

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



MEMOIRE

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

En : **Hydraulique**

Spécialité : **Ressources Hydrauliques**

Par : **GASMI Nihad Bouchra Selma**

Sujet

**Modélisation des réseaux d'AEP Etude comparative
PORTEAU/EPANET : Etude de cas**

Soutenu publiquement, le **12 /06/2024**, devant le jury composé de :

M.BENTALHA Chakib

Président

M.TERKI HSSAINE Taha El Amine

Examineur

M.HABI Mohamed

Encadreur

Année universitaire : **2023 /2024**

Dédicace

À ma chère maman et mon cher papa,

Vous êtes les racines de ma force, le socle de mes rêves. À travers chaque sacrifice et chaque moment de soutien, vous m'avez montré ce que signifie l'amour inconditionnel. Vous avez été mes premiers enseignants, mes plus fervents supporters, et mes sources d'inspiration inépuisables. Ce projet, fruit de tant d'efforts et de passion, vous est dédié avec tout mon cœur.

À mes frères et mes belles sœurs,

Vous êtes mes complices de toujours, mes compagnons d'aventure et mes soutiens indéfectibles. Votre encouragement constant, vos rires et vos conseils ont illuminé ce chemin parsemé de défis. Vous êtes les étoiles qui guident mes pas, et je suis infiniment reconnaissant de vous avoir à mes côtés.

À mon ami Hidayet,

Ton amitié sincère et tes conseils avisés ont été une source de motivation et de courage. Merci d'avoir été à mes côtés, de m'avoir soutenu et de m'avoir aidé à surmonter les obstacles.

Avec toute ma gratitude et mon amour,

Nihad Bouchra Selma GASMI

REMERCIEMENTS

Ce projet de fin d'études a été une aventure incroyable, pleine de défis et d'apprentissages. À cette occasion, je tiens à exprimer ma reconnaissance à ceux qui ont rendu cette expérience possible et enrichissante.

Tout d'abord, mes plus sincères remerciements vont à mon directeur de projet, M. HABI Mohamed. Votre passion pour le sujet et votre volonté de partager vos connaissances ont été des sources d'inspiration constantes. Votre patience et votre capacité à me guider avec bienveillance ont été inestimables.

Je remercie également toute l'équipe pédagogique de l'Université de Technologie Abou-Baker Belakaid Tlemcen, en particulier le département de L'hydraulique. Votre enseignement et votre soutien ont été les fondations solides sur lesquelles ce projet a été construit.

À mes camarades de promotion, 2023/2024, merci pour les nombreux échanges constructifs, les idées partagées et les moments de complicité. Votre camaraderie a rendu cette période bien plus agréable.

Je souhaite exprimer une gratitude spéciale à ma famille. Votre soutien indéfectible, vos encouragements et votre compréhension ont été essentiels pour moi. Vous avez été mon pilier, m'aidant à garder le cap même dans les moments de doute.

Enfin, je remercie tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à ce projet, que ce soit par un mot d'encouragement, un conseil ou une simple écoute attentive. Chaque geste a compté.

Ce projet marque la fin d'un chapitre et le début d'une nouvelle aventure. Merci à tous de m'avoir accompagné dans cette belle histoire.

RESUMÉ

Les villes contemporaines font face à un défi majeur en termes d'approvisionnement en eau potable (AEP), ce qui requiert des réseaux de distribution efficaces et fiables. La ville de Tlemcen, qui connaît une croissance démographique et une demande croissante en eau, nécessite un système de distribution optimal afin de garantir une alimentation en eau constante et de qualité pour tous ses résidents.

L'objectif de ce projet de fin d'études est de modéliser le réseau d'AEP de Tlemcen ville en utilisant deux logiciels de simulation hydraulique : PORTEAU et EPANET et de comparer les résultats des simulations en termes de pressions obtenues à différents points du réseau aussi évaluer les pressions aux heures de pointes avec trois divers scénarios prenant en compte les écarts incluant des facteurs comme les différences dans les algorithmes de calcul, et la sensibilité aux paramètres d'entrée.

Mots clés : Alimentation en eau potable, Porteau, simulation hydraulique, Zomayet, Opointe.

SUMMARY

Contemporary cities face a major challenge in terms of drinking water supply (DWS), which requires efficient and reliable distribution networks. The city of Tlemcen, experiencing demographic growth and increasing water demand, needs an optimal distribution system to ensure a constant and high-quality water supply for all its residents.

The aim of this final year project is to model the DWS network of Tlemcen using two hydraulic simulation software: PORTEAU and EPANET. The project involves comparing the simulation results in terms of pressures obtained at various points in the network, and evaluating the pressures during peak hours under three different scenarios. This evaluation will take into account discrepancies, including factors such as differences in calculation algorithms and sensitivity to input parameters.

Keywords: Drinking water supply, Porteau, hydraulic simulation, Zomayet, Opoint.

ملخص

تواجه المدن المعاصرة تحدياً كبيراً في مجال تزويد المياه الصالحة للشرب (AEP)، مما يتطلب شبكات توزيع فعالة وموثوقة. مدينة تلمسان، التي تشهد نمواً سكانياً وزيادة في الطلب على المياه، تحتاج إلى نظام توزيع مثالي لضمان توفير مياه مستمرة وعالية الجودة لجميع سكانها.

يهدف هذا المشروع النهائي إلى نمذجة شبكة AEP لمدينة تلمسان باستخدام برنامجي المحاكاة الهيدروليكية PORTEAU وEPANET، ومقارنة نتائج المحاكاة من حيث الضغوط التي تم الحصول عليها في نقاط مختلفة من الشبكة، وكذلك تقييم الضغوط في ساعات الذروة بثلاثة سيناريوهات مختلفة تأخذ في الاعتبار الفروق بما في ذلك عوامل مثل الاختلافات في خوارزميات الحساب، وحساسية معلمات الإدخال.

الكلمات المفتاحية: تزويد المياه الصالحة للشرب، Porteau، المحاكاة الهيدروليكية، Zomayet، Opointe.

Tables des matières

Introduction générale

Chapitre I : généralités sur l'AEP et la modélisation

Introduction	1
1. Réseau d'alimentation en eau potable	1
1.1. Les éléments d'un réseau d'AEP	1
1.2. L'importance d'un réseau d'AEP est immense	1
2. Le réseau de distribution	2
2.1. Classification des réseaux	2
2.1.1. Les réseaux ramifiés	2
2.1.2. Les réseaux maillés	3
2.1.3. Réseau mixte	3
2.2. Les consommateurs de l'eau potable	4
3. La modélisation d'un réseau d'AEP	4
3.1. La modélisation des réseaux d'AEP est importante pour plusieurs raisons	4
3.2. L'application de la modélisation des réseaux d'AEP	4
3.3. Les outils de modélisation des réseaux d'AEP	5
3.3.1. Simulation hydraulique des réseaux	5
3.3.2. Intérêts de la simulation des réseaux d'AEP	5
3.3.3. Les logiciels de la simulation	6
EPNET	6
Algorithme de la simulation par EPANET	6
PORTEAU	7
Principe de modélisation Porteau	7
WATERCAD	8
4. Comparaison et choix du modèle	9
4.1. Critères d'évaluation	9
Conclusion	9

Chapitre II : présentation de la zone d'étude

Introduction.....	10
1. Les sources d'eau qui assurent l'alimentation.....	10
1.1. Les eaux de surface.....	10
1.2. Les eaux souterraines.....	10
1.3. Les eaux de dessalement.....	10
2. Présentation de la zone d'étude.....	11
3. La distribution assurée dans notre zone d'étude.....	13
4. Remplissage des réservoirs.....	14
4.1. Réservoir Sidi Chaker 1 (circulaire).....	14
4.2. Réservoir Sidi Chaker 2 (rectangulaire).....	14
4.3. Réservoir pépinière.....	15
Conclusion.....	15

Chapitre III : méthodologie de travail

Introduction.....	16
1. Premier principe (EPANET, Zomayet).....	16
1.1. Introduction des données sous EPANET.....	18
1.2. Calcule des débits.....	18
1.3. La transition d'EPANET vers WaterCAD.....	19
Modèle de consommation.....	19
2. Deuxième principe (Opointe).....	21

Chapitre IV : résultats et discussions

Introduction.....	24
1. Résultats de la simulation sous EPANET.....	24
1.1. Zones de pression.....	25
2. Résultats de la simulation sous PORTEAU.....	27
2.1. Comparaison (Zomayet et Opointe).....	27
Interprétations.....	33
Conclusion.....	33
Conclusion générale.....	34

Liste des abréviations

AEP : alimentation en eau potable

A.D.E : Algérienne des Eaux

GUT : groupement urbain de Tlemcen

hab : habitat

PVC : chlorure de poly vinyle

PEHD : polyéthylène haute densité

DN: diamètre nominal

RSE: Réservoir Semi-Enterré

Liste des tableaux

Tableau II.1: les caractéristiques des ouvrages de stockage de Tlemcen ville.....14

Tableau III.2 : le modèle de consommation utilisée19

Liste des figures

Figure I.1 : réseau ramifié	2
Figure I.2 : réseau maillé	3
Figure II.3 : la région étudiée	11
Figure II.4 : Les secteurs et les quartiers desservis par notre réseau de distribution	12
Figure II.5 : Les deux réservoirs Sidi chaker le circulaire et le rectangulaire	13
Figure II.6 : Réservoir pépinière	13
Figure III.7 : réseau complet de la distribution de Tlemcen sous PORTEAU	17
Figure III.8 : notre zone d'étude (L'est de Tlemcen)	17
Figure III.9 : le modèle de consommation utilisé sous EPANET	20
Figure III.10 : l'Interface du logiciel Epanet avec présentation d'un schéma d'AEP	20
Figure III.11 : Interface du logiciel Porteau avec présentation d'un schéma du réseau d'AEP	21
Figure III.12 : intégration de nombre d'abonnés sous PORTEAU	22
Figure III.13 : Première probabilité d'ouverture	22
Figure III.14 : deuxième probabilité d'ouverture	23
Figure III.15 : troisième probabilité d'ouverture	23
Figure IV.16 : la simulation instantanée sous EPANET	24
Figure IV.17 : Enveloppe des pressions au niveau du réseau d'AEP à six heures du matin	25
Figure IV.18 : Enveloppe des pressions au niveau du réseau d'AEP à midi	26
Figure IV.19 : Enveloppe des pressions au niveau du réseau d'AEP à vingt-trois heures	27
Figure IV.20 : Graphe représente la variation des pressions en fonction du temps dans le nœud N°90	28
Figure IV.21 : Graphe représente la variation des pressions en fonction du temps dans le nœud N°31	28
Figure IV.22 : Graphe représente la variation des pressions en fonction du temps dans le nœud N° 174	29
Figure IV.23 : Graphe représente la variation des pressions en fonction du temps dans le nœud N°168	29
Figure IV.24 : Graphe représente la variation des pressions en fonction du temps dans le nœud N°720	30
Figure IV.25 : Graphe représente la variation des pressions en fonction du temps dans le nœud N°738	30
Figure IV.26 : Graphe représente la variation des pressions en fonction du temps dans le nœud N°783	31
Figure IV.27 : Graphe représente la variation des pressions en fonction du temps dans le nœud N°210	31
Figure IV.28 : Graphe représente la variation des pressions en fonction du temps dans le nœud N°503	32
Figure IV.29 : Graphe représente la variation des pressions en fonction du temps dans le nœud N°961	32



Introduction

Générale

INTRODUCTION

La gestion d'un réseau d'eau potable implique de considérer différents facteurs, allant de la production d'eau potable à sa distribution aux consommateurs, en passant par le stockage dans des réservoirs. En parallèle, le gestionnaire du réseau doit honorer ses obligations de service public, en garantissant l'approvisionnement en eau potable de tous les abonnés à tout moment.

La structure initiale du réseau a considérablement changé en raison des changements démographiques et son fonctionnement est devenu plus complexe. Cela a nécessité l'utilisation de modèles hydrauliques. Compte tenu de toutes ces limites, il devient possible d'intégrer et de résumer l'information.

L'objectif de la modélisation est de développer des outils qui aident les opérateurs à prendre des décisions éclairées en matière de gestion du réseau.

L'outil fournit des conseils et un support technique pour aider les opérateurs à anticiper les changements nécessaires et à utiliser efficacement les outils d'aide à la décision.

Ce Projet de Fin d'Études vise à démontrer l'efficacité et l'importance de l'utilisation conjointe des logiciels EPANET et PORTEAU dans la modélisation et la gestion avancée des réseaux d'alimentation en eau potable.

Le modèle a été élaboré en différentes étapes. En premier lieu, la première étape de collecte de données a été réalisée, dans le but de saisir le fonctionnement global du réseau. La deuxième étape a impliqué l'apprentissage des logiciels PORTEAU et EPANET pour la modélisation de réseau, et en élaborant les modèles à partir des informations recueillies. Finalement, les modèles ont donné des résultats concernant le fonctionnement actuel de la partie Est du réseau de la ville de Tlemcen.

Le mémoire est structuré en chapitres tels que :

Le chapitre 1 : présente la modélisation des réseaux d'AEP et les modèles utilisés.

Dans le chapitre2, la zone d'étude est présentée.

Chapitre3 résume la démarche méthodologique.

Le chapitre 4 : traite l'application des logiciels utilisés, les principaux résultats et leurs interprétations.

Généralité sur l'AEP et la modélisation

INTRODUCTION

Le but de ce chapitre est de se concentrer sur certaines définitions essentielles que nous avons rencontrées lors de cette étude, comme la définition du réseau d'approvisionnement en eau potable, les divers types de réseaux et la modélisation des réseaux.

1. RESEAU D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE

L'expression "le réseau d'AEP" signifie le réseau d'adduction d'eau potable. C'est un système complexe et vital qui achemine l'eau potable des sources de captage (puits, forages, captage de sources, etc.) jusqu'à nos robinets[1]. Ce réseau joue un rôle essentiel dans la santé publique et le développement durable.

1.1 Les éléments d'un réseau d'AEP

Les captages : C'est là que l'eau est prélevée dans la nature. On peut distinguer les captages en surface (cours d'eau, lacs) et les captages souterrains (nappes phréatiques).

Les stations de traitement : L'eau brute captée est rarement directement potable. Elle doit être traitée pour éliminer les impuretés et les micro-organismes pathogènes. Le traitement peut comprendre plusieurs étapes, comme la filtration, la coagulation, la chloration.

Les réservoirs : L'eau traitée est stockée dans des réservoirs avant d'être distribuée. Les réservoirs permettent de réguler la pression de l'eau dans le réseau et de constituer une réserve en cas de coupure d'approvisionnement.

Les canalisations : L'eau est transportée des réservoirs jusqu'aux habitations et aux industries par un réseau de canalisations. Ces canalisations peuvent être enterrées ou aériennes.

Les équipements divers : Le réseau d'AEP comprend également des équipements divers tels que des pompes, des vannes, des compteurs d'eau [2].

1.2 L'importance d'un réseau d'AEP est immense

- **Santé publique :** L'accès à l'eau potable est essentiel pour la prévention des maladies d'origine hydrique, qui sont encore responsables de millions de décès chaque année dans le monde.
- **Développement économique :** L'eau est indispensable pour l'agriculture, l'industrie et le tourisme. Un réseau d'AEP fiable et efficace est donc un facteur clé du développement économique.
- **Qualité de vie :** L'accès à l'eau potable améliore la qualité de vie des populations en leur permettant de boire, de se laver, de cuisiner et d'irriguer leurs cultures [1].

Il est donc important de protéger et de gérer efficacement le réseau d'AEP. Cela passe par plusieurs mesures :

- **Investissement dans les infrastructures :** Il est nécessaire d'investir dans la rénovation et la modernisation du réseau d'AEP.
- **Gestion durable de l'eau :** Il est nécessaire de promouvoir des pratiques de gestion durable de l'eau, telles que la conservation de l'eau et la réutilisation des eaux grises [1].

2. LE RESEAU DE DISTRIBUTION

Le réseau de distribution d'eau potable est un réseau de conduites interconnectées sous pression qui alimente la ville à partir des canalisations. Il est nécessaire d'inclure les accessoires du réseau afin d'assurer une exploitation efficace et un bon fonctionnement de celui-ci. Les vannes de sectionnement, les vannes de réduction de pression, les poteaux d'incendie, les compteurs, les ventouses, etc., sont parmi celles-ci. Il est nécessaire que le système d'alimentation de ce réseau puisse assurer une alimentation variable à une pression constante

Il est essentiel que le réseau d'eau potable garantisse une sécurité d'approvisionnement optimale de toutes les parties de l'agglomération. Cela nécessite un maillage adéquat du réseau et l'installation de vannes de sectionnement. De cette manière, un segment du réseau pourrait être isolé tout en conservant l'alimentation dans les conduites voisines [3].

L'alimentation doit fournir une eau potable, c'est-à-dire une eau qui peut être consommée par les êtres humains. Sécurisé pour sa santé. Pour cela, elle doit respecter plusieurs normes établies par l'OMS(Organisation Mondiale de la Santé). Sous ces limites, on considère que la présence des polluants n'a pas d'effet sur l'homme. Les différentes étapes d'un réseau d'AEP sont les suivantes : les prélèvements et captages, le traitement, l'adduction (transport et stockage) et la distribution au robinet [1] [3].

2.1. CLASSIFICATION DES RESEAUX

Les réseaux peuvent être classés comme suite :

2.1.1. Les réseaux ramifiés

Les réseaux ramifiés sont un type de réseau de distribution d'eau où l'eau circule dans une seule direction, généralement utilisés pour alimenter des zones rurales. Ils se composent d'une conduite principale avec des conduites secondaires branchées le long de celle-ci, offrant une distribution unidirectionnelle. En cas de rupture d'une conduite, les abonnés situés à l'aval peuvent être privés d'eau [4]. Ces réseaux présentent des avantages tels qu'une distribution plus sécurisée et une répartition plus uniforme des pressions et des débits. Cependant, ils peuvent être moins économiques que les réseaux maillés et nécessitent une conception spécifique pour assurer un fonctionnement optimal.

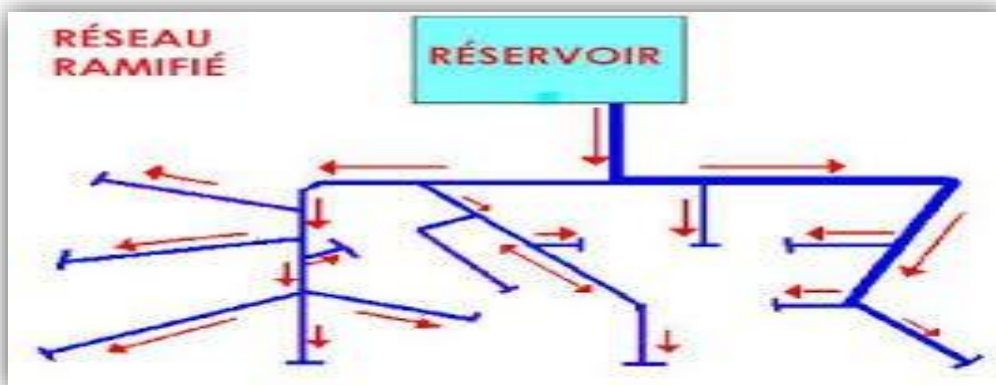


Figure I.1 : réseau ramifié [5]

2.1.2. Les réseaux maillés

Les réseaux maillés sont un type de réseau de distribution d'eau où tous les nœuds sont connectés entre eux, formant une structure interconnectée. Contrairement aux réseaux ramifiés, les réseaux maillés permettent une circulation de l'eau dans les deux sens, offrant ainsi une plus grande flexibilité et une meilleure redondance. Si une conduite est endommagée ou interrompue, l'eau peut continuer à circuler dans le réseau grâce aux connexions multiples. Ces réseaux sont souvent utilisés pour alimenter des zones urbaines, offrant une distribution plus sécurisée et une répartition plus uniforme des pressions et des débits[4]. Cependant, ils peuvent être plus coûteux et plus difficiles à calculer que les réseaux ramifiés.

Les réseaux maillés peuvent être utilisés pour distribuer l'eau potable ou non potable, et ils peuvent être combinés avec des ramifications pour alimenter certaines zones isolées de la ville, comme les zones industrielles ou rurales[4]. Ils peuvent également être utilisés dans des réseaux de distribution d'eau à alimentations distinctes, où chaque point du réseau peut être alimenté en eau de deux ou plusieurs côtés [4]. modifié

Les réseaux maillés peuvent être calculés par la méthode des mailles, comme la méthode de Hardy-Cross, qui permet de déterminer les débits dans chaque conduite et d'équilibrer les pressions dans le réseau.

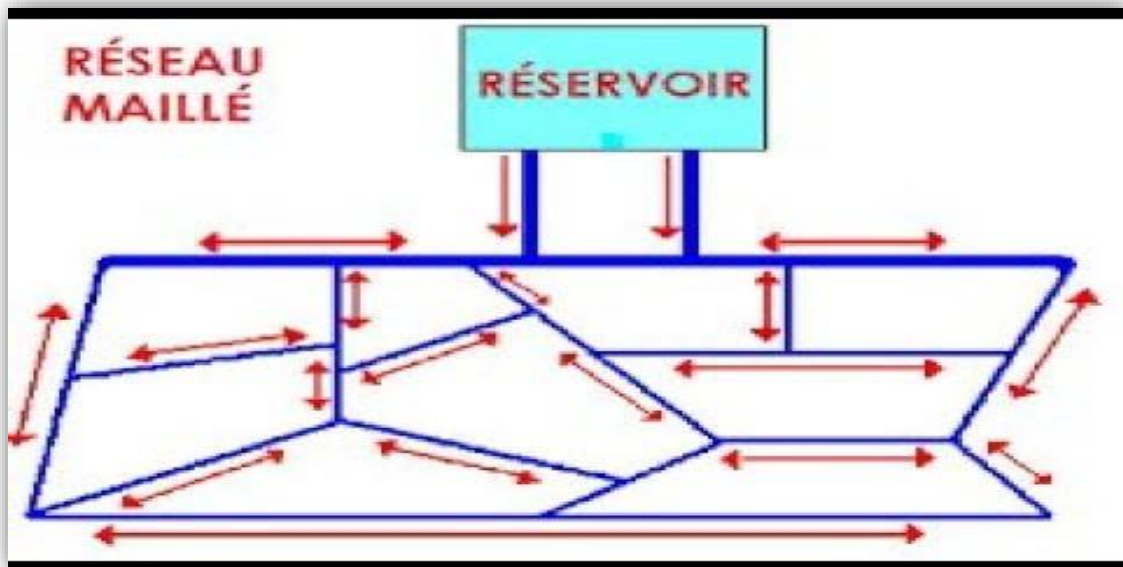


Figure I.2 : réseau maillé [5]

2.1.3. Réseau mixte

Dans un réseau mixte, le réseau principal est conçu comme un réseau maillé, avec plusieurs connexions entre les branches, tandis que les branches elles-mêmes sont conçues comme des réseaux ramifiés. Cela permet une distribution de l'eau plus efficace, car le réseau maillé peut compenser toute interruption dans le réseau ramifié. De plus, le réseau ramifié permet une distribution plus ciblée de l'eau vers des zones spécifiques.

Ce type de réseau est souvent utilisé dans les zones urbaines où la demande en eau est élevée, car il permet une distribution plus uniforme de la pression et du débit dans tout le réseau

2.2. Les consommateurs de l'eau potable

Les utilisateurs d'un système d'approvisionnement en eau sont aisément repérés - c'est pourquoi le système est initialement créé. Propriétaires de logements, d'usines, d'hôpitaux, de restaurants, de l'enseignement, etc...

La façon dont un système d'alimentation en eau se comporte est influencée par les clients et leur mode de consommation d'eau.

La consommation d'eau peut fluctuer au fil du temps, à long terme (saisonnière) et à court terme (journalière), ainsi qu'avec l'espace disponible. Il est essentiel d'avoir une bonne compréhension de la distribution de l'eau à travers le système afin de pouvoir réaliser une modélisation précise[6]. modifié

3. LA MODÉLISATION D'UN RÉSEAU D'AEP

La modélisation d'un réseau d'alimentation en eau potable est un processus essentiel pour comprendre et optimiser le fonctionnement de ce réseau. Elle implique la création de modèles hydrauliques qui simulent le comportement du réseau afin d'analyser les débits, les pressions et les performances du système. Cette modélisation permet de prendre des décisions éclairées pour la gestion, la maintenance et le développement du réseau d'AEP [7]. Elle est également utile pour anticiper les besoins futurs en eau et évaluer l'impact de différents scénarios sur le réseau. Des outils tels que les Systèmes d'Information Géographique (SIG), EPANET, PORTEAU sont couramment utilisés pour la modélisation et la gestion des réseaux d'AEP

3.1. La modélisation des réseaux d'AEP est importante pour plusieurs raisons

Elle permet de comprendre le fonctionnement du réseau. En simulant le flux d'eau dans le réseau, les modélisateurs peuvent identifier les zones à risque, telles que les zones susceptibles de subir des fuites ou des ruptures de canalisation[7].

Elle permet de diagnostiquer les problèmes du réseau. En comparant les résultats des simulations aux observations réelles, les modélisateurs peuvent identifier les problèmes du réseau, tels que les fuites ou les obstructions.

Elle permet de planifier l'expansion ou la rénovation du réseau. Les simulations peuvent être utilisées pour évaluer les impacts de différents scénarios d'expansion ou de rénovation du réseau [7].

3.2. L'applications de la modélisation des réseaux d'AEP

La planification des opérations et de la maintenance : La modélisation des réseaux d'AEP peut être utilisée pour planifier les opérations et la maintenance du réseau, telles que les programmes de nettoyage et de désinfection des canalisations.

L'optimisation de l'exploitation : La modélisation des réseaux d'AEP peut être utilisée pour optimiser l'exploitation du réseau, telles que le réglage des pressions d'eau ou la gestion des réserves d'eau.

La gestion des crises : La modélisation des réseaux d'AEP peut être utilisée pour gérer les crises, telles que les ruptures de canalisation ou les pannes de pompes[7].

3.3. Les outils de modélisation des réseaux d'AEP

Les outils de modélisation des réseaux d'AEP sont des logiciels qui permettent de créer et de simuler des modèles informatiques de réseaux d'eau potable. Ils utilisent différents types de modèles pour simuler le fonctionnement des réseaux. Les modèles les plus courants sont les modèles hydrauliques, les modèles de qualité de l'eau et les modèles de gestion des ressources [8].

- Les modèles hydrauliques : simulent le flux d'eau dans le réseau. Ils sont utilisés pour calculer la pression de l'eau, les débits et les pertes d'eau.
- Les modèles de qualité de l'eau : simulent la distribution de la qualité de l'eau dans le réseau. Ils sont utilisés pour évaluer l'impact des fuites, des contaminations et des autres facteurs sur la qualité de l'eau.
- Les modèles de gestion des ressources : simulent la gestion des ressources en eau du réseau. Ils sont utilisés pour évaluer l'impact des différentes stratégies de gestion des ressources, telles que la tarification de l'eau et la conservation de l'eau [8].

Le choix de l'outil de modélisation des réseaux d'AEP dépend des besoins spécifiques du gestionnaire du réseau. Les facteurs à prendre en compte comprennent la taille du réseau, la complexité du réseau, les objectifs de la modélisation et le budget disponible.

Notre travail porte sur les modèles hydrauliques, car il s'agit de traiter les débits et les pressions d'un réseau de distribution dans une région spécifique, ainsi une comparaison entre deux logiciels (EPANET, PORTEAU).

3.4.1 Simulation hydraulique des réseaux

La simulation est utilisée pour représenter le comportement d'un système réel dans un contexte et une problématique donnés. Une simulation peut prendre la forme d'un modèle analytique, qui repose sur des hypothèses mathématiques, logiques ou symboliques pour décrire le fonctionnement du système. Cependant, lorsque le système est trop complexe pour être simulé de manière analytique, les praticiens utilisent un modèle descriptif. Ce modèle détaille les différents événements et actions qui décrivent le comportement du système [8].

3.4.2 Intérêts de la simulation des réseaux d'AEP

La simulation des données joue un rôle essentiel dans la création des bases de données qui seront bénéfiques pour la gestion du réseau d'eau potable. Elle permet de refléter la complexité du monde réel à travers des structures de données bien définies. Elle vise à atteindre un objectif.

En mettant l'accent sur les phénomènes d'intérêt et en éliminant ce qui ne concerne pas l'objectif, on peut abstraire la réalité et acquérir une vision du fonctionnement hydraulique du réseau sur les différents horizons actuels et futurs. De plus, cela permet d'estimer les besoins en renforcement et en extension du réseau entre les infrastructures, d'obtenir une vision du fonctionnement du réseau en toutes conditions avec la précision souhaitée, et de déterminer les défaillances et les problèmes.

3.4.3 Les logiciels de la simulation

Les logiciels de la simulation: De nos jours, les outils de simulation sont devenus incontournables à la gestion des réseaux d'eau potable, de plus en plus. Les gestionnaires ont à leur disposition une large gamme de modèles pour mieux gérer, concevoir, suivre dans le temps, l'état du réseau et la qualité de l'eau qui transite dans ce dernier et de prévoir des réparations.

Actuellement, il existe plusieurs logiciels pour la simulation et la gestion des eaux (EPANET ; WATERCAD; PORTEAU ...)

EPANET

Est un outil open source gratuit développé par l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis. Il est disponible en version gratuite et peut être copié et distribué librement [9].

EPANET est un outil de simulation du comportement hydraulique dans les réseaux d'eau potable et peut être utilisé pour diverses applications dans l'analyse des systèmes de distribution

. Les fonctionnalités principales d'EPANET incluent

- Simulation du comportement hydraulique et de la qualité de l'eau sur une période étendue
- Modélisation de réseaux composés de tuyaux, nœuds, pompes, vannes et réservoirs
- Suivi du débit de l'eau dans chaque tuyau, de la pression à chaque nœud, de la hauteur de l'eau dans chaque réservoir et de la concentration d'une espèce chimique tout au long du réseau pendant une période de simulation
- Simulation de l'âge de l'eau et de la trace des sources
- Analyse de la consommation d'énergie et de la réduction de l'utilisation d'énergie
- Investigation des problèmes de qualité de l'eau
- Préparation pour les urgences
- Modélisation des menaces de contamination et évaluation de la résilience aux menaces de sécurité [9].

EPANET est compatible avec Windows et offre un environnement intégré pour éditer les données d'entrée du réseau, exécuter des simulations hydrauliques et de qualité de l'eau, et visualiser les résultats dans divers formats, tels que des cartes de réseau colorées, des tables de données.

Algorithme de la simulation par EPANET

1. Définition du réseau : Le réseau de distribution d'eau potable est défini en spécifiant les nœuds (les points de connexion des tuyaux), les tuyaux (les conduites reliant les nœuds), les pompes, les vannes, les réservoirs et les sources d'eau. Les caractéristiques hydrauliques de chaque élément du réseau, telles que le diamètre des tuyaux, la rugosité des parois, la longueur des tuyaux et la hauteur des réservoirs, sont également spécifiées.
2. Définition de la demande : La demande en eau à chaque nœud du réseau est spécifiée en fonction du temps. Les demandes peuvent être constantes ou variables en fonction de l'heure de la journée, du jour de la semaine ou de la saison.

3. Définition de la qualité de l'eau : Les paramètres de qualité de l'eau, tels que la concentration en chlore, en nitrates ou en autres contaminants, sont spécifiés pour chaque source d'eau et pour chaque nœud du réseau.
4. Simulation hydraulique : L'algorithme de simulation hydraulique calcule les débits, les vitesses, les pressions et les hauteurs d'eau dans chaque élément du réseau en fonction des caractéristiques hydrauliques, de la demande en eau et de la configuration du réseau.
5. Simulation de la qualité de l'eau : L'algorithme de simulation de la qualité de l'eau calcule la concentration des contaminants dans chaque élément du réseau en fonction des paramètres de qualité de l'eau, des débits et des temps de séjour de l'eau dans le réseau.
6. Analyse des résultats : Les résultats de la simulation hydraulique et de la qualité de l'eau sont analysés pour évaluer les performances du réseau de distribution d'eau potable. Les résultats peuvent être utilisés pour identifier les zones de faible pression, les sources de contamination, les zones de stagnation de l'eau et les zones où la qualité de l'eau ne répond pas aux normes réglementaires [8].

PORTEAU

Est un logiciel de modélisation hydraulique et de qualité de l'eau développé par l'Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture (IRSTEA) l'Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture. Il est utilisé pour modéliser les réseaux d'adduction d'eau potable, d'irrigation et d'eaux usées [10].

Le logiciel Porteau est composé de trois modules :

- Opointe : Simule la pointe de consommation du réseau d'eau en utilisant des lois statistiques de comportement des abonnés.
- Zomayet : Simule le fonctionnement du réseau en régime permanent déterministe sur une période définie.
- Qualité : Analyse la qualité de l'eau circulant dans le réseau.

Porteau est un logiciel puissant et polyvalent qui peut être utilisé pour une grande variété d'applications. Il est utilisé par les gestionnaires de réseaux d'eau pour :

- Définir la conception et le dimensionnement des réseaux
- Diagnostiquer les problèmes de fonctionnement des réseaux
- Planifier la maintenance et la réhabilitation des réseaux
- Évaluer l'impact des différentes stratégies de gestion des ressources en eau [10].

Principe de modélisation Porteau

Porteau illustre un réseau de distribution d'eau sous pression en représentant celui-ci à l'aide de nœuds et de segments. Le rôle des nœuds est de représenter les intersections et les points spécifiques du réseau.

Nous distinguons des "nœuds ordinaires" qui sont de simples croisements, des "nœuds Ressources" qui représentent des ressources en eau, et des "nœuds Réserves" qui permettent de déterminer une bêche ou un réservoir. Les consommateurs sont placés au niveau des nœuds ordinaires, qui doivent être définis par ailleurs en fonction d'un modèle de

consommation. Les segments ont pour fonction de représenter les conduites (longueur, diamètre et rugosité).

Les organes du réseau (pompes, stabilisateurs, vannes, clapets...) seront également positionnés et décrits au niveau des tronçons.

Les points d'injection ou les points du réseau où les conditions aux limites sont connues et donc fixées lors du calcul sont appelés nœuds pour le module qualité. Il est également nécessaire de saisir les données sur les caractéristiques de la réaction dans les conduites afin de garantir la qualité de l'eau [10].

WATERCAD

C'est une application facile à utiliser qui offre la possibilité de simuler le fonctionnement hydraulique et la qualité de l'eau dans les réseaux de distribution. De nombreux services publics, services municipaux et bureaux d'étude font appel à Water CAD pour gérer leurs infrastructures.

Un instrument fiable et abordable qui simplifie la prise de décision. Water CAD offre une assistance pour analyser, concevoir et optimiser les réseaux de distribution d'eau, que ce soit pour le contrôle des systèmes de lutte contre les incendies, l'analyse de l'eau, la consommation énergétique ou la gestion des coûts.

Les ingénieurs ont la possibilité d'analyser les composants, l'âge de l'eau, le mélange d'eau dans les réservoirs et la traçabilité de la source pour garantir une programmation complète de la chloration grâce aux fonctions intégrées de gestion de la qualité de l'eau [11].

Grâce à Water CAD, les utilisateurs ont aussi la possibilité d'évaluer la quantité d'eau disponible pour la protection contre les incendies. L'application détermine rapidement et avec précision la quantité d'eau disponible pour chaque bouche d'incendie ou groupe de bouches d'incendie [11].

Il est important de préciser la capacité du réseau à garantir une protection efficace contre les feux. En outre, les réglages d'exploitation, le pompage à vitesse variable, la modélisation des fuites et les dispositifs de vidange unidirectionnelle permettent aux utilisateurs de repérer les goulets d'étranglement, diminuer la consommation d'énergie et représenter diverses actions sur le réseau.

Water CAD offre de nombreuses fonctionnalités, telles que :

- Simulation en mode permanent
- Simulation sur une période prolongée
- Évaluation de la teneur en composants
- Vérification de la source
- Évaluation du mélange d'eau dans les réservoirs
- Évaluation de l'âge de l'eau
- Étude de la lutte contre les incendies ;
- Commandes basées sur des règles ou logiques
- Pompage à différentes vitesses
- Modélisation des fuites
- Consommation en fonction de la pression
- Modélisation des vannes [11].

4. COMPARAISON ET CHOIX DU MODÈLE

De toutes les façons, tous les programmes de modélisation des réseaux de conduites sont similaires, chaque programme détermine la répartition des débits dans les conduites et calcule les pressions, les pertes de charge dans la conduite en utilisant soit l'équation de Darcy-Weisbach ou celle de William-Hazen .en plus tous les programmes construisent et résolvent les matrices. En 1999, un mémoire technique a été préparé par CH2M HILL (compagnie américaine spécialisée dans le domaine de la modélisation) sur la demande de l'autorité des USA de l'eau et d'assainissement (OWASA) , le but de ce mémoire est de préparer une comparaison basée sur des critères entre les différents modèles hydrauliques existants , c'est-à-dire présenter les avantages et les inconvénients de chaque modèle [12].

4.1. Critères d'évaluation

- Formules utilisées par le programme
- Facilité d'utilisation : Le programme à utiliser doit être simple pour l'utilisation cela inclut la facilité d'introduire les données, la qualité de la documentation qui accompagne le programme (manuel de l'utilisation) , édition des messages de diagnostic , les possibilités d'affichage graphique , et la possibilité d'établir des liens avec des bases de données comme les systèmes d'information géographique (SIG) ou Autocad

CONCLUSION :

Nous avons introduit les concepts de base de notre travail. Nous avons défini ce qu'est un réseau d'AEP et ces éléments aussi on a présenté les logiciels Epanet et Portau. Ces logiciels sont utilisés pour simuler le fonctionnement des réseaux de distribution d'eau sous pression. Ils permettent de mieux comprendre le comportement de l'eau dans ces systèmes et peuvent être utilisés pour une variété d'applications dans l'analyse des réseaux d'AEP.

Présentation de la zone d'étude

INTRODUCTION

Les réseaux de distribution d'eau à Tlemcen sont généralement gérés par les autorités locales ou les sociétés de distribution d'eau. Ces réseaux ont pour mission d'assurer la distribution d'eau potable à la population habitante et aux entreprises et aux institutions de la ville.

Ce chapitre va vous exposer notre région d'étude, qui représente 18 % du réseau global du GUT. Nous présenterons une vue d'ensemble des ressources hydrauliques qui alimentent cette région, établirons notre réseau de distribution et détaillerons son fonctionnement.

1. LES SOURCES D'EAU QUI ASSURENT L'ALIMENTATION

Actuellement, l'approvisionnement en eau de l'agglomération de Tlemcen ville repose sur trois sources principales : les eaux de surface, les eaux souterraines et les eaux traitées par dessalement [11]. (ADE 2017).

1.1. Les eaux de surface

Avant la mise en service des stations de dessalement en 2012, l'approvisionnement en eau de Tlemcen ville dépendait principalement du barrage **Meffrouch**.

Situé au Sud-Est du plateau de Lalla Setti, ce barrage jouait un rôle crucial en assurant l'exclusivité de l'approvisionnement en eau potable de la ville. Une conduite principale de 500 mm de diamètre était utilisée pour distribuer l'eau vers les réseaux urbains.

Le barrage Meffrouch est équipé de deux stations de traitement :

- La première station, fonctionnant à une capacité de 36 000 m³/jour, fournissait l'eau potable à Tlemcen ville via une conduite de 300 mm de diamètre.
- La seconde station, avec une capacité de 52 000 m³/jour et reliée par une conduite de 500 mm de diamètre, desservait les communes de Mansourah et Chetouene, tout en renforçant l'approvisionnement en eau de la commune de Tlemcen par le biais d'un raccordement aux réservoirs de Sidi chaker[11].

1.2. Les eaux souterraines

Les ressources hydriques incluent les forages et les sources, qui sont utilisés pour compléter les volumes d'eau de surface, insuffisants pour répondre à la demande[11].

- Benzerjeb, la quantité d'eau exploitée est de 864m³/jour et 340m de profondeur construit en 1988, À l'heure actuelle cette source d'eau est inutilisée.
- Pépinière 172m en profondeur et 259.2 m³/jour débit fourni, elle était mise en place à l'année 1984
- Ain fouwara mise en service en 1984, la quantité maximale d'eau fournie par cette source est de 2592 m³/jour.

1.3. Les eaux de dessalement

L'approvisionnement en eau de la zone d'étude est assuré par la station de dessalement d'eau de mer de Honain, dont la mise en service a débuté en 2012 de manière progressive. Selon les données de l'ADE en 2017, cette station à une capacité de production de 200 000 mètres cube par jour[11].

2. PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Le réseau total de Tlemcen dépasse les 600km de longueur. On a sélectionné un secteur (Figure II.3) de 90km pour le traité.



Figure II.3 : la région étudiée

Cette région à Tlemcen est souvent décrite comme une zone paisible et résidentielle, caractérisée par son ambiance calme et son cadre naturel. La population y est d'environ 4000 habitants. (ADE 2023).

Notre zone d'étude est constituée de six zones, chaque zone comporte plusieurs quartiers comme il est indiqué sur la figure II. 4.

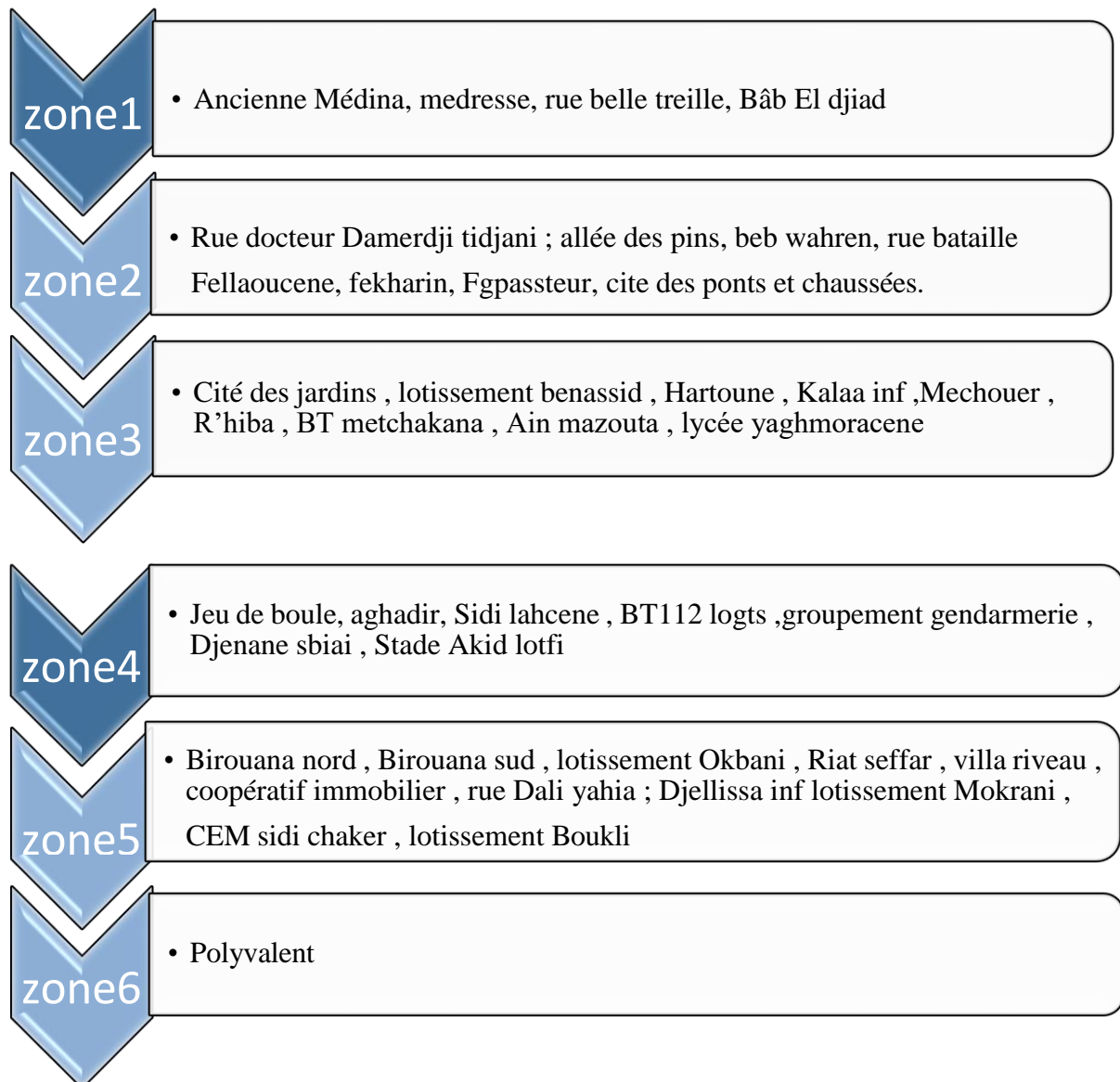


Figure II.4 : Les secteurs et les quartiers desservis par notre réseau de distribution

Le réseau d'alimentation de l'eau potable adaptée dans cette zone est un réseau maillé qui contient des ramifications (mixtes). 20 mailles et conduites avec des diamètres allant de DN 26 mm au DN 400 mm [11].

Environ la moitié du réseau dans notre zone d'étude est constituée de tuyaux en fonte grise, avec des raccords en plomb et en acier galvanisé, qui sont connus pour leurs dangers cancérigènes. Ces infrastructures datent de l'époque coloniale, environ dans les années 1920, ce qui indique leur vétusté et leur état dégradé, avec des problèmes de corrosion et de fuites.

3. LA DISTRIBUTION ASSUREE DANS NOTRE ZONE D'ETUDE

La région examinée est alimentée par 3 trois réservoirs qui ont été constitué depuis 1902-1978



Figure II.5: Les deux réservoirs Sidi chaker le circulaire et le rectangulaire.



Figure II.6: Réservoir pépinière

Réservoir	Sidi Chaker 2 rectangulaire	Sidi Chaker 1 Circulaire	Pépinière Circulaire
Cote au sol (m)	854.85	861	823
Cote radie (m)	842.4	842.2	800
Cote trop plein (m)	848.4	848.2	806
Hauteur (m)	6	6	6
Diamètre (m)	2.75*3.4	22	22
Volume (m ³)	2000	2000	2000
Type	RSE	CSE	CSE

Tableau II.1 : les caractéristiques des ouvrages de stockage de Tlemcen ville

4. REMPLISSAGE DES RESERVOIRS

4.1. Réservoir sidi chaker 1 (circulaire) :

Le remplissage de ce réservoir est assuré par plusieurs conduites d'entrée[11] :

- Une conduite en DN 110 mm en (PEHD) à partir du forage de Benzerjeb ;
- Une deuxième conduite en DN 400 mm en fonte grise à partir de la brise-charge de l'APC
- Une conduite en DN 200 mm en fonte grise reliée au réservoir Birouana de 5000 m³, équipé de deux vannes DN 200 mm pour chaque cuve, directement connectée au réseau de distribution ;
- Une conduite de vidange en DN 100 mm en fonte grise, équipée de deux vannes DN 100 mm en fonte, connectée au réseau de distribution ;
- Une conduite de trop-plein en DN 200 mm en fonte grise, connectée au réseau de distribution pour les déversements ;
- La distribution est assurée par une conduite en DN 250 mm en fonte grise, avec une vanne DN 250 mm desservant la ville.

Juste après la sortie de la chambre de manœuvre, un raccordement est effectué sur cette conduite en DN 200 mm en acier pour le remplissage du réservoir rectangulaire de 2000 m³ à Sidi Chaker.

4.2. Réservoir sidi chaker 2 (rectangulaire) :

Le remplissage de ce réservoir est assuré à partir du réservoir circulaire de 2000 m³ à Sidi Chaker, via une conduite en acier de DN 200 mm, acier d'enrobé, équipée d'une vanne de DN 200 mm PN 16.

La conduite de vidange est une canalisation en fonte grise de DN 250 mm, avec une vanne de DN 200 mm en fonte, connectée au réseau de distribution.

Le déversement se fait à travers une canalisation en fonte grise de DN 250 mm, raccordée à la conduite de vidange [11].

4.3. Réservoir pépinière :

Le réservoir est rempli à partir du forage Birouana via une conduite en acier galvanisé de DN 80/90 mm, équipée d'un compteur de DN 80 mm.

- Conduite de vidange : une canalisation en acier de DN 200 mm équipée d'une vanne de DN 200 mm.
- Conduite de trop-plein : une canalisation en acier de DN 200 mm [11].

CONCLUSION :

Grâce à ce chapitre, nous avons pu obtenir les informations requises sur la zone d'étude du point de vue, ainsi que sur la situation hydraulique. Ces informations nous permettront de commencer notre étude du projet.

Méthodologie De travail

INTRODUCTION :

La simulation des réseaux d'adduction d'eau potable (AEP) nécessite une approche méthodique et rigoureuse pour garantir des résultats précis et fiables. Avant d'entamer les calculs, il est primordial de mettre en place le schéma du réseau qui servira de base, ainsi que de rassembler toutes les données nécessaires relatives à ce réseau. En premier lieu, la collecte de données devra se concentrer sur les éléments suivants :

- Les caractéristiques des canalisations, notamment leur longueur, leur diamètre et leur type, afin d'évaluer leur rugosité (ces informations peuvent être obtenues à partir de l'Algérie des eaux (ADE).
- Une connaissance approfondie de la topographie du réseau est indispensable pour déterminer avec précision la pression réelle à différents points.
- Le débit nodal sera calculé en se basant sur la distribution du débit dans le réseau.

La création du modèle s'est déroulée de manière méthodique, en suivant une procédure étape par étape, à partir de la cartographie du réseau pouvant être importée en tant que fond de plan dans le logiciel. Une fois que le modèle a été élaboré et complété avec les informations requises, le logiciel permet d'effectuer le calcul des paramètres de fonctionnement tels que les débits circulants, les vitesses et les pressions.

Le but de notre travail est de déterminer, à travers une comparaison entre deux logiciels (PORTEAU et EPANET), lequel de ces logiciels simule le mieux les heures de pointe.

Zomayet et EPANET utilisent une méthode de calcul similaire, centrée sur les débits aux nœuds, tandis qu'Opointe simule la consommation pendant les heures de pointe en prenant en compte la probabilité d'ouverture des robinets chez les abonnés.

1. PREMIER PRINCIPE (EPANET, Zomayet)

La structure du réseau du groupement urbain de Tlemcen, numérisée sous Arcview, a été récupérée auprès du service technique de l'ADE.

Une analyse approfondie de cette structure a révélé de nombreuses anomalies : les altitudes des nœuds étaient presque identiques pour tous les nœuds, certaines conduites n'étaient pas connectées entre elles, et plusieurs réservoirs n'étaient pas reliés aux différentes parties du réseau.



Figure III.7 : réseau complet de la distribution de Tlemcen sous PORTEAU

Pour corriger ces anomalies, nous avons d'abord isolé la partie du réseau correspondant à notre zone d'étude (figure III.9). En utilisant une combinaison du logiciel QGIS et du système MNT, nous avons pu résoudre le problème des altitudes des nœuds, ce qui est crucial pour le calcul des pressions.

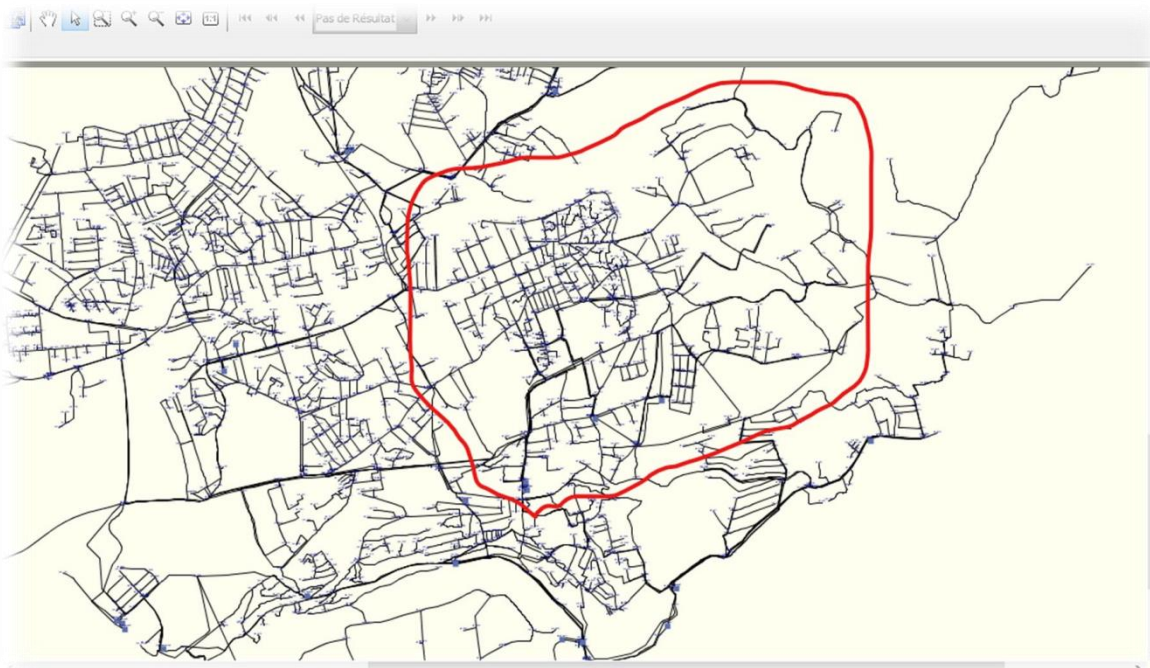


Figure III.8: notre zone d'étude (L'est de Tlemcen)

La deuxième étape consistait à corriger l'interconnexion de plusieurs conduites entre elles et avec les réservoirs. Une fois cette étape achevée, il était nécessaire de vérifier la stabilité du réseau. Pour cela, une simulation instantanée sous EPANET ou Zomayet s'est avérée nécessaire. La réalisation de cette simulation nécessitait l'introduction de données telles que les consommations aux nœuds, la rugosité, et le modèle de consommation dans EPANET.

1.1 Introduction des données sous EPANET

1.2. Calcul des débits

Le nombre élevé de nœuds et la structure complexe du réseau de la zone d'étude nous ont poussé à utiliser le logiciel WaterCAD pour calculer les consommations aux nœuds, car WaterCAD offre l'avantage de calculer avec précision les débits nodaux.

Notre zone d'étude comprend 4000 abonnés. Avec une dotation de 150 l/j/habitant, nous pouvons calculer le débit de pointe horaire alimentant ce secteur.

Pour notre calcul de débits de pointe, nous prenons en compte une moyenne de 6 personnes par abonné.

$$Q_{moy} = \frac{P \cdot D}{86400} \quad \leftarrow \quad \textcircled{1}$$

Q_{moy} : débit moyen en (l/s)

P : nombre de population

D : la dotation hydrique en l/j/hab

$$Q_{moy} = 42.711/s$$

$$Q_p = Q_{moy} * C_p \quad \leftarrow \quad \textcircled{2}$$

Q_p : débit de point

$$C_p = 1.5 + \frac{2.5}{Q_{moy}} \quad \leftarrow \quad \textcircled{3}$$

$$C_p \approx 2$$

$$Q_p = 85.421/s$$

1.3 La transition d'EPANET vers WaterCAD

Le tracé du réseau de la zone d'étude sous EPANET a été importé dans WaterCAD. Après l'introduction du débit de pointe, les consommations aux nœuds ont été calculées et introduites directement aux nœuds.

Modèle de consommation

La consommation d'eau varie tout au long de la journée et exerce une influence significative sur le comportement global du réseau. EPANET offre la possibilité d'introduire un modèle de consommation.

Dans notre cas, nous avons sélectionné un modèle de consommation, indiqué dans le tableau ci-dessous :

Heure	Modèle1
1	0.1586
2	0.1246
3	0.1837
4	0.234
5	0.1593
6	0.1594
7	0.4216
8	0.9449
9	1
10	0.8651
11	0.8198
12	0.6732
13	0.6291
14	0.6151
15	0.5423
16	0.5227
17	0.4982
18	0.6184
19	0.805
20	0.8862
21	0.9099
22	0.7766
23	0.6206
24	0.4353

Tableau III.2 : le modèle de consommation utilisée [13]

L'insertion de ce modèle se fait sous EPANET selon la procédure indiquée dans la figure III.10

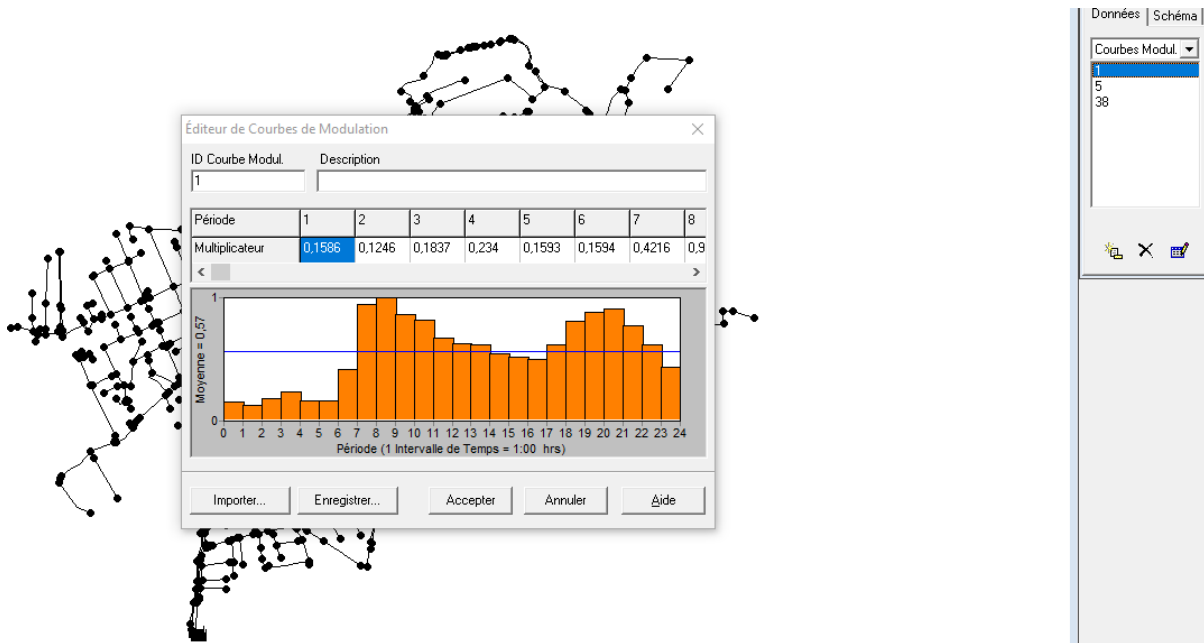


Figure III.9: le modèle de consommation utilisé sous EPANET.

Une fois l'étape d'introduction des données achevée, une simulation instantanée a été effectuée sous EPANET (figure III.11).

Par la suite, nous pouvons procéder à la simulation de longue durée pour analyser le comportement du réseau.



Figure III.10 : l'Interface du logiciel Epanet avec présentation d'un schéma d'AEP

L'existence d'une passerelle entre EPANET et PORTEAU permet d'importer le fichier sauvegardé sous Epanet dans le but d'effectuer une simulation sous Zomayet.

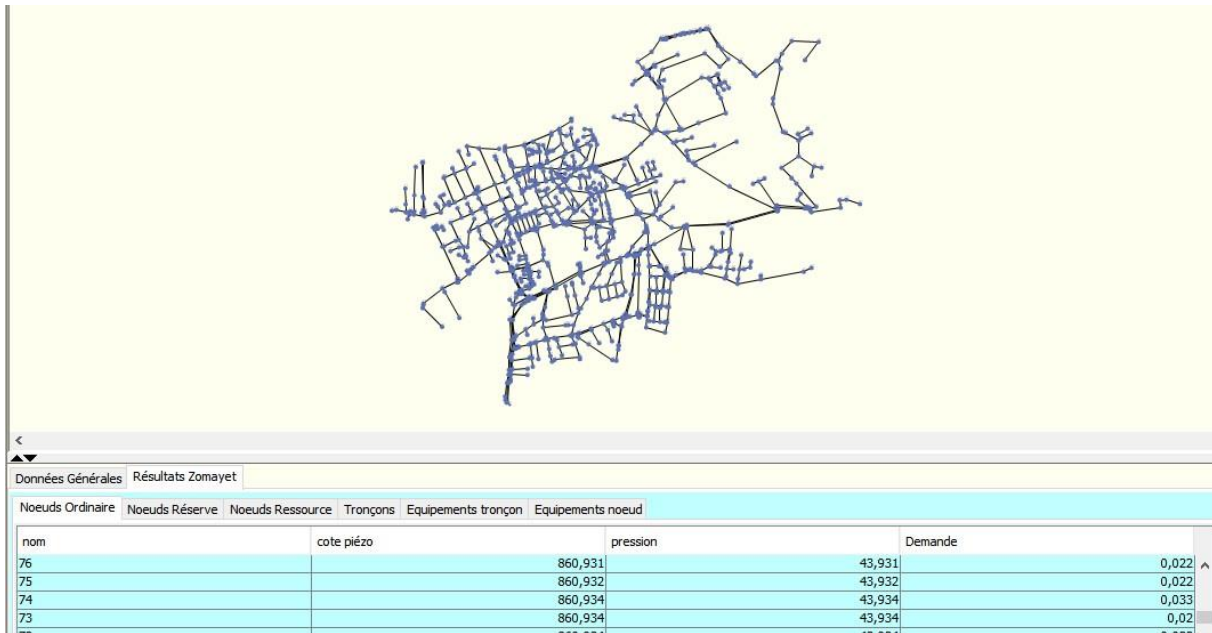


Figure III.11 : Interface du logiciel Porteau avec présentation d'un schéma du réseau d'AEP

2. DEUXIEME PRINCIPE (Opointe)

Le module Opointe simule le comportement d'un réseau de distribution d'eau sous pression en utilisant une approche statistique pour calculer les débits de pointe et les pressions, c'est-à-dire les moments où la demande en eau est à son maximum.

Contrairement au module Zomayet et au logiciel Epanet, Opointe simule le comportement du réseau en insérant aux nœuds le nombre d'abonnés plutôt que les consommations (figure 16).

Les abonnés sont généralement répartis le long des tronçons. Or, il n'existe pas de caractéristique de ces tronçons qui permette de tenir compte de ces abonnés. Il faut donc les répartir judicieusement sur les deux nœuds constituant les extrémités du tronçon. Pour simplifier cette répartition en raisonnant plus par rapport au nombre d'habitations situées à proximité des nœuds.

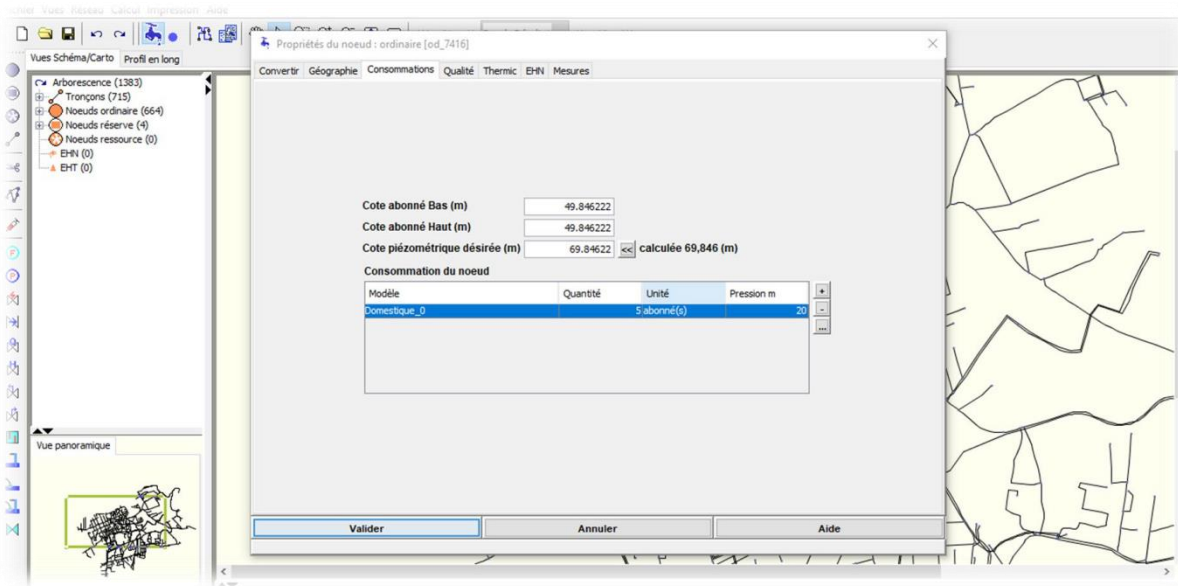


Figure III.12 : intégration de nombre d'abonnés sous PORTEAU

La performance d'Opointe dépend de la probabilité d'ouverture des vannes chez les abonnés, Pour notre étude trois scenarios ont été examinés.

Le premier scenario la probabilité d'ouverture est fixé à 5,3 %



Figure III.13 : Première probabilité d'ouverture

Le deuxième scenario la probabilité d'ouverture est fixé à 8,3 %.

Et le troisième scenario la probabilité d'ouverture est fixée à 12 %.

Probabilité de satisfaction = 0,99

Coefficient multiplicateur	<input type="text" value="1.0"/>
Probabilité d'ouverture	<input type="text" value="0.083"/>
Débit spécifique (l/s)	<input type="text" value="0.5"/>

An orange arrow points to the 'Probabilité d'ouverture' input field.

Figure III.14 : deuxième probabilité d'ouverture

Le troisième scénario avec la probabilité d'ouverture de 0.12 sera présenté ci-dessous.

Probabilité de satisfaction = 0,99

Coefficient multiplicateur	<input type="text" value="1.0"/>
Probabilité d'ouverture	<input type="text" value="0.12"/>
Débit spécifique (l/s)	<input type="text" value="0.5"/>

An orange arrow points to the 'Probabilité d'ouverture' input field.

Figure III.15 : troisième probabilité d'ouverture

Une campagne de mesure de pression sur le terrain était prévue en collaboration avec les techniciens de l'ADE. Cependant, en raison de contraintes techniques, seuls les techniciens de l'ADE ont effectué les mesures et les valeurs mesurées ont été mises à notre disposition dans le but de les comparer avec les résultats de la simulation.

Résultats et discussions

INTRODUCTION

Ce travail exige la modélisation d'un réseau d'AEP en utilisant les logiciels EPANET et PORTEAU, suivie d'une comparaison des résultats obtenus avec chaque logiciel.

1. RESULTATS DE LA SIMULATION SOUS EPANET

Une première simulation immédiate est nécessaire pour évaluer la dimension du réseau de distribution et les conditions d'écoulement hydraulique.

Une fois que nous avons réussi à simuler notre réseau sur EPANET, il est consultable sur ce schéma (Figure IV.17) qui représente la situation de notre système pendant la simulation dans son état statique. À droite du schéma, la légende indique les différentes couleurs utilisées pour représenter les différentes zones de pression.

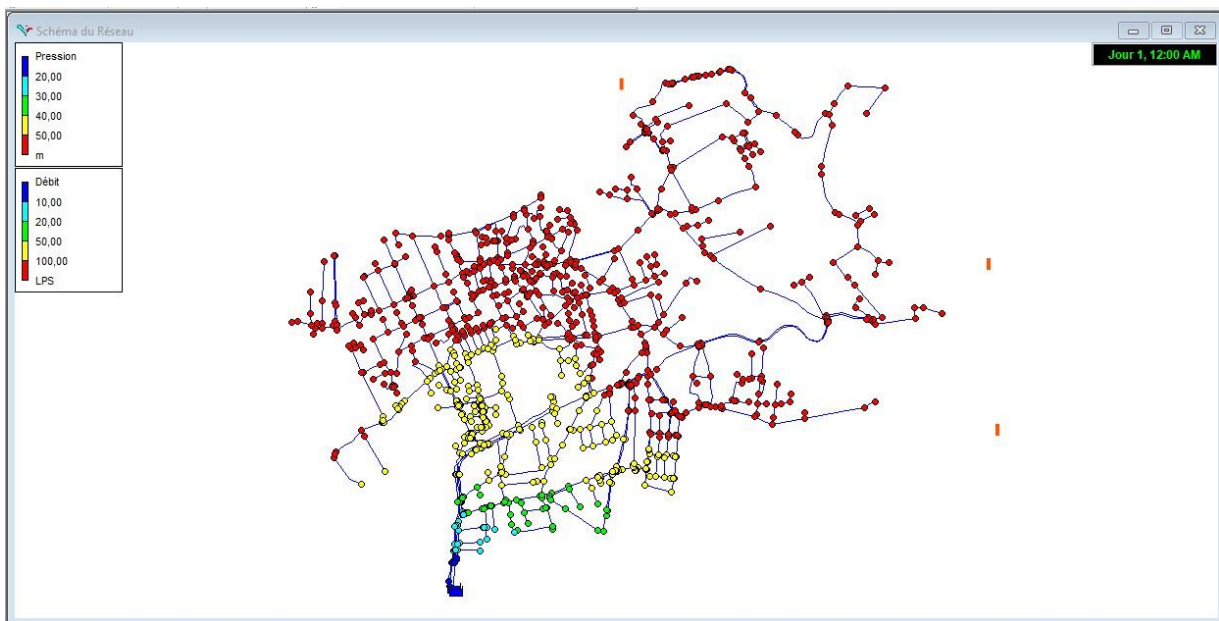


Figure IV.16 : la simulation instantanée sous EPANET

Pour mieux comprendre le réseau, des simulations seront réalisées à diverses heures afin d'évaluer la pression.

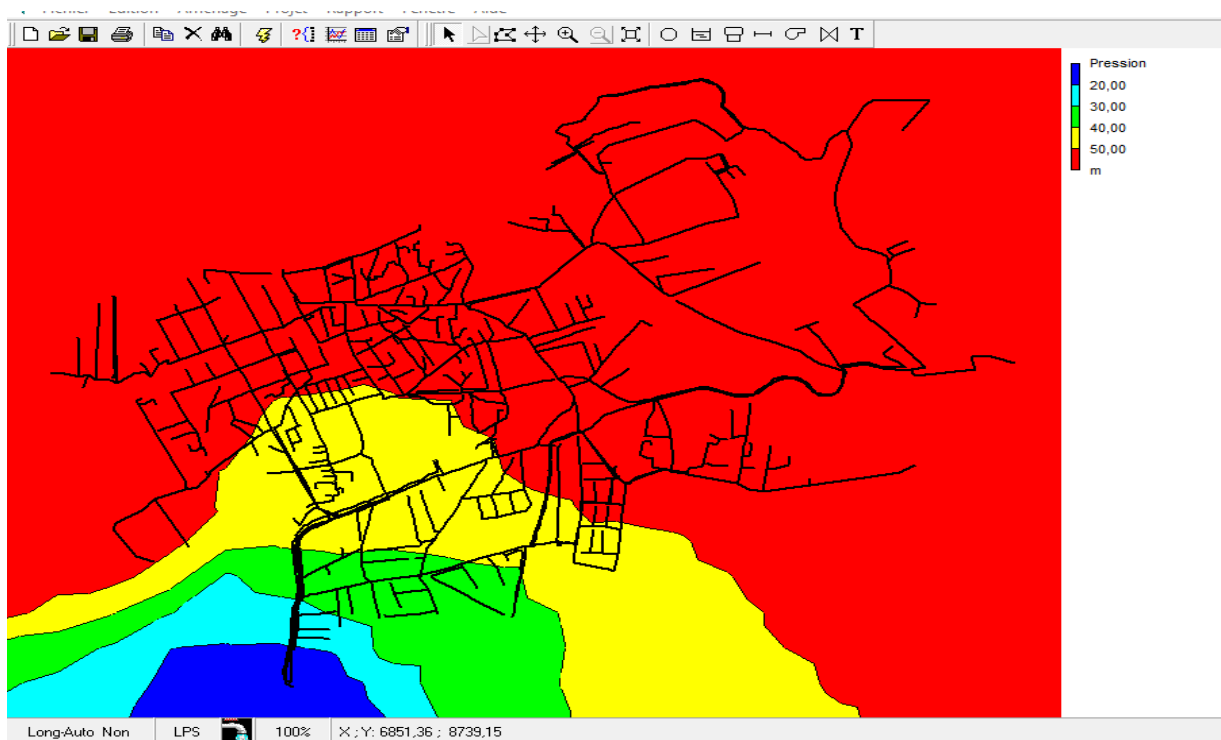


Figure IV.17 : Enveloppe des pressions au niveau du réseau d'AEP à six heures du matin

Ces figures montrent une simulation réalisée avec le logiciel EPANET, qui illustre la distribution de la pression de l'eau dans notre réseau à différents heures.

1. Zones de pression :

- Bleu : Indique des zones de très basse pression (proche de 20 m ou moins).
- Vert : Indique des zones de basse pression modérée (entre 20 m et 30 m).
- Jaune : Indique des zones de pression moyenne (entre 30 m et 40 m).
- Rouge : Indique des zones de haute pression (50 m ou plus).

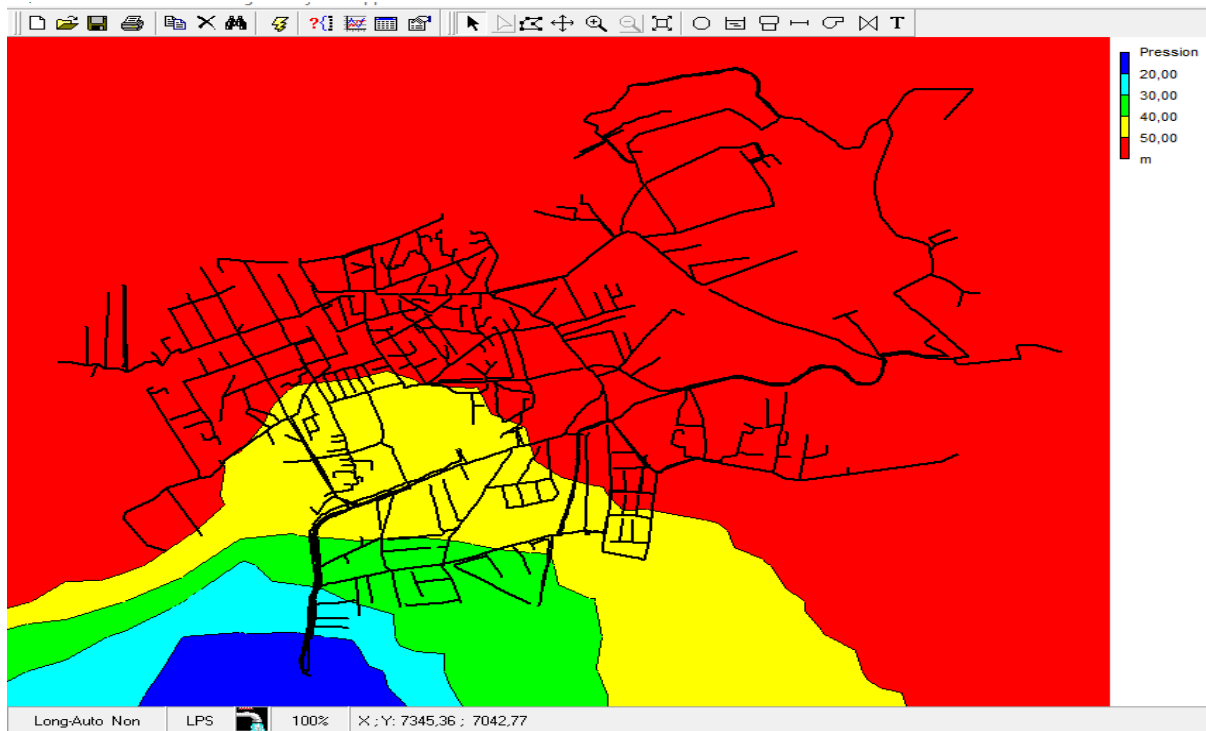


Figure IV. 18 : Enveloppe des pressions au niveau du réseau d’AEP à midi

L’alimentation se fait par gravité, ce qui signifie que les réservoirs sont situés à des hauteurs plus élevées.

La pression dans la plupart des secteurs du réseau dépasse 50 mètres. Cela a un impact sur les équipements en ligne, comme les vidanges, et favorise l'usure des joints des tuyaux.

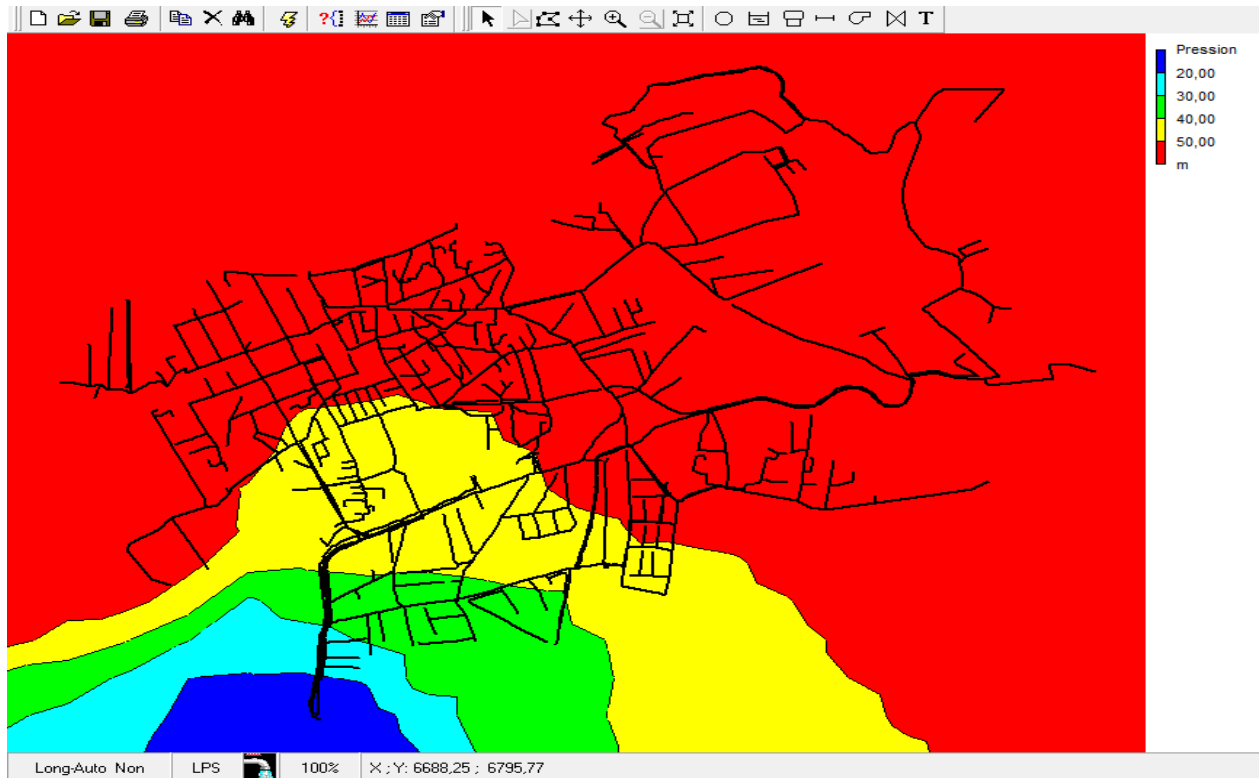


Figure IV. 19 : Enveloppe des pressions au niveau du réseau d’AEP à vingt-trois heures

Dans un système de distribution d'eau, les variations de pression sont principalement causées par l'altitude et la distance entre la source de pression (comme un réservoir) et les points éloignés. La pression est affectée par l'altitude en raison de la gravité, et dans notre situation,

Aussi La variation de pression mentionnée en haut pendant les heures (6h, 12h, 23h) est également influencée par la demande en eau.

2. RESULTATS DE LA SIMULATION SOUS PORTEAU

Pour comparer les résultats de simulation obtenus avec EPANET, nous avons sélectionné PORTEAU pour effectuer les calculs à l'aide des modules Zomayet et Opointe

Le module Opointe nous fournit directement les consommations maximales

Le module Zomayet offre la possibilité de simuler le fonctionnement d'un réseau de distribution pendant une période de 24 heures ou plusieurs jours, en calculant les débits et les pressions à tout moment de la journée. Il partage le même principe et mode de calculs tel d’EPANET alors les résultats obtenus sont identiques.

2.1 Comparaison (Zomayet et Opointe) :

Nous avons sélectionné 10 nœuds afin d'évaluer la pression au fil du temps en utilisant les deux modules de PORTEAU (Zomayet et Opointe), ainsi que trois scénarios pour la probabilité d'ouverture dans le module Opointe, en intégrant les données de mesures réelles fournies par l'ADE.

Nœud 90 :

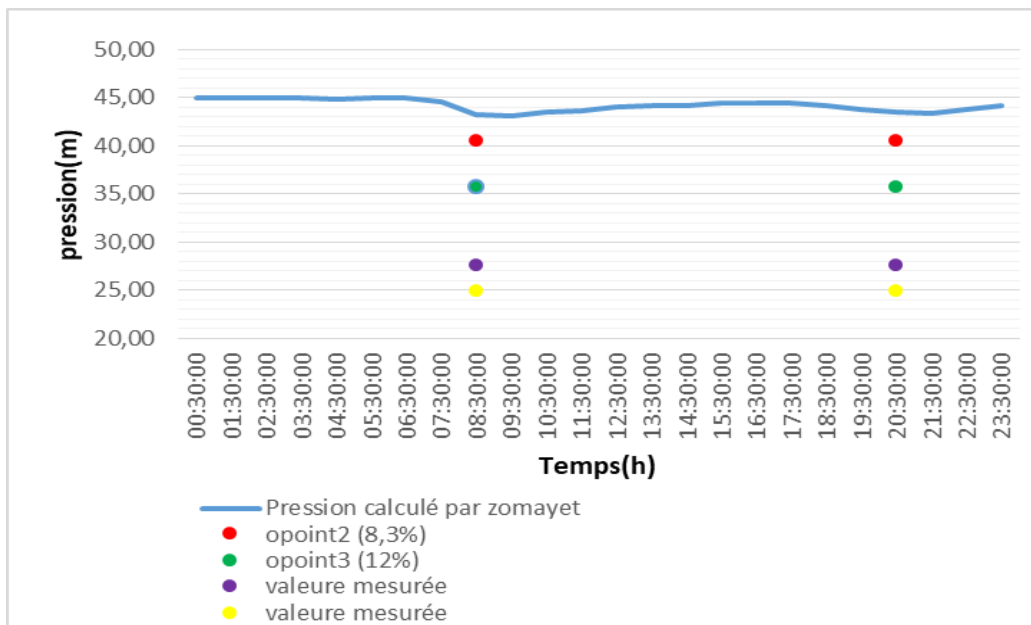


Figure IV. 20 : Graphe représente la variation des pressions en fonction du temps dans le nœud N°90.

La pression obtenue par le module zomayet fluctue entre 45 et 43m, autrement les résultats d’Opointe se varient en réponse aux variations des probabilités d’ouverture.

Nœud 31 :

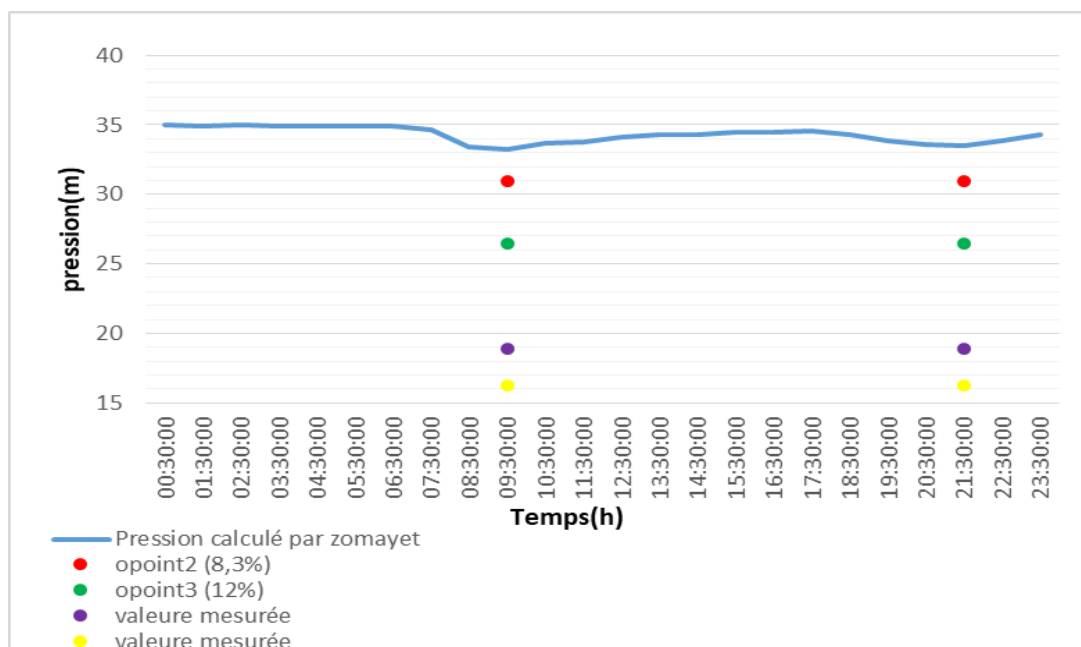


Figure IV.21 : Graphe représente la variation des pressions en fonction du temps dans le nœud N°31.

La pression minimale trouvée par Zomayet (33.5m) se défaire largement à la valeur mesuré (16.25m)

Nœud 174 :

La pression obtenue avec Opointe (12%) de probabilité d'ouverture 23.76m s'approche a la valeur mesurée sur terrain 24.12m.

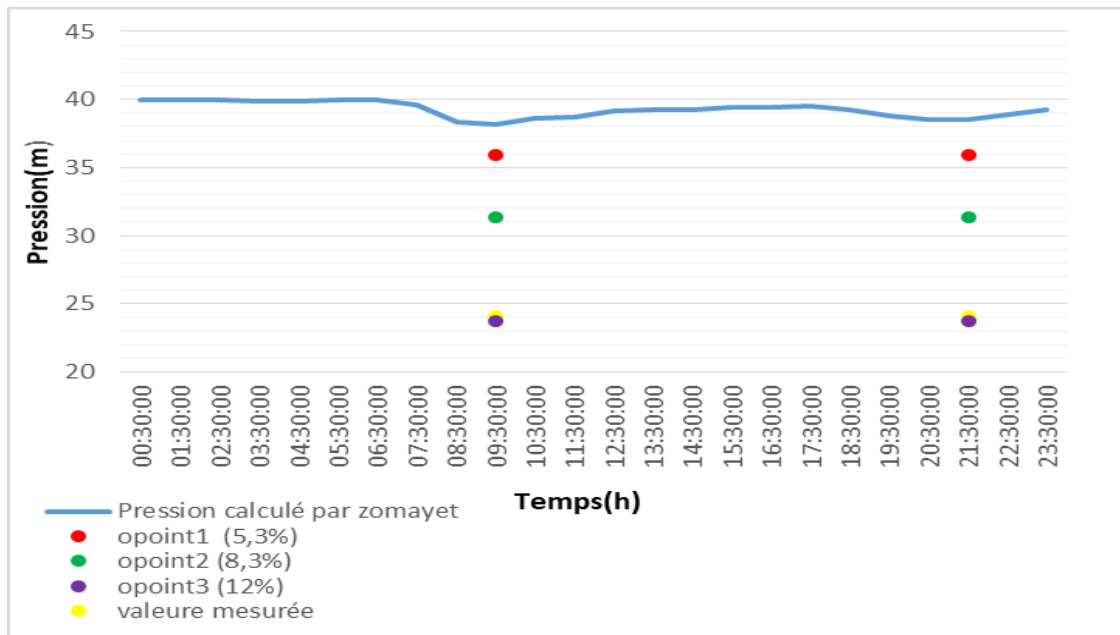
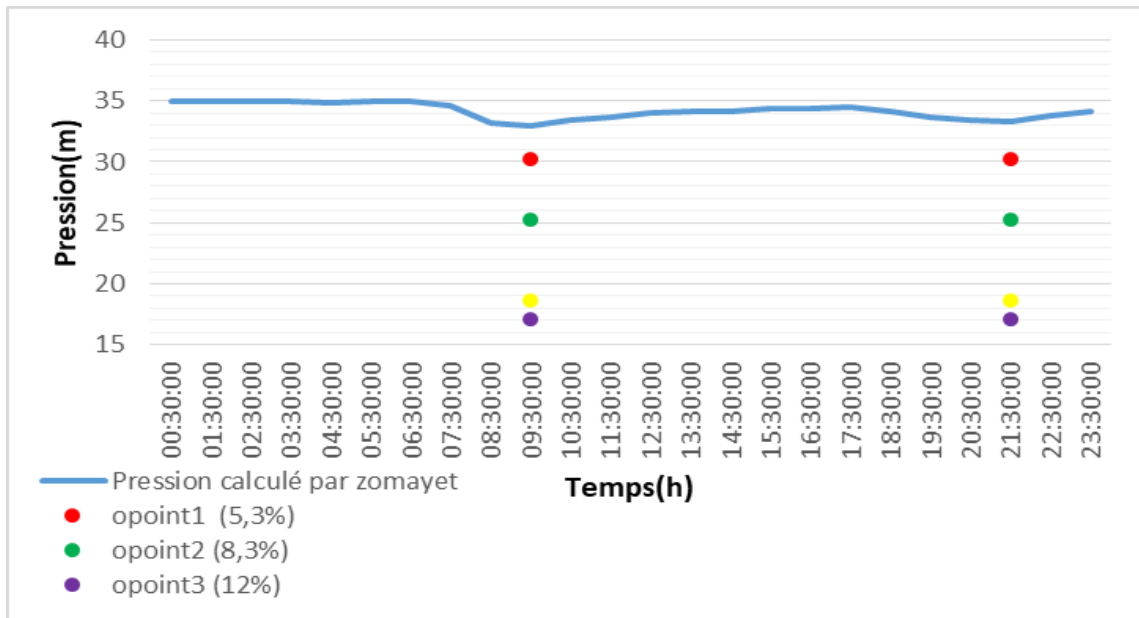


Figure IV.22 : Graphe représente la variation des pressions en fonction du temps dans le nœud N° 174

Nœuds 168 :



FigureIV.23 : Graphe représente la variation des pressions en fonction du temps dans le nœud N°168

Les résultats du Zomayet (35 à 33m) sont bien différents des résultats réels 18.67m

Nœud720 :

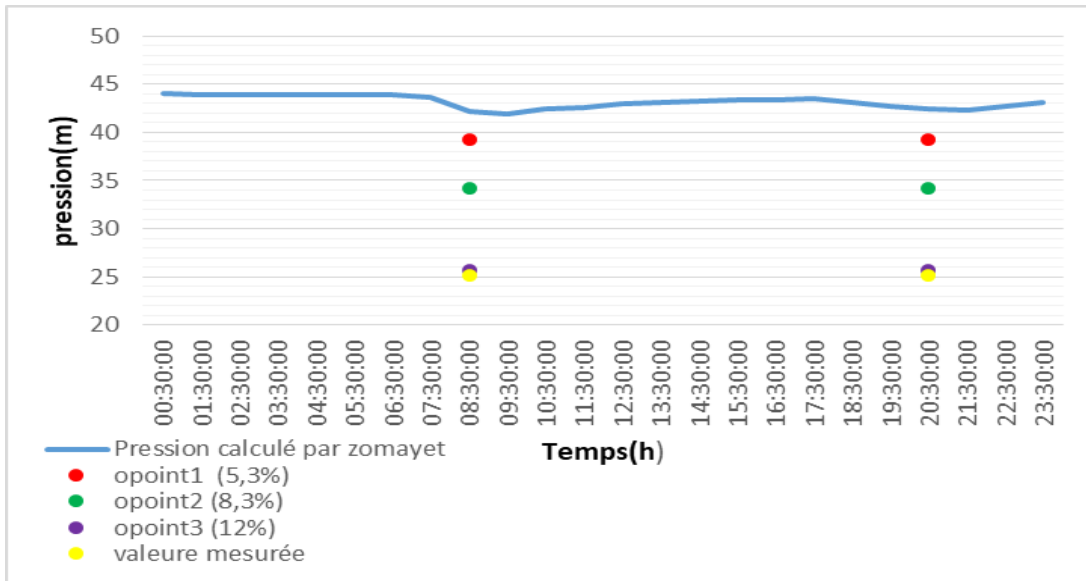


Figure IV.24 : Graphe représente la variation des pressions en fonction du temps dans le nœud N°720

La pression varie au long de la journée du 44 à 42m hors les heures de pointe.

Nœud 738 :

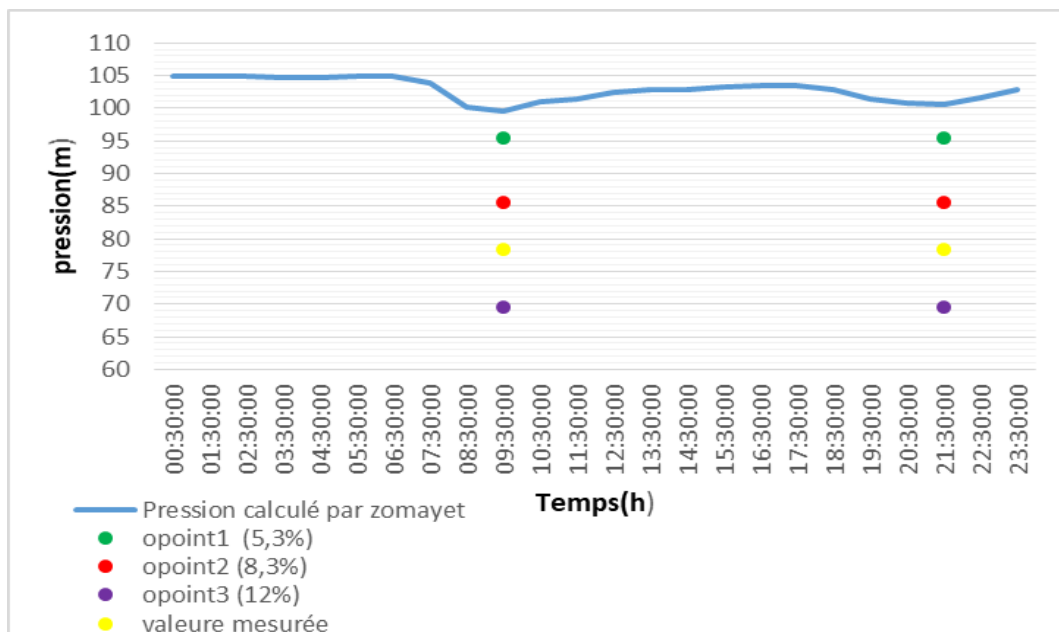


Figure IV.25 : Graphe représente la variation des pressions en fonction du temps dans le nœud N°738

Le module Zomayet maintient une pression entre 105 et 100 m. En revanche, les résultats d'Opointe varient en réponse aux variations des probabilités d'ouverture.

Nœud 783 :

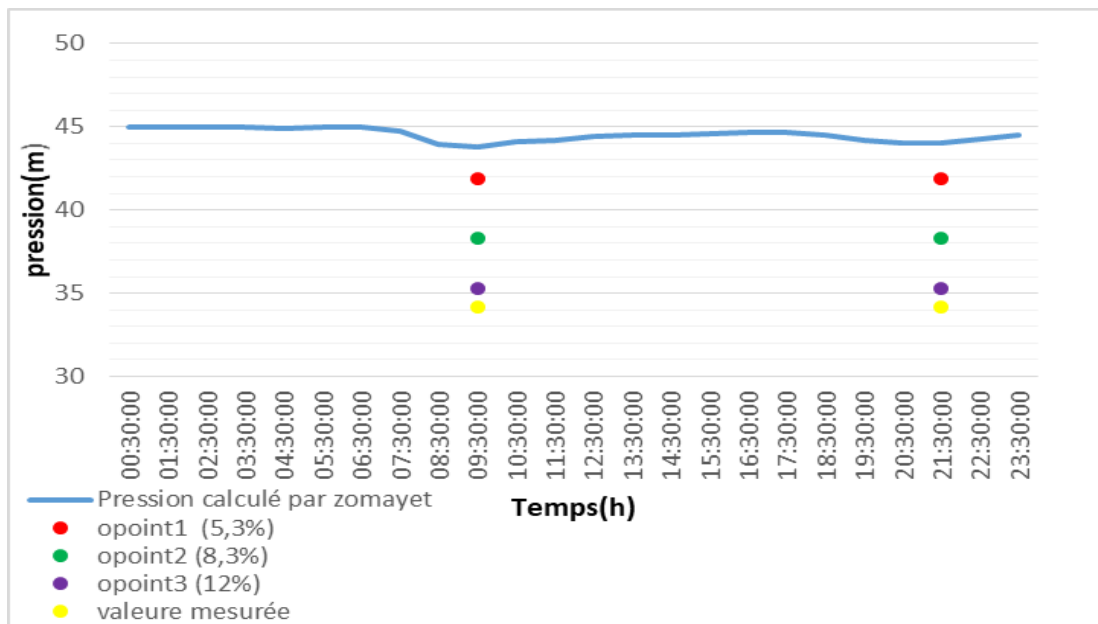


Figure IV. 26 : Graphe représente la variation des pressions en fonction du temps dans le nœud N°783. Selon la probabilité 12%, la pression se dégrade avec 28m par rapport à la probabilité de 5.3%.

Nœud 210 :

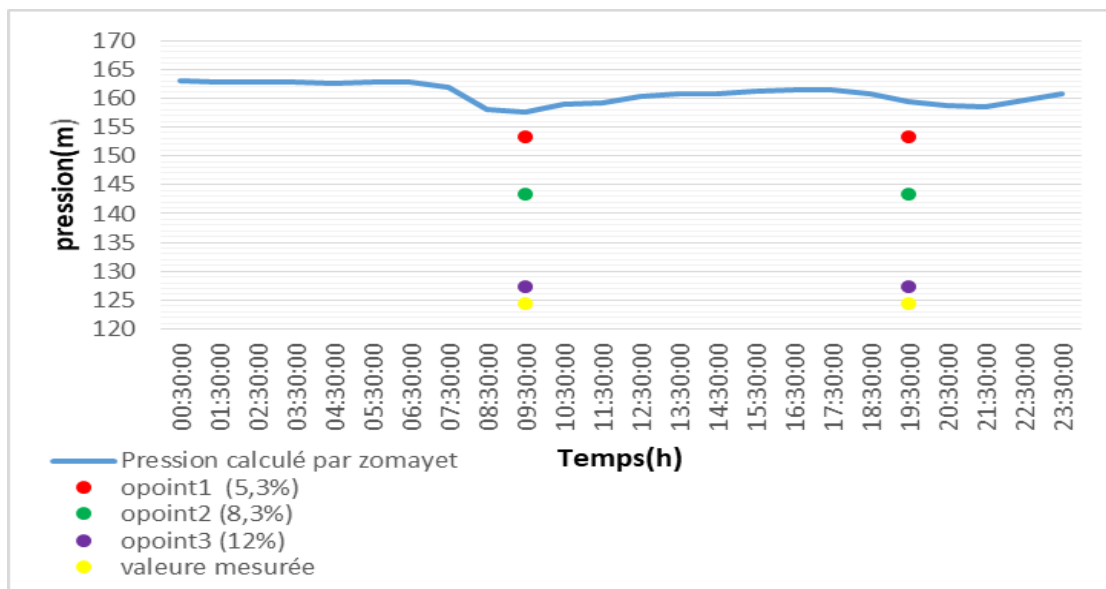


Figure IV.27: Graphe représente la variation des pressions en fonction du temps dans le nœud N°210. Il y a une disparité de 10m de pression dans les résultats de Zomayet par rapport à ceux d'Opointe.

Nœud 503 :

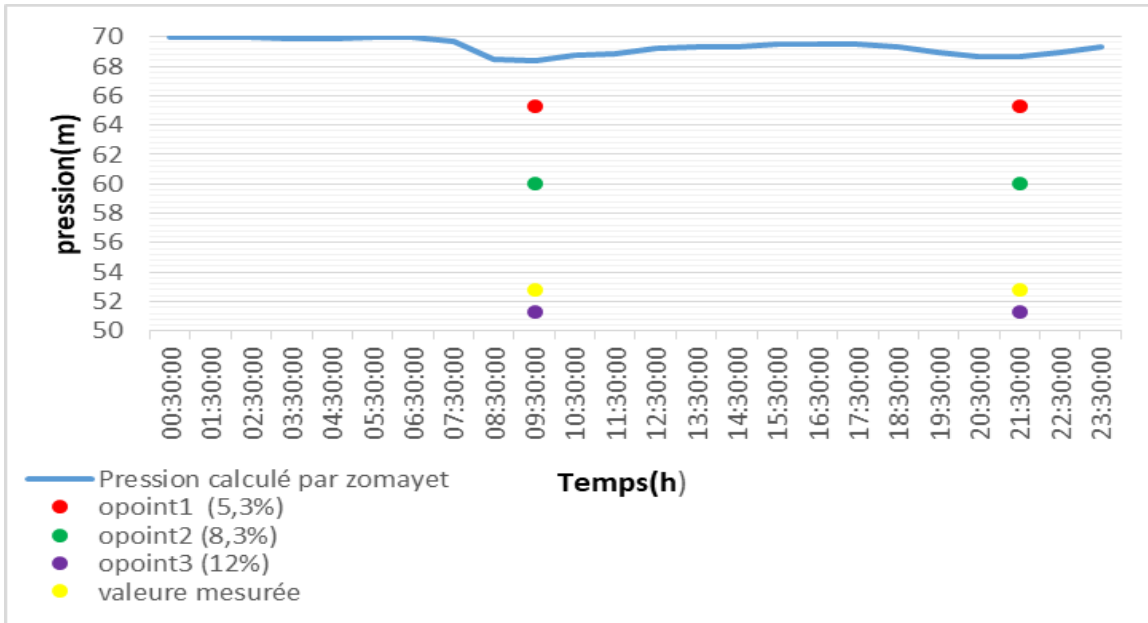


Figure IV.28 : Graphe représente la variation des pressions en fonction du temps dans le nœud N°503. Pendant les heures de pointe, la pression est basse. Cependant, elle diminue jusqu'à 60m en fonction de la probabilité d'ouverture.

Nœud 961 :

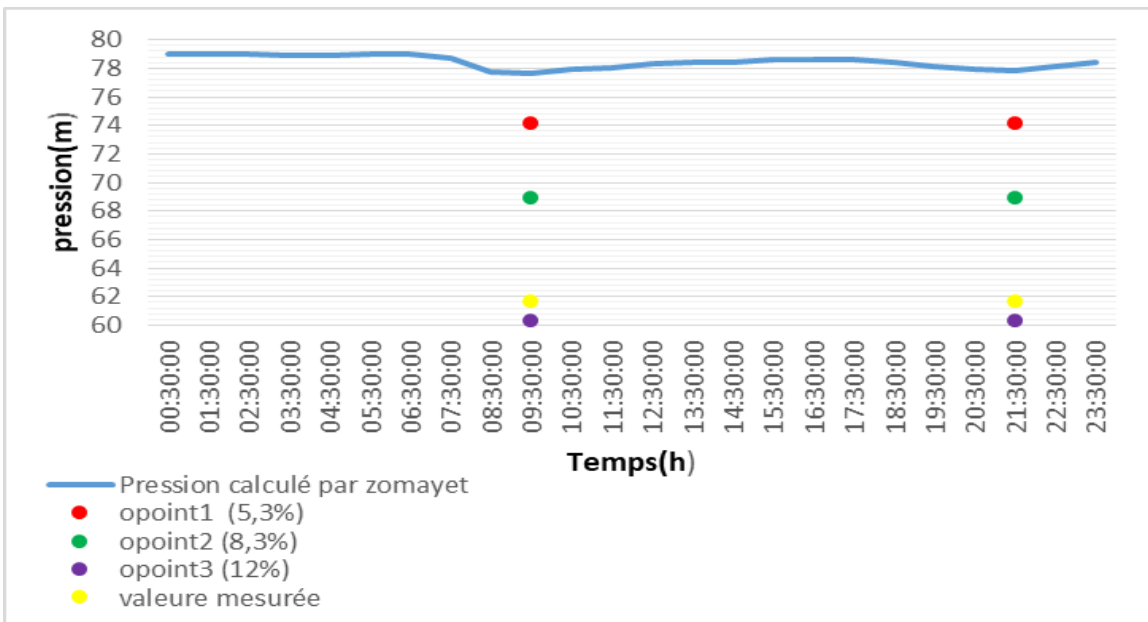


Figure IV.29 : Graphe représente la variation des pressions en fonction du temps dans le nœud N°961. Zomayet, Opointe et les mesures réelles affirment tous que la pression est plus élevée pendant la nuit, du minuit à 6h de matin.

Interprétations :

Dans les résultats précédents on a choisi les heures de pointes en fonction de pression minimale selon le module Zomayet, les heures de pointe signifie la consommation maximale pendant les 24h dans notre cas il y a deux heures de pointe sélectionnées 8h de matin et 21h de soir. Lorsque la demande en eau augmente, la pression diminue également.

Zomayet et EPANET partagent les mêmes méthodes de calcul, produisant des résultats similaires, tandis qu'Opointe se distingue en offrant une précision accrue ainsi que des fonctionnalités et des performances supérieures aux eux.

Les normes de dimensionnement des réseaux de distribution d'eau potable requièrent l'utilisation des conditions de consommation de pointe. La majorité des logiciels de modélisation des réseaux d'AEP utilise des courbes de consommation pour simuler les heures de pointe. Cependant, cette méthodologie ne fournit pas toujours des valeurs précises, car le comportement des consommateurs n'est pas toujours bien représenté par ces modèles de consommation.

En revanche, le module de calcul Opointe simule la consommation de pointe en se basant sur la probabilité d'ouverture des abonnés. Pour notre étude, nous avons choisi trois probabilités d'ouverture des abonnés afin de vérifier, par une comparaison avec les valeurs mesurées sur le réseau, laquelle de ces probabilités reflète le mieux le comportement des abonnés. Cela nous permettra de dimensionner le réseau de manière plus précise.

On remarque que plus la probabilité d'ouverture augmente plus le module Opoint se rapproche d'une manière précise à la valeur réelle mesurée sur le terrain.

La probabilité d'ouverture 12 % donne des résultats presque équivalents à la valeur indiquée par l'ADE. Elle est influencé par :

1. Plus la demande en eau est élevée, plus il est probable que les vannes soient ouvertes pour répondre à cette demande accrue.
2. Des facteurs tels que les fuites dans le réseau
3. Le comportement de réseau et le mode de vie dans cette région

Opointe offre une précision supérieure et représente le meilleur choix pour modéliser un réseau d'AEP en respectant les conditions algériennes.

COCNCLUSION

Il est essentiel de comparer les résultats obtenus par Zomayet, Opointe et les valeurs mesurées afin de sélectionner le logiciel et le module le plus approprié pour simuler les réseaux d'eau en respectant les conditions algérienne. En se basant sur cette comparaison, nous pourront identifier lequel propose la simulation la plus précise et fiable pour nos besoins particuliers.



Conclusion générale

COCNCLUSION GANERALE

Grâce à la modélisation d'un réseau AEP, il est possible de simuler le fonctionnement du réseau et des infrastructures en utilisant une représentation plus ou moins précise de la réalité. Comprendre le fonctionnement du réseau est grandement facilité par la simulation.

Dans ce projet de fin d'études, nous avons utilisé et comparé les logiciels PORTEAU et EPANET pour analyser un réseau d'AEP, en mettant l'accent sur l'évaluation des pressions obtenues par chacun de ces outils, suivent ces étapes :

Modélisation et Simulation : Nous avons créé des modèles détaillés du réseau à l'aide de PORTEAU et EPANET, en tenant compte des caractéristiques spécifiques du secteur étudié. Les simulations ont permis de générer des données précises sur les pressions aux différents points du réseau.

Analyse Comparative : Les pressions obtenues à partir des deux logiciels ont été minutieusement comparées. Cette comparaison a révélé des similitudes mais aussi des différences notables, en raison des différentes approches de calcul hydraulique employées par PORTEAU et EPANET.

Évaluation des Résultats : L'analyse comparative a permis d'identifier les avantages et les limites de chaque logiciel. EPANET s'est distingué par sa facilité d'utilisation et sa capacité à gérer de grandes quantités de données rapidement, tandis que PORTEAU a offert une précision accrue dans certains scénarios spécifiques grâce à ses fonctionnalités avancées de simulation.

Il est important d'approfondir ce travail afin qu'il puisse comprendre les problèmes liés à l'approvisionnement en eau potable en général, surtout avec les fuites.



Références

Bibliographiques

Références

- [1] **ATTACHI Y, GUERRADI M., 2019** .Contribution du SIG à la modélisation d'un réseau d'AEP : Cas du quartier d'Al Shaab région du Noumerat (Metlili Nouvelle), Université de Ghardaïa
- [2] **Valiron F., 1994**, Mémento du gestionnaire de l'alimentation en eau potable et de l'assainissement, Tome 1, 2, 3, Edition Lavoisier, 1262 p.
- [3] **Benzannache Naziha, .2020**. ALIMENTATION EN EAU POTABLE, cours Licence LMD Hydraulique Université 8 Mai 1945 de Guelma
- [6] **BELAIB Allel**. MODELISATION HYDRAULIQUE D'UN SYSTÈME DE TRANSFERT D'EAU POTABLE -CAS DU TRANSFERT DU COULOIR CHLEF-TENES-EL GUELTA – A PARTIR DU BARRAGE DE SIDI YACOUB- THESE DE MAGISTER UNIVERSITÉ HASSIBA BENBOUALI DE CHLEF.
- [7] **Benchaib, M., 2012**. Modélisation d'un réseau d'AEP et la contribution à sa gestion à l'aide d'un système d'information géographique. École Nationale Polytechnique
- [8] **Boukhari H, Bacha A.,2018**. ANALYSE DU FONCTIONNEMENT D'UN RESEAU D'ALIMENTATIONEN EAU POTABLE A FORTE DENIVELE TOPOGRAPHIQUE CAS DU RESEAU DE BOUSSEDRA ELBOUNI, Memoir de master, Université Badji Mokhtar-ANNABA
- [9] **Rossmann L., 2000**, Epanet 2 user's manual, environmental protection agency,cincinnati, usa.
- [11] **Benmiloud S, Boudghene Stambouli M.,2017**.Modélisation sur le logiciel EPANET/PORTEAU du réseau d'eau potable du secteur Est de la ville de Tlemcen , Memoir de master ,Université Aboubakr Belkaïd– Tlemcen
- [12] **Madouni A.,2013**.Modélisation du réseau d'alimentation en eau potable de la ville de Maghnia avec le logiciel PORTEAU. Mémoire de master, Université Aboubakr Belkaïd– Tlemcen
- [13] **Marion Vogel, Mohammed Habi and Philipp Klingel 2015**: Domestic water consumption in Algeria - a case study of Béni Abbès. La Houille Blanche, n°1, 2015, p. 76-83.

Webographie

[4] <http://ressources.unit.eu/cours/engees/GEMEue2module4HUpartie1/co/Architecture.html>

[5] <https://jspbas.com/wp-content/uploads/2018/10/les-besoins-en-eau.pdf>

[10] http://porteur.irstea.fr/Presentation/TechniquePorteur3_7.pdf