

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche  
Scientifique



جامعة أبو بكر بلقايد – تلمسان -  
Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen



Faculté de Technologie

Département d'Hydraulique

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master en  
Hydraulique

Option : Hydraulique urbaine

Thème

**Contribution à l'optimisation du réseau d'AEP de  
BOUJLIDA à l'aide d'EPANET et PORTEAU**

Présenté le : 20/06/2018 par :

- **BENZINEB MOHAMMED YASSINE**
- **NANA WENDPOUIRE ARMAND MARCEL**

Devant le jury composé de :

**Mr. Z. DEBBAL**  
**Mr. H. BOUCHELKIA**  
**Mr. C. BENTALHA**  
**Mr. M. HABI**

**President**  
**Examinateur**  
**Examinateur**  
**Encadreur**

Promotion : 2017/2018.

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A ma très chère maman **HOURIA**, Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.*

*A la mémoire de mon père **FETHI**, Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour toi.*

*A mon frère **BELKACEM** et mes sœurs **NABAHET, FARIDA, WASSILA**, et **MERIEM**, En témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je vous porte. Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.*

*A mes amis, Veuillez trouver dans ce modeste travail l'expression de ma totale affection pour vous.*

Mr. **BENZINEB MOHAMMED YASSINE**

## *DÉDICACE*

*Je dédie ce modeste à la mémoire de ma très chère mère, envers qui aucune expression ne saurait témoigner ma gratitude et tout mon amour.*

*Aussi à la mémoire de mon cousin NANA Romaric.*

*Paix à leurs âmes.*

## **Remerciements**

*La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma reconnaissance.*

*Nous voudrions tous d'abord présenter nos remerciements à notre encadreur HABI MOHAMMED professeur à l'université de technologie de TLEMCEM, Nous voudrions également lui témoigner notre gratitude pour sa patience et son soutien qui nous a été précieux afin de mener notre travail à bon port.*

*Dans un premier temps ce travail a été réalisé en collaboration avec l'Algérienne des eaux sous la direction de monsieur BELABESS, que nous tenons à remercier pour sa collaboration et son aide, ainsi que l'ensemble du personnel de l'ADE Tlemcen.*

*Aussi nous tenons à remercier Mr MEGHRAOUI ingénieur dans le centre forestier de Mansourah et Mlle BENMILOUD pour leur disponibilité et collaboration à ce projet de fin d'étude.*

*Par la même occasion adressé nos remerciements à Mr KRID de la DRE pour sa disponibilité et son aide.*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury Mr Z. DEBBAL président du jury, Mr H. BOUCHELKIA, et Mr M. BENTALHA pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre étude en acceptant d'examiner notre travail Et de l'enrichir par leurs propositions.*

*Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

# *Résumé*

La réalisation d'un projet d'alimentation en eaux potables est très complexes ainsi que coûteuse en temps, et en argent. Pour pallier à cette complexité la modélisation de réseaux d'AEP a vu le jour afin de permettre une meilleure gestion du réseau (une gestion plus fiable et mieux sécurisée).

Le présent travail consiste à contribuer à l'optimisation du réseau d'AEP de Boujlida déjà existant qui est sujet à quelques défaillances tel que l'éclatement de conduites, les fuites, et l'approvisionnement en eau de fréquence très variable sur l'ensemble de la zone d'étude, à l'aide des logiciels de modélisation EPANET / PORTEAU.

Une démarche méthodique a été adoptée pour simuler le réseau d'AEP de Boujlida actuel en effectuant des prospections sur terrain, et des essais de simulation du réseau sur EPANET / PORTEAU, afin d'avoir une meilleure appréciation qualitative des résultats obtenus de la modélisation, dans l'objectif d'arriver à présenter des propositions de variantes qui remédieront aux problèmes dont il est sujet.

Six variantes ont été proposées, et seront présentées ainsi que décortiquées dans ce présent mémoire de fin d'étude.

**Mots Clés :** modélisation, optimisation, AEP, défaillances, EPANET, PORTEAU, prospections, simulation, propositions de variantes.

## ملخص

إن تحقيق مشروع تزويد بمياه الشرب أمر معقد للغاية، فضلاً عن كونه مكلفاً في الوقت المناسب، و نقود. . للتغلب على هذا التعقيد ، ظهرت نماذج لشبكة إمدادات مياه الشرب للسماح بإدارة أفضل للشبكة (إدارة أكثر موثوقية وأمنة).

يتمثل العمل الحالي في المساهمة في تحسين شبكة إمدادات مياه الشرب بوجليدا الموجودة بالفعل ، والتي تخضع لبعض حالات الفشل مثل انفجار الأنابيب ، والتسرب ، وإمدادات المياه ذات التردد المتغير على وجه العموم. من منطقة الدراسة ، وذلك باستخدام برنامج النمذجة EPANET / PORTEAU.

تم اعتماد نهج منهجي لمحاكاة شبكة إمدادات مياه الشرب بوجليدا الحالية من خلال إجراء مسوحات ميدانية ، واختبارات محاكاة الشبكة على EPANET / PORTEAU ، من أجل الحصول على تقييم نوعي أفضل للنتائج التي تم الحصول عليها من النمذجة ، بهدف التوصل إلى تقديم مقترحات عن المتغيرات التي ستعالج المشاكل التي تخضع لها.

تم اختيار ست مقترحات، وسيتم تقديمها وتثريتها في هذه الرسالة النهائية.

**كلمات بحث :** النمذجة ، التحسين ، إمدادات مياه الشرب ، الفشل ، EPANET ، PORTEAU ، والمحاكاة ، مقترحات متنوعة.

## *Summary*

The realization of a drinking water supply project is very complex as well as expensive in time, and in money. To overcome this complexity, network modeling of drinking water supply has emerged to allow better network management (more reliable and secure management).

The present work consists in contributing to the optimization of the already existing Boujlida network of drinking water supply, which is subject to a few failures such as pipe burst, leakage, and water supply of variable frequency on the whole study area, using EPANET / PORTEAU modeling software.

A methodical approach was adopted to simulate the current Boujlida network of drinking water supply by conducting field surveys, and network simulation tests on EPANET / PORTEAU, in order to have a better qualitative assessment of the results obtained from the modeling, with the aim of arriving at presenting proposals for variants that will remedy the problems of which it is subject.

Six variants have been proposed, and will be presented and dissected in this final thesis.

**Keywords :** modeling, optimization, drinking water supply, failures, EPANET, PORTEAU, surveys, simulation, proposals for variants.

# *La table des matières*

<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Généralité sur l’AEP et la modélisation</b>	
I.1. Introduction.....	2
I.2. Réseau d’AEP.....	2
I.2.1. Les différents types de réseau d’AEP.....	2
I.2.1.1. Réseau ramifié.....	3
I.2.1.2. Réseau maillé.....	3
I.2.1.3. Réseau mixte.....	4
I.3. La modélisation des réseaux d’AEP.....	4
I.3.1. Introduction à la modélisation de réseau d’AEP.....	4
I.3.2. But de la modélisation d’un réseau d’AEP.....	5
I.3.3. Réalisation d’un modèle de réseau.....	5
I.3.4. Limites de la modélisation.....	6
I.4. Les logiciels de modélisation.....	6
I.4.1. Le modèle EPANET.....	6
I.4.2. Le modèle PORTEAU.....	7
I.4.3. Le modèle WATERCAD.....	8
<b>Chapitre II : Présentation de la zone d’étude</b>	
II.1. Introduction.....	10
II.2. Description géographique de la zone d’étude.....	10
II.3. Description topographique de BOUJLIDA.....	10
II.4. La situation démographique sur site.....	12
II.5. L’alimentation en eau potable.....	12
II.6. Ouvrages hydrauliques.....	13
II.7. Le réseau d’AEP de la zone d’étude .....	14

## **Chapitre III : Présentation du projet**

III.1. Introduction.....	17
III.2. Objectif de l'étude.....	17
III.3. Méthodologie.....	17
III.3.1. Recherche documentaire.....	17
III.3.2. Visite sur site.....	17
III.3.3. Traitement des données.....	19
III.3.3.1. Conversion sur EPANET.....	19
III.3.3.2. Mise en forme.....	19
III.3.4. Calcul hydraulique.....	20
III.3.4.1. Evaluation des besoins en eau.....	20
III.2.4.2. Courbes de consommation.....	21
III.2.4.3. Passage EPANET vers WATERCAD.....	24
III.2.4.4. Passage d'EPANET vers PORTEAU.....	25

## **Chapitre IV : Simulations – Analyses**

IV.1. Introduction.....	26
IV.1. Simulation et analyse suivant EPANET .....	26
IV.1.1. Simulation instantané.....	26
IV.1.2. Simulation longue durée.....	30
IV.1.2.1. Modèle de consommation 1.....	30
IV.1.2.2. Modèle de consommation 2.....	36
IV.1.2. 3. Conclusion.....	43
IV.2. Simulation et analyse suivant PORTEAU.....	44
IV.2.1. Calcul ZOMAYET.....	44
IV.2.2. Représentation graphique des résultats selon modèle 1.....	44
IV.2.2.1. Représentation graphique de la simulation avec une consigne 7 bar modèle 1.....	44

IV.2.2.2. Représentation graphique de la simulation avec une consigne 4 bar modèle 1.....	46
IV.2.3. Conclusion.....	47

## **Chapitre V : Proposition de variantes**

V.1. Introduction.....	48
V.2. Proposition 1 : Changement du point d'alimentation au nœud 18.....	49
V.2.1. Analyse de la proposition 1.....	49
V.2.2. Conclusion.....	49
V.3. Proposition 2 : Changement du point d'alimentation au nœud 19.....	50
V.3.1. Analyse de la proposition 2.....	50
V.3.2. Conclusion.....	50
V.4. Proposition 3 : Changement du point d'alimentation au nœud 19 avec stabilisateur aval .....	51
V.4.1. Analyse de la proposition 3.....	51
V.4.2. Conclusion.....	51
V.5. Proposition 4 : Alimentation nœud initial et nœud 18.....	52
V.5.1. Analyse de la proposition 4.....	52
V.5.2. Conclusion.....	52
V.6. Proposition 5 : Alimentation nœud initial et nœud 18 avec sectorisation .....	53
V.6.1. Analyse de la proposition 5.....	53
V.6.2. Conclusion.....	53
V.7. Proposition 6 : Alimentation nœud initial et nœud 18 avec un reducteur et une sectorisation .....	54
V.7.1. Analyse de la proposition 6.....	54
V.7.2. Conclusion.....	54
V.8. Synthèse.....	55

**Conclusion générale.....56**

## *Liste des abréviations*

A.D.E : Algérienne des Eaux

AEP : alimentation en eau potable

DRE : Direction des ressources en eau

DWG : Format natif des fichiers de dessins AUTOCAD

Hab : Habitant

INP : Transfer fichier format image

Lgt : Logement

l/s/jr : Litre par seconde, par jour

m.c.e : Mètre colonne d'eau

PEHD : Polyéthylène haute densité

SDEM : Station de dessalement des eaux de mer

SP3 : Station de pompage n°3

INP : Transfer fichier format image

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau II.1</b> : Caractéristiques du réservoir.....	14
<b>Tableau III.1</b> : Débit distribué.....	21
<b>Tableau III.2</b> : Tableau des courbes de consommation.....	22

# Liste des Figures

## **Chapitre I : Généralité sur l’AEP et la modélisation**

<b>Figure.I.1</b> : Schéma d’alimentation en eau potable.....	2
<b>Figure.1.2</b> : Schéma d'un réseau ramifié.....	3
<b>Figure.1.3</b> : Schéma d'un réseau maillé.....	4
<b>Figure.I.4</b> : Etapes de réalisation d'un modèle d'AEP.....	5

## **Chapitre II : Présentation de la zone d'étude**

<b>Figure.II.1</b> : La géolocalisation de BOUJLIDA.....	10
<b>Figure.II.2</b> : Aperçus des dénivelés dans les différentes zones de BOUJLIDA.....	11
<b>Figure.II.3</b> : Schéma de l’alimentation de BOUJLIDA.....	13
<b>Figure.II.4</b> : Le réservoir 10000 m <sup>3</sup> .....	13
<b>Figure.II.5</b> : Les diamètres des conduites du réseau de BOUJLIDA.....	14
<b>Figure.II.6</b> : La localisation du réducteur de pression de BOUJLIDA.....	15
<b>Figure.II.7</b> : Zone de basse pression et zone de surpression.....	15
<b>Figure.II.8</b> : Aperçus des fuites au niveau des différents quartiers de BOUJLIDA.....	16

## **Chapitre III : Présentation du projet**

<b>Figure.III.1</b> : Superposition de la zone d’étude sur la plateforme Google Earth.....	18
<b>Figure.III.2</b> : Zoom sur la superposition de la zone d’étude sur la plateforme Google Earth.....	18
<b>Figure.III.3</b> : Transformation d’un réseau sous AUTOCAD vers un fichier EPANET.....	19
<b>Figure.III.4</b> : Modèle 1 (heure de pointe 11h).....	23
<b>Figure.III.5</b> : Modèle 2 (heure de pointe 9h).....	23

<b>Figure.III.6</b> : Réseau sur WATERCAD.....	24
<b>Figure.III.7</b> : Modélisation du réseau d’AEP de BOUJLIDA sous PORTEAU.....	25

## **Chapitre IV : Simulations – Analyses**

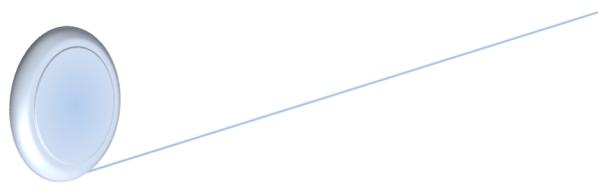
<b>Figure.IV.1</b> : Simulation instantanée du réseau de BOUJLIDA suivant la consigne 7 bar ...	28
<b>Figure.IV.2</b> : Diagramme des pressions.....	28
<b>Figure.IV.3</b> : Diagramme des vitesses.....	28
<b>Figure.IV.4</b> : Enveloppes de pressions suivant la consigne de 7 bar.....	28
<b>Figure.IV.5</b> : Simulation instantanée du réseau de BOUJLIDA suivant la consigne 4 bar...	29
<b>Figure.IV.6</b> : Diagramme des pressions.....	29
<b>Figure.IV.7</b> : Diagramme des vitesses.....	29
<b>Figure.IV.8</b> : Enveloppes de pressions suivant la consigne de 4 bar.....	29
<b>Figure.IV.9</b> : Enveloppes de pression à 11h pour le modèle 1 de consigne 7 bar.....	30
<b>Figure.IV.10</b> : Variations de la pression sur 24h au nœud 169 pour le modèle 1 de consigne 7 bar .....	31
<b>Figure.IV.11</b> : Variations de la pression sur 24h au nœud 76 pour le modèle 1 de consigne 7 bar .....	32
<b>Figure.IV.12</b> : Balance en eau du système sur 24h pour le modèle 1.....	33
<b>Figure.IV.13</b> : Enveloppes de pression à 11h pour le modèle 1 de consigne 4 bar .....	34
<b>Figure.IV.14</b> : Variations de la pression sur 24h au nœud 169 pour le modèle 1 de consigne 4 bar.....	35
<b>Figure.IV.15</b> : Variations de la pression sur 24h au nœud 76 pour le modèle 1 de consigne 4 bar .....	36
<b>Figure.IV.16</b> : Enveloppes de pression à 9h pour le modèle 2 de consigne 7 bar .....	37
<b>Figure.IV.17</b> : Variations de la pression sur 24h au nœud 169 pour le modèle 2 de consigne 7 bar .....	38
<b>Figure.IV.18</b> : Variations de la pression sur 24h au nœud 76 pour le modèle 2 de consigne 7 bar .....	39
<b>Figure.IV.19</b> : Balance en eau du système sur 24h pour le modèle 2.....	40

<b>Figure.IV.20</b> : Enveloppes de pression à 9h pour le modèle 2 de consigne 4 bar .....	41
<b>Figure.IV.21</b> : Variations de la pression sur 24h au nœud 169 pour le modèle 2 de consigne 4 bar .....	42
<b>Figure.IV.22</b> : Variations de la pression sur 24h au nœud 76 pour le modèle 2 de consigne 4 bar .....	43
<b>Figure.IV.23</b> : Propriété Pression nœud 169 consigne 7 bar modèle 1.....	45
<b>Figure.IV.24</b> : Propriété Pression nœud 76 consigne de 7 bar modèle 1.....	45
<b>Figure.IV.25</b> : Propriété Pression nœud 169 consigne 4 bar modèle 1.....	46
<b>Figure.IV.26</b> : Propriété Pression nœud 76 consigne 4 bar modèle 1.....	46

## Chapitre V : Proposition de variantes

<b>Figure.V.1</b> Proposition 1 : Changement du point d'alimentation au nœud 18.....	49
<b>Figure.V.2.</b> Diagramme des pressions à 11h.....	49
<b>Figure.V.3.</b> Enveloppe de pression.....	49
<b>Figure.V.4.</b> Proposition 2 : Changement du point d'alimentation au nœud 19.....	50
<b>Figure.V.5.</b> Diagramme des pressions à 11h.....	50
<b>Figure.V.6.</b> Enveloppe de pression.....	50
<b>Figure.V.7</b> Proposition 3 : Changement du point d'alimentation au nœud 19 avec stabilisateur aval .....	51
<b>Figure.V.8.</b> Diagramme des pressions à 11h.....	51
<b>Figure.V.9.</b> Enveloppe de pression.....	51
<b>Figure.V.10.</b> Proposition 4 : Alimentation nœud initial et nœud 18.....	52
<b>Figure.V.11.</b> Diagramme des pressions à 11h.....	52
<b>Figure.V.12.</b> Enveloppe de pression.....	52
<b>Figure.V.13.</b> Proposition 5 : Alimentation nœud initial et nœud 18 avec sectorisation.....	53
<b>Figure.V.14.</b> Diagramme des pressions à 11h.....	53
<b>Figure.V.15.</b> Enveloppe de pression.....	53

<b>Figure.V.16.</b> Proposition 6 : Alimentation nœud initial et nœud 18 avec un reducteur et une sectorisation .....	54
<b>Figure.V.17.</b> Diagramme des pressions à 11h.....	54
<b>Figure.V.18.</b> Enveloppe de pression.....	54



**INTRODUCTION**  
**GENERALE**

# INTRODUCTION GENERALE

L'hydraulique urbaine étudie les problèmes de conception, de réalisation et d'exploitation de l'installation nécessaire pour satisfaire les besoins en eau des populations regroupées en villes ou villages. En tant que vaste domaine, notre étude s'articule uniquement sur l'amener et la distribution de l'eau aux consommateurs, qui est le système d'alimentation en eau potable de Boujlida.

Localisé dans la wilaya de Tlemcen, Boujlida est un nouveau pôle urbain de la ville de Tlemcen. En pleine expansion, cette zone, de par son relief connaît de nombreux problèmes concernant son alimentation en eau potable. En effet, plusieurs défaillances du réseau d'AEP déjà en place ont été enregistrées, notamment des éclatements de conduites et des fuites. A cela s'ajoute l'insuffisance de l'alimentation en eau sur le réseau, laissant certaines parties privées d'eau sur plusieurs jours.

Cette étude nous a permis de mieux comprendre la simulation hydraulique. De ce fait, notre étude a été faite sur la base des logiciels EPANET, PORTEAU (dont nous avons eu l'expertise au cours de notre parcours d'étudiant en hydraulique urbaine).

Avec un succès dans la simulation, qui reflète la réalité du réseau après de nombreuses prospections sur terrain ; nous avons réussi à élaborer plusieurs modèles qui solutionnent le problème de Boujlida. Et cela dans une démarche analytique et minutieuse qui fait l'objet de ce mémoire de fin d'études.



# CHAPITRE I

## *GENERALITE* *SUR L'AEP ET LA* *MODELISATION*

# Chapitre I : Généralité sur l'AEP et la modélisation

## I.1.Introduction :

L'alimentation en eau potable a toujours été l'un des soucis les plus critiques au sein des nations et pays à travers le monde entier et cela depuis que l'eau est devenue une source tarissable qu'on doit protéger à l'aide d'une bonne gestion pour un meilleur développement durable.

Notre étude va dans ce sens, afin d'optimiser le réseau d'AEP déjà existant de Boujlida pour pouvoir présenter une ou plusieurs solutions dans le but de minimiser ou résoudre les problèmes dont souffre le réseau (fuites, éclatements suite à des fortes pressions, alimentation non régulière, etc.)

## I.2.Le réseau d'AEP :

L'AEP peut être défini comme étant le système de transfert, et distribution d'une eau de bonne qualité, en quantité suffisante, et avec le moins de défaillance possible aux consommateurs. Il constitue l'ensemble des moyens et infrastructures dont dispose l'ingénieur pour transporter l'eau depuis la source jusqu'au consommateur. Un réseau d'eau potable doit être fiable et durable pour pouvoir répondre aux exigences des consommateurs (quantité et qualité optimales). Et cette distribution doit se faire de façon continue et régulière avec une pression convenable. Le transport de l'eau de la source jusqu'au point de distribution se fait suivant une chaîne composée de quatre maillons principaux.

L'incorporation ou non du maillon traitement dépend de la qualité de l'eau de la source [1].

- Maillon 1 : Captage (la ressource) ;
- Maillon 2 : Adduction (la production) ;
- Maillon 3 : Stockage (le réservoir) ;
- Maillon 4 : Distribution.

Ce système est représenté dans la figure I.1.

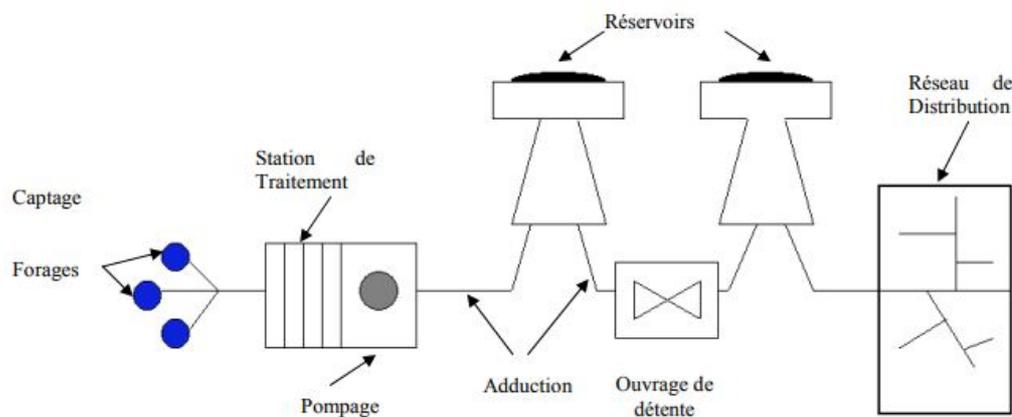


Figure.I.1. Schéma d'alimentation en eau potable [2]

# Chapitre I : Généralité sur l'AEP et la modélisation

## I.2.1. Les différents types de réseau d'AEP

Les réseaux d'AEP sont classifiés selon leurs particularités. On distingue :

### I.2.1.1. Réseau ramifié

Un type de réseau pour les zones rurales où les habitations sont éparées. En somme ce type de réseau schématisé dans la figure I.2 est utilisé pour les zones à habitations éparpillées, et l'écoulement se fait de manière unilatérale dans les conduites.

- **Avantages** : ce type de réseau est économique, aussi l'écoulement se faisant de façon unilatérale, on n'observe pas de stagnation dans les conduites donc moins de risque de prolifération de bactérie en cas de défaillance de chlore.
- **Inconvénients** : en cas de rupture d'une conduite principale tous les abonnés situés à l'aval seront privés d'eau [3].

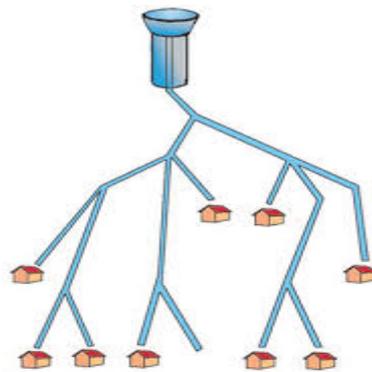


Figure.I.2. Schéma d'un réseau ramifié

### I.2.1.2. Réseau maillet

Dérive du réseau ramifié par la connexion des extrémités des conduites permettant une alimentation de retour. Ce type de réseau représenté dans la figure I.3 est couramment utilisé pour les installations des zones urbaines [3].

- **Avantages** : Plus sécurisé que le réseau ramifié (en cas de rupture d'une conduite il suffit de l'isoler et tous les abonnés situés à l'aval seront alimentés par les autres tronçons) avec une répartition plus uniforme de pression et du débit [3].
- **Inconvénients** : Plus coûteux et plus difficile à calculer ; aussi vue sa configuration ce type de réseau occasionne aussi la stagnation dans certaines conduites. Ce qui augmente le risque de prolifération des bactéries en cas de défaillance de chloration.

# Chapitre I : Généralité sur l'AEP et la modélisation

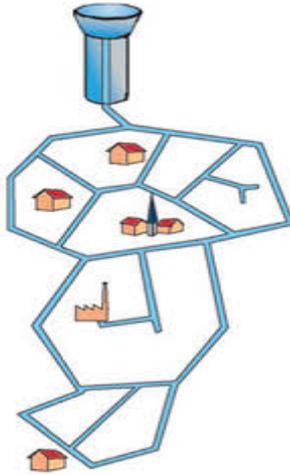


Figure.I.3. Schéma d'un réseau maillé

### I.2.1.3. Réseau mixte

De par son nom, ce réseau est une combinaison des deux précédents types de réseau. Il combine à la fois mailles et ramification afin de couvrir la zone de distribution.

### I.3. La modélisation des réseaux d'AEP.

La modélisation d'un réseau d'AEP peut être définie comme étant la représentation simplifiée d'un réseau complexe sous une forme mathématique ou numérique à travers un logiciel, dans lequel les réponses produites par les sollicitations du réseau sont difficilement prévisibles à cause d'un très grand nombre de facteurs mis en jeu. Et ces facteurs peuvent être résumés comme étant :

- La rugosité influencée par la nature des conduites,
- Les pertes de charges entraînées par cette dernière,
- La topographie de la zone ce qui influence les cotes.

#### I.3.1. Introduction à la modélisation de réseaux d'AEP :

La réalisation d'une modélisation hydraulique d'un réseau d'eau potable a pour but de reproduire mathématiquement le fonctionnement réel du système. Les modèles hydrauliques permettent de déterminer les caractéristiques d'un réseau : pression en chaque point du réseau, sens de circulation de l'eau, débit dans les conduites, point de fonctionnement des ouvrages singuliers (réservoirs, pompes, régulateurs, ...). Cette modélisation doit aussi permettre de déterminer les insuffisances et anomalies de fonctionnement des réseaux et des ouvrages. Après la modélisation de l'existant, la simulation informatique doit pouvoir valider les aménagements et travaux nécessaires pour améliorer et sécuriser la distribution de l'eau potable.

A condition d'être élaboré avec soin, un modèle permet donc :

- De comprendre l'influence des différents paramètres sur le fonctionnement du réseau ;
- D'analyser le comportement du réseau à partir de modifications structurelles ou fonctionnelles [4].

# Chapitre I : Généralité sur l'AEP et la modélisation

La figure I.4 nous montre les différentes étapes de la modélisation d'un réseau d'AEP :

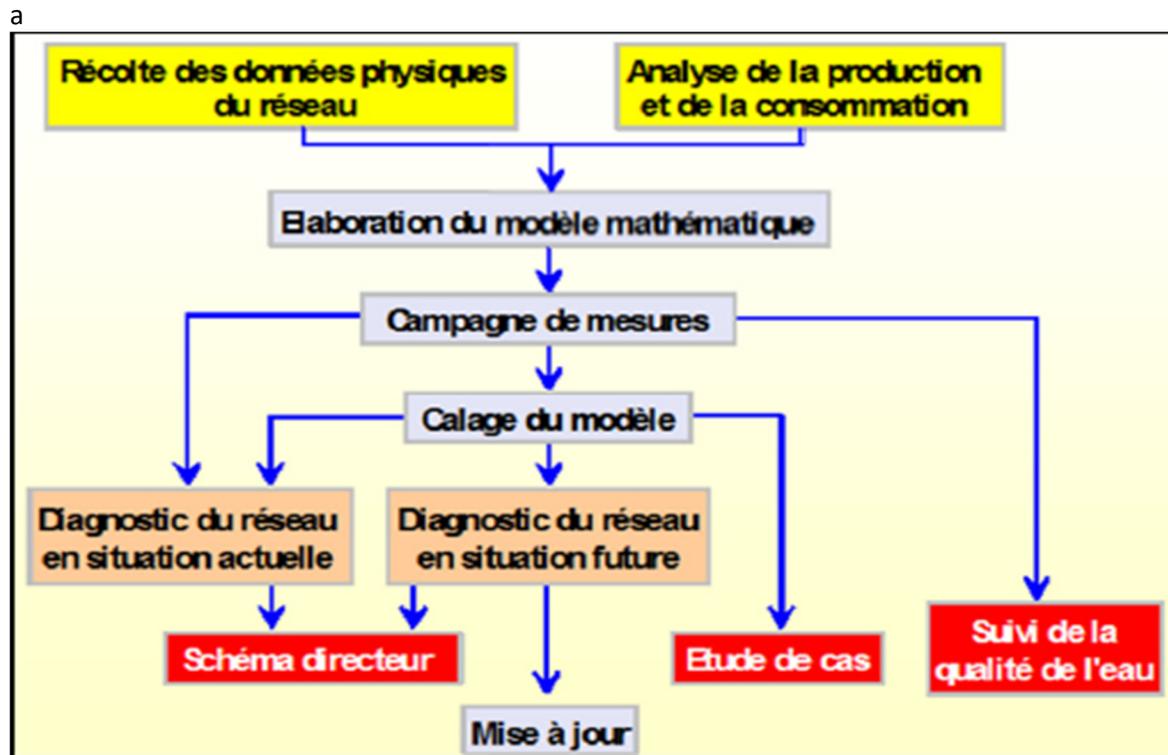


Figure.I.4. Etapes de modélisation d'un réseau d'AEP [5]

## I.3.2. But de la modélisation d'un réseau d'AEP :

Le but de la modélisation est tout simple : arriver à reproduire le plus proche possible le fonctionnement réel du réseau d'AEP et de le traduire en structure de données pour une gestion plus optimale. Pour ce faire la modélisation a besoin de plusieurs éléments crucial pour son bon développement (une bonne base de données) afin de fournir les meilleurs résultats possibles. La base de données se présente sous deux formes de données :

- Les données statiques décrivant :
  - ❖ le réseau : conduite (Longueur, Diamètre, Rugosité, ...), altimétrie des nœuds ;
  - ❖ les ouvrages : pompes, réservoirs, appareils de régulation ;
  - ❖ la répartition géographique de la consommation moyenne annuelle des nœuds. Ces données constituent le modèle physique.
- 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, et des appareils de régulation [7].

## I.3.3. Réalisation d'un modèle de réseau

La construction d'un modèle de réseau se décompose suivant les étapes successives présentées ci-dessous :

# Chapitre I : Généralité sur l'AEP et la modélisation

- Choix du réseau à modéliser : étape préalable indispensable permettant de décider du niveau de détail du modèle en fonction des objectifs visés par la modélisation.
- Constitution de la base de données : collecte, synthèse des données sur les conduites, les ouvrages, la topographie, la consommation. Mise au format du logiciel et saisie.
- Campagne de mesures en vue du calage : Installation de capteurs de débits et de pression sur l'ensemble du réseau.
- Calage du modèle : Ajustement des paramètres du modèle (rugosité des conduites, répartition spatiale de la demande, profils de demande, pertes de charges singulières) afin d'obtenir la meilleure corrélation possible entre les valeurs observées lors de la campagne de mesures et les résultats de simulation dans la même configuration de fonctionnement du réseau. On valide souvent un calage pour que le même jeu de paramètres minimise les écarts mesures-calculs.
- Utilisations du modèle : Une fois le modèle calé, il est représentatif du fonctionnement actuel du réseau. Il sera alors possible de simuler différentes configurations de réseau et de consommations correspondant à des optimisations de fonctionnement, à des situations de crise ou aux développements futurs du réseau. Un modèle hydraulique est avant tout un outil d'aide à l'analyse. Son utilisateur doit être en mesure de définir l'objectif visé pour chaque simulation et d'en analyser les résultats. Il doit donc maîtriser l'hydraulique des réseaux de distribution [7].

## I.3.4. Limite de la modélisation :

La modélisation est un outil qui n'a d'utilité qu'en complément d'une excellente connaissance du terrain. Une modélisation avec des hypothèses qui ne se confirment pas sur le terrain (diamètre des conduites mal connu, rugosité évaluée sans l'avoir vérifiée, topographie mal estimée, fonctionnement hydraulique non permanent, etc.) est non seulement inutile mais conduira à des erreurs de dimensionnement, voir à un non fonctionnement complet du projet.

L'outil de modélisation doit ainsi être réservé seulement aux réseaux déjà en état de fonctionnement hydraulique en charge et dont les caractéristiques physiques réelles sont bien connues ou facilement mesurables en pratique.

Pour les réseaux simples (ramifiés, faible nombre d'abonnés...) ou peu fonctionnels (mise en charge quelques heures seulement), il est vivement recommandé de procéder à un calcul hydraulique sur papier et un dessin précis du réseau, plutôt qu'à une modélisation qui prendrait du temps pour un résultat risquant d'être éloigné des réalités du réseau [4].

## I.4. Les logiciels hydrauliques de modélisation d'un réseau d'AEP :

### I.4.1. Le modèle EPANET

#### a) Définition

EPANET est un logiciel servant à l'analyse de systèmes de distribution d'eau potable. Cette analyse comprend la simulation du comportement hydraulique et qualitatif de l'eau sur de longues durées dans les réseaux sous pression. C'est un logiciel du domaine public qui a été

# Chapitre I : Généralité sur l’AEP et la modélisation

développé pour l'*Environmental Protection Agency*. On sait qu'un réseau est un composé de tuyaux, nœuds, pompes, vannes, bâches et réservoirs. Epanet peut calculer différentes variables comme la pression à chaque nœud, le niveau d'eau dans les réservoirs, ainsi que la concentration en substances chimiques dans les différentes parties du système.

Le logiciel EPANET permet une analyse hydraulique de réseau à partir des caractéristiques physiques des tuyaux et dynamiques des nœuds. Il peut être utilisé pour différents types d'application dans l'analyse de systèmes de distribution. EPANET offre aussi une aide à la recherche de stratégies alternatives pour gérer un réseau (modification du régime de pompage, précision d'usage des stations de re-chloration, planification des entretiens et des remplacements des éléments du réseau, etc.). EPANET propose de maintenir et d'améliorer la qualité d'eau distribuée aux consommateurs.

## b) Caractéristiques principales du logiciel

Les caractéristiques principale d’EPANET sont :

- ❖ Logiciel gratuit ;
- ❖ Dimensionnement de réseaux ;
- ❖ Taille de réseau illimitée ;
- ❖ Choix de différentes formules de calcul des pertes de charge ;
- ❖ Régulation des pressions dans le réseau ;
- ❖ Simulation de pompes à vitesse fixe ou variable ;
- ❖ Calcul de l'énergie consommée et coût ;
- ❖ Simulation de différents types de vannes et clapets ;
- ❖ Géométrie des réservoirs aux formes variées possible ;
- ❖ Détection des zones de fonctionnement déficitaire ;
- ❖ Visualiser les résultats d’une simulation [10].

## c) Les étapes de l’utilisation d’EPANET

Les étapes classiques de l’utilisation d’EPANET pour simuler un système de distribution d’eau sont les suivantes :

- ❖ Dessiner le réseau représentant le système de distribution ou importer une description de base du réseau enregistrée dans un fichier au format texte ;
- ❖ Saisir les propriétés des éléments du réseau ;
- ❖ Décrire le fonctionnement du système ;
- ❖ Sélectionner un ensemble d’options de simulation ;
- ❖ Lancer la simulation hydraulique ;
- ❖ Visualiser les résultats de la simulation [10].

## I.4.2. Le modèle PORTEAU

### a) Présentation générale

PORTEAU est un outil de modélisation du comportement d'un réseau maillé de distribution ou de transport d'eau sous pression. Il constitue une aide à la décision pour le dimensionnement et la gestion d'un réseau de distribution ou d'adduction d'eau potable.

# Chapitre I : Généralité sur l'AEP et la modélisation

## b) Principales caractéristiques

Les principales caractéristiques de PORTEAU sont :

- ❖ L'analyse du fonctionnement des réseaux actuels ;
- ❖ L'aide à la décision dans le cadre d'un projet, ou d'un schéma directeur ;
- ❖ L'analyse des défaillances dans le cadre de l'exploitation ;
- ❖ L'analyse de la qualité de l'eau [11].

## c) Modules de calcul

Le logiciel PORTEAU est régi par trois modules de calculs qui sont :

- ❖ Opointe : calcul en régime de pointe
  - Modèle probabiliste,
  - Prise en compte du caractère aléatoire de la demande en pointe,
  - Photographie instantanée du réseau,
  - Simulation incendie.
- ❖ Zomayet : calcul de réseaux maillés de 1 h à plusieurs semaines
  - Modèles déterministes,
  - Répartition horaire de la demande simulation sur plusieurs heures du réseau (0-360h),
  - Analyse du transport,
  - Étude des singularités.
- ❖ Qualité : suivi de l'évolution de la concentration de soluté à travers le réseau
  - Modèle couplé avec un calcul hydraulique Zomayet,
  - Suivi d'un traceur, d'un polluant ou d'un désinfectant (chlore),
  - Temps de séjour (âge) et provenance de l'eau,
  - Taux résiduel du soluté suivant une loi d'ordre quelconque,
  - Calcul simultané de l'âge, la provenance et le taux résiduel,
  - Calcul de la température [11].

### I.4.3. Le modèle WATERCAD

#### a) Présentation du modèle

WATERCAD est un logiciel de modélisation hydraulique et de qualité de l'eau facile à utiliser, il s'applique pour les systèmes de distribution d'eau.

Beaucoup de municipalités et entreprises d'ingénierie font confiance à WATERCAD en tant que source fiable pour la prise de décision pour leurs infrastructures hydrauliques.

De l'analyse du débit d'incendie, de la concentration des constituants, au coût de l'énergie, la gestion et la modélisation des pompes, WATERCAD aide les ingénieurs et les services publics à analyser, concevoir, et optimiser les systèmes de distribution d'eau [12].

#### b) Le module Load Builder

Ce module présente une réelle aide aux ingénieurs et un gain de temps considérable, car il donne l'avantage de calculer les demandes de base pour chaque nœud en juste quelques secondes et cela au travers de multiples méthodes de calcul de répartition de débit.

# Chapitre I : Généralité sur l'AEP et la modélisation

## c) Principales caractéristiques

Les principales caractéristiques de WATERCAD sont les suivantes :

- ❖ La simulation en condition normale,
- ❖ La simulation en période étendue,
- ❖ L'analyse de criticité,
- ❖ L'analyse de mélange de l'eau dans les réservoirs
- ❖ Le pompage à vitesse variable,
- ❖ La gestion de la consommation d'énergie et des coûts d'infrastructure,
- ❖ La modélisation des fuites,
- ❖ L'analyse de la consommation en fonction de la pression,
- ❖ La modélisation des vannes.

WATERCAD prend en charge divers arrière-plans, intègre des utilitaires de conversion à partir de logiciels DAO ou SIG et de bases de données permettant une utilisation illimitée de la fonction annuler/rétablir mise en forme [13].



## CHAPITRE II

# *PRESENTATION* *DE LA ZONE* *D'ETUDE*

# CHAPITRE II : Présentation de la zone d'étude

## II.1. Introduction

La zone de Boujlida constitue un nouveau pôle urbain implanté sur une superficie globale de 105 hectares et doté d'importants projets d'habitats, de commodités nécessaires et d'espaces verts [22]. Un pôle urbain qui est une expansion de la ville de Tlemcen.

Dans ce chapitre, nous présentons notre zone d'étude par le biais des facteurs suivants :

- La géologie et topographie de la zone ;
- La situation démographique sur site ;
- L'alimentation en eau potable du réseau.

## II.2. Description géographique de la zone d'étude

Notre zone d'étude se situe au nord de Kudia, au sud d'Ain El Hadjar, et à l'est d'Oujlida, représenté dans la figure II.1.



Figure II.1. La géolocalisation de Boujlida

## II.3. Description topographique de Boujlida

La région de Boujlida est une région assez accidentée avec des pentes très importantes allant jusqu'à 20% (ADE Tlemcen), ses altitudes varient entre 550 m à 620 m illustrés dans la figure II.2.

## CHAPITRE II : Présentation de la zone d'étude



Figure.II.2. Aperçus des dénivelés dans les différentes zones de Boujlida

# CHAPITRE II : Présentation de la zone d'étude

## II.4. La situation démographique sur site

D'après les données de l'ADE Tlemcen le nombre total de logements à Boujlida est de 8064 logements, pour une population de 40320 habitants.  
- Remarque : Notre étude porte sur le cas actuel donc tout le calcul se fera sur la population de l'année ci 2018-2019 (40320 Habitant).

**NB** : Pour l'évaluation approximative d'une population à un horizon futur d'une année « n » on peut utiliser l'équation suivante :

$$P_n = P_0 (1 + \alpha)^n \quad \text{Equ. (II.1)}$$

Avec :

$P_n$  : la population à l'horizon de l'année n.

$P_0$  : la population de l'année de référence,

$\alpha$  : le taux d'accroissement de la population

## II.5. L'alimentation en eau potable :

L'alimentation du réseau d'AEP de Boujlida se fait au niveau d'un picage du réservoir 10000 m<sup>3</sup> avec une conduite 400 mm en fonte jusqu'à l'entrée de Kudia où cette dernière s'emboîte avec une conduite en PEHD, fil 315 mm.

Le réservoir 10000 m<sup>3</sup> est alimenté par :

- ❖ La SDEM de Honain avec une conduite en fonte ductile de 200 mm de diamètre dans la majorité du temps.
- ❖ Le barrage Sekak avec une conduite en fonte ductile de diamètre 400 mm quand la SDEM de Honain est à l'arrêt.

L'alimentation de notre zone d'étude, est schématisé par la figure II.3

## CHAPITRE II : Présentation de la zone d'étude

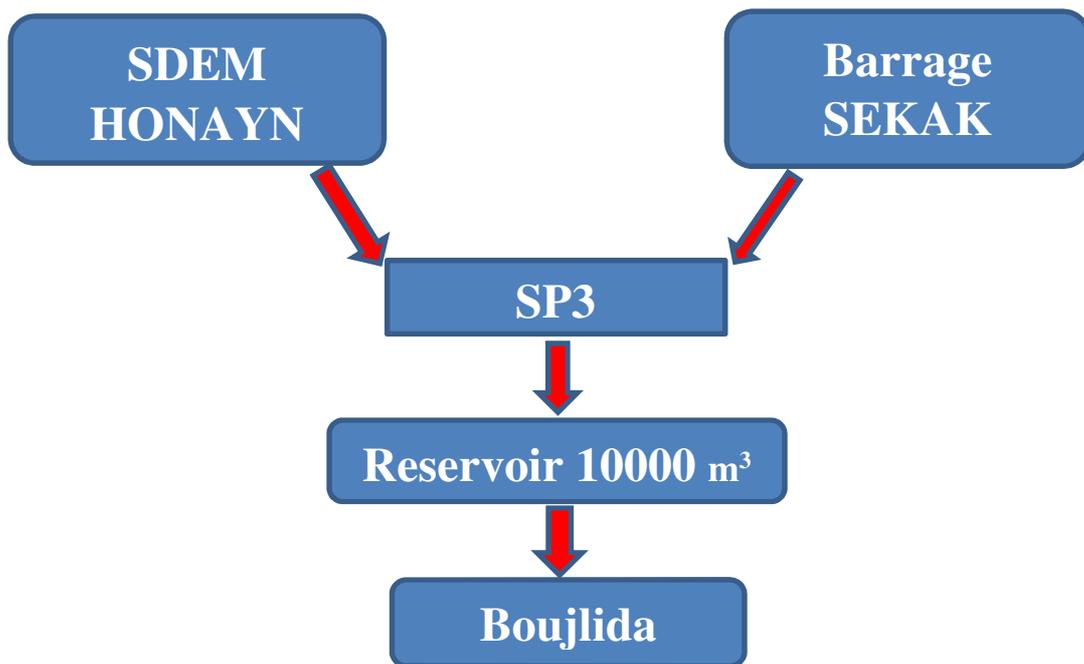


Figure.II.3. Schéma de l'alimentation de Boujlida

### II.6. Ouvrages hydrauliques :

Le réseau de Boujlida est alimenté par le réservoir 10000 m<sup>3</sup> représenté sur la figure II.4.



Figure.II.4.Le réservoir 10000 m<sup>3</sup>

## CHAPITRE II : Présentation de la zone d'étude

Le tableau II.1 représente les caractéristiques du réservoir qui alimentent notre zone d'étude

Tableau II.1. Caractéristiques du réservoir

Réservoir	Altitude (m)	H (m)	V (m <sup>3</sup> )	Forme
Réservoir 10000	760	8	10000	Rectangulaire

### II.7. Le réseau d'AEP de la zone d'étude

Le réseau de notre zone d'étude est un réseau mixte, avec les particularités suivantes :

- ❖ Réseau primaire déjà existant en PEHD auquel sont rattachés plusieurs réseaux secondaires en PEHD aussi (la zone est en pleine expansion).
- ❖ Sa longueur totale s'élève aux environs des 20 Km (réseaux secondaires y compris).
- ❖ Tout le réseau est construit en PEHD avec des diamètres normalisés différents allant de 40 mm jusqu'à 400 mm, tel que c'est représenté sur la figure II.5.

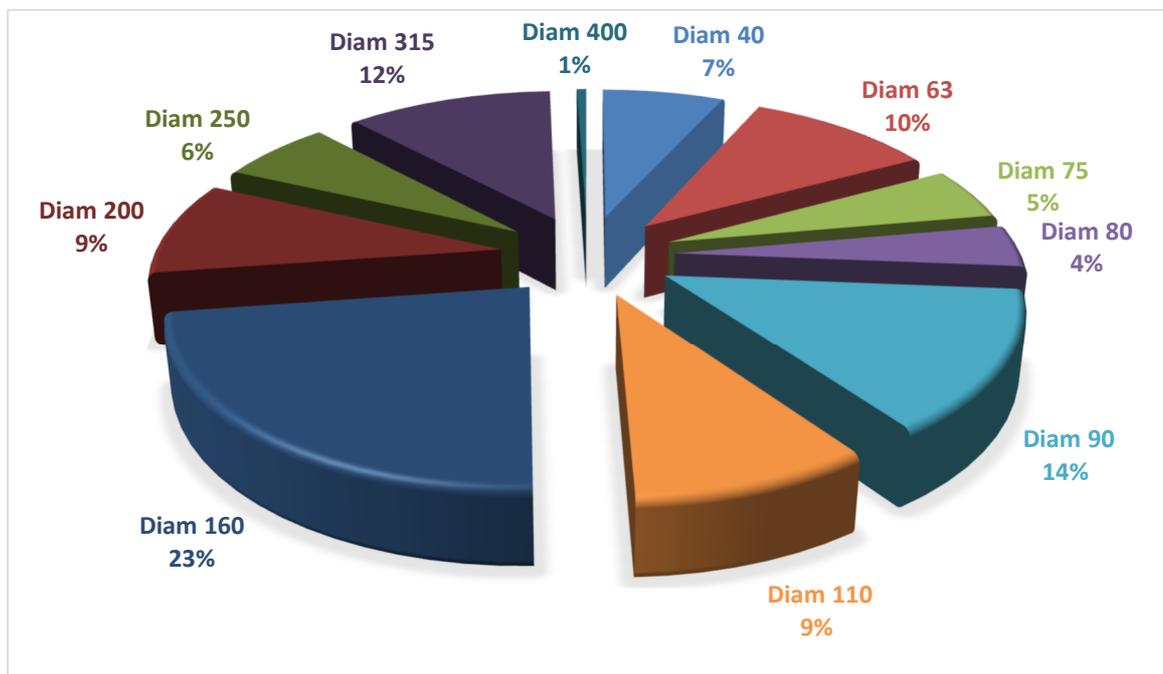


Figure.II.5. Les diamètres des conduites du réseau de Boujlida

- ❖ Le réseau souffre de plusieurs problèmes de pression dus au fait que la zone est formée de plusieurs pentes très importantes et donc il existe une grande différence d'altitudes entre les nœuds du réseau.

## CHAPITRE II : Présentation de la zone d'étude

- ❖ Le réseau est régulé à l'aide d'un réducteur de pression à l'amont de Boujlida, dont l'emplacement est situé sur la figure II.5.

**Remarque** : présentement ce réducteur de pression a des défaillances techniques.



Figure.II.6. La localisation du réducteur de pression de Boujlida

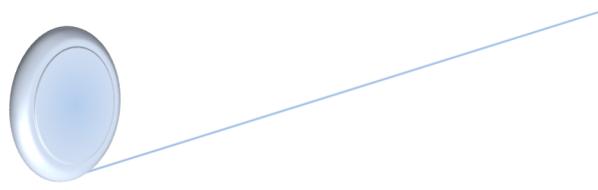
**NB** : Le réducteur de pression est un accessoire hydraulique qui permet de réduire la pression à son aval indépendamment de sa pression amont, en respectant une consignée.

- ❖ Afin de pallier à la défaillance du réducteur de pression l'ADE Tlemcen travail avec deux consignes : la première de 7 bar et la deuxième de 4 bar.
- ❖ Les différents quartiers de Boujlida n'ont pas la même fréquence de distribution d'eaux, quelques quartiers reçoivent de l'eau tous les jours, d'autre 3 ou 4 fois par semaine.
- ❖ Le réseau de Boujlida souffre de plusieurs éclatements de conduites, et fuites, illustré par la figure II.8.

## CHAPITRE II : Présentation de la zone d'étude



Figure.II.7. Aperçus des fuites au niveau des différents quartiers de Boujlida



## CHAPITRE III

# *PRESENTATION* *DU PROJET*

# CHAPITRE III : Présentation du projet

## III.1. Introduction

Connaissant le besoin vital qui est l'accès à l'eau potable, l'ADE Tlemcen a fait de l'approvisionnement en eau potable son credo. C'est dans cette optique que la zone de Boujlida a été aménagée pour l'alimentation de près de 8064 Logements.

Mais le réseau déjà en place connaît des insuffisances. Ces dernières qui sont la résultante de la particularité de la zone d'étude, qui est une petite zone mais dont le relief est en majeure partie accidenté.

Après des prospections sur terrain, nous avons en effet remarqué des variations de niveau très importantes et ce sur de courtes distances (voir figure II.2).

Avec une telle configuration, la zone de Boujlida connaît à la fois des fuites, des éclatements de conduites et des coupures d'alimentation sur de longues périodes allant de 2 à 4 jours.

## III.2. Objectif de l'étude

L'objectif de notre étude sur la zone de Boujlida consiste en la modélisation du réseau actuel ; puis en l'élaboration de propositions pour l'optimisation du réseau déjà en place.

Il s'agit de :

- Faire une simulation du comportement hydraulique de notre réseau.
- Concevoir des variantes pour l'optimisation du réseau actuel.

## III.3. Méthodologie

### III.3.1. Recherche documentaire

Pour cette partie du travail notre base de données par rapport à la zone d'étude (Boujlida) était déjà connue mais pas complète, et en l'absence des plans de recellement, on a procédé à des prospections sur terrain pour valider les plans du réseau primaire et en même temps compléter le réseau secondaire.

### III.3.2. Visite sur site :

Après avoir terminé avec la partie recherche documentaire nous avons dû faire une sortie sur terrain pour observer la topologie de notre terrain d'étude, on s'est vite rendu compte que les altitudes données sur le plan de masse de Boujlida ramené de l'ADE Tlemcen n'étaient pas certifiées. Or pour notre étude les altitudes sont extrêmement cruciales du moment où elles influencent l'écoulement, et les pressions du réseau.

Vue le manque de données valides, nous avons alors dû mettre à jour les altitudes du plan du réseau. Ce travail se présenta sous une étonnante complexité, nous avons dû effectuer des mesures à l'aide d'un GPS pro avec la supervision d'un ingénieur du centre forestier au niveau de Mansourah, et d'applications sur Smartphone « Altimètre précis, BAROMETER »), ces 2 dernières mesures n'étaient pas fiables car les appareils utilisés ont besoin d'un espace assez dégagé afin de pouvoir donner de bons résultats avec des incertitudes minimales. Or la localité de Boujlida, constitué en majorité par des bâtiments d'au moins 3 niveaux, présente peu d'espaces ouverts.

# CHAPITRE III : Présentation du projet

Après avoir réussi à superposer le réseau d'AEP avec la carte de la zone de Boujlida tiré de la plateforme GOOGLE EARTH, tel que c'est schématisé sur la figure III.1, on a pu arriver à récolter les altitudes qui nous manquaient.



Figure.III.1. Superposition de la zone d'étude sur Google Earth



Figure.III.2. Zoom sur la superposition de la zone d'étude sur Google Earth

# CHAPITRE III : Présentation du projet

## III.3.3. Traitement de donnés

### III.3.3.1. Conversion sur EPANET

EPACAD est un logiciel qui convertit un fichier AUTOCAD en un fichier EPANET, ce dernier est un logiciel gratuit qui est très utilisé pour la simulation des réseaux d'AEP. Il est capable d'importer automatiquement les principales propriétés des éléments nœuds-conduites, et fournit les informations requises pour construire un réseau d'eau potable, voir figure ci-dessous :



Figure.III.3. Transformation d'un réseau sous AUTOCAD vers un fichier EPANET [14]

### III.3.3.2. Mise en forme

Après conversion, notre réseau est sur format NET (extension EPANET). Mais la conversion présente toujours des insuffisances. Il convient de mentionner que la conversion n'attribue que la forme du réseau. Et dans cette phase nous avons reconditionné l'ensemble de notre réseau. C'est-à-dire établir les connexions entre les nœuds, les conduites. La mise en forme c'est fait d'une façon minutieuse, afin de supprimer les nœuds et conduites en plus dû à la conversion. Une fois reconditionné l'ensemble des conduites et nœud se doivent d'avoir leurs caractéristiques conformes à notre réseau. Les données rassemblées lors des étapes de recherche documentaire et visite sur site sont entrées dans notre modèle.

- Conduite : longueur, diamètre
- Nœud de demande : altitudes, demande de base, courbe de modulation
- Réservoir : altitude, côte radié, hauteur, diamètre, niveau initial, minimal, maximal
- Réducteur de pression : diamètre, consigne, état de fonctionnement (en régulation)

La mise en forme est la base de conception de notre modèle. Car la moindre erreur pourrait nuire à la simulation. Et la détecté serait une autre paire de manche.

# CHAPITRE III : Présentation du projet

## III.3.4-Calcul hydraulique

### III.3.4.1. Evaluation des besoins en eau

Notre zone d'étude comme présenté précédemment, est une zone en pleine croissance. Selon l'ADE Tlemcen, la zone de Boujlida compterait 8064 logements, autrement dit aux environs des 40320 hab. La localité de Boujlida est assurée par une alimentation de 150 l/jour/hab.

Pour la détermination des besoins moyens journaliers, le débit de pointe, nous avons eu recours aux équations ci-dessous :

#### Débit moyen journalier

$$Q_{moy} = (P * D) / 86400 \quad \text{Equ.III.1}$$

Avec :

Q<sub>moy</sub> : débit moyen en (l/s)

P : Nombre de population

D : La dotation en l/jr/hab.

#### Coefficient de pointe

$$C_p = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_{moy}}} \quad \text{Equ.III.2}$$

Avec :

C<sub>p</sub> : coefficient de pointe

Q<sub>moy</sub> en (l/s)

#### Débit de pointe

$$Q_p = Q_{moy} * C_p \quad \text{Equ.III.3}$$

Q<sub>p</sub> : débit de pointe (l/s)

Les résultats des equ.III.1 à 3 sont regroupés dans le tableau III.1.

# CHAPITRE III : Présentation du projet

**Tableau III.1 : Débit distribué**

Dotations	Population	Débit moyen (l/s)	Débit de pointe (l/s)
150	40320	70	125,92

## III.3.4.2. Courbes de consommations

En AEP la distribution se fait en fonction de la demande qui varie au cours de la journée. Dans l'optique de satisfaire la demande en eau des abonnés pendant les heures de pointes, l'ensemble des demandes de bases se doivent d'être réévaluer à l'aide de coefficient pour chaque heure de la journée. Pourquoi ce pas de temps horaire, tout simplement pour mettre en évidence et mieux répartir la distribution pendant les heures de pointes (moment durant lesquels la consommation se voit relativement en hausse). D'où le nom de courbe de consommation qui représente les coefficients multiplicateurs en fonction de l'heure.

Et en fonction de l'heure de pointe notre étude s'est fait sur la base de deux courbes de consommations pour chaque scénario (Tableau III.2). On distingue deux courbes de consommation dont une à heure de pointe 11 h (figure III.4) et une deuxième dont l'heure de pointe est 9 h (figure III.5) [19].

# CHAPITRE III : Présentation du projet

Tableau III.2 : Tableau des courbes de consommation [19]

Courbes de consommation		
Horaires	Modèle 1	Modèle 2
1	0,22	0,1586
2	0,11	0,1246
3	0,1	0,1837
4	0,1	0,234
5	0,13	0,1593
6	0,23	0,1594
7	0,56	0,4216
8	1,14	0,9449
9	1,64	1
10	1,96	0,8651
11	2,04	0,8198
12	1,91	0,6732
13	1,65	0,6291
14	1,7	0,6151
15	1,23	0,5423
16	1,16	0,5227
17	1,23	0,4982
18	1,28	0,6184
19	1,23	0,805
20	1,13	0,8862
21	0,98	0,9099
22	1	0,7766
23	0,81	0,6206
24	0,45	0,4353

Après identification de nos courbes de consommation, elles sont introduites dans notre modèle. Sur EPANET elles se présentent comme suit sur les figures ci-dessous.

# CHAPITRE III : Présentation du projet

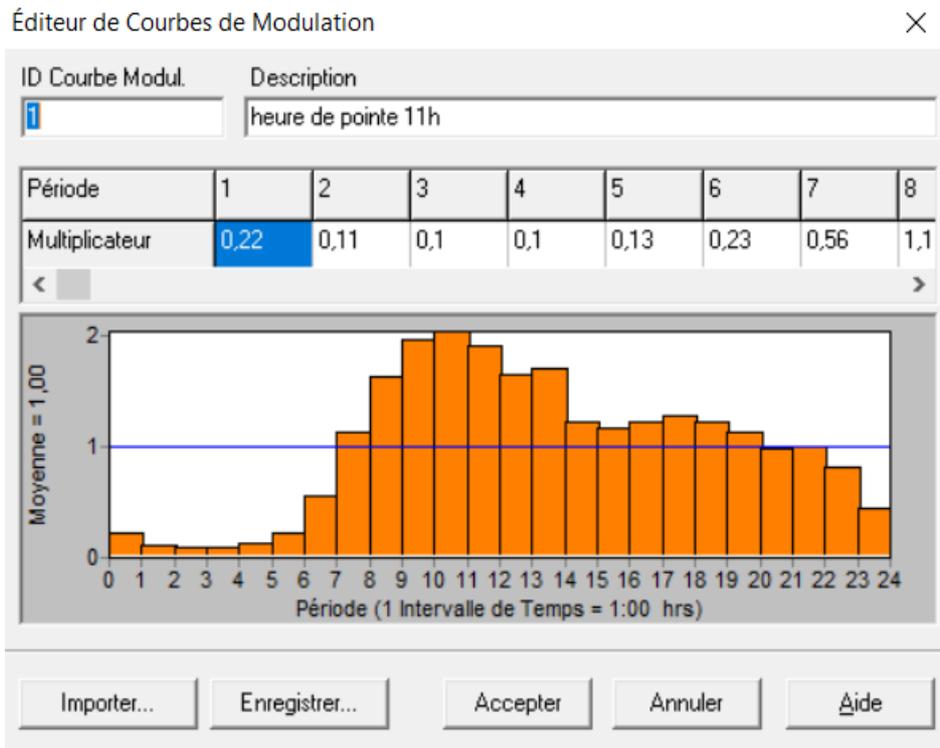


Figure.III.4. Modèle 1 (heure de pointe 11h)

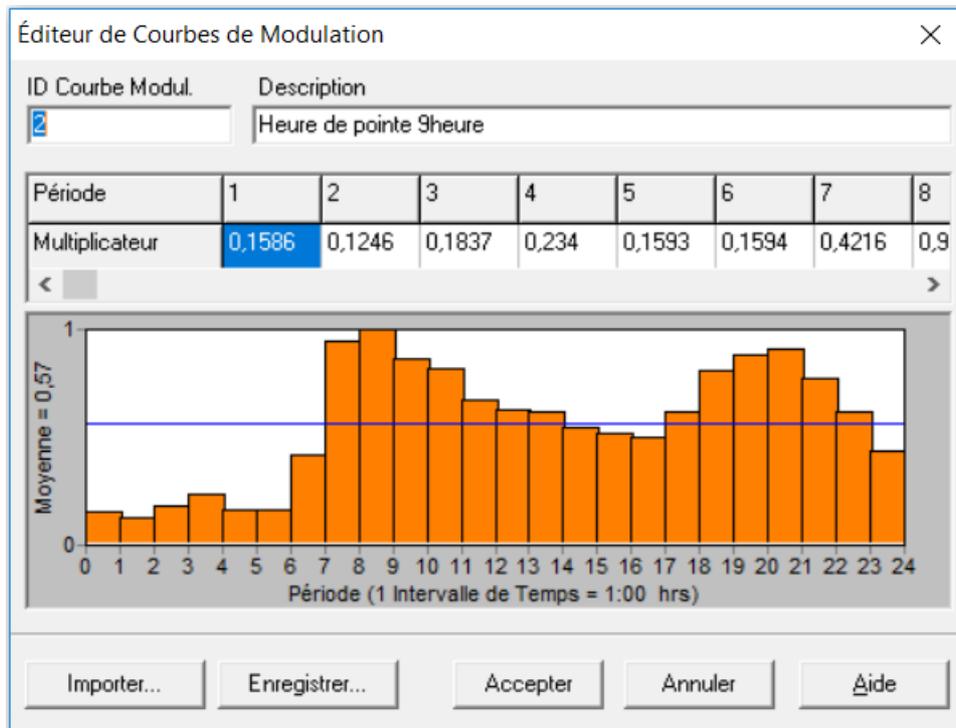


Figure.III.5. Modèle 2 (heure de pointe 9h)

# CHAPITRE III : Présentation du projet

## III.3.4.3. Passage d'EPANET vers WATERCAD

Notre réseau est bien au complet sur le plan détail. Pour rappel la méthode généralement utilisé dans les réseaux de distribution est la méthode de HARDY CROSS, cette dernière est régie par deux principes qui sont :

- La somme du débit entrant dans un nœud est proportionnelle à la somme du débit sortant de ce nœud.
- La somme algébrique des pertes de charge dans une même maille est nulle.

En cela on voit toujours l'aspect manuel des calculs. Mais la beauté de la modélisation vient de son hyper efficacité grâce à l'outil informatique. En effet WATERCAD nous permet de calculer les demandes de base noyaux avec une grande précision. A l'instar de nos calculs manuels qui malgré les itérations convergentes ne sont pas pour autant très précise.

Une fois que notre réseau ait été mise en forme sur EPANET, pour le calcul des demandes de base, nous l'avons exporté sous forme INP sur le logiciel WATERCAD comme indiqué dans la figure III.6.

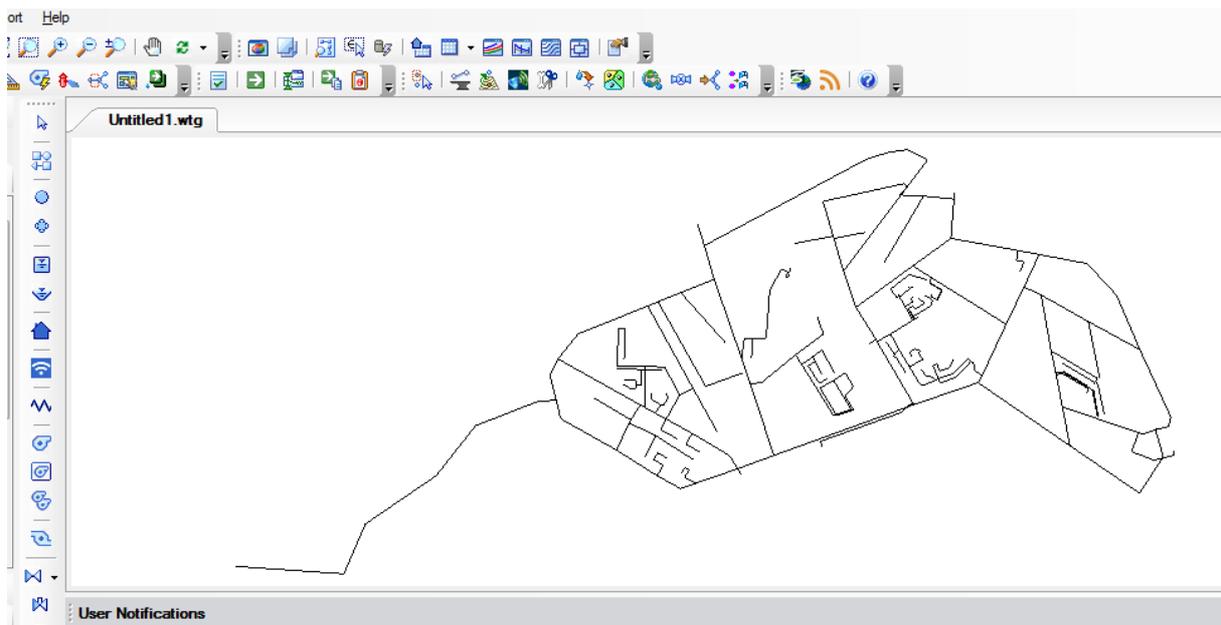


Figure.III.6. Réseau sur WATERCAD

Après calcul des demandes de base sur WATERCAD, l'ensemble des données sont exportés sur EPANET sous forme INP.

# CHAPITRE III : Présentation du projet

## III.3.4.4. Passage d'EPANET vers PORTEAU

Le passage d'EPANET vers PORTEAU qui se fait grâce à la passerelle d'importation de fichier INP. Le but de ce passage est de comparer les résultats de la simulation des deux logiciels (EPANET, PORTEAU) [17]. Tel que c'est présenté sur la figure III.7.

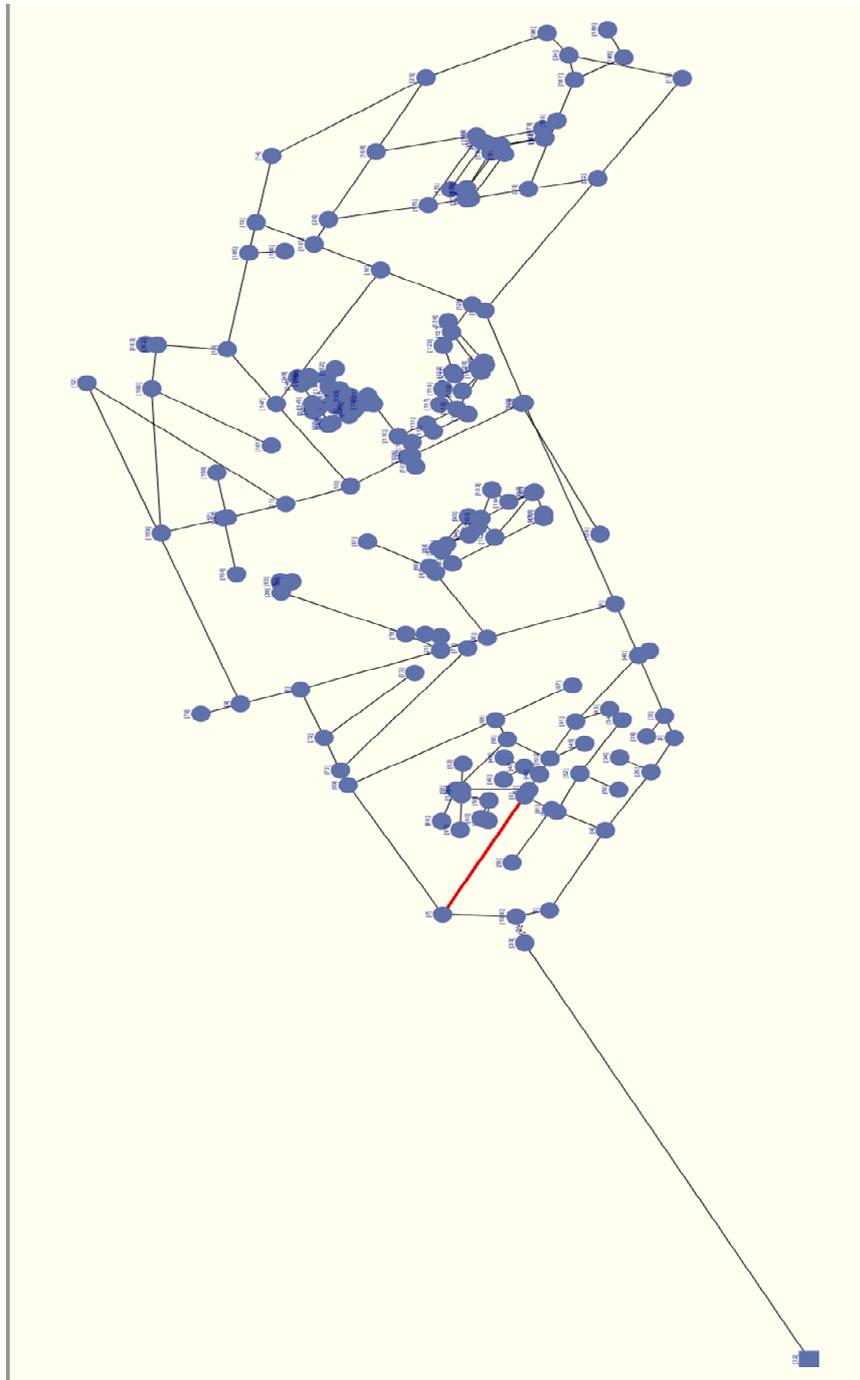


Figure.III.7. Modélisation du réseau d'AEP de Boujlida sous PORTEAU



## CHAPITRE IV

# *SIMULATIONS -* *ANALYSES*

# CHAPITRE IV : Simulations - Analyses

## IV.1. Introduction

La zone de Boujlida est connue pour sa particularité topographique. Ce qui cause de nombreux problèmes notamment hydrauliques au réseau d'alimentation. Bien qu'équipé d'un réducteur de pression, ce dernier est sujet à des pannes fréquentes.

Ce réducteur de pression fonctionne avec une consigne de 7 bar en temps normal, afin d'alimenter la zone Est. Mais au fil du temps le réducteur ne respecte plus la consigne introduite ; en fonctionnement cette dernière monte de façon progressive et dépasse les 20 bar. Ce qui pourrait être la cause d'éclatements, et des fuites observés dans la zone Nord.

Pour pallier à cette insuffisance de l'accessoire, l'ADE Tlemcen influence la pression en aval du réducteur de pression par un jeu de vanne au niveau du réservoir 10000 m<sup>3</sup>. En jouant sur le débit qui transite dans l'adduction.

En réduisant le débit la pression est ramenée à 4 bar au niveau du réducteur, ce qui permet de minimiser les dégâts dans le réseau (éviter les éclatements observés dans la zone Nord)

Dans la quête de trouver des réponses à ce problème, cette étude a été proposée.

Ce chapitre sera consacré à la réalisation de la simulation sous le logiciel EPANET, PORTEAU, et d'en exposer les analyses pour déterminer les contraintes rencontrées sur le réseau de Boujlida.

## IV.2. Simulation et Analyse suivant EPANET

Le logiciel EPANET présente une interface conviviale. Sa malléabilité et sa simplicité nous permet d'avoir deux sortes de simulations. A savoir :

- Une simulation instantanée qui est nécessaire pour l'évaluation du réseau après dimensionnement afin de suivre et vérifier les conditions d'écoulement. Dans notre cas ce type de simulation nous permet d'avoir une esquisse de notre réseau et de vérifier l'écoulement.
- Une simulation longue durée qui permet de suivre l'évolution du réseau sur un temps bien déterminé (24h, 48h, 72h, etc.) avec un pas de temps régulier. Les paramètres de fonctionnement surveillés sont : la variation du niveau du réservoir, la variation des pressions en n'importe quel point du réseau, le fonctionnement des accessoires, etc. [18]. Avec ce type de simulation nous pouvons mettre à l'épreuve le réseau d'exploitation et l'ajuster.

### IV.2.1. Simulation instantanée

Après simulation, le rapport « simulation réussie » apparaît. Ce qui montre que le réseau est bien conditionné. Pour la présentation des résultats, on remarque une légende qui peut être

# CHAPITRE IV : Simulations - Analyses

ajusté en fonction des besoins, et des paramètres à exposer. Suite à cela notre modèle est fonctionnel et sa forme est représentée dans la figure.IV.1 suivant la consigne 7 bar.

## Simulation instantanée de consigne 7 bar

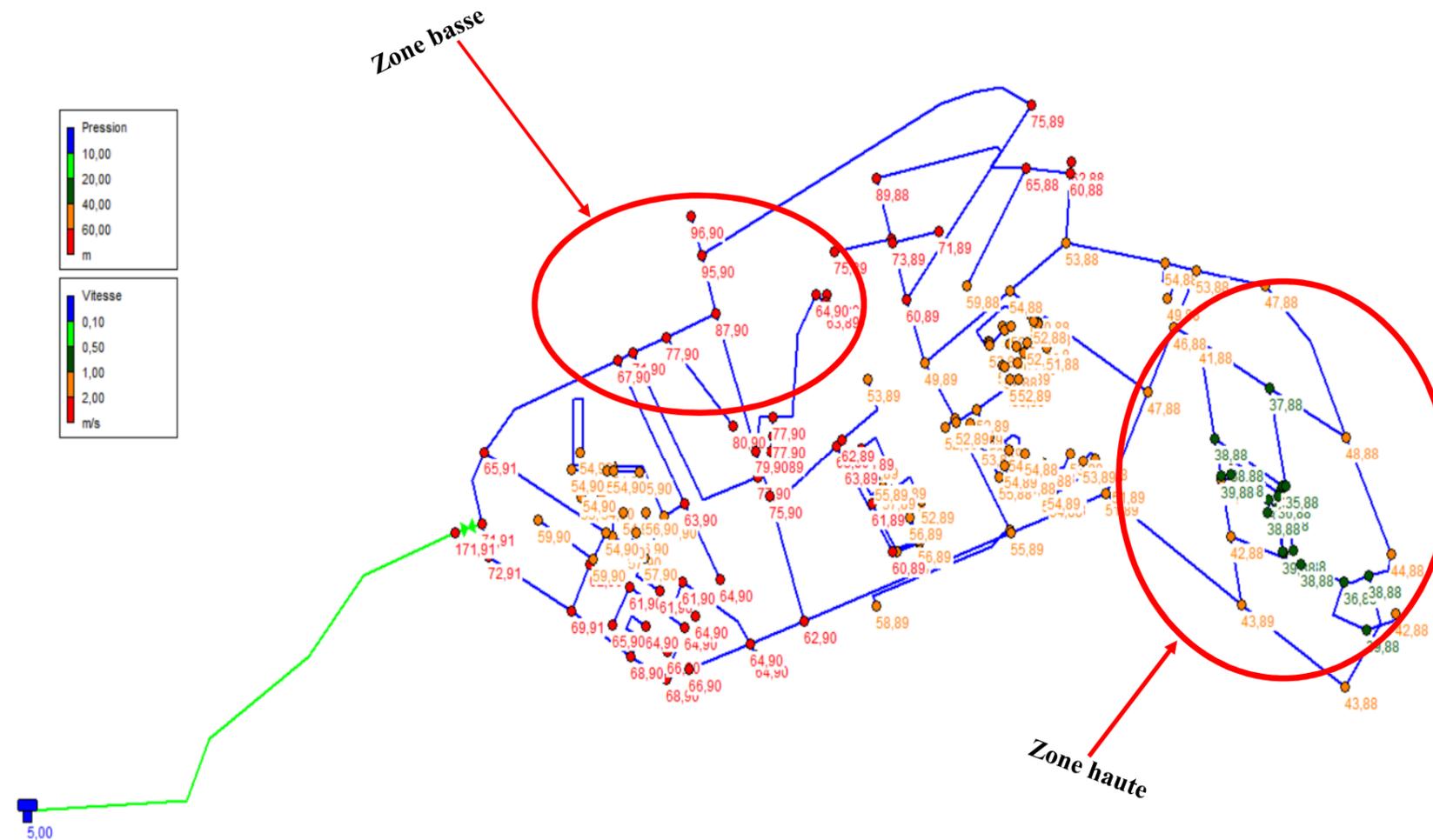


Figure.IV.1. Simulation instantanée du réseau de Boujlida suivant la consigne 7 bar

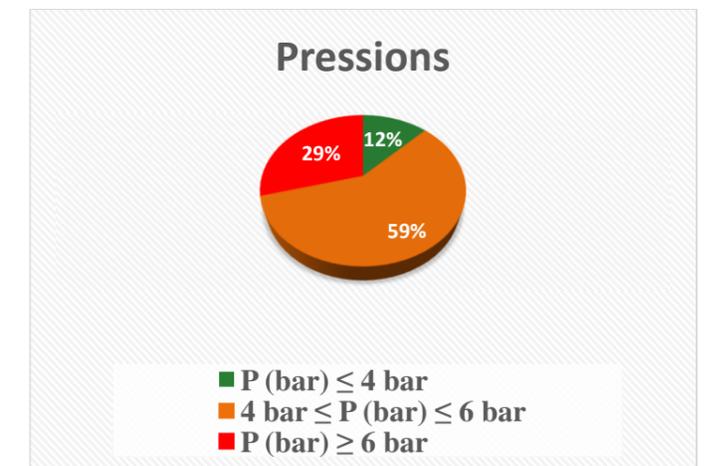


Figure.IV.2. Diagramme des pressions

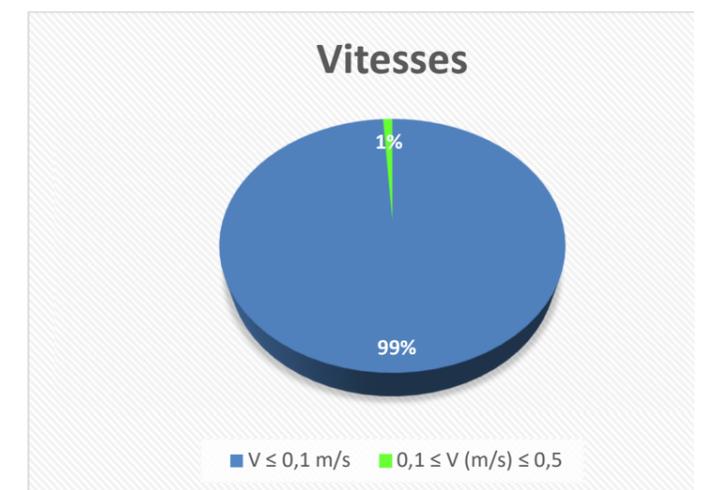


Figure.IV.3. Diagramme des vitesses

Les premiers résultats de simulation ont montré que le réseau réagit à la consigne de 7 bar comme suit :

- ✓ Une pression comprise entre 4 à 6 bar sur l'ensemble des nœuds du réseau plus précisément 59% des nœuds (voir figure IV.2) ;
- ✓ Une forte pression dans la zone Nord du réseau avec des pressions allant jusqu'à plus de 9 bar, d'où les éclatements de conduites rencontrés sur le terrain lors de notre sortie pour le sondage (voir figure IV.1) ;
- ✓ Des pressions faibles au niveau de la zone Est du réseau avec une moyenne de 3 bar, ce qui explique qu'au niveau de cette zone, seulement les premiers étages des logements reçoivent de l'eau et que les derniers étages (troisièmes et quatrièmes) sont faiblement alimentés, parfois ne le sont pas (voir figure IV.4) ;
- ✓ Et pour ce qui est des vitesses on observe que sur presque la totalité du réseau soit 99% des canalisations elle est de moins de 0,1 m/s (voir figure IV.3), ce qui favorise grandement la formation de dépôts.



Figure.IV.4 Enveloppes de pressions suivant la consigne de 7 bar

## Analyse de la Simulation de consigne 4 bar

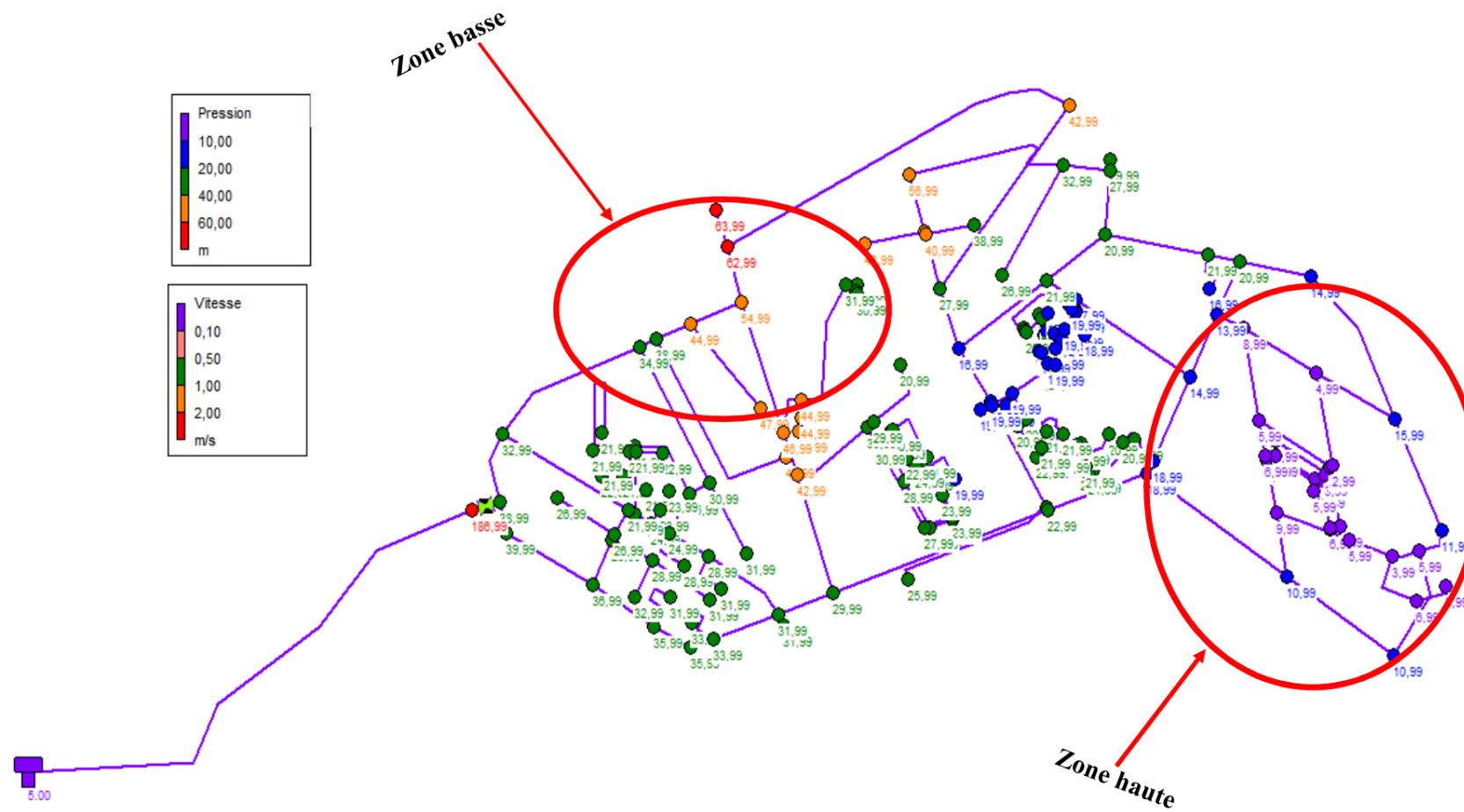


Figure.IV.5. Simulation instantanée du réseau de Boujlida suivant la consigne 4 bar

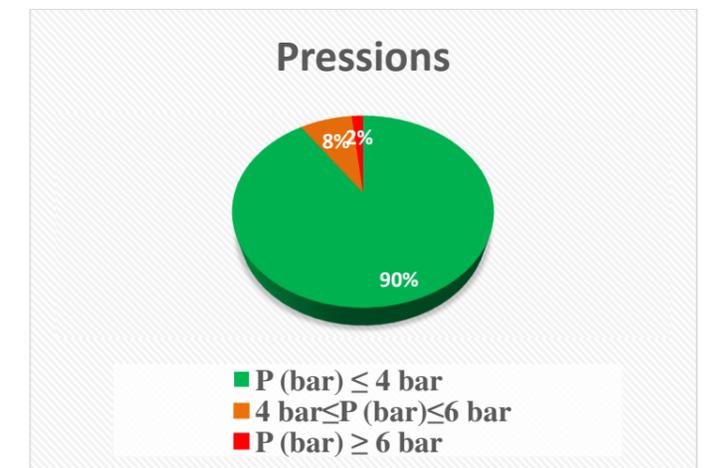


Figure.IV.6. Diagramme des pressions

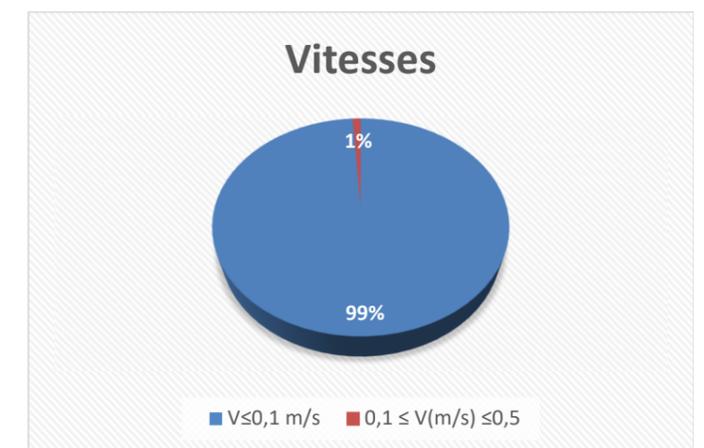


Figure.IV.7. Diagramme des vitesses

Après le lancement de la simulation avec la consigne 4 bar on observe les variations suivantes :

- ✓ Une diminution de la pression sur presque la totalité des nœuds du réseau, environ 71% des nœuds ont une pression de moins de 4 bar (figure IV.6) ;
- ✓ Une bonne pression au niveau de la zone Nord comprise entre 3 à 6 bar (figure IV.5) ;
- ✓ Une très faible pression au niveau de la zone Est de moins de 1 bar, (voir figure IV.8) ;
- ✓ Pour ce qui est des vitesses on observe aucun changement, soit toujours 99% des canalisations qui ont une vitesse de moins de 0,1 m/s (figure IV.7).

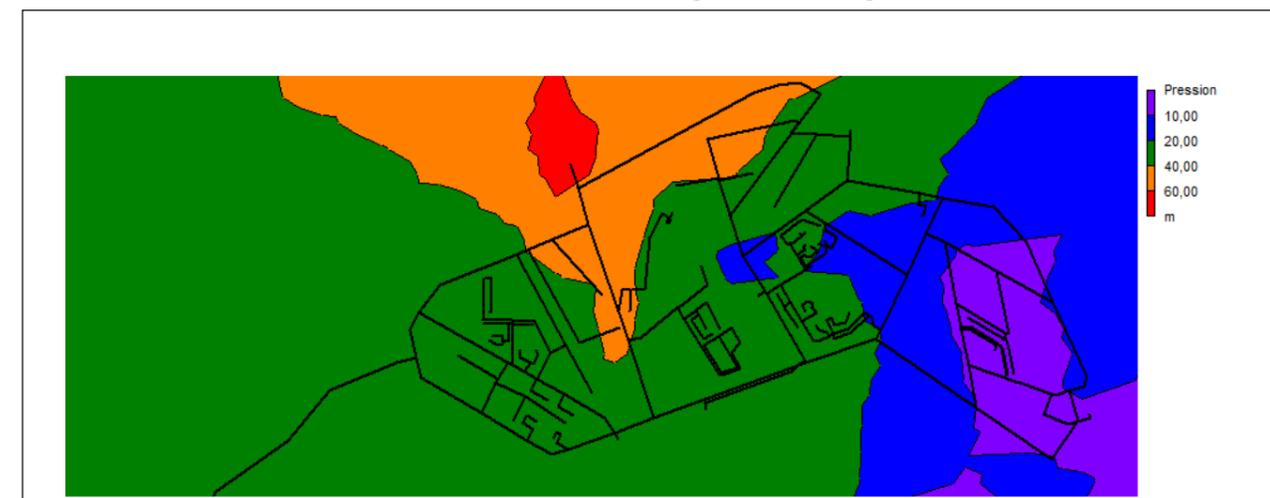


Figure.IV.8. Enveloppes de pressions suivant la consigne de 4 bar

# CHAPITRE IV : Simulations - Analyses

## IV.2.2. Simulation longue durée

Vue l'état du réseau de Boujlida et sa particularité topographique, le réseau est alimenté suivant la consigne de 4 bar, et 7 bar à différentes fréquences afin d'alimenter la zone d'étude comme nous l'avons déjà expliqué précédemment. De ce fait notre simulation sur longue durée se fera suivant deux consignes pour chaque modèle de consommation.

### IV.1.2.1. Modèle de consommation 1

#### Consigne de 7 bar

Suivant ce modèle de consommation dont l'heure de pointe est 11 heure, la zone d'étude dans son ensemble est alimentée par de fortes pressions. A l'exception de la zone Est où les pressions sont comprises entre 2 bar et 4 bar sur toute la durée de la simulation. Aussi nous avons une forte plage de pression bien supérieure à 6 bar dans la zone Nord (figure IV.9). Surtout au nœud 76 représenté dans la figure IV.11 qui montre l'évolution de la pression au point le plus bas de notre réseau, dont la pression varie de 8 bar à 10 bar. Ce qui une fois de plus confirme l'objectif de l'utilisation de cette consigne de 7 bar. Dont le but est l'alimentation de la zone Est, de ce fait le reste du réseau est exposé à des accidents comme les fuites et éclatements de conduites.

Dans la figure IV.9 notre réseau à l'heure de pointe 11 heure présente une plage de pressions, dont 35% du réseau à une pression comprise entre 2 bar et 4 bar. Et 55% du réseau à une pression entre 4 bar et 6 bar, et une partie dont 10% des pressions sont largement supérieur à 6 bar.



Figure.IV.9. Enveloppes de pression à 11h pour le modèle 1 de consigne 7 bar

## CHAPITRE IV : Simulations - Analyses

La variation des pressions pour le modèle de consommation 1 suivant la consigne de 7 bar des nœuds 169 et 76, est illustrée dans les figures ci-dessous :

### ❖ Variation de la pression au nœud 169

Sur la figure IV.10, on observe la variation de la pression sur 24 h d'après le modèle de consommation 1. Sur ce nœud qui représente le point le plus bas, il est situé dans la zone Est. On remarque que le maximum est de 4,1 bar, il est presque constant de 00 h à 5 h. Ce qui est suivi par une chute brusque de la pression dont le minimum est 2 bar enregistré à 10 h. Tout en sachant que l'heure de pointe de ce modèle est 11 h, où la pression est d'environ 2,3 bar. Sur le reste de la période, de 12 h à 24 h la pression fluctue de manière croissante, pour atteindre la valeur de 3,8 bar.

D'après les pressions enregistrées, on constate que ce nœud 169, souffre de faible pression à l'heure de pointe, en raison de l'envergure des habitats qui sont d'au moins 3 niveau. Malgré tout, la zone Est se voit alimenté par cette consigne.

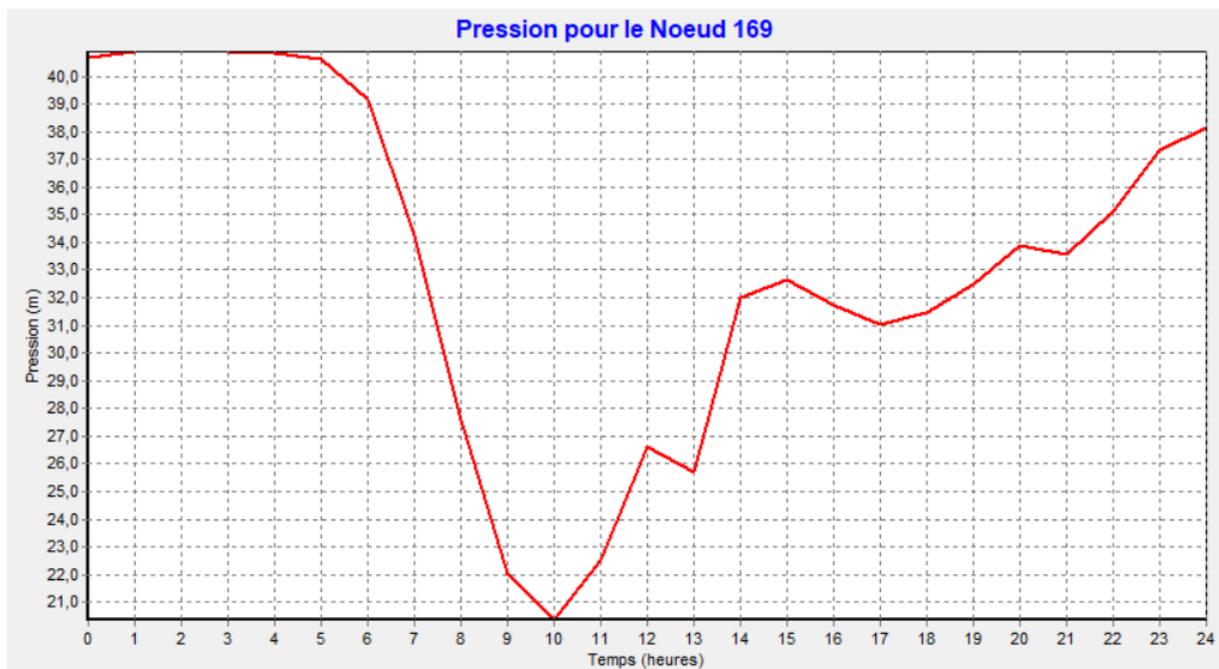


Figure.IV.10. Variations de la pression sur 24h au nœud 169 pour le modèle 1 de consigne 7 bar

### ❖ Variation de la pression au nœud 76

Le nœud 76 est le point le plus bas de notre zone, et il se situe dans la zone Nord. La figure IV.11 illustre la variation de la pression sur 24 h pour le modèle de consommation 1.

On observe une légère constance de la pression de 00 h à 5 h, période durant laquelle est enregistré le maximum de notre graphe, qui est d'environ 10,2 bar. Par la suite, la pression

## CHAPITRE IV : Simulations - Analyses

chute brusquement, cette chute est caractérisée par le minimum de 8,2 bar pour l'horaire de 10 h. Ensuite la pression croit de 11 h à 24 h pour atteindre la valeur de 9,9 bar.

D'après ce résultat, on constate de forte pression en permanence à ce point. Pour un minimum de 8,2 bar, tout en sachant que la plage de pression minimale admise en AEP est de 1,2 bar à 4 bar environ [6]. Ce qui nous permet de dire que les accidents éclatements et fuites, sont dut à la forte pression présente dans cette zone.

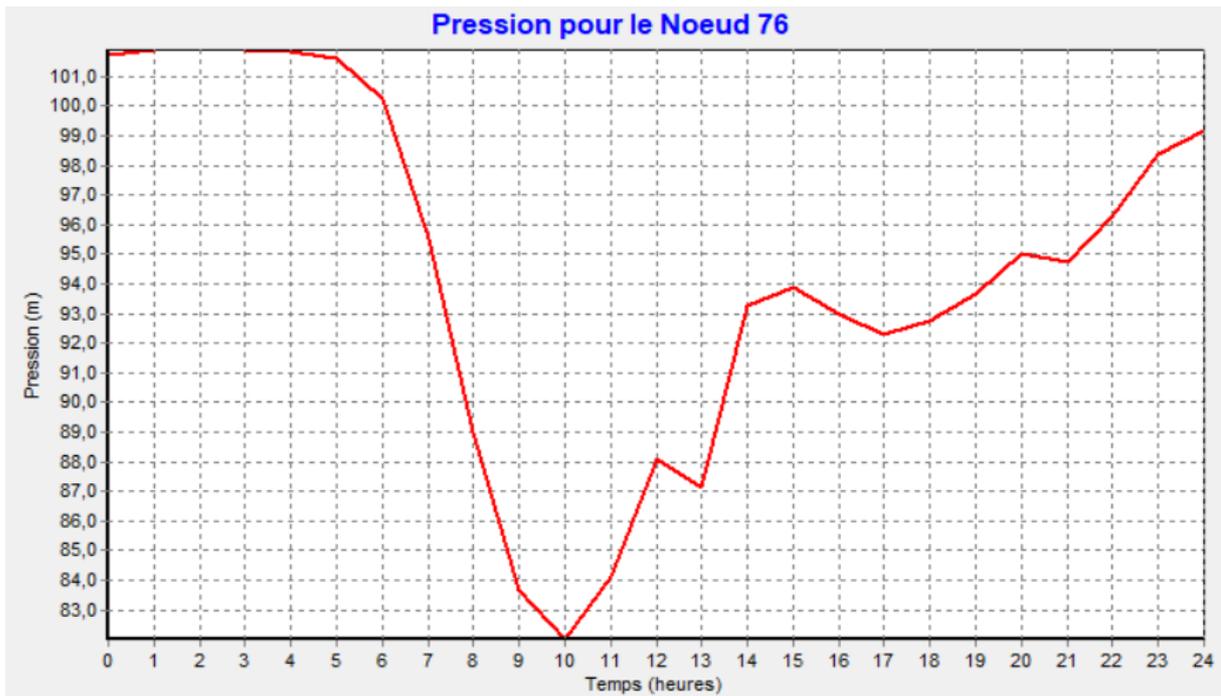


Figure.IV.11. Variations de la pression sur 24h au nœud 76 pour le modèle 1 de consigne 7 bar

### ❖ Débit

Concernant le débit transité, il est exposé à travers la balance en eau qui illustre le débit transité dans notre réseau sur la durée de la simulation. Dont le maximum est de 115 l/s est observé à 10 h.

# CHAPITRE IV : Simulations - Analyses

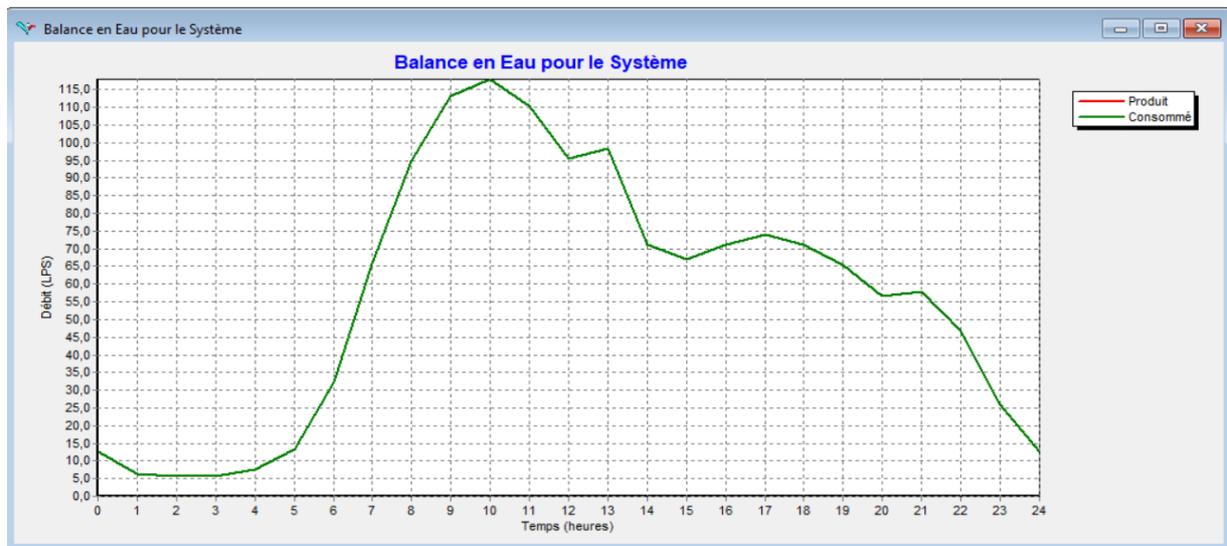


Figure.IV.12. Balance en eau du système sur 24h pour le modèle 1

En résumé notre réseau présente des insuffisances dans sa zone Nord, en termes de pression. Dans le sens où les pressions de la zone sont trop élevées. Ce qui montre des risques sur le fonctionnement dans la partie Nord et aussi l'effort pour l'alimentation de la zone Est (Figure IV.9).

## **Consigne de 4 bar**

Selon la deuxième consigne d'alimentation de la zone de Boujlida, la simulation sur 24 heures nous montre l'existence de pressions négatives durant l'intervalle de 8 h à 13 h. Ces pressions sont enregistrées précisément sur 6 nœuds (dont le point le plus haut nœud 169 et les nœuds environnants) qui se trouvent dans la zone Est de notre réseau, où les pressions sont relativement faibles. Tandis que la pression maximale du réseau sur le nœud 76 se situe au-dessus de la plage de 6,7 bar.

Notre réseau est présenté comme tel dans la figure IV.13 qui représente les enveloppes de pression. On remarque que 35% des nœuds ont une pression relativement inférieure à 1 bar, et ces pressions sont enregistrées dans la zone Est. Aussi 39% des nœuds ont une pression comprise entre 1 bar et 2 bar, tandis que 24% ont une pression comprise entre 2 bar et 4 bar. Et 2% des nœuds ont une pression entre 4 bar et 6 bar.

## CHAPITRE IV : Simulations - Analyses

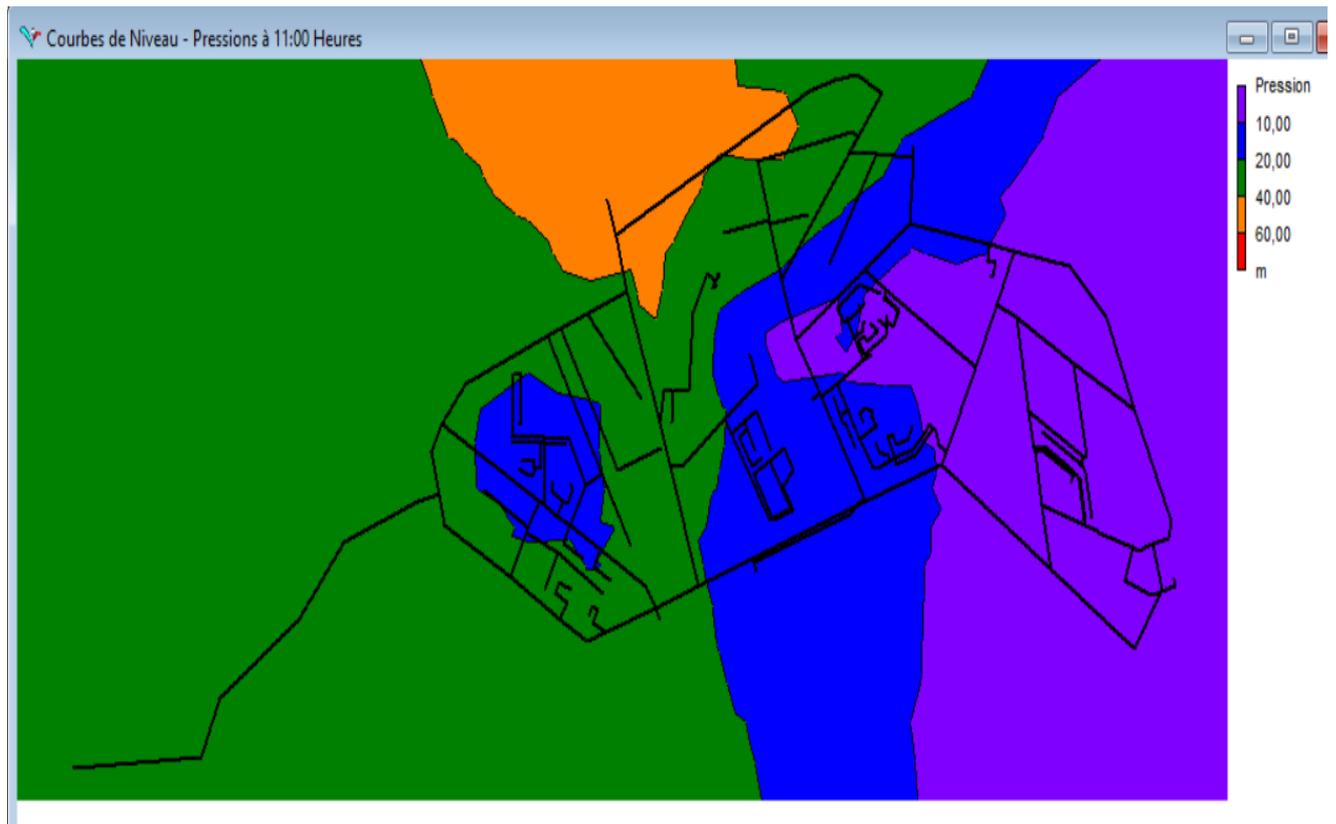


Figure.IV.13. Enveloppes de pression à 11h pour le modèle 1 de consigne 4 bar

La variation des pressions pour le modèle de consommation 1 suivant la consigne 4 bar, des nœuds 169 et 76 sont illustrée dans les figures ci-dessous :

❖ Variation de la pression nœud 169

La figure IV.14 nous montre la variation de la pression sur 24 h selon le modèle de consommation 1. Avec une simulation basée sur la consigne de 4 bar, sur la période de 00 h à 5 h on remarque une légère constance de la pression, dont la valeur est de 1 bar. Et cette valeur représente le maximum. Ensuite on remarque une chute de la pression, dont le minimum -7 bar, atteint à 10 h. Sur la période de 11 h à 24 h la pression croit pour atteindre la valeur de 8 bar.

Aux vues de c'est résultats relativement inférieurs à 1 bar et aussi négatives par moment, on en déduit que pour cette consigne, le nœud 169 est en crise d'alimentation le long des 24 h en raison des faibles pressions enregistrés. Ce qui explique le faite que la zone Est, est parfois non alimenté.

## CHAPITRE IV : Simulations - Analyses

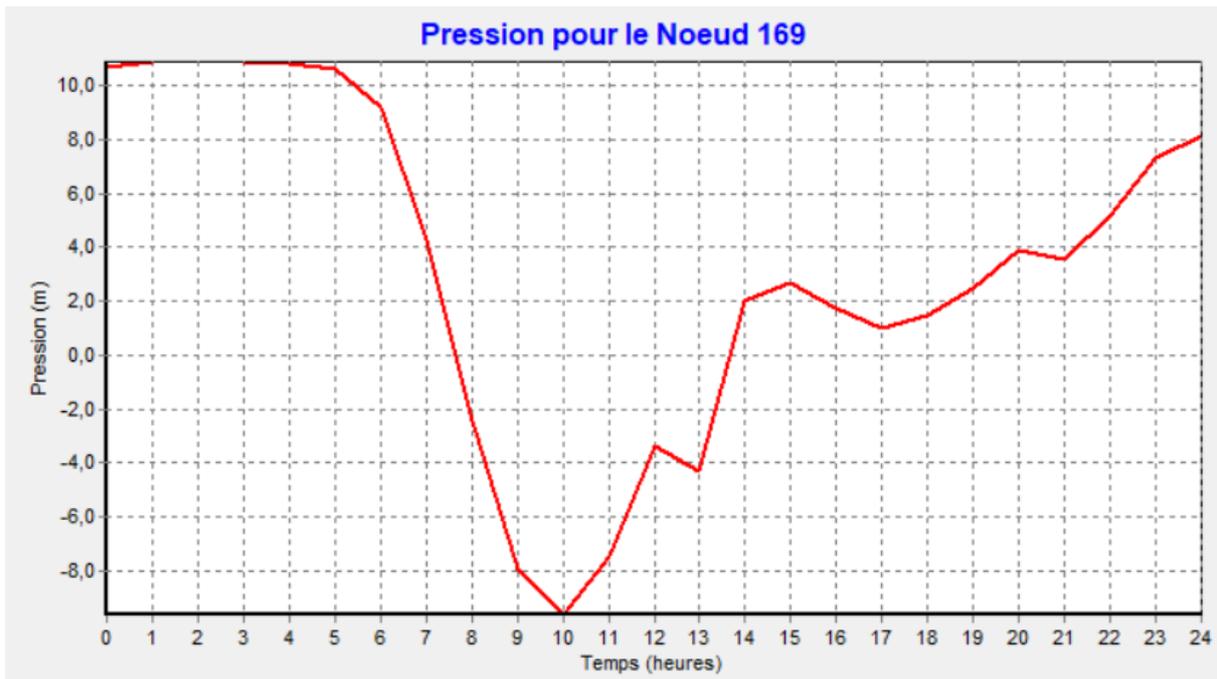


Figure.IV.14. Variations de la pression sur 24h au nœud 169 pour le modèle 1 de consigne 4 bar

### ❖ Variation de la pression nœud 76

D'après la figure IV.15, on observe une légère constance de la pression de 00 h à 5 h, période durant laquelle est enregistré le maximum de notre graphe, qui est d'environ 7,2 bar. Par la suite, la pression chute brusquement, cette chute est caractérisée par un minimum de 5,2 bar pour l'horaire de 10 h. Ensuite la pression croit de 11 h à 23 h pour atteindre la valeur de 6,9 bar.

On en déduit que l'ensemble des pressions en ce point, sont convenable. Avec de telles pression l'alimentation des consommateurs se fait sans encombre. Ce qui justifie l'utilisation de cette consigne afin de limiter les dégâts et alimenté convenablement la zone Nord et le reste du réseau.

# CHAPITRE IV : Simulations - Analyses

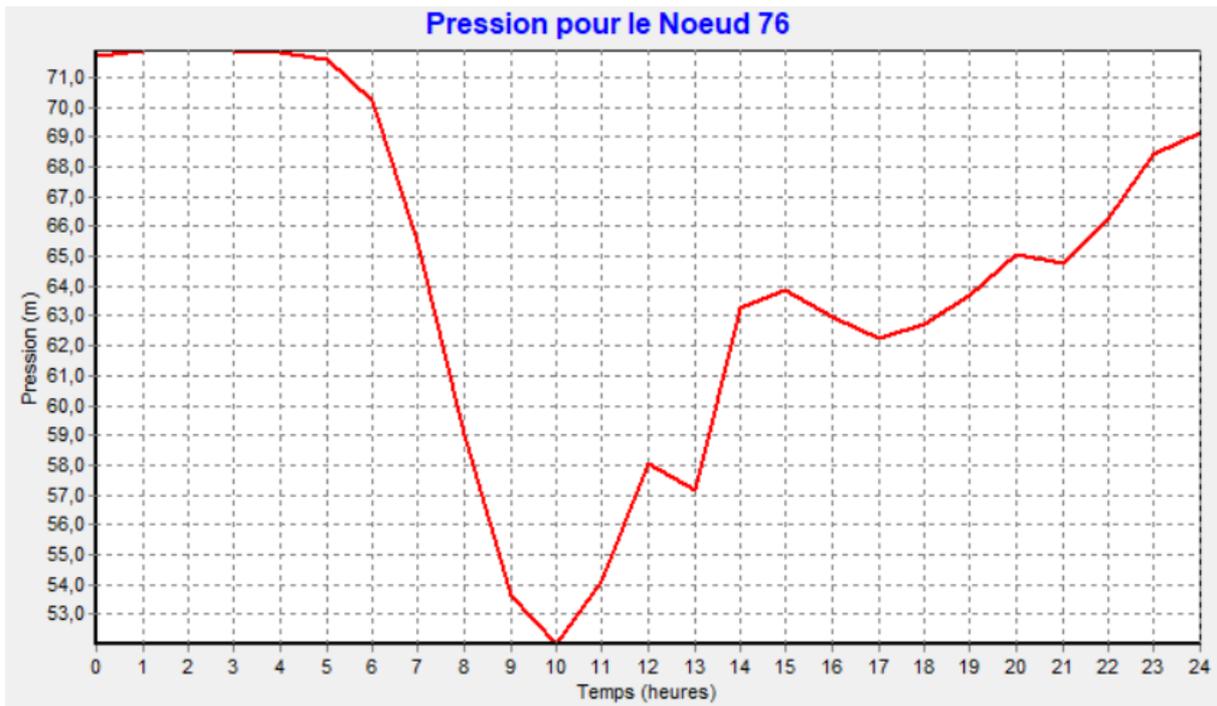


Figure.IV.15. Variations de la pression sur 24h au nœud 76 pour le modèle 1 de consigne 4 bar

Selon les débits cette simulation offre les mêmes valeurs que la précédente simulation à la consigne 7 bar du modèle de consommation 1. (Voir figure IV.12).

## IV.1.2.2. Modèle de consommation 2

### Consigne de 7 bar

Le modèle de consommation 2, offre une alimentation par de forte pressions à l'ensemble de notre réseau. Et la zone Est, dans son ensemble réagit avec des pressions variant de 3 bar à 5 bar sur la durée de simulation. Les pressions comprises entre 3 bar et 4 bar pendant l'heure de pointe qui est 9 h. Il convient de noter que cette courbe de consommation permet d'obtenir des intervalles de pression réduites et inférieurs à la fourchette du modèle 1. Aussi la zone Nord, et une grande partie du réseau sont très exposé à de fortes pressions, par rapport au modèle 1. C'est-à-dire des pressions supérieures à 8 bar, avec le nœud 76 dont les pressions varient 8 bar à 10 bar.

Notre réseau se présente après simulation comme tel dans la figure IV.16 à l'heure de pointe 9 heures. Dont 9% des nœuds ont une pression comprise entre 2 bar et 4 bar. Et 47% nœuds ont une pression entre 4 bar et 6 bar, et une partie dont 60% des pressions sont largement supérieur à 6 bar.

## CHAPITRE IV : Simulations - Analyses



Figure.IV.16. Enveloppes de pression à 9h pour le modèle 2 de consigne 7 bar

La variation des pressions pour ce modèle de consommation suivant la consigne de 7 bar, est illustrée dans les graphes ci-dessous :

❖ Variation de la pression nœud 169

Sur la figure IV.17, on observe la variation de la pression sur 24h d'après le modèle de consommation 1. Cette courbe de variation nous montre deux minimums de valeur de 3,5 bar chacune. Sur ce nœud on remarque une légère variation de pression sur la période de 00 h à 5 h. c'est durant cette période que le maximum est observé, et il est d'environ 4,1 bar. Suit par une chute brusque de la pression dont le minimum est 3,5 bar enregistré à 8 h. La pression croit ensuite, on observe un pic à 16 h pour une valeur de 3,87 bar environ. Puis on remarque une chute de pression qui atteint la valeur de 3,5 bar à 20 h. Puis la pression croit de nouveau pour atteindre 3,93 bar.

On en déduit que suivant ce modèle de consommation, ce nœud est alimenté avec des pressions toujours insatisfaisante.

## CHAPITRE IV : Simulations - Analyses

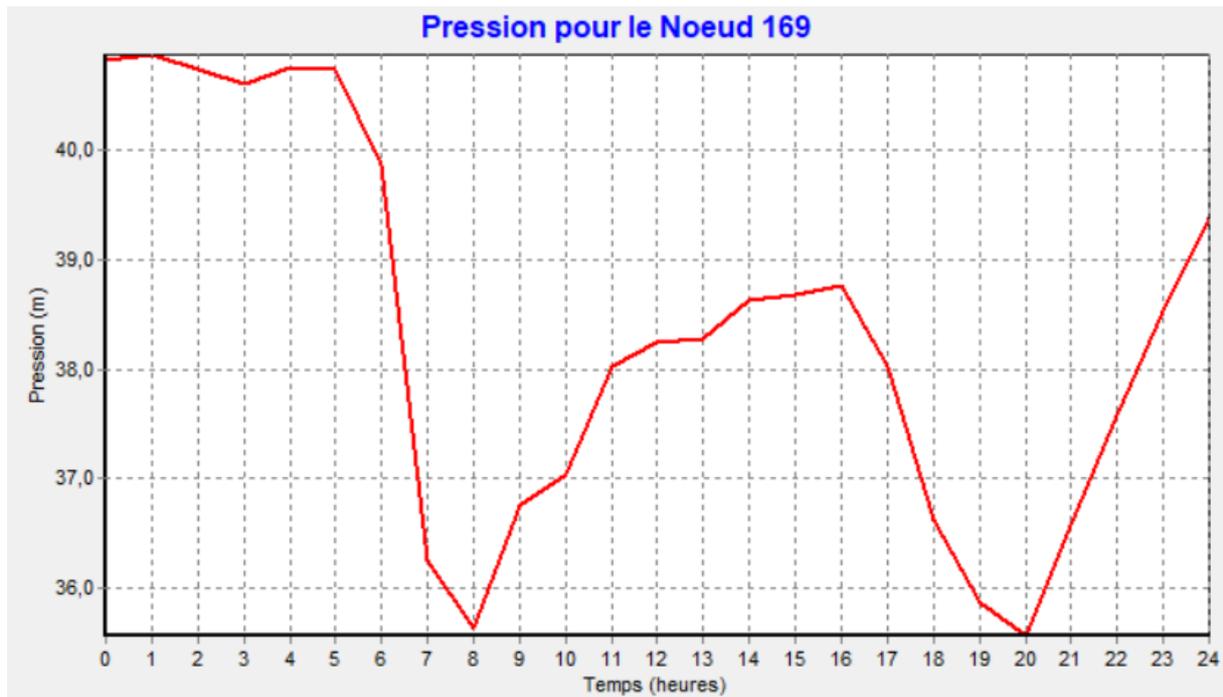


Figure.IV.17. Variations de la pression sur 24h au nœud 169 pour le modèle 2 de consigne 7 bar

### ❖ Variation de la pression nœud 76

La figure IV.18 représente la variation de la pression sur 24 h au nœud 76, pour le modèle de consommation 2. On observe une légère variation de la pression sur la période de 00 h à 5 h, dont la valeur tourne autour de 10,2 bar. Puis, la pression chute pour atteindre la valeur de 9,75 bar à 8h. On remarque ensuite une croissance de la pression pour un pic à 16 h, d'une valeur de 9,97 bar environ. Par la suite on constate une chute de la pression, pour un minimum 9,75 bar enregistré à 20 h. Pour finir une légère croissance de la pression est observé sur la période de 20 h à 24h pour atteindre la valeur de 10,02 bar.

On en déduit d'après ces résultats, que le nœud 76 est exposé à de forte pression pour la consigne de 7 bar, d'après le modèle de consommation 2.

## CHAPITRE IV : Simulations - Analyses

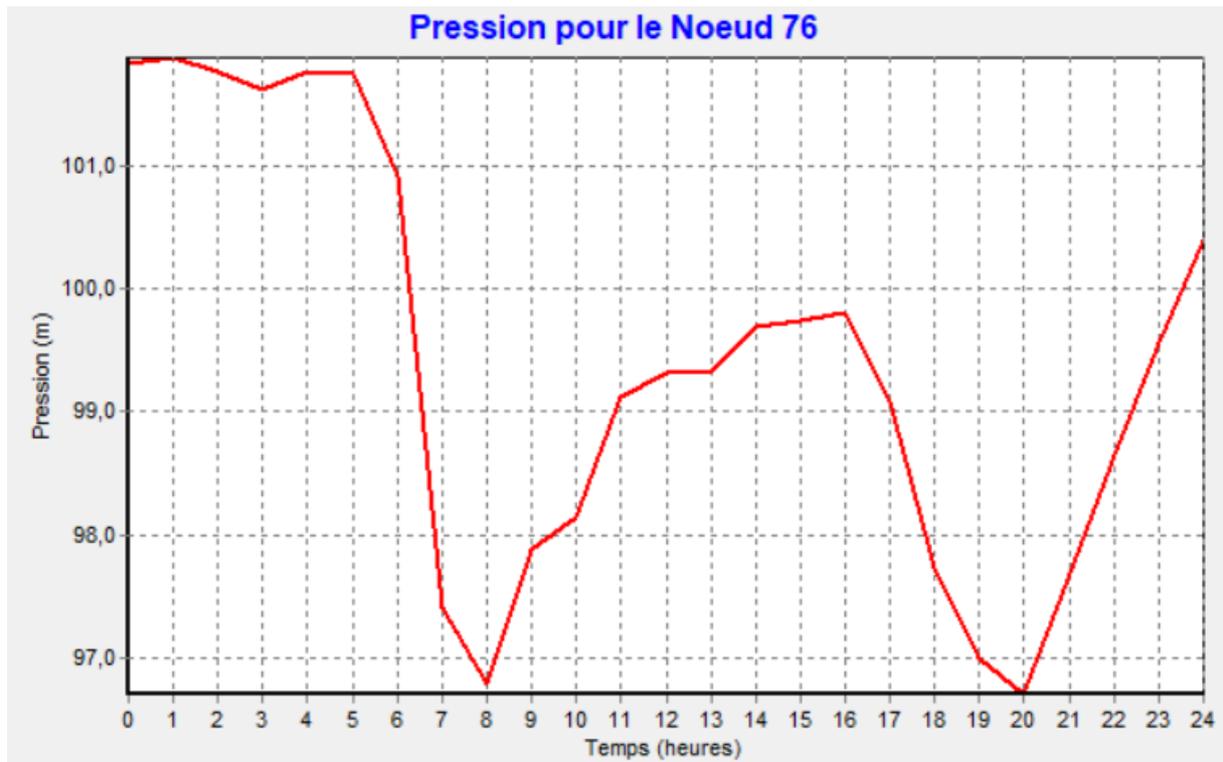


Figure.IV.18. Variations de la pression sur 24h au nœud 76 pour le modèle 2 de consigne 7 bar

Concernant le débit transité, qui est exposé dans la figure IV.19 à travers la balance en eau. Il illustre le débit transité dans notre réseau sur la durée de la simulation. On observe deux pics de distribution, une à 8 h et la seconde à 20 h, pour des valeurs respectivement de 55 l/s et de 52,5 l/s.

D'après ces résultats, nous voyons bien que ce modèle de consommation ne convient pas à notre réseau. Pour un débit de pointe d'environ 125,92 l/s d'après nos calculs, or ce modèle ne fournit pas la moitié.

# CHAPITRE IV : Simulations - Analyses

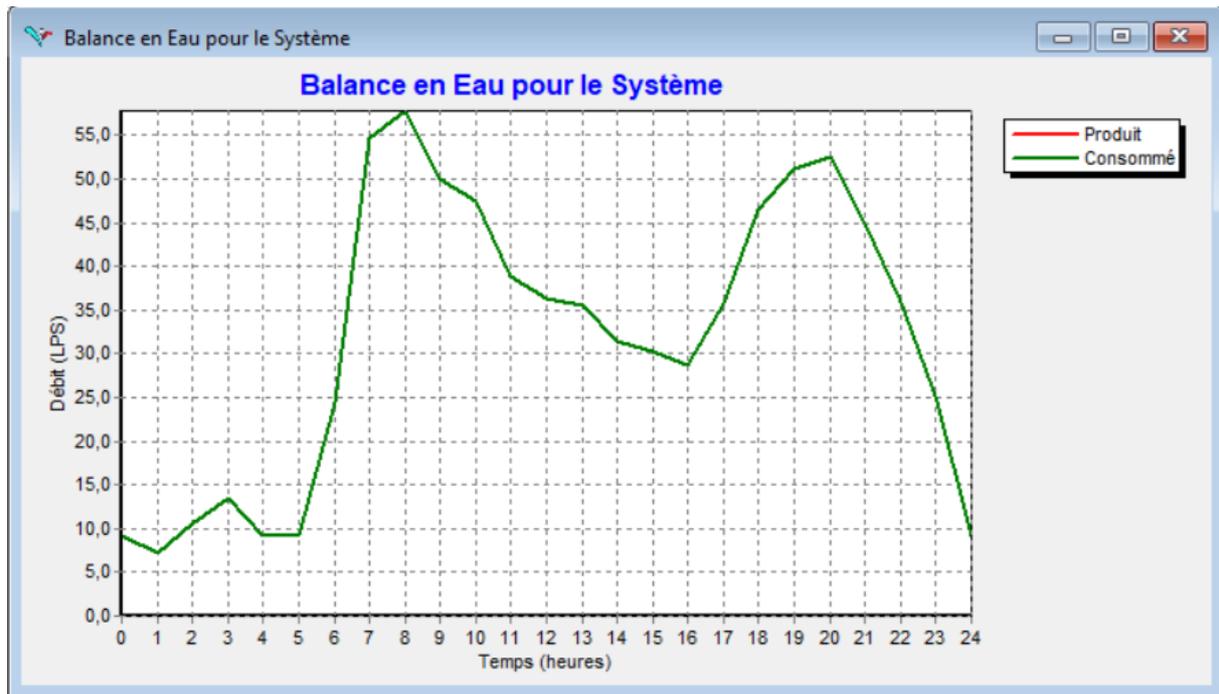


Figure.IV.19. Balance en eau du système sur 24h pour le modèle 2

## Consigne de 4 bar

D'après cette consigne, la simulation ne présente pas de pression négative. Le réseau présente dans son ensemble des pressions comprises entre 0,7 et 7 bar. Avec ce modèle de consommation la zone Est ne présente pas de pression négative, mais des pressions comprises entre 0,5 bar et 2 bar, dont la pression au nœud 169 varie de 0,5 à 1 bar. Tandis que la pression maximale du réseau sur le nœud 76 se situe au-dessus de la plage de 6,7 bar.

On remarque sur la figure IV.20 que 9% des nœuds ont une pression inférieure à 1 bar. Aussi 9% ont une pression comprise entre 1 bar et 2 bar, tandis que 70% des nœuds ont une pression comprise entre 2 bar et 4 bar. Et 10% des nœuds ont une pression entre 4 bar et 6 bar, contre 2% qui ont une pression supérieure à 6 bar.

## CHAPITRE IV : Simulations - Analyses



Figure.IV.20. Enveloppes de pression à 9h pour le modèle 2 de consigne 4 bar

L'évolution de la pression peut être observée sur les graphes des figure IV.21 et IV.22 des nœuds 169 et 76.

### ❖ Variation de la pression au nœud 169

Sur la figure IV.21 on observe une légère variation de la pression autour 1,1 bar qui est le maximum, sur la période de 00 h à 5h. Puis on remarque une chute de la pression pour atteindre la valeur de 0,5 bar à 8 h. Suivie d'une croissance de la pression dont un pic à 16 h pour la valeur de 8,7 bar. Par la suite on remarque une chute de la pression, puis elle croit pour atteindre 9,2 bar à 24 h.

D'après ces résultats, on en déduit que le nœud 169 est alimenté par des pression faibles par rapport à la norme en AEP. Ce qui confirme une fois de plus le fait que la zone Est ne peut être alimenté avec une consigne de 4 bar.

## CHAPITRE IV : Simulations - Analyses

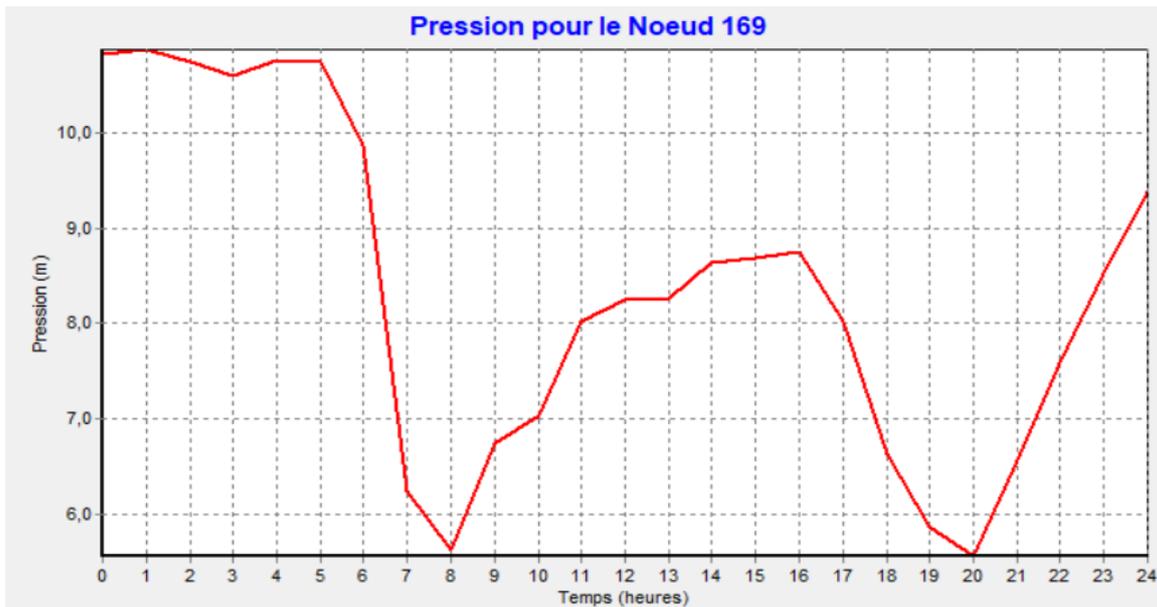


Figure.IV.21. Variations de la pression sur 24h au nœud 169 pour le modèle 2 de consigne 4 bar

### ❖ Variation de la pression au nœud 76

Sur la figure IV.22, cette courbe de variation nous montre deux minimums de 5,5 bar. Sur ce nœud on remarque une légère variation de pression sur la période de 00 h à 5 h. c'est durant cette période que le maximum est observé, et il est d'environ 7,2 bar. Suit par une chute brusque de la pression dont le minimum est 5,5 bar enregistré à 8 h. La pression croit ensuite, on observe un pic à 16 h pour une valeur de 6,98 bar environ. Puis on remarque une chute de pression qui atteint la valeur de 5,5 bar à 20 h. Puis la pression croit de nouveau pour atteindre 7,3 bar.

On en déduit que suivant ce modèle de consommation, la distribution se fait avec des pressions convenables. De ce fait la zone Nord est exempte de casse.

# CHAPITRE IV : Simulations - Analyses

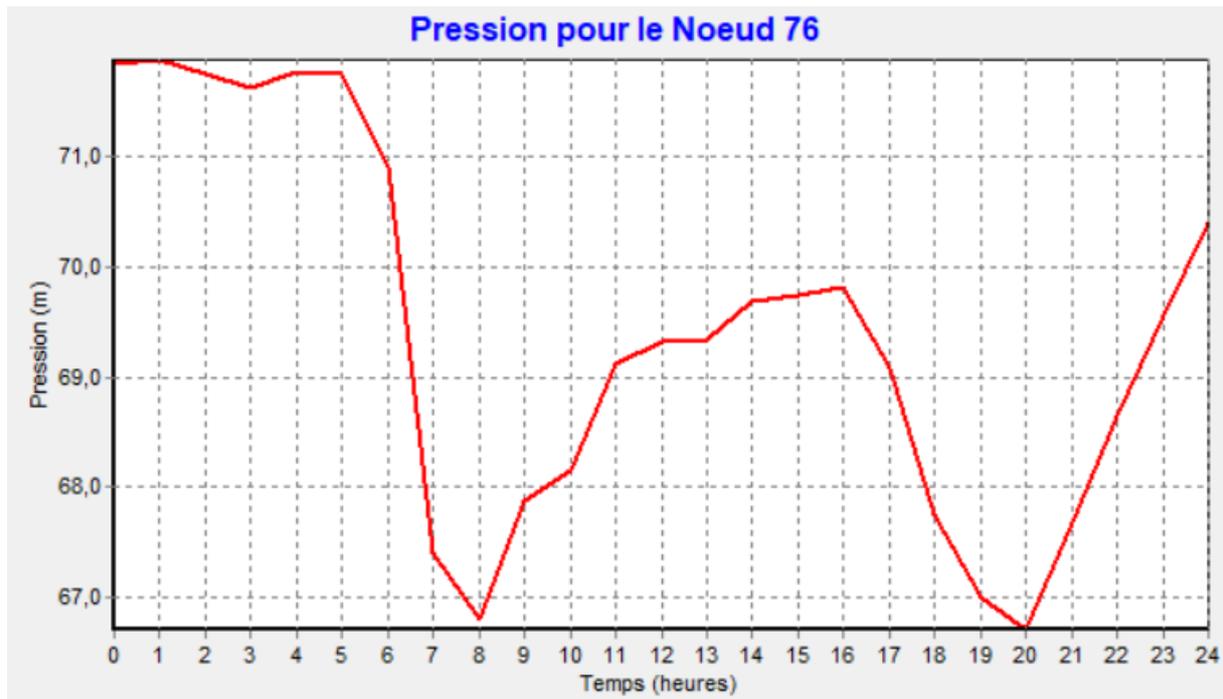


Figure.IV.22. Variations de la pression sur 24h au nœud 76 pour le modèle 2 de consigne 4 bar

Concernant le débit, cette simulation offre les mêmes valeurs que la précédente simulation à la consigne 7 bar du modèle de consommation 2. (Voir figure IV.18).

### IV.1.2.3. Conclusion

En résumé, ainsi se comporte le réseau de Boujlida. La simulation par rapport à ces modèles de consommation nous a permis de chiffrer l'état du réseau de Boujlida. Et d'opter pour le modèle de consommation 1, selon la balance en eau qui offre 115 l/s en pointe, aussi car il présente des paramètres attrayants. Constat fait suivant les paramètres hydrauliques tel que la pression, débit transité. Après analyse nous sommes en mesure d'affirmer que le réseau ne répond pas aux normes de fonctionnement des réseaux d'AEP.

A savoir fournir une pression adéquat comprise de 1,2 à 4 bar, or notre réseau est loin de cette performance. Réseau qui plus ne suit pas les normes en matière de vitesse d'écoulement recommandées entre 0,5 et 1,5 m/s [17].

Les résultats de notre simulation sont étroitement liés à la topographie de la zone.

#### ❖ Pression

En se basant sur les observations du paramètre pression, nous sommes en mesure d'en tirer les conclusions suivantes.

# CHAPITRE IV : Simulations - Analyses

- Dans la zone Nord, on observe de haute pression, causant des fuites et des accidents tels que des éclatements de conduite, observé sur le terrain en réalité (figure.II.7).
- Dans la zone Est, les basses pressions confirment le problème d'alimentation de cette zone, car les pressions y sont relativement inférieures à 1 bar.

## IV.2. Simulation et Analyse suivant PORTEAU

### IV.2.1. Calcul Zomayet

Le module Zomayet permet d'étudier, par une simulation sur plusieurs heures (de 24 heures à plus de 20 jours), le fonctionnement hydraulique d'un réseau maillé de distribution ou de transport d'eau sous pression et de visualiser son schéma. C'est pourquoi pour notre étude nous avons choisi ce module afin d'analyser notre réseau suivant nos deux modèles de consommation [20].

Une fois le mode de calcul Zomayet lancé, les résultats présentent les mêmes caractéristiques que celles sur EPANET. En d'autres termes nous obtenons le même résultat. L'analyse des résultats nous donne les représentations graphiques ci-après.

D'après les résultats de la simulation, la première remarque faite est similarité des résultats. En effet nous constatons que les graphes d'évolution de la pression issue de PORTEAU sont similaires à ceux de EPANET.

### IV.2.2. Représentation graphique des résultats suivant le modèle 1

Pour cette partie, les figures ci-après, représentent l'évolution de la simulation aux points caractéristiques de notre réseau. C'est-à-dire le nœud 169 de la zone Est qui se trouve être le point le plus haut de notre réseau, et le nœud 76 de la zone Nord qui est le point le plus bas du réseau.

Les figures ci-après représentent l'évolution de la pression aux nœuds 169 et 76 de notre réseau selon les consignes d'alimentation 4 bar et 7 bar.

#### IV.2.2.1. Représentation graphique de la simulation avec une consigne 7 bar modèle 1

On observe la variation de la pression sur 24h d'après le modèle de consommation 1 sur les figures IV.23 et IV.24. Résultats qui sont similaires aux figures IV.10 et IV.11.

# CHAPITRE IV : Simulations - Analyses

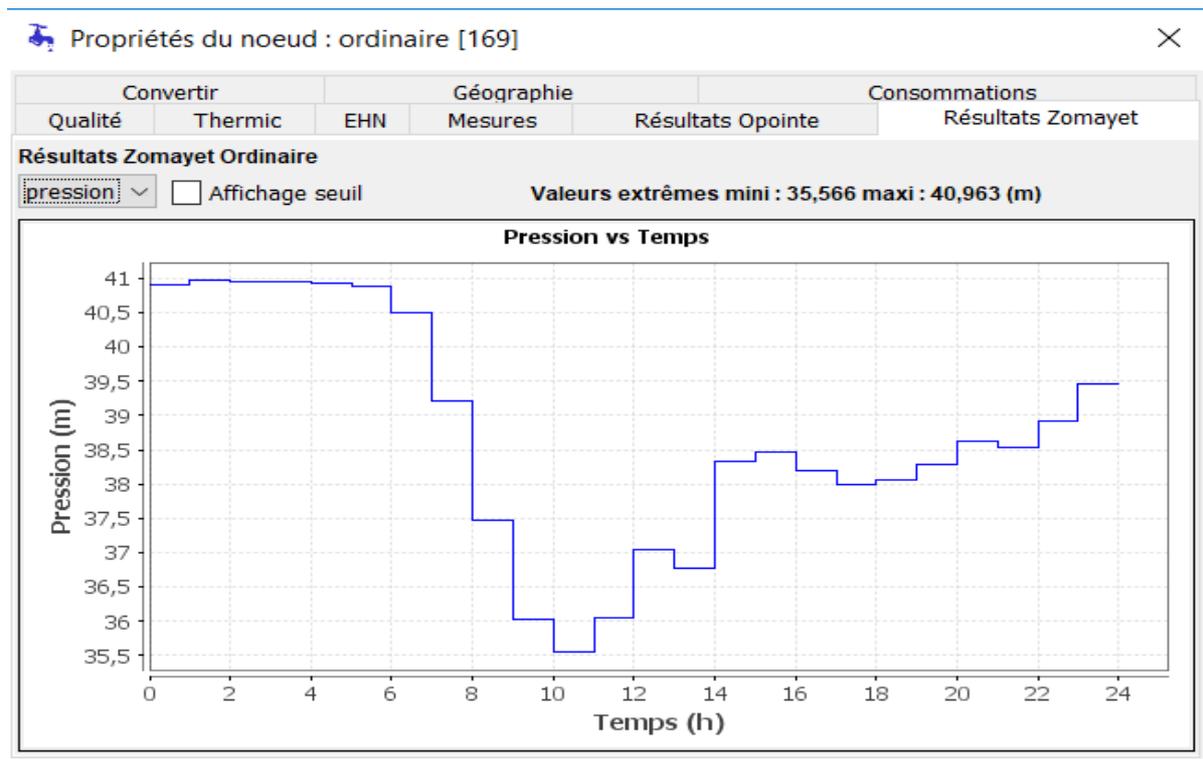


Figure.IV.23. Propriété Pression nœud 169 consigne 7 bar modèle 1

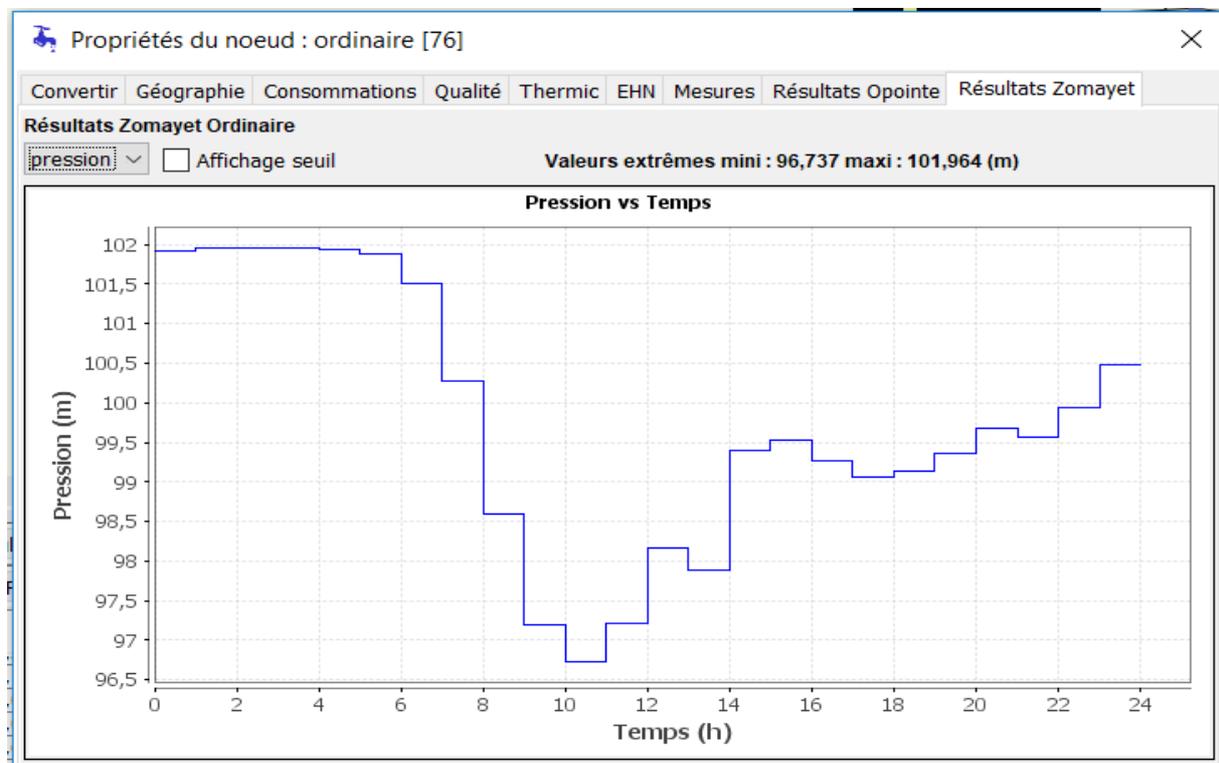


Figure.IV.24. Propriété Pression nœud 76 consigne de 7 bar modèle 1

# CHAPITRE IV : Simulations - Analyses

## IV.2.2.2. Représentation graphique de la simulation avec une consigne 4 bar modèle 1

La simulation par rapport au modèle de consommation 1 avec la consigne de 4 bar du réducteur de pression, est représentée graphiquement par les figures IV.26 et IV.27, qui nous donne les mêmes résultats que celle observés pour les figures IV.14 et IV.15.

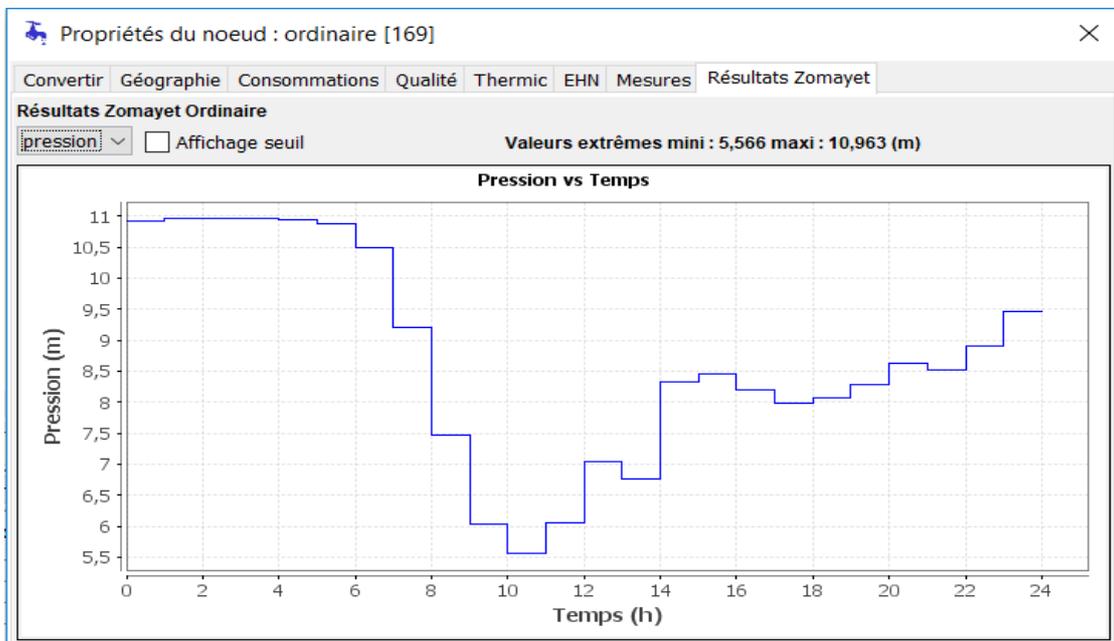


Figure.IV.26. Propriété Pression nœud 169 consigne 4 bar modèle 1

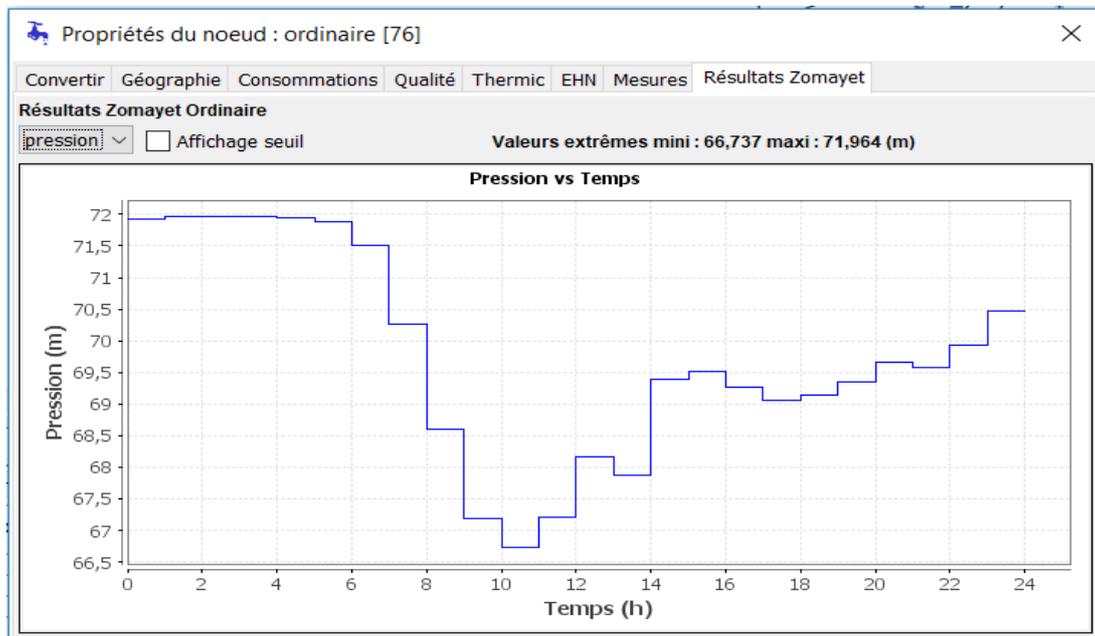
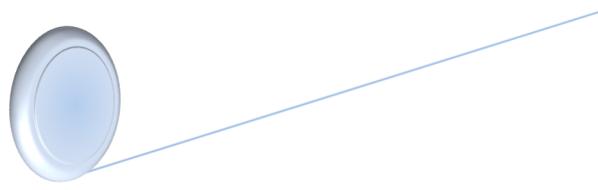


Figure.IV.27. Propriété Pression nœud 76 consigne 4 bar modèle 1

# CHAPITRE IV : Simulations - Analyses

## IV.2.3. Conclusion

Comme indiqué sur les graphes à travers PORTEAU il en ressort pratiquement les mêmes résultats. Une légère différence, du fait de la différence de leur noyau de calcul. Concernant les pressions on remarque même évolution par rapport aux modèles de consommations. Et la conclusion tirée est la même que celle de la simulation EPANET, le réseau ne répond pas aux normes de fonctionnement des réseaux d'AEP.



## CHAPITRE V

# *PROPOSITION* *DE VARIANTES*

# CHAPITRE V : Propositions de variantes

## V.1. Introduction

C'est dans la perspective de répondre pleinement au besoin de la zone de Boujlida, que nous entreprenons cette partie de notre étude. Dans l'objectif de résoudre les problèmes que rencontre le réseau de Boujlida, nous avons élaboré plusieurs variantes, afin d'optimiser le réseau actuel.

L'objectif principal est d'améliorer l'enveloppe de pression en proposant des variantes, afin d'assurer une alimentation 24 h/24 et avec de bonnes pressions.

Nos propositions sont élaborées sur la base du modèle de consommation 1 d'heure de pointe 11 heures.

On part du principe qu'il faut environ 1,5 bar pour alimenter un étage, 2 bar pour 2 étages et 4 bar pour 3 étages, ainsi de suite.

Afin de répondre à cela, nous devons établir des critères et orienter notre recherche de propositions vers des modèles. Car la zone de Boujlida est en pleine expansion.

Les critères recherchés sont :

- ❖ Une bonne répartition des pressions avec un minimum de 4 bar, car notre zone qui est en pleine expansion, est construite en majorité avec des bâtiments d'au moins de 4 niveaux.
- ❖ Pression de la zone Est comprise entre 4 et 6 bar, comme dit précédemment afin d'alimenter de manière adéquate tous les bâtiments.
- ❖ Pression de la zone Nord avec une pression maximum qui ne doit pas dépasser les 8 bar.

Au total nous avons élaboré 6 propositions pour remédier aux problèmes de notre réseau. Les solutions peuvent paraître simples, mais pour l'optimisation du réseau il s'agit de réguler deux zones, à savoir la zone Nord, et la zone Est.

**NB :** Concernant les variantes, l'accessoire stabilisateur aval de pression sert à maintenir la pression donnée comme consigne, constante à son aval. De ce fait avec cet outil la pression donnée comme consigne est maintenue constante.

# CHAPITRE V : Proposition de variantes

## V.2. Proposition 1 : Changement du point d'alimentation au nœud 18

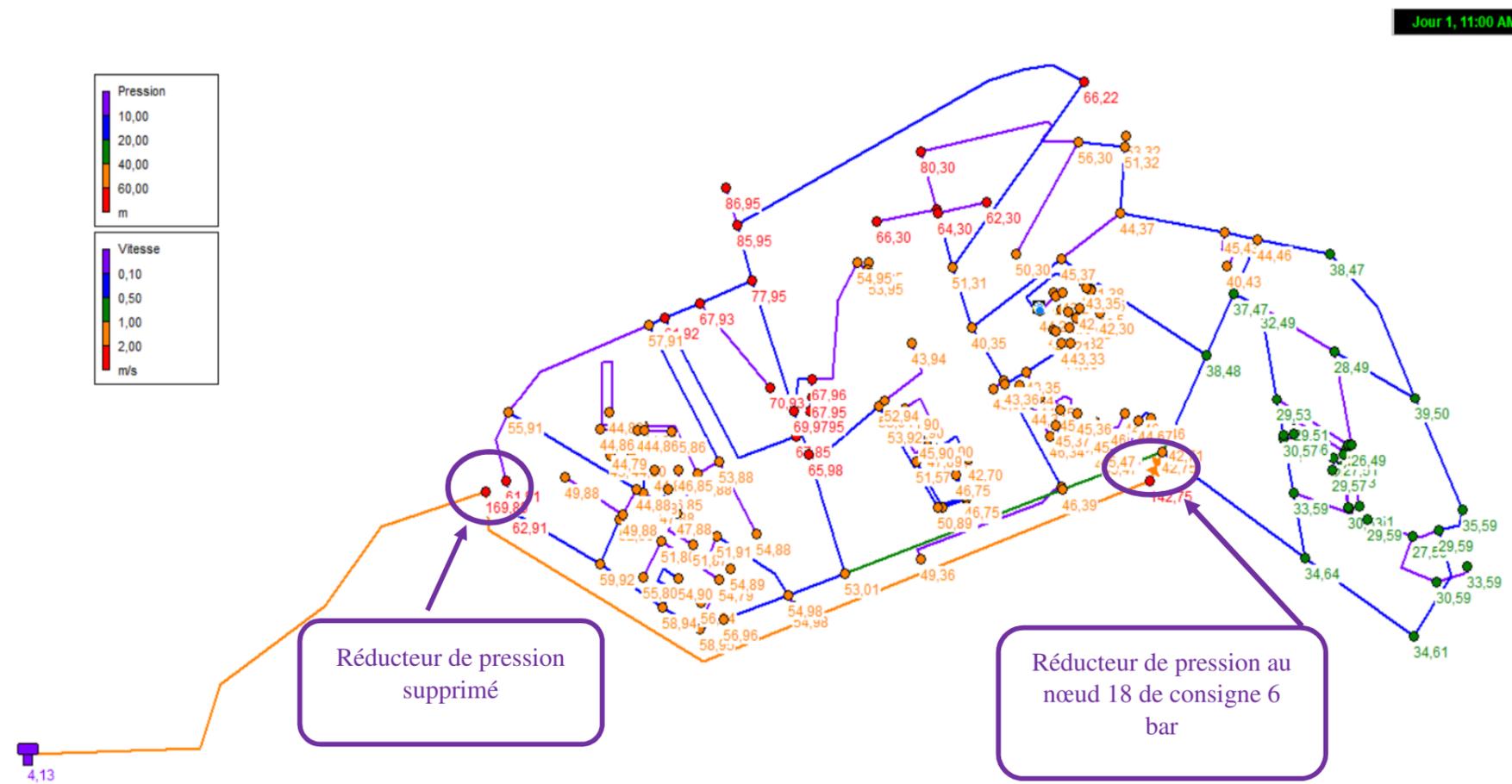


Figure.V.1 Proposition 1 : Changement du point d'alimentation au nœud 18

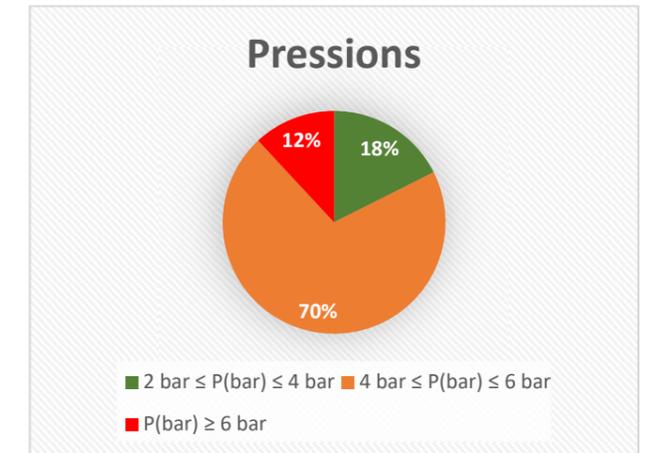


Figure.V.2. Diagramme des pressions à 11h

### V.2.2. Conclusion

Au vu des résultats obtenus, cette proposition ne répond pas à nos attentes.

Le réducteur de pression placé au nœud 18 ne régule pas une bonne pression sur l'ensemble du réseau, tandis que les vitesses sont toujours aussi faibles (moins de 0,1 m/s), de ce fait il existe toujours un risque de dépôt.

### V.2.1. Analyse de la proposition 1

Dans le but d'améliorer notre réseau, nous avons changé le point d'alimentation de notre réseau. Avec un réducteur de pression de consigne 6 bar placé au nœud 18. Et d'après les résultats (figure V.1), nous pouvons dire que cette option n'est pas du tout satisfaisante.

- Le diagramme des pressions en témoigne. Nous avons 18% de nœuds dont la pression est inférieure à 4bar (voir figure V.2).
- La proposition (1) ne semble pas résoudre notre problème (figure V.3). On remarque que la zone Est a subi quelques améliorations de pressions. Les pressions y sont inférieures à 4 bar.
- Les vitesses dans l'ensemble du réseau sont faibles, elles n'évoluent pas (autour de moins de 0,1 à 0,5 m/s sur l'ensemble du réseau).



Figure.V.3. Enveloppe de pression

# CHAPITRE V : Proposition de variantes

## V.3. Proposition 2 : Changement du point d'alimentation au nœud 19

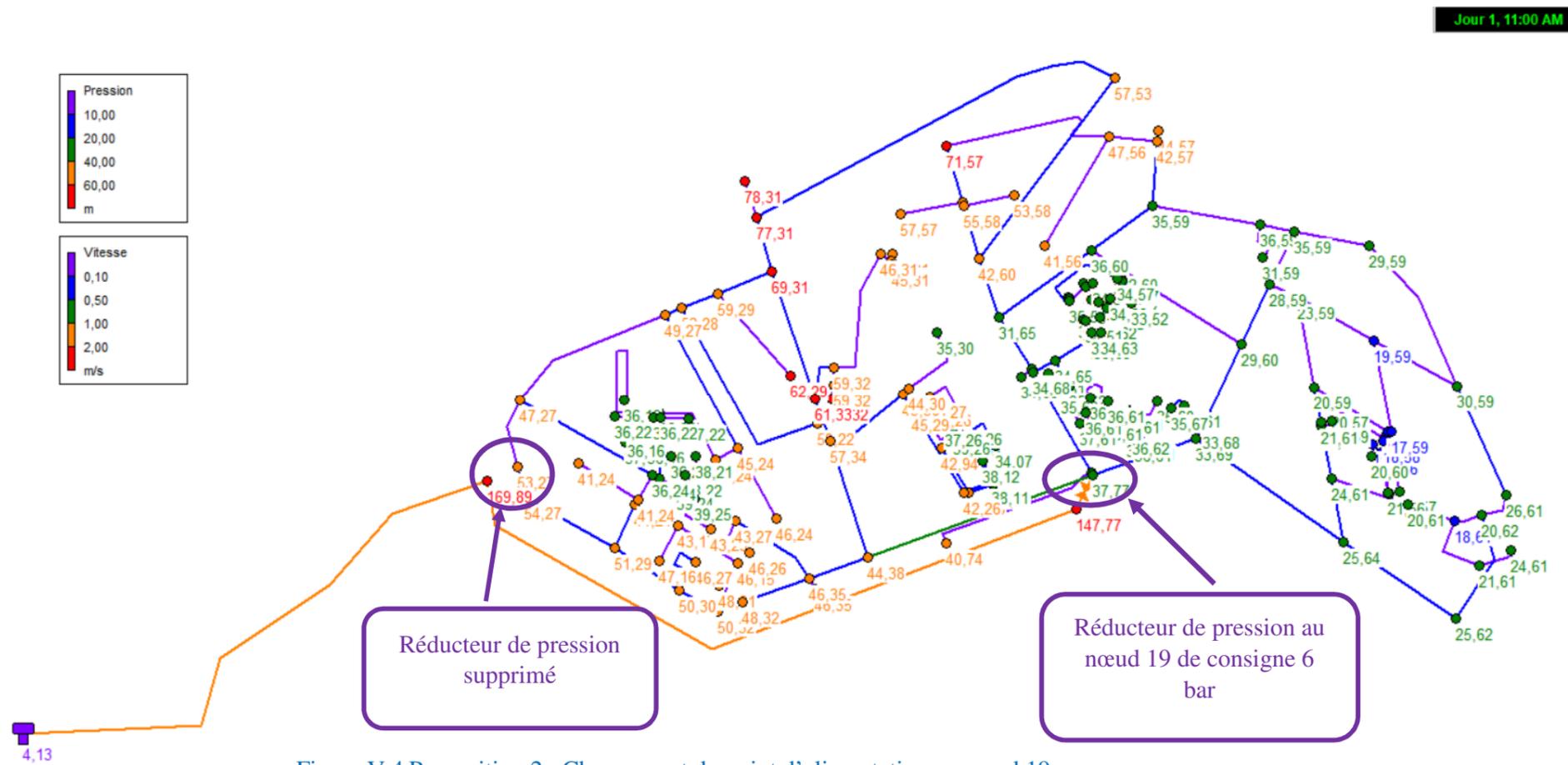


Figure.V.4 Proposition 2 : Changement du point d'alimentation au nœud 19

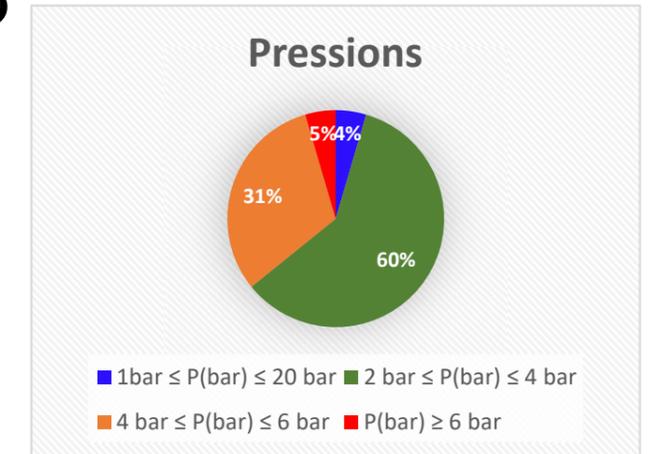


Figure.V.5. Diagramme des pressions à 11h

### V.3.2. Conclusion

La proposition (2) ne répond pas à nos attentes, elle offre des pressions inférieures à 4 bar, et des vitesses faibles qui favorisent le dépôt au sein des conduites (moins de 0,1 m/s).

### V.3.1. Analyse de la proposition 2

Dans le but d'améliorer notre réseau, nous avons changé le point d'alimentation de notre réseau. Avec un réducteur de pression de consigne 6 bar placé au nœud 19, par un raccordement de 315 mm et de longueur 1130 m, d'après les résultats obtenus, figure V.4 nous pouvons dire que cette option n'est pas du tout satisfaisante.

- D'après l'ensemble de nos résultats, le réseau ne répond pas positivement à une alimentation en ce nouveau point comme l'indique cette variante. Le diagramme des pressions en témoigne. Nous avons 60% des nœuds avec une pression inférieure à 2 bar (figure V.5).
- La zone Est est exposée aux insuffisances de pressions (figure V.6). En termes d'appréciation ce cas ne remplit pas nos conditions. La zone Nord par contre à une amélioration de sa pression avec un maximum de 7 bar.
- Les vitesses dans l'ensemble du réseau n'évoluent pas et tournent autour de moins de 0,1 à 0,5 m/s sur l'ensemble du réseau. Ce qui favorise toujours le dépôt dans les conduites.

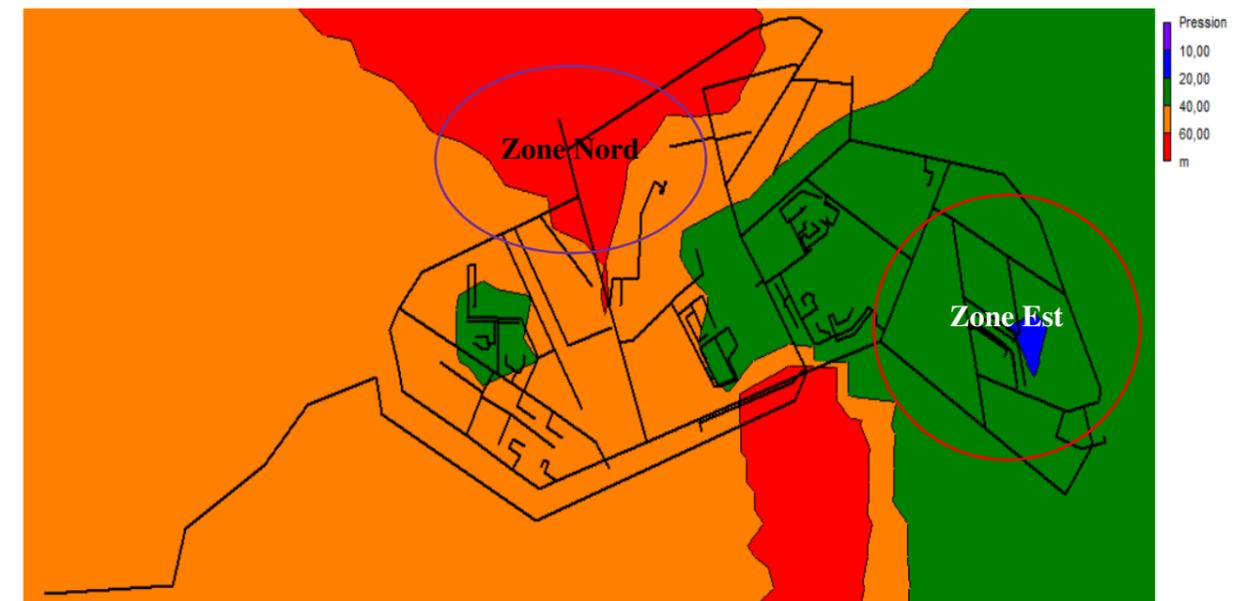


Figure.V.6. Enveloppe de pression

# CHAPITRE V : Proposition de variantes

## V.4. Proposition 3 : Changement du point d'alimentation au nœud 19 avec stabilisateur aval

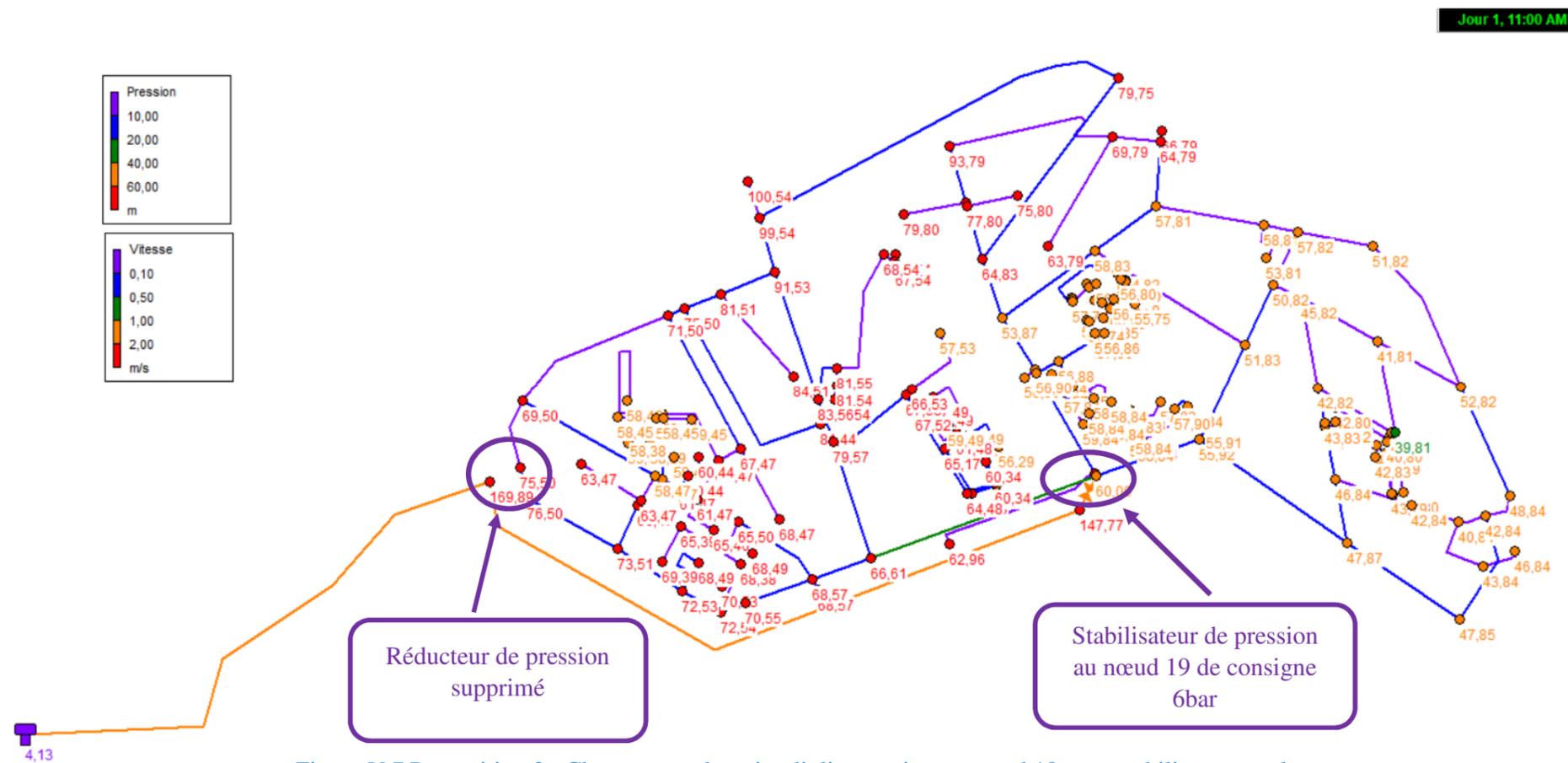


Figure.V.7 Proposition 3 : Changement du point d'alimentation au nœud 19 avec stabilisateur aval

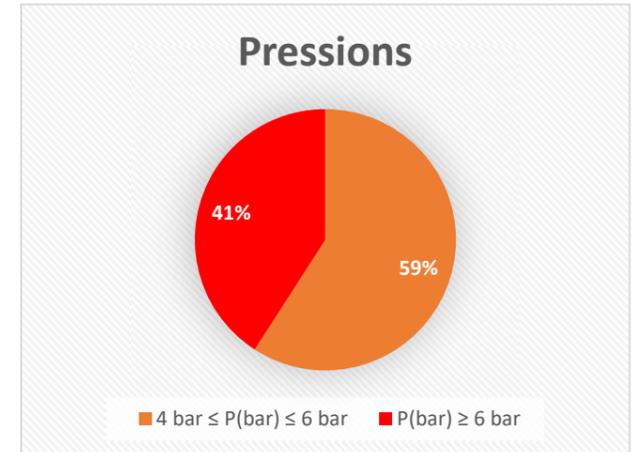


Figure.V.8. Diagramme des pressions à 11h

### V.4.2. Conclusion

Cette proposition ne répond pas à nos attentes. Car la hausse de pression dans la plupart des nœuds du réseau, les expose à des accidents de fonctionnement tel que les fuites, et les éclatements. Des incidents que nous sommes sensé prévenir, de ce fait cette proposition est non convenable a notre étude.

### V.4.1. Analyse de la proposition 3

Pour cette proposition, le point d'alimentation du réseau a été supprimé. Et nous l'avons implanté au nœud 19 par le prolongement d'une conduite de 315 mm de diamètre et d'une longueur de 1130 m.

En y installant un stabilisateur aval de pression avec une consigne de 6 bar, les résultats de la simulation, nous offres des pressions comprises entre 4 bar et 10 bar.

- Le diagramme des pressions nous montre deux grandes classes de pression, une comprise entre 4 bar et 6 bar, une autre classe supérieure à 6 bar (figure V.8).
- Avec cette variante, l'ensemble du réseau a une plage de pressions suffisantes et voir même très importante, comme dans la zone Nord où on enregistre 9 à 10 bar de pression (figure V.7). On remarque une forte augmentation de la pression dans la plupart des nœuds du réseau (figure V.9).
- Les vitesses dans l'ensemble du réseau n'évoluent pas et tournent autour de moins de 0,1 à 0,5 m/s sur l'ensemble du réseau.

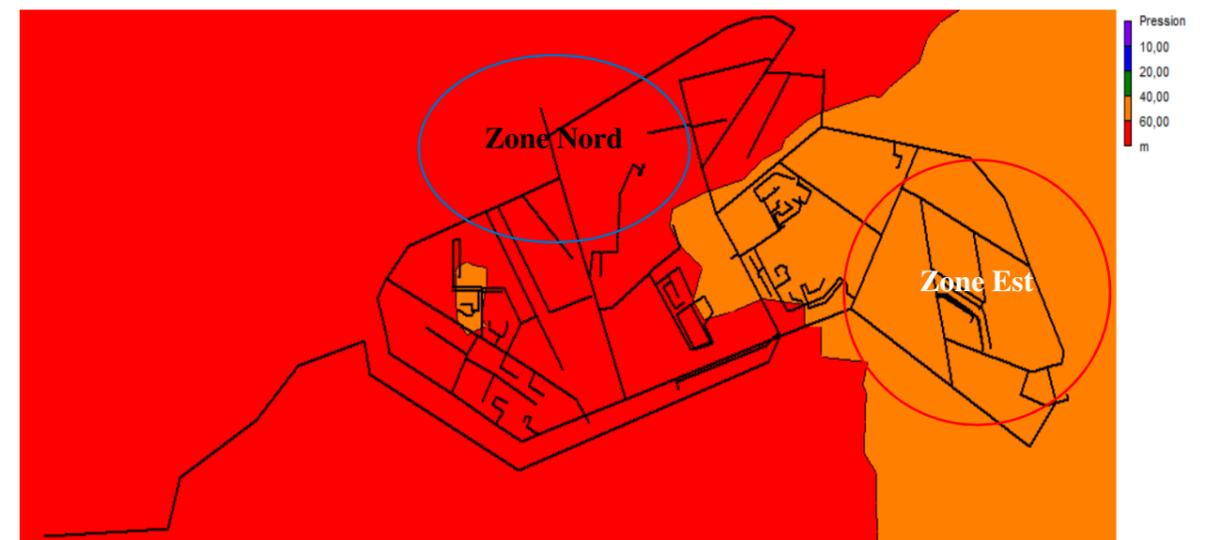


Figure.V.9. Enveloppe de pression

# CHAPITRE V : Proposition de variantes

## V.5. Proposition 4 : Alimentation nœud initial et nœud 18

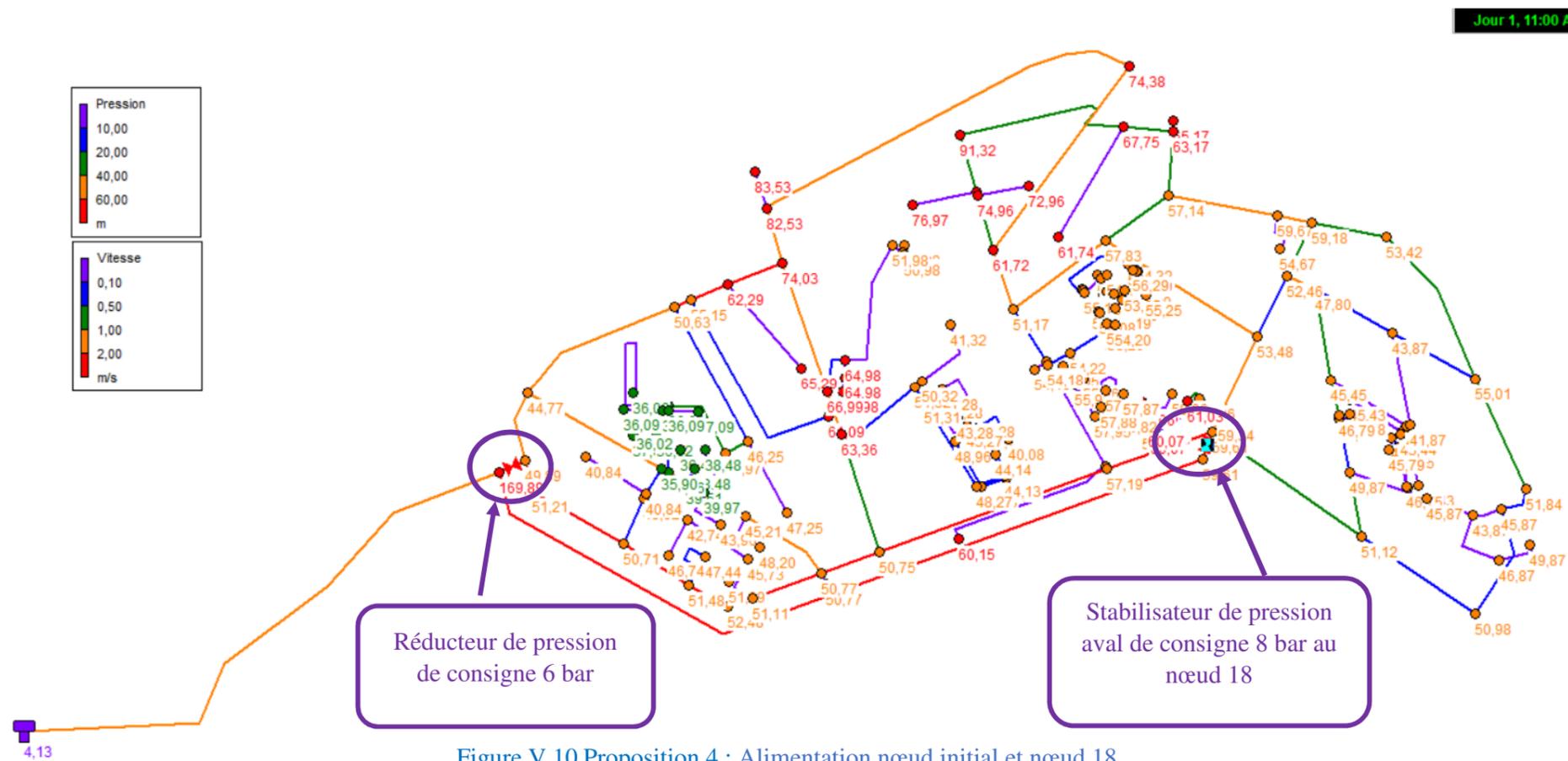


Figure.V.10 Proposition 4 : Alimentation nœud initial et nœud 18

### V.5.1. Analyse de la proposition 4

Nous avons amélioré le réseau en lui installant :

Un stabilisateur de pression de consigne 6 bar ; Un raccordement de diamètre 315 mm et de 1320 m de longueur au nœud 18, où est placé le stabilisateur aval. Par cette amélioration nous pourrions fournir une pression suffisante au réseau. C'est-à-dire une pression suffisante pour alimenter la zone Est, et diminuer la pression dans la zone Nord du réseau.

- D'après l'enveloppe de pression, notre réseau dans son ensemble a une plage de pression favorable. La zone Est dans son ensemble est alimentée avec une pression comprise entre 4 et 6 bar. Ce qui convient au critère que nous recherchons.
- Aussi cette proposition nous donne une alimentation à 76% par des pressions comprises entre 4 et 6 bar (figure V.11 et figure V.12), ce qui se rapproche beaucoup de l'objectif visé à savoir une pression homogène qui ne dépasse pas les 6 bar sur la majeure partie de la zone d'étude.
- En ce qui concerne la zone Nord les pressions y sont considérablement réduites avec un maximum de 8,5 bar par rapport au réseau initial où on dépassait les 10 bar (figure IV.10).
- On remarque aussi l'apparition de pressions de 3 bar de moyenne dans la zone Ouest du réseau (figure IV.12).
- Les vitesses dans l'ensemble du réseau sont assez élevées, comprises entre 0,1 m/s et 3,78 m/s. ces vitesses dépassent les normes internationales admises (pas dans la plage 0,5 à 1,5 m/s), ce qui peut causer l'érosion des conduites et des bruits désagréables lorsqu'on ouvre le robinet (Figure.IV.10).

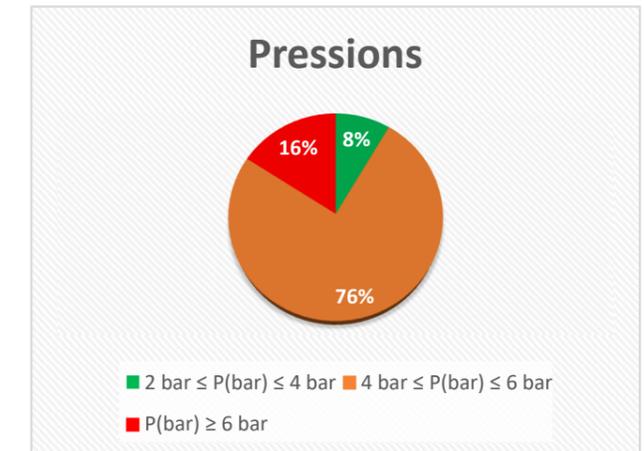


Figure.V.11. Diagramme des pressions à 11h

### V.5.2. Conclusion

Cette proposition se rapproche beaucoup du but recherché mais ne convient toujours pas vraiment à nos attentes, du fait des quelques basses pressions enregistrées dans la zone Ouest du réseau, et des vitesses très élevées qui risquent d'éroder les conduites.

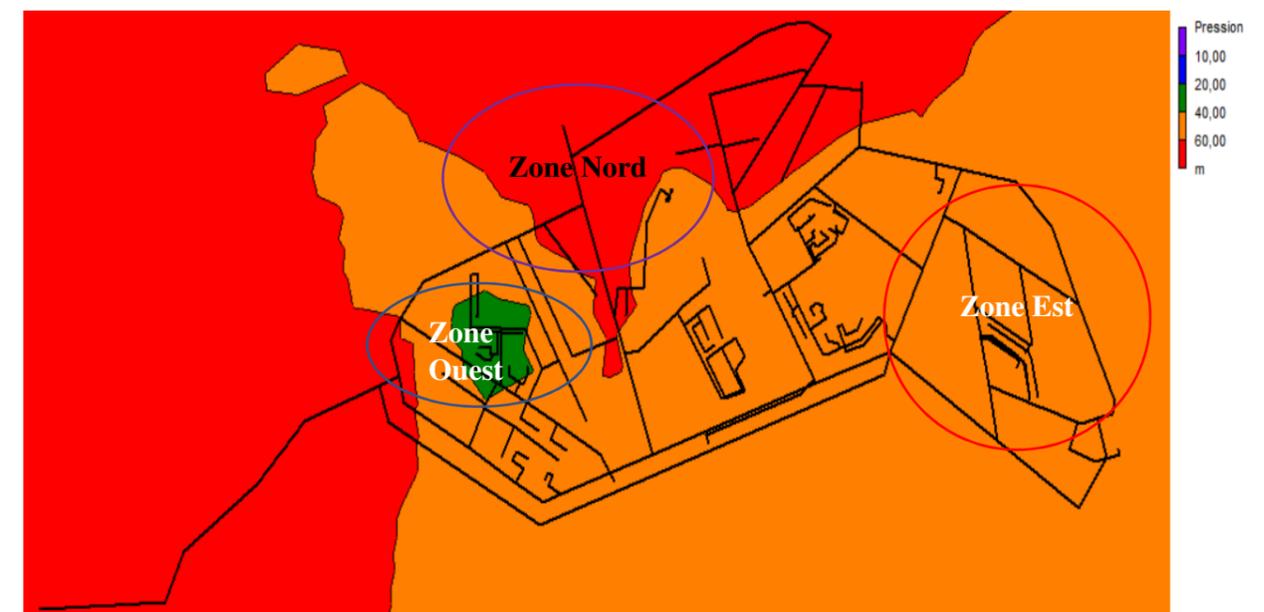


Figure.V.12. Enveloppe de pression

# CHAPITRE V : Proposition de variantes

## V.6. Proposition 5 : Alimentation nœud initial et nœud 18 avec sectorisation

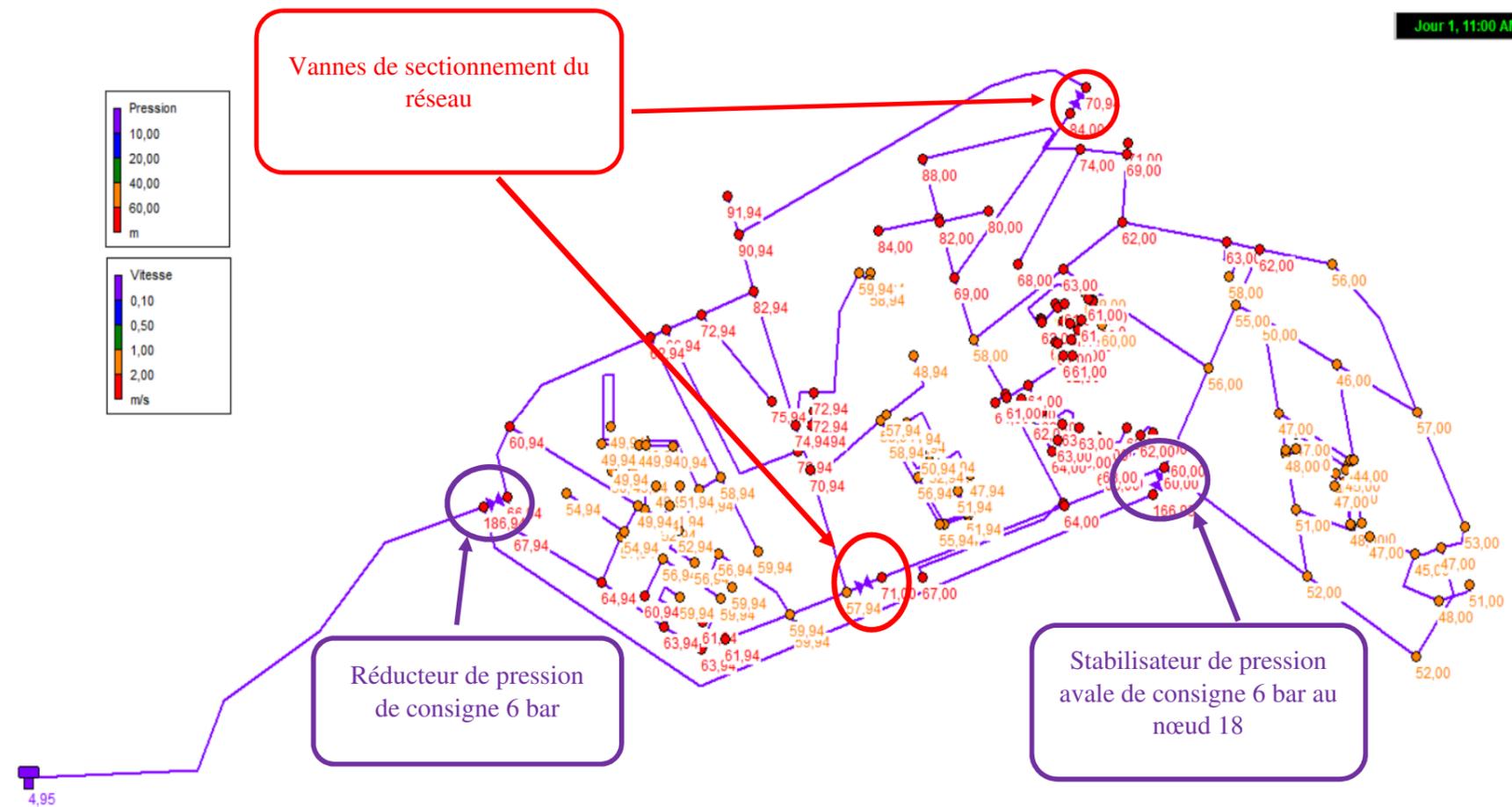


Figure.V.13 Proposition 5 : Alimentation nœud initial et nœud 18 avec sectorisation

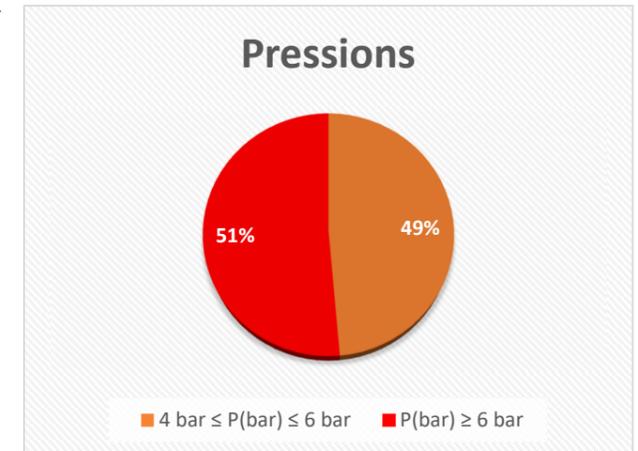


Figure.V.14. Diagramme des pressions à 11h

### V.6.2. Conclusion

Cette proposition ne répond pas à nos attentes. Car les pressions sont bien supérieures à 8,5 bar et les vitesses ne sont pas convenables.

### V.6.1. Analyse de la proposition 5

Nous avons amélioré le réseau en lui installant :

- ✓ Un stabilisateur de pression de consigne 6 bar ;
- ✓ Un raccordement de 315 mm de diamètre et de 1320 m de longueur ;
- ✓ Deux vannes de sectionnement afin de rendre indépendant chaque secteur pour une distribution de pression plus équilibrée.

Il convient de noter que le réducteur de pression initial est conservé avec une consigne de 6 bar.

Par cette amélioration nous pouvons aisément surveiller l'évolution des secteurs et les ajusté en fonction de leur demande. C'est-à-dire une bonne pression pour la zone Est et une réduction de la pression pour la zone Nord.

- D'après l'ensemble de nos résultats, le réseau observe une amélioration certes, mais les fortes pressions de la zone Nord ont pris légèrement de l'ampleur ce qui pourrait causer des accidents, et des dégâts pour les conduites qui alimentent cette zone. Il s'agit d'une pression supérieure à 6 bar qui touche 13% du réseau (figure V.14).
- Avec cette variante, environ 13% du réseau est alimenté par des pressions supérieur à 6 bar (figureV.15). Avec une pression de 9,2 bar au nœud 76 qui est le point le plus bas. En termes d'appréciation ce cas ne remplit qu'une de nos conditions, qui est l'amélioration de la zone Est, la zone Nord quant à elle est toujours exposée.

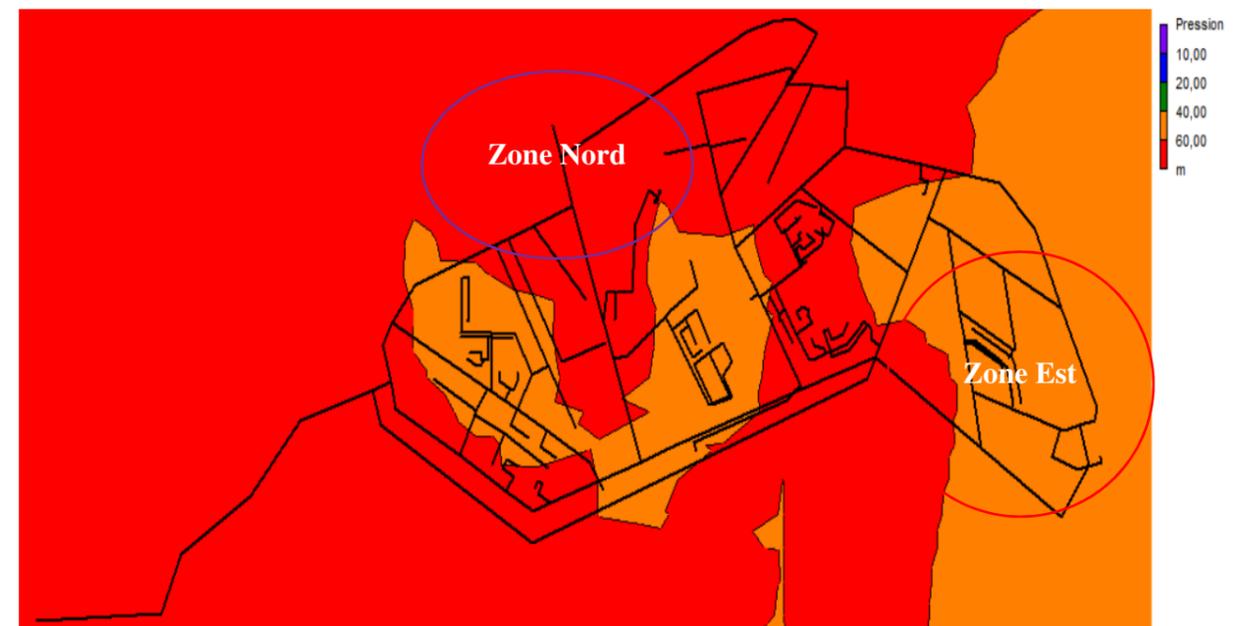


Figure.V.15. Enveloppe de pression

# CHAPITRE V : Proposition de variantes

## V.7. Proposition 6 : Alimentation nœud initial et nœud 18 avec un reducteur et une sectorisation

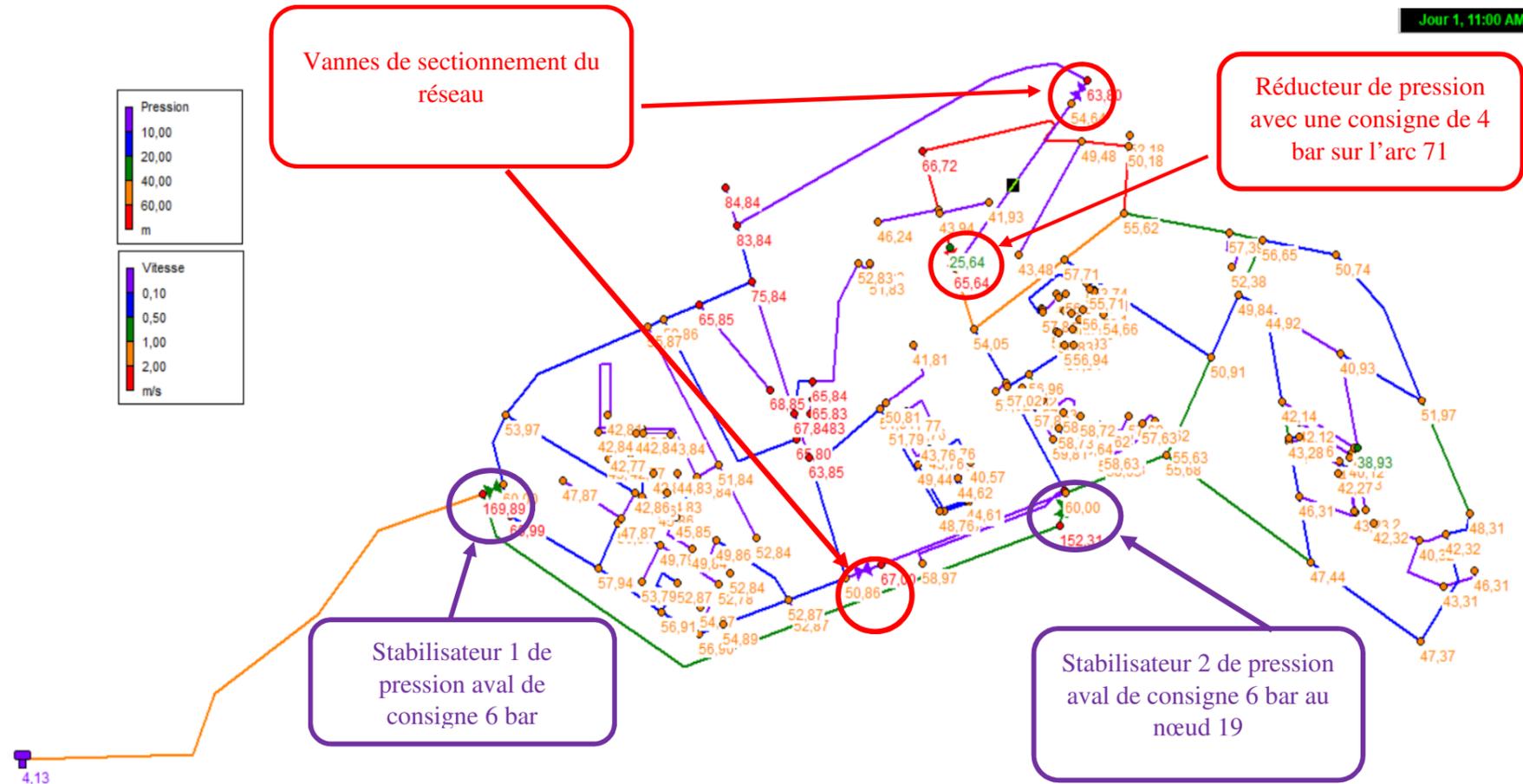


Figure.V.16 Proposition 6 : Alimentation nœud initial et nœud 18 avec un reducteur et une sectorisation

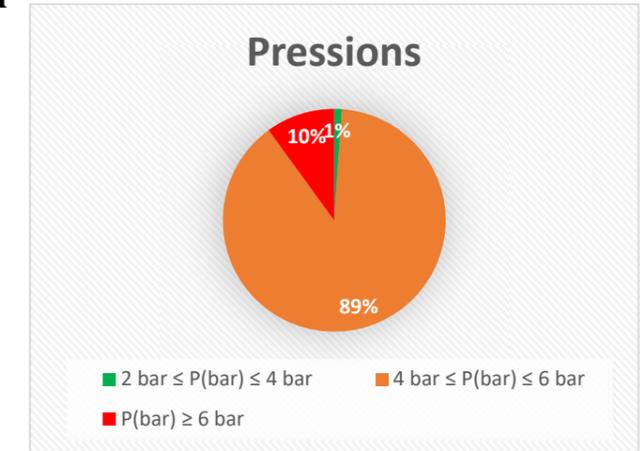


Figure.V.17. Diagramme des pressions à 11h

### V.7.2. Conclusion

Cette proposition offre à l'ensemble du réseau de bonne pression ainsi qu'une alimentation continue et régulière. De plus les vitesses sont dans un intervalle acceptable. Cette proposition est donc la plus appropriée pour pallier aux problèmes du réseau (le réseau actuel).

### V.7.1. Analyse de la proposition 6

Nous avons amélioré le réseau en lui installant :

- ✓ Deux stabilisateurs de pressions avec une consigne de 6 bar à chacun.
- ✓ Raccordement de diamètre 315 mm et de 1130 m de longueur au nœud 19, où est placé l'un des stabilisateurs avals.
- ✓ Un réducteur de pression de consigne 4 bar sur l'arc 71, afin de réguler la pression à l'aval.
- ✓ Et deux vannes de sectionnement afin de rendre indépendant chaque secteur pour une distribution de pression équilibrée.

Par cette amélioration nous pouvons aisément surveiller l'évolution des secteurs et les ajuster en fonction de leur demande. C'est-à-dire une bonne pression pour la zone Est et une réduction de pression pour la zone Nord.

- D'après l'enveloppe de pression, notre réseau dans son ensemble baigne dans des pressions raisonnables, la zone Est dans son ensemble est alimentée avec une pression comprise entre 3,8 et 5,9 bar.
- Ce qui nous donne une alimentation à 89% par des pressions comprises entre 4 et 6 bar, autrement dit une proposition qui répond à nos attentes (figure V.17 et figure V.18). Avec une alimentation de ce type notre réseau est exempté des dégâts causés par les fortes pressions, et il alimente l'ensemble de la zone d'étude.

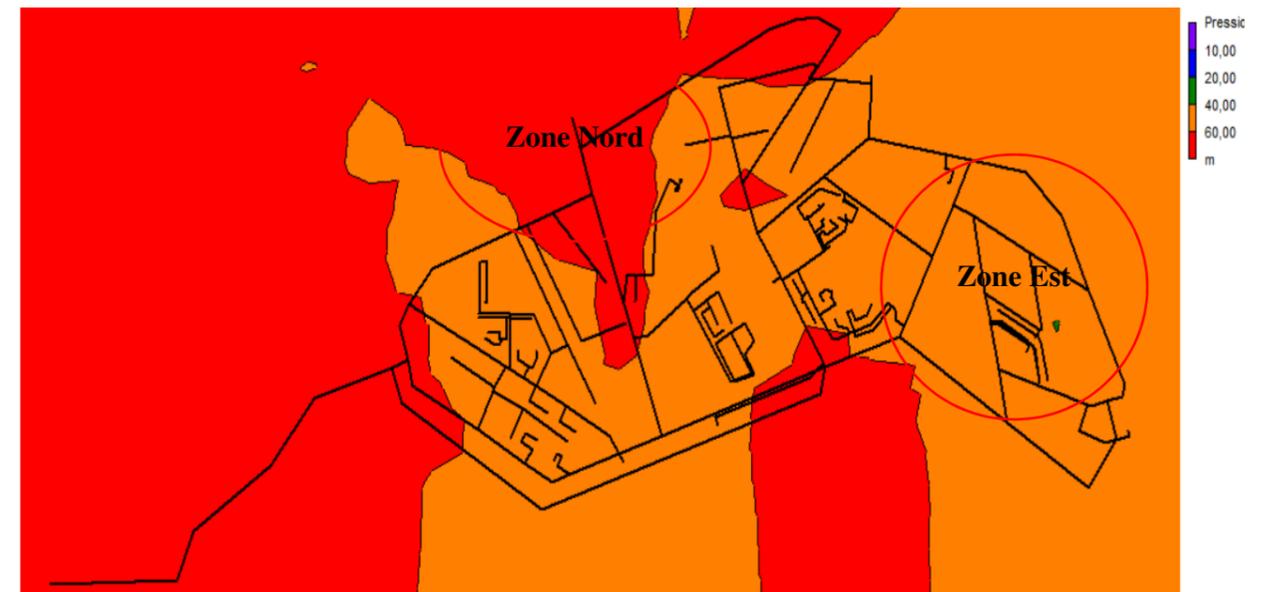


Figure.V.18. Enveloppe de pression

## V.8. Synthèse

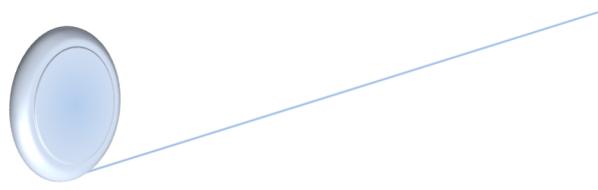
Afin d'optimiser le fonctionnement du réseau de Boujlida, l'ADE Tlemcen devra équiper le réseau d'accessoires de contrôle.

D'après les résultats de la simulation des propositions nous recommandons l'application de la proposition 6. Proposition qui nécessite l'installation des accessoires suivants :

- Deux stabilisateurs de pressions aval, dont un au nœud initial et le second au nœud 18,
- Un réducteur de pression de 4 bar sur la conduite 71,
- Tout en utilisant deux vannes pour sectionnée le réseau.

Aussi, nous préconisons l'installation de réducteurs de pression au niveau des bâtiments en termes de prévention, des éventuels éclatements de conduites en cas de surpression.

Cette configuration permet d'alimenté l'ensemble du réseau avec de bonne pression dans les bâtiments et ce à tous les niveaux, avec des vitesses convenables. Ce qui permettra à Boujlida de mettre fin aux accidents enregistrés sur le réseau, tel que les fuites et les éclatements de conduites.



**CONCLUSION**  
**GENERALE**

# Conclusion Générale

Ce travail nous a permis de modéliser et d'analyser le réseau d'AEP de Boujlida qui est déjà existant à l'aide des deux modèles EPANET / PORTEAU.

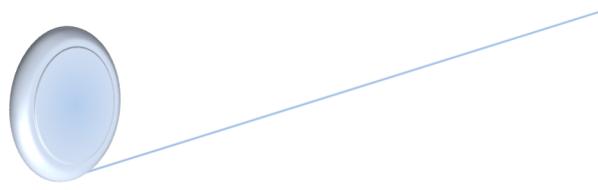
Cette modélisation montre l'état du fonctionnement du réseau de distribution, dont les résultats sous EPANET et PORTEAU montrent que le réseau en question présente beaucoup de problèmes de pressions et de distribution. Car vu la complexité du relief de cette zone, la zone Nord est alimentée sous de fortes pressions, ce qui la rend vulnérable aux accidents. Tandis que la zone Est se voit alimenté par de faible pression en raison de son altitude, rendant ainsi cette zone sujette à des problèmes d'alimentation.

Sur la base des résultats obtenus, nous avons été en mesure de proposer 6 variantes, pour l'optimisation du réseau actuel. Après analyses des variantes, la proposition 6 portant sur alimentation au nœud initial et nœud 18 avec un reducteur et une sectorisation du réseau est celle que nous recommandons. Elle offre alimentation sous une plage de pression permettant l'alimentation de tout le réseau sur 24 h. Il est alors nécessaire de proposer les actions à entreprendre en plus de cette variante, nous recommandons donc fortement les actions suivantes :

- Entreprendre quelques démarches de rénovations de conduites et des branchements dans la zone Nord et Est.
- Aussi nous préconisons l'installation de réducteurs individuels pour les nœuds dont la pression excède les 6 bar notamment dans la zone Nord.

Plusieurs axes peuvent être développés en continuité de ce travail, à savoir :

- Etablissement d'une carte topographique de la zone de Boujlida.
- Effectuer des campagnes de mesures de débit afin de caler le modèle de calcul.
- Proposer le développement d'un modèle de consommation propre à la zone d'étude.



**LISTE DES**  
**REFERENCES**

## Liste des références

[1] Ouellabi F., et Chettouh Y., 2015, dimensionnement du réseau d'alimentation en eau potable de secteur route TOUGGOURT – EL OUED –, mémoire de master en Hydraulique, université Echahid Hama Lakhedar - EL-OUED.

[2] Abdelbaki C., 2014, Modélisation d'un réseau d'AEP et contribution à sa gestion à l'aide d'un SIG - Cas du Groupement Urbain de Tlemcen -, thèse de doctorat en Hydraulique, université Abou Bakr Belkaïd Tlemcen.

[3] [http://gr-ea.weebly.com/uploads/2/2/4/0/22402368/reseaux\\_de\\_distribution.pdf](http://gr-ea.weebly.com/uploads/2/2/4/0/22402368/reseaux_de_distribution.pdf) (PDF sur les structures des réseaux, consulté le 7 mai 2018 à 16:45).

[4] Guide technique : Réalisation d'une modélisation hydraulique d'un réseau d'eau potable, République d'Haïti, 2013, DINEPA, Code : 5.2.1 GUI2.

[5] Tarfaya C., 2012, Approche méthodologique pour le diagnostic des réseaux d'eau mémoire de master en Hydraulique, Université HADJ LAKHEDAR- BATNA.

[6] Dupont A., 1979, Hydraulique urbaine, Tome 2, Edition Eyrolles, 484 p.

[7] SIAEP du Vallespir, Modélisation du réseau d'eau potable construction du modèle et calage, Octobre 2005, STR-général des eaux-région Sud, Réf T2028.

[8] <http://hmf.enseiht.fr/travaux/beiepe/book/export/html/1002> (Site pour la présentation du logiciel EPANET, consulté le 14 mai 2018 à 16:45).

[9] Lewis R., 2003, Manuel de l'utilisateur version française d'EPANET 2.0.

[10] Sylvain G., 2007, Modélisation sur le logiciel EPANET du réseau d'eau potable de la commune d'URRUGNE5(064).

[11] Descriptif Technique du logiciel PORTEAU, 2018, IRSTEA, Ensemble de logiciels pour la modélisation du fonctionnement et l'optimisation des réseaux d'eau sous pression.

[12] [file:///C:/Users/Dell/Downloads/10600\\_PDS\\_WaterCAD\\_LTR-EN\\_0117\\_HR.pdf](file:///C:/Users/Dell/Downloads/10600_PDS_WaterCAD_LTR-EN_0117_HR.pdf) (PDF à propos de WATERCAD, consulté le 14 mai 2018 à 18:00).

[13] BELAIB A., 2007, Modélisation hydraulique d'un système de transfert d'eau potable, Thèse de magister, Université Hassiba Benbouali de Chlef.

[14] Laala-Bouali O., 2017, Diagnostic et Fiabilité du réseau de distribution de la zone Plaine Ouest – Annaba, mémoire de master, université Badji Mokhtar-Annaba.

[15] Briere F., 2012, Distribution et collecte des eaux, troisième édition, Presses internationales polytechniques , 571 p.

[16] Guide utilisateur pour PORTEAU 4, mise à jour MARS 2018.

[17] Benmiloud S., et Boudghen-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 en hydraulique, université Abou Bakr Belkaïd – Tlemcen –.

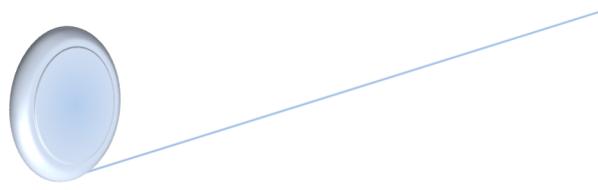
[18] Chouiter S., et Saïm F., 2017, simulation par le logiciel EPANET/PORTEAU d'un réseau d'alimentation en eau potable de secteur Imama willaya de Tlemcen, mémoire de master en hydraulique, université Abou Bakr Belkaïd – Tlemcen –.

[19] Merad W., et Khedim M., simulation sur PORTEAU du réseau d'AEP de la localité d'Abou Tachefine, et de la cité Les Oliviers, mémoire de master en hydraulique, université Abou Bakr Belkaïd – Tlemcen –.

[20] <http://porteau.irstea.fr/Presentation/zomayet.html> (Site de présentation du logiciel PORTEAU, consulté le 24 Mai 2018 à 17:00).

[21] [http://documentation.2ie-edu.org/cdi2ie/opac\\_css/doc\\_num.php?explnum\\_id=1031](http://documentation.2ie-edu.org/cdi2ie/opac_css/doc_num.php?explnum_id=1031) (consulté le 6 juin 2018 à 18:00).

[22] <http://www.dknews-dz.com/article/25229-tlemcen-attribution-de-347-logements-sociaux-participatifs-a-boudjlida.html> (Site de DKNEWS, quotidien national d'informations, Rue du Djurdjura - Ben Aknoun – Algérie, consulté le 8 juin 2018 à 18:00).



# *ANNEXES*

# Annexes

## Annexe 01 : Le plan de recollement du réseau d'AEP de Boujlida



Figure A-1. 1. Le plan du réseau d'AEP étudié