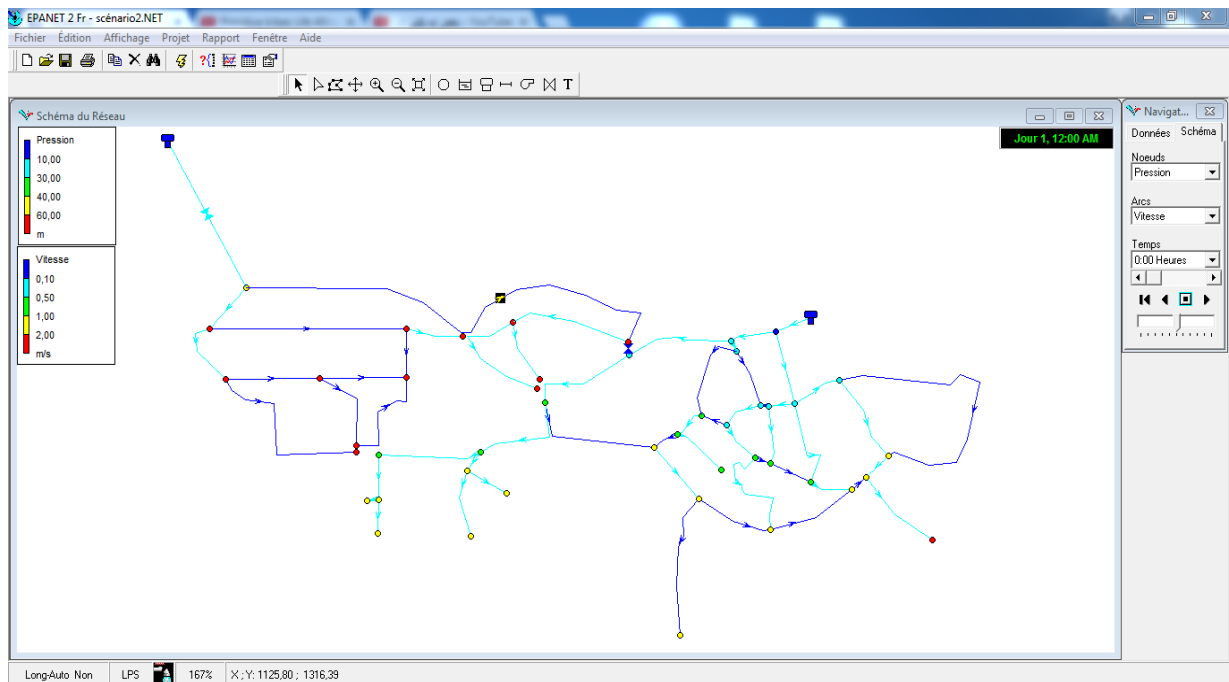


Fig.3.12 Répartition des vitesses à minuit

Chapitre 3 : Dimensionnement du Réseau d'AEP

La 2^{ème} proposition, Un réseau mixte comporte deux parties séparé avec une longueur plus de 8,4 km en PEHD. Le tableau 3.3 montre les diamètres utilisés dans le réseau :

Tab 3.3 Diamètres et les longueurs du 2^{ème} réseau

Diamètre (mm)	La longueur(m)
315	67,60
250	555
200	353
160	1686
125	1035
110	557
90	1558
75	1436
63	1168

3.4.3 Troisième scénario

Dans ce scénario (Fig.3.13), on a joué sur l'altitude du 2^{ème} réservoir en changeant leur emplacement du 620m jusqu'à 570m pour voir la répartition de la pression.

Les figures suivantes montrant la pression et la vitesse d'eau dans deux périodes différentes.

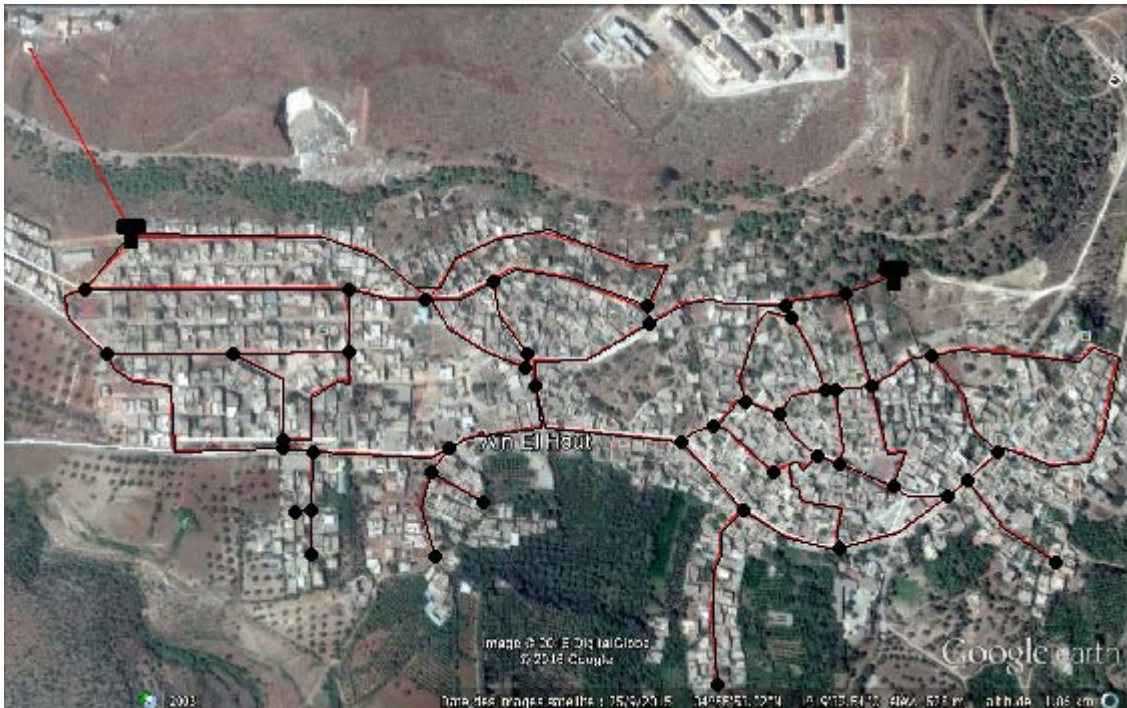


Fig.3.13 Schéma du 3^{ème} scénario

En heure de pointe :

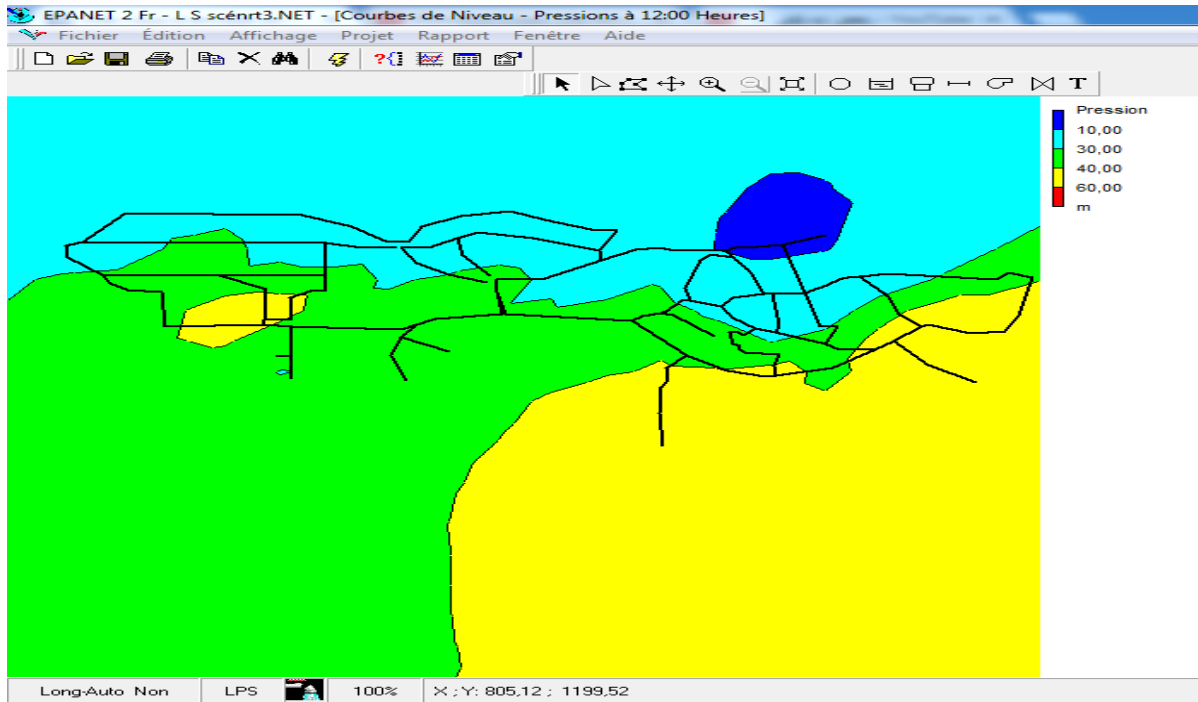


Fig.3.14 L'enveloppe de pression en heure de pointe

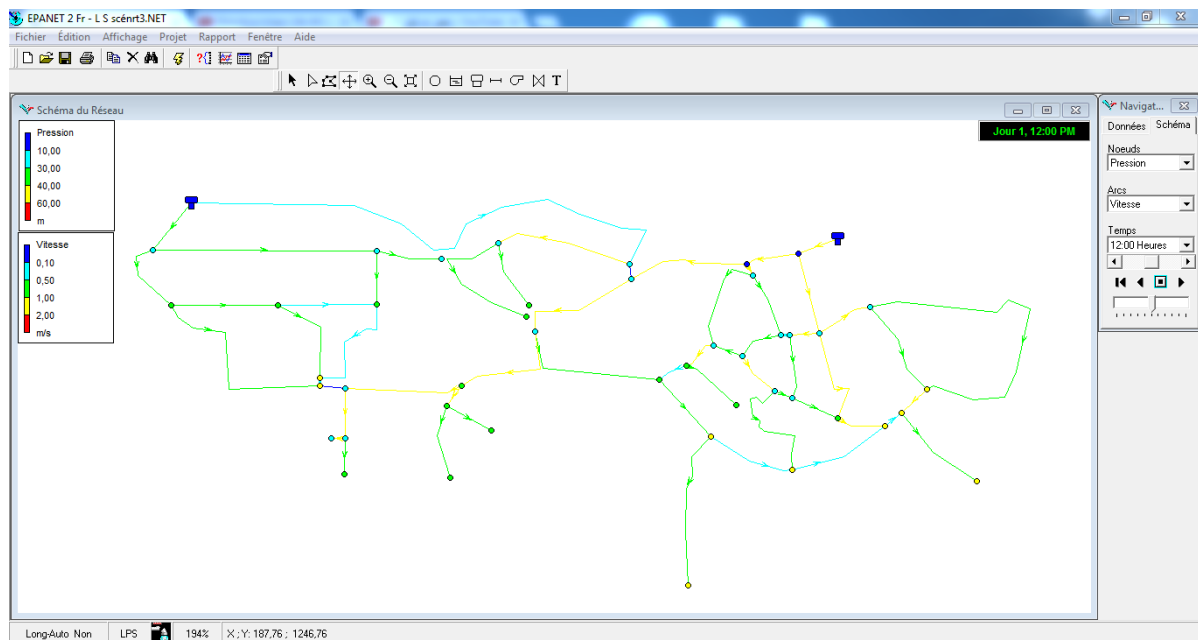


Fig.3.15 Répartition des vitesses en heure de point

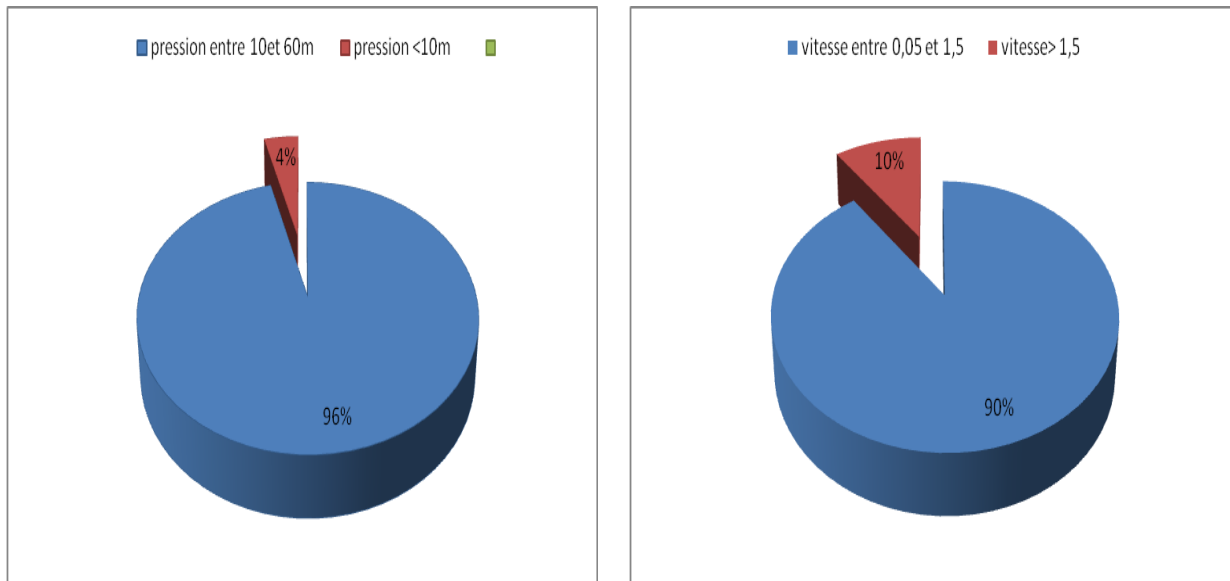


Fig.3.16 Résultats de simulation sur Epanet

La pression dans les nœuds est parfaite globalement, Les résultats de simulation montrent que 96% de pression se varie entre 10 et 60m. 4 % qui reste est <10m c'est pour les nœuds qui sont près du réservoir.

90% des conduites leur vitesse d'écoulement à l'heure de point est entre 0,05 et 1,5 m/s et 10% des conduites la vitesse est >1,5 m/s.

A minuit :

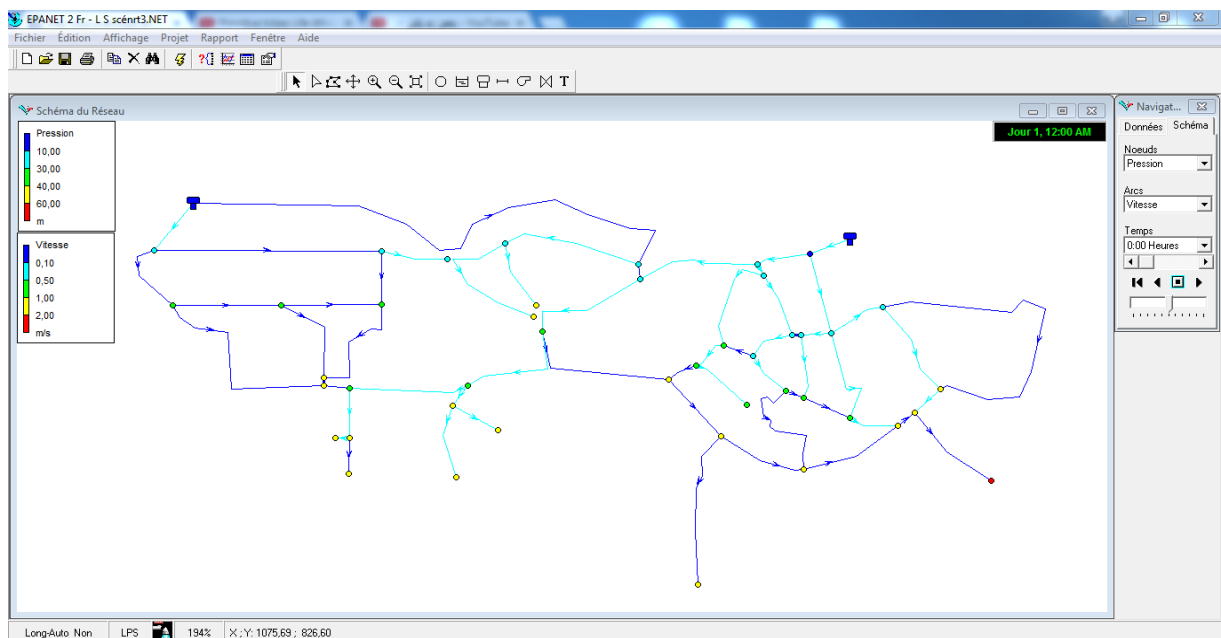


Fig.3.17 Répartition des vitesses à minuit

Chapitre 3 : Dimensionnement du Réseau d'AEP

La 3^{ème} proposition, Le changement de l'emplacement du 2^{ème} réservoir donne des bons résultats, Le réseau à une longueur presque de 8,2 km en PEHD. Le tableau 3.4 montre les diamètres utilisés dans le réseau :

Tab 3.4 Diamètres et les longueurs du 3^{ème} réseau

Diamètre (mm)	La longueur(m)
315	67,60
250	278
200	1294
160	1107,69
125	469,62
110	582,99
90	2214,33
75	1632,05
63	549,24

3.4.4 Quatrième scénario

Dans ce scénario (Fig.3.18), On a raccordé le réseau avec une seule source d'alimentation en eau. L'importance d'altitude du 2^{ème} réservoir sa nous permet d'alimenté toutes la localité. Les figures suivantes montrent la pression et la vitesse d'eau dans deux périodes différentes.

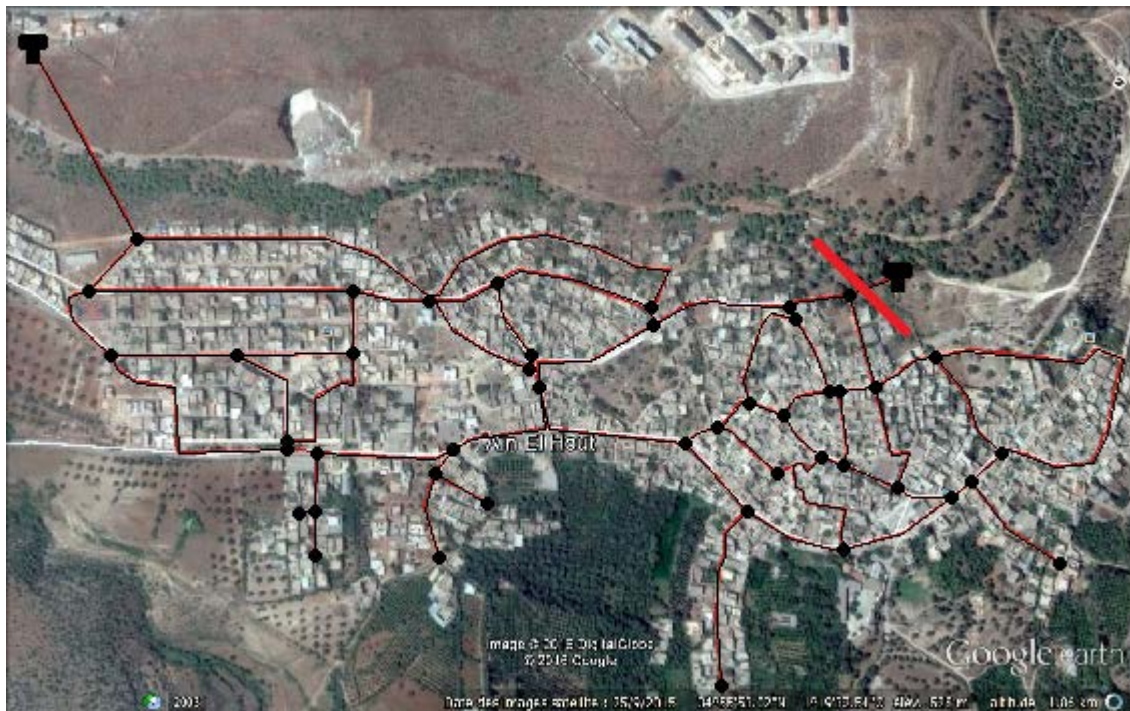


Fig.3.18 Schéma du 4^{ème} scénario

En heure de pointe :

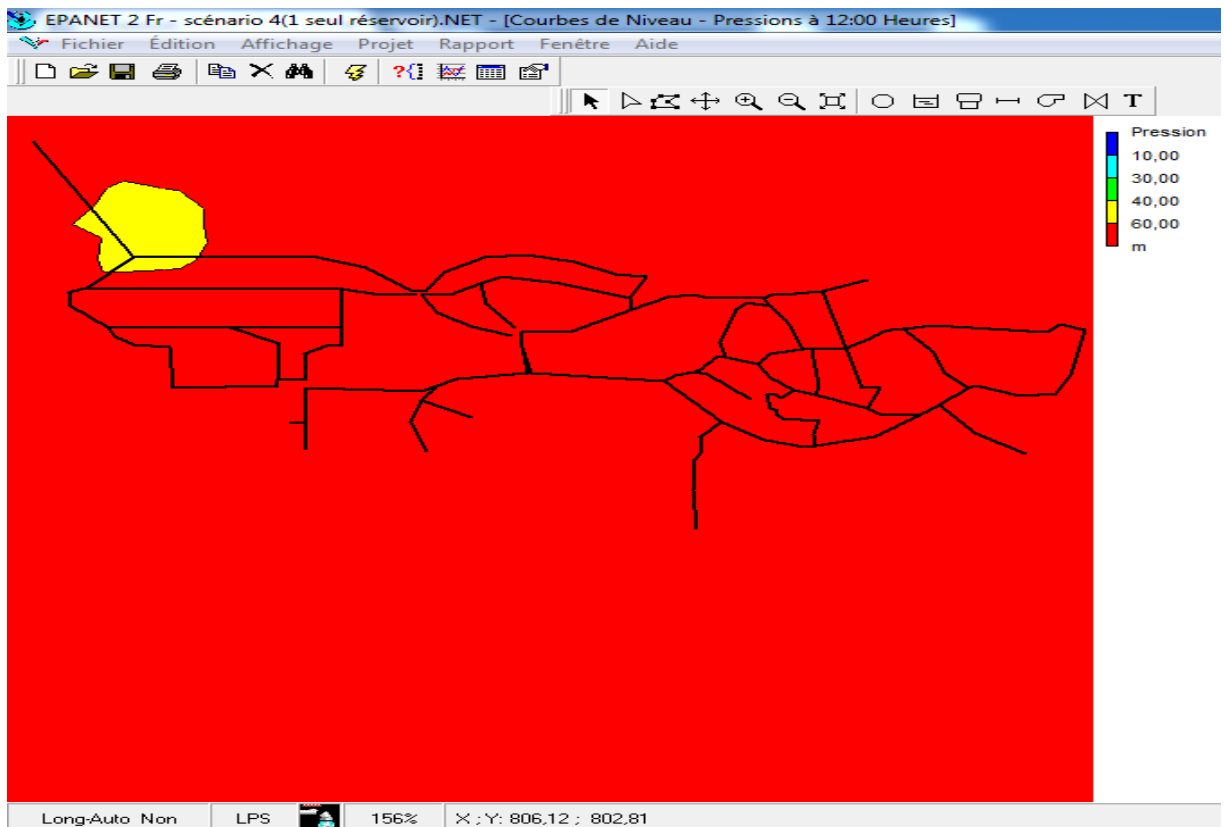


Fig.3.19 L'enveloppe de pression en heure de pointe

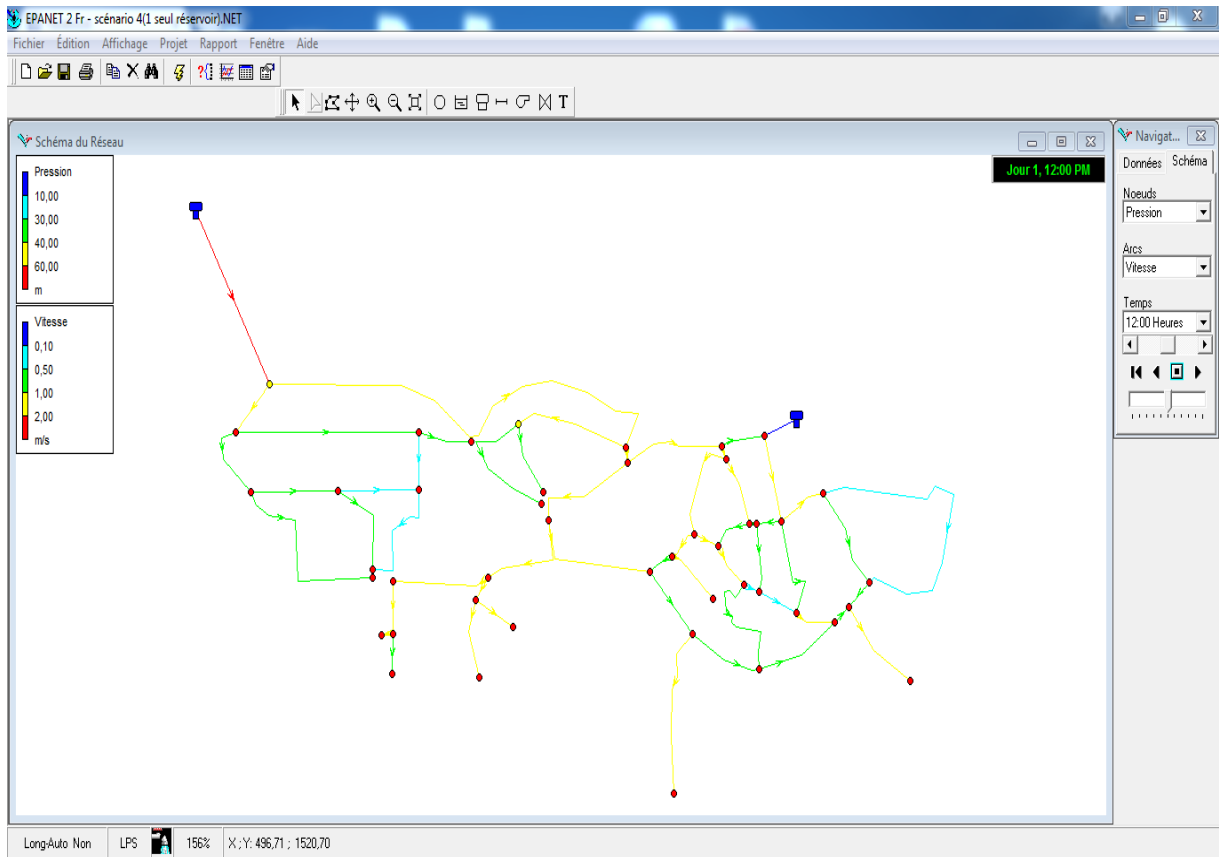


Fig.3.20 Répartition des vitesses en heure de pointe

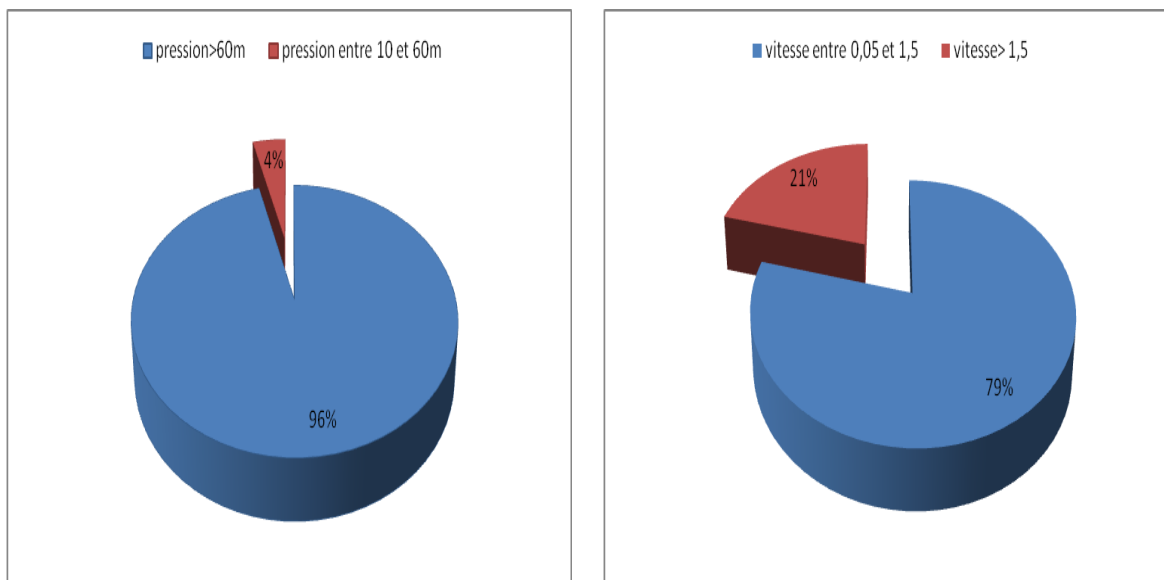


Fig.3.21 Résultats de simulation sur Epanet

Les résultats montrés que la pression dans 96% des nœuds du réseau est supérieure à 60m, et 4% qui restent est entre 10 et 60m. Ce qui nécessite d'installer des vannes de réduction de pression.

La vitesse dans 79% des conduites du réseau est entre 0,05 et 1,5 m/s et 21 % des conduites leur vitesse > 1,5 m/s.

A minuit :

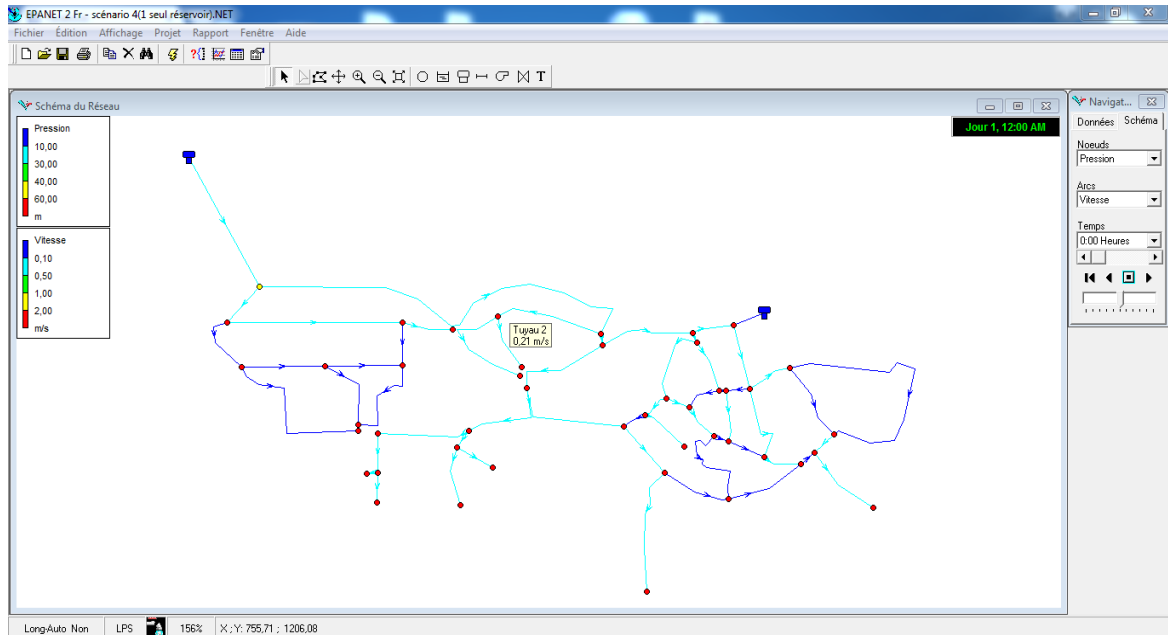


Fig.3.22 Répartition des vitesses à minuit

La 4^{ème} proposition, Le réseau est alimenté par un seul réservoir avec une longueur qui dépasse 8,8 km en PEHD. Le tableau 3.5 suivant montre les diamètres utilisé

Tab 3.5 Diamètres et les longueurs du 4^{ème} réseau

Diamètre (mm)	La longueur(m)
315	1181,17
250	192,80
200	287,23
160	735,2
125	833,56
110	748,96
90	2236,77
75	1258,11
63	1341,31

3.4.5 Cinquième scénario

Le cinquième scénario (**Fig.3.23**), Les deux parties sont totalement indépendantes et alimentées par les deux réservoirs de la localité. Les figures suivantes montrent la pression et la vitesse d'eau dans deux périodes différentes.

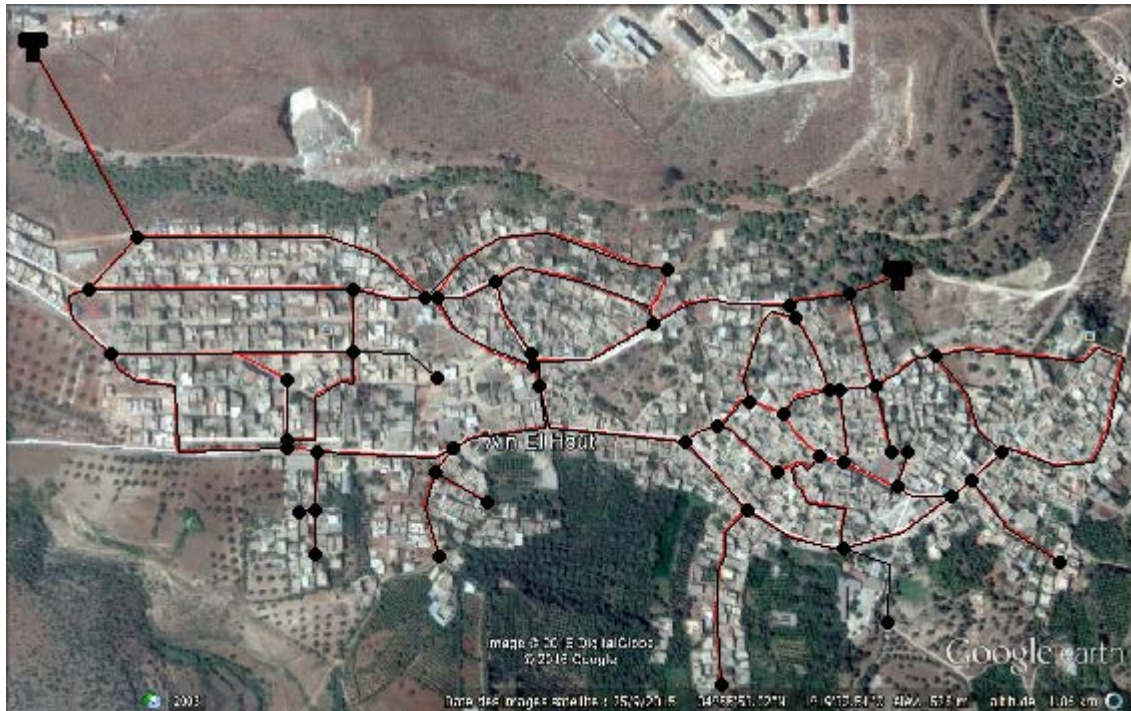


Fig.3.23 Schéma du 5^{ème} scénario

En heure de pointe :

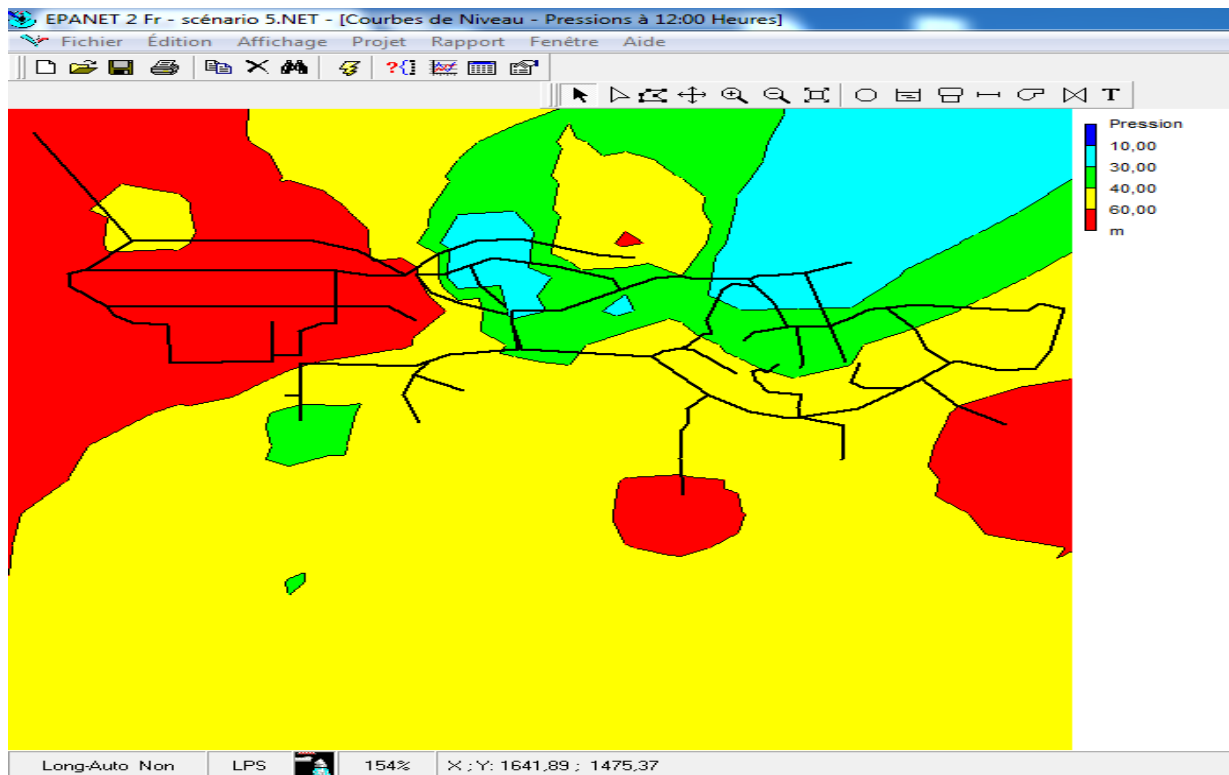


Fig.3.24 L'enveloppe de pression en heure de pointe

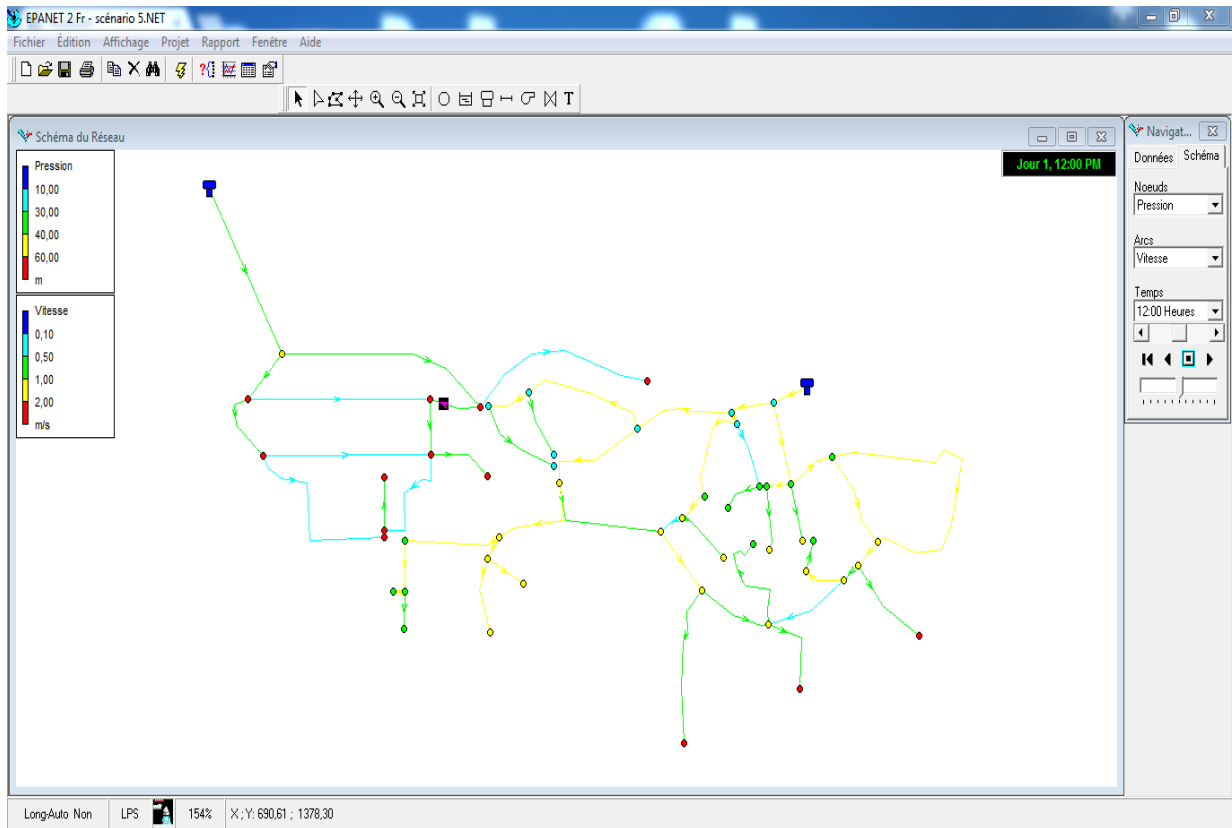


Fig.3.25 Répartition des vitesses en heure de pointe

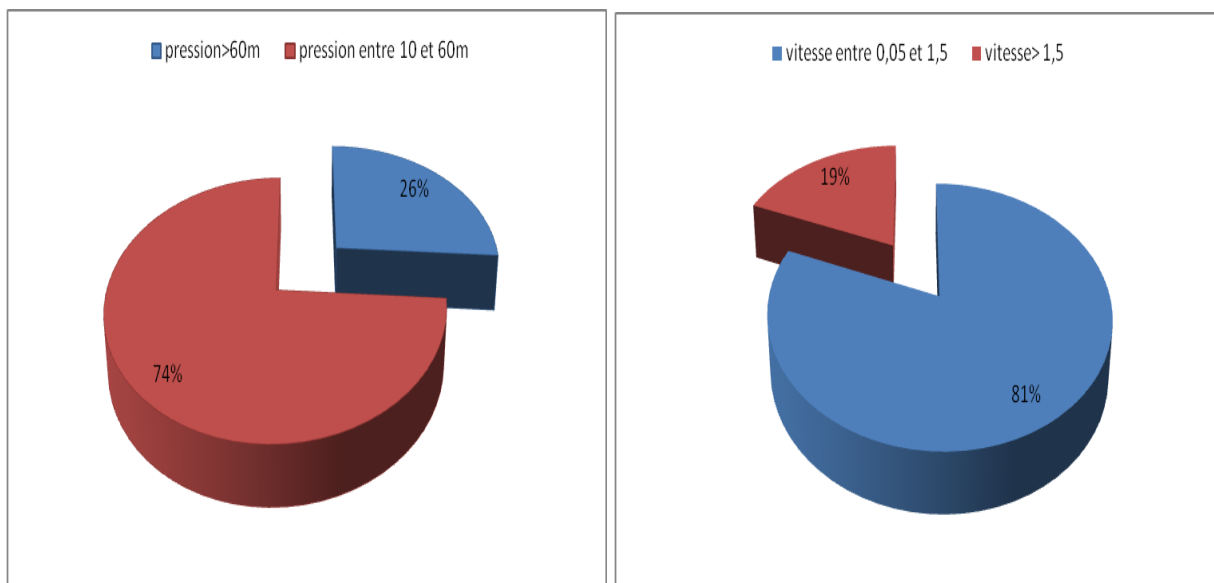


Fig.3.26 Résultats de simulation sur Epanet

Les résultats de simulation montrés que la pression dans 74% des nœuds du réseau varie entre 10 et 60m. 26% des nœuds leur pression est > 60m.

La vitesse dans 81% des conduites du réseau est comprises entre 0,05 et 1,5 m/s et 19% des conduites leur vitesse >1,5m/s.

A minuit :

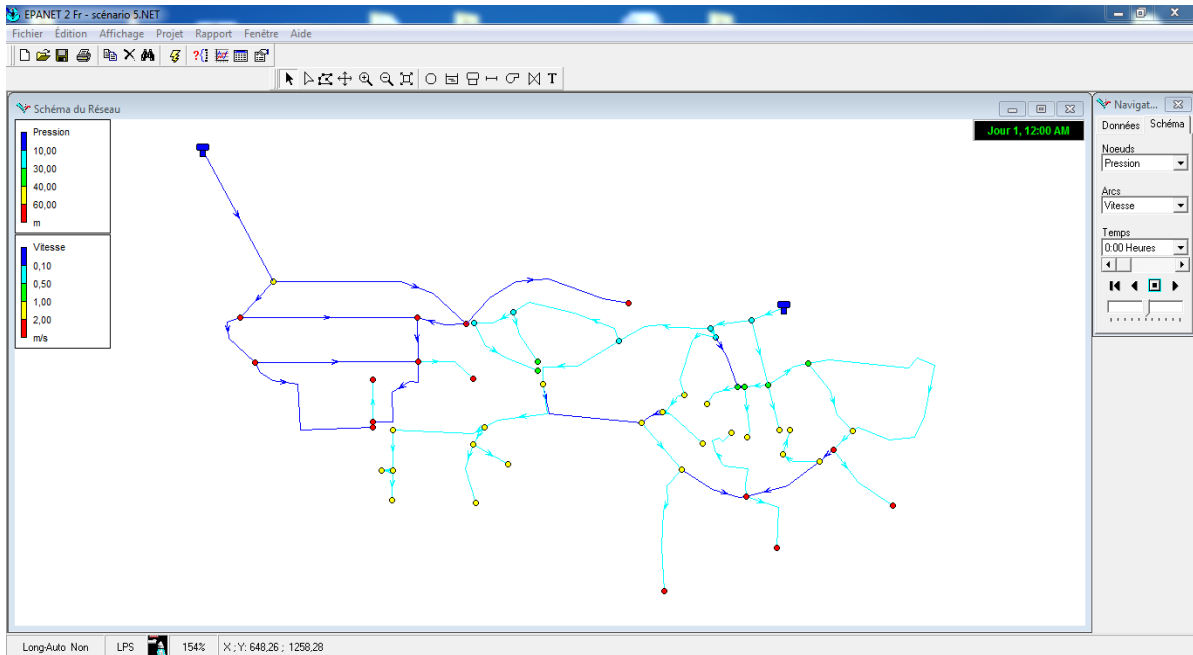


Fig.3.27 Répartition des vitesses à minuit

La cinquième proposition, Un réseau mixte beaucoup plus maillé divisé en 2 parties séparées, comporte une longueur plus que 8,2km en PEHD. Le tableau 3.6 suivant montre les diamètres utilisés.

Tab 3.6 Diamètres et les longueurs du 5^{eme} réseau

Diamètre (mm)	La longueur(m)
315	345,08
250	278,27
200	830,03
160	1638,85
125	876,3
110	1115,72
90	1073,01
75	1901,39
63	222,71

3.4.6 Sixième scénario

Le dernier scénario (**Fig.3.28**) Le réseau est séparé en deux parties par une conduite mi en position fermé, mais les changements sont au niveau du tracé c.à.d. le schéma du réseau. Les figures suivantes montrent la pression et la vitesse d'eau dans deux périodes différentes.



Fig.3.28 Schéma du 6^{ème} scénario

En heure de pointe :

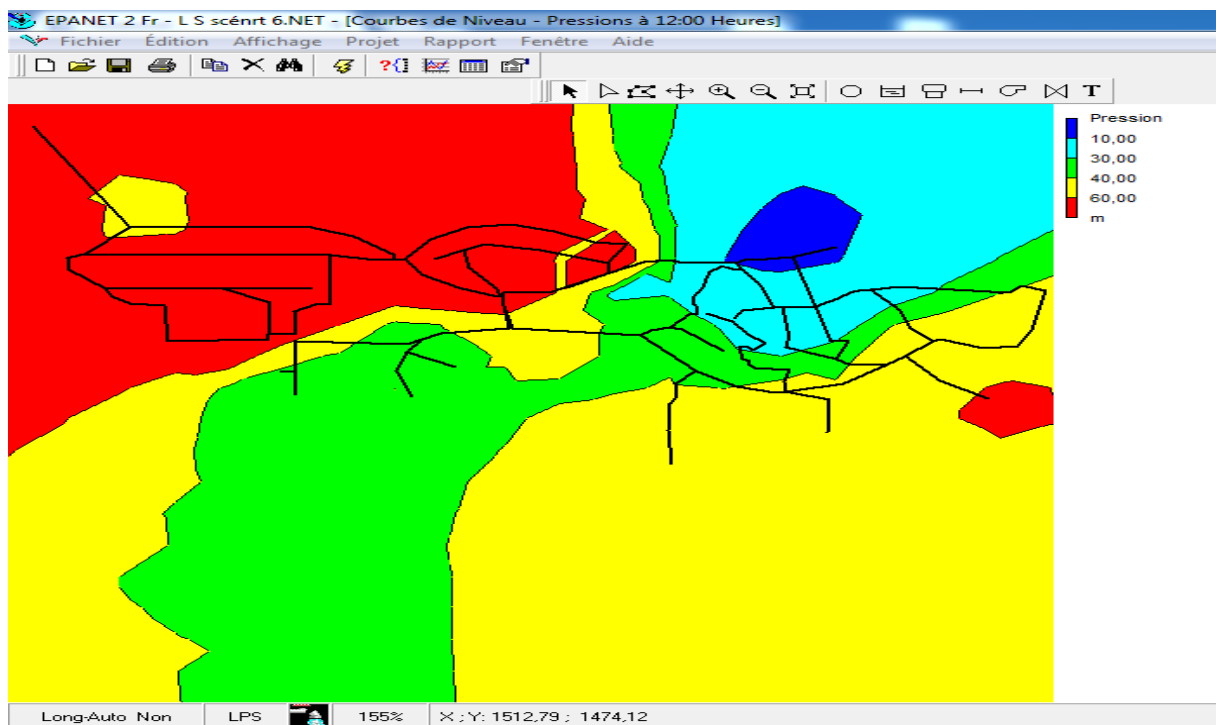


Fig.3.29 L'enveloppe de pression en heure de pointe

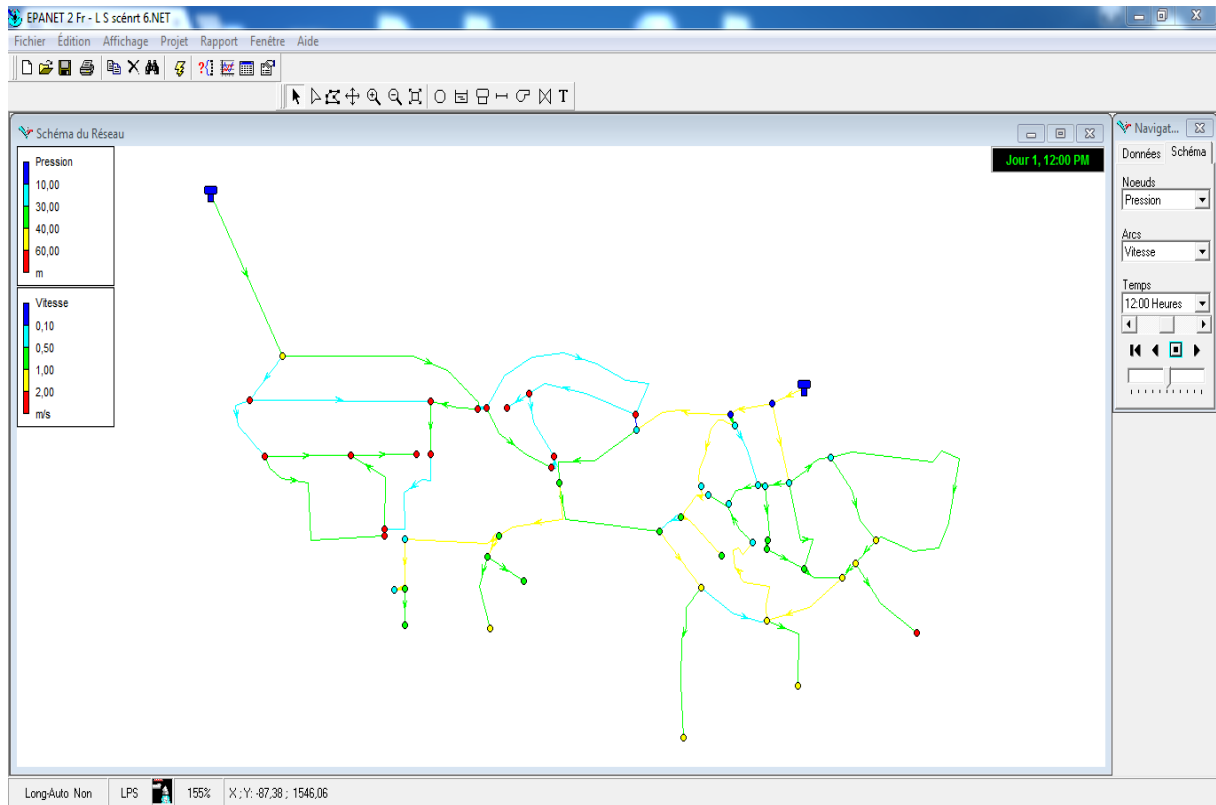


Fig.3.30 Répartition des vitesses en heure de pointe

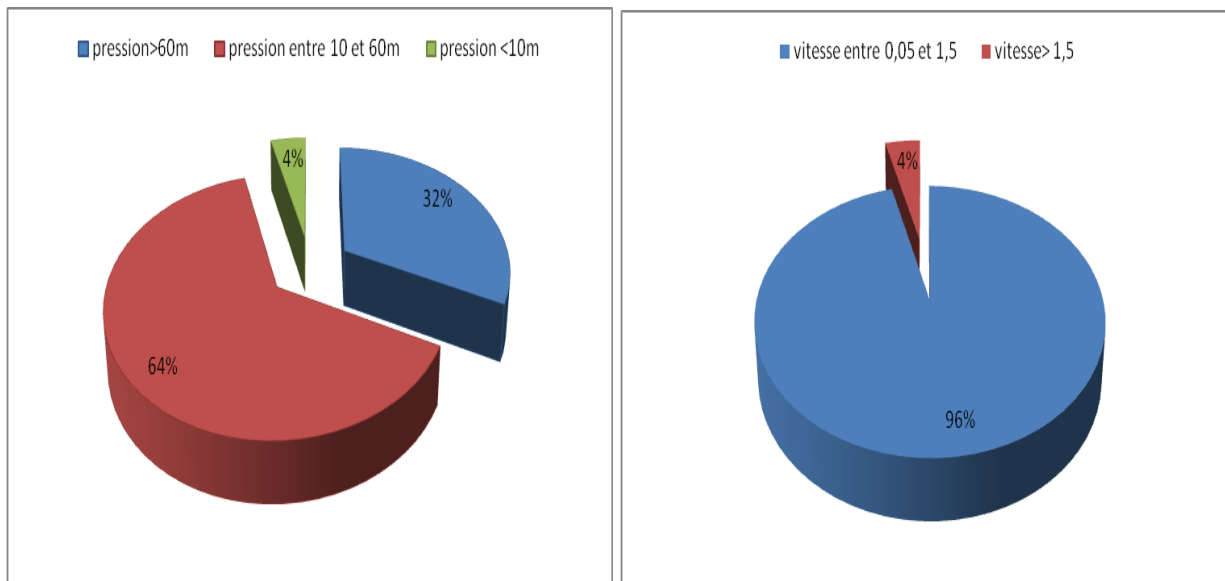


Fig.3.31 Résultats de simulation sur Epanet

Les résultats de simulation montrés que la pression dans 64% des nœuds du réseau varie entre 10 et 60m. 32% des nœuds leur pression est > 60m et 4% qui reste est <10m.

La vitesse dans 96% des conduites du réseau est comprises entre 0,05 et 1,5 m/s et 4 % des conduites leur vitesse >1,5 m/s.

A minuit :

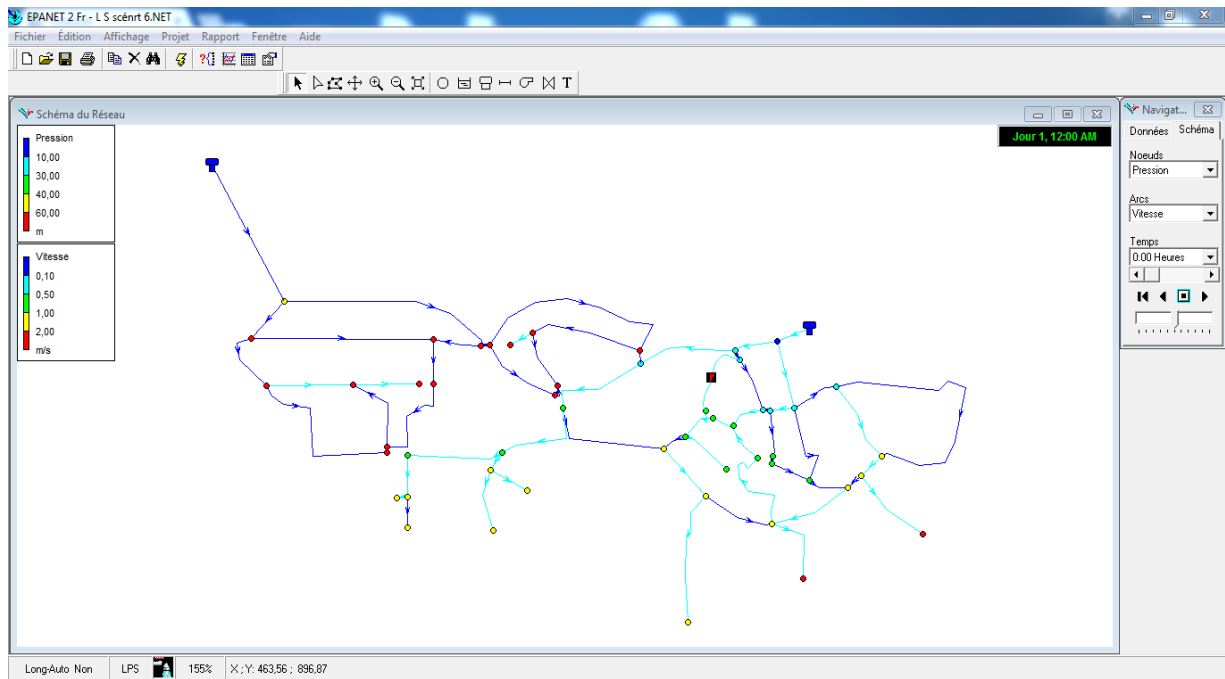


Fig.3.32 Répartition des vitesses à minuit

La sixième proposition, Un réseau maillé alimenté par deux réservoirs comporte une longueur qui dépasse 8,4km en PEHD. Le tableau 3.7 suivant montre les diamètres utilisés.

Tab 3.7 Diamètres et les longueurs du 6^{ème} réseau

Diamètre (mm)	La longueur(m)
315	345,08
250	1131,24
200	657,18
160	1467,69
125	1124,1
110	1260,14
90	821,25
75	1538,31
63	124,71

3.5 Conclusion

Plusieurs propositions ont été faites, le comportement du réseau à été analysé en différentes périodes de fonctionnement.

Le schéma proposé pour être retenue pour la localité d'Ain Elhoutz est le scénario 2 par ce qu'il présente les avantages suivants :

- Satisfaction des abonnés au côté de la pression et vitesse.
- Nécessite pas d'installé des nouvelles infrastructures (cas du 3ème scénario).
- Moins coûteux par rapport aux autres scénarios (la longueur des grands diamètres est moins utilisée).
- Séparation en distribution (deux parties). En cas d'une défaillance au niveau d'une partie, l'autre partie reste toujours alimentée.

Conclusion générale

Dans ce travail, nous avons étudié le diagnostic de la rénovation du réseau d'AEP pour la localité d'Ain Elhoutz à l'aide d'un modèle informatisé Epanet. Le choix de ce système à cause qu'il est accès libre et utilisé dans plusieurs projets d'hydrauliques par les bureaux d'études. Le travail à été divisé en 3 chapitres (Etude bibliographique- Présentation du site- Dimensionnement du réseau).

Dans le 1^{er} chapitre une étude bibliographique pour exprimer et montrer qu'est ce qu'un réseau de distribution d'AEP, de quoi-til se compose, une vision générale sur les réservoirs de stockage et leurs rôles dans les réseaux d'AEP, Les différents matériaux des canalisations d'AEP et une présentation sur la variation des logiciels qu'on peut dimensionner un réseau d'AEP.

Dans le 2^{ème} chapitre, l'étude de la rénovation a été basée sur différents informations concernant l'ancien réseau. et à partir de ces informations on à calculé les rendements de production et primaire qui na pas dépassé les 50% ainsi les indices linéaire de pertes qui varient entre 4 et 5,825 m³/h.km et de réparation qui atteignent les 16 rép/an.km. Et ces indices sont très élevés ce qui confirme que le réseau nécessite une rénovation

Ainsi on a montré les différentes ressources en eau existant pour la localité soit les eaux superficielles par la conduite CBBO ou bien les eaux souterraines par le forage d'Ain Elhoutz et aussi les infrastructures hydrauliques existantes. Et on a calculé le débit moyen journalier à long terme en 2036 qui égale 27,38 l/s.

Et dans le 3^{ème} chapitre dimensionnement du réseau on a mentionné des paramètres technique (Diamètres existants dans le marché, la vitesse d'écoulement qui doit varier entre 0,5 et 1,5 m/s, la pression qui doit varier entre 10 et 60m).

Ainsi on à exprimé les démarches nécessaires pour qu'on peut travailler sur Epanet et on est arrivé à proposer 6 scénarios, parmi ces propositions on à prendre le 2^{ème} scénario comme solution de notre problématique par ce qu'il représente des avantages beaucoup intéressent (cité en détail dans la conclusion du chapitres) par rapport aux autres scénarios.

- [1] <http://sigesaqi.brgm.fr/Qu-est-ce-qu-un-reseau-d-eau-potable>. Consulté le 25/01/2016.
- [2] <http://sigesaqi.brgm.fr/Qu-est-ce-qu-un-reseau-d-eau-potable.html>. (Consulté le 25/01/2016).
- [3] https://www.google.dz/search?q=un+r%C3%A9seaux+d%27alimentation+d%27eau+potable&espv=2&biw=1024&bih=643&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwii7NLTz9nKAhVHQhQKHS1JAnsQ_AUIBygC&dpr=1#imgc=iokwBHT2_40w9M%3A. (Consulté le 25/01/2016)
- [4] http://www.memoireonline.com/05/08/1141/m_optimisation-multicritere-gestion-AEP1.html. (Consulté le 25/01/2016)
- [5] <http://sigesaqi.brgm.fr/Qu-est-ce-qu-un-reseau-d-eau-potable.html> (Consulté le 27/01/2016)
- [6] <http://www.smarteo-water.com/pages/questions/autres-ressources-documentaires/l-exploitation-du-systeme-d-alimentation-en-eau-potable.html>. (Consulté le 30/01/2016)
- [7] Diagnostic du réseau d'AEP de la ville d'Ain Temouchent et proposition d'aménagement (Soufi Merzoug Bachir et Mous Samia 2000).
- [8] Connaissance Et Maîtrise Des Pertes Dans Les Réseaux D'eau Potable.Pdf août 2005. (Consulté le 02/02/2016)
- [9] <http://www.espace-sciences.org/explorer/animations-en-ligne/le-chateau-d-eau>. (Consulté le 02/02/2016)
- [10] https://www.google.dz/search?q=les+r%C3%A9servoirs+de+stockage+d%27AEP&espv=2&biw=1024&bih=643&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiX3POIr9vKAhWDtxQKHQWQBIGQ_AUIBigB#tbn=isch&q=les+r%C3%A9servoirs+d%27eau&imgc=iA3sPmAo7_Tq7M%3A. (Consulté le 02/02/2016)
- [11] https://www.google.dz/search?q=les+r%C3%A9servoirs+de+stockage+d%27AEP&espv=2&biw=1024&bih=643&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiX3POIr9vKAhWDtxQKHQWQBIGQ_AUIBigB#tbn=isch&q=les+r%C3%A9servoirs+d%27AEP+semi+enter+r%C3%A9e&imgc=qCSEQf-yMungPM%3A. (Consulté le 02/02/2016)
- [12] J.Bonnin 1982 Aide-Memoire D'Hydraulique Urbain, Edition Eyrolles, 128 pages

- [13] <http://www.dorffer-patrick.com/article-le-chateau-d-eau-comment-a-marche-86236486.html>.(Consulté le 04/02/2016)
- [14]https://www.google.dz/search?q=fonte+ductile&biw=1024&bih=643&espv=2&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwitqrjI8_7KAhWFAxoKHV7TD94Q_AUIBigB#imgrc=iCToUkWkwPrkKM%3A. (Consulté le 04/02/2016)
- [15]https://www.google.dz/search?q=fonte+ductile&biw=1024&bih=643&espv=2&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwitqrjI8_7KAhWFAxoKHV7TD94Q_AUIBigB#tbm=isch&q=canalisation+en+acier&imgrc=sHZ7cNEeivOR6M%3A.(Consulté le 04/02/2016)
- [16]https://www.google.dz/search?q=fonte+ductile&biw=1024&bih=643&espv=2&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwitqrjI8_7KAhWFAxoKHV7TD94Q_AUIBigB#tbm=isch&q=canalisation+en+b%C3%A9ton+%C3%A2me-t%C3%B4le+&imgrc=BoPWSv_I3nXwdM%3A. (Consulté le 04/02/2016)
- [17] <http://www.pamline.fr/produits/solutions/robinetterie/protection-reseaux/purgeurs-ventouses> . (Consulté le 06/02/2016)
- [18]https://www.google.dz/search?q=purgeur+type+113+pam&espv=2&biw=1024&bih=643&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjHt4ei2I3LAhWCzxoKHd3tBw0Q_AUIBigB#imgrc=d1M3CHK83ILtM%3A.(Consulté le 04/02/2016)
- [19] <http://www.holam.org/ventouse.html>. (Consulté le 04/02/2016)
- [20] http://www.memoireonline.com/05/08/1141/m_optimisation-multicritere-gestion-AEP1.html. (Consulté le 04/02/2016)
- [21]https://www.google.dz/search?q=clapets+canalisation+eau+potable&espv=2&biw=1024&bih=643&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjwjaTm1Y3LAhXHvRoKHZbNBzoQ_AUIBigB#imgdii=MSzjsjCDHHv_ZM%3A%3BMSzjsjCDHHv_ZM%3A%3B0W8RiHkN7LpUUM%3A&imgrc=MSzjsjCDHHv_ZM%3A. (Consulté le 04/02/2016)
- [22] Abdelbaki C., Allal M., Djelloul Smir S. M., 2012.
- [23] **Valiron F**, (1994). Mémento du gestionnaire de l'alimentation en eau potable et de l'assainissement, Tome 1, 2, 3, Edition Lavoisier, 1262 p
- [24] **Abdelbaki C.**, (2014). Modélisation d'un réseau d'AEP et contribution à sa gestion

- [25] **Rossman L.**, (2000).Epanet 2 user'smanual, environmental protection agency, cincinnati, usa. (<http://www.epa.gov/ord/nrmrl/wswrd/epanet.html>). (Consulté le 07/02/2016).
- [26] http://porteur.irstea.fr/Presentation/TechniquePorteau3_7.pdf.(Consulté le 10/02/2016)
- [27] http://www.softeau.com/description.php#btn_outils_gr. (Consulté le 10/02/2016)
- [28] <https://es.wikipedia.org/wiki/WaterCAD>. (Consulté le 10/02/2016)
- [29] <http://www.safege.com/innovation-2/modelisation/>. (Consulté le 10/02/2016)
- [30] <http://fr.climate-data.org/location/1022787/>. (Consulté le 10/02/2016)
- [31] **Dupont A.**, (1979). Hydraulique urbaine, Tome 2, Edition Eyrolles, 484 p
- [32] **Guérin-Schneider L.**, (2001). Introduire la mesure de performance dans la régulation des services d'eau et d'assainissement en France, Instrumentation et organisation, thèse de doctorat en Gestion & Science de l'eau, Ecole Nationale du Génie Rural, Des Eaux et des Forêts, 575 p.
- [33] **Godart H.**, (2000).Adductionetdistributiond'eau,Techniquesdel'ingénieur, réf:C5195
- [34] **Liemberger R.**,(2002). Do You Know How Misleading the Use of Wrong Performance Indicatorscanbe? IWA ManagingLeakageConference, Cyprus
- [35] **Oieau**,(2005).Office Internationl de l'eau