

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 Abou Bakr Belkaïd – Tlemcen –

Faculté de Technologie



Département d'Hydraulique

MEMOIRE

Projet de Fin d'Etudes

Pour l'obtention du diplôme de Master 2 en **Hydraulique**

Spécialité : Hydraulique urbaine

Thème

Modélisation des réseaux d'AEP : Etude comparative sous le logiciel

PORTEAU

Présentée par : Hammoudi Hadjer.

Président

MAB. Chachoua Mounira

Examineur

MCB. Terki Hassaine Taha Amine

Encadreur

Pr. Mohammed Habi

Co-Encadreur

MCA. Bentalha Chakib

Année universitaire : 2024 /2025

Dédicaces

Je tiens à dédier ce mémoire à toutes les personnes qui m'ont soutenu et encouragé tout au long de ce travail.

Tout d'abord, à mes parents, pour leur amour inconditionnel, leurs conseils précieux et leur soutien constant, sans lesquels je n'aurais pas pu arriver à ce stade. Je dédie ce mémoire à mon père, dont l'amour, les sacrifices et la sagesse ont été mes plus grandes sources d'inspiration. Tu as toujours cru en moi, même dans les moments les plus difficiles, et ton soutien indéfectible m'a permis de franchir chaque étape de ce parcours.

Cette réussite est autant la tienne que la mienne. Tu m'as appris à ne jamais abandonner, à persévérer malgré les obstacles, et à donner le meilleur de moi-même à chaque instant. Pour tout cela, je te remercie du fond du cœur.

À mes professeurs, pour leurs enseignements éclairés et leurs encouragements tout au long de mon parcours académique. Leur expertise m'a guidé et motivé à donner le meilleur de moi-même.

À mes amis, pour leur présence et leur soutien moral, qui m'ont permis de surmonter les moments de doute et de fatigue.

Enfin, à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail. Je vous exprime ma plus sincère reconnaissance.

Hammoudi Hadjer.

Remerciements

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance et ma profonde gratitude envers Dieu, le Tout-Puissant, pour m'avoir guidé et donné la force et la patience nécessaires tout au long de ce travail. Sans Sa bienveillance, rien de tout cela n'aurait été possible.

Je remercie également mon encadrant, le Pr. Mohammed Habi, pour son accompagnement précieux, ses conseils avisés, et sa disponibilité. Son expertise, son soutien constant et ses encouragements m'ont permis de surmonter les difficultés rencontrées tout au long de cette étude. Je lui suis profondément reconnaissant pour l'attention qu'il a portée à mon travail.

Je remercie tout particulièrement Monsieur Bentalha Chakib pour sa disponibilité, ses conseils précieux, son accompagnement et sa bienveillance tout au long de ce projet.

Je remercie chaleureusement les membres du jury, Madame Chachoua Mounira et Monsieur Terki Hassaine Taha Amine, pour l'honneur qu'ils m'ont fait en évaluant ce travail. Leur présence, leurs remarques pertinentes et leurs encouragements m'ont été très précieux.

Que Dieu bénisse chacun d'entre vous pour votre générosité et votre dévouement.

Résumé

Les réseaux d'alimentation en eau potable (A.E.P) jouent un rôle crucial dans le bon fonctionnement et le développement des zones urbaines. Pour comprendre leur efficacité, il est essentiel d'analyser les différentes composantes qui les constituent. La gestion et le suivi des paramètres clés tels que le débit, la pression et la vitesse dans un réseau d'eau potable représentent des enjeux majeurs pour l'exploitant, afin d'assurer une distribution optimale et continue de l'eau.

L'objectif de ce projet de fin d'études est de modéliser la partie Est du réseau d'AEP de Tlemcen ville en utilisant le logiciel de simulation hydraulique PORTEAU et évaluer les pressions aux heures de pointes avec trois scénarios différents.

Par la suite comparer les résultats des simulations en termes de pressions obtenues à différents points du réseau entre la technique de répartition des abonnés sur la longueur des conduites et la concentration des abonnés au niveau des nœuds.

Les résultats confirment que la prise en compte de la répartition des abonnés le long de la conduite représente de manière plus fidèle le comportement physique réel du réseau.

Mots clé : Alimentation en eau potable, PORTEAU, simulation hydraulique, pression, abonnés.

الملخص

تلعب شبكات التزويد بمياه الشرب دورًا حيويًا في حسن سير وتطور المناطق الحضرية. ومن أجل فهم مدى فعاليتها، من الضروري تحليل مختلف المكونات التي تتألف منها. إن إدارة ومتابعة المعايير الأساسية مثل التدفق، والضغط، والسرعة داخل شبكة المياه الصالحة للشرب تُعد من التحديات الكبرى للمستغل، لضمان توزيع مثالي ومستمر للمياه.

يهدف هذا مشروع نهاية الدراسة إلى نمذجة الجزء الشرقي من شبكة التزويد بمياه الشرب لمدينة تلمسان باستخدام برنامج المحاكاة الهيدروليكية **PORTEAU**، وتقييم الضغوط خلال ساعات الذروة عبر ثلاثة سيناريوهات مختلفة.

بعد ذلك، يتم مقارنة نتائج المحاكاة من حيث الضغوط المسجلة في نقاط مختلفة من الشبكة بين طريقتين: توزيع المشتركين على طول القنوات، وتركيز المشتركين عند العقد.

تؤكد النتائج أن أخذ توزيع المشتركين على طول القنوات بعين الاعتبار يُمثل بشكل أكثر دقة السلوك الفيزيائي الحقيقي للشبكة.

كلمات مفتاحية: شبكات إمدادات مياه الشرب، **PORTEAU**، المحاكاة الهيدروليكية، الضغط، المشتركين.

Summary

Drinking water supply networks (D.W.S) play a crucial role in the proper functioning and development of urban areas. To understand their efficiency, it is essential to analyze the various components that make them up. The management and monitoring of key parameters such as flow rate, pressure, and velocity in a drinking water network are major challenges for the operator in order to ensure optimal and continuous water distribution.

The objective of this final year project is to model the eastern part of the drinking water supply network of the city of Tlemcen using the hydraulic simulation software PORTEAU, and to evaluate the pressures during peak hours under three different scenarios.

Subsequently, the simulation results are compared in terms of pressures obtained at different points in the network between two approaches: distributing subscribers along the length of the pipes versus concentrating them at the nodes.

The results confirm that taking into account the distribution of subscribers along the pipes represents the real physical behavior of the network more accurately.

Key words: Drinking water supply (D.W.S), PORTEAU, Hydraulic simulation, pressure, subscribers.

Table des matières

Introduction générale

Chapitre 1 : Généralité sur l'AEP

I.	Introduction	1
II.	Présentation d'un réseau d'alimentation en eau potable (AEP)	1
II.1	Les étapes de processus de production et d'acheminement de l'eau potable	1
II.1.1	Les captages	1
II.1.2	Traitement des eaux	2
II.1.3	L'adduction	2
II.1.4	Le stockage	2
II.1.5	Distribution	2
II.2	Réseau de distribution	3
II.2.1	Éléments du Réseau de Distribution	3
II.2.2	Configuration du Réseau	4
III.	Conclusion.....	7

Chapitre 2 : Généralité sur la simulation hydraulique des réseaux

I.	Introduction	9
II.	Définition de la simulation	9
III.	Définition d'un modèle hydraulique	9
IV.	La base de données.....	9
V.	Principales phases de la simulation	10
VI.	Les logiciels de la simulation	10
VI.1	Logiciel PORTEAU	11
VI.1.1	L'interface graphique.....	11
VI.1.2	Le modèle ZOMAYET	12
VI.1.3	Le modèle OPOINTE.....	12
VII.	Conclusion.....	13

Chapitre 3 : Présentation de la zone d'étude

I.	Introduction	15
II.	Présentation de la zone d'étude	15
III.	Les sources d'eau assurant l'alimentation.....	16
III.1	Les eaux de surface	16
III.2	Les eaux souterraines	17
III.3	Les eaux de dessalement	17
IV.	Les ouvrages de stockage.....	17
IV.1	Remplissage des réservoirs.....	18
III.1.1	Réservoir Sidi Chaker 1	18
IV.1.1	Réservoir Sidi Chaker 2	19
IV.1.2	Réservoir Pépinière	19
V.	Le réseau de distribution	19
VI.	Conclusion.....	20

Chapitre 4 : Méthodologie du travail

I.	Introduction	22
II.	Objectifs spécifiques	22
III.	Élaboration du réseau	22
III.1	Réseau de base.....	22
III.2	Source des données sur les abonnés	22
III.3	Introduction des données sous PORTEAU	23
III.4	Intégration des probabilités d'ouverture.....	24
III.5	Simulation du réseau	25
IV.	Conclusion.....	27

Chapitre 5 : Résultats et discussions

I.	Introduction	29
II.	Les résultats de simulation sous PORTEAU (Module Opoint)	29

II.1	Analyse Comparative des Pressions Simulées selon le Type de Branchement des Abonnés : Conduites vs Nœuds.....	29
II.2	Interprétation des résultats.....	44
	□ Impact du positionnement des abonnés :.....	45
	□ Influence du diamètre des conduites :	45
	□ Position topographique :.....	45
II.3	Analyse Comparative des Pressions : Simulation vs Mesures Réelles.....	45
II.4	Interprétation des résultats.....	47
II.5	Analyse de l'impact de la probabilité d'ouverture sur les pressions dans un réseau AEP	47
II.6	Interprétation des résultats.....	50
III.	Conclusion de l'interprétation	51

Conclusion générale

Liste des abréviations

AEP : alimentation en eau potable

A.D.E : Algérienne des Eaux

GUT : groupement urbain de Tlemcen

PVC : chlorure de poly vinyle

PEHD : polyéthylène haute densité

DN : diamètre nominal

APC : assemblée populaire communale

PN : pression nominale

Liste des tableaux

Tableau 1: Zones et quartiers couverts par notre réseau de distribution.....	15
Tableau 2: les caractéristiques des ouvrages de stockage de Tlemcen ville [23].	18
Tableau 3: Répartition des longueurs selon les types de conduites dans la zone d'étude [23]....	19
Tableau 4: les résultats de pression obtenue sous PORTEAU de la conduite 90-89.....	30
Tableau 5: les résultats de pression obtenue sous PORTEAU de la conduite 31-32.....	32
Tableau 6: les résultats de pression obtenue sous PORTEAU de la conduite 877-878.....	33
Tableau 7: les résultats de pression obtenue sous PORTEAU de la conduite 168-170.....	35
Tableau 8: les résultats de pression obtenue sous PORTEAU de la conduite 141-536.....	36
Tableau 9: les résultats de pression obtenue sous PORTEAU de la conduite 738-731.....	38
Tableau 10: les résultats de pression obtenue sous PORTEAU de la conduite 535-534.....	39
Tableau 11: les résultats de pression obtenue sous PORTEAU de la conduite 210-211.....	41
Tableau 12: les résultats de pression obtenue sous PORTEAU de la conduite 414-503.....	42
Tableau 13: les résultats de pression obtenue sous PORTEAU de la conduite 446-961.....	44
Tableau 14: Comparaison des pressions mesurées et simulées selon les deux configurations de branchement des abonnés.....	46

Liste des figures

Figure 1: Schéma d'alimentation d'eau potable [5].	3
Figure 2: Les principales composantes d'un réseau d'eau [9].	4
Figure 3: Schéma d'un réseau maillé [14].	5
Figure 4: Schéma d'un réseau ramifié [14].	6
Figure 5: Schéma d'un réseau mixte.	7
Figure 6: Interface graphique du logiciel PORTEAU vue schéma d'un réseau de distribution [20].	11
Figure 7: La localité de la zone d'étude [23].	16
Figure 8: les deux réservoirs de sidi chaker rectangulaire et circulaire.	17
Figure 9: Réservoirs pépinière.	18
Figure 10: Une carte contient les branchements de notre réseau [25].	23
Figure 11: Intégration du nombre d'abonnés dans les conduites sous PORTEAU.	24
Figure 12: Première probabilité d'ouverture.	24
Figure 13: Sélection du modèle de consommation dans le menu réseau du logiciel PORTEAU.	25
Figure 14: Interface du module OPOINTE pour la configuration de la simulation.	25
Figure 15: Affichage des résultats de pression des nœuds dans PORTEAU.	26
Figure 16: L'interface de style graphique.	26
Figure 17: La position de la conduite 90-89.	30
Figure 18: Variation de la pression en fonction de la probabilité d'ouverture sous PORTEAU.	31
Figure 19: La position de la conduite 31-32.	31
Figure 20: Variation de la pression en fonction de la probabilité d'ouverture sous PORTEAU.	32
Figure 21: La position de la conduite 877-878.	33
Figure 22: Variation de la pression en fonction de la probabilité d'ouverture sous PORTEAU.	34
Figure 23: La position de la conduite 168-170.	34
Figure 24: Variation de la pression en fonction de la probabilité d'ouverture sous PORTEAU.	35
Figure 25: La position de la conduite 141-536.	36
Figure 26: Variation de la pression en fonction de la probabilité d'ouverture sous PORTEAU.	37
Figure 27: La position de la conduite 738-731.	37
Figure 28: Variation de la pression en fonction de la probabilité d'ouverture sous PORTEAU.	38

Figure 29: La position de la conduite 535-534.	39
Figure 30: Variation de la pression en fonction de la probabilité d'ouverture sous PORTEAU.	40
Figure 31: La position de la conduite 210-211.	40
Figure 32: Variation de la pression en fonction de la probabilité d'ouverture sous PORTEAU.	41
Figure 33: La position de la conduite 414-503.	42
Figure 34: Variation de la pression en fonction de la probabilité d'ouverture sous PORTEAU.	43
Figure 35: La position de la conduite 446-961.	43
Figure 36: Variation de la pression en fonction de la probabilité d'ouverture sous PORTEAU.	44
Figure 37: Comparaison des pressions simulées et mesurées selon le type de branchement.	46
Figure 38: Répartition des pressions dans le réseau pour une probabilité d'ouverture de 15 % (abonnés sur les conduites).	48
Figure 39: Répartition des pressions dans le réseau pour une probabilité d'ouverture de 15% (abonnés sur les nœuds).	48
Figure 40: Répartition des pressions dans le réseau pour une probabilité d'ouverture de 16% (abonnés sur les conduites).	49
Figure 41: Répartition des pressions dans le réseau pour une probabilité d'ouverture de 16% (abonnés sur les nœuds).	49

A thick, dark blue vertical bar runs along the left edge of the page. From the bottom of this bar, several thin, dark blue lines curve upwards and outwards, creating an abstract, grass-like or reed-like pattern.

Introduction générale

Introduction général

La gestion efficace des réseaux d'adduction d'eau potable (AEP) est un enjeu majeur pour assurer un approvisionnement en eau de qualité, durable et adapté aux besoins des populations. Pour atteindre cet objectif, la modélisation hydraulique des réseaux d'AEP est devenue un outil incontournable permettant d'optimiser le dimensionnement des infrastructures, de prédire le comportement du réseau sous différentes conditions et de garantir une gestion optimale des ressources en eau.

La modélisation des réseaux d'AEP repose sur des logiciels spécialisés qui permettent de simuler les écoulements d'eau, les pressions, les débits et la qualité de l'eau dans le réseau. Parmi les outils les plus utilisés dans ce domaine figurent PORTEAU et EPANET. Ces deux logiciels, bien que similaires dans leur objectif de modélisation des réseaux d'eau, présentent des caractéristiques et des approches différentes.

Le logiciel PORTEAU, développé pour la gestion des réseaux complexes, est reconnu pour ses fonctionnalités avancées dans la modélisation des systèmes de distribution d'eau potable. De son côté, EPANET, logiciel libre développé par l'EPA (Environmental Protection Agency), est très utilisé en raison de sa simplicité d'utilisation et de son accessibilité.

Dans cette étude comparative, nous nous proposons d'analyser les deux outils à travers une étude de cas concrète. Nous mettrons en lumière leurs avantages et limitations respectifs en fonction des critères spécifiques du projet, tels que la précision des simulations.

Nous avons intégré dans le modèle le nombre d'abonnés repartis sur la longueur des conduites afin de simuler avec précision les débits et les pressions dans le réseau. Une fois la simulation effectuée, nous avons comparé nos résultats avec ceux obtenus lors d'études précédentes. Cette étude comparative a permis d'évaluer les performances actuelles du réseau et de mettre en évidence les écarts ou améliorations par rapport aux simulations antérieures, contribuant ainsi à une meilleure compréhension et optimisation du système hydraulique étudié.

Pour arriver à cet objectif nous avons préparé notre travail en cinq chapitres :

Nous commencerons dans le premier chapitre par une présentation générale sur les réseaux d'alimentation en eau potable en donnant une vue d'ensemble des composants du système de base de distribution, le deuxième chapitre est consacré à la présentation de la modélisation des réseaux d'AEP et les modèles utilisés.

La zone d'étude est présentée dans le troisième chapitre.

Introduction général

Le quatrième chapitre est consacré à la présentation de la méthodologie du travail adoptée pour la modélisation du système de distribution de notre zone d'étude.

Le cinquième chapitre sera consacré à la simulation, présentation des résultats des paramètres hydraulique sous forme de schéma et graphes et suivis par une discussion analysante du système sur la base de ces résultats obtenus.

Et enfin une conclusion générale qui met l'accent sur les résultats.

A thick dark blue vertical bar is positioned on the left side of the page. From the bottom of this bar, several thin, light blue lines extend upwards and outwards, creating an abstract, grass-like or reed-like pattern.

Chapitre 1 :

Généralité sur l'AEP

I. Introduction

Dans ce chapitre, nous explorerons plusieurs définitions générales de l'approvisionnement en eau potable, notamment : La gestion efficace de ces infrastructures qu'elle comprend de capter, traiter, stocker et distribuer l'eau aux consommateurs tout en respectant des normes strictes de qualité.

II. Présentation d'un réseau d'alimentation en eau potable (AEP)

Un réseau d'alimentation en eau potable a pour objectif principal d'assurer l'approvisionnement en eau de qualité aux habitants d'une zone urbaine ou rurale. Pour ce faire, il repose sur une organisation complexe mais bien structurée d'infrastructures hydrauliques. Il commence généralement par un ou plusieurs points de captage (sources, forages, barrages), où l'eau brute est prélevée. Elle est ensuite acheminée vers une station de traitement afin de répondre aux normes de potabilité (figure 1).

Une fois traitée, l'eau est stockée dans des réservoirs ou châteaux d'eau, qui jouent un rôle essentiel dans la régulation du débit et de la pression. Le transport de l'eau jusqu'aux consommateurs finaux se fait à travers un réseau de conduites, souvent hiérarchisé en adduction principale, distribution secondaire et branchements domestiques.

Le fonctionnement efficace de ce système dépend d'un équilibre délicat entre plusieurs facteurs : garantir une pression suffisante en tout point du réseau, minimiser les pertes en ligne, répondre à la demande variable dans le temps, et maîtriser les coûts d'exploitation. C'est pourquoi la gestion d'un réseau AEP repose de plus en plus sur des approches multicritères, qui permettent de concilier les objectifs techniques [1].

II.1 Les étapes de processus de production et d'acheminement de l'eau potable

II.1.1 Les captages

Les captages sont les travaux effectués pour prélever les eaux naturelles en vue de l'alimentation, ils peuvent concerner soit l'eau présente dans le sous-sol, sous forme de nappes aquifère, soit celle qui surgit du sous-sol à la surface par des sources, soit encore celle que l'on trouve à la surface du sol, dans les rivières ou dans des étangs naturels ou artificiels [2].

Chapitre 1 : Généralité sur l'AEP

II.1.2 Traitement des eaux

Les eaux prélevées dans la nature, notamment les eaux de surface (lacs et rivières), ne possèdent pas les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques requises pour la consommation [2]. Le type de traitement nécessaire pour une eau brute dépend de sa qualité, qui varie selon son origine et peut évoluer au fil du temps. Il est donc essentiel de réaliser des analyses constantes de l'eau à traiter, car il est crucial d'adapter le traitement en fonction de sa composition et, si besoin, d'ajuster ce traitement en fonction des variations des différents composants. Parfois, une pollution soudaine ou excessive peut forcer l'usine à suspendre temporairement son fonctionnement [3].

II.1.3 L'adduction

L'adduction d'eau consiste à transporter l'eau depuis sa source jusqu'aux lieux de stockage ou de consommation. Ce transfert peut se faire par simple gravité ou à l'aide de systèmes de pompage. Elle regroupe l'ensemble des méthodes et infrastructures comme les canalisations ou aqueducs utilisées pour acheminer l'eau depuis la zone de captage jusqu'à son point d'usage.

II.1.4 Le stockage

Le stockage d'eau est ensemble des méthodes et des infrastructures utilisées pour retenir et conserver l'eau dans un espace délimité pendant une période donnée. Le stockage de l'eau permet de disposer d'une réserve utilisable même en cas d'arrêt du pompage. Il permet aussi de dissocier les phases de pompage et de distribution. L'eau stockée s'écoule ensuite naturellement dans les canalisations grâce à la gravité : plus le réservoir est positionné en hauteur, plus l'eau peut circuler rapidement et atteindre des zones éloignées. C'est pourquoi certains réservoirs sont placés au sol, tandis que d'autres, comme les châteaux d'eau, sont surélevés afin de garantir une pression suffisante pour desservir l'ensemble d'un village. Ces châteaux d'eau peuvent être construits en métal pour de petites capacités ou en béton armé lorsqu'une grande capacité de stockage est nécessaire [4].

II.1.5 Distribution

À cette phase, l'acheminement de l'eau potable vers les usagers s'effectue par l'intermédiaire du réseau de distribution, lequel peut être de type maillé, ramifié ou mixte. La figure 1 illustre les éléments essentiels qui composent un réseau d'alimentation en eau potable.

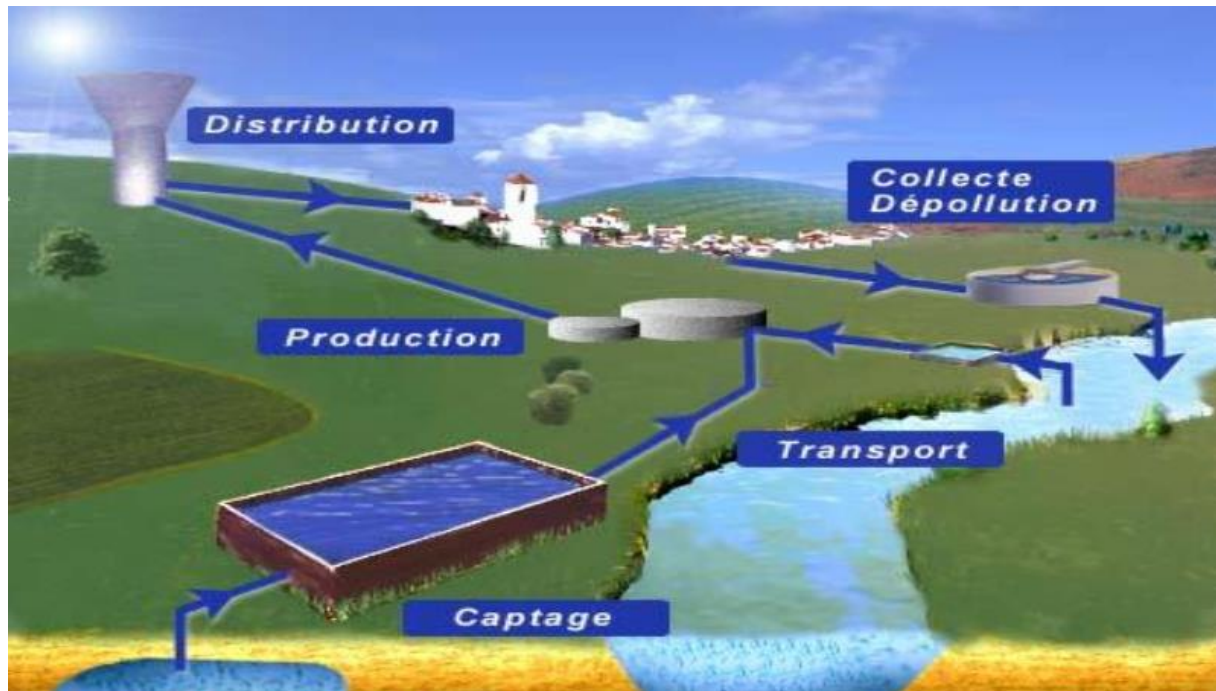


Figure 1: Schéma d'alimentation d'eau potable [5].

II.2 Réseau de distribution

Le réseau de distribution d'eau potable représente un ensemble structuré de canalisations interconnectées fonctionnant sous pression, destiné à acheminer l'eau depuis les réservoirs ou stations de traitement jusqu'aux habitations et différents points de consommation de la ville. Son objectif principal est d'assurer une alimentation continue, sûre et conforme aux exigences sanitaires en vigueur [6], [7].

Pour être performant, le réseau de distribution doit respecter certains critères techniques, notamment : une pression minimale de 1 bar à chaque nœud du réseau, et une vitesse de circulation de l'eau comprise entre 0,6 m/s et 2,5 m/s, afin de limiter les pertes de charge tout en évitant la stagnation [8].

II.2.1 Éléments du Réseau de Distribution

Les éléments essentiels composant un réseau de distribution d'eau potable sont représentés dans la figure 2.

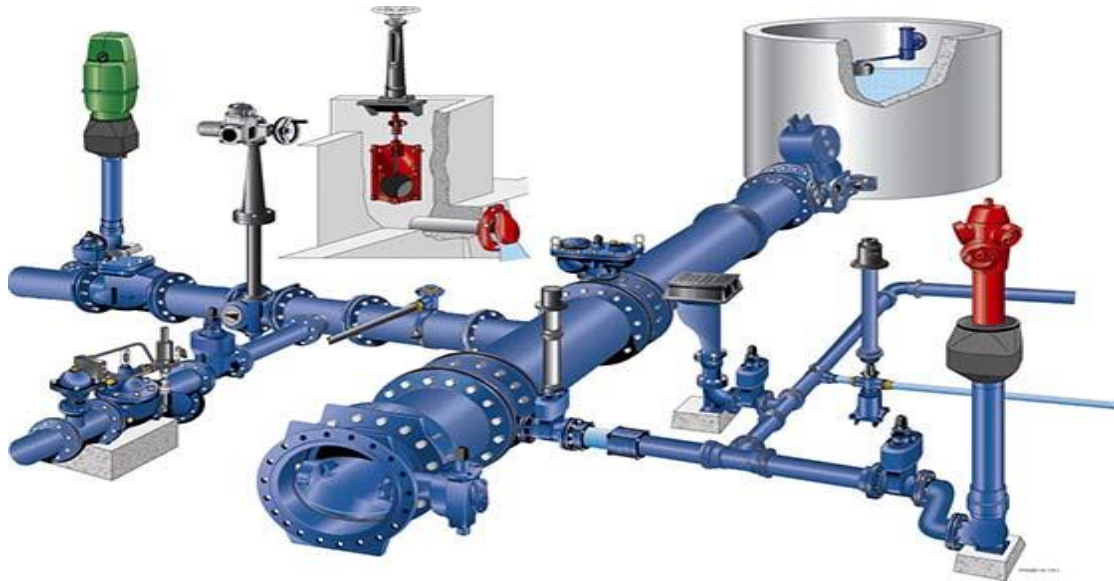


Figure 2: Les principales composantes d'un réseau d'eau [9].

- **Canalisations** : Elles assurent le transport de l'eau des réservoirs vers les consommateurs.
- **Raccords de branchement** : Ces éléments relient les canalisations aux divers points de consommation.
- **Vannes d'arrêt** : Elles servent à contrôler le débit d'eau circulant dans le réseau.
- **Bouches à clé et bouches d'arrosage** : Elles sont utilisées pour des besoins spécifiques, tels que l'irrigation ou en cas d'intervention d'urgence.
- **Poteaux incendie** : Ces dispositifs fournissent l'accès à l'eau pour la lutte contre les incendies.
- **Compteurs** : Ces instruments mesurent la quantité d'eau utilisée par les consommateurs.

II.2.2 Configuration du Réseau

Il existe différents types de réseaux de distribution, dont les plus courants sont les réseaux ramifiés, maillés et mixtes [10], [11]. Le choix du type de réseau à mettre en place dépend principalement de la configuration du terrain comme la présence de pentes, de reliefs marqués ou de fortes différences d'altitude ainsi que de l'occupation du sol, c'est-à-dire la densité et la répartition des zones habitées ou industrielles. Ces réseaux peuvent être conçus pour être alimentés par un seul réservoir ou par plusieurs sources, selon les besoins en eau et la sécurité recherchée dans l'approvisionnement [12].

II.2.2.1 Réseau maillé

Les réseaux maillés représentent une configuration de distribution d'eau dans laquelle tous les points du réseau sont interconnectés, formant une structure en boucle. Contrairement aux réseaux en arborescence, ces réseaux permettent une circulation bidirectionnelle de l'eau, ce qui améliore la flexibilité et renforce la redondance. Ainsi, en cas de défaillance ou de rupture d'une conduite, l'approvisionnement peut se poursuivre grâce aux multiples itinéraires disponibles. Ce type de réseau est couramment utilisé en milieu urbain, car il garantit une distribution plus fiable ainsi qu'un équilibre plus homogène des pressions et des débits (figure 3).

Toutefois, les réseaux maillés sont généralement plus complexes à concevoir et plus coûteux que les systèmes ramifiés. Ils peuvent être employés pour distribuer aussi bien de l'eau potable que non potable, et sont parfois combinés avec des branches secondaires pour desservir des zones spécifiques comme les quartiers industriels ou les secteurs ruraux.

Ces réseaux peuvent aussi fonctionner avec plusieurs sources d'approvisionnement, assurant ainsi une alimentation en eau depuis différents points du système [13].

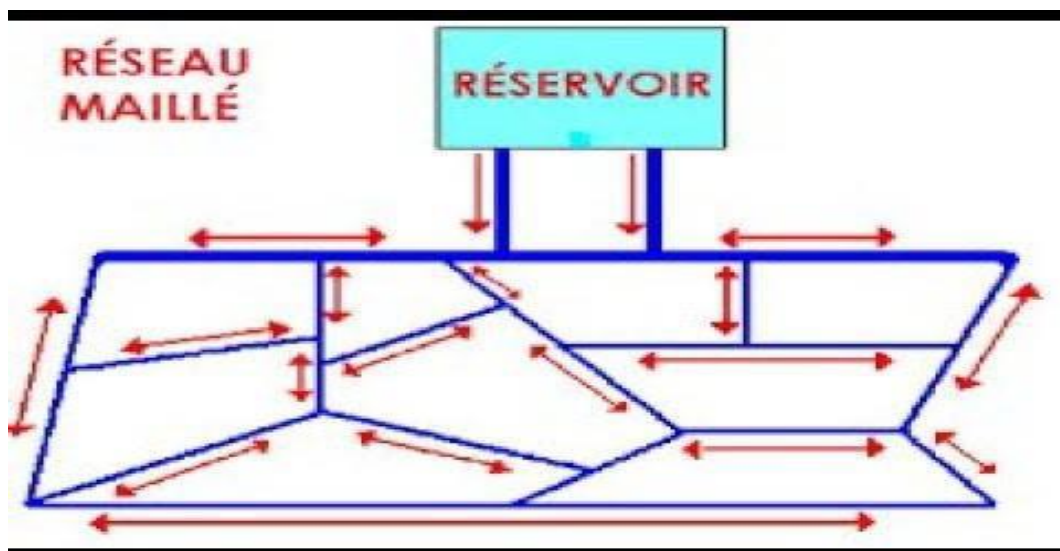


Figure 3: Schéma d'un réseau maillé [14].

II.2.2.2 Réseau ramifié

Un réseau ramifié est un réseau tel que tous les points du réseau ne peut être alimenté que d'une seule façon. Ainsi, la caractéristique d'un réseau ramifié est que l'eau circule dans toute la canalisation dans un seul sens (des conduites principales vers les conduites secondaires, vers les conduites tertiaires...). En d'autres termes. Un réseau ramifié ne peut comporter qu'un seul nœud référence amont. Ce réseau ne présente pas assez de souplesse à des modifications de débit et tout réseau initialement ramifié est modifié, au cours de l'exploitation ultérieure (figure 4), [15].

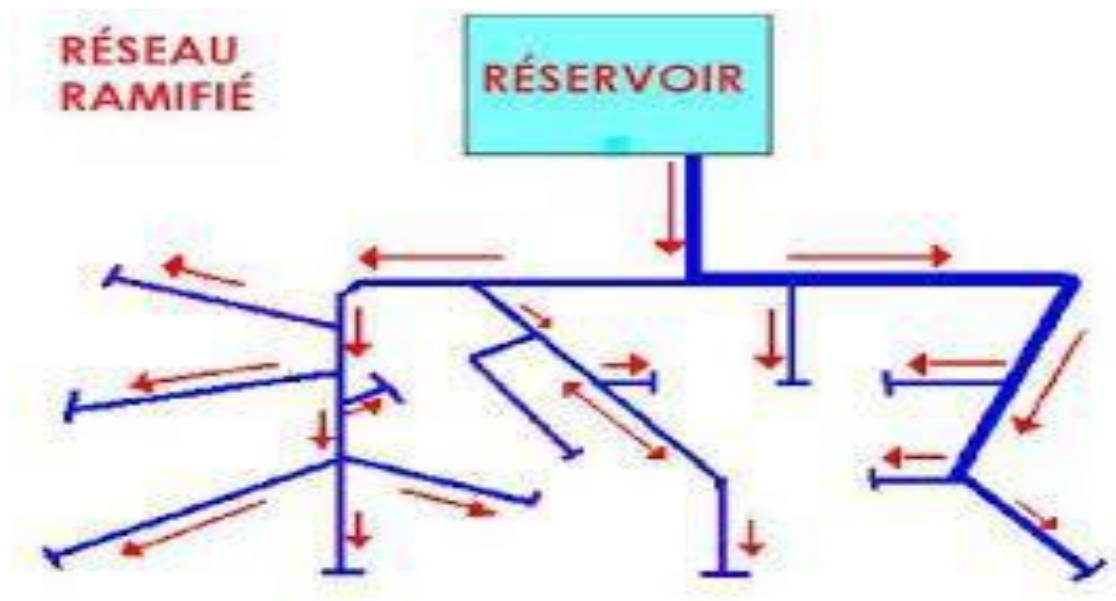


Figure 4: Schéma d'un réseau ramifié [14].

II.2.2.3 Réseau mixte

Dans une configuration de réseau mixte, la structure principale adopte une forme maillée, offrant plusieurs points d'interconnexion entre les différentes sections. Les ramifications secondaires, quant à elles, suivent une disposition en arborescence. Ce type de combinaison optimise la distribution de l'eau : le maillage principal assure la continuité du service en cas de panne sur une branche, tandis que les segments ramifiés permettent d'acheminer l'eau de manière précise vers des zones particulières (figure 5).

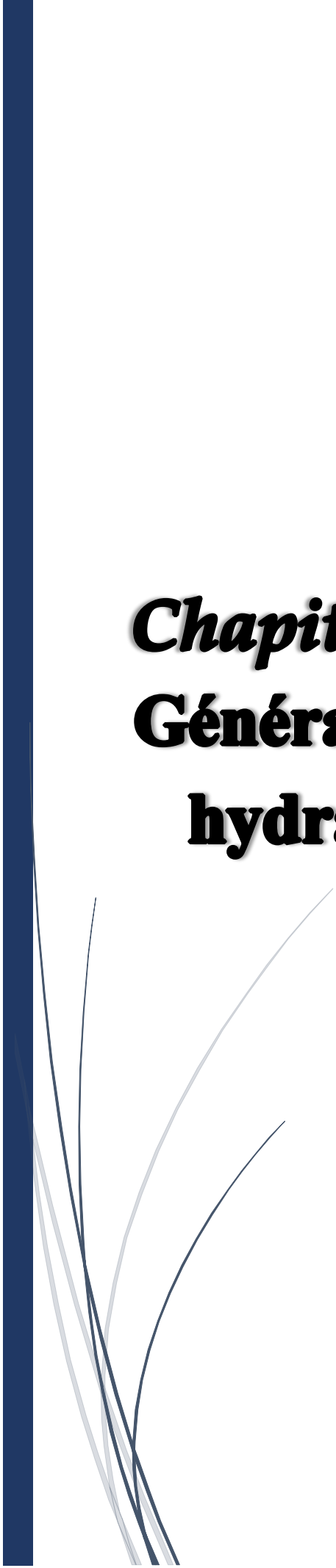
Ce système est fréquemment utilisé dans les environnements urbains où les besoins en eau sont importants, car il contribue à maintenir une répartition homogène de la pression et du débit sur l'ensemble du réseau.



Figure 5: Schéma d'un réseau mixte [16].

III. Conclusion

L'approvisionnement en eau potable est un élément clé du développement durable et de la santé publique. Sa gestion nécessite une coopération entre les autorités, les experts techniques et les citoyens afin d'assurer un accès universel à une eau de qualité.

A thick dark blue vertical bar is positioned on the left side of the page. Below it, several thin, light blue lines curve upwards and outwards from the bottom left corner, creating an abstract, organic shape.

Chapitre 2 : **Généralité sur la simulation hydraulique des réseaux**

I. Introduction

Dans ce chapitre, nous définissons la simulation de réseau hydraulique qui permet de modéliser et d'analyser le comportement d'un réseau de distribution d'eau d'alimentation d'eau potable. Il utilise des outils informatiques pour prédire les performances du réseau dans différentes conditions, dans le but d'améliorer la gestion des ressources en eau, et d'assurer une distribution efficace.

II. Définition de la simulation

La simulation est une représentation logique et mathématique du comportement du système réel dans un contexte donnée et une problématique donnée, le modèle prend dans la majorité des cas la forme d'une série d'hypothèse concernant le fonctionnement du système et qui sont exprimé à l'aide de la relation mathématique, logique ou symboliques entre les entités. Ces modèles sont dits analytiques. Lorsque le système est assez complexe à simuler de manière analytique, les praticiens utilisent un modèle descriptif qui détaille les différents événements et actions décrivant son comportement [17].

III. Définition d'un modèle hydraulique

Un modèle hydraulique est une représentation mathématique du réseau de distribution permettant la simulation de son fonctionnement hydraulique. Il regroupe les différents éléments constitutifs d'un réseau : les conduites, certaines vannes et appareils de régulation, les pompes, les réservoirs et les interconnexions [18].

IV. La base de données

Les données statiques décrivant :

- Le réseau : conduit (Longueur, Diamètre, Rugosité, ...), altimétrie des nœuds.
- Les ouvrages : pompes, réservoirs, appareils de régulation.
- La répartition géographique de la consommation moyenne annuelle des nœuds.

Les données dynamiques comprenant :

- Les profils journaliers de consommation des différents usagers considérés (domestiques, industriels, ...).

- Les règles de contrôle et d'asservissement des pompes, des réservoirs, des appareils de régulation.

V. Principales phases de la simulation

Le mot "modèle" est utilisé de manière générale pour désigner une représentation conceptuelle de la réalité. Il s'agit en fait d'une image simplifiée et partielle du réel, construite à partir des éléments qui nous intéressent ou que nous sommes capables de mesurer et de comprendre [19]. On distingue principalement deux types de simulation :

- **La simulation statique**, qui correspond à une représentation d'un état fixe du système, dans des conditions constantes au cours du temps ;
- **La simulation dynamique**, qui permet de suivre l'évolution du comportement du réseau à travers le temps et dans l'espace [20].

La mise en place d'un modèle hydraulique pour un réseau de distribution d'eau potable suit plusieurs étapes essentielles :

- **Sélection du réseau à modéliser** : cette première phase permet de déterminer le niveau de précision nécessaire en fonction des objectifs de la simulation.
- **Constitution de la base de données** : elle implique la collecte et l'organisation des informations sur les canalisations, les infrastructures, la topographie, ainsi que sur les volumes d'eau produits et distribués.
- **Campagne de mesures pour le calage du modèle** : cette étape permet d'ajuster certains paramètres (comme la rugosité des conduites, les pertes de charge ponctuelles ou les profils de consommation) afin d'assurer que le modèle reflète fidèlement le comportement réel du réseau [4].

VI. Les logiciels de la simulation

Les logiciels de simulation sont indispensables pour la gestion des réseaux d'eau potable. Les responsables peuvent désormais utiliser une variété de modèles pour améliorer la gestion, la conception, et le suivi de l'état du réseau, ainsi que la qualité de l'eau, tout en anticipant les besoins de maintenance. Plusieurs logiciels sont actuellement utilisés pour simuler et gérer les réseaux d'eau, parmi lesquels on retrouve EPANET, WATERCAD, PORTEAU, etc.

Chapitre 2 : Généralité sur la simulation hydraulique des réseaux

- La possibilité de représenter les réseaux sous forme de schémas,
- L'impression de ces plans à grande échelle, jusqu'au format A0,
- L'affichage et l'impression des résultats sous forme de tableaux ou directement intégrés au schéma du réseau,
- La visualisation des résultats sous forme de profils hydrauliques, également imprimables,
- L'export des données et des résultats vers un tableur (comme Excel),
- L'export des graphiques de résultats au format vectoriel, pour une qualité optimale [21].

VI.1.2 Le modèle ZOMAYET

Cet outil permet de simuler le fonctionnement d'un réseau d'eau sous pression, sur une durée allant de 24 heures à 15 jours. Il offre une visualisation claire du schéma du réseau, qu'il s'agisse d'un système de distribution ou de transport.

Pour que la simulation soit fiable, il faut fournir des données précises sur la topographie du réseau : longueur, diamètre et rugosité des conduites, altitude des points fixes, niveaux d'eau et caractéristiques des réservoirs (comme les hauteurs et surfaces au fond et au trop-plein). Il est aussi important de bien répartir les consommations sur les différents points du réseau [21].

Un modèle déterministe est utilisé pour traiter ces données. Les résultats du calcul indiquent les variations des différentes valeurs pour chaque nœud et tronçon au cours de la journée, telles que le niveau de l'eau dans les réservoirs, les volumes entrants et sortants, le niveau piézométrique des points de consommation, les débits dans les tronçons, les heures de fonctionnement des pompes et leur point de fonctionnement, ainsi que le fonctionnement des autres éléments du réseau. Ces résultats peuvent être affichés sous forme de tableau pour chaque pas de temps (de 5 minutes à 1 heure) pour l'ensemble du réseau, ou pour chaque tronçon et nœud sur la journée, ou encore sous forme de courbes montrant l'évolution de ces valeurs au fil de la journée pour chaque tronçon et nœud [22].

VI.1.3 Le modèle OPOINTE

Le logiciel permet de simuler le fonctionnement d'un réseau maillé de distribution d'eau potable en régime de pointe et de visualiser son schéma. Les données utilisées incluent des informations physiques sur les nœuds et tronçons (élevations au sol, niveaux de l'eau, diamètres, longueurs), des données hydrauliques (rugosités, consommations domestiques ou industrielles),


Chapitre 2 : Généralité sur la simulation hydraulique des réseaux

ainsi que la répartition des abonnés. Il est également nécessaire de connaître les probabilités d'ouverture et de satisfaction des abonnés sur le réseau.

Un modèle probabiliste est employé pour traiter ces données et estimer les débits de pointe ainsi que les pressions à chaque nœud. Les résultats peuvent être affichés soit sous forme de tableaux, soit directement à partir du schéma du réseau [22].

VII. Conclusion

L'utilisation de PORTEAU pour la simulation hydraulique des réseaux d'eau potable constitue un véritable atout pour concevoir, analyser et optimiser les systèmes de distribution. Ce logiciel permet de mieux comprendre le comportement hydraulique du réseau et d'identifier les points à améliorer. En facilitant une gestion plus efficace et durable des infrastructures, il aide à cibler les interventions nécessaires et à anticiper les problèmes. Néanmoins, la fiabilité des résultats dépend fortement de la qualité des données saisies et de la prise en compte des conditions réelles du terrain.



Chapitre 3 :
**Présentation de la zone
d'étude**

Chapitre 3 : Présentation de la zone d'étude

I. Introduction

Dans le cadre de la modélisation complète d'un réseau d'alimentation en eau potable, nous avons choisi la zone de Sidi Shaker comme zone d'étude afin d'analyser et de simuler le réseau d'alimentation en potable, d'identifier les dysfonctionnements éventuels et de proposer des améliorations visant à garantir un approvisionnement en eau stable et durable pour la population. À travers une approche technique et scientifique, cette étude mettra en évidence les solutions innovantes qui pourraient être mises en place pour améliorer l'efficacité et la durabilité de l'AEP dans cette zone.

II. Présentation de la zone d'étude

Notre zone d'étude constitue de six zones, chacune regroupant plusieurs quartiers. Comme indiqué dans le tableau 1.

Tableau 1: Zones et quartiers couverts par notre réseau de distribution.

Zone 1	Ancienne Médina, medresse, rue belle treille, Bâb El djiad
Zone 2	Rue docteur Damerdji tidjani allée des pins, beb wahren, rue bataille Fellaoucene, fekharin, Fgpassteur, cite des ponts et chaussées.
Zone 3	Cité des jardins lotissement benassid Hartoune Kalaa inf, Mechouer, R'hiba, BT metchakana, Ain mazouta, lycée yaghmoracene
Zone 4	Jeu de boule, aghadir, Sidi lahcene BT112 logts, groupement gendarmerie, Djenane sbiai, Stade Akid lotfi
Zone 5	Birouana nord Birouana sud lotissement Okbani Riat seffar, villa riveau, coopératif immobilier, rue Dali yahia ; Djellissa inf lotissement Mokrani, CEM sidi chaker lotissement Boukli
Zone 6	Polyvalent

Le réseau d'alimentation en eau potable de cette zone est réseau mixte (Maillé +Ramifié) il se compose de 20 mailles et conduites dont les diamètres varient de DN 26 mm à DN 400 mm.

Près de la moitié du réseau dans notre zone d'étude est constitué de tuyaux en fonte grise, avec des raccords en plomb et en acier galvanisé, des matériaux reconnus pour leurs effets

Chapitre 3 : Présentation de la zone d'étude

cancérogènes. Ces infrastructures, datant de la période coloniale (années 1920), sont vieillissantes et en mauvais état, avec des problèmes de corrosion et de fuites [23].

La zone de Sidi chaker représente 18 % du réseau global de GUT (figure 7), [24].



Figure 7: La localité de la zone d'étude [24].

III. Les sources d'eau assurant l'alimentation

III.1 Les eaux de surface

Avant l'activation des stations de dessalement en 2012, l'approvisionnement en eau de la ville de Tlemcen dépendait principalement du barrage de Meffrouch. Ce barrage, situé au sud-est du plateau de Lalla Setti, jouait un rôle essentiel en assurant la totalité 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 de Meffrouch est équipé de deux stations de traitement :

- La première station, d'une capacité de 36 000 m³/jour, fournissait l'eau potable à la ville de Tlemcen via une conduite de 300 mm de diamètre.
- La deuxième station, d'une capacité de 52 000 m³/jour, était reliée par une conduite de 500 mm de diamètre et desservait les communes de Mansourah et Chetouane, tout en renforçant

Chapitre 3 : Présentation de la zone d'étude

l'approvisionnement en eau de la commune de Tlemcen via un raccordement aux réservoirs de Sidi Chaker [23].

III.2 Les eaux souterraines :

Les ressources en eaux souterraines, comprenant les forages et les sources, sont utilisées pour compléter les volumes d'eau de surface qui ne suffisent pas à répondre à la demande.

- Benzerjeb : Le forage de 340 m de profondeur, construit en 1988, exploite 864 m³/jour.
- Pépinière : Ce forage, de 172 m de profondeur, fournit un débit de 259,2 m³/jour et a été mis en place en 1984.
- Ain Fouwara : Mise en service en 1984, cette source offre un débit maximal de 2 592 m³/jour [23].

III.3 Les eaux de dessalement

L'approvisionnement en eau de la zone d'étude est également assuré par la station de dessalement d'eau de mer de Honain, mise en service progressivement depuis 2012. Selon les données de l'ADE (2017), cette station a une capacité de production de 200 000 m³/jour [23].

IV. Les ouvrages de stockage

L'alimentation de notre réseau est assurée par trois réservoirs principaux : Sidi Chaker 1, Sidi Chaker 2 et Pépinière (figure 8 et figure 9).



Figure 8: Les deux réservoirs de Sidi Chaker rectangulaire et circulaire.



Figure 9: Réservoirs pépinière.

Le tableau ci-dessous (tableau 2) présente les caractéristiques de ces ouvrages.

Tableau 2: Les caractéristiques des ouvrages de stockage de Tlemcen ville [24].

Nom du réservoir	Volume (m ³)	Forme	Hauteur (m)	Date de mise en service	Type
Sidi chaker 1	2000	Circulaire	6	1902	Semi-enterré
Sidi chaker 2	2000	Rectangulaire	6	1962	Au sol
Réservoir de pépinière	2000	Circulaire	6	1978	Surélevé

IV.1 Remplissage des réservoirs

III.1.1 Réservoir Sidi Chaker 1

Le remplissage de ce réservoir se fait par plusieurs conduites d'entrée :

- Une conduite en PEHD de 110 mm de diamètre, venant du forage de Benzerjeb.
- Une deuxième conduite en fonte grise de 400 mm de diamètre, provenant de la brise-charge de l'APC.
- Une conduite en fonte grise de 200 mm de diamètre, reliée au réservoir Birouana de 5000 m³, avec deux vannes de 200 mm pour chaque cuve, directement connectée au réseau de distribution.
- Une conduite de vidange en fonte grise de 100 mm de diamètre, équipée de deux vannes de 100 mm en fonte, connectée au réseau de distribution.
- Une conduite de trop-plein en fonte grise de 200 mm de diamètre, raccordée au réseau de distribution pour évacuer les déversements.

Chapitre 3 : Présentation de la zone d'étude

- Un raccordement est effectué juste après la sortie de la chambre de manœuvre sur une conduite en acier de 200 mm pour remplir le réservoir rectangulaire de 2000 m³ à Sidi Chaker [23].

IV.1.1 Réservoir Sidi Chaker 2

Ce réservoir est alimenté à partir du réservoir circulaire de 2000 m³ à Sidi Chaker, via une conduite en acier de 200 mm de diamètre, avec une vanne de 200 mm PN 16.

La conduite de vidange est en fonte grise de 250 mm, équipée d'une vanne de 200 mm en fonte, le déversement se fait à travers une conduite en fonte grise de 250 mm, raccordée à la conduite de vidange [23].

IV.1.2 Réservoir Pépinière

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

- La conduite de vidange est une canalisation en acier de 200 mm avec une vanne de 200 mm.
- La conduite de trop-plein est en acier de 200 mm [23].

V. Le réseau de distribution

Le réseau de distribution étudié est de type mixte, comprenant 20 mailles et s'étendant sur environ 90 kilomètres, comme indiqué dans le tableau 3.

Tableau 3: Répartition des longueurs selon les types de conduites dans la zone d'étude [24].

Type de conduite	Longueur(m)
Fonte grise	18391.42
Acier galvanisé	7213.27
PEHD	6020.72
Fonte ductile	5539.45
Acier enrobé	1661.52
PVC	863.79

Ce réseau présente une composition hétérogène, constituée de divers matériaux tels que la fonte grise, l'acier galvanisé, le PEHD, l'acier enrobé, la fonte ductile et le PVC. La fonte grise

Chapitre 3 : Présentation de la zone d'étude

représente à elle seule près de 47 % de l'ensemble du linéaire, le reste étant réparti entre les autres matériaux [24].

VI. Conclusion

En conclusion, le réseau d'alimentation en eau de la zone de Sidi Chaker est bien organisé et repose sur une structure combinant réservoirs et conduites interconnectées. Alimentés par des forages comme ceux de Benzerjeb et Birouana, les réservoirs de formes diverses reçoivent l'eau via des canalisations en acier ou en fonte grise. Grâce à cette configuration, l'eau est distribuée efficacement à travers des canalisations de diamètres variés, ce qui permet de répondre aux besoins en consommation tout en assurant la sécurité et la fiabilité du réseau. Ce dispositif bien pensé permet de gérer les ressources de manière équilibrée, tout en garantissant un approvisionnement continu et durable pour la population locale.



Chapitre 4 :

Méthodologie du travail

I. Introduction

Ce chapitre détaille la méthodologie employée pour la modélisation du réseau d'alimentation en eau potable de Sidi chaker. Notre approche s'appuie sur les principes de la modélisation hydraulique, tout en intégrant une méthode novatrice pour la prise en compte de la demande en eau. Contrairement aux approches traditionnelles qui concentrent la demande aux nœuds du réseau, notre méthodologie distribue la demande directement sur les conduites, pondérée par le nombre d'abonnés desservis par chaque tronçon. Cette approche vise à améliorer la précision de la simulation en reflétant plus fidèlement la distribution spatiale de la consommation.

II. Objectifs spécifiques

- Utiliser le même réseau que celui modélisé par [25].
- Intégrer les abonnés dans les conduites (et non aux nœuds).
- Simuler le comportement hydraulique avec cette nouvelle distribution.
- Comparer les résultats (pression et pertes de charge) avec ceux de [25].

III. Élaboration du réseau

Dans le cadre de ce projet, nous avons adopté le réseau hydraulique de la zone Sidi chaker, déjà modélisé dans le mémoire de [25]. Ce réseau est utilisé comme base, mais avec les abonnés placés dans les conduites, en se basant sur les données réelles fournies par l'unité ADE de Tlemcen.

III.1 Réseau de base

Le réseau initial comportant :

- des nœuds.
- des tronçons (conduites avec longueurs, diamètres et rugosités).
- des réservoirs et vannes.

III.2 Source des données sur les abonnés

Afin de rendre la modélisation plus fidèle à la réalité, nous avons utilisé un graphique fourni par algérienne des eaux unité de Tlemcen, sous forme d'image intégrée à Google Earth Pro (figure 10) :



Figure 10: Une carte contient les branchements de notre réseau [26].

Cette carte représente :

- le tracé du réseau d'eau.
- la localisation des branchements réels des abonnés le long de chaque conduite.
- une estimation du nombre d'abonnés par tronçon.

Cette information précieuse nous a permis de sortir du modèle traditionnel, où les abonnés sont regroupés autour des nœuds, pour adopter une répartition plus linéaire, ce qui reflète mieux la réalité du terrain.

III.3 Introduction des données sous PORTEAU

À partir de ce graphique nous a été possible d'attribuer ces abonnés directement aux tronçons : pour intégrer les abonnés sous PORTEAU dans les conduites, sous la rubrique « **Service en route** » (figure 11).

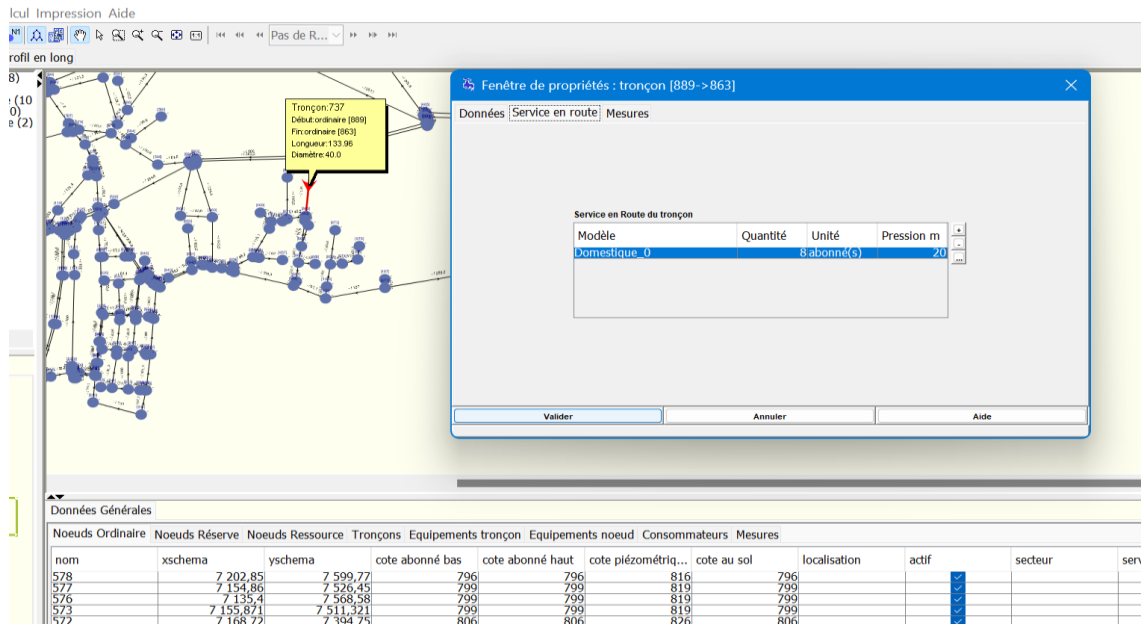


Figure 11: Intégration du nombre d'abonnés dans les conduites sous PORTEAU.

III.4 Intégration des probabilités d'ouverture

La simulation est réalisée en utilisant cinq scénarios de probabilités d'ouverture des robinets chez les abonnés ; à savoir : 5,3 %, 8,3 %, 12 %, 15% et 20%.

Les probabilités d'ouverture sont insérés en sélectionner « **Modèle de consommation** » dans le menu « **Réseau** » (figure 12).



Figure 12: Première probabilité d'ouverture.

III.5 Simulation du réseau

Pour lancer la simulation de ce réseau avec le logiciel PORTEAU, il convient de suivre les étapes suivantes :

- Sélectionner « **Modèle de consommation** » dans le menu « **Réseau** » (figure 13).

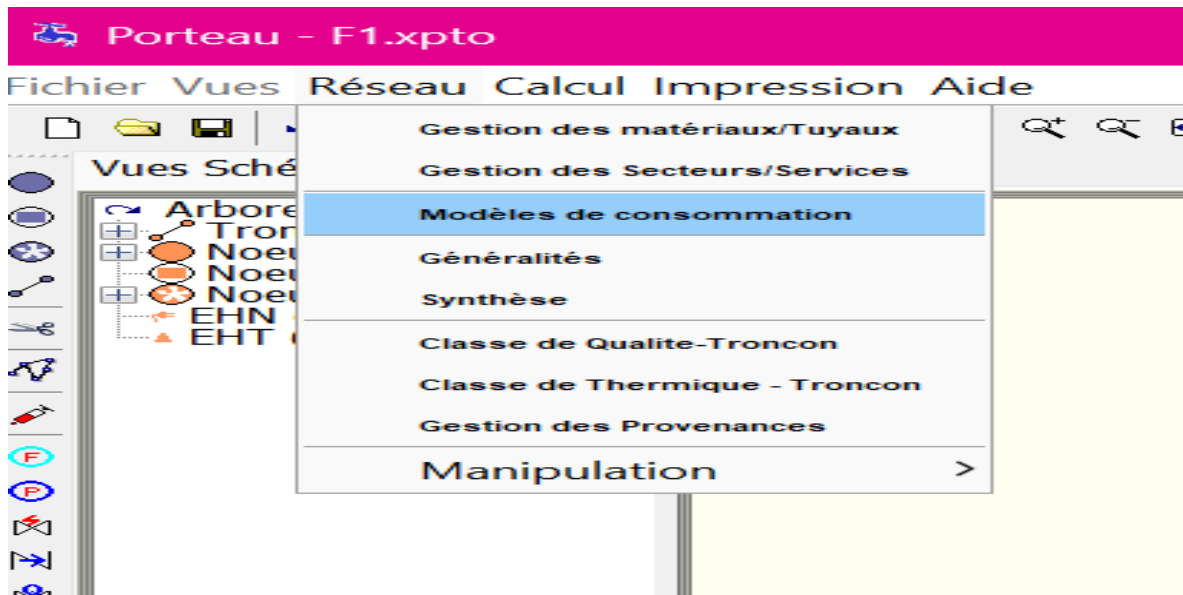


Figure 13: Sélection du modèle de consommation dans le menu réseau du logiciel PORTEAU.

- La deuxième étape consiste à cliquer sur « **Calcul** », puis à sélectionner le module OPOINTE afin de commencer la simulation (figure 14).

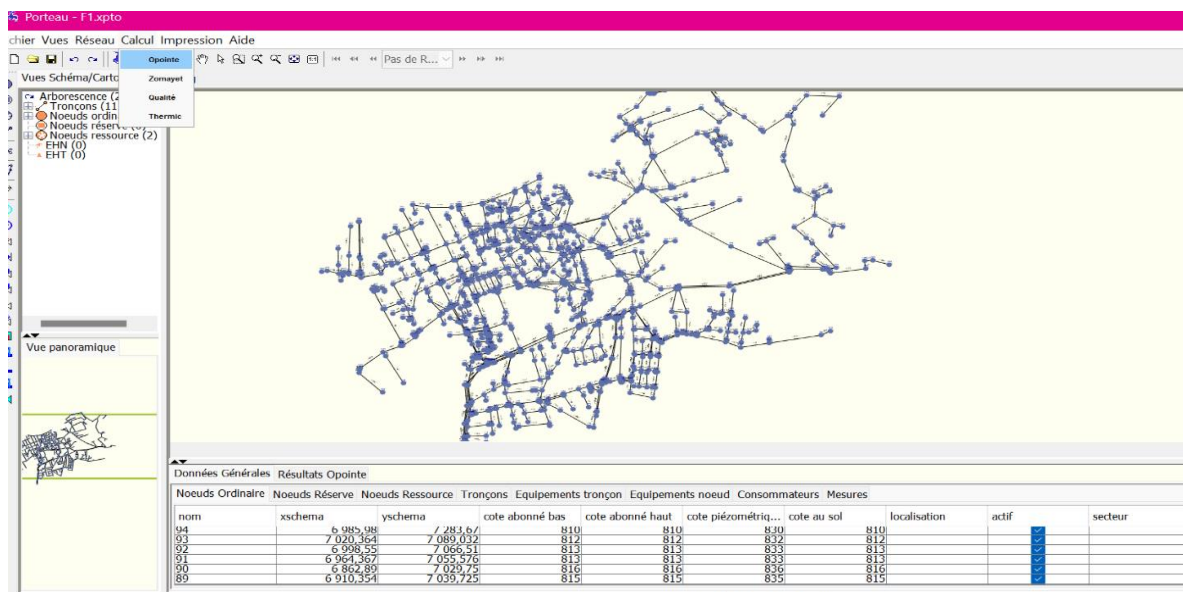



Figure 14: Interface du module OPOINTE pour la configuration de la simulation.

Chapitre 4 : Méthodologie de travail

- Cliquer sur l'icône en forme de robinet bleu «  » pour lancer la simulation (figure 15).

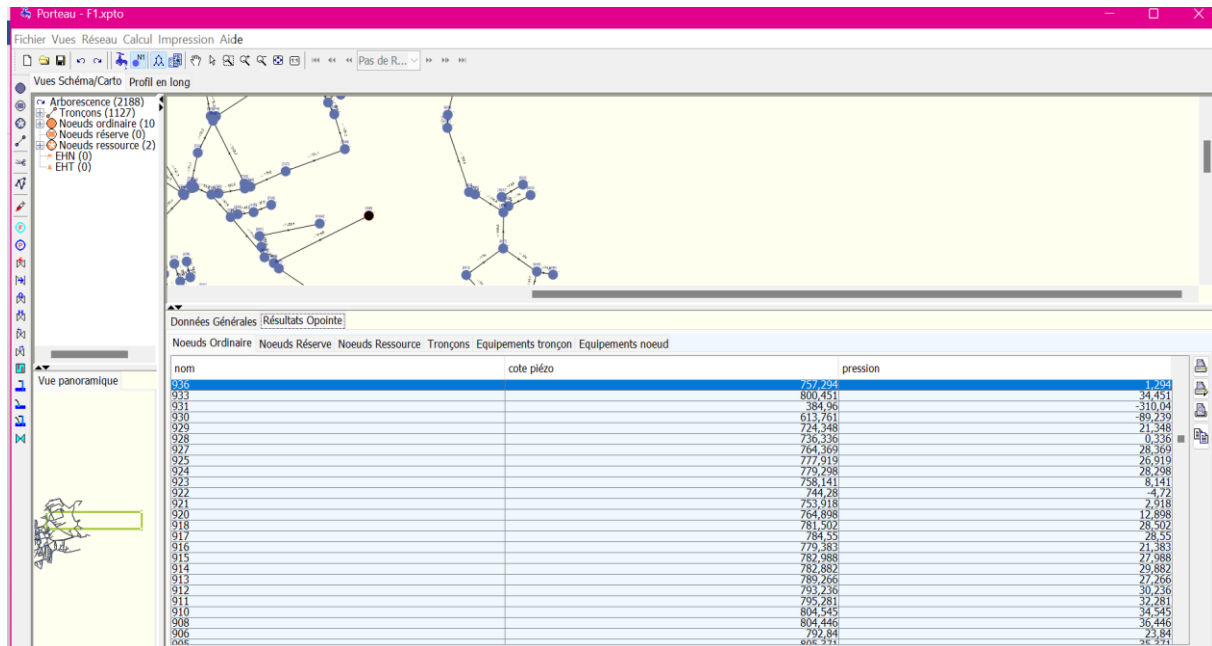


Figure 15: Affichage des résultats de pression des nœuds dans PORTEAU.

- Dans la dernière étape sélectionner « **Attribut graphique courant** » dans le menu « **Vues** » pour visualiser le comportement de la pression de notre réseau (figure 16).

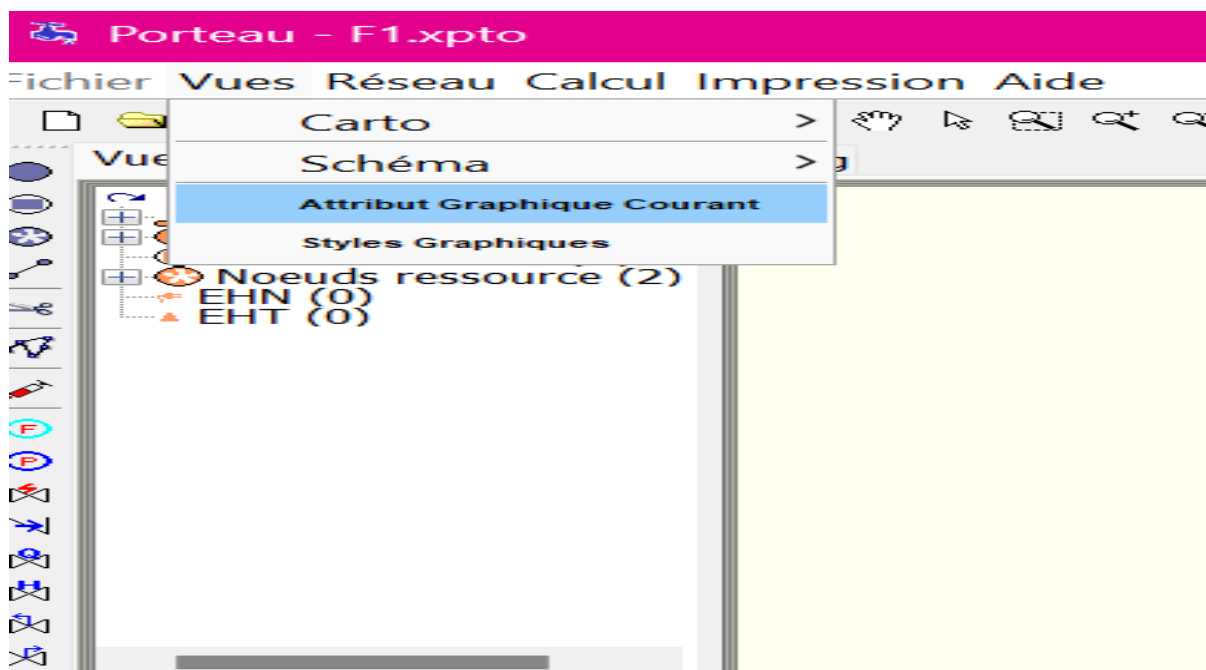


Figure 16: L'interface de style graphique.

IV. Conclusion

Ce chapitre a présenté de manière détaillée la méthodologie adoptée pour modéliser le réseau d'alimentation en eau potable de Sidi Chaker. L'approche innovante mise en œuvre, consistant à répartir la demande en eau directement sur les conduites en fonction du nombre d'abonnés desservis, a permis d'obtenir une modélisation plus représentative de la réalité terrain. L'intégration des données issues de la cartographie réelle des abonnés, ainsi que la prise en compte de différents scénarios de probabilité d'ouverture, ont renforcé la précision des simulations réalisées avec le logiciel PORTEAU. Cette méthodologie constitue une avancée par rapport aux méthodes classiques et ouvre la voie à une analyse plus fine du comportement hydraulique des réseaux d'AEP, en vue d'une meilleure gestion des ressources et des infrastructures.



Chapitre 5 :

Résultats et discussions

I. Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons les résultats de la modélisation du réseau à l'aide du module Opoint du logiciel PORTEAU ; en comparant deux configurations : la répartition des abonnés sur la longueur de la conduites et l'attribution des abonnés aux nœuds.

II. Les résultats de simulation sous PORTEAU (Module Opoint)

II.1 Analyse Comparative des Pressions Simulées selon le Type de Branchement des Abonnés : Conduites vs Nœuds

Dans le cadre de cette étude, une série de simulations a été réalisée à l'aide du logiciel PORTEAU afin d'analyser le comportement hydraulique du réseau selon différents scénarios de fonctionnement. Plus précisément, trois probabilités d'ouverture des abonnés ont été prises en compte : 5,3 % ; 8,3 % et 12 %. Ces valeurs représentent des niveaux croissants de sollicitation du réseau et permettent d'observer son comportement dans des conditions normales, moyennes et fortement chargées. Chaque simulation a été exécutée pour les deux configurations d'emplacement des abonnés sur les conduites et aux nœuds, dans le but de comparer les variations de pression du réseau dans chaque cas.

Dans le cadre de notre analyse comparative, nous avons sélectionné dix conduites représentatives du réseau sous différents scénarios comme suite :

Chapitre 5 : Résultats et discussions

➤ Conduite 90-89 :

La conduite 80 - 90 est située dans la partie centre du réseau ; de diamètre 100 mm et de longueur 96.72 m (Figure 17).

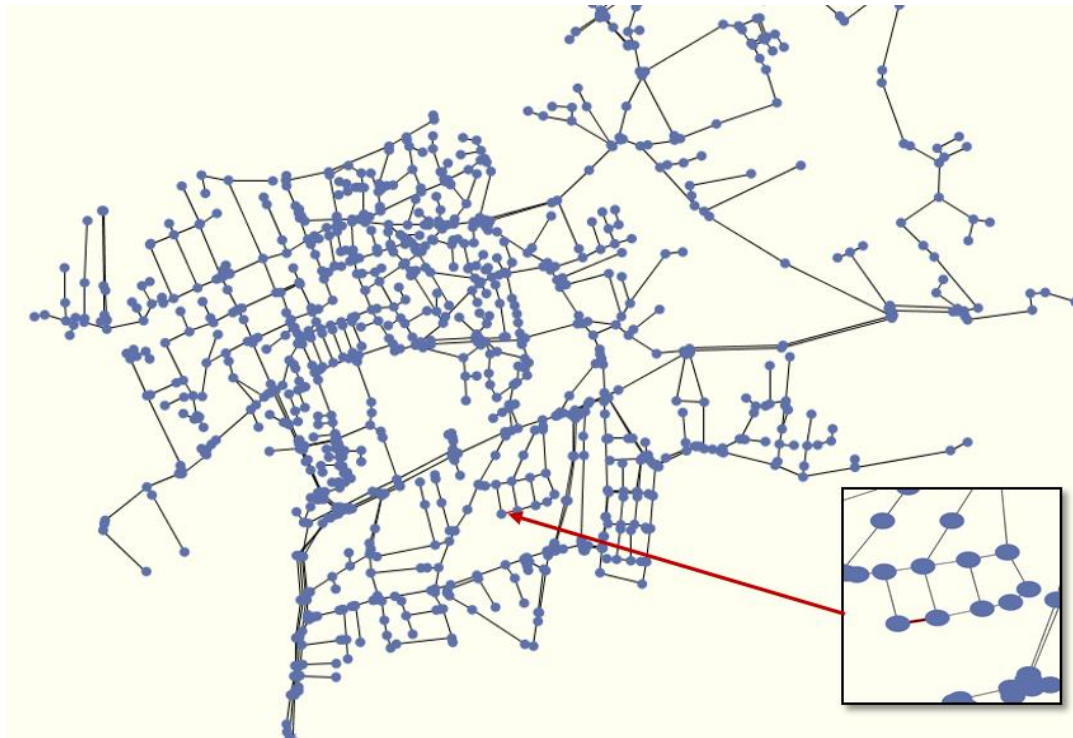


Figure 17: La position de la conduite 90-89.

Cette simulation nous a permis d'évaluer les pressions correspondant aux trois probabilités présentées dans le tableau 4.

Tableau 4: Les résultats de pression obtenue sous PORTEAU de la conduite 90-89.

Probabilité d'ouverture	Les pressions (m)				Diamètre (mm)	Nombre d'abonné
	Nœud 90	Nœud 89	Nœud 90 [25]	Nœud 89 [25]		
0.053	38,863	39,86	40,516	41,516	100	1
0.083	32,175	33,17	35,66	36,664		
0.12	21,057	22,048	27,589	28,587		

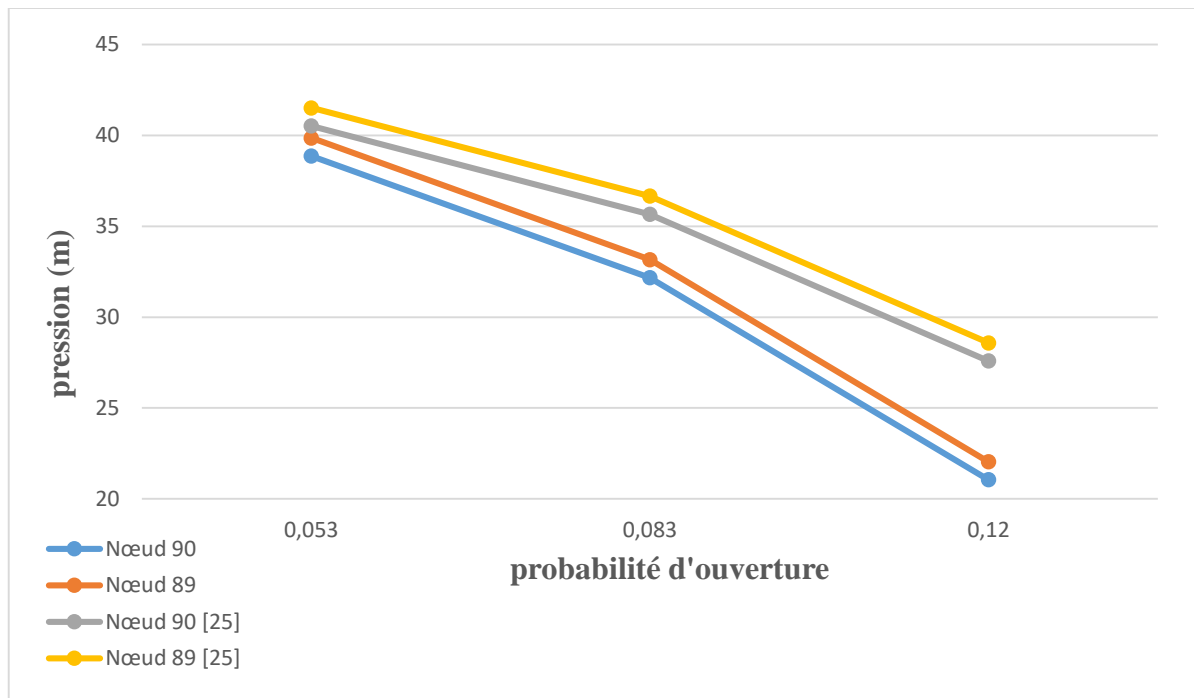


Figure 18: Variation de la pression en fonction de la probabilité d'ouverture sous PORTEAU.

➤ **Conduite 31-32 :**

Elle est située dans la partie Sud du réseau de 827 m d'altitude, et de longueur 61.91 m (figure 19).

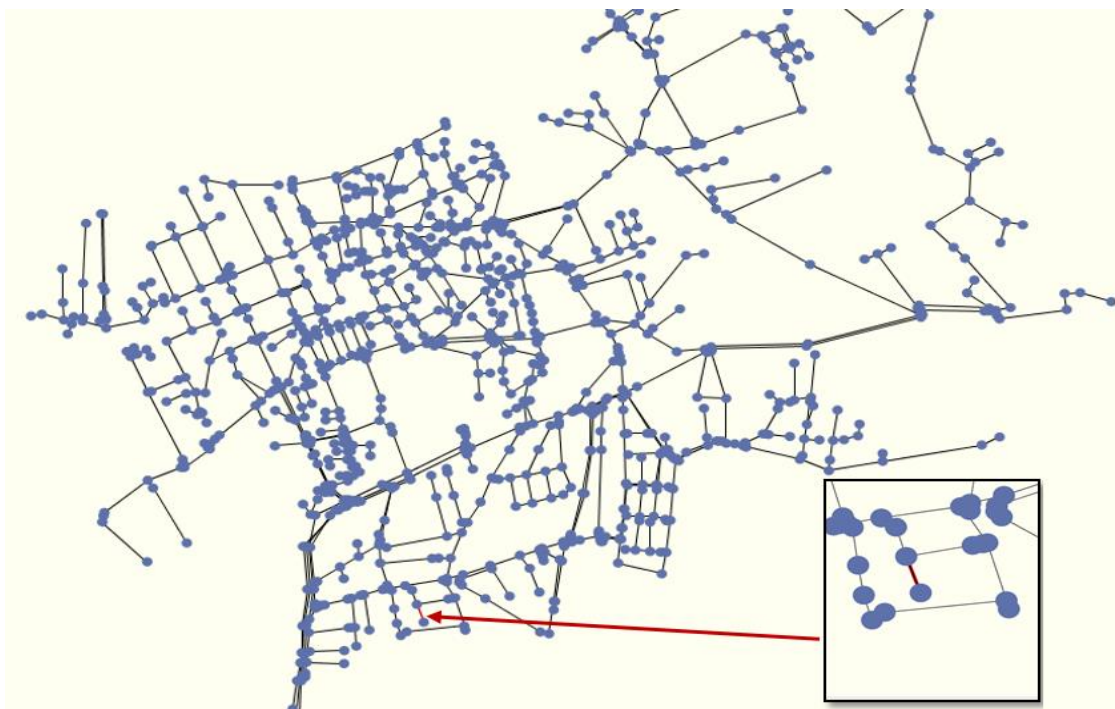


Figure 19: La position de la conduite 31-32.

Chapitre 5 : Résultats et discussions

Tableau 5: Les résultats de pression obtenue sous PORTEAU de la conduite 31-32

Probabilité d'ouverture	Les pressions (m)				Diamètre (mm)	Nombre d'abonné branché
	Nœud 31	Nœud 32	Nœud 31 [25]	Nœud 32 [25]		
0.053	29,934	28,902	30,926	29,894	63	4
0.083	24,157	23,108	26,428	25,379		
0.12	14,41	13,341	18,892	17,822		

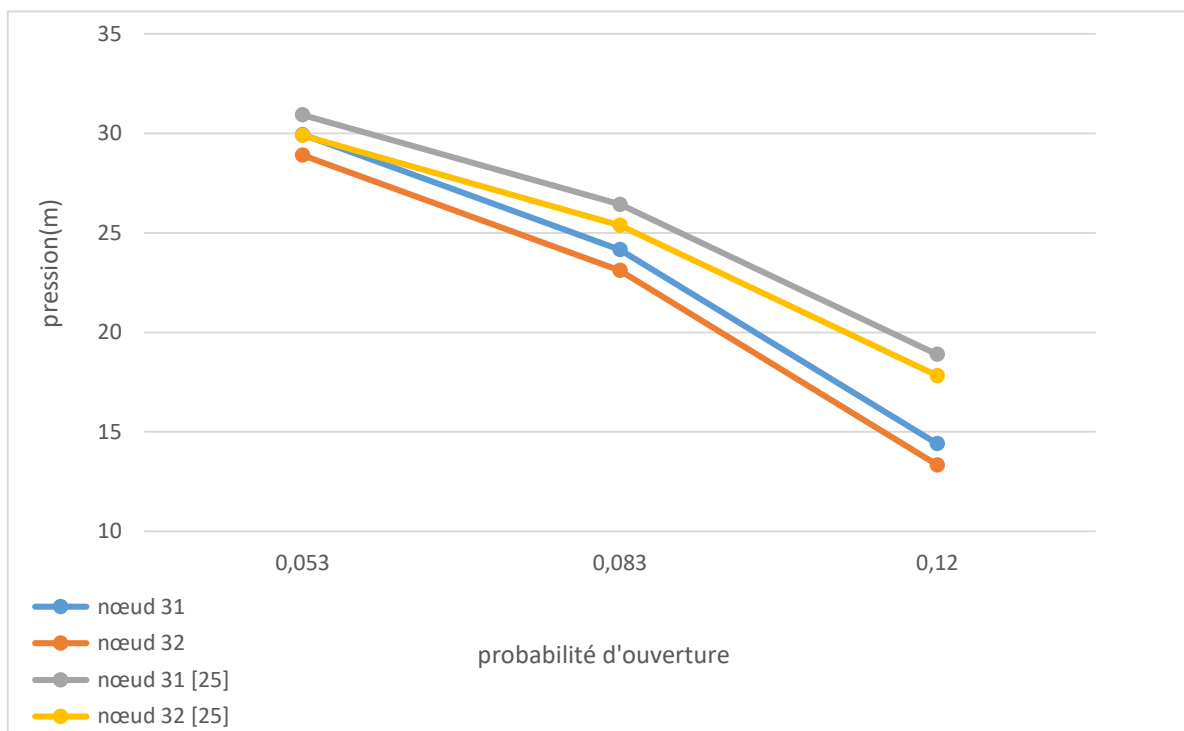


Figure 20: Variation de la pression en fonction de la probabilité d'ouverture sous PORTEAU.

➤ Conduite 877-878 :

La conduite 877- 878 est située dans la partie Est du réseau ; de diamètre 200 mm et de longueur 288.32 m (Figure 21).

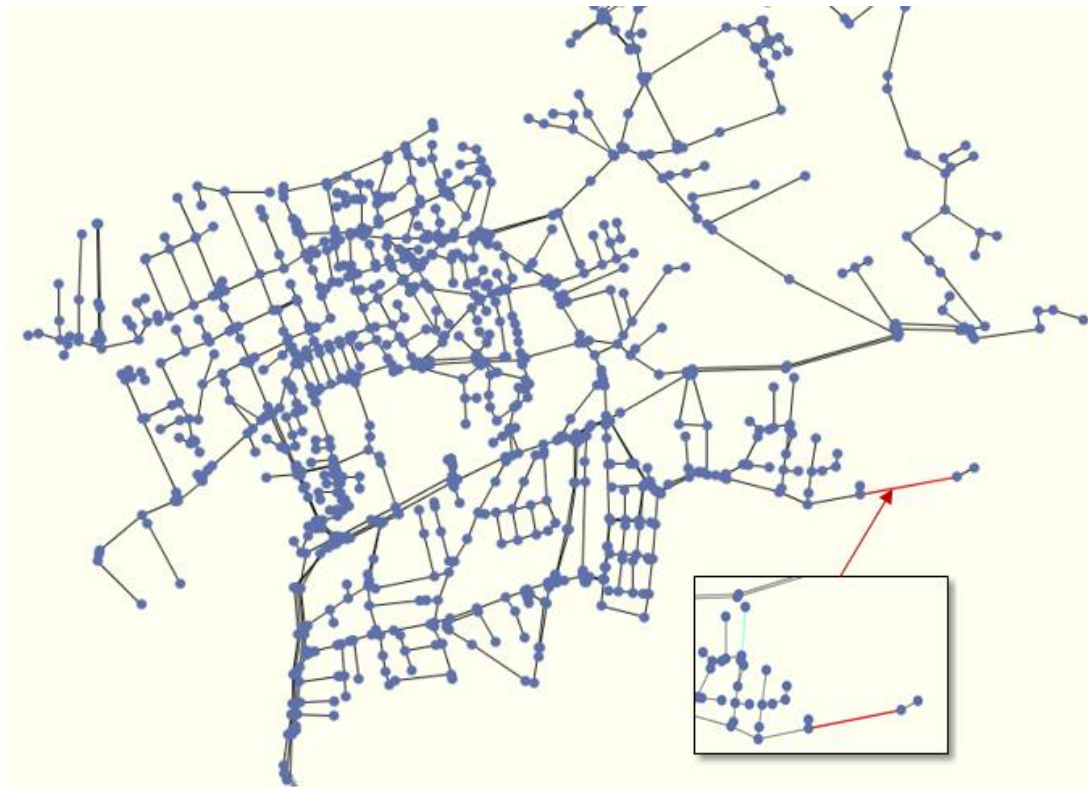


Figure 21: La position de la conduite 877-878.

Nous avons évalué les pressions obtenues pour les trois probabilités de cette conduite dans le tableau 6 suivant.

Tableau 6: Les résultats de pression obtenue sous PORTEAU de la conduite 877-878.

Probabilité d'ouverture	Les pressions (m)				Diamètre (mm)	Nombre d'abonné branché
	Nœud 877	Nœud 878	Nœud 877 [25]	Nœud 878 [25]		
0.053	55,634	57,632	56,82	58,818	200	2
0.083	47,739	49,737	50,452	52,452		
0.12	35,61	37,608	40,061	42,058		

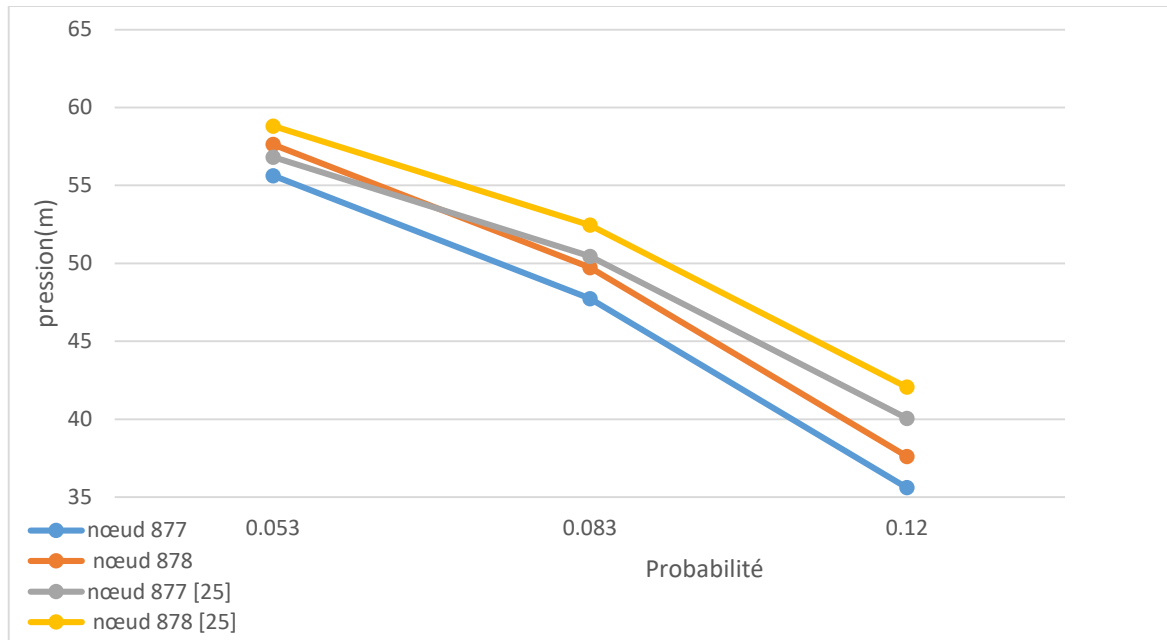


Figure 22: Variation de la pression en fonction de la probabilité d'ouverture sous PORTEAU.

➤ Conduite 168-170 :

La conduite 168-170 est située dans la partie Nord du réseau ; de diamètre 110 mm et de longueur 188.07 m (Figure 23).

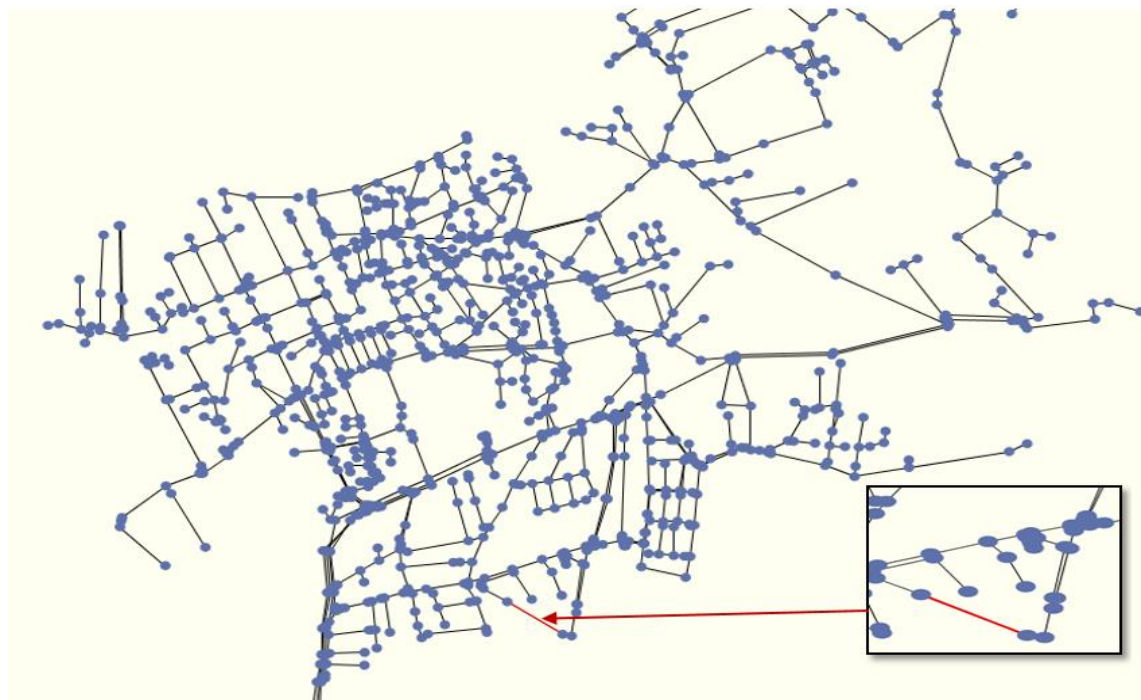


Figure 23: La position de la conduite 168-170.

Chapitre 5 : Résultats et discussions

Nous avons évalué les pressions obtenues pour les trois probabilités de cette conduite dans le tableau 7 suivant.

Tableau 7: Les résultats de pression obtenue sous PORTEAU de la conduite 168-170.

Probabilité d'ouverture	Les pressions (m)				Diamètre (mm)	Nombre d'abonné branché
	Nœud 168	Nœud 170	Nœud 168 [25]	Nœud 170 [25]		
0.053	26,956	28,99	30,282	32,289	110	19
0.083	18,78	20,835	25,313	27,323		
0.12	5,511	7,592	17,104	19,118		

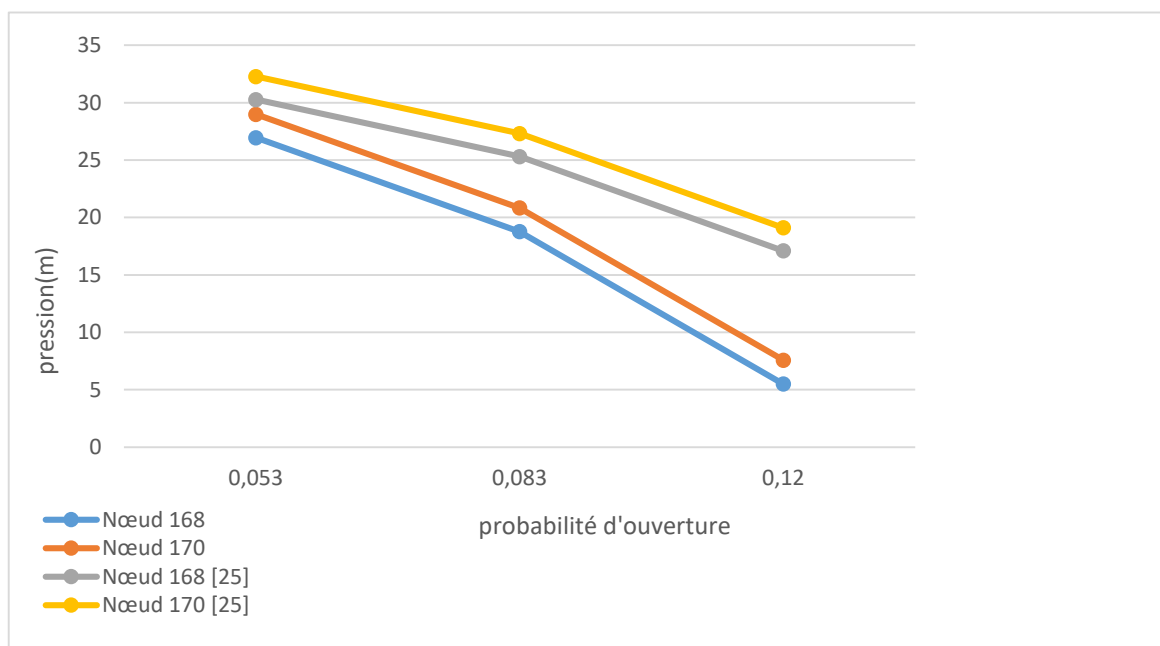


Figure 24: Variation de la pression en fonction de la probabilité d'ouverture sous PORTEAU.

➤ Conduite 141-536 :

La conduite 141-536 est située dans la partie Ouest du réseau ; de diamètre 63 mm et de longueur 196.98 m (Figure 25).



Figure 25: La position de la conduite 141-536.

Nous avons évalué les pressions obtenues pour les trois probabilités de cette conduite dans le tableau 8 suivant.

Tableau 8: Les résultats de pression obtenue sous PORTEAU de la conduite 141-536.

Probabilité d'ouverture	Les pressions (m)				Diamètre (mm)	Nombre d'abonné branché
	Nœud 141	Nœud 536	Nœud 141 [25]	Nœud 536 [25]		
0.053	40,108	33,79	40,812	34,12	63	12
0.083	28,99	22,47	30,56	23,409		
0.12	10,978	4,216	14,05	6,268		

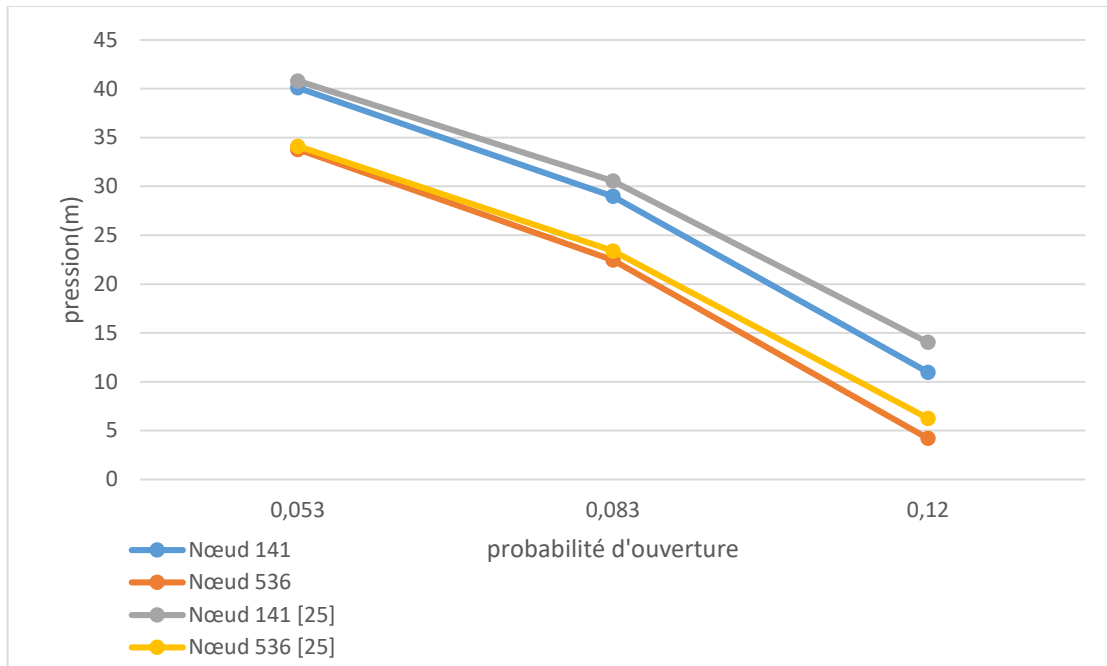


Figure 26: Variation de la pression en fonction de la probabilité d'ouverture sous PORTEAU.

➤ Conduite 738-731 :

La conduite 738-731 est située dans la partie Nord-Est du réseau ; de diamètre 200 mm et de longueur 87.8 m (Figure 27).

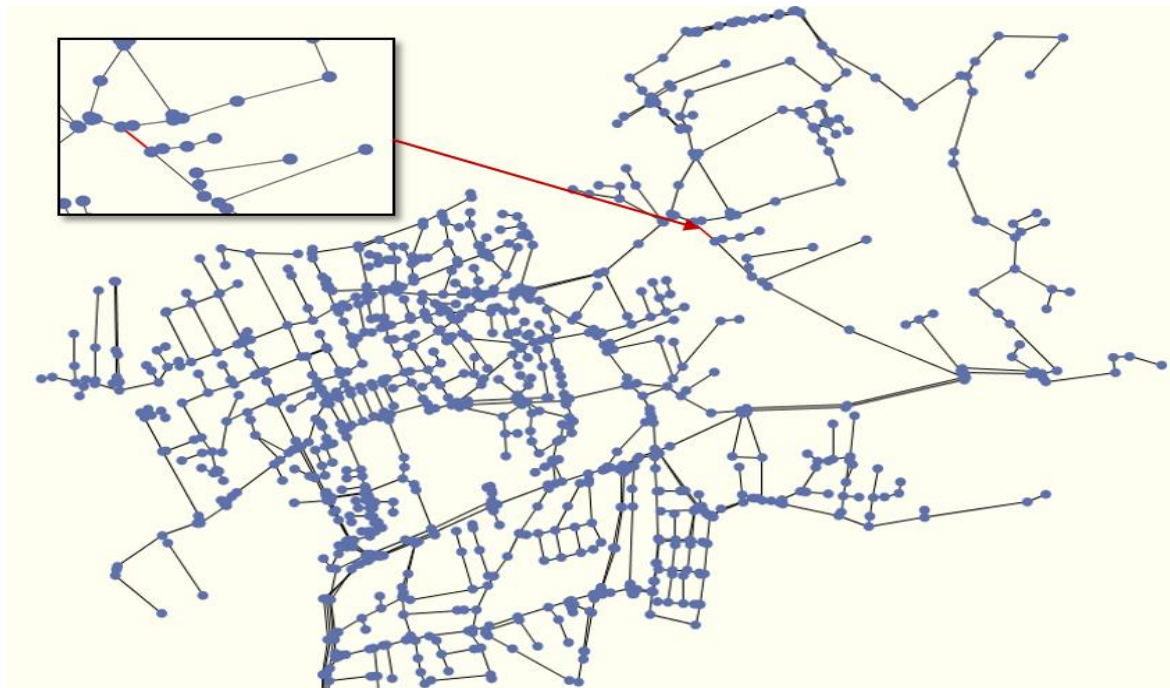


Figure 27: La position de la conduite 738-731.

Chapitre 5 : Résultats et discussions

Nous avons évalué les pressions obtenues pour les trois probabilités de cette conduite dans le tableau 9 suivant.

Tableau 9: Les résultats de pression obtenue sous PORTEAU de la conduite 738-731.

Probabilité d'ouverture	Les pressions (m)				Diamètre (mm)	Nombre d'abonné branché
	Nœud 738	Nœud 731	Nœud 738 [25]	Nœud 731 [25]		
0.053	86,393	93,398	95,385	107,388	200	4
0.083	66,594	78,604	85,534	97,538		
0.12	34,116	46,131	69,56	81,567		

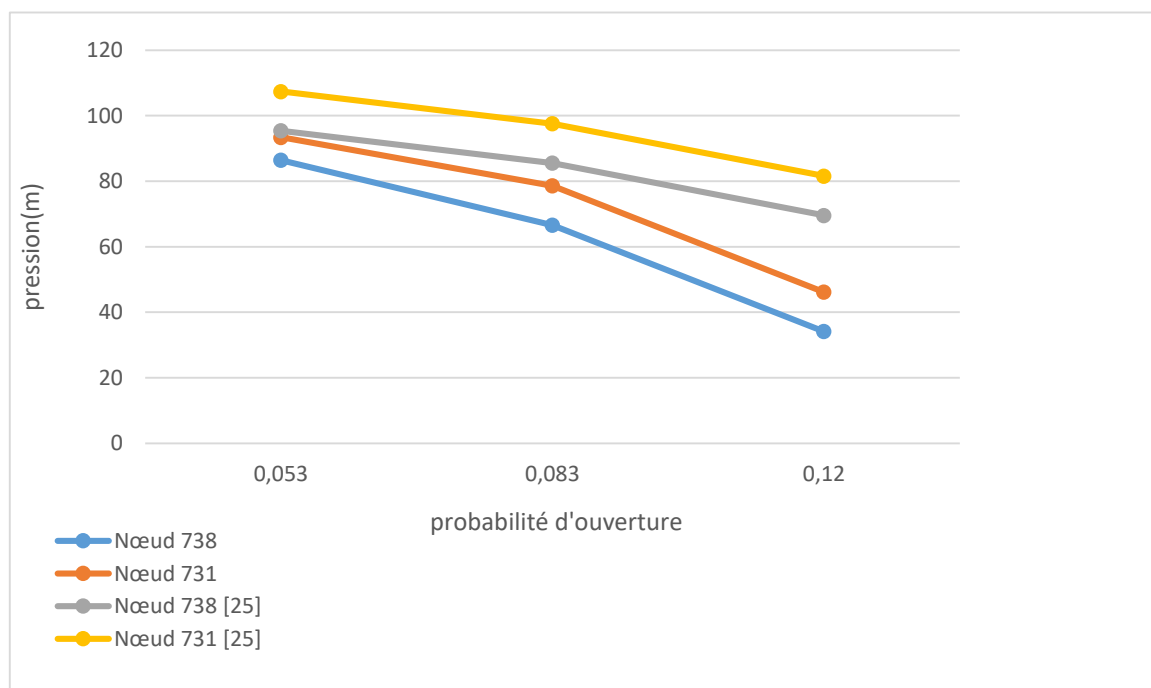


Figure 28: Variation de la pression en fonction de la probabilité d'ouverture sous PORTEAU.

➤ Conduite 535-534 :

La conduite 738-731 est située dans la partie Ouest de réseau ; de diamètre 80 mm et de longueur 184.69 m (Figure 29).



Figure 29: La position de la conduite 535-534.

Nous avons évalué les pressions obtenues pour les trois probabilités de cette conduite dans le tableau 10 suivant.

Tableau 10: les résultats de pression obtenue sous PORTEAU de la conduite 535-534.

Probabilité d'ouverture	Les pressions (m)				Diamètre (mm)	Nombre d'abonné branché
	Nœud 535	Nœud 534	Nœud 535 [25]	Nœud 534 [25]		
0.053	34,171	42,37	34,902	43,121	80	24
0.083	22,332	30,663	23,959	32,323		
0.12	3,283	11,663	6,446	15,007		

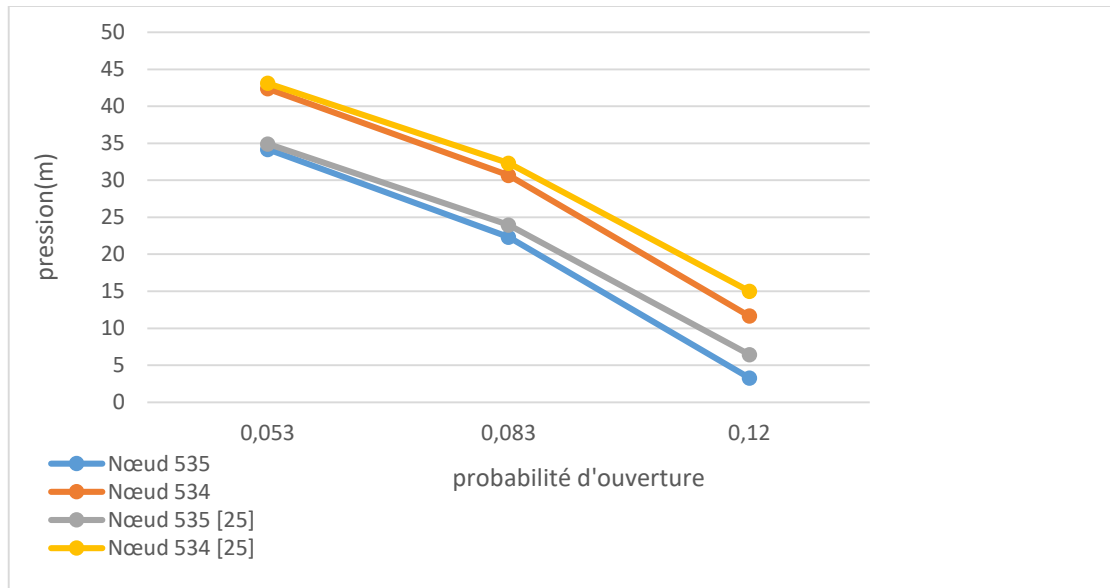


Figure 30: Variation de la pression en fonction de la probabilité d'ouverture sous PORTEAU.

➤ **Conduite 210-211 :**

La conduite 210-211 est située dans la partie Nord-Centre du réseau ; de diamètre 100 mm et de longueur 16.54 m (Figure 31).



Figure 31: La position de la conduite 210-211.

Chapitre 5 : Résultats et discussions

Nous avons évalué les pressions obtenues pour les trois probabilités de cette conduite dans le tableau 11 suivant.

Tableau 11: Les résultats de pression obtenue sous PORTEAU de la conduite 210-211.

Probabilité d'ouverture	Les pressions (m)				Diamètre (mm)	Nombre d'abonné branché
	Nœud 210	Nœud 211	Nœud 210 [25]	Nœud 211 [25]		
0.053	41,506	40,585	41,85	40,936	100	4
0.083	37,438	36,589	38,285	37,438		
0.12	30,523	29,785	32,254	31,519		

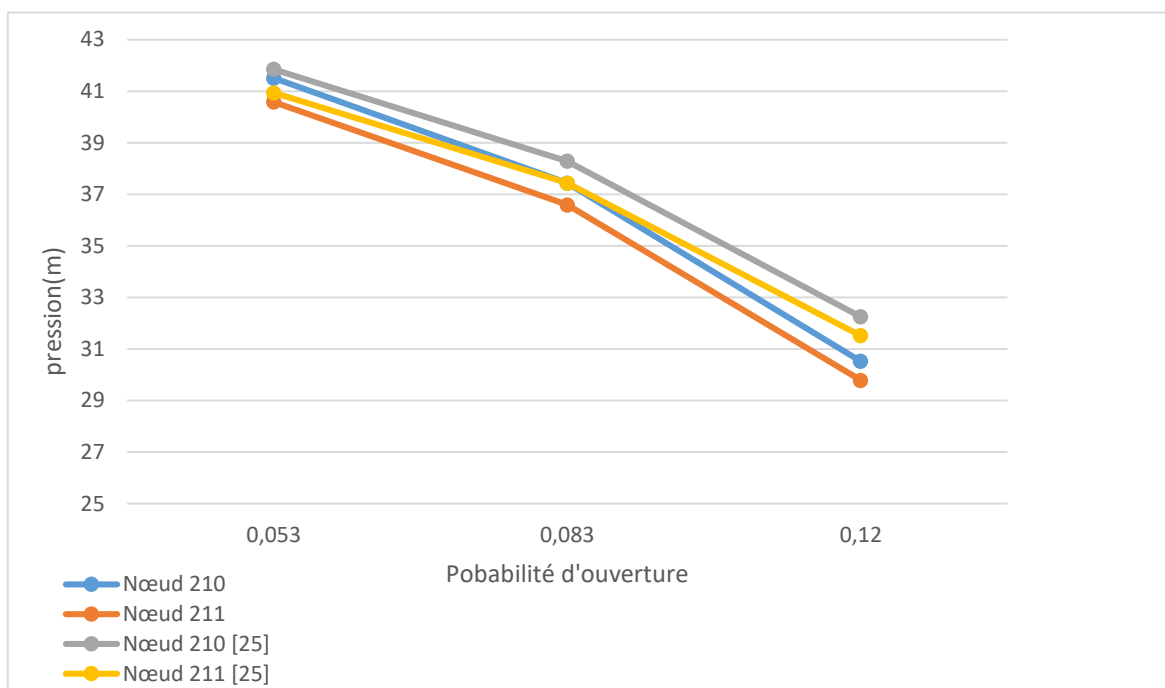


Figure 32: Variation de la pression en fonction de la probabilité d'ouverture sous PORTEAU.

➤ Conduite 414-503 :

La conduite 414-503 est située dans la partie Sud-Ouest du réseau ; de diamètre 60 mm et de longueur 175.12 m (Figure 33).

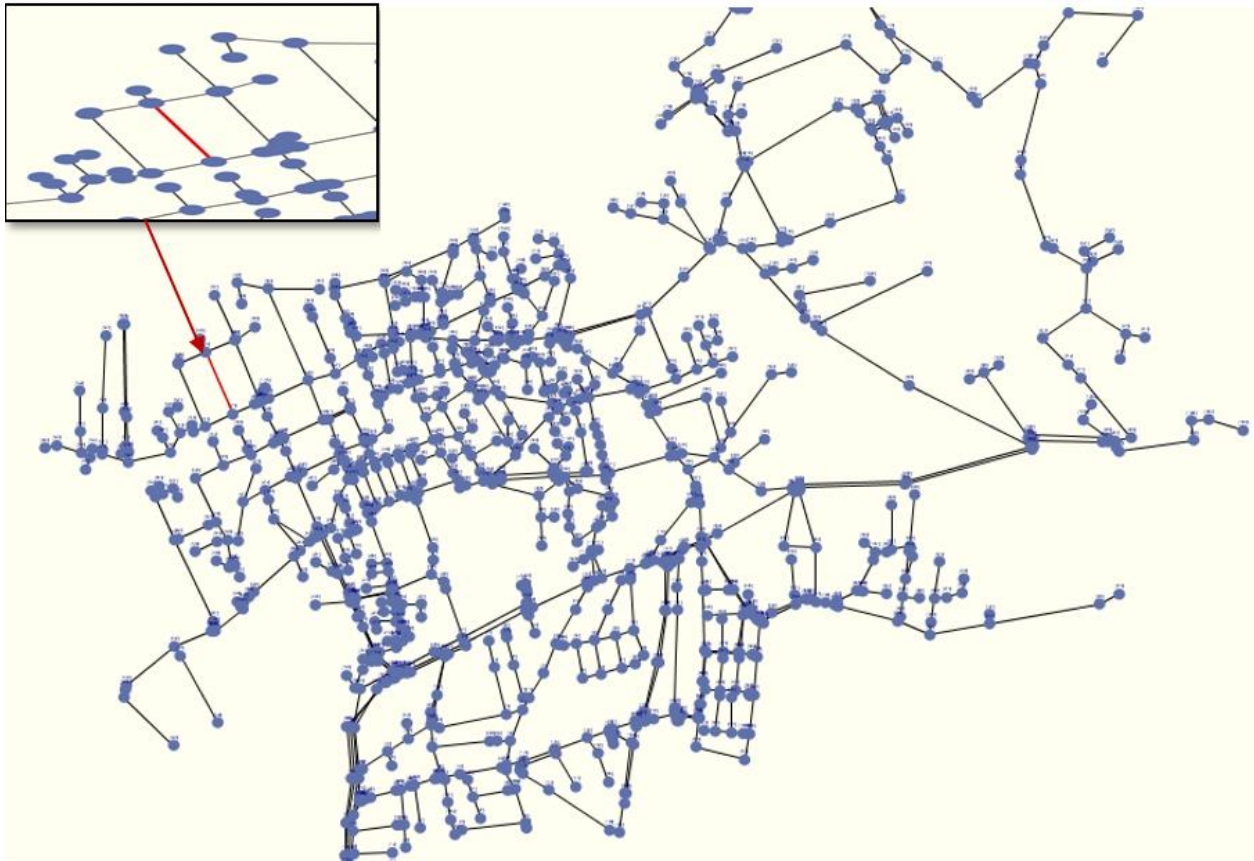


Figure 33: La position de la conduite 414-503.

Nous avons évalué les pressions obtenues pour les trois probabilités de cette conduite dans le tableau 12 suivant.

Tableau 12: Les résultats de pression obtenue sous PORTEAU de la conduite 414-503.

Probabilité d'ouverture	Les pressions (m)				Diamètre (mm)	Nombre d'abonné branché
	Nœud 514	Nœud 503	Nœud 514 [25]	Nœud 503 [25]		
0.053	74,636	60,992	74,167	60,761	60	10
0.083	69,76	56,369	68,96	56,011		
0.12	61,571	48,531	60,325	48,036		

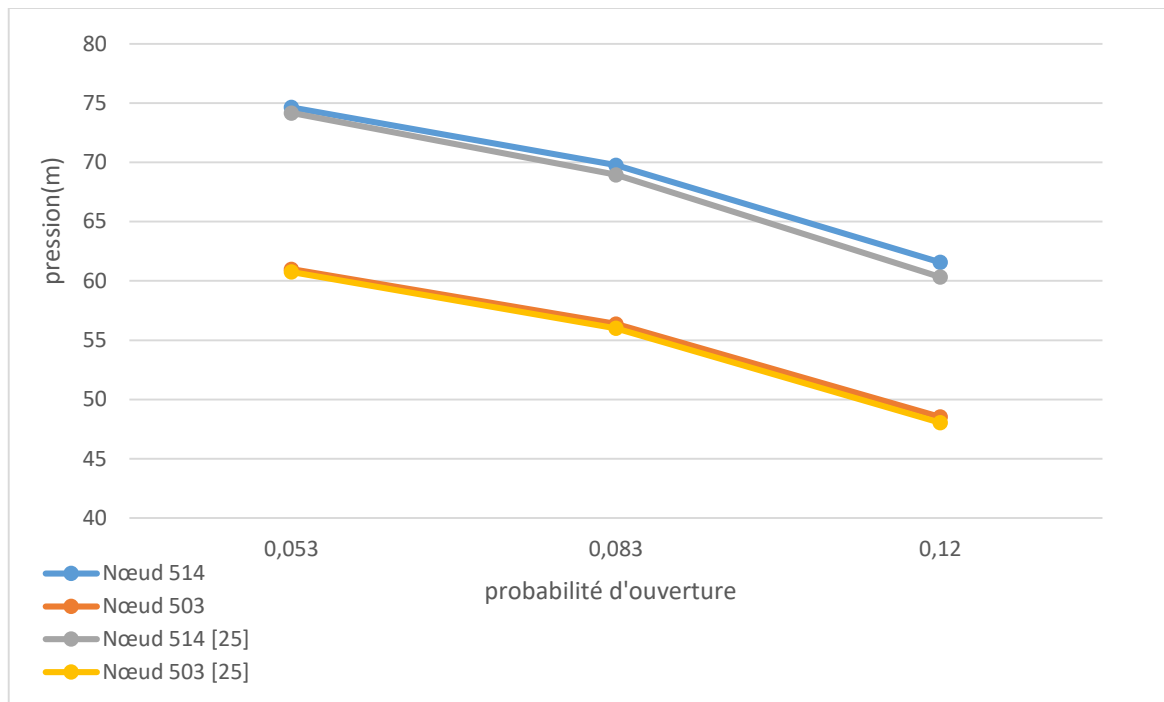


Figure 34: Variation de la pression en fonction de la probabilité d'ouverture sous PORTEAU.

➤ **Conduite 446-961 :**

La conduite 446-961 est située au Sud du réseau ; de diamètre 150 mm et de longueur 57.31 m (Figure 35).

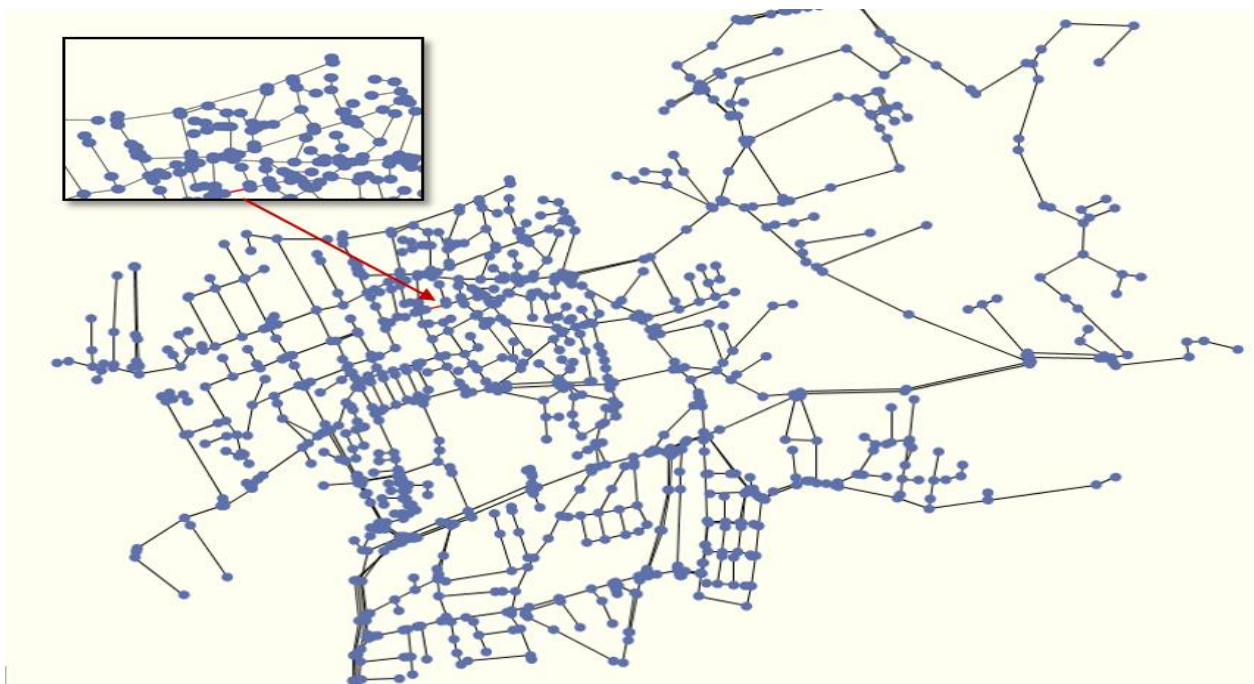


Figure 35: La position de la conduite 446-961.

Chapitre 5 : Résultats et discussions

Nous avons évalué les pressions obtenues pour les trois probabilités de cette conduite dans le tableau 13 suivant.

Tableau 13: Les résultats de pression obtenue sous PORTEAU de la conduite 446-961.

Probabilité d'ouverture	Les pressions (m)				Diamètre (mm)	Nombre d'abonné branché
	Nœud 446	Nœud 961	Nœud 446 [25]	Nœud 961 [25]		
0.053	63,081	64,84	63,432	65,284	150	3
0.083	57,472	58,993	60,059	58,338		
0.12	48,013	49,156	49,802	51,322		

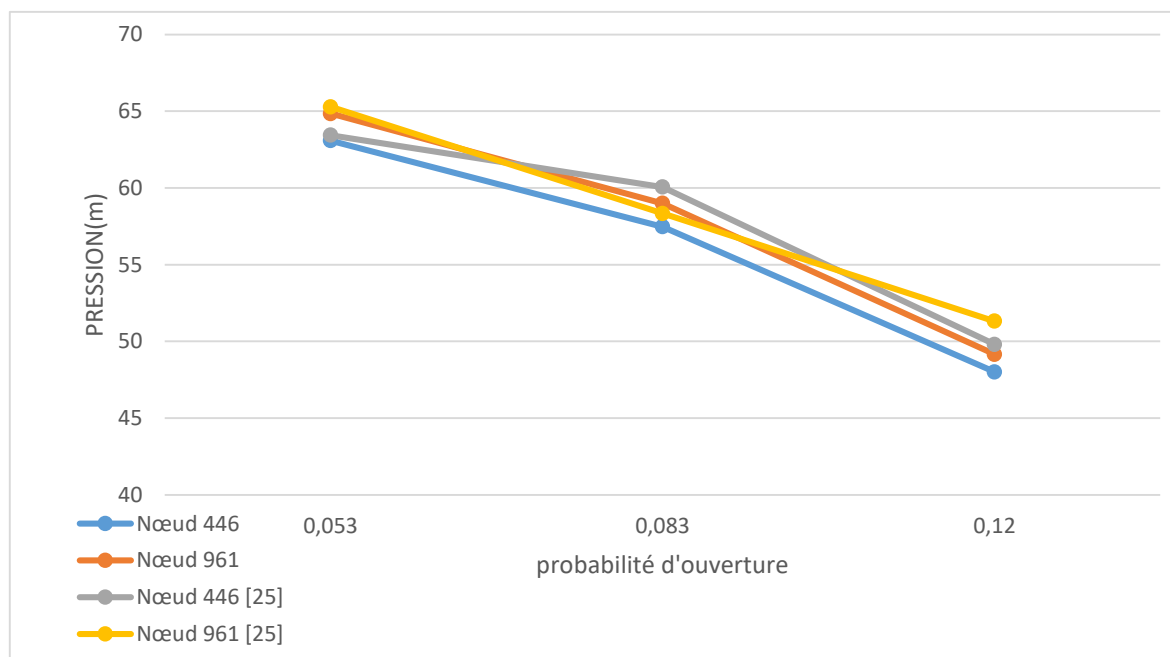


Figure 36: Variation de la pression en fonction de la probabilité d'ouverture sous PORTEAU.

II.2 Interprétation des résultats

Le module de calcul Opointe permet de simuler les consommations de pointe en tenant compte de la probabilité d'ouverture des abonnés. Dans le cadre de notre étude, nous avons retenu trois valeurs différentes de cette probabilité (0.053 ; 0.083 ; 0.12). Dans cette étude, nous avons

Chapitre 5 : Résultats et discussions

testé trois valeurs différentes de cette probabilité afin d'identifier, par comparaison avec les données mesurées sur le terrain, celle qui reflète le plus fidèlement le comportement réel des usagers. Cette analyse est menée dans deux configurations : lorsque les abonnés sont raccordés directement aux conduites, et lorsqu'ils sont connectés aux nœuds. En comparant les pressions obtenues aux nœuds dans chaque cas, nous visons un dimensionnement plus précis et représentatif du réseau.

On remarque que plus la probabilité d'ouverture augmente, plus les pressions aux nœuds diminuent dans la majorité des cas, ce qui est logique : plus le nombre de robinets ouvert élevé, plus le débit augmente, ce qui entraîne une chute de pression.

- Impact du positionnement des abonnés :

Pour les conduites desservant plusieurs abonnés (par exemple : 535-534, 414-503) montrent un écart important entre le branchement direct au conduite et le branchement au nœud.

Cela confirme que la répartition des abonnés le long des conduites offre une chute de pression ce qui est plus fidèle du comportement hydraulique réel du réseau.

- Influence du diamètre des conduites :

Grand diamètre (ex. : 738-731 avec un diamètre de 200 mm) : La pression reste relativement plus élevée malgré la montée de la demande, traduisant une meilleure capacité de transport d'eau.

Petit diamètre (ex. : 31-32 avec un diamètre de 63 mm) : La pression chute plus rapidement, ce qui révèle la sensibilité des petites conduites à la charge hydraulique.

- Position topographique :

Les altitudes varient (ex. 756 m à 827 m), ce qui peut aussi influencer la pression de départ. Toutefois, cette variable semble secondaire par rapport à la probabilité d'ouverture et au positionnement des abonnés.

II.3 Analyse Comparative des Pressions : Simulation vs Mesures Réelles

Le tableau suivant présente une comparaison des pressions obtenues pour les deux configurations de branchement des abonnés. Les résultats de simulation ont été confrontés aux pressions mesurées sur le terrain afin d'évaluer la précision de chaque méthode. Une probabilité

Chapitre 5 : Résultats et discussions

de 12 %, correspondant au scénario le plus proche des conditions réelles observées, a été adoptée. Les mesures directes ont été réalisées sur le terrain en collaboration avec le groupe ADE de l'unité de Tlemcen en mars 2024 (tableau 14).

Tableau 14: Comparaison des pressions mesurées et simulées selon les deux configurations de branchement des abonnés.

Les nœuds	Les pressions (m)		
	résultats mesurée	Branchements directe sur conduit	Branchements au nœud [25]
90	25	21,057	35
31	15	14,41	26
174	24	20	23
738	78	66,59	70
503	52	51,971	50
961	62	49,67	60
168	18	18,78	18

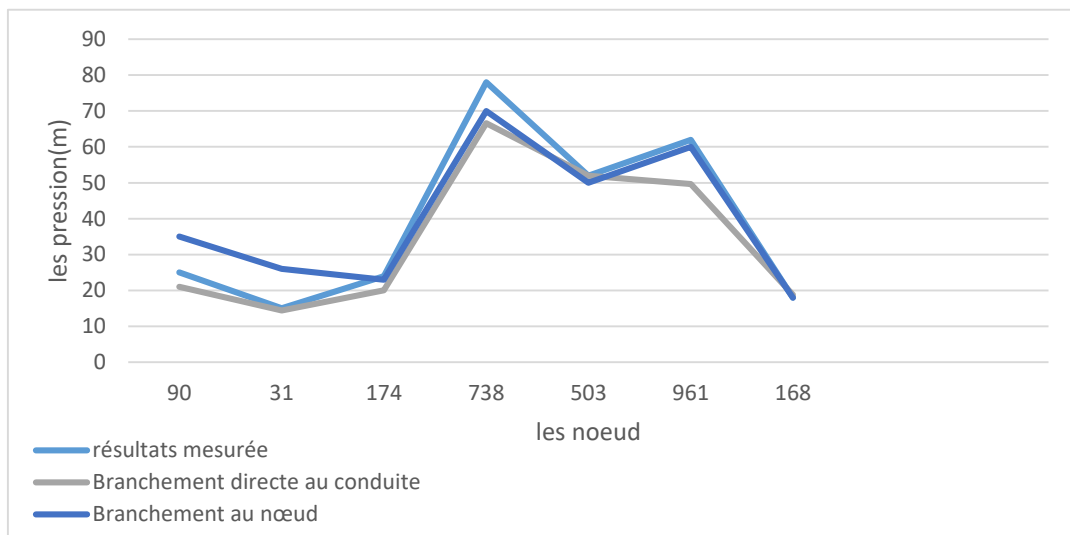


Figure 37: Comparaison des pressions simulées et mesurées selon le type de branchement.

II.4 Interprétation des résultats

Le branchement direct sur conduit donne des résultats plus proches des mesures réelles, avec une moyenne d'écart plus faible.

Certains nœuds comme 503 et 31 montrent une excellente précision avec le branchement direct.

Le branchement au nœud tend à surestimer les pressions, surtout aux nœuds 90 et 31.

Donc la configuration "branchement direct au conduit" (répartition des abonnés le long des conduites) est la plus fidèle aux pressions mesurées sur le terrain.

En conclusion, la configuration avec branchement direct sur les conduites s'avère être la plus fiable et la plus représentative des conditions réelles du réseau. Elle constitue donc le choix à privilégier pour une modélisation hydraulique précise d'un réseau d'alimentation en eau potable.

II.5 Analyse de l'impact de la probabilité d'ouverture sur les pressions dans un réseau AEP

Pour mieux comprendre le comportement de pression de notre réseau, nous avons augmenté les probabilités d'ouverture à 15 % puis à 20 % dans le logiciel Porteau, module Opointe. L'objectif était d'observer à partir de quel seuil la pression devient très faible (voir négative), notamment aux heures de pointe. Cela nous a permis d'identifier les probabilités pour lesquelles certains abonnés risquent de ne pas recevoir d'eau de manière satisfaisante durant ces périodes critiques.

Les résultats de la simulation du réseau pour une probabilité d'ouverture de 15 % sont présentés sur la figure 38 pour la répartition des abonnées sur les conduites, et ceux qui utilisent la concentration des abonnées sur les nœuds sur la figure 39.

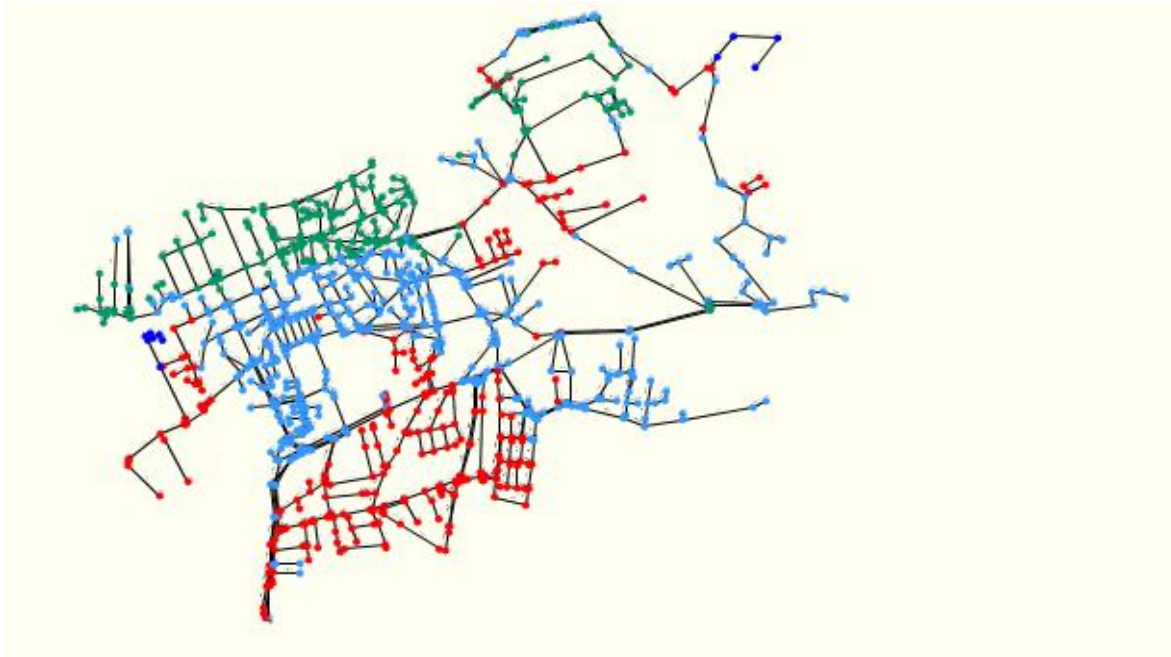


Figure 38: Répartition des pressions dans le réseau pour une probabilité d'ouverture de 15 % (abonnés sur les conduites).

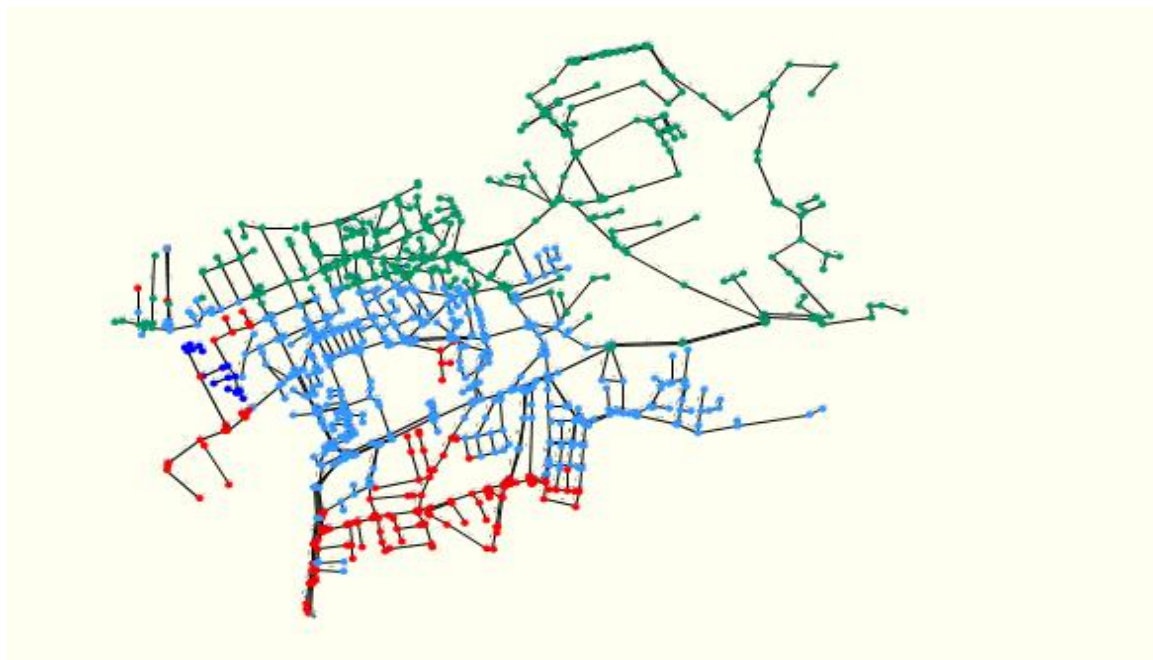


Figure 39: Répartition des pressions dans le réseau pour une probabilité d'ouverture de 15% (abonnés sur les nœuds).

Les figures 40 et 41 présentent Les résultats de la simulation du réseau pour les deux variantes de répartition des abonnés pour une probabilité d'ouverture de 16%.

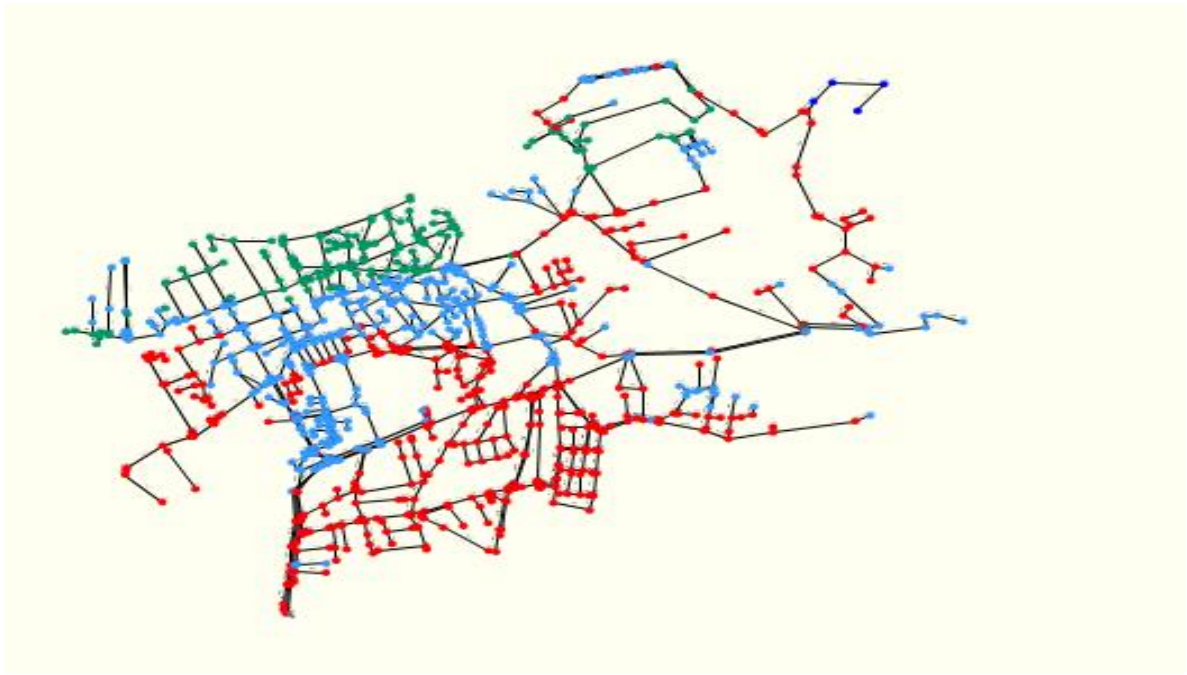


Figure 40: Répartition des pressions dans le réseau pour une probabilité d'ouverture de 16% (abonnés sur les conduites).

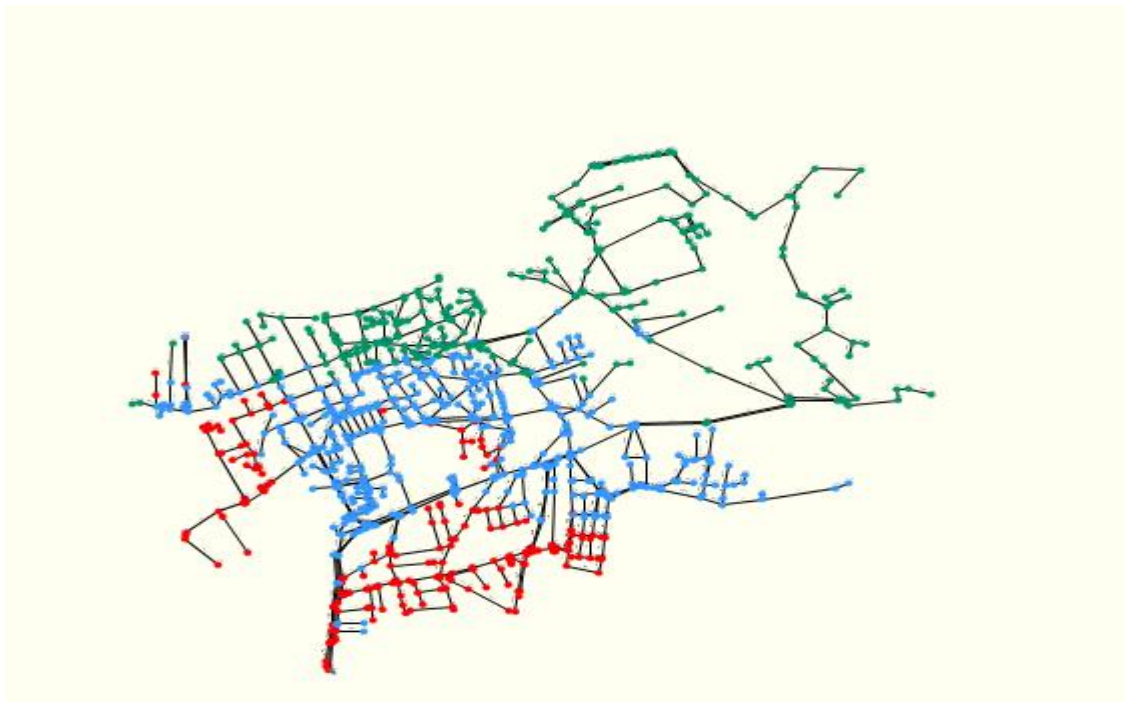


Figure 41: Répartition des pressions dans le réseau pour une probabilité d'ouverture de 16% (abonnés sur les nœuds).

Les zones de pression :

Vert : indique les zones de haute pression (de 40m ou plus).

Chapitre 5 : Résultats et discussions

Bleu : indique les zones des pressions moyennes (de 30m et 40m).

Rouge : indique les zones de plus faible pressions (pression négative).

II.6 Interprétation des résultats

L'analyse comparative des pressions obtenues pour une probabilité d'ouverture comprise entre 15 % et 16 % met en évidence des disparités notables entre les différentes zones géographiques du réseau, en fonction de la méthode de représentation des abonnés.

Zone Nord-Est :

Dans cette zone, nos résultats montrent majoritairement des pressions de niveau moyen (zones bleues), alors que les résultats issus de (branchement sur les nœuds) indiquent des pressions plus élevées (zones vertes). Cela suggère que notre modélisation introduit davantage de pertes de charge, ce qui pourrait refléter une meilleure prise en compte des effets hydrauliques réels.

Zone Centre :

On observe un mélange de zones bleues et rouges dans nos résultats, témoignant de pressions variables, avec certains secteurs affichant des valeurs faibles. En comparaison, les résultats de (branchement sur les nœuds) présentent une situation plus favorable, avec une dominance de zones vertes et bleues. Cela laisse penser que notre approche met en évidence des poches de faibles pressions non identifiées dans l'autre modèle.

Zone Sud-Ouest :

Cette zone est particulièrement critique dans notre simulation, avec une forte prédominance de zones rouges, indiquant des pressions très faibles. En revanche, l'étude de (branchement sur les nœuds) montre peu de zones rouges, ce qui pourrait signifier une sous-estimation des pertes de charge ou des débits dans cette partie du réseau. Nos résultats révèlent ici des sections potentiellement sous-dimensionnées ou fortement sollicitées.

Zone Nord-Ouest :

Les deux approches présentent des résultats assez similaires dans cette zone, avec une dominance de zones vertes et bleues. Toutefois, une légère dégradation est perceptible dans nos résultats.

III. Conclusion de l'interprétation

Nous rencontrons des problèmes dans plusieurs zones critiques du réseau, où la pression devient très faible pendant les heures de pointe. Pour remédier à cette situation, il est nécessaire de mettre en place des solutions adaptées suivant.

- Augmenter le diamètre des conduites critiques.
- Identification et réparation d'une fuite d'eau.

A thick dark blue vertical bar is positioned on the left side of the page. From the bottom of this bar, several thin, light blue lines curve upwards and outwards, creating an abstract, grass-like or reed-like pattern.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Grâce à la modélisation hydraulique d'un réseau d'AEP, il est possible de simuler avec précision le comportement du système et d'optimiser la représentation des différents éléments qui le composent. Cette démarche permet de mieux comprendre les phénomènes hydrauliques qui influencent la distribution d'eau potable et d'en évaluer les performances à travers différents scénarios de configuration.

Dans ce projet de fin d'études, nous avons mené une étude comparative entre deux méthodes de modélisation des branchements d'abonnés : sur les **nœuds** d'un côté, et sur les **conduites** de l'autre. Cette analyse s'est appuyée sur une série d'étapes clés :

- **Modélisation et Simulation** : Les deux approches ont été modélisées en tenant compte des caractéristiques réelles du réseau étudié. Les simulations ont permis d'observer les impacts sur les pressions et les débits dans l'ensemble du réseau.

- **Analyse Comparative** : Les résultats ont été comparés afin d'identifier les différences de comportement hydraulique. Il a été constaté que le branchement sur les conduites offre une représentation plus réaliste du fonctionnement du réseau, notamment en ce qui concerne la répartition des consommations et les pertes de charge.

- **Évaluation des Résultats** : Le branchement sur les nœuds, bien que plus simple à mettre en œuvre, tend à sous-estimer certains phénomènes hydrauliques. À l'inverse, la modélisation des branchements sur les conduites permet une meilleure précision, en particulier dans les zones sensibles du réseau, comme les extrémités ou les secteurs à forte densité d'abonnés.

Ces résultats montrent l'importance du choix de la méthode de représentation des branchements dans les études de réseaux AEP. Pour améliorer la fiabilité des modélisations et appuyer les décisions d'exploitation, il est recommandé d'approfondir ce type d'analyse sur des cas réels et à plus grande échelle.

Les références

- [1] Gueddouj et Ouaret, 2002, Optimisation multicritère pour la gestion d'un réseau d'AEP, ingénieur université de Bejaia.
- [2] BONNIN J. (1982). Aide-mémoire d'hydraulique urbaine Édition Eyrolles, France.
- [4] CHOUIER, S. & SAIM, F. Z. (2017). Gestion des ressources en eau : les limites d'une politique de l'offre. Mémoire de Master 2 en Hydraulique, option Technologie de traitement de l'eau, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie.
- [6] 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.
- [7] Benzannache Naziha, .2020. ALIMENTATION EN EAU POTABLE, cours Licence LMD Hydraulique Université 8 Mai 1945 de Guelma.
- [8] DIOUF P., DIOUF O., 2005, Conception et dimensionnement d'un réseau d'alimentation en eau potable et d'un système d'évacuation des eaux usées de la nouvelle ville de DIAMNIADIO, mémoire d'Ingénieur de Conception, Université Cheikh Anta Diop de Dakar Ecole supérieure polytechnique.
- [10] Adduction et distribution d'eau. Technique de L'ingénieur, 2000, ref : C5195
- [11] Hydraulique Urbaine Appliquée aux agglomérations de petite et moyenne Importance, Edition Eyrolles, 1986, 228 p.
- [12] DUPONT A., 1979, Hydraulique urbaine, Tome 2, Edition Eyrolles, 484p.
- [15] SAID-DJAAT M., 2012, Diagnostique et conception du réseau d'AEP de la ville de Bordj bou Arrerijj Willaya de Bordj bou Arrzridj, mémoire de magistère, Ecole supérieure de l'hydraulique-Arbaoui Abdellah.
- [17] AZZI, L. (2016). Modélisation d'un réseau d'AEP et contribution à sa gestion à l'aide d'un système d'information géographique : Étude de la rive gauche de la ville de Sidi Aïche. Mémoire de Magister, Université Mohamed Khider - Biskra.

[18] SIAEP du Val des Biers. Modélisation du réseau d'eau potable : construction du modèle et calage.

[19] SOCIETE DE CONSEILS, ETUDES ET REALISATIONS POUR LES COLLECTIVITES LOCALES (SCERCL CJ), 2012, Schéma directeur de l'alimentation en eau potable : Modélisation mathématique du fonctionnement hydraulique du réseau d'eau potable, SCERCL CJ/AV en mai 2012 - F-06-01 / Feissons sur Salins / SDAEP - Modélisation hydraulique.

[20] Mémoire Online. (2009). Modélisation hydraulique et de la qualité d'eau dans les réseaux d'adduction d'eau potable par EPANET. Consulté le 29 juin 2017 à 23h11

[21] Irstea. (2015). Documentation Porteau 4 – Guide Utilisateur. Groupement de Bordeaux, Unité Environnement Territoires et Infrastructures, 50 avenue de Verdun, 33612 Cestas Cedex. Mise à jour le 8 décembre 2015.

[22] Belaib, A. (s.d.). Modélisation hydraulique d'un système de transfert d'eau potable : cas du transfert du couloir Chlef – Ténès – Guelta à partir du barrage de Sidi Yacoub (Thèse de magister, Université Hassiba Benbouali, Chlef).

[23] 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 (Mémoire de master, Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen).

[24] Etude de diagnostic pour la réhabilitation du système d'AEP du groupement urbain de Tlemcen, septembre, ADE, 2016

[25] Gasmi, N. B. S. (2024). Modélisation des réseaux d'AEP : Étude comparative PORTEAU/EPANET – Étude de cas [Mémoire de master, Université Aboubakr Belkaïd - Tlemcen].

[26] Rapport technique interne (2022) : algérienne des eaux unité de Tlemcen (ADE).

Webographie

[3] <http://www.cnrs.fr>

[5] <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/potable/cycleConso.html>

[9] <https://www.pamline.fr/>

[13] <http://ressources.unit.eu/cours/engees/GEMeue2module4HUpartie1/co/Architecture.html>.

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

[16] https://slideplayer.fr/slide/171576/#google_vignette

