

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
جامعة أبي بكر بلقايد – تلمسان-  
Université ABOU BEKR BELKAID

Faculté de Technologie



Département d'Hydraulique

MEMOIRE

Projet de Fin d'Etude

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

Option : **Technologie de Traitement des Eaux**

Thème

**ETUDE DIAGNOSTIQUE DU RESEAU D'AEP DE  
M'DIG ET SIDI AISSA, CHETOUANE**

Soutenue publiquement le 25/05/2016

Présenté par

**M<sup>r</sup> CHEMIDI Mostafa & KADDOUR Yasser**

Devant le jury :

M <sup>ME</sup> K. BABA-HAMED.....	Président
M <sup>R</sup> M. ADJIM .....	Examineur
M <sup>R</sup> A. GHENIM .....	Examineur
M <sup>ME</sup> C. BOUKLI HACENE.....	Encadreur

Promotion 2015/2016

## *Résumé*

La manière dont se posent les problèmes de conception et de gestion des réseaux d'alimentation en eau potable, n'a cessé de se modifier, et de plus en plus rapidement. Les raisons en sont nombreuses : développement de l'urbanisation, accroissement de la consommation d'eau des individus et des industries, etc....

Devant la complexité de l'archivage traditionnel impliquant une difficulté de l'exploitation de la documentation cartographique et descriptive, la gestion des réseaux d'AEP s'avère lente et onéreuse pour répondre efficacement aux besoins immédiats.

Pour améliorer la connaissance d'un réseau d'AEP, il est nécessaire d'analyser son fonctionnement et de prévoir son comportement, et il est indispensable de recourir à la modélisation des données cartographiques et des données descriptives des entités spatiales composantes le réseau. Le recours aux nouveaux outils d'investigation de cartographie numérique tels que les S.I.G est devenu indispensable.

Pour une meilleure maîtrise du réseau, le Système d'Information Géographique est couplé avec les logiciels de modélisation hydraulique Epanet et Porteau. Une modélisation avec Epanet et Porteau nécessite des données structurelles, descriptives du réseau et des données de consommation. Les données structurelles correspondent à la structure physique du réseau, et sont subdivisées en Arcs, Nœuds et Réservoirs.

Cet outil permet d'assister les gestionnaires dans la prise de décision pour remédier aux défaillances éventuellement décelées et de garantir en conséquence, un fonctionnement du réseau optimal.

Le réseau d'alimentation en eau potable de la localité de M'dig et Sidi Aissa a été choisi pour illustrer cette approche.

**Mots-clés :** Réseau d'alimentation en eau potable, Système d'information géographique, Base de données, Modélisation de réseau, MapInfo, Epanet, Porteau.

## *Abstract*

The way in which the difficulties of design and management of the networks of drinking water supply arise, did not cease changing, and more and more quickly. The reasons are numerous: development of the urbanization, increase in the consumption of water of the individuals and industries, etc....

In front of the complexity of traditional filing implying an operational difficulty of cartographic and descriptive documentation, the management of the networks of AEP proves to be slow and expensive to meet the immediate needs effectively.

To improve knowledge of a network of AEP, it is necessary to analyze its operation and to envisage its behavior, and it is essential to resort to the modeling of the cartographic data and the descriptive data of the component space entities the network. The recourse to the new tools for digital investigation of cartography such as the S.I.G became essential.

For a better control of the network, the Geographical Information system is coupled with hydraulic software of modeling Epanet and Porteau. A modeling with Epanet and Porteau requires structural, descriptive data network and data of consumption. The structural data correspond to the physical structure of the network, and are subdivided in Arcs, Nodes and Tanks.

This tool makes it possible to assist the managers in decision making to cure the possibly detected failures and to guarantee consequently, an operation of the optimal network.

The network of drinking water supply of the locality of M'dig and Sidi Aissa was selected to illustrate this approach.

**Keywords:** Network of drinking water supply, geographical Information system, Database, Modeling of network, MapInfo, Epanet, Porteau.

## ملخص

تعود مشاكل تصميم وتزويد وإدارة شبكات المياه الصالحة للشرب لأسباب كثيرة منها: زيادة عدد السكان والزيادة في استهلاك الماء من طرف الأفراد والصناعات... الخ

ونظرا لتعدد وندرة الأرشفة التقليدية التي تعكس صعوبة استغلالها، والتي تجعل إدارة شبكات الامداد بالمياه الصالحة للشرب بطيئة ومكلفة وغير كافية لتسديد الاحتياجات العاجلة. ولتحسين المعرفة بشبكة الامداد بالمياه الصالحة للشرب من الضروري تحليل طريقة عمله والتنبؤ بسلوكه وإنه من الضروري استخدام نمذجة البيانات الخرائطية والبيانات الوصفية لمكونات الشبكة بواسطة نظام المعلومات الجغرافية لتحسين مراقبة شبكة الامداد بالمياه الصالحة للشرب يجب استعمال نظام الاعلام الجغرافي وربطه بنماذج برامج الري مثل Epanet وPorteau.

النمذجة مع Epanet وPorteau تتطلب البيانات الهيكلية وبيانات المستهلكين، البيانات الهيكلية تتمثل في الهيكل الفيزيائي للشبكة من أنابيب وخزانات.

هذه الأنظمة تساعد المسيرين في اتخاذ القرارات وضمان عمل الشبكة بصورة نموذجية وبالتالي تم اختيار شبكة مياه الشرب لمدينة المضيق وسيدي عيسى لتوضيح هذا النهج.

**كلمات مفتاحية:** شبكة الامداد بالمياه الصالحة للشرب، نظام المعلومات الجغرافية، قواعد البيانات، نمذجة الشبكة،

Epanet ،Porteau.

# *Remerciements*

*Nous commençons par remercier dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et l'amour du savoir pour pouvoir réaliser ce modeste travail.*

*Nos plus vifs remerciements vont à Mme C. Boukli Hacène pour avoir accepté d'encadrer ce sujet, ainsi pour son orientation, ses judicieux conseils et sa disponibilité tout au long de l'évaluation de notre projet.*

*Nous tenons à remercier également les membres de jury :*

*Mme K. BABA-HAMED, Mr M. ADJIM et Mr A. GHENIM pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Nos vifs remerciements aux responsables et personnel de*

*la direction des ressources en eaux (DRH) et l'algérienne des eaux (ADE), surtout à Mr Abdelhak Chakib,*

*Mr Bouzian Mohammed.*

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

# *Dédicaces*

*Je dédie ce travail à :*

*Ma très chère mère qui m'a toujours apportée*

*Son amour et son affection*

*Mon cher père, qui m'a toujours encouragé, conseillé*

*et*

*Soutenu dans mon travail*

*Ma très chère grande mère*

*Mes frères et mes sœurs*

*Mes camarades de la promo d'hydraulique option*

*Technologie et Traitement des Eaux*

*De 2015/2016*

*Mes très chers amis*

*Je dédie ce modeste travail.*

*Mostafa*

# *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail à mes chers parents. Ma mère pour m'avoir mis au monde et pour m'avoir accompagné tout le long de ma vie. Je lui dois une fière chandelle. Mon père qui sans lui je ne serais pas arrivé jusqu'ici. J'espère toujours rester fidèle aux valeurs morales qu'il m'avez apprises.*

*Ma très chère sœur, mes deux frères et toute ma famille.*

*Mes très chers amis et*

*Mes camarades de la promo d'hydraulique option  
Technologie et Traitement des Eaux*

*De 2015/2016*

*Je dédie ce modeste travail.*

*Yasser*

# *Liste des Tableaux*

Tableau I.1 : L'état du réseau à partir de ILP.....	13
Tableau II.1 : Estimation de la population urbaine de M'dig. ....	18
Tableau II.2 : Estimation de la population urbaine de Sidi Aissa. ....	18
Tableau II.3 : Production des eaux souterraines au niveau de la zone Chetouane.....	18
Tableau II.4 : Zones desservies par les stations de dessalement. ....	19
Tableau II.5 : Rendement de production du réseau de distribution M'dig et Sidi Aissa. ....	20
Tableau II.6 : Rendement primaire du réseau de distribution M'dig et Sidi Aissa. ....	20
Tableau II.7 : L'indice linéaire de perte du réseau de distribution M'dig et Sidi Aissa. ....	20
Tableau II.8 : L'indice linéaire de réparation du réseau de distribution M'dig et Sidi Aissa. .	21

# *List des Figures*

Figure I.1 : Schéma d’Alimentation en Eau Potable.....	4
Figure I.2 : Prise au milieu d’une rivière.....	5
Figure I.3 : Prise dans le fond du lit d’une rivière.....	5
Figure I.4 : Prise sur berge. ....	6
Figure I.5 : Captage direct de l’eau à partir d’une source. ....	6
Figure I.6 : Captage direct de l’eau par un forage.....	7
Figure I.7 : Réseau ramifié.....	10
Figure I.8 : Réseau maillé. ....	10
Figure II.1 : Situation géographique de la zone d’étude. ....	16
Figure II.2 : Extrait de levé topographique du Localité M’dig et Sidi Aissa. ....	17
Figure III.1 : Extrait de la localité M’dig pour le calage (Google Earth).....	26
Figure III.2 : Extrait de la localité Sidi Aissa pour le calage (Google Earth). ....	26
Figure III.3 : La boîte de dialogue démarrage.....	27
Figure III.4 : Le choix du type de fichiers « Raster » ....	27
Figure III.5 : Géo-référencement des images ....	28
Figure III.6 : Choix de l’unité ....	28
Figure III.7 : L’entré des coordonnées longitude & l’altitude. ....	29
Figure III.8 : Résultat & Préparation du fond de plan pour tracer le réseau d’AEP. ....	29
Figure III.9 : Définition de la structure de la table « Conduites ».....	30
Figure III.10 : La 1 <sup>ère</sup> proposition du réseau d’AEP M’dig et Sidi Aissa. ....	31
Figure III.11 : La 2 <sup>ème</sup> proposition du réseau d’AEP M’dig et Sidi Aissa. ....	32
Figure III.12 : La 3 <sup>ème</sup> proposition du réseau d’AEP M’dig et Sidi Aissa. ....	33
Figure IV.1 : Passage SIG-Epanet.....	36
Figure IV.2 : Passage SIG-Epanet.....	37
Figure IV.3 : Passage SIG-Epanet.....	37
Figure IV.4 : Le réseau d’AEP M’dig et Sidi Aissa importé sous Epanet. ....	38
Figure IV.5 : Exemple de saisie des données des canalisations. ....	38
Figure IV.6 : Exemple de saisie des données des nœuds. ....	39
Figure IV.7 : Exemple de saisie des données des réservoirs.....	39
Figure IV.8 : Définition des options et lancement de simulations pour le réseau d’AEP M’dig et Sidi Aissa.....	40
Figure IV.9 : Résultats de simulation pour les deux localités à partir du réservoir de M’dig. ....	40
Figure IV.10 : Résultats de simulation pour les deux localités à partir du réservoir de Sidi Aissa. ....	41
Figure IV.11 : Résultats de simulation alimentation de chaque localité à partir de son propre réservoir.....	41
Figure IV.12 : Exemple de répartition globale des débits dans le réseau d’AEP.....	42
Figure IV.13 : Exemple de répartition des débits pour un tronçons dans le réseau d’AEP. ....	42
Figure IV.14 : Variation du débit au niveau du réservoir de m’dig. ....	43
Figure IV.15 : Pertes de charge calculées pour un diamètre donné. ....	43
Figure IV.16 : Répartition des vitesses dans le réseau. ....	44
Figure IV.17 : Répartition de la vitesse pour le tronçon T8-1. ....	44

Figure IV.18 : Enveloppe des pressions au niveau du réseau d'AEP pour différentes périodes de simulation. ....	45
Figure IV.19 : Répartition des pressions dans le réseau. ....	46
Figure IV.20 : Exemple de répartition globale des débits dans le réseau d'AEP. ....	46
Figure IV.21 : Exemple de répartition des débits pour un tronçons dans le réseau d'AEP. ....	47
Figure IV.22 : Variation du débit au niveau du réservoir de Sidi Aissa. ....	47
Figure IV.23 : Pertes de charge calculées pour un diamètre donné. ....	48
Figure IV.24 : Répartition des vitesses en heure de pointe. ....	48
Figure IV.25 : Répartition des vitesses dans le réseau. ....	49
Figure IV.26 : Répartition de la vitesse pour le tronçon T1-2. ....	49
Figure IV.27 : Enveloppe de pression en différentes périodes de simulation. ....	51
Figure IV.28 : Répartition des pressions dans le réseau. ....	51
Figure IV.29 : Exemple de répartition globale des débits dans le réseau d'AEP. ....	52
Figure IV.30 : Exemple de répartition des débits pour un tronçons T8-1 dans le réseau d'AEP localité M'dig. ....	52
Figure IV.31 : Exemple de répartition des débits pour un tronçons T24-25 dans le réseau d'AEP localité Sidi Aissa. ....	53
Figure IV.32 : Variation du débit au niveau du réservoir de M'dig. ....	53
Figure IV.33 : Variation du débit au niveau du réservoir de Sidi Aissa. ....	53
Figure IV.34 : Pertes de charge calculées pour un diamètre donné. ....	54
Figure IV.35 : Pertes de charge calculées pour un diamètre donné. ....	54
Figure IV.36 : Répartition des vitesses en heure de pointe. ....	55
Figure IV.37 : Répartition des vitesses dans le réseau. ....	55
Figure IV.38 : Répartition de la vitesse pour deux tronçon. ....	56
Figure IV.39 : Enveloppe de pression en différent période de simulation. ....	57
Figure IV.40 : Répartition des pressions dans le réseau. ....	57
Figure IV.41 : L'exportation du réseau en format « .inp » ....	58
Figure IV.42 : Importation du réseau en format « .inp » ....	59
Figure IV.43 : Les résultats de simulation opointe de scénario 1 ....	60
Figure IV.44 : Résultats de simulation zomayet de scénario 1 ....	60
Figure IV.45 : Résultats de simulation opointe de scénario 2. ....	61
Figure IV.46 : Résultats de simulation zomayet de scénario 2 ....	62
Figure IV.47 : Les résultats de simulation opointe de scénario 3 ....	62
Figure IV.48 : Résultats de simulation zomayet de scénario 3 ....	63
Figure IV.49 : Exemple de répartition des débits pour un tronçons dans le réseau d'AEP. ....	64
Figure IV.50 : Pertes de charge unitaire calculées pour un diamètre donné. ....	64
Figure IV.51 : Pertes de charge linéaire calculées pour un diamètre donné. ....	65
Figure IV.52 : Répartition de la vitesse pour le tronçon T8-1. ....	65
Figure IV.53 : Répartition des vitesses dans le réseau. ....	66
Figure IV.54 : Répartition de la pression pour un nœud N8. ....	66
Figure IV.55 : Répartition des pressions dans le réseau. ....	67
Figure IV.56 : Exemple de répartition des débits pour un tronçons dans le réseau d'AEP. ....	68
Figure IV.57: Pertes de charge unitaire calculées pour un diamètre donné. ....	68
Figure IV.58 : Pertes de charge linéaire calculées pour un diamètre donné. ....	69
Figure IV.59 : Répartition de la vitesse pour le tronçon T7-8. ....	69
Figure IV.60 : Répartition des vitesses dans le réseau. ....	70
Figure IV.61 : Répartition de la pression pour un nœud N8. ....	70
Figure IV.62 : Répartition des pressions dans le réseau. ....	71
Figure IV.63 : Exemple de répartition des débits pour un tronçons dans le réseau d'AEP. ....	72
Figure IV.64 : Exemple de répartition des débits pour un tronçons dans le réseau d'AEP. ....	72

---

Figure IV.65 : Pertes de charge unitaire calculées pour un diamètre donné.....	73
Figure IV.66 : Pertes de charge linéaire calculées pour un diamètre donné. ....	73
Figure IV.67 : Répartition de la vitesse pour le tronçon T8-1. ....	74
Figure IV.68 : Répartition de la vitesse pour le tronçon T25-24. ....	74
Figure IV.69 : Répartition des vitesses dans le réseau. ....	75
Figure IV.70 : Répartition de la pression pour un nœud N5. ....	75
Figure IV.71 : Répartition de la pression pour un nœud N27. ....	76
Figure IV.72 : Répartition des pressions dans le réseau. ....	76

## *Liste des Abréviations*

<b>ADE :</b>	Algérienne des eaux.
<b>AEP :</b>	Alimentation en eau potable.
<b>APC :</b>	Assemblée populaire communale.
<b>DRE :</b>	Direction des Ressources en Eaux.
<b>ILP :</b>	Indice linéaire de perte.
<b>ILR :</b>	Indice linéaire de réparation.
<b>PEHD :</b>	Polyéthylène haute densité.
<b>RP :</b>	Rendement primaire.
<b>SDHC :</b>	Subdivision de l'hydraulique Chetouane.
<b>SIG :</b>	Système d'information géographique.
<b>U.V :</b>	Ultra-violet.
<b>URBAT :</b>	Centre d'Etudes et de Réalisation en Urbanisme.
<b>UTM :</b>	Universal Transverse Mercator.

# TABLE DES MATIÈRES

List des Tableau	
List des Figures	
List des Abréviation	
Introduction générale.....	2
Chapitre I : Présentation des Réseaux d’Alimentation en Eau Potable	
I.1. Introduction .....	4
I.2. Système de distribution .....	4
I.2.1. Captage des eaux .....	5
I.2.2. Station de traitement.....	7
I.2.3. Les conduites d’adduction.....	8
I.2.4. Pompage .....	8
I.2.5. Réservoir de stockage.....	8
I.2.6. Les réseaux de distribution.....	9
I.3. Gestion des réseaux .....	11
I.4. Gestion informatisée des réseaux .....	12
I.5. Indices de performance des réseaux d’AEP .....	12
I.5.1. Rendement primaire .....	12
I.5.2. Rendement production.....	12
I.5.3. Indice linéaire des pertes .....	12
I.5.4. Indice linéaire de réparation .....	13
I.6. Conclusion.....	13
Chapitre II : Présentation de la Zone d’Etude	
II.1. Introduction .....	15
II.2. Commune Chetouane .....	15
II.2.1. Climatologie .....	16
II.2.2. Cadre topographique .....	16
II.2.3. Cadre démographique.....	17
II.3. Les ressources hydrauliques.....	18
II.3.1. Les eaux souterraines .....	18
II.3.2. Le dessalement de l’eau de mer.....	18
II.4. Ouvrages de stockage.....	19
II.4.1. Réservoirs de M’dig et Sidi Aissa .....	19
II.4.2. Le réseau de distribution .....	20

II.5.	Conclusion.....	21
Chapitre III : Mise en place du SIG et analyse de la complexité des données spatiales du réseau d'AEP du localité M'dig et Sidi Aissa		
III.1.	Introduction .....	23
III.2.	SIG et analyse de la complexité des données spatiales .....	23
III.3.	Conception du SIG eau potable .....	23
III.3.1.	Choix du SIG.....	24
III.3.2.	Acquisition et inventaire des données .....	25
III.3.3.	Analyse des données.....	25
III.3.4.	Numérisation des données.....	25
III.3.5.	Création de la base de données.....	30
III.3.6.	Tracé du réseau d'AEP .....	31
III.4.	Conclusion .....	33
Chapitre IV : Couplage SIG-Epanet et analyse du fonctionnement du réseau d'AEP de M'dig et Sidi Aissa		
IV.1.	Introduction .....	35
IV.2.	Choix du modèle de calcul .....	35
IV.3.	Démarche adoptée pour le couplage SIG Epanet .....	36
IV.4.	Passage SIG -EPANET .....	36
IV.5.	Simulation du fonctionnement du réseau d'AEP sous Epanet .....	38
IV.6.	Synthèse et interprétations des résultats .....	42
IV.6.1.	Scénario 01 : alimentation des deux localités à partir du réservoir de M'dig .....	42
IV.6.2.	Scénario 02 : alimentation des deux localités à partir du réservoir de Sidi Aissa .....	46
IV.6.3.	Scénario 03 : alimentation de chaque localité à partir de son propre réservoir.....	52
IV.7.	Passage Epanet - Porteau .....	58
IV.8.	Simulation du fonctionnement du réseau d'AEP sous Porteau .....	59
IV.8.1.	Scénario 1 : alimentation des deux localités à partir du réservoir de m'dig.....	59
IV.8.2.	Scénario 2 : alimentation des deux localités à partir du réservoir de Sidi Aissa...	61
IV.8.3.	Scénario 3 : alimentation de chaque localité à partir de son propre réservoir.....	62
IV.9.	Synthèse et interprétations des résultats .....	63
IV.9.1.	Scénario 01 : Alimentation des Deux Localités à Partir du Réservoir de M'dig ..	63
IV.9.2.	Scénario 02 : alimentation des deux localités à partir du réservoir de Sidi Aissa ..	67
IV.9.3.	Scénario 03 : alimentation de chaque localité à partir de son propre réservoir.....	71
Conclusion générale		
Bibliographie		
Annexe		

**INTRODUCTION  
GENERALE**

## Introduction générale

L'exploitation d'un réseau d'eau potable tient compte de beaucoup de paramètres différents, de la production de l'eau potable à la distribution aux consommateurs, en passant par le stockage dans les réservoirs. En parallèle, le gestionnaire du réseau doit répondre à des contraintes de mission de service public, en assurant notamment l'alimentation en eau potable à tous les abonnés et à tout moment.

Par ailleurs, les évolutions de la population ont fortement modifié la structure initiale des réseaux, et en ont fortement compliqué le fonctionnement. Pour améliorer la qualité de service rendu aux abonnés, rassembler sur un même support informatique l'ensemble des informations liées à la localisation géographique du réseau d'eau devient nécessaire voire obligatoire. Les systèmes d'information géographique permettent d'avoir une connaissance approfondie des réseaux d'alimentation en eau potable et de disposer des plans de réseaux remis à jour après chaque modification, d'associer aux éléments d'un réseau d'AEP, dans une base de données, les informations nécessaires pour une bonne gestion de ce dernier.

De plus, les outils de modélisation sont devenus incontournables à la gestion des réseaux d'eau potable. De plus en plus de gestionnaires de réseaux d'eau potable se dotent d'outils de modélisation pour encore mieux concevoir, gérer et prévoir l'évolution des ouvrages hydrauliques et la qualité de l'eau distribuée. L'intégration des SIG et des modèles externes permet alors l'utilisation des avantages des deux.

C'est dans ce sens que s'inscrit notre travail ayant comme objectif de mettre en place un système d'information géographique pour le réseau d'AEP de la localité de M'dig et Sidi Aissa et de modéliser ce dernier avec Epanet et Porteau.

Ce modèle permet de prendre en compte toutes les contraintes de fonctionnement. Il permet en outre de synthétiser les connaissances sur le réseau et d'en effectuer un diagnostic, pour ensuite proposer des solutions visant à améliorer son fonctionnement.

Pour cela notre travail s'articule sur les points suivants :

- ❖ Le premier chapitre donne un aperçu général sur les systèmes d'alimentation en eau potable.
- ❖ Dans le deuxième chapitre la zone d'étude est présentée.
- ❖ Le troisième chapitre détaille la modélisation du réseau sous MapInfo avec la démarche théorique.
- ❖ Le dernier chapitre présente les différentes applications ainsi que les traitements qui peuvent être effectués sur Epanet et Porteau en se basant sur la base de données établie pour le réseau d'AEP de M'dig et Sidi Aissa.
- ❖ Et enfin une conclusion générale qui met l'accent sur la différence entre les résultats du Epanet et ceux du Porteau.

**CHAPITRE I :  
PRESENTATION DES  
RESEAUX  
D'ALIMENTATION EN  
EAU POTABLE**

## Chapitre I :

### Présentation des Réseaux d'Alimentation en Eau Potable

#### I.1. Introduction

Ouvrir un robinet d'eau potable à domicile est aujourd'hui un geste simple, aussi bien en zone rurale qu'en agglomération. La disponibilité de cet élément vital demande la mise en œuvre de moyens techniques et humains considérables. C'est le rôle des services de distribution d'eau potable.

En matière d'eau potable, la mission essentielle de la collectivité est de garantir une desserte satisfaisante de tous les usagers, avec les quatre objectifs suivants :

- **Qualité** : La qualité de l'eau ne doit pas nuire à la santé du consommateur. Elle doit être conforme à la réglementation sanitaire.
- **Quantité** : L'utilisateur doit disposer d'une quantité d'eau suffisante pour couvrir ses besoins, dans un souci permanent de maîtrise de la consommation et de lutte contre le gaspillage.
- **Continuité du service** : Le service de distribution doit être assuré 24 heures sur 24 avec le minimum d'interruptions.
- **Pression** : La pression, ni trop forte, ni trop faible, doit garantir un confort d'utilisation à l'utilisateur (Adour-Garonne, 2005).

#### I.2. Système de distribution

Le réseau de distribution de l'eau potable est une infrastructure important qui permet de distribuer l'eau en quantité suffisante pour satisfaire aux besoins actuels est à venir des usagers (François, 2000).

Depuis son captage dans le milieu naturel jusqu'au robinet du consommateur, l'eau nécessite de nombreuses infrastructures pour son transport (figure I.1) :

- Les ouvrages de captage ;
- Les ouvrages de traitement ;
- Les stations de pompage ;
- Les réservoirs ;
- Les canalisations (Adour-Garonne, 2005).

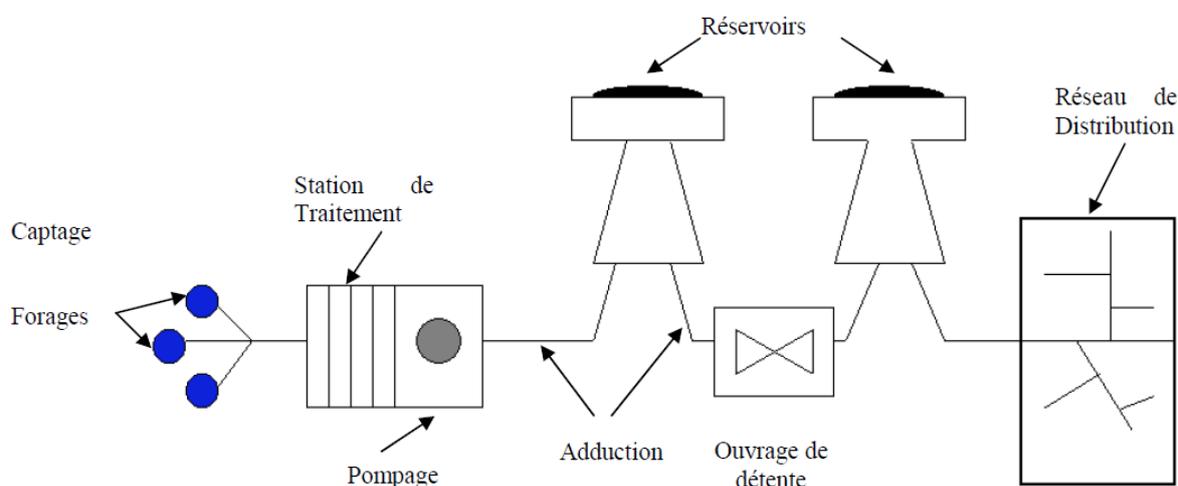


Figure I.1 : Schéma d'Alimentation en Eau Potable (Abdelbaki, 2014).

### I.2.1. Captage des eaux

On distingue :

#### a) Captage des eaux de surface

L'eau destinée à être traitée puis distribuée dans les réseaux publics peut être prélevée par prise d'eau dans les rivières, dans des retenues d'eau, ou dans des lacs (figure I.2) (Bonnin, 1982).

Lorsque la source d'eau est une rivière, la prise d'eau ne doit qu'après avoir une connaissance du maximum d'information relatives aux régimes d'écoulement des eaux et aux débits.

Une prise d'eau de surface représente une structure qui permet de capter l'eau naturelle (l'eau brute) du lac ou rivière dans laquelle on a émergée le dispositif de captage (pompe de captage). On doit :

- L'installer là où l'eau brute est de la meilleure qualité possible.
- Eviter de la placer en aval d'un émissaire d'égout, même si celui-ci déverse l'effluent d'une station d'épuration.

La prise d'eau peut être effectuée soit :

- Dans le fond du lit (figure I.3), après dragage et remplissage avec de gros graviers autour de la crépine d'aspiration.
- Sur la berge (figure I.4), à une profondeur convenable, dans le but d'éviter d'une part, l'influence de la sédimentation du fond du lit, et d'autre part, la présence éventuelle d'hydrocarbures ou de mousses à la surface de l'eau.

Les débits des cours d'eau – y compris les débits de crue (débit maximum) et, surtout les débits d'étiage (débits minimaux) qui permettent d'évaluer si la quantité d'eau dont on dispose est suffisante, il faut en outre connaître les niveaux de l'eau correspondant aux divers débits d'un cours d'eau afin de déterminer à quel niveau installer la prise d'eau (François, 2000).



Figure I.2 : Prise au milieu d'une rivière (Bonnin, 1982).

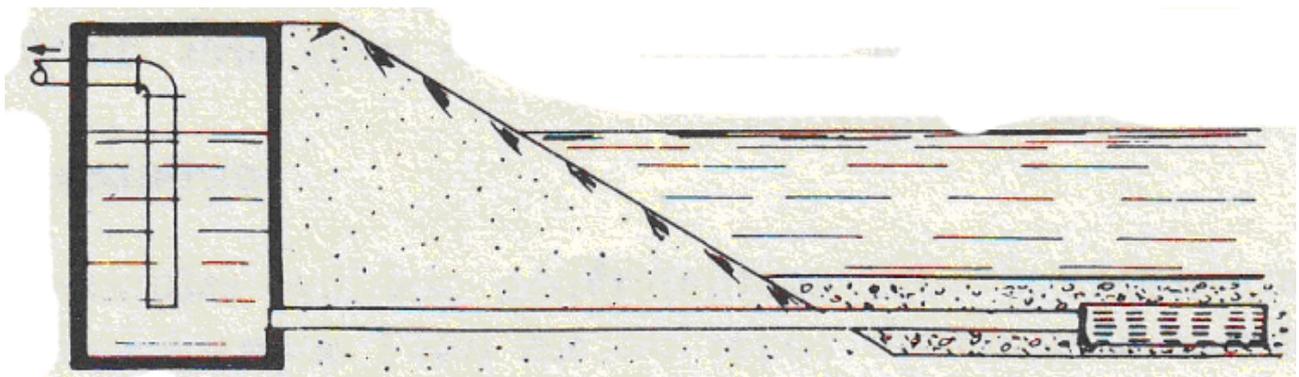


Figure I.3 : Prise dans le fond du lit d'une rivière (Bonnin, 1982).

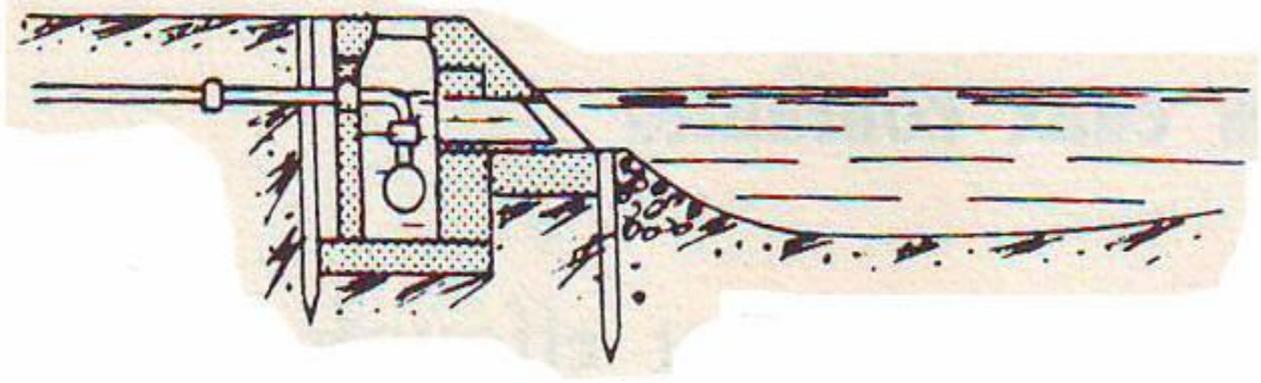


Figure I.4 : Prise sur berge (Bonnin, 1982).

### **b) Captage des eaux souterraines**

En l'absence d'eau de surface en quantité suffisante et de qualité acceptable, on doit tenter d'utiliser les eaux souterraines. Les eaux souterraines peuvent être prélevées par des puits ou des forages dans des nappes d'eau souterraine. Ces eaux sont captées soit :

- A leur source (figure I.5).
- Au cœur de la nappe (figure I.6).
- Dans le gisement pour les eaux circulant en terrains fissurés.

Parfois, on sera amené à capter les eaux circulant à grande profondeur. Les procédés de captage varient selon la configuration du site.

Une aquifère est une couche de terrain perméable qui contient un volume d'eau. L'exploitation des eaux souterraines dépend principalement du type de nappe (Bonnin, 1982).

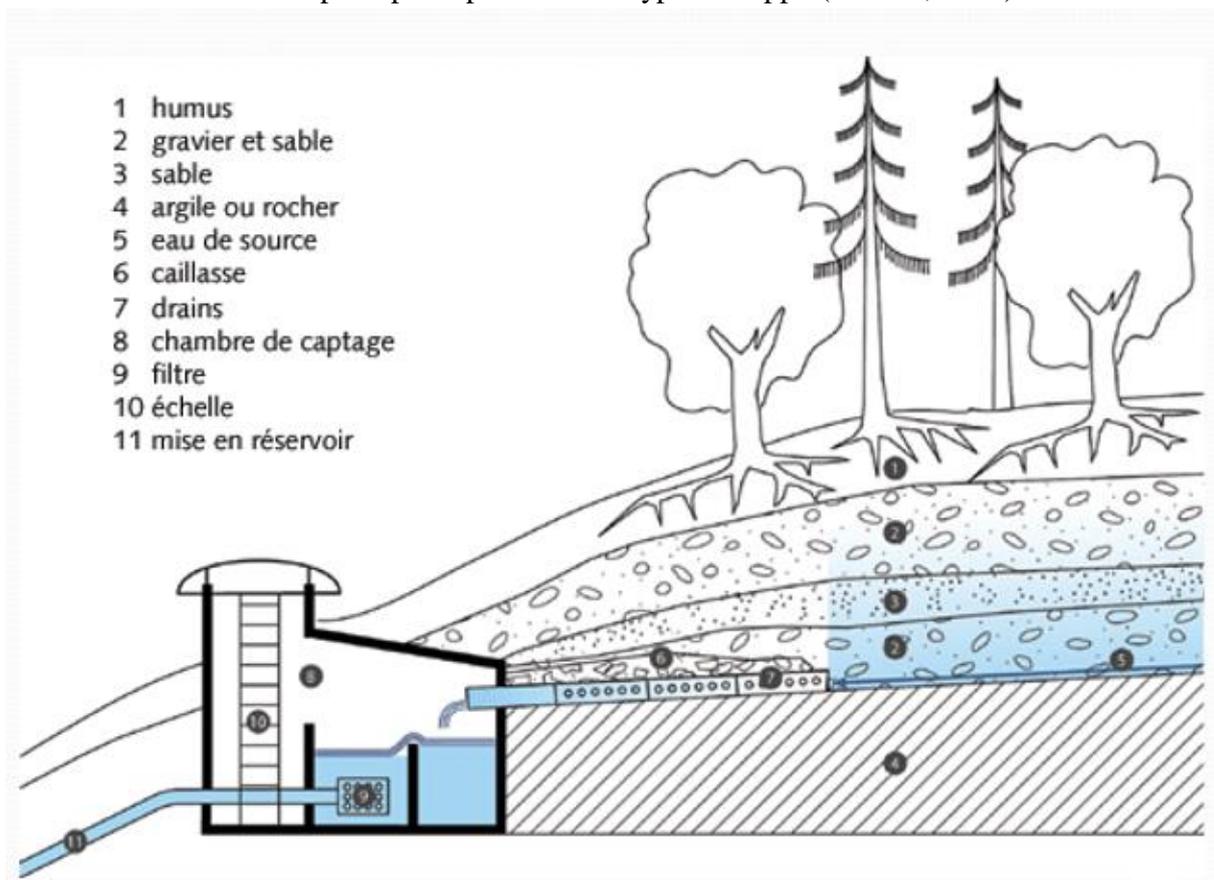


Figure I.5 : Captage direct de l'eau à partir d'une source (Bonnin, 1982).

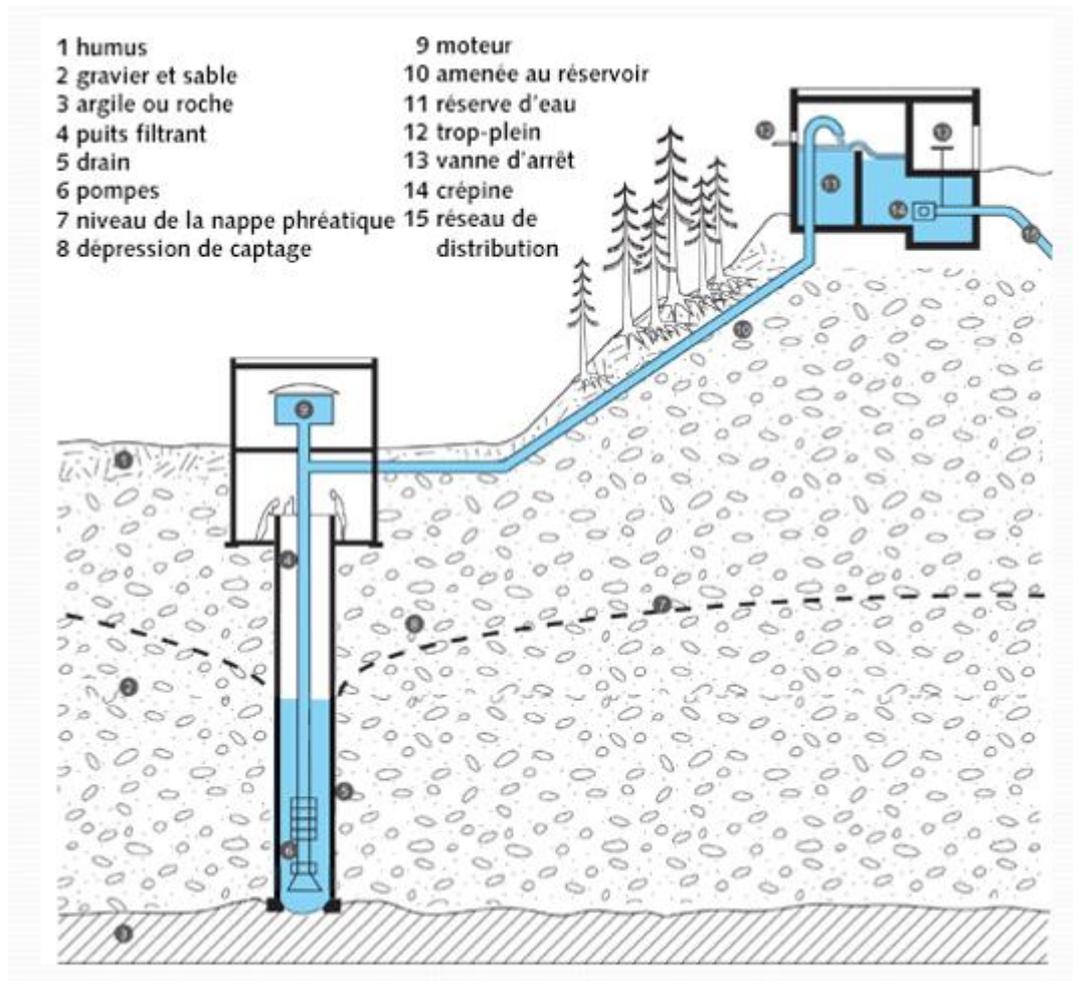


Figure I.6 : Captage direct de l'eau par un forage (Bonnin, 1982).

### I.2.2. Station de traitement

Selon la qualité de la source d'approvisionnement en eau, on peut devoir soumettre l'eau à un traitement plus ou moins élaboré. Par exemple, dans le cas d'une eau souterraine de bonne qualité, une désinfection seule peut produire une eau de consommation qui satisfait aux normes en vigueur ; en revanche, une eau de lac ou rivière exige habituellement un traitement plus complet : coagulation-floculation, décantation, filtration et désinfection, par exemple (François, 2000).

#### a) Le prétraitement

Il consiste à faire un dégrillage et un dessablage afin d'éliminer les particules de grosse taille, le sable...

Ensuite l'eau passe dans un bassin de sédimentation afin que les particules supérieures à 1 micron de diamètre se décantent naturellement (Kettab, 1992).

#### b) Le traitement de clarification

Il consiste à agréger sous forme de floccs, les matières en suspension organiques et minérales et les substances colloïdales. Ces matières indésirables s'étant agglomérées, elles se décantent au fond du bassin de décantation où elles sont régulièrement extraites. Par contre, l'eau surnageant est filtrée soit sur sable (afin d'éliminer les fines particules en suspension qui restent), soit sur charbon actif (afin d'éliminer en plus les couleurs et odeurs dues à la matière organique). Nous noterons qu'il existe d'autres procédés de décantation tels que la flottation (Kettab, 1992).

### c) **Le traitement bactéricide et virulicide**

Cette étape est aussi appelée affinage car c'est la phase d'inactivation et éventuellement de destruction des bactéries et des virus grâce à l'action d'oxydants variés. Les oxydants les plus utilisés sont le chlore, l'Ozone, les rayons U.V.

Afin d'éliminer les maladies et assurer la satisfaction de l'utilisateur, le traitement de clarification doit nous fournir une eau inodore, insipide, incolore, et présenter toutes les garanties sur le plan physico-chimique et microbiologique (Kettab, 1992).

### **I.2.3. Les conduites d'adduction**

L'adduction d'eau regroupe les techniques permettant d'amener l'eau depuis sa source à travers un réseau de conduites vers les lieux de consommation.

D'après leur fonctionnement, les adductions peuvent être classées en trois groupes :

**Adduction gravitaire :** L'écoulement de l'eau est causé par la différence des niveaux hydrauliques : l'altitude de la source est supérieure celle du point de consommation, et se déplace donc grâce à la force de gravité d'où son nom (Messelmi, 2012).

**Adduction par refoulement :** Quand la source se trouve à un niveau bas par rapport au point d'arrivée, l'acheminement de l'eau d'un point à l'autre se fait à l'aide de pompes (Messelmi, 2012).

**Adduction mixte :** C'est une adduction où la conduite par refoulement se transforme en conduite gravitaire ou l'inverse. Le relais entre les deux types de conduites est assuré par un réservoir appelé réservoir tampon (Messelmi, 2012).

Le choix de la conduite d'adduction doit tenir compte de certains impératifs que l'on se forcera dans la mesure du possible de respecter

- Le tracé doit être le plus court possible ;
- Aux points hauts du tracé, peuvent se conformés des contentements d'air difficile à évacuer où des ventouses seront exigés ainsi apparait la nécessité d'éviter autant que possible les contres pentes ;
- Eviter les profils horizontaux, qui peuvent perturber le régime d'écoulement ;
- Il serait préférable de suivre les accotements des routes, pour faciliter les travaux ainsi que l'acheminement des matériaux (Messelmi, 2012).

### **I.2.4. Pompage**

Dans un système de distribution d'eau potable, l'eau peut être pompée à plusieurs occasions : entre la ressource et le traitement, pour l'acheminer vers un réservoir ou pour desservir directement certains usagers (Adour-Garonne, 2005).

### **I.2.5. Réservoir de stockage**

Les réservoirs constituent les organes régulateurs de pression et de débit entre le régime de production et le régime de consommation.

Ils permettent d'emmagasiner l'eau lorsque la consommation est inférieure à la production, et la restituent lorsque la consommation devient supérieure à la production.

En milieu rural ou pour des villes de petite importance, avec une installation correctement conçue, la capacité du ou des réservoirs oscille aux alentours du volume moyen journalier d'eau consommée.

Les réservoirs permettent, outre une régularité de fonctionnement des groupes de pompage, de profiter au maximum du tarif de nuit en énergie électrique.

Les réservoirs, à partir d'une certaine capacité, comportent deux compartiments pour les facilités du nettoyage (minimum une fois par an) et des réparations.

Dans le cas où une agglomération s'étend dans une direction donnée, un réservoir unique et de hauteur convenable peut devenir insuffisant pour assurer une pression correcte en tout point du réseau et à tout moment (Hugues, 2008).

#### **a) Fonction générale des réservoirs**

Un réseau de distribution est un système complexe dont l'exploitation ne peut fournir à la population tous les services qu'elle en attend que grâce à l'entreposage d'eau traitée dans des réservoirs, où on puise l'eau selon les besoins (variation de la consommation au cours de la journée et extinction des incendies) ou selon les problèmes d'exploitation (bris de conduite principale, entretien de la station de traitement, etc.). (François, 2000).

Les principales fonctions assurées par les réservoirs sont les suivantes :

- Régulation des débits
- Sécurité d'approvisionnement
- Régulation de la pression
- Simplification de l'exploitation
- Réacteur participant au traitement
- Réduction des dépenses d'énergie (Godart, 2000).

#### **b) Emplacement des réservoirs**

Pour des multiples raisons, il y a tout intérêt, au strict point de vue de la distribution, à ce que le réservoir se situe en général au sommet géographique (permet une alimentation graviter) et près que possible de l'agglomération à desservir. En fin plusieurs considérations interviennent dans le choix et notamment les questions foncières, l'aspect économique, les conditions topographique et d'inscription dans le site.

L'altitude du réservoir, plus précisément, l'altitude de radier doit se situer à un niveau supérieur à la plus haute cote piézométrique à desservir. La topographie intervient dans le choix de l'implantations, de même que la géologie. Il ne faut pas oublier les extensions futures (Godart, 2000).

### **I.2.6. Les réseaux de distribution**

A partir du ou des réservoirs, l'eau est distribuée dans un réseau de canalisations sur lesquelles les branchements seront piqués en vue de l'alimentation des abonnés.

Les canalisations devront en conséquence présenter un diamètre suffisant, de façon à assurer le débit maximal avec une pression au sol compatible avec la hauteur des immeubles (Dupont, 1979).

On distingue plusieurs types de réseaux, à savoir : **les réseaux ramifiés, maillés, étagés et les réseaux à alimentation distinctes**. Leur classification se fait en se basant sur la topographie du terrain (terrain accidenté, différence d'altitude importante) et l'occupation du sol. Ces réseaux peuvent être alimentés à partir d'un ou plusieurs réservoirs (Abdelbaki, 2014).

#### **❖ Réseau ramifié :**

On les appelle grâce à leur structure arborisant (figure I.7), sont fréquemment utilisés dans les petites agglomérations rurales.

Dans le réseau ramifié les conduites ne comportent aucune alimentation en retour, présente l'avantage d'être économique, mais il manque de sécurité et de souplesse en cas de rupture : un accident sur la conduite principale prive d'eau tous les abonnés d'aval (Dupont, 1979).

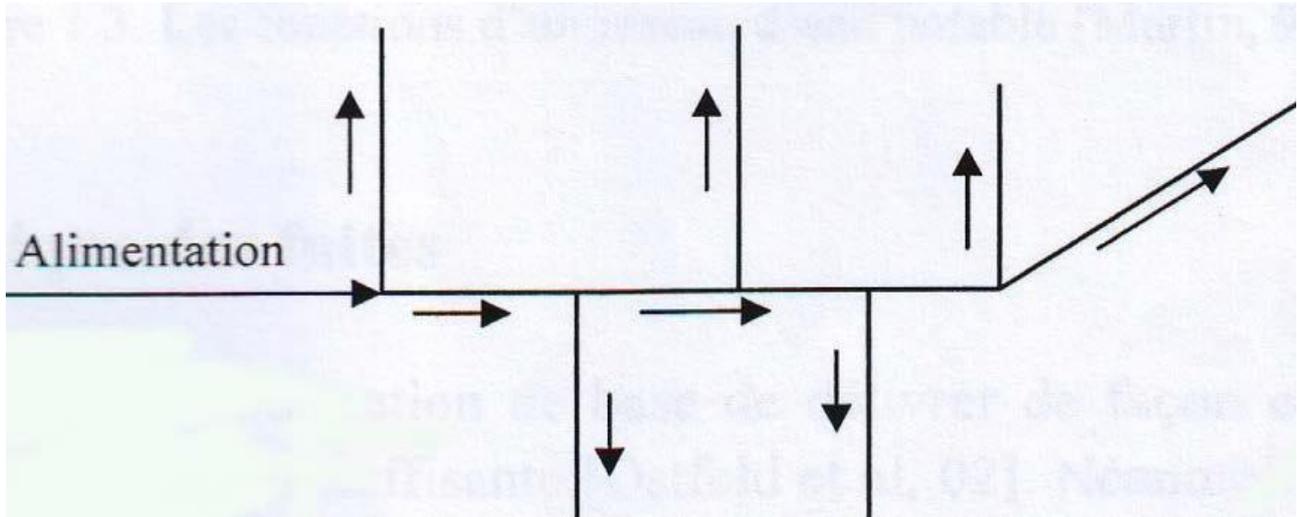


Figure I.7 : Réseau ramifié (François, 2000).

#### ❖ Les réseaux maillés :

Pour la distribution en eau des agglomérations de moyenne et de grande importance, ils présentent une solution plus adéquate grâce à leur sécurité et leur souplesse d'utilisation.

Ils sont utilisés en général dans les zones urbaines, et tend à se généraliser dans les agglomérations rurales sous forme associée aux réseaux ramifiés (limitation de nombres de mailles en conservant certaines ramifications).

Les réseaux maillés sont constitués principalement d'une série de canalisation (figure I.8) disposée de telle manière qu'il soit possible de décrire des boucles fermées ou maillées (Dupont, 1979).

Le réseau maillé permet, au contraire de réseau ramifié, une alimentation en retour, donc d'éviter l'inconvénient du réseau ramifié. Une simple manœuvre de robinets permet d'isoler le tronçon accidenté et de poursuivre néanmoins l'alimentation des abonnés d'aval. Il est, bien entendu, plus coûteux d'établissement, mais, en raison de la sécurité qu'il procure, il doit être toujours préféré au réseau ramifié (Dupont, 1979).

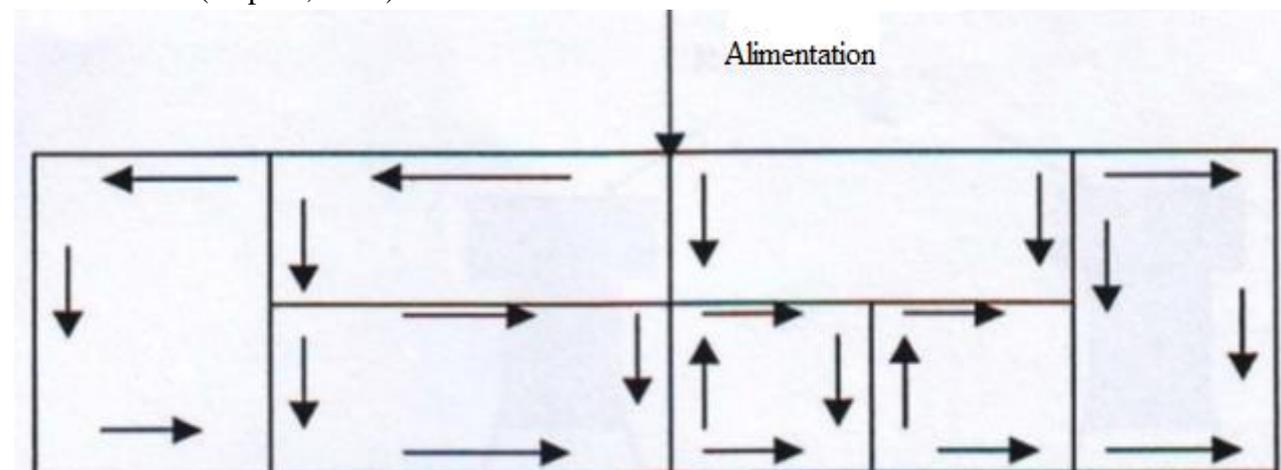


Figure I.8 : Réseau maillé (François, 2000).

**❖ Réseau étagé :**

Avec le réseau étagé, il est possible, de constituer des réseaux indépendants avec une pression limitée aux environs de 40 mètres d'eau (Dupont, 1979).

**❖ Réseau à alimentations distinctes :**

Les réseaux à alimentations distinctes distribuent, l'un, l'eau potable destinée à tous les besoins domestiques, et l'autre, l'eau non potable réservée aux usages industriels et aux lavages et arrosage des rues et plantations. Ces réseaux ne se justifient que dans les installations extrêmement importantes. A notre connaissance, seul Paris, dispose d'un réseau à double alimentation (Dupont, 1979).

**I.3. Gestion des réseaux**

La gestion d'un réseau d'AEP a pour principale mission d'assurer les fonctions de production, stockage et distribution. La gestion classique des réseaux présente beaucoup d'inconvénients. Les supports cartographiques sur lesquels sont portés les objets représentant les réseaux sont difficilement manipulables. Cette gestion est également très limitée, les informations caractérisant les réseaux représentés sont portées sur le support en même temps que les objets graphiques eux-mêmes. Ceci peut provoquer une surcharge du support pouvant rendre illisibles certaines informations (Abdelbaki, 2014).

Cette gestion présente les problèmes suivants :

- L'archivage des documents cartographiques et les fiches techniques du réseau ;
- La perte de temps pour la recherche d'une information bien déterminée ;
- La difficulté de la mise à jour ;
- La facilité de perdre des informations à cause de la mémorisation et l'archivage (Abdelbaki, 2014).

**❖ Rôle de la gestion des réseaux :**

Une bonne organisation du service joue un rôle essentiel pour permettre une gestion efficace et économique pour l'usager. Parmi les éléments à mettre en œuvre, cinq paraissent déterminants :

- Une gestion efficace de la clientèle : tant sur le plan technique, avec les branchements et compteurs que sur celui de recouvrements ;
- Une gestion financière rigoureuse : pour les investissements et le fonctionnement dans le cadre d'un budget annuel et de prévision à 3 ou 5 ans ;
- Un contrôle efficace sur le plan technique : (qualité des eaux, rendement des ouvrages ...) s'appuyant sur des statistiques, la comptabilité analytique, une bonne connaissance des plans du réseau et sur un laboratoire ;
- Une politique personnelle avec son volet « formation » : pour disposer des moyens en hommes indispensables ;
- Une informatique de gestion accessible à tous (Valiron, 1994).

#### I.4. Gestion informatisée des réseaux

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

Elle permet en effet :

- D'améliorer la connaissance des réseaux faisant l'objet d'une telle étude ;
- De détecter et de comprendre les désordres pouvant se produire sur le réseau : on peut par exemple localiser les zones où la pression est anormale et en déduire la présence de fuites ou l'existence d'éléments inconnus, s'apercevoir que les temps théoriques de fonctionnement de pompes sont bien inférieurs aux temps mesurés ou découvrir d'autres indices qui témoignent de dysfonctionnement ;
- De simuler sur une période d'au moins une journée le comportement du réseau afin d'en optimiser les ressources, les capacités de stockage, les pompes ;
- D'étudier l'impact de nouvelles consommations ou d'éventuels incidents, de prévoir et adapter les installations pour faire face à de nouvelles contraintes ou à des situations de crises ;
- De dimensionner les extensions, les renforcements ou les aménagements nécessaires pour satisfaire les nouveaux besoins (Abdelbaki, 2014).

#### I.5. Indices de performance des réseaux d'AEP

Dans le domaine de l'alimentation en eau potable on mesure la performance du réseau d'AEP par les indicateurs suivants :

##### I.5.1. Rendement primaire

Le rendement primaire (RP) est le rendement le plus simple à calculer, il ne tient pas compte des volumes utilisés non comptabilisés (Boukli, 2015).

$$\text{Rendement primaire (\%)} = \frac{\text{Volume consommé comptabilisé (m}^3\text{)}}{\text{Volume mise en distribution (m}^3\text{)}} * 100 \quad \text{I.1}$$

##### I.5.2. Rendement production

Le rendement « production » est un indicateur important pour la gestion technique d'un réseau d'alimentation en eau potable (Valiron, 1994), définit selon la formule I.2

$$\text{Rendement de production (\%)} = \frac{\text{Volume stocké (m}^3\text{)}}{\text{Volume produit (m}^3\text{)}} * 100 \quad \text{I.2}$$

##### I.5.3. Indice linéaire des pertes

Le rendement n'étant pas un indicateur toujours pertinent pour apprécier l'état d'un réseau, l'analyse peut être confortée par le calcul de l'Indice Linéaire de Perte ou ILP. L'ILP permet de connaître par km de réseau la part des volumes mis en distribution qui ne sont pas consommés avec autorisation sur le périmètre du service. Il s'agit du ratio entre le volume de pertes, qui est la différence entre le volume mis en distribution et le volume consommé autorisé, et le linéaire de réseau de desserte. Il représente le volume journalier d'eau perdu par longueur de réseau (Boukli, 2015).

$$\text{ILP (m}^3\text{/h/km)} = \left( \frac{\text{Volume mise en distribution} - \text{volume comptabilisé}}{\text{linéaire du réseau} \times 365} \right) / 24 \quad \text{I.3}$$

Le tableau suivant montre les valeurs limites de ILP

Tableau I.1 : L'état du réseau à partir de ILP

ILP (m <sup>3</sup> /h/km)	Niveau de pertes	Appréciation
0.06 - 0.25	Faible	Réseau neuf
0.25 - 0.4	Moyen	Bonne maintenabilité
0.4 - 1	Élevé	Faible maintenance
1 - 2	Très élevé	Maintenance très limites
>2	Extrêmes élevés	Non acceptable (rénovation)

#### I.5.4. Indice linéaire de réparation

L'indice linéaire de réparation est un indicateur sur l'état de dégradation des équipements et des canalisations du réseau d'alimentation en eau potable donné en formule I.4.

$$\text{ILR (rép/km/an)} = \frac{\text{Nombre total annuel de réparation}}{\text{linéaire du réseau}} \quad \text{I.4}$$

#### I.6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit d'une manière générale un système d'alimentation en eau potable, et les éléments le constituant, les indices de fiabilité ainsi que l'importance de la gestion des réseaux d'AEP.

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

## Chapitre II :

### Présentation de la Zone d'Etude

#### II.1. Introduction

L'étude du milieu physique est nécessaire pour connaître toutes les caractéristiques de la zone d'étude et les facteurs qui influent sur la conception d'un projet d'AEP. Parmi ces facteurs, nous citons : les données relatives à l'agglomération, les données propres au réseau d'alimentation en eau potable, ainsi que la connaissance de la géologie et la topographie du site qui nous permettront de prendre les dispositions nécessaires lors de la réalisation des travaux.

La ville de Chetouane localité (M'dig et Sidi Aissa), objet de ce travail, est une partie intégrante du groupement urbain de Tlemcen pour lequel nous allons donner les principales spécificités dans le chapitre (Abdelbaki, 2014).

#### II.2. Commune Chetouane

La commune de Chetouane se situe à 3 km au nord-est de la ville de Tlemcen couvrant une superficie de 4611 ha et partageant la même zone industrielle avec Tlemcen. Son relief est assez diversifié, composé de monticules boisés au Sud-Est, des terres agricoles au Sud et à l'Ouest, et des communes rocheuses et accidentées au Nord (Oudjelida : El Hourra et Sidi Yahia) (Benadouda, 2012).

La commune de Chetouane est constituée à partir des huit localités suivantes dont la localité de M'dig et Sidi Aissa objet de ce travail :

- Chetouane
- Ouzidane
- Aïn El Houtz
- Aïn Delfla
- Saf Saf
- M'dig
- Sidi Aissa
- Domaine Hamadouche

La localité du m'dig et Sidi Aissa se situe à 11 km au sud-est de la ville de Tlemcen couvrant une superficie de 1.15 km<sup>2</sup> représentée dans la figure II.1 (APC, 2016).

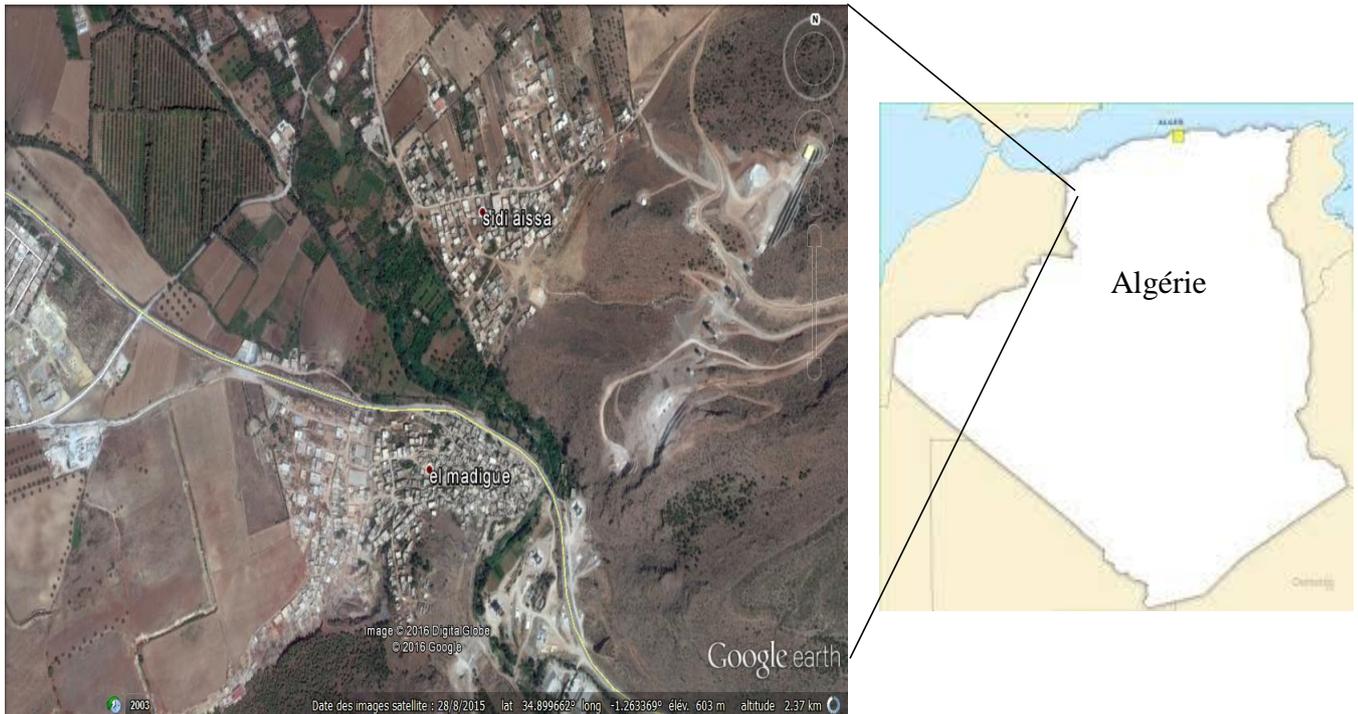


Figure II.1 : Situation géographique de la zone d'étude.

### II.2.1. Climatologie

Tout comme la wilaya de Tlemcen, dans son ensemble, les localités M'dig et Sidi Aïssa jouit aussi d'un climat méditerranéen subissant l'influence continentale. La saison d'été est très chaude et sèche, allant de juin à septembre. Les contrastes de température sont très exagérés à cause des terrains rocheux qui favorisent l'échauffement diurne et le rayonnement nocturne. En hiver, le climat est humide et très froid. Sur le plan pluviométrique, les monts de Tlemcen reçoivent chaque année les plus importantes précipitations dans l'ouest algérien, ce qui leur permet d'assurer l'alimentation en eau potable d'un certain nombre de ville de la région. Par contre les précipitations diminuent quand on se dirige vers le Sud (Ali Nehari, 2013).

### II.2.2. Cadre topographique

La topographie du localité M'dig et Sidi Aïssa est constituée essentiellement d'un terrain accidenté avec des altitudes variant de 550 à 800 m (figure II.2). L'occupation du sol est à dominance urbaine (APC, 2016).

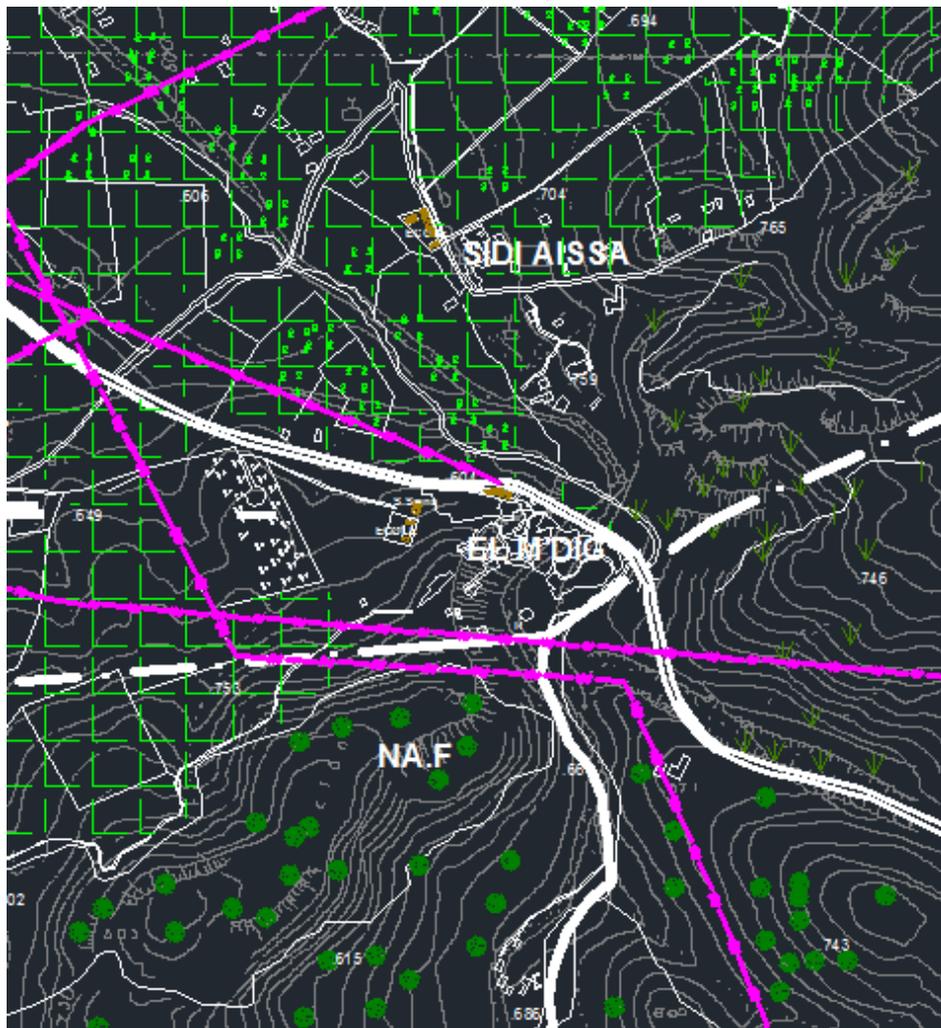


Figure II.2 : Extrait de levé topographique du Localité M'dig et Sidi Aissa (APC, 2016).

### II.2.3. Cadre démographique

Pour sécuriser la couverture des besoins en eaux, il est nécessaire d'estimer la croissance démographique et de connaître l'évolution de la consommation par habitant. Les projections d'augmentation de la population tiennent compte de deux scénarios : la croissance faible et la croissance élevée.

La population à l'horizon de l'année  $n$  peut être évaluée approximativement par l'équation (II.1) suivante (François, 2000) :

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

Où

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

$P_0$  est la population de l'année 0 de référence,

$\alpha$  est le taux du croisement de population.

Dans cette étude nous adoptons  $\alpha = 3,10 \%$  et  $P_0 = 1167$ ,  $P_0 = 987$  habitants (ONS, 2008), valeurs estimées d'après les statistiques de l'année 2008, L'estimation de la population de M'dig et Sidi Aissa basée sur l'équation. (II.1) pour les années 2008, 2016, 2021, 2026, 2031, 2036, 2041 est donnée dans (APC, 2016).

Tableau II.1 : Estimation de la population urbaine de M'dig.

Année	2008	2016	2021	2026	2031	2036	2040
Population	1167	1490	1736	2022	2355	2744	3100

Tableau II.2 : Estimation de la population urbaine de Sidi Aissa.

Année	2008	2016	2021	2026	2031	2036	2040
Population	987	1260	1468	1710	1992	2320	2622

### II.3. Les ressources hydrauliques

L'approvisionnement en eau potable des localité M'dig et Sidi Aissa est assuré à partir de deux catégories des ressources : les eaux souterraines et eaux de dessalement.

#### II.3.1. Les eaux souterraines

Les eaux souterraines représentent une part importante du cycle de l'eau et donc, participent à l'équilibre naturel. Elles constituent également une ressource renouvelable exploitée pour l'approvisionnement en eau de la population de l'industrie et l'agriculture. Les eaux souterraines de Chetouane sont exploitées par la source de Ain Bendou située à 1.3km au nord-est de Saf Saf à une altitude de 850 m et les cinq forages donnés en Tableau II.3

Tableau II.3 : Production des eaux souterraines au niveau de la zone Chetouane (ADE, 2016).

Nom du forage	Débit (l/s)	Production (m <sup>3</sup> /mois)	Destination	État
Chetouane 1 *	11	21762	Chetouane	Exploité
SafSaf 2 *	23	58220	Chetouane	Exploité
SafSaf 3 *	23	/	Chetouane	Exploité
Chetouane 3 *	14	37324	Koudia	Exploité
Chetouane 2 *	18	32157	Chetouane	Exploité
Ain Bendou **	10	40176	Une partie de Chetouane	Exploité
* Forage, ** Source				

Les deux localités sont alimentées par le forge SafSaf 2

#### II.3.2. Le dessalement de l'eau de mer

La situation actuelle de l'alimentation en eau et de l'irrigation dans la wilaya de Tlemcen reste difficile : Répartition inégale des ressources et de la distribution, risques majeurs de déficits importants en cas de sécheresse prolongée, irrigation limitée... Cette situation devrait s'améliorer dans le futur. Les contraintes rencontrées sont liées à :

- La pluviométrie et son caractère aléatoire ;
- Le déséquilibre existant entre les ressources en eau au niveau de la wilaya ;
- La récurrence du phénomène de la sécheresse dans le temps et l'espace ;
- La pollution et à la qualité des ressources en eau ;
- La surexploitation des eaux souterraines.

En effet, ces contraintes ont conduit les autorités publiques à être prudents au regard de toutes ces incertitudes et les ont amenés à redéfinir une stratégie d'eau basée sur la nécessité de recourir à une ressource en eau (dessalement de l'eau de mer) pour affranchir ces contraintes en particulier celle du climat.

La wilaya de Tlemcen a eu le privilège d'avoir deux grandes stations de dessalement de l'eau de mer, la première au niveau de la daïra de Bab Al Assa et exactement au niveau de la commune de Souk Tlata et la deuxième au niveau de la daïra de Honaine (Benammar & Mankouri, 2010).

Ces deux stations étaient prévues initialement pour alimenter les agglomérations citées en tableau II-4. Les dates de mises en service prévues initialement lors du lancement du projet étaient 2009 pour la station de Honaine et 2010 pour celle Souk Tlata (Boumediene, 2012).

L'affectation exacte de ces eaux dessalées n'est pas officiellement connue pendant la réalisation de ce travail. Cependant, la localité de Sidi Aissa est prévue pour être alimentée durant l'année (2016).

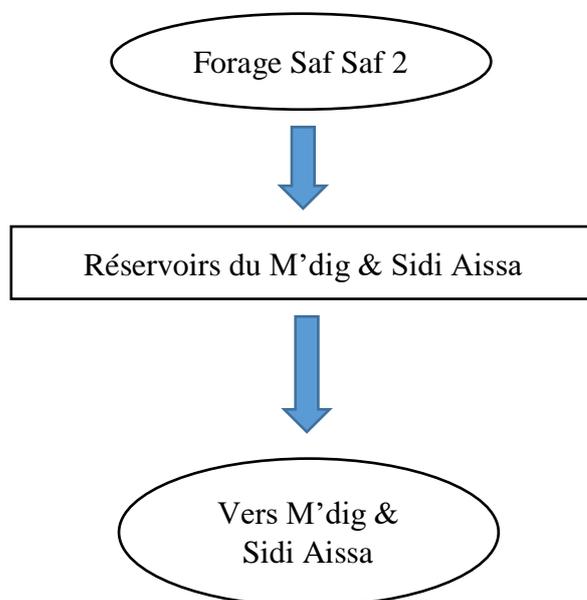
Tableau II.4 : Zones desservies par les stations de dessalement (*Boumediene, 2012*).

Station	Capacité (m <sup>3</sup> /j)	Agglomérations desservies
Honaine	200,000	Tlemcen, Mansoura, Chetouane, Amieur, Hennaya, Zenata, Ouled El-Mimoun, Oued Lakhdar, Béni Smail, Ain Tallout, Ain Nahala, Bensekrane, Sidi Abdelli, Remchi, Ain Youcef, Béni Ouarsous, SebaaChioukh, El-Fehoul, Fillaoucen, Ain Kebira, Ain Fettah, Honnaine, Béni Khelled.
Souk Tlata	200,000	Souk Tlata, M'sirda Fouaga, Djebala, Hamam Bougherara, Béni Mester, Béni Boussaid, Sidi Medjahed, Sabra, Bouhlou, Maghnia, Souahlia, Ouled Riah, Dar Yaghmira, Souani, Beb Al-Assa, Marsat Ben M'hidi, Nedrouma, Ghazaouet, Tient.

## II.4. Ouvrages de stockage

### II.4.1. Réservoirs de M'dig et Sidi Aissa

Le réservoir de M'dig à une capacité de 200 m<sup>3</sup> alimenté à partir de forage Saf Saf 2, et les eaux distribuées vers les sites de M'dig & Sidi Aissa. le reservoir de Sidi Aissa à une capacité de 150 m<sup>3</sup> qui n'est pas encore exploité.



### II.4.2. Le réseau de distribution

Le réseau de distribution de la localité M'dig et Sidi Aissa est un réseau ramifié, Le nombre d'abonnés raccordés au réseau est estimé à 422 abonnés, Les conduites du réseau de distribution sont composées d'un seul matériau : Acier galvanisé (ADE, 2016).

Le rendement de production, Rendement primaire, L'indice linéaire de perte et L'indice linéaire de réparation du réseau sont donné dans les tableaux II-5, II-6, II-7 et II-8 respectivement.

Tableau II.5 : Rendement de production du réseau de distribution M'dig et Sidi Aissa.

Année	Volume stocké annuel (m <sup>3</sup> )	Volume produit annuel (m <sup>3</sup> )	Rendement de production (%)
2008	124939.25	131515	95
2009	140877.4	148292	95
2010	212496	223680	95
2011	299820	315600	95
2012	240262.6	252908	95
2013	281500.2	296316	95
2014	294880	310400	95
2015	269847.5	284050	95

Tableau II.6 : Rendement primaire du réseau de distribution M'dig et Sidi Aissa.

Année	Volume mise en distribution (m <sup>3</sup> )	Volume consommé comptabilisé (m <sup>3</sup> )	Rendement primaire (%)
2008	124939.25	/	/
2009	140877.4	/	/
2010	212496	34295	16.14
2011	299820	46059	15.36
2012	240262.6	49895	20.77
2013	281500.2	50166	17.82
2014	294880	55173	18.71
2015	269847.5	57772	21.41

Tableau II.7 : L'indice linéaire de perte du réseau de distribution M'dig et Sidi Aissa.

Année	Volume mise en distribution (m <sup>3</sup> )	Volume comptabilisé (m <sup>3</sup> )	Linéaire du Réseau (Km)	L'indice linéaire de perte (m <sup>3</sup> /h/km)
2008	124939.25	/	3,0987	/
2009	140877.4	/	3,0987	/
2010	212496	34295	3,0987	6,566
2011	299820	46059	3,0987	9,478
2012	240262.6	49895	3,0987	7,110
2013	281500.2	50166	3,0987	8,640
2014	294880	55173	3,0987	8,953
2015	269847.5	57772	3,0987	7,921

Tableau II.8 : L'indice linéaire de réparation du réseau de distribution M'dig et Sidi Aissa.

Année	Nombre total annuel de réparation (rép/an)	Linéaire du Réseau (km)	L'indice linéaire de réparation (rép/km/an)
2008	180	3,0987	58,088
2009	180	3,0987	58,088
2010	180	3,0987	58,088
2011	180	3,0987	58,088
2012	180	3,0987	58,088
2013	180	3,0987	58,088
2014	180	3,0987	58,088
2015	180	3,0987	58,088

En se basant sur les résultats obtenus on a identifié certaines spécificités telles que :

- Un réseau défaillant avec des pertes d'eau considérables sur le réseau
- Un réseau mal sectorisé (capacités de stockage mal réparties au niveau du réseau) ;
- Absence de matériels et moyens informatiques suffisants pour la bonne gestion du réseau d'AEP ;
- Un faible historique de données engendre une difficulté de construire un bon modèle hydraulique.
- Des efforts considérables doivent être consentis pour augmenter les performances du réseau d'AEP M'dig et Sidi Aissa.
- Ce réseau vétusté nécessite une rénovation.

## II.5. Conclusion

Ce chapitre nous a permis de déterminer les données nécessaires concernant la zone d'étude du point de vue, géographique, démographie, climatique et la situation hydraulique. Ainsi que l'état actuel du réseau, Ces données nous serviront pour entamer notre étude du projet.

**CHAPITRE III :  
MISE EN PLACE DU SIG ET  
ANALYSE DE LA  
COMPLEXITE DES DONNEES  
SPATIALES DU RESEAU  
D'AEP DU LOCALITE M'DIG  
ET SIDI AISSA**

## Chapitre III :

### Mise en place du SIG et analyse de la complexité des données spatiales du réseau d'AEP du localité M'dig et Sidi Aissa

#### III.1. Introduction

Créer un SIG est une démarche intellectuelle reposant sur une approche systémique alors que la création d'information spatiale matérialise uniquement la structure des objets géographiques » (Pirot & Varet-Vitu, 2004), Il ne s'agit donc pas seulement de gérer les données pour les organiser facilement sur une carte grâce à une simple manipulation informatique (Abdelbaki, 2014).

Ce chapitre décrit les démarches qui ont permis de concevoir le SIG « Eau potable » du localité M'dig et Sidi Aissa. Les paragraphes suivants illustrent le type de données utilisées, leur acquisition et les possibilités offertes par les SIG pour faciliter leur traitement, permettant ainsi une connaissance fiable de l'hétérogénité spatiale de l'état structurel du réseau.

#### III.2. SIG et analyse de la complexité des données spatiales

Les systèmes de distribution d'eau potable appartiennent, au même titre que les autres réseaux techniques, à un environnement urbain et périurbain dans lequel, ils agissent et interagissent avec les autres réseaux (Blindu, 2004).

L'exploitant d'un réseau d'alimentation en eau potable se trouve généralement confronté à la difficulté de connaître avec précision son réseau compte tenu de sa diversité (généralement de multiples tranches de travaux réalisées selon des techniques différentes et sur plusieurs années) de son étendue et des difficultés d'accès (Blindu, 2004). Pour rationaliser la gestion d'un réseau d'AEP, il est nécessaire :

- De connaître avec précision l'ensemble des éléments le composant ;
- De pouvoir prévenir les incidents ;
- D'avoir un outil de diagnostic pour remédier le plus rapidement possible aux incidents.

Ainsi, il est indispensable de garder trace des interventions effectuées pour constituer une « mémoire » des  v nements marquants afin de cibler le mieux possible les décisions en matière de programmation et d'investissements (Blindu, 2004).

Le réseau d'AEP du localité M'dig et Sidi Aissa connait des contraintes de gestion de plus en plus fortes qui demandent l'utilisation de plus en plus fréquente de données représentatives de l'ensemble du réseau. Ces données sont nécessaires pour une gestion efficace d'un patrimoine que l'on souhaite voir fonctionner continuellement de manière rentable avec un niveau de service adapté aux attentes des clients. La mise en place d'un SIG pour le gestionnaire du réseau d'eau potable avec la constitution des bases de données descriptives du réseau et de son environnement est indispensable et reste un prérequis à toute tentative d'analyse.

#### III.3. Conception du SIG eau potable

Les décisions à prendre dans les services gestionnaires des réseaux d'AEP vont au-delà du simple fait d'afficher une carte ou de retrouver une adresse. Il s'agit de construire un équipement, d'aménager ou de gérer une zone, de gérer un service public, ou encore d'intervenir en cas d'incident sur le réseau. Cela suppose de prendre des décisions impliquant de nombreuses personnes et d'agir en mettant en œuvre des moyens importants. En effet, il peut s'avérer plus rentable de mettre en place une information organisée, entretenue et gérée en permanence, prête pour plusieurs besoins ou pour un

besoin imprévu, plutôt que de réagir au coup par coup avec les moyens du bord (déplier une carte, faire appel aux souvenirs, faire une visite sur le terrain...) (Abdelbaki, 2014).

Dans ce cadre, un des préalables essentiels avant de se lancer dans la mise en œuvre d'une application SIG est le questionnement relatif à l'utilisation envisagée (ou envisageable) de l'information géographique. Ces possibilités peuvent être regroupées en grandes catégories :

- L'accumulation de connaissances éparées. Il est souvent difficile pour un problème donné d'acquérir une connaissance rapide et exacte du terrain. Les informations sont souvent réparties entre plusieurs gestionnaires (réseaux, géologie, etc.), d'origine plus ou moins ancienne, connues éventuellement d'un groupe restreint de spécialistes (données archéologiques). Dans ce cas, actualisation et connaissance de la précision des données sont impératives ;
- L'usage opérationnel de plans actualisés. L'utilisateur souhaite disposer d'informations précises (cartographiques et alphanumériques) et homogènes de la réalité du terrain au moment où il doit intervenir (par exemple, canalisations diverses enterrées sous une voirie). Toutefois, ces données (érosion, modification de tracés, modification de caractéristiques...) évoluent dans le temps. L'actualisation est donc indispensable, de même que la traçabilité du mode de collecte des informations.
- La représentation de « clichés instantanés » archivés. Certaines situations nécessitent de conserver l'image de situations antérieures, notamment pour l'étude de phénomènes évolutifs, que ce soit pour les données graphiques (par exemple, l'évolution d'une zone inondée) ou pour les données descriptives (évolution de la population).
- La simulation d'événements. L'étude de l'impact d'un événement (accident, aménagement d'une zone, effet de la fermeture d'une vanne d'un réseau) nécessite une lisibilité des résultats et un caractère opérationnel des données. La modélisation nécessite alors d'établir des relations fonctionnelles entre les données aussi précises que possible (relations topologiques notamment) (Abdelbaki, 2014).

### III.3.1. Choix du SIG

Confrontés aux nombreux systèmes d'information géographique adaptés au monde de la micro-informatique, Le choix s'est porté sur le système d'information géographique « Mapinfo 8.0 » pour cette phase pour bénéficier d'un ensemble de produits performants et évolutifs. Ces produits permettent de créer, d'afficher, de modifier toutes formes d'informations géographiquement référencées.

On peut résumer leurs principales caractéristiques comme suit :

- Opérations de superpositions : superposition de couches thématiques
- Traitements statistiques
- Types de sortie : représentations cartographiques, valeurs numériques ou textuelles, histogrammes, graphiques ...
- Disponibilité d'une bibliothèque de symboles, de traits, de trames et de légendes modifiables de façon interactive.
- Echange de données avec les logiciels de CAO et DAO tel que AUTOCAD
- Doté d'un langage SQL étendu pour la gestion des données descriptives. Parmi leurs fonctionnalités, on peut citer :
- Efficacité dans la gestion des bases de données
- Fonctionnalités graphiques sont importantes

- Puissant langage de requêtes permet de mixer les entrées graphiques et non graphiques
- Indépendance vis à vis du choix du matériel

Capacité à intégrer de données externes et à exporter des données vers d'autres systèmes (Abdelbaki, 2014).

### III.3.2. Acquisition et inventaire des données

Le volume important d'informations à collecter, la grande quantité de documents à inventorier ainsi que la diversité des organismes détenteurs d'informations représentent une grande difficulté dans le processus d'élaboration d'une base de données. L'opération d'inventaire consiste à identifier, décrire et localiser les données relatives au réseau d'Alimentation en eau potable de la zone M'dig et Sidi Aissa. Pour mener à bien cette tâche, d'importants efforts ont été déployés. Ceci a permis de recueillir diverses informations et documentations (rapports, données statistiques ...) de plusieurs sources, citons :

- DRE : Direction des Ressources en Eaux
- APCC : Assemblée populaire communale de Chetouane
- URBAT : Centre d'Etudes et de Réalisation en Urbanisme
- ADE : Algérienne des eaux
- SDHC : Subdivision de l'hydraulique Chetouane

Les données recueillies ne sont pas des données cartographiques.

### III.3.3. Analyse des données

L'analyse des données consiste à déterminer les caractéristiques des documents à retenir, pour bien appréhender et supporter la représentation du réseau d'AEP du localité M'dig et Sidi Aissa. Car il est difficile de définir à l'avance toutes les utilisations possibles et imaginables qui pourraient être faites par le système d'information géographique. Ajoutant à ces difficultés, On n'a pas trouvé un plan de réseau d'AEP pour ces deux localités.

Pour que le support cartographique soit exploité, on était obligé de remédier à certaines lacunes, à savoir :

- Prendre des photos aériennes tirer de Google Earth ;
- Géo-référencer le fond de plan, la projection du fond de plan du localité M'dig et Sidi Aissa est UTM 30. Cette opération recèle une grande importance pour la phase de numérisation

### III.3.4. Numérisation des données

La numérisation consiste à remplacer les traditionnels plans papier difficiles à manipuler et complexes à mettre à jour par des plans numérisés où l'on retrouve de manière bien différenciée (symboles, couleurs...), les rues, les bâtis... issus du plan vectorisé avec l'ensemble du réseau d'AEP qui y a été reporté (Abdelbaki, 2014).

Pour les localités de M'dig et Sidi Aissa, des extraites d'images google earth en était enregistrés et calées.

Caler une image satellite tiré de Google Earth signifie entrer des coordonnées géographiques définie et indiquer quels points de l'image correspondent à ces coordonnées. Il est indispensable de caler chaque image raster avant de l'utiliser dans la base de données surtout si vous utilisez l'image avec des données vectorielles. Les informations de calage sont stockées dans le fichier « .tab ». (Boukli Hacene & Rabah Fissa, 2015).

Il est également conseillé d'utiliser quatre points de calage afin d'évaluer l'erreur commise au moment de la saisie des points de calage (Boukli Hacene & Rabah Fissa, 2015) ; La figure III.1 et III.2 montre les extraits choisis pour le calage.



Figure III.1 : Extrait de la localité M'dig pour le calage (Google Earth).



Figure III.2 : Extrait de la localité Sidi Aissa pour le calage (Google Earth).

Nous avons sur les deux figure III.1 et III.2, noté des points repères dont la latitude et la longitude ont été marqué comme étiquette des points pour faciliter le géo-référencement.

Alors une fois Mapinfo lancée, dans la boite de dialogue Démarrage (figure III.3), sélectionnons Ouvrir une table puis Ouvrir.



Figure III.3 : La boite de dialogue démarrage.

Dans la boite de dialogue (figure III.4) Ouvrir (image en dessous), choisissons le répertoire dans lequel est localisée l'image. Ensuite dans Fichiers de type, sélectionnez Raster Image. Cette fonctionnalité permet l'ouverture d'un nombre varié d'image dont les plus connues .jpg, .tiff, .bmp etc. Cliquez sur Ouvrir.

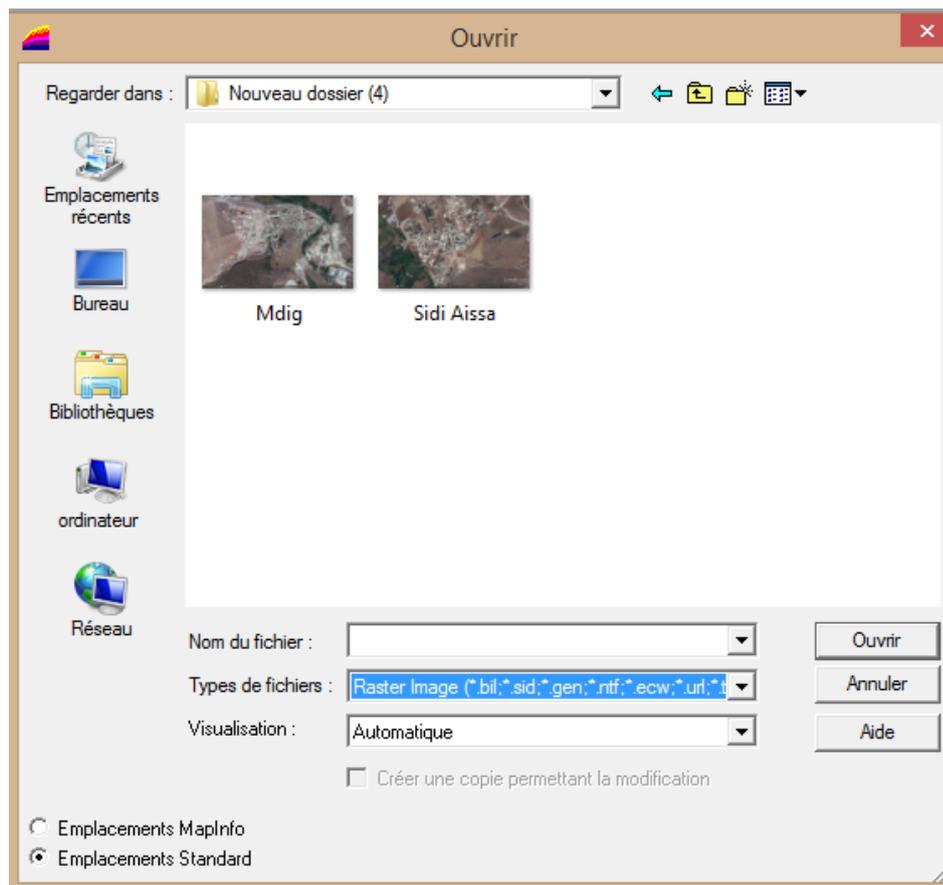


Figure III.4 : Le choix du type de fichiers « Raster »

A cette étape, Mapinfo demande un simple affichage ou la calage (géo-référencement) de l'image. Évidemment, nous sélectionnons Calage.

Dans la boîte de dialogue (figure III.5 & III.6), il faut tout d'abord définir les Projections et les Unités dans lesquelles sont exprimées nos coordonnées.

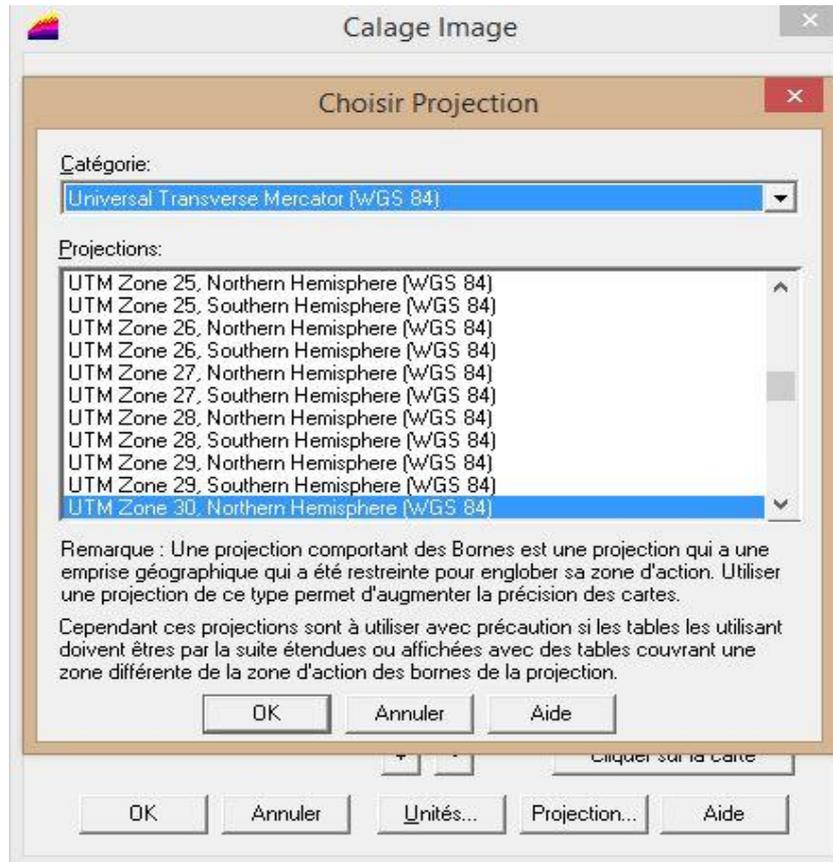


Figure III.5 : Géoréférencement des images

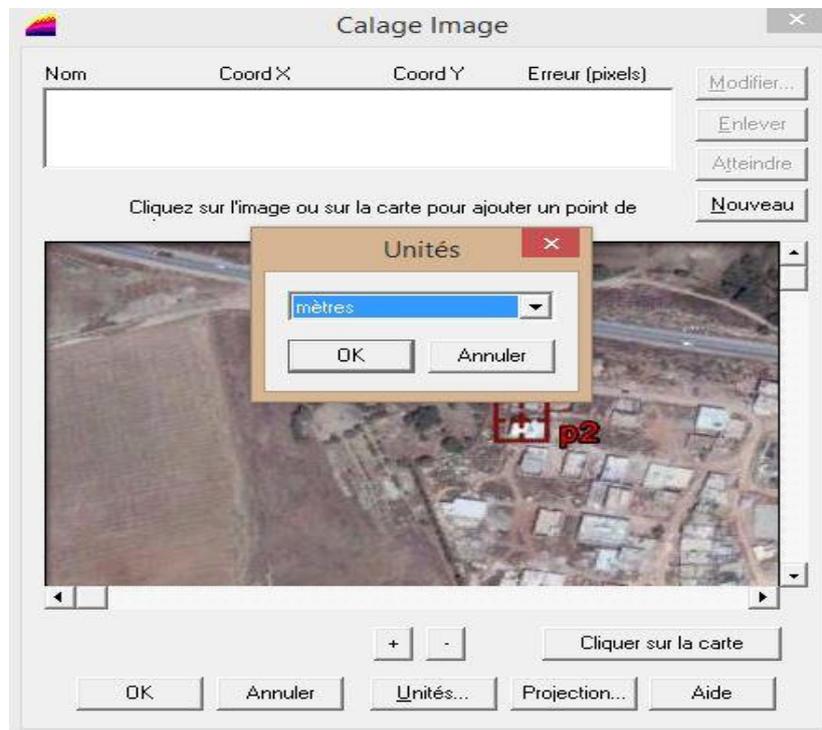


Figure III.6 : Choix de l'unité

Maintenant, cliquez sur le premier point repère sur l'image et dans la boîte de dialogue (Figure III.7) qui apparait, entrez les coordonnées X pour longitude et Y pour latitude.

Pour le point suivant, cliquant sur Nouveau, puis sur le point repère et entrez les coordonnées et ainsi de suite pour l'ensemble des points que nous avons à entrer. Il en faut quatre au minimum pour être sûr de bien caler, de préférence proche des quatre coins de l'image.

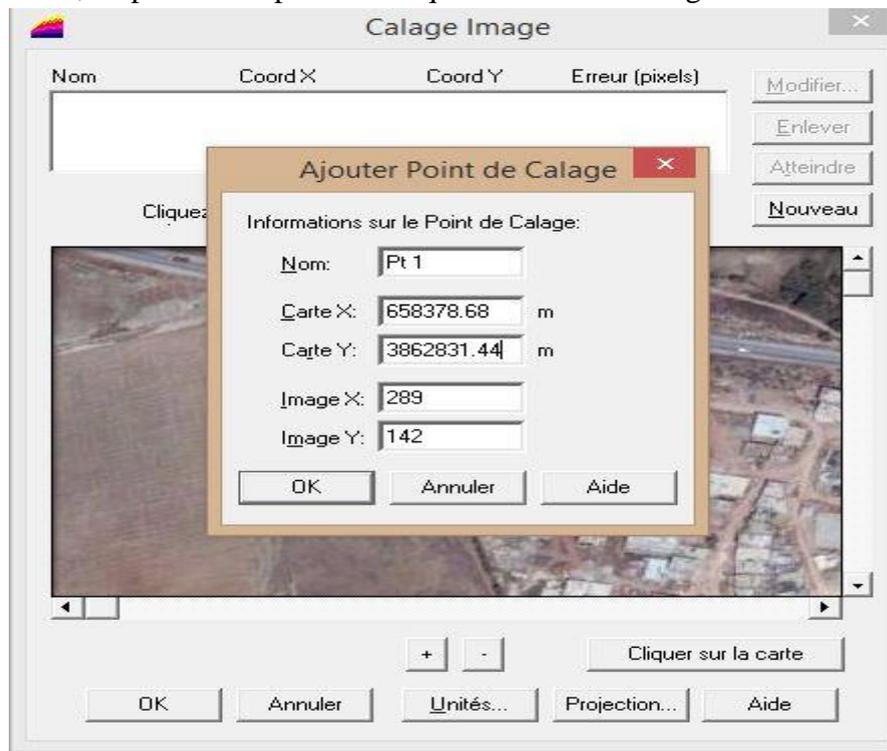


Figure III.7 : L'entrée des coordonnées longitude & l'altitude.

La figure III.8 montre le résultat du calage adopté pour couvrir le fond de plan du localité M'dig et Sidi Aissa afin de tracer le réseau d'AEP.

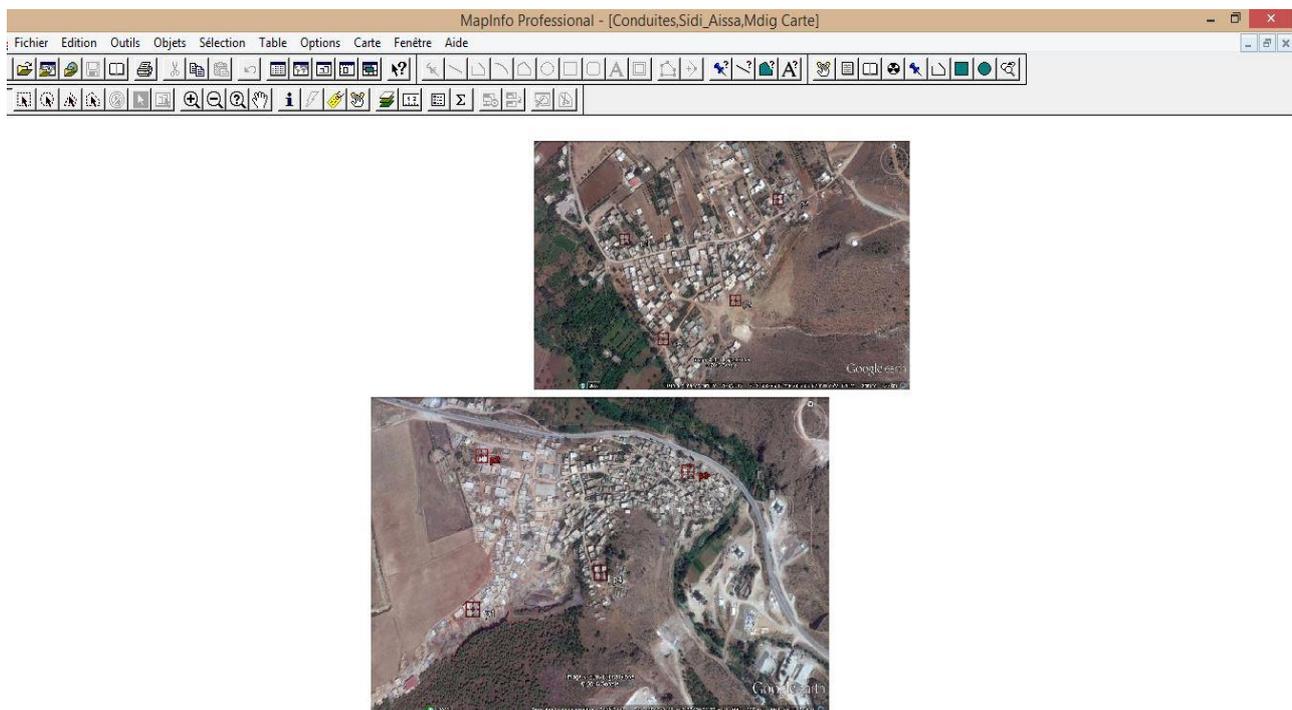


Figure III.8 : Résultat & Préparation du fond de plan pour tracer le réseau d'AEP.

### III.3.5. Création de la base de données

Les données sont des observations brutes. Après leur traitement, on arrive à des informations utiles pour la conception de la base de données. Ils sont de différents natures :

- Nature variable (fichier géographique)
  - Un point (vanne, forage, réservoir ...)
  - Une ligne (conduite, route ...)
  - Une surface ou région ( lot, bâti ...)
- Structure variable
  - Maill e ou raster (image satellitaire...)
  - Vectorielle (limites des îlots...)
- Source variable
  - Soit des tableaux de chiffres (fichiers de forages...)
  - Soit différentes cartes et plans réalisés pour la zone d'étude considérée (Plans de réseaux, profils en long...) (Abdelbaki, 2014).

Les données associées sont organisées sous forme de tables. Les noms d'attributs sont introduits champ par champ selon leurs types (caractère, entier, flottant, virgule fixe, date...).

Chaque entité géométrique (conduite) est reliée à sa description exhaustive, ce lien se fait au moyen d'un identifiant interne, La figure III.9 montre la structure de la table Conduite

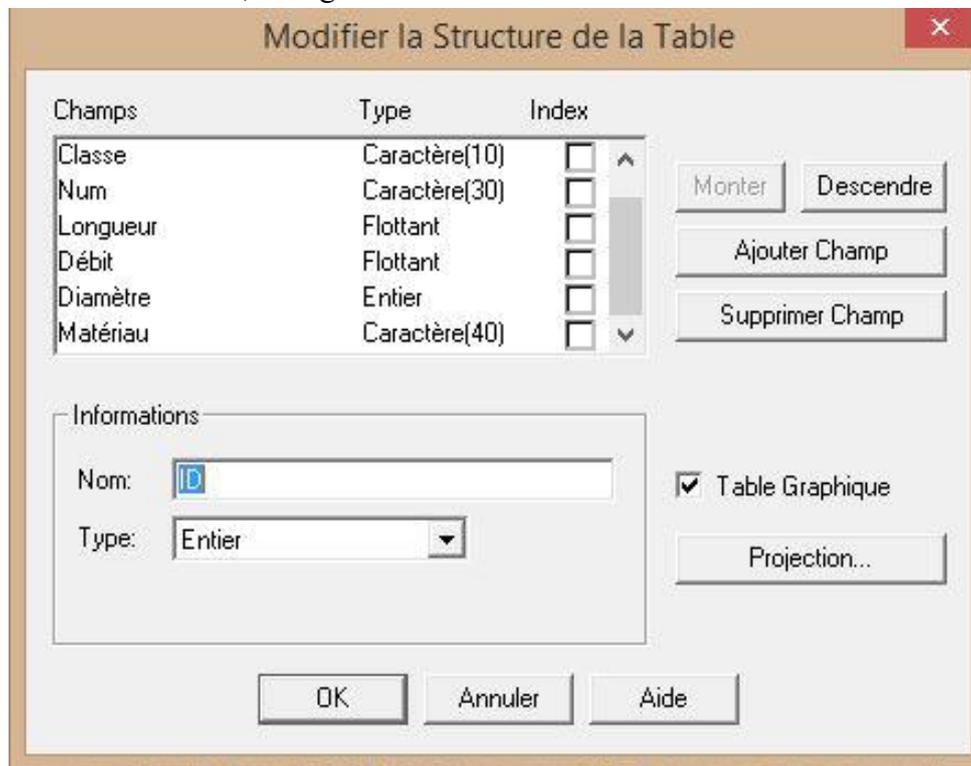


Figure III.9 : Définition de la structure de la table « Conduites ».

### III.3.6. Tracé du réseau d'AEP

Trois variantes ont été faites pour le réseau de M'dig et Sidi Aissa, ces dernières sont représentées dans les figures III.10, III.11 & III.13 suivantes :



Figure III.10 : La 1<sup>ère</sup> proposition du réseau d'AEP M'dig et Sidi Aissa.

Cette variante a une longueur totale de 4.8 km et est constituée de 6 mailles, la totalité du réseau est de type PEHD.

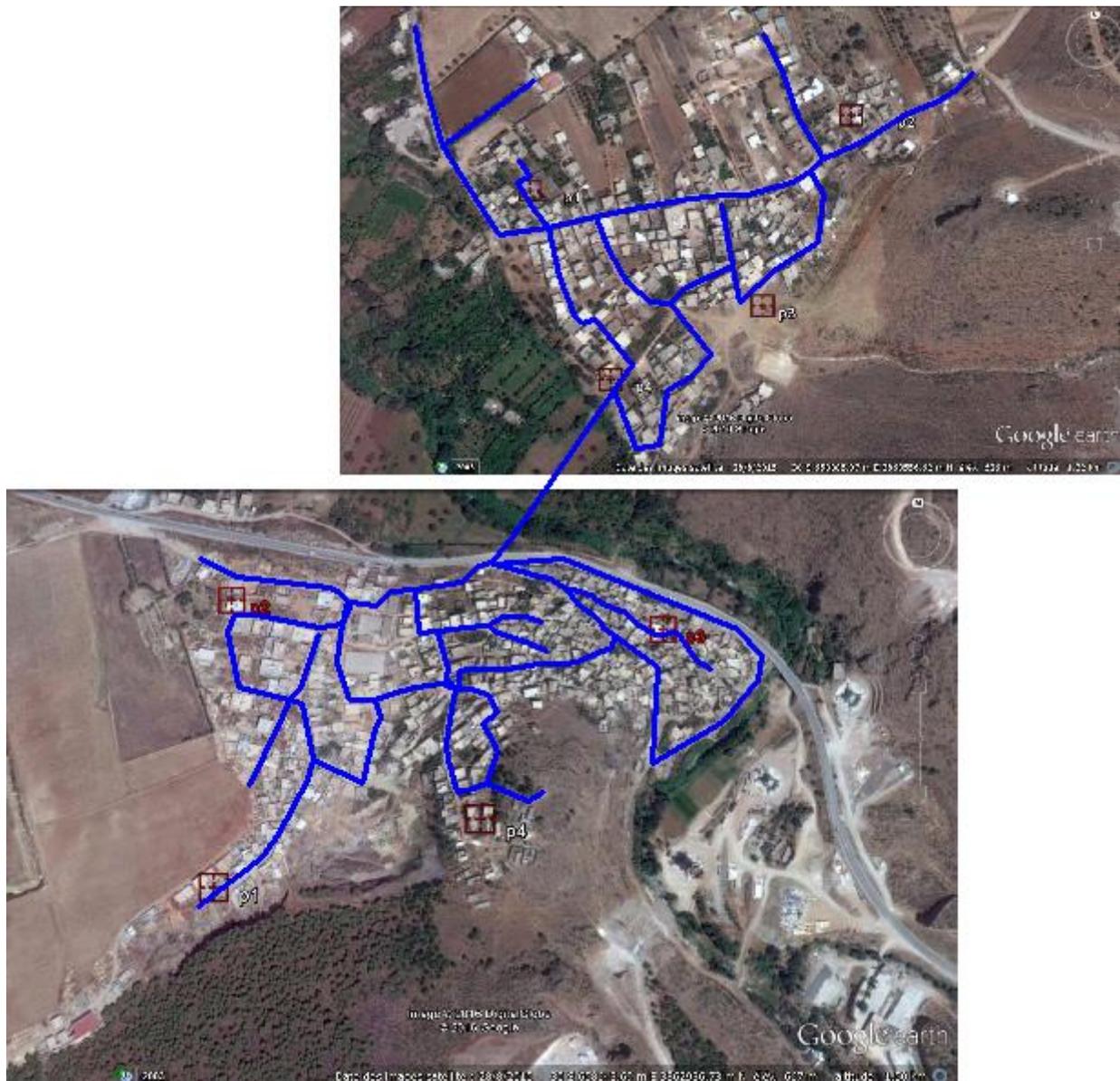


Figure III.11 : La 2<sup>ème</sup> proposition du réseau d'AEP M'dig et Sidi Aissa.

Cette variant à une longueur totale de 5.854 km et constitué de 8 maille, la totalité de réseau est de type de PEHD.

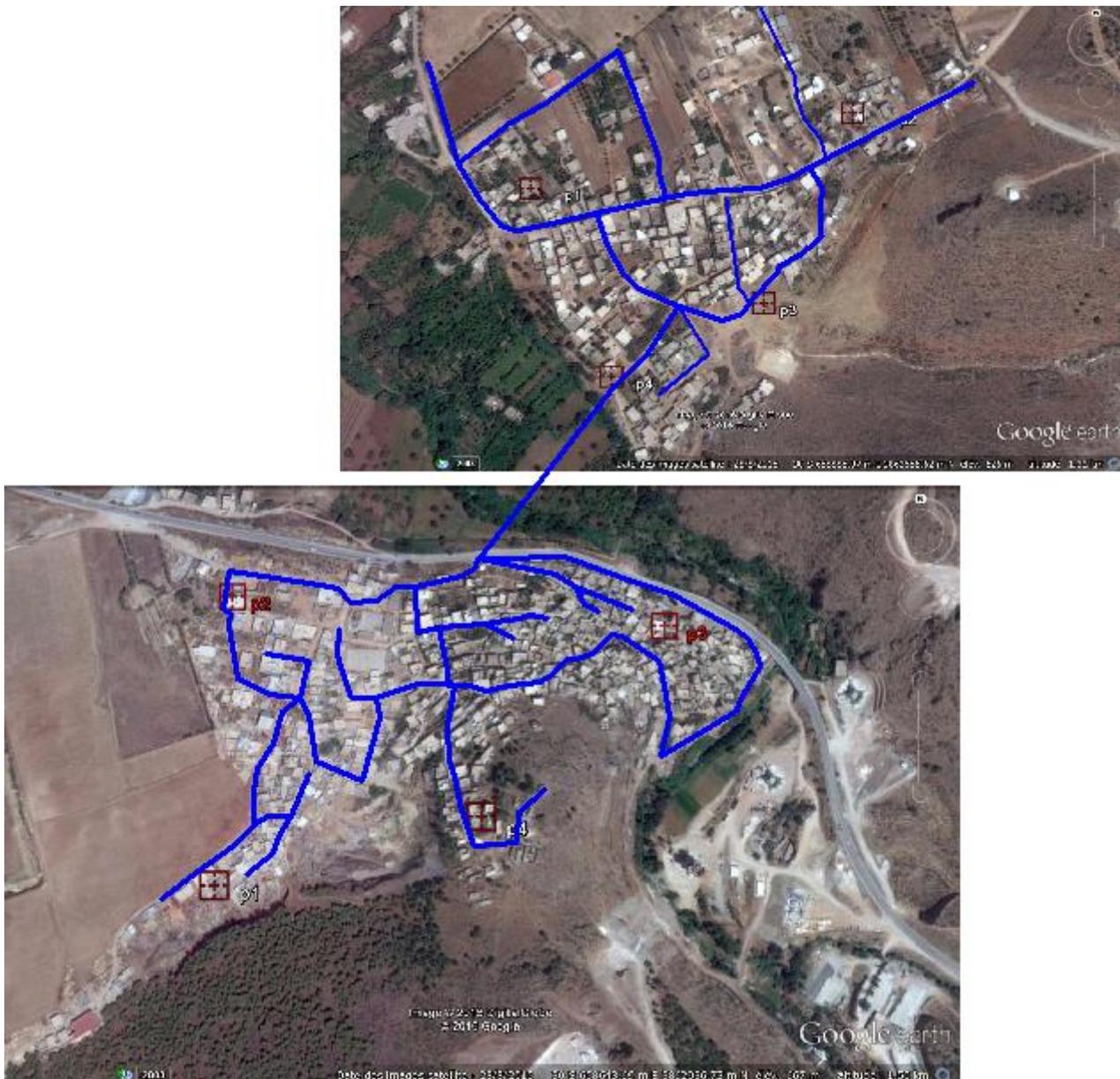


Figure III.12 : La 3<sup>ème</sup> proposition du réseau d'AEP M'dig et Sidi Aissa.

Cette variante a une longueur totale de 6,296 km. Le réseau se constitue de 4 mailles, la totalité de réseau est de type de PEHD.

Cette variante a fait l'objet de notre étude. Elle a été choisie car elle présente les caractéristiques suivantes :

- ❖ Le choix du tracé est simple
- ❖ L'accès pour la pose des conduites est facile
- ❖ L'alimentation se fait par les deux réservoirs implantés sur le site.

### III.4. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons proposé des variantes pour le réseau d'AEP des localités M'dig et Sidi Aissa sous SIG (MapInfo 8.0). Une variante a été choisie, elle servira pour entamer notre étude du projet.

**CHAPITRE IV :**  
**COUPLAGE SIG-EPANET ET**  
**ANALYSE DU**  
**FONCTIONNEMENT DU**  
**RESEAU D'AEP DE M'DIG ET**  
**SIDI AISSA**

**Chapitre IV :****Couplage SIG-Epanet et analyse du fonctionnement du réseau d'AEP de M'dig et Sidi Aissa****IV.1. Introduction**

La communauté scientifique reconnaît de plus en plus l'utilité du couplage des systèmes d'information géographique (SIG) et des modèles de comportement car celui-ci permet, entre autres, d'introduire la différenciation spatiale (par l'intermédiaire de données localisées) dans la description des processus étudiés.

Les SIG fournissent en effet un environnement flexible pour la gestion de données localisées (acquisition, structuration, stockage, visualisation et diffusion) et présentent des capacités d'analyse spatiale très avantageuses. Le modèle de son côté contribue parfaitement à la représentation dynamique des phénomènes observés (Abdelbaki, 2014).

**IV.2. Choix du modèle de calcul**

Notre choix s'est porté sur le code de calcul Epanet. Celui-ci (Rossman, 2000) est un code de simulation du comportement hydraulique et qualitatif de l'eau dans les réseaux d'eau potable. Epanet a pour objectif une meilleure compréhension de l'écoulement et de l'usage de l'eau dans les systèmes de distribution. Il peut être utilisé pour différents types d'application dans l'analyse des systèmes de distribution.

Un réseau d'eau potable se définit par des tuyaux (tronçons sur le logiciel), des nœuds (intersection de deux tuyaux et extrémité d'une antenne) mais également d'autres organes (réservoirs, pompes, clapets, différents types de vannes...).

Epanet permet de calculer le débit parcourant chaque tuyau, la pression à chacun des nœuds mais également le niveau de l'eau à n'importe quel moment de la journée. Le moteur de calcul hydraulique intégré permet de traiter des réseaux de taille illimitée. Il dispose de plusieurs formules de calcul de pertes de charges, il inclut les différentes pertes de charge singulières et modélise les pompes à vitesse fixe et variable (Générale des eaux, 2003). En résumé, Epanet présente les outils nécessaires pour remplir les objectifs suivants :

- Régulation des pressions dans le réseau ;
- Détection des zones de fonctionnement déficitaire ;
- Dimensionnement de réseaux ;
- Amélioration de la gestion des équipements d'eau.

Epanet possède les mêmes fonctionnalités et possibilités que les autres codes de modélisation des réseaux d'eau potable tels « Porteau » ou « Piccolo ». Il présente une convivialité au niveau de son interface qui permet de le rendre assez facilement accessible (Générale des eaux, 2003).

### IV.3. Démarche adoptée pour le couplage SIG Epanet

Le couplage permet aux SIG d'emprunter les capacités analytiques des modèles et de l'autre côté les modèles empruntent les capacités graphiques et de gestion des données du SIG (Abdelbaki, 2014).

L'objectif à atteindre pour le réseau d'AEP M'dig et Sidi Aissa est de faciliter l'accès aux données des différentes bases, assurer la communication entre le code de calcul et l'utilisateur dans les différentes tâches à accomplir : chargement de données, lancement de calcul, modification, affichage des résultats... etc.

### IV.4. Passage SIG -EPANET

Cette étape consiste à faire le passage du SIG vers Epanet afin d'effectuer la simulation hydraulique à partir de données SIG au sein d'Epanet. Un géo-traitement permet de générer un fichier «.inp» pouvant être traité par Epanet pour les conduites composant le réseau uniquement (les autres ouvrages devront être ajoutés manuellement par la suite). Il est nécessaire de contrôler la topologie du réseau avant de lancer le géo-traitement. En effet, Epanet ne tolère pas d'erreur géométrique pour effectuer la simulation hydraulique. Par topologie « propre » il est entendu les points suivants :

- Interruption des conduites au droit de chaque intersection ;
- Pas de superposition d'objets conduites ;
- Pas d'objets conduits multi-parties ou de longueur nulle ;
- Vérification de la connectivité des conduites les unes aux autres.

Le passage SIG - EPANET (Figure IV.1, Figure IV.2, Figure IV.3) a été réalisé à l'aide de l'outil « DXF2EPA ». C'est un programme qui convertit tous les éléments de classe lignes et poly-lignes (dans des couches en format DXF) en un ensemble de canalisations et raccords sous Epanet (Rossman, 2000). Des éléments supplémentaires doivent être ajoutés manuellement au modèle sous Epanet (Abdelbaki, 2014), tels que les réservoirs, les pompes et les vannes.

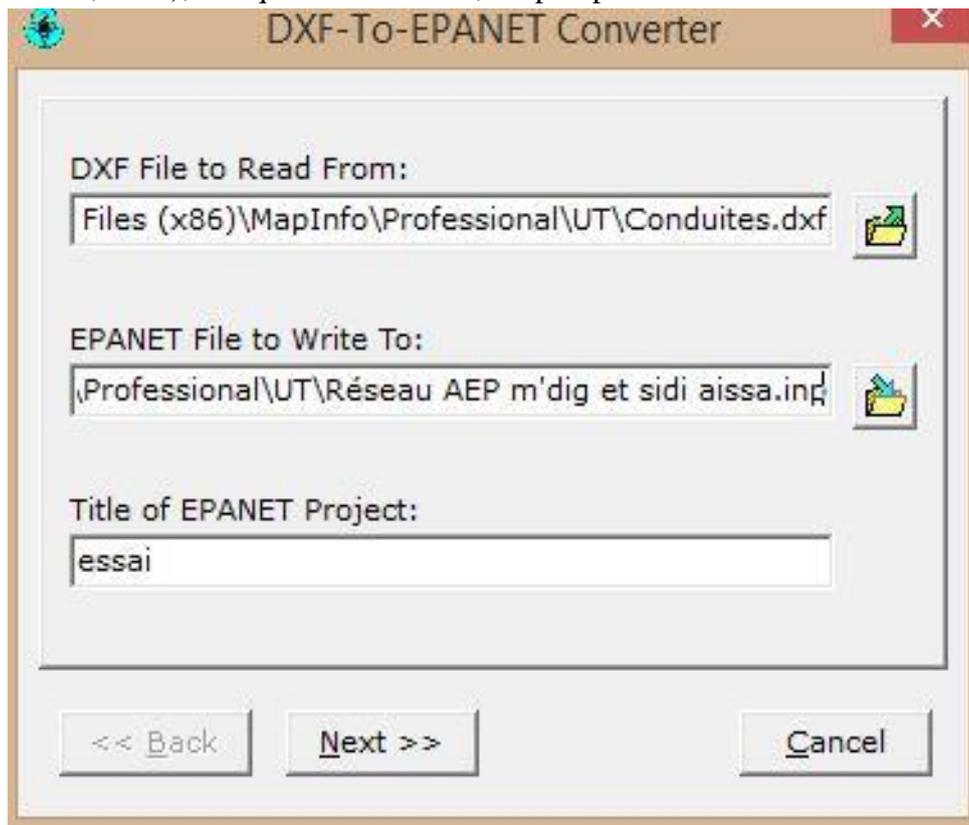


Figure IV.1 : Passage SIG-Epanet.

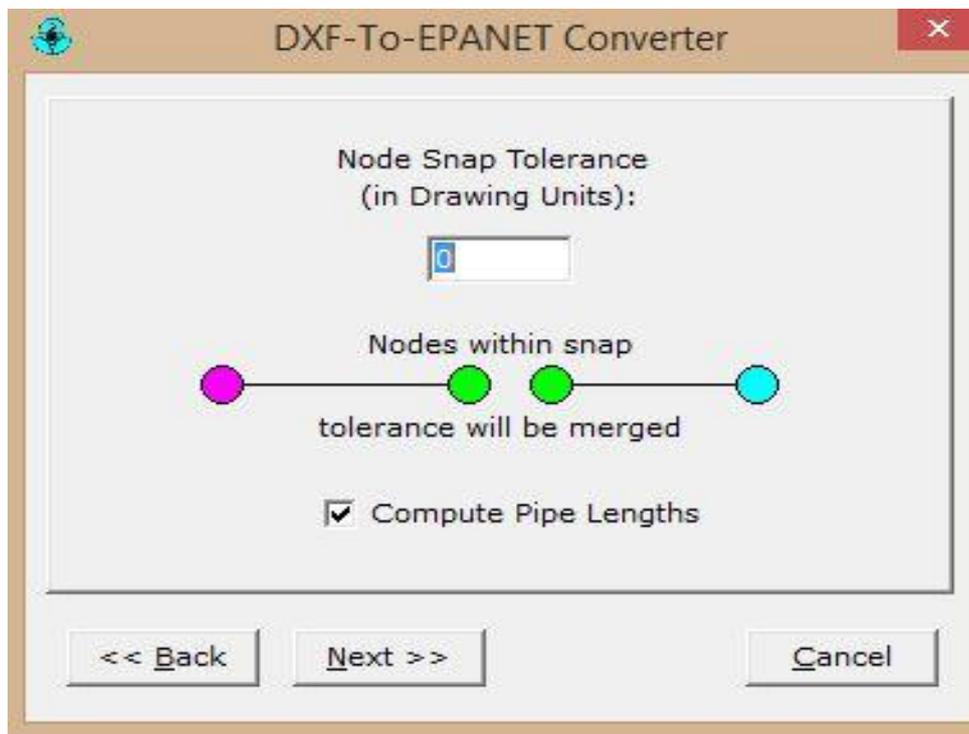


Figure IV.2 : Passage SIG-Epanet.

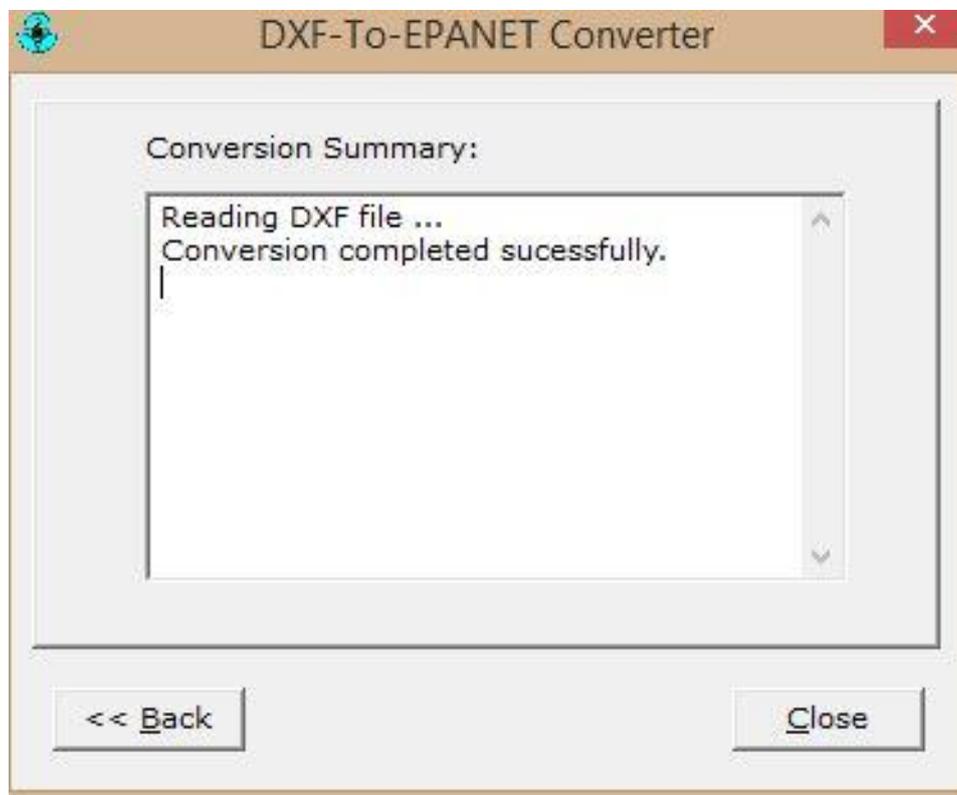


Figure IV.3 : Passage SIG-Epanet.

Le programme de conversion peut calculer les longueurs des canalisations, les autres données du réseau telles que les altitudes des nœuds, les demandes et les diamètres des canalisations doivent être introduites manuellement dans Epanet (Rossman, 2000) après que le fichier converti est chargé. La figure IV.4 illustre le réseau importé sous Epanet.

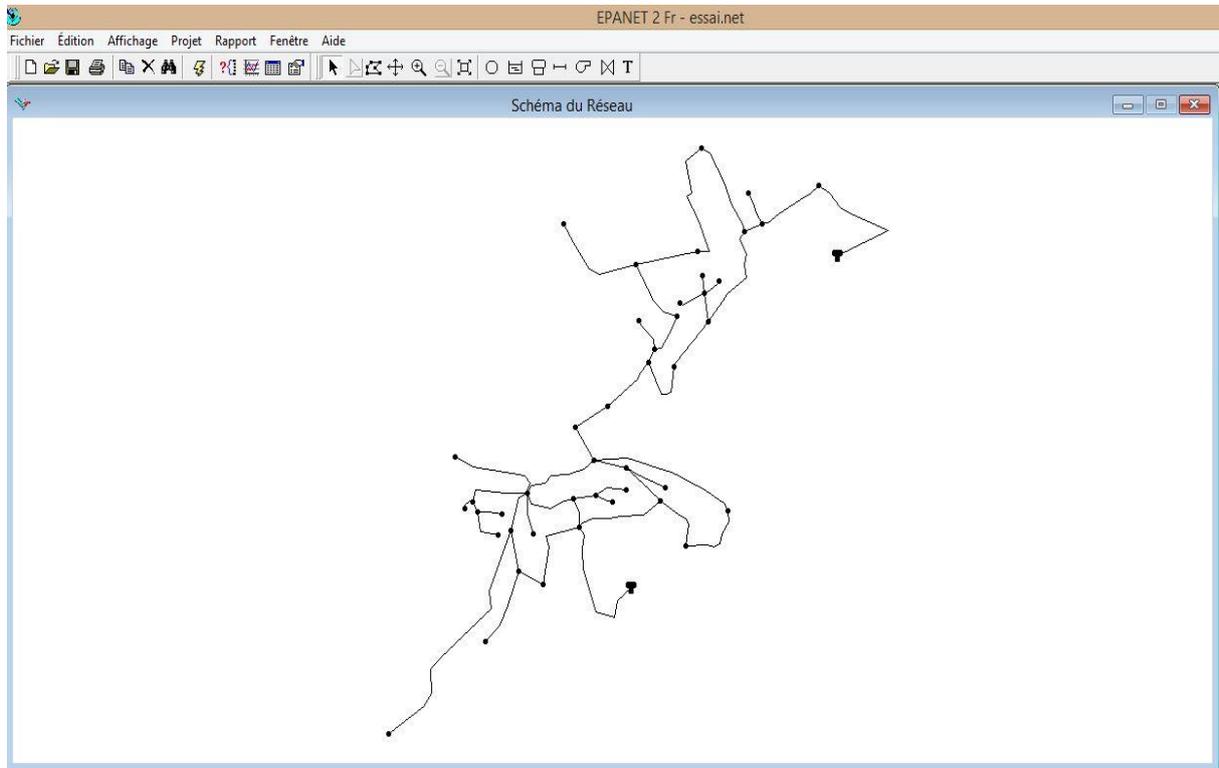


Figure IV.4 : Le réseau d'AEP M'dig et Sidi Aissa importé sous Epanet.

### IV.5. Simulation du fonctionnement du réseau d'AEP sous Epanet

Après la conversion des différentes couches sous Epanet (Rossman, 2000), les données du réseau sont saisies, tels que les diamètres et la rugosité pour les canalisations, les altitudes et les demandes de base pour les nœuds ainsi que les caractéristiques des réservoirs. Les figures IV.5, IV.6 & IV.7 illustrent le chargement des données pour les différentes composantes du réseau d'AEP de la localité.

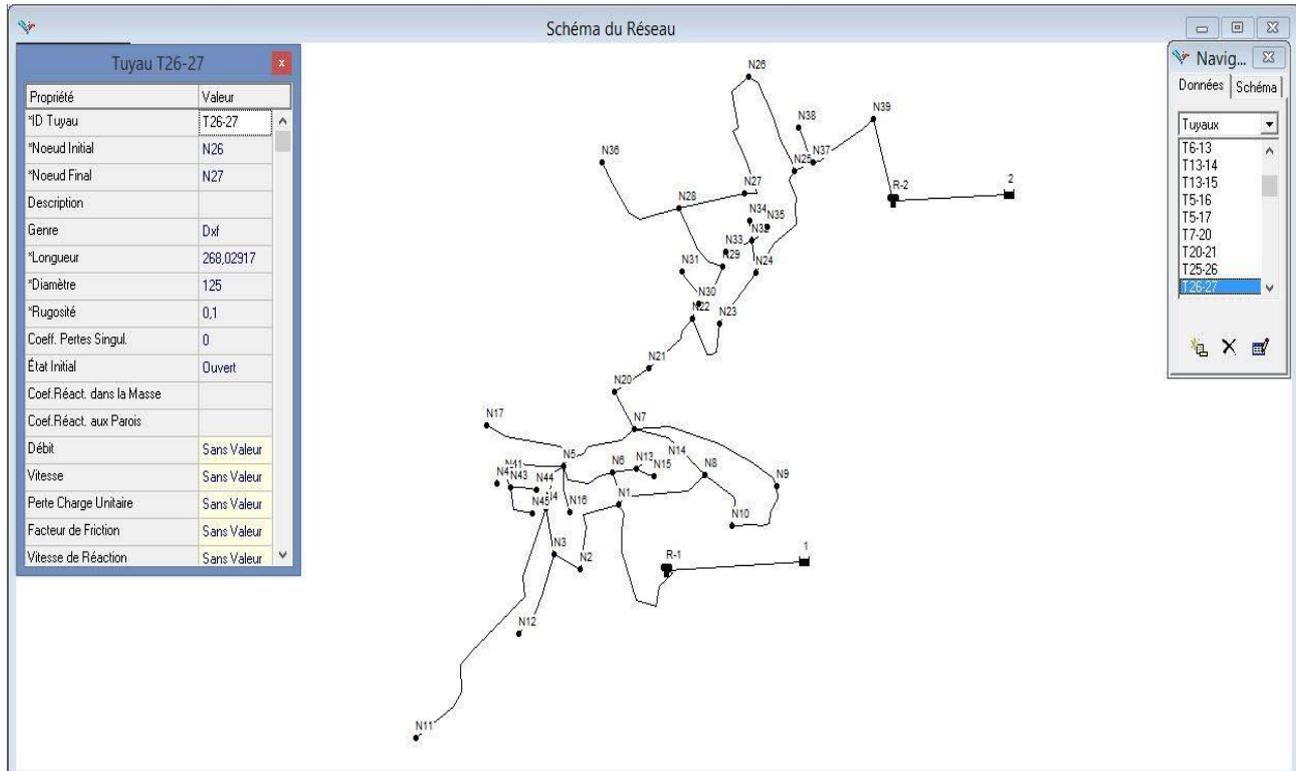


Figure IV.5 : Exemple de saisie des données des canalisations.

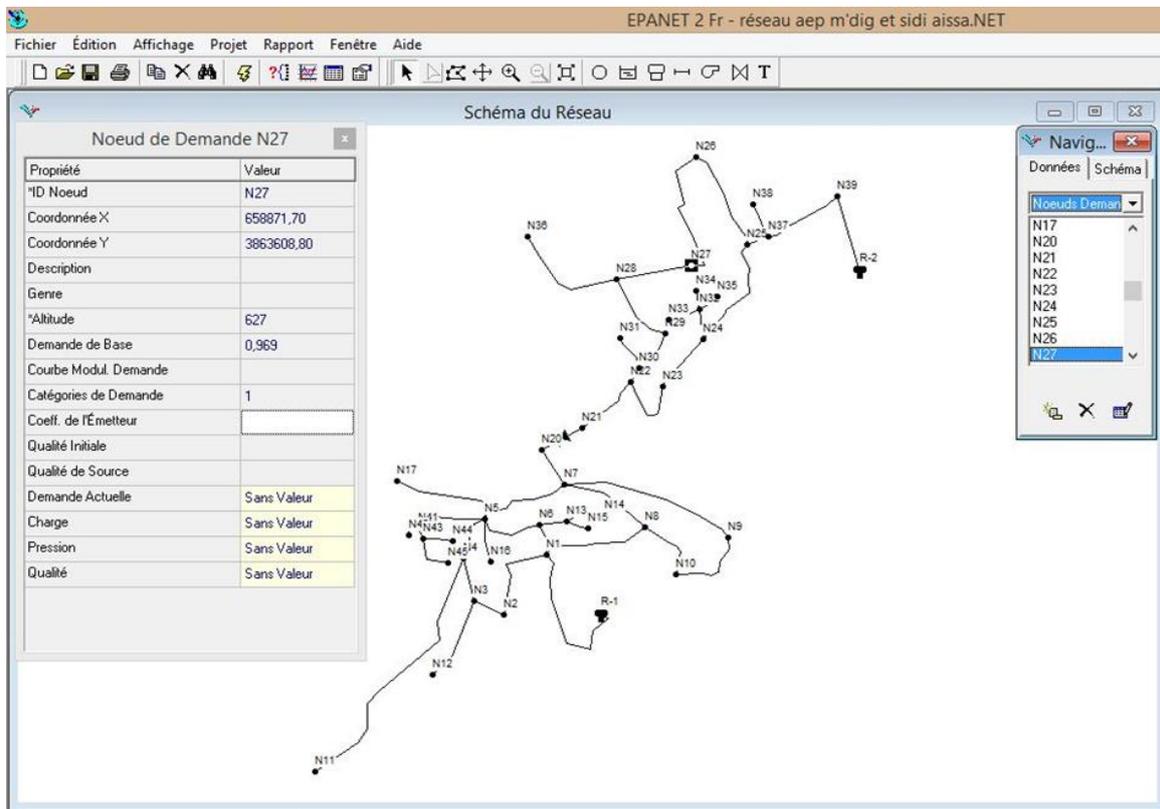


Figure IV.6 : Exemple de saisie des données des nœuds.

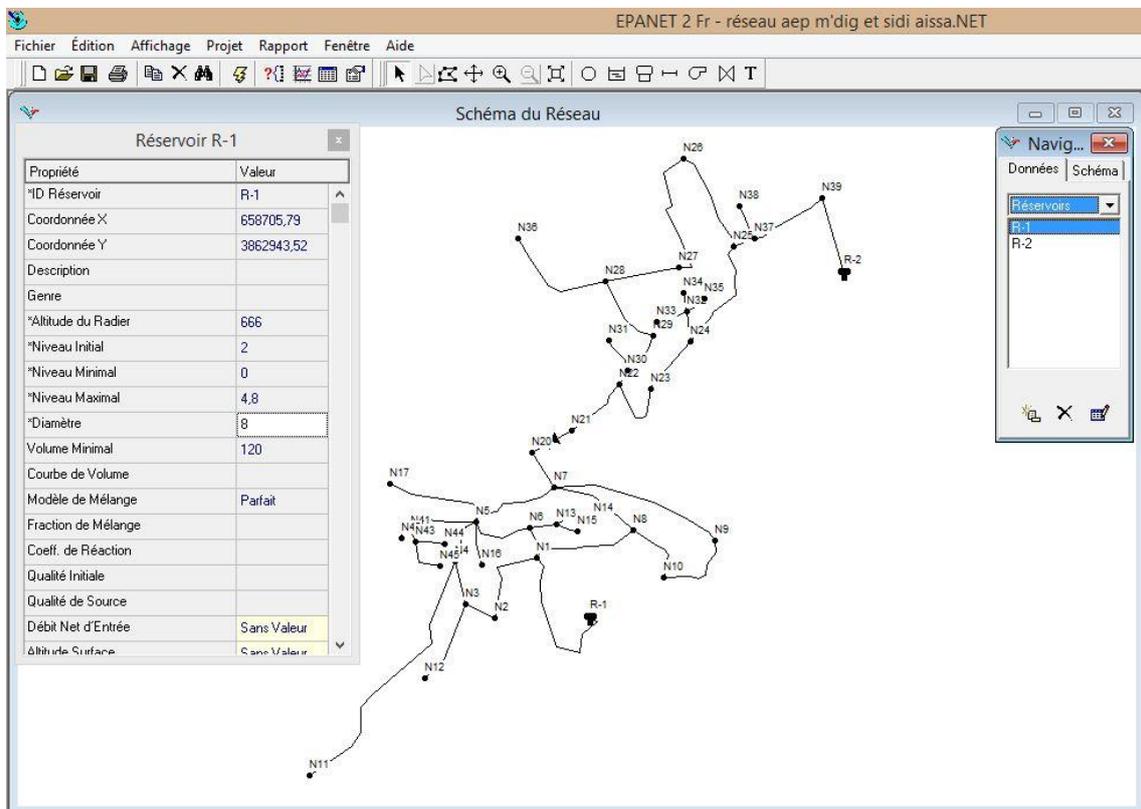


Figure IV.7 : Exemple de saisie des données des réservoirs.

Les consommations du réseau sont définies aux nœuds. L'intérêt de cette étape est de pouvoir établir un profil de consommation propre à chaque partie du réseau à partir de la demande des nœuds du réseau d'AEP M'dig et Sidi Aissa et le débit de pointe du réseau. Une fois les options de simulation sont définies, la simulation est lancée. La figure IV.8 représente les options d'une simulation.

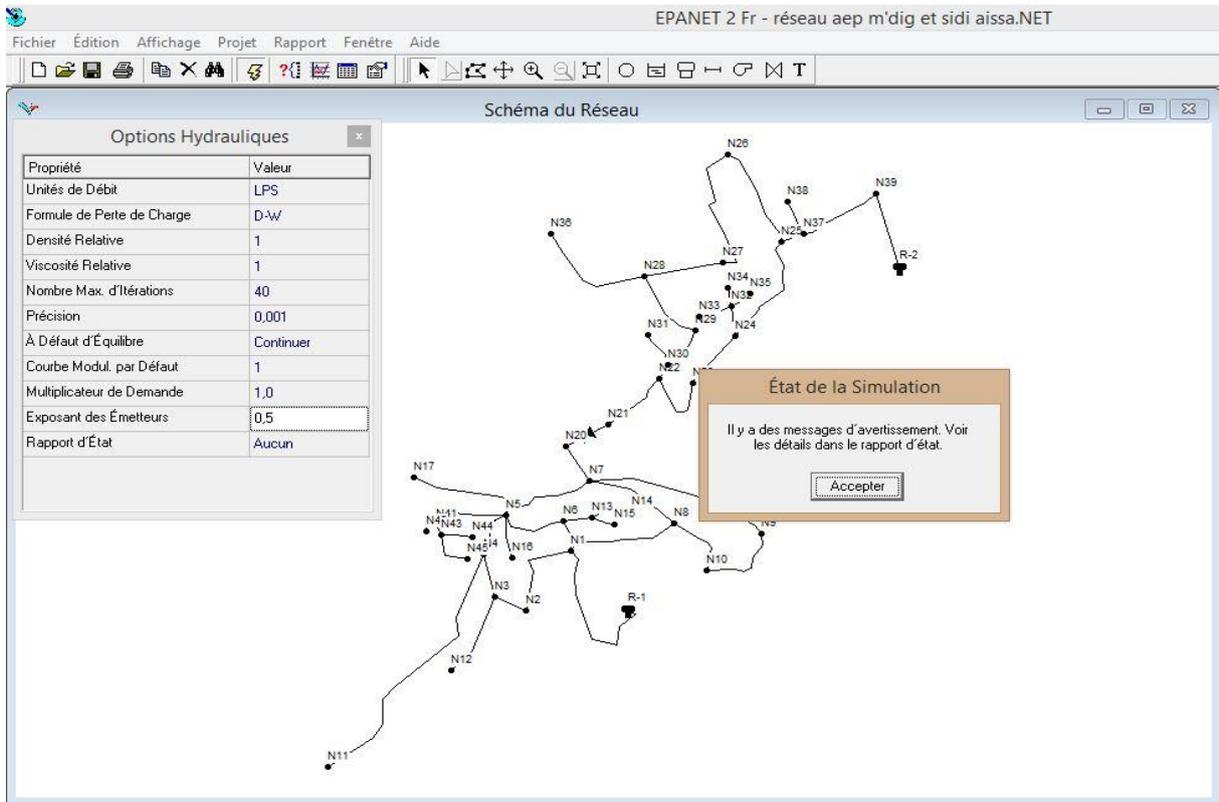


Figure IV.8 : Définition des options et lancement de simulations pour le réseau d'AEP M'dig et Sidi Aissa.

Les figures IV.9, IV.10 et IV.11 représentent respectivement les résultats de simulations pour les trois scénarios qu'on a proposé :

- **Scénario 01** : alimentation des deux localités à partir du réservoir de M'dig.
- **Scénario 02** : alimentation des deux localités à partir du réservoir de Sidi Aissa.
- **Scénario 03** : alimentation de chaque localité à partir de son propre réservoir.

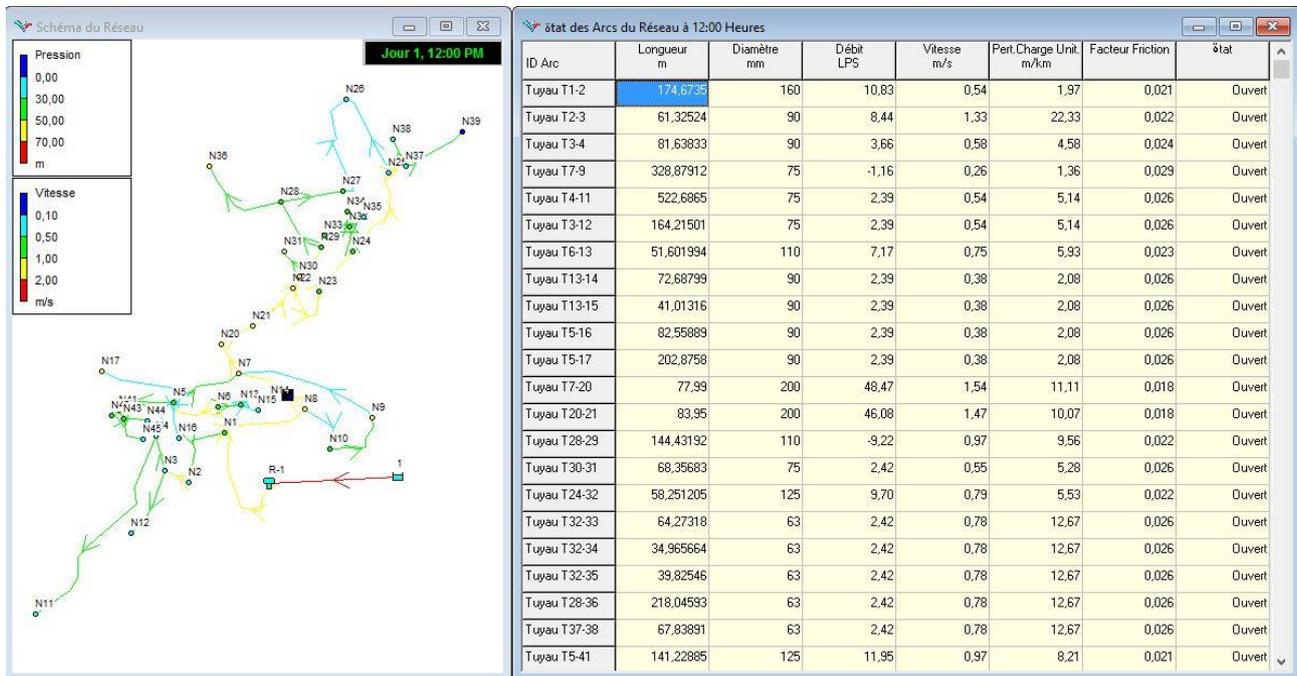


Figure IV.9 : Résultats de simulation pour les deux localités à partir du réservoir de M'dig.

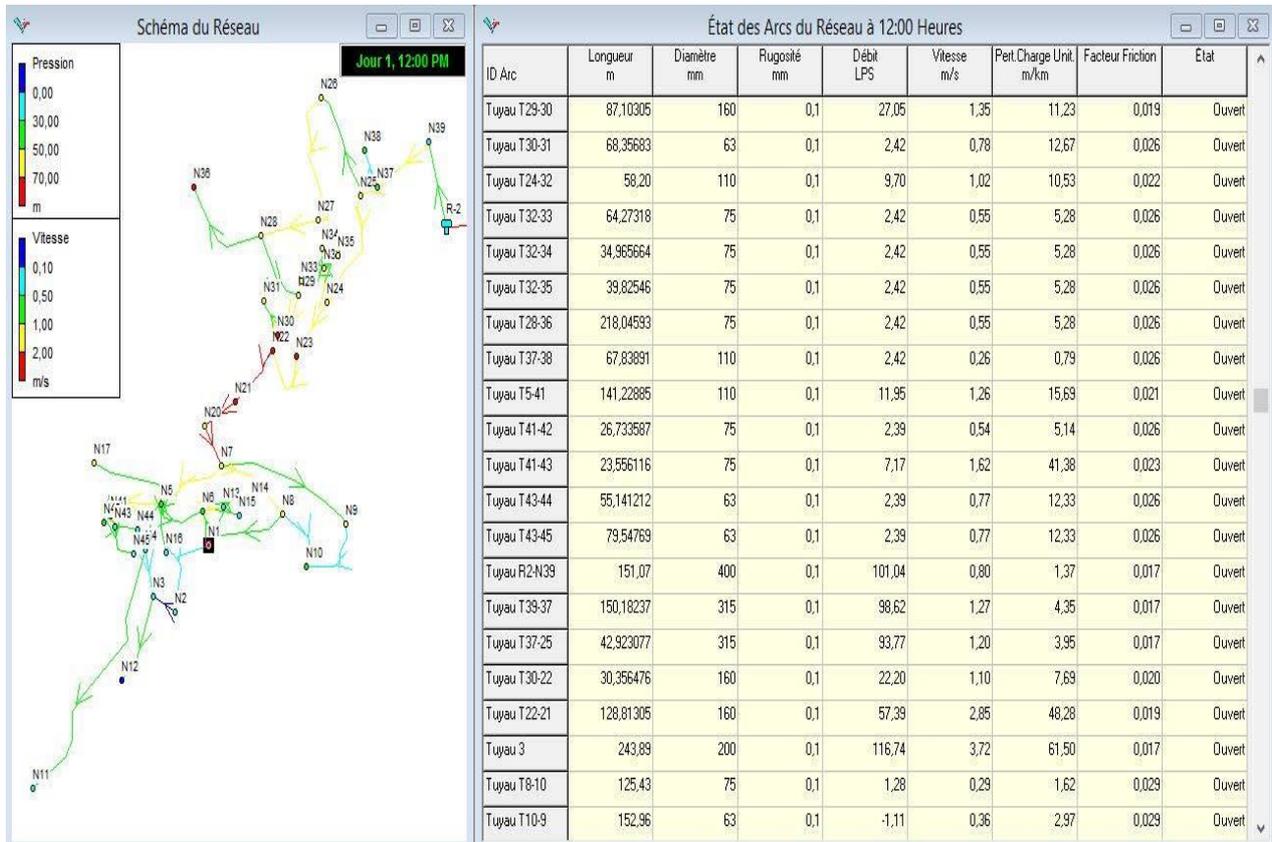


Figure IV.10 : Résultats de simulation pour les deux localités à partir du réservoir de Sidi Aissa.

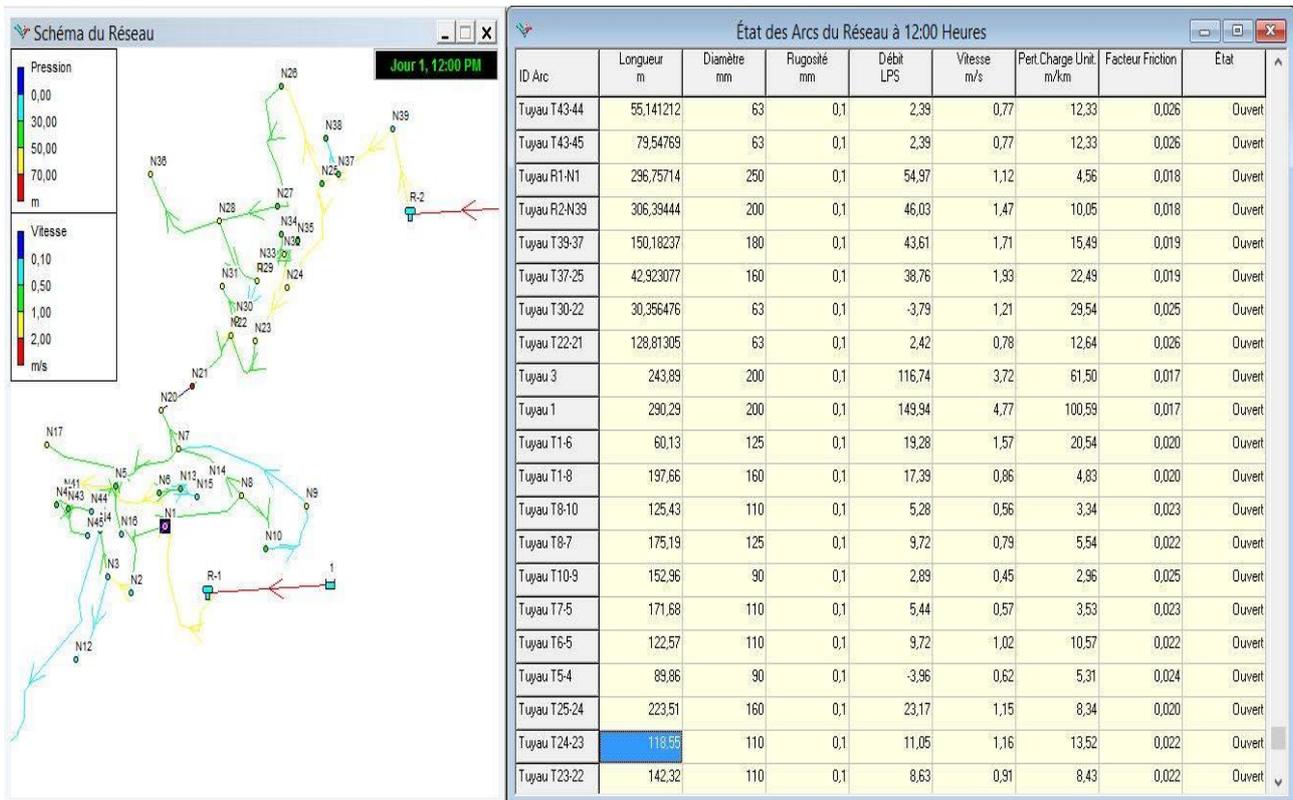


Figure IV.11 : Résultats de simulation alimentation de chaque localité à partir de son propre réservoir.

### IV.6. Synthèse et interprétations des résultats

Plusieurs scénarios ont été étudiés à savoir le comportement du réseau en heure de pointe et des scénarios de simulation au cours de la journée.

#### IV.6.1. Scénario 01 : alimentation des deux localités à partir du réservoir de M'dig

Les paramètres pris pour l'analyse du fonctionnement du réseau sont : les débits, les vitesses et les pressions. Les résultats sont synthétisés dans les sections suivantes.

##### a) Débit

Les conduites devront pouvoir transiter les plus forts débits instantanés en tenant compte du débit de pointe.

Les figures IV.12 et IV.13 représentent respectivement la variation globale du débit des dans le réseau d'AEP ainsi qu'un exemple pour un tronçon du réseau.

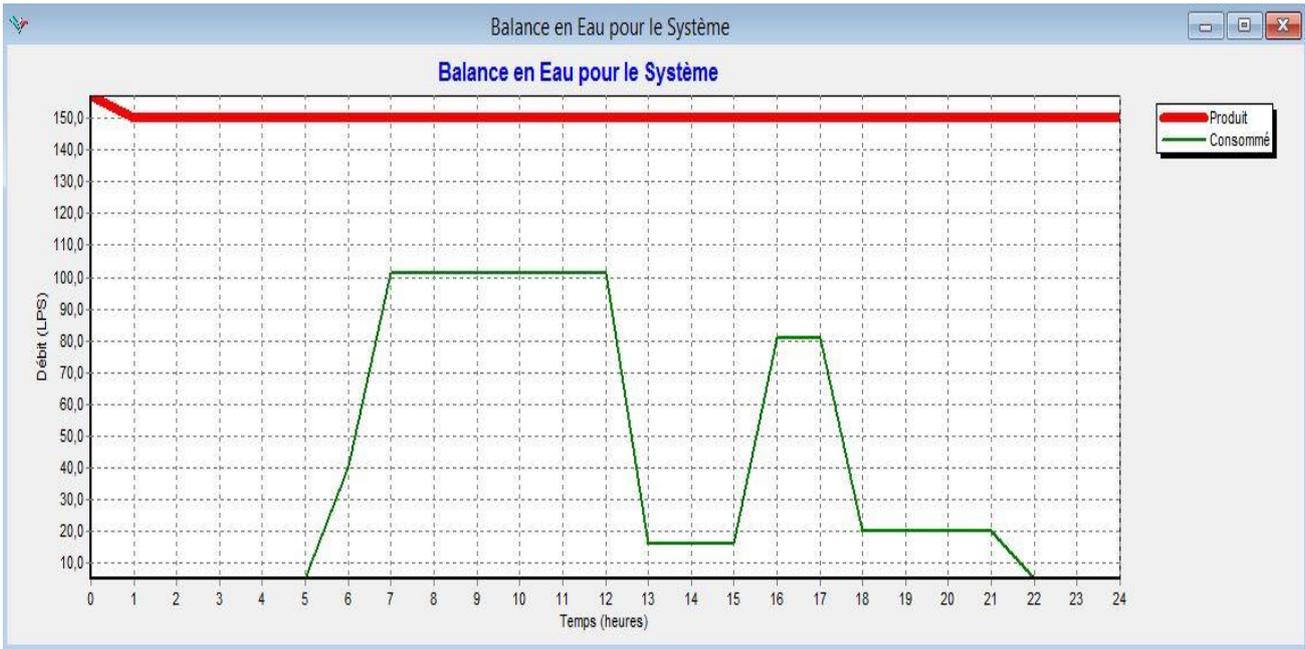


Figure IV.12 : Exemple de répartition globale des débits dans le réseau d'AEP.



Figure IV.13 : Exemple de répartition des débits pour un tronçons dans le réseau d'AEP.

Au niveau des capacités de stockage, la demande varie selon le mode de consommation, la figure IV.14 montre la variation du débit en fonction du temps pour le réservoir de M'dig.



Figure IV.14 : Variation du débit au niveau du réservoir de m'dig.

La figure IV.15 montre les pertes de charge calculées en fonction des débits au niveau de la canalisation ainsi que le diamètre du tronçon considéré.

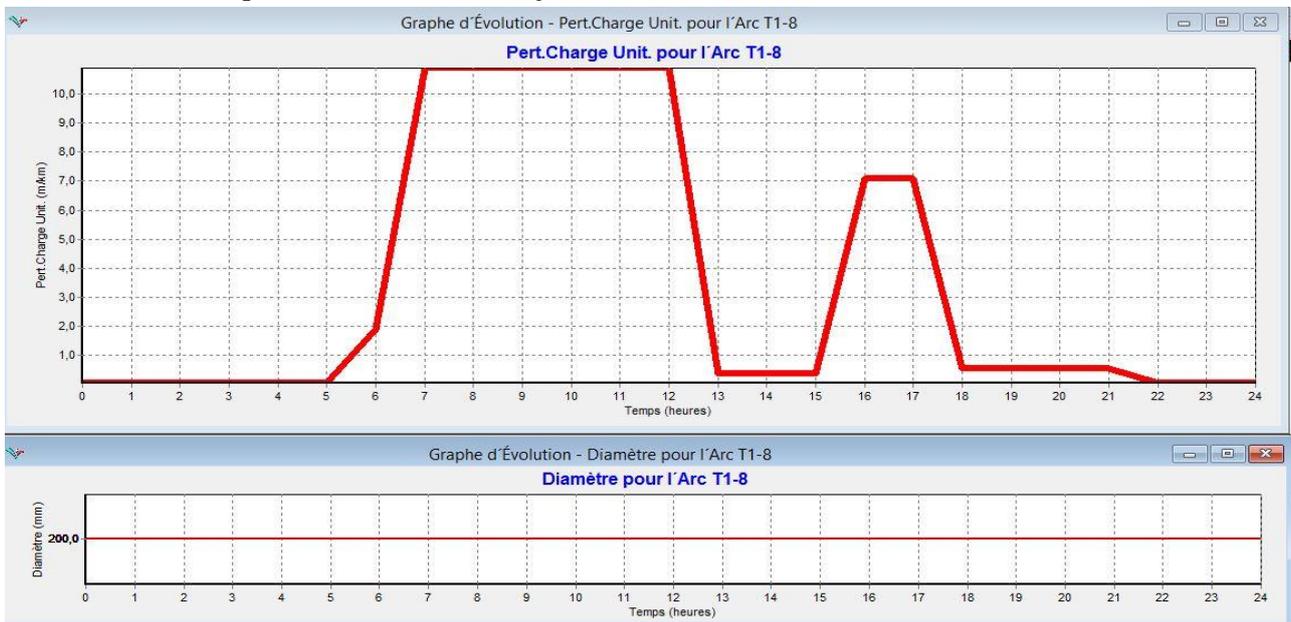


Figure IV.15 : Pertes de charge calculées pour un diamètre donné.

**b) Vitesse**

La vitesse de l'eau dans les conduites est de l'ordre de 0,5 à 1 m/s. Les vitesses supérieures à 1,5 m/s, de même que celles inférieures à 0,5 m/s sont à éviter (Dupont, 1979). Les faibles vitesses favorisent la formation des dépôts, difficiles à évacuer et celles supérieures à 1,5 m/s permettent d'envisager des augmentations de consommation (Valiron, 1994). La figure IV.16 illustre la répartition des vitesses dans le réseau d'AEP en heure de pointe.

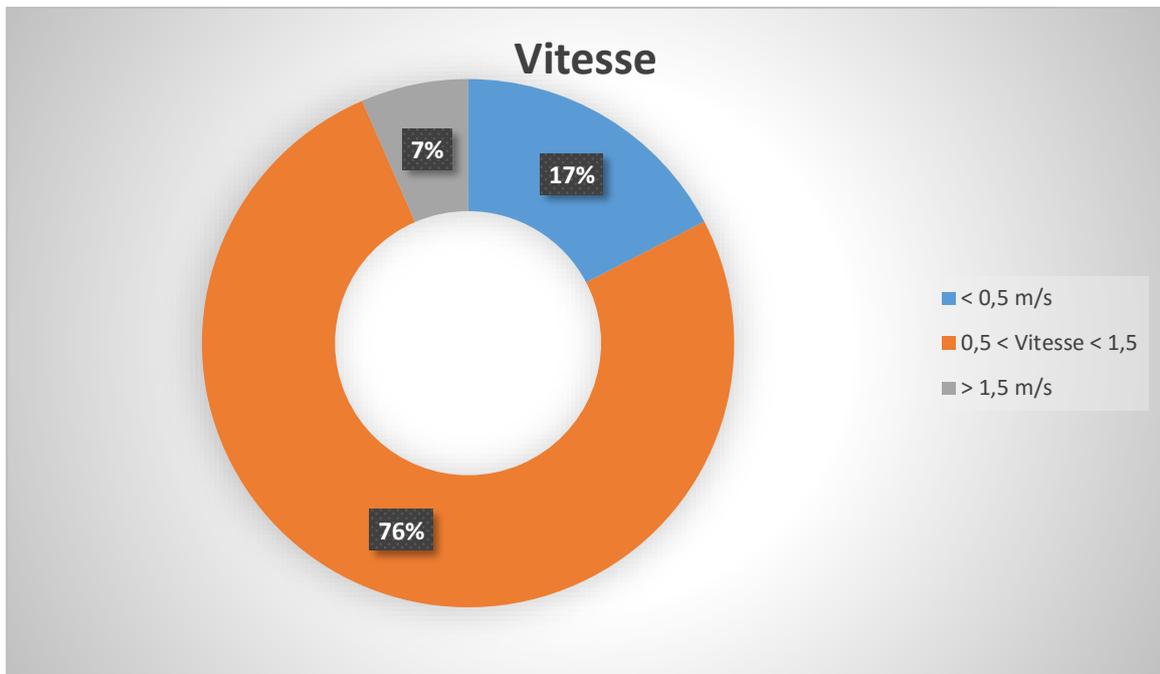


Figure IV.16 : Répartition des vitesses dans le réseau.

Selon l'analyse du réseau d'alimentation en eau potable selon le critère « vitesse en heure de pointe ». La figure IV.16 représente 17 % des canalisations, soit 8 tronçons de conduites risquent d'avoir des problèmes de dépôts suite aux faibles vitesses d'écoulement (vitesse < 0,5 m/s). 76 % des canalisations, soit 35 ont une vitesse comprise entre 0,5 et 1,5 m/s (dans les normes). 7 % des conduits, soit 3 conduits ont une vitesse dépassé 1.5 m/s.

La répartition des vitesses a été faite. La figure IV.17 présente les vitesses d'un tronçon du réseau et sa variation au cours de la journée.

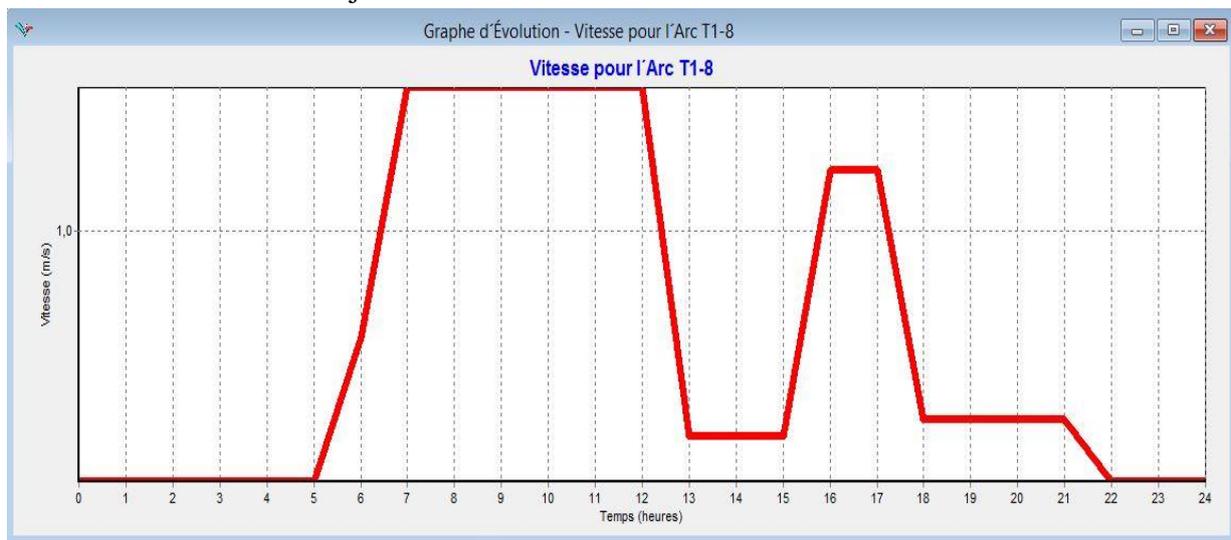


Figure IV.17 : Répartition de la vitesse pour le tronçon T8-1 (au cours de la journée).

**c) Pression**

En vue de la bonne tenue des canalisations, il y a lieu d'éviter des pressions supérieures à 40 m qui risquent d'apporter des désordres (fuites) et certains bruits désagréables dans les installations intérieures d'abonnés (Dupont, 1979), (Gomella, 1985), (Bonin, 1986). L'enveloppe des pressions au niveau du réseau est donnée dans la figure IV.18 pour différentes périodes de simulation.

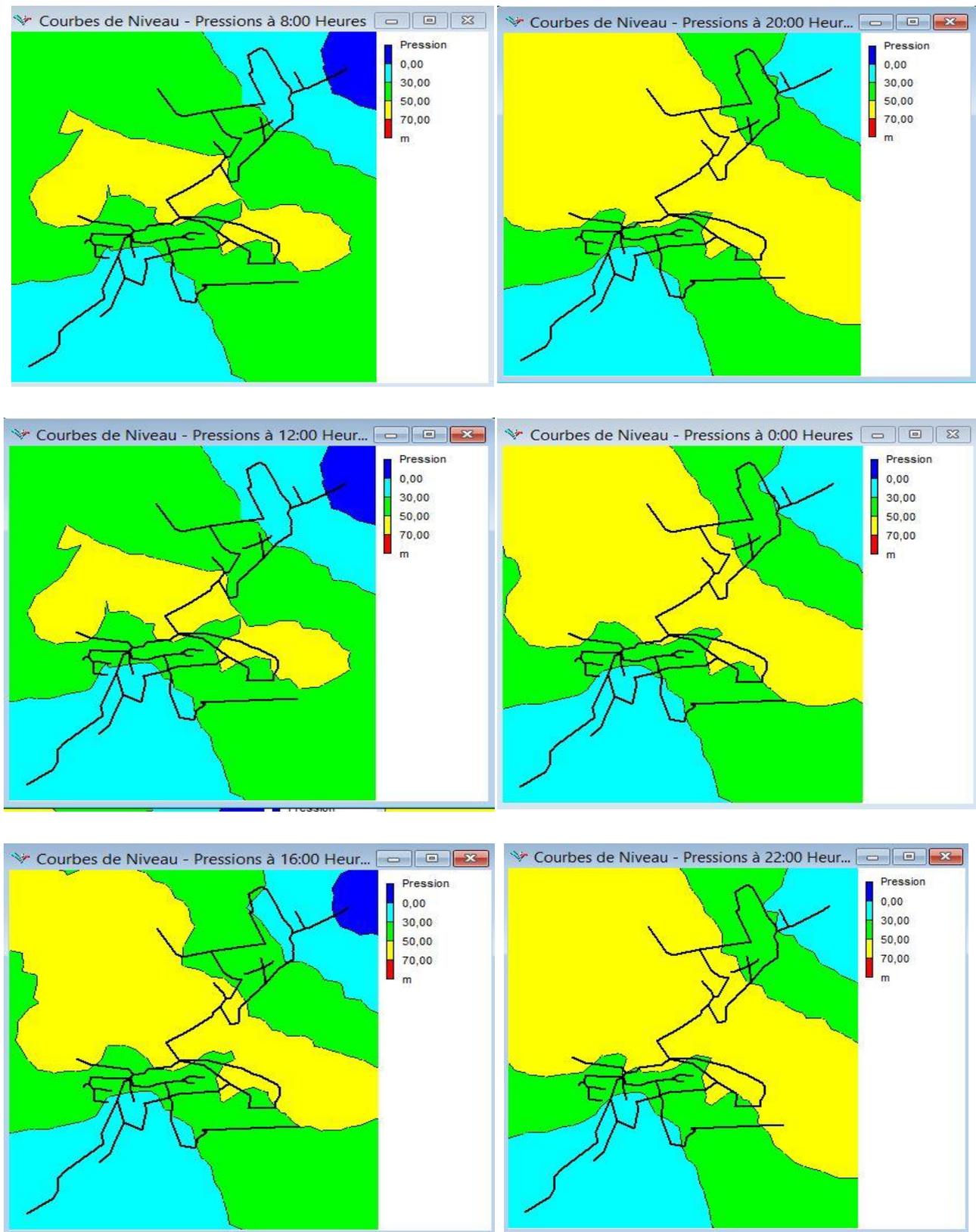


Figure IV.18 : Enveloppe des pressions au niveau du réseau d'AEP pour différentes périodes de simulation.

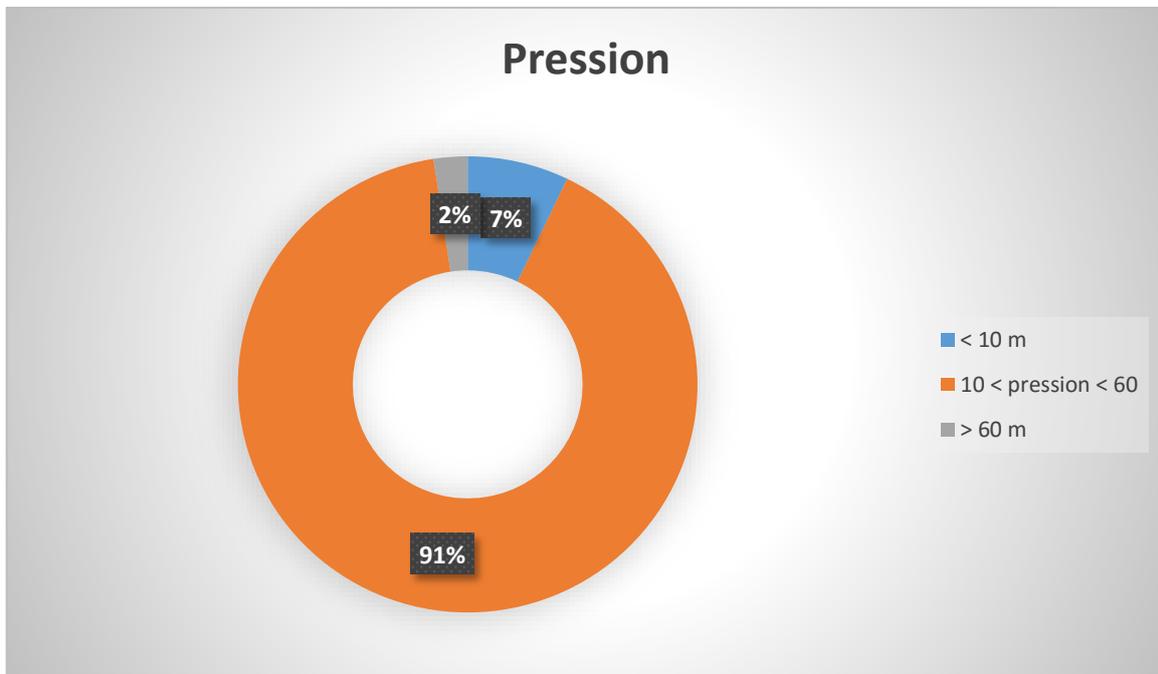


Figure IV.19 : Répartition des pressions dans le réseau.

La figure IV.19 représente 2 % des nœuds du réseau d'alimentation en eau potable de la localité de M'dig et Sidi Aissa, soit 1 nœud qui à une pression dépasse 60 m, Dans 7 % des nœuds soit 3 nœuds représente une pression inférieure à 10 m, ce qui est à l'origine de la desserte limitée des abonnés. A cela s'ajoute des problèmes d'hygiène et de santé résultant du mode de fonctionnement et du stockage au niveau des ménages. Quant au 91 % restante soit, 38 nœuds, les pressions sont comprises entre 10 et 60 m d'eau (dans les normes de distribution).

#### IV.6.2. Scénario 02 : alimentation des deux localités à partir du réservoir de Sidi Aissa

Les paramètres pris pour l'analyse du fonctionnement du réseau sont : les débits, les vitesses et les pressions. Les résultats sont synthétisés dans les sections suivantes.

##### a) Débit

Les conduites devront pouvoir transiter les plus forts débits instantanés en tenant compte du débit de pointe, Les figures VI.20 et VI.21 représentent respectivement la variation globale du débit des dans le réseau d'AEP ainsi qu'un exemple pour un tronçon du réseau.

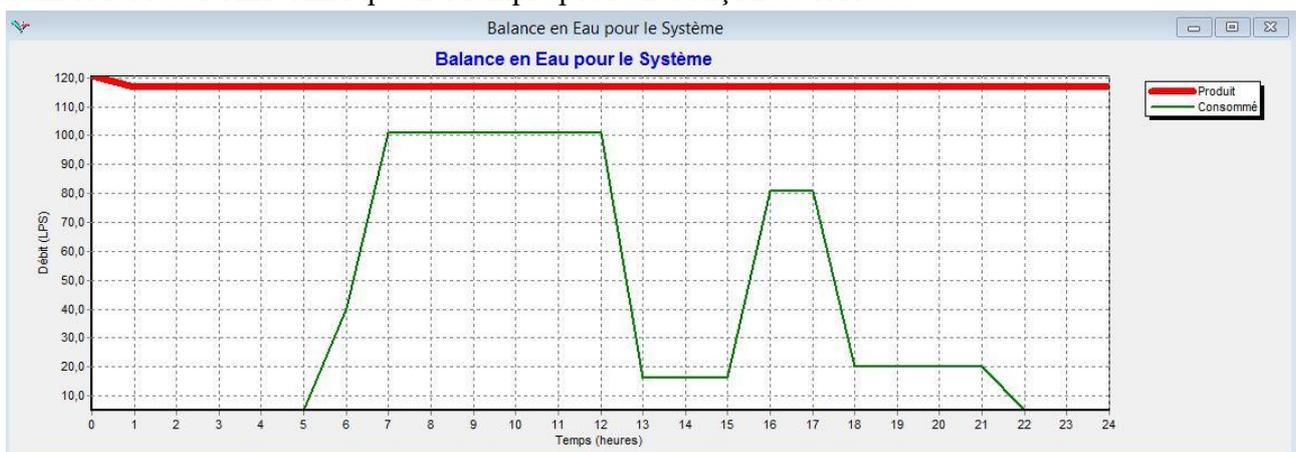


Figure IV.20 : Exemple de répartition globale des débits dans le réseau d'AEP.

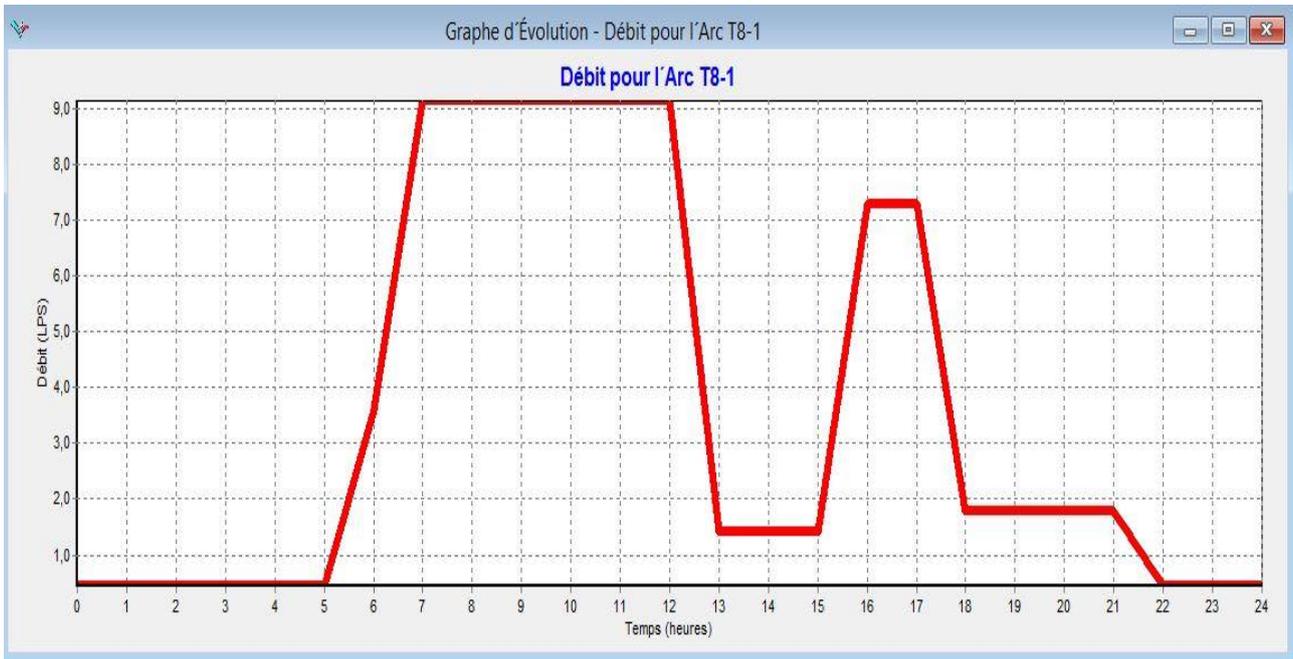


Figure IV.21 : Exemple de répartition des débits pour un tronçons dans le réseau d'AEP.

Au niveau des capacités de stockage, la demande varie selon le mode de consommation, la figure VI.22 montre la variation du débit en fonction du temps pour le réservoir de Sidi Aissa.

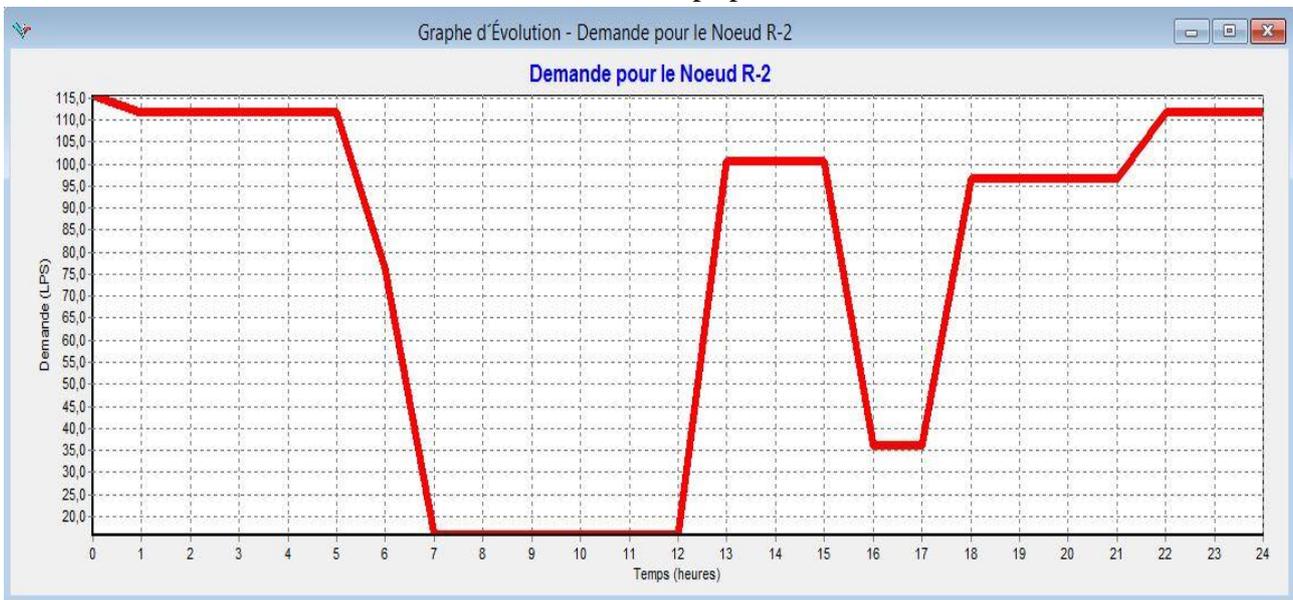


Figure IV.22 : Variation du débit au niveau du réservoir de Sidi Aissa.

La figure VI.23 montre les pertes de charge calculées en fonction des débits au niveau de la canalisation ainsi que le diamètre du tronçon considéré.

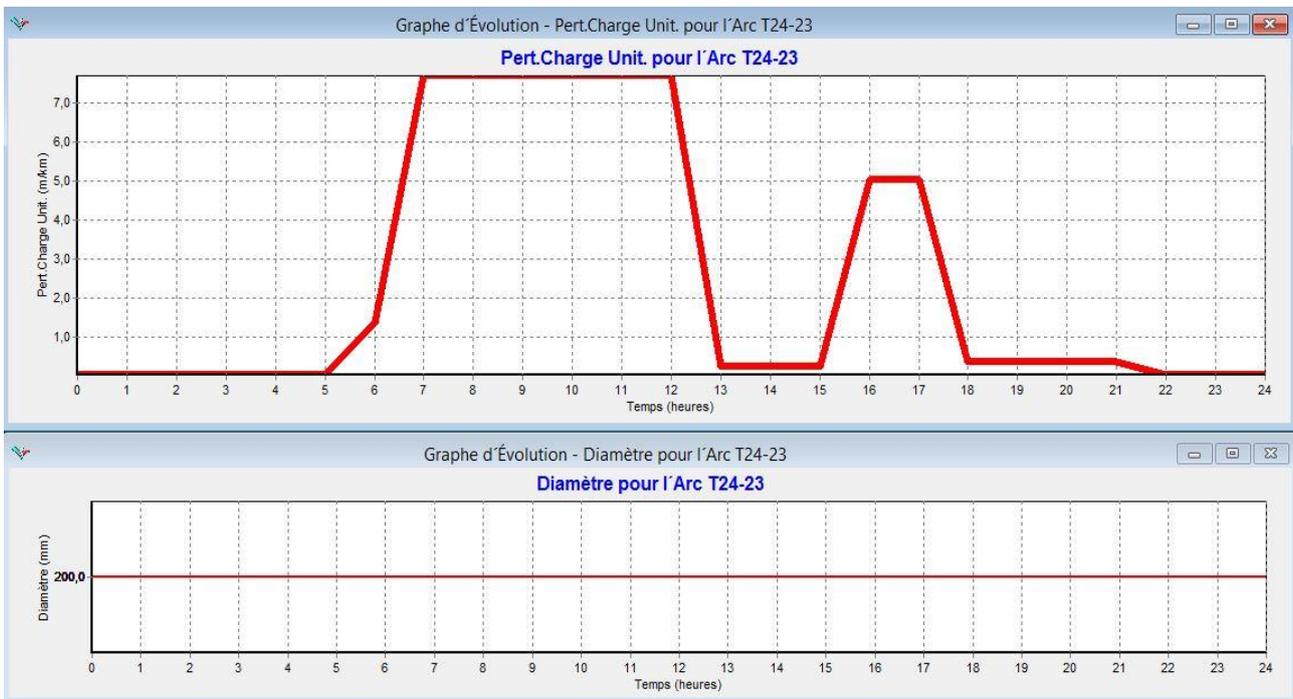


Figure IV.23 : Pertes de charge calculées pour un diamètre donné.

**b) Vitesse**

La vitesse de l'eau dans les conduites est de l'ordre de 0,5 à 1 m/s. Les vitesses supérieures à 1,5 m/s, de même que celles inférieures à 0,5 m/s sont à éviter. Les faibles vitesses favorisent la formation des dépôts, difficiles à évacuer et celles supérieures à 1,5 m/s permettent d'envisager des augmentations de consommation sans que l'utilisateur n'en souffre trop (Valiron, 1994). La figure VI.24 illustre la répartition des vitesses dans le réseau d'AEP en heure de pointe.

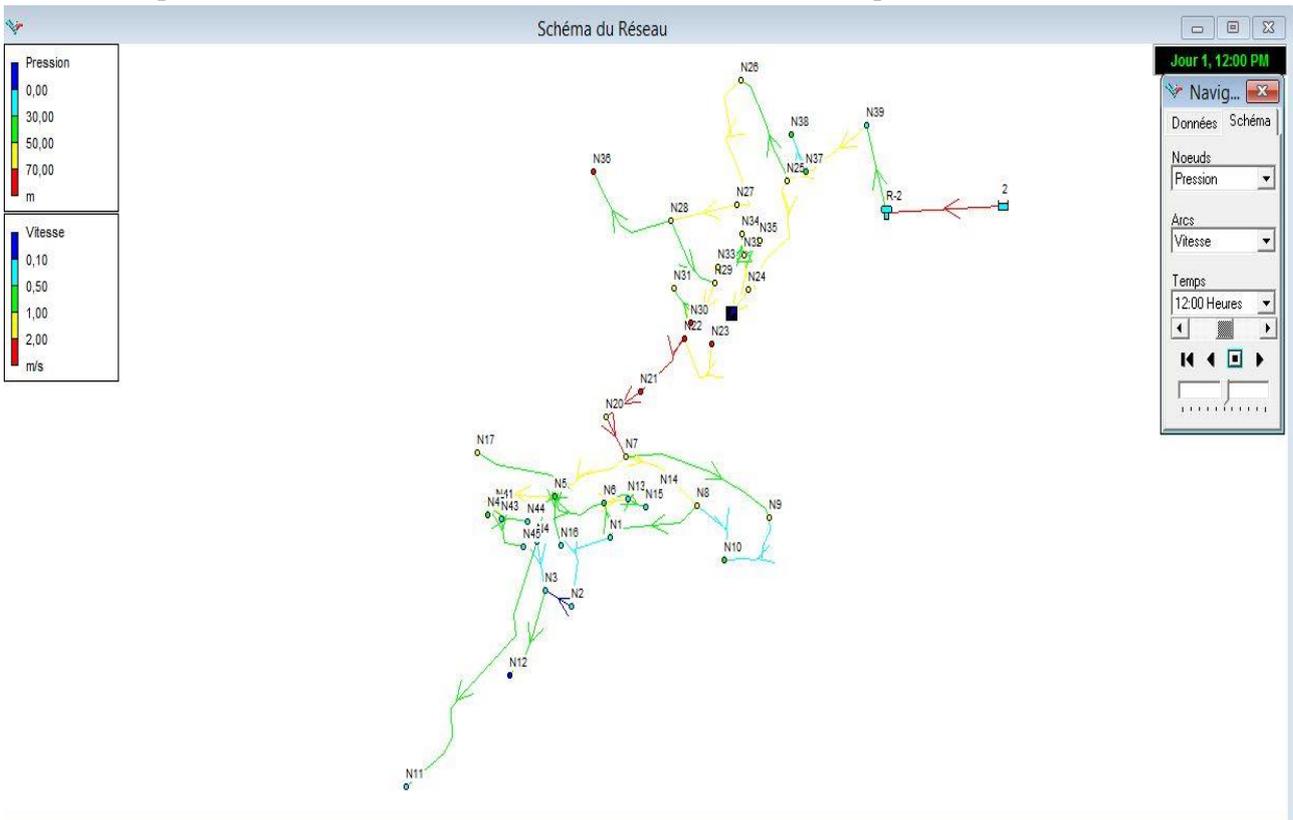


Figure IV.24 : Répartition des vitesses en heure de pointe.

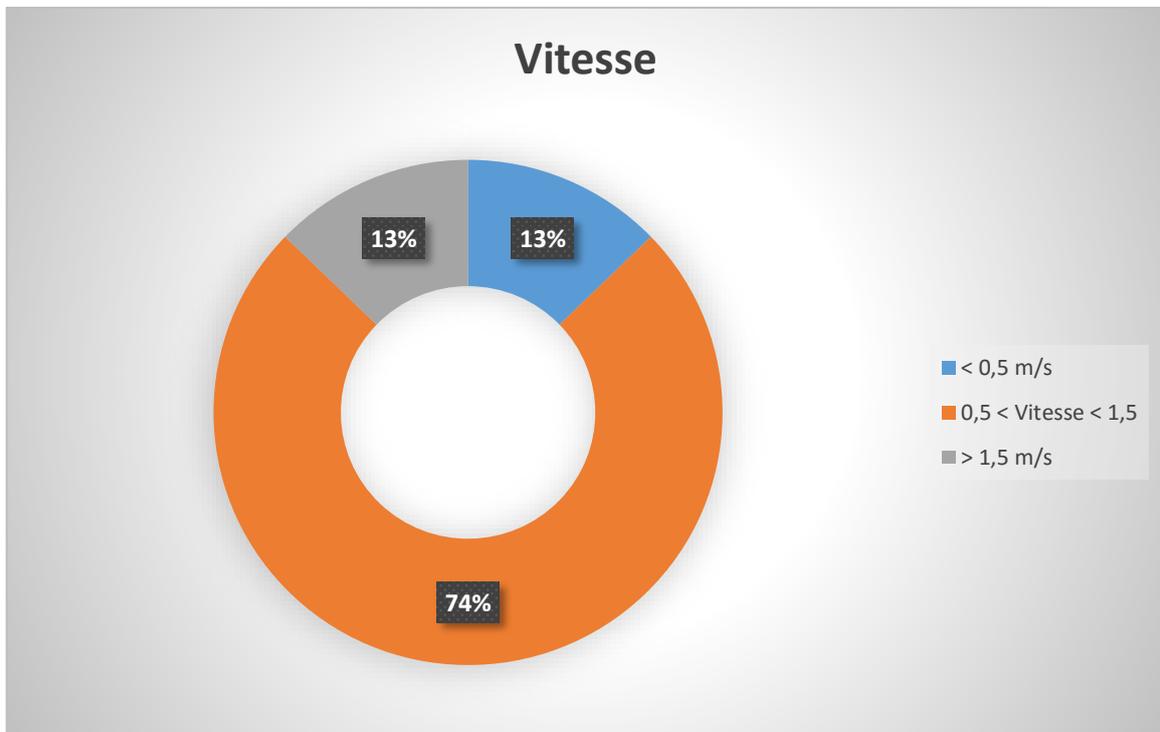


Figure IV.25 : Répartition des vitesses dans le réseau.

Selon l'analyse du réseau d'alimentation en eau potable selon le critère « vitesse en heure de pointe ». La figure IV.25 représente 13 % des canalisations, soit 6 tronçons de conduites risquent d'avoir des problèmes de dépôts suite aux faibles vitesses d'écoulement (vitesse < 0,5 m/s). 74 % des canalisations, soit 35 ont une vitesse comprise entre 0,5 et 1,5 m/s (dans les normes). 13 % des conduits, soit 6 conduits ont une vitesse dépassé 1.5 m/s,

La répartition des vitesses a été faite. La figure VI.26 présente les vitesses d'un tronçon du réseau et sa variation au cours de la journée.

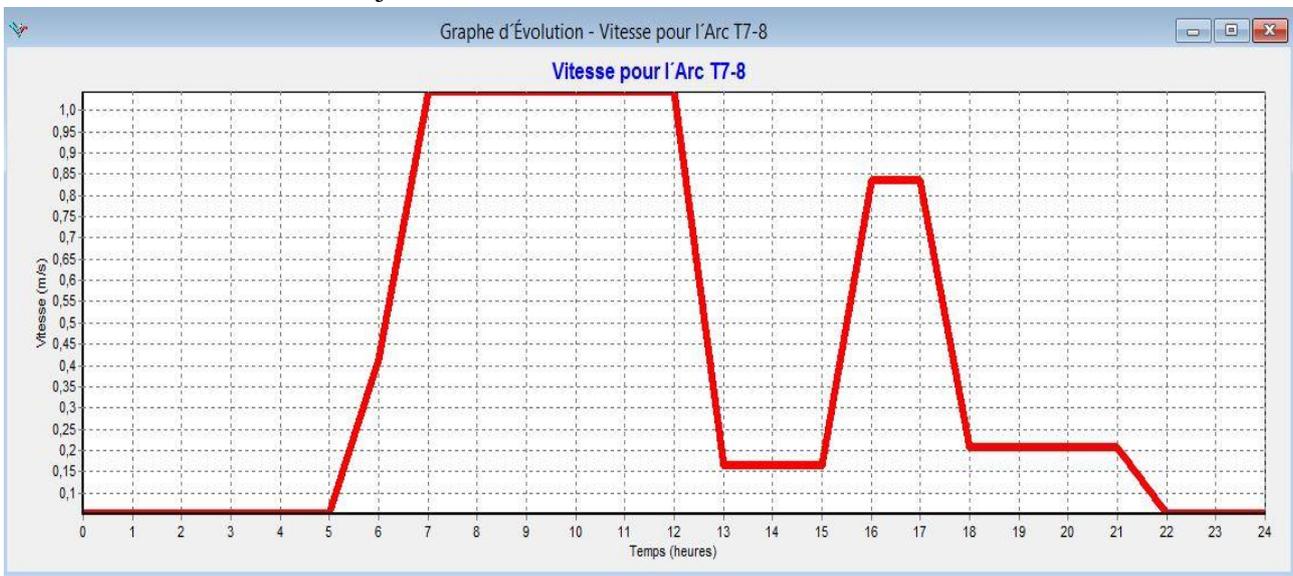
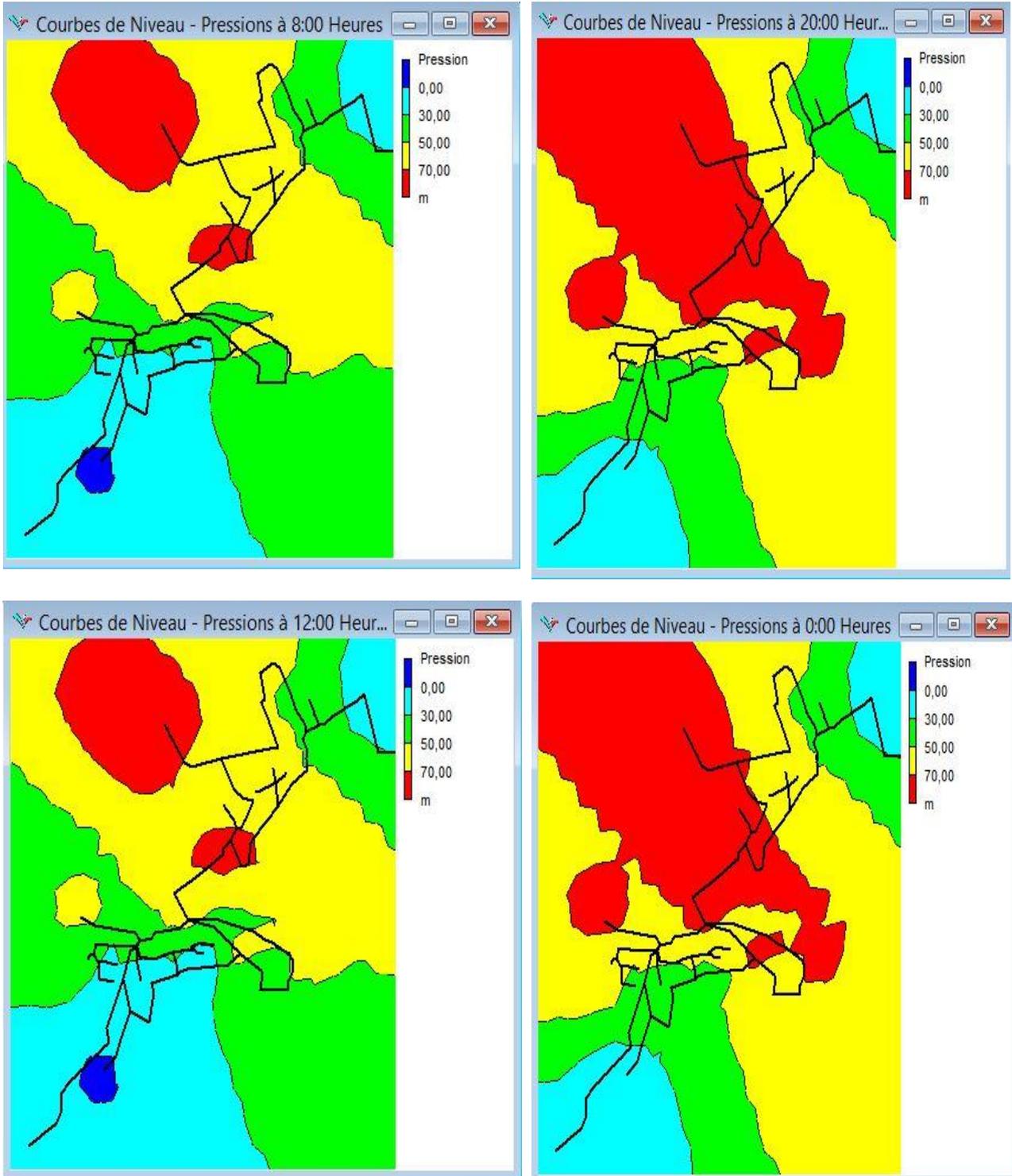


Figure IV.26 : Répartition de la vitesse pour le tronçon T1-2 (au cours de la journée).

c) **Pression**

En vue de la bonne tenue des canalisations, il y a lieu d'éviter en ville des pressions supérieures à 40 m qui risquent d'apporter des désordres (fuites) et certains bruits désagréables dans les installations intérieures d'abonnés (Dupont, 1979), (Gomella, 1985), (Bonin, 1986). L'enveloppe des pressions au niveau du réseau est donnée dans la figure VI.27 pour différentes périodes de simulation.



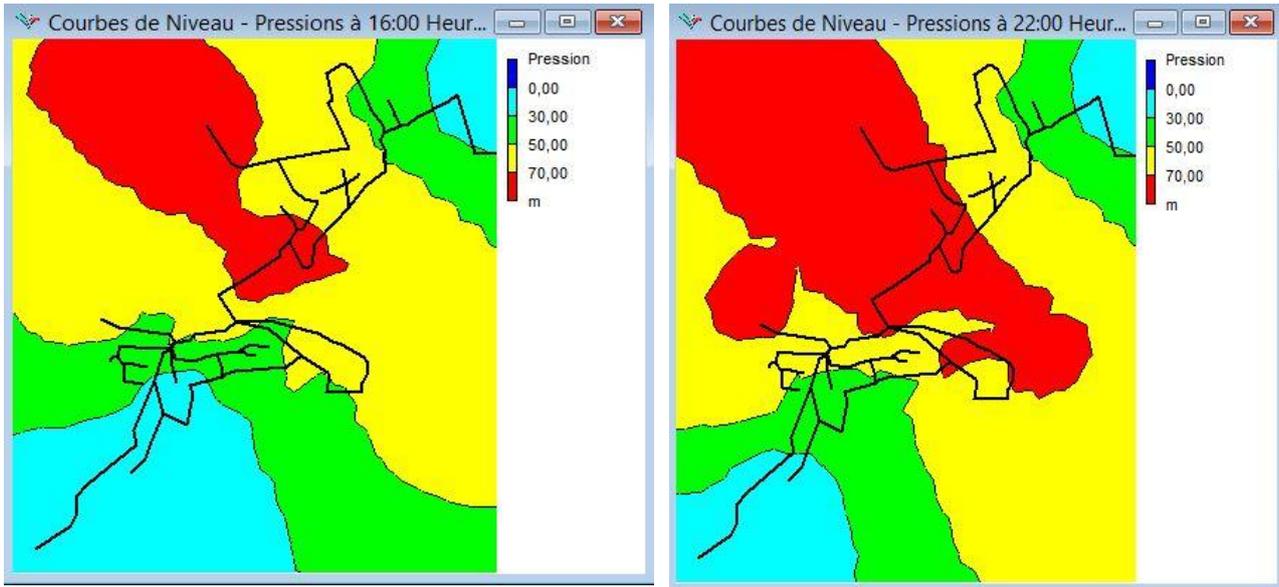


Figure IV.27 : Enveloppe de pression en différentes périodes de simulation.

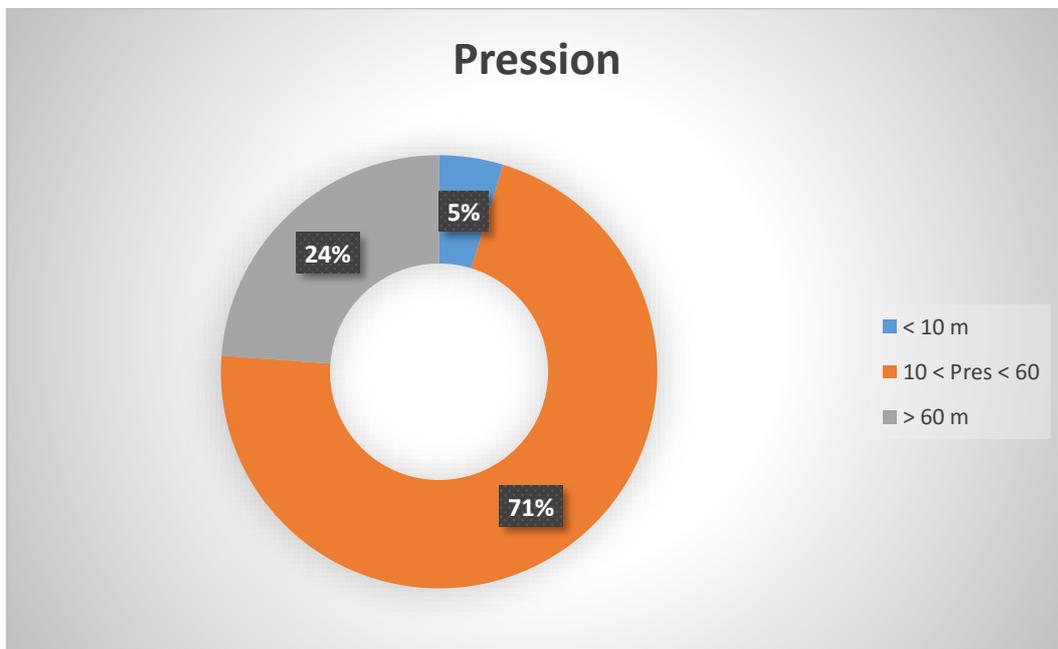


Figure IV.28 : Répartition des pressions dans le réseau.

La figure IV.28 représente 24 % des nœuds du réseau d'alimentation en eau potable de la localité de M'dig et Sidi Aissa, soit 10 nœuds qui à une pression dépasse 60 m, Dans 5 % des nœuds soit 2 nœuds représente une pression inférieure à 10 m, ce qui est à l'origine de la desserte limitée des abonnés. A cela s'ajoute des problèmes d'hygiène et de santé résultant du mode de fonctionnement et du stockage au niveau des ménages. Quant au 71 % restante soit, 30 nœuds, les pressions sont comprises entre 10 et 60 m d'eau (dans les normes de distribution).

**IV.6.3. Scénario 03 : alimentation de chaque localité à partir de son propre réservoir.**

Les paramètres pris pour l'analyse du fonctionnement du réseau sont : les débits, les vitesses et les pressions. Les résultats sont synthétisés dans les sections suivantes.

**a) Débits**

Les conduites devront pouvoir transiter les plus forts débits instantanés en tenant compte du débit de pointe.

Les figures VI.29 et VI.30 représentent respectivement la variation globale du débit des dans le réseau d'AEP ainsi qu'un exemple pour un tronçon du réseau.

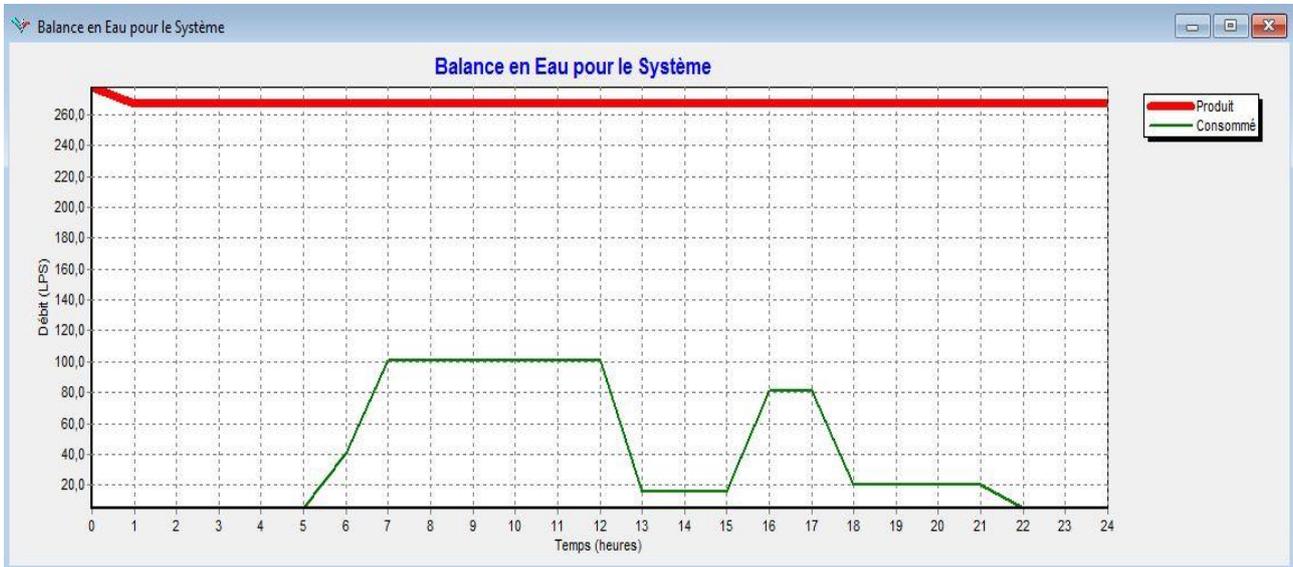


Figure IV.29 : Exemple de répartition globale des débits dans le réseau d'AEP.

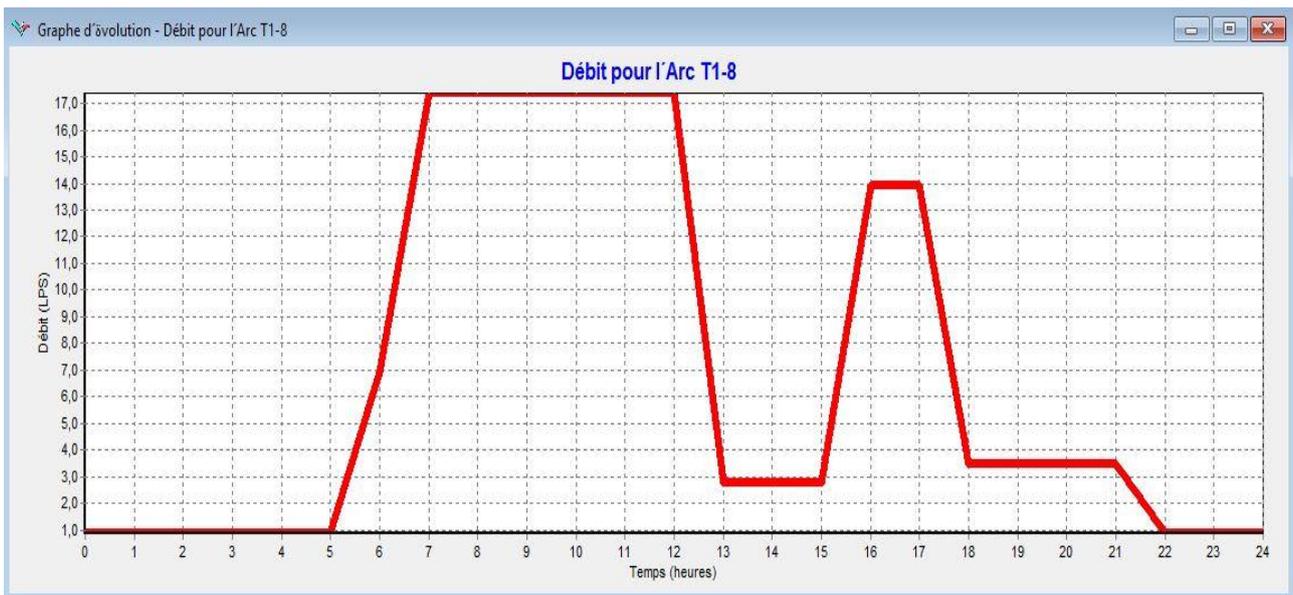


Figure IV.30 : Exemple de répartition des débits pour un tronçons T8-1 dans le réseau d'AEP localité M'dig.



Figure IV.31 : Exemple de répartition des débits pour un tronçons T24-25 dans le réseau d'AEP localité Sidi Aissa.

Au niveau des capacités de stockage, la demande varie selon le mode de consommation, les figures IV.32 et IV.33 montrent respectivement la variation du débit en fonction du temps pour le réservoir de M'dig et Sidi Aissa.

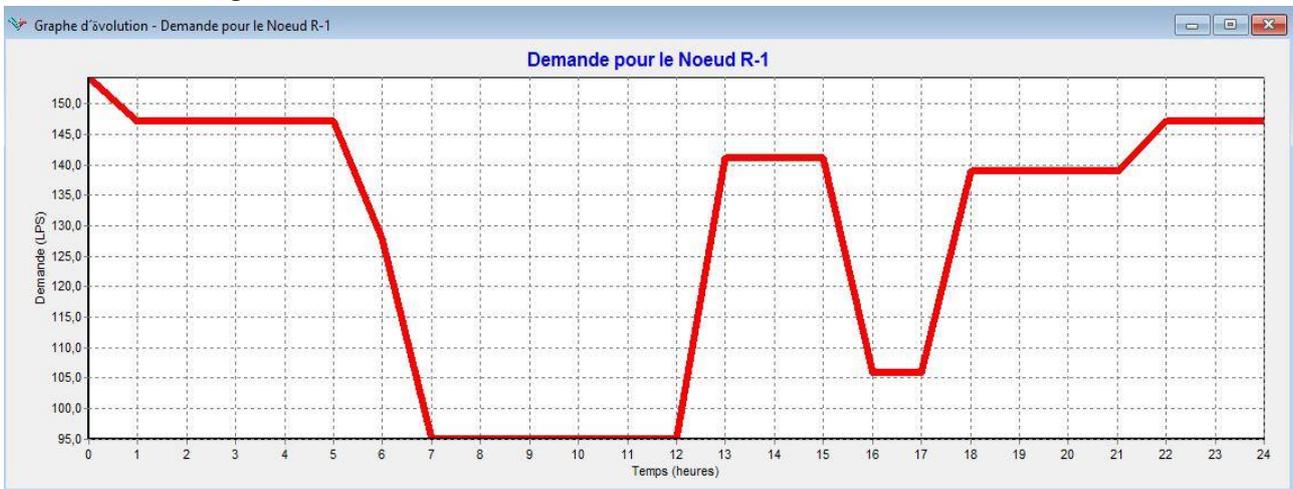


Figure IV.32 : Variation du débit au niveau du réservoir de M'dig.



Figure IV.33 : Variation du débit au niveau du réservoir de Sidi Aissa.

Les figures IV.34 et IV.35 montrent les pertes de charge calculées en fonction des débits au niveau des canalisations ainsi que le diamètre du tronçon considéré pour les deux localités M'dig et Sidi Aissa respectivement.

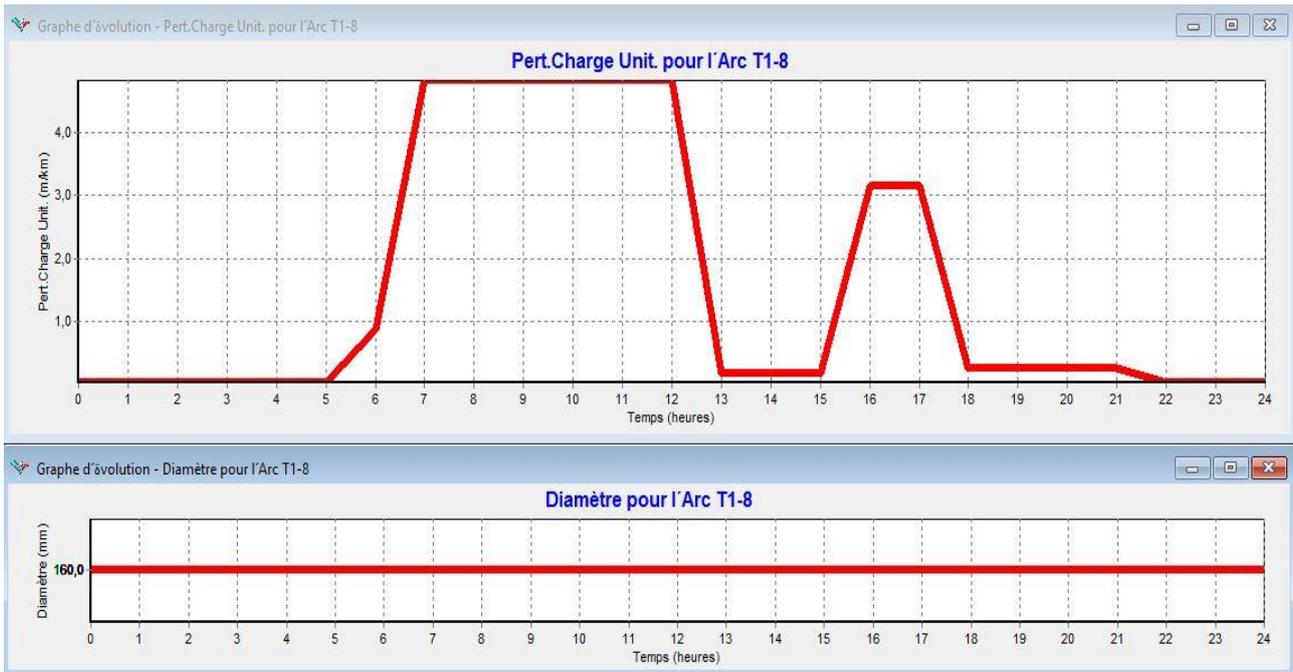


Figure IV.34 : Pertes de charge calculées pour un diamètre donné (localité M'dig).

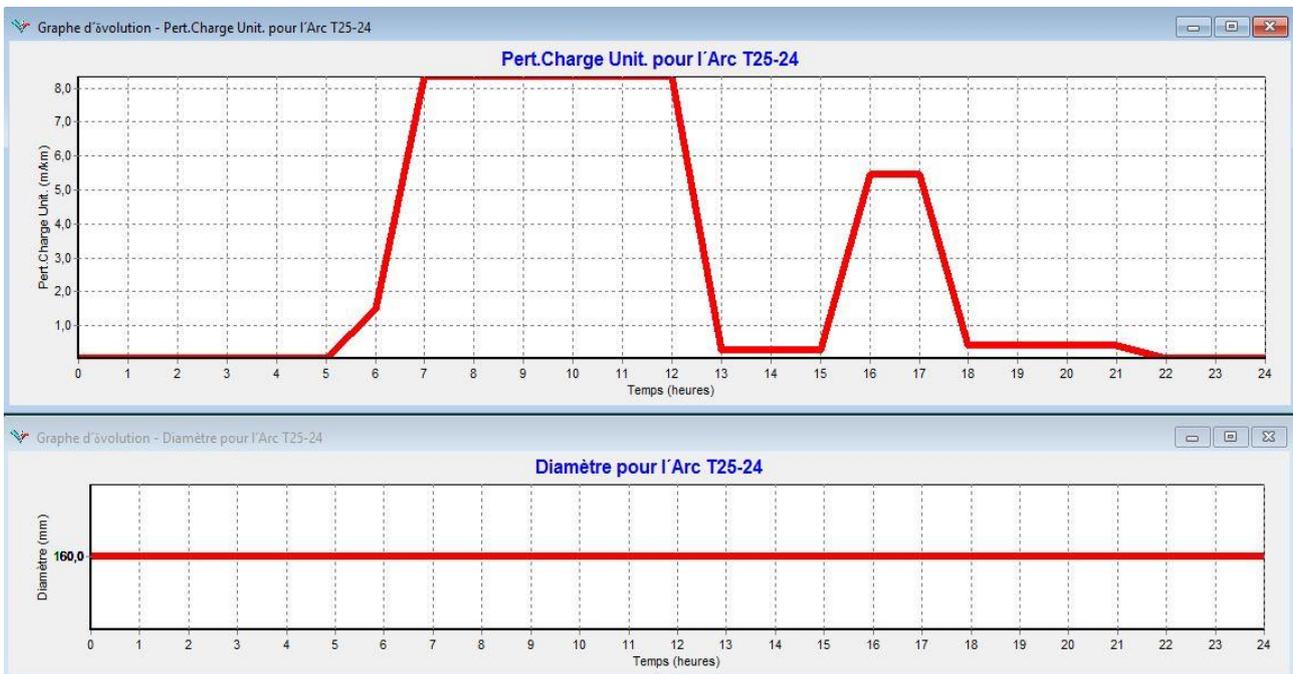


Figure IV.35 : Pertes de charge calculées pour un diamètre donné (localité Sidi Aissa).

**b) Vitesse**

La vitesse de l'eau dans les conduites est de l'ordre de 0,5 à 1 m/s. Les vitesses supérieures à 1,5 m/s, de même que celles inférieures à 0,5 m/s sont à éviter (Dupont, 1979). Les faibles vitesses favorisent la formation des dépôts, difficiles à évacuer et celles supérieures à 1,5 m/s permettent d'envisager des augmentations de consommation sans que l'utilisateur n'en souffre trop (Valiron, 1994). La figure IV.36 illustre la répartition des vitesses dans le réseau d'AEP en heure de pointe.

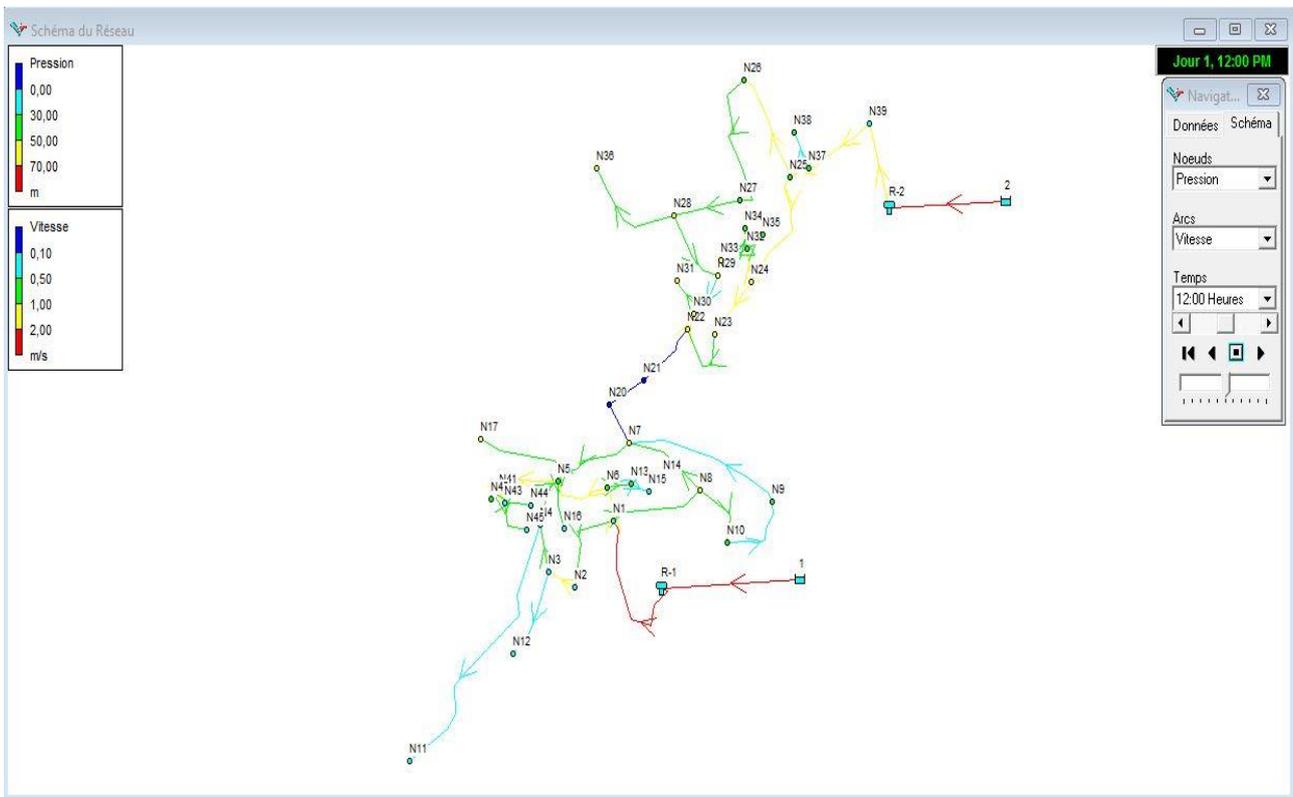


Figure IV.36 : Répartition des vitesses en heure de pointe.

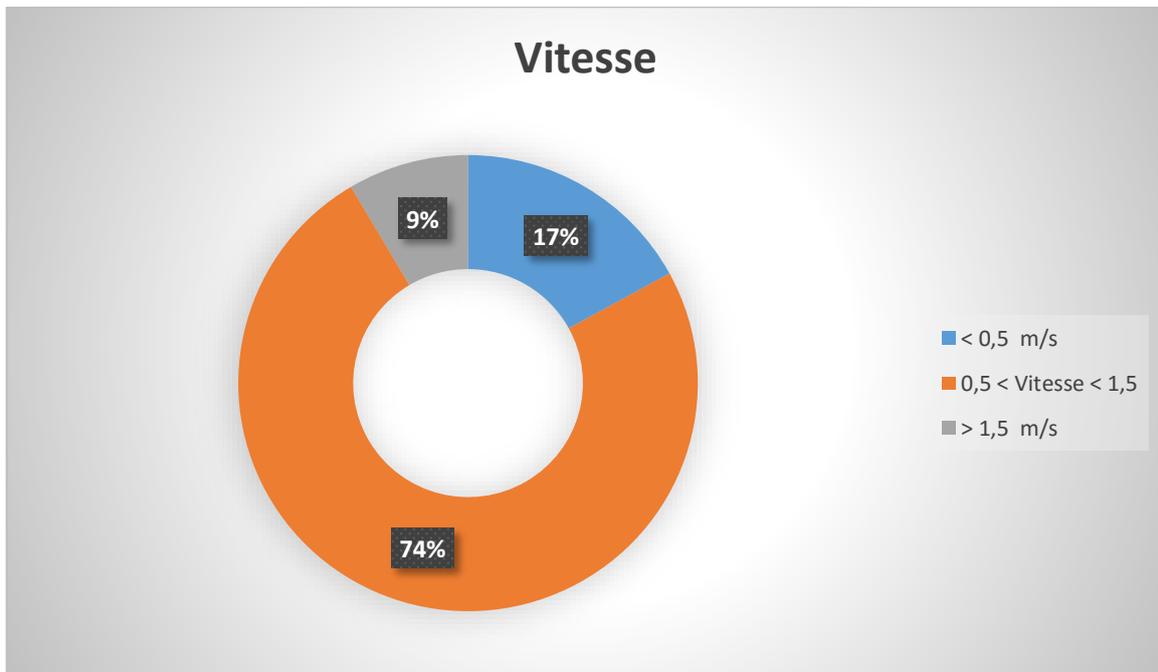


Figure IV.37 : Répartition des vitesses dans le réseau.

Selon l'analyse du réseau d'alimentation en eau potable selon le critère « vitesse en heure de pointe ». La figure IV.37 représente 17 % des canalisations, soit 8 tronçons de conduites risquent d'avoir des problèmes de dépôts suite aux faibles vitesses d'écoulement (vitesse < 0,5 m/s). 74 % des canalisations, soit 35 ont une vitesse comprise entre 0,5 et 1,5 m/s (dans les normes). 9 % des conduites, soient 4 conduits ont une vitesse qui dépasse 1.5 m/s,

La répartition des vitesses a été faite. La figure IV.38 présente les vitesses d'un tronçon du réseau et sa variation au cours de la journée.

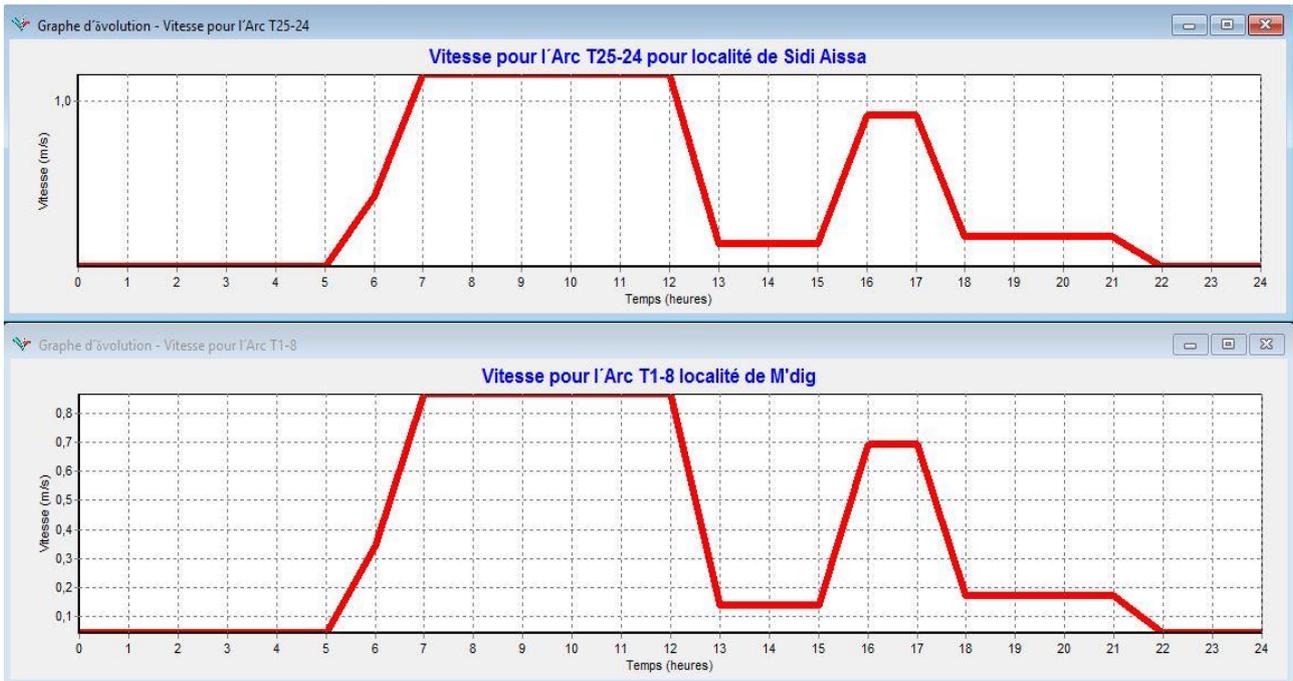
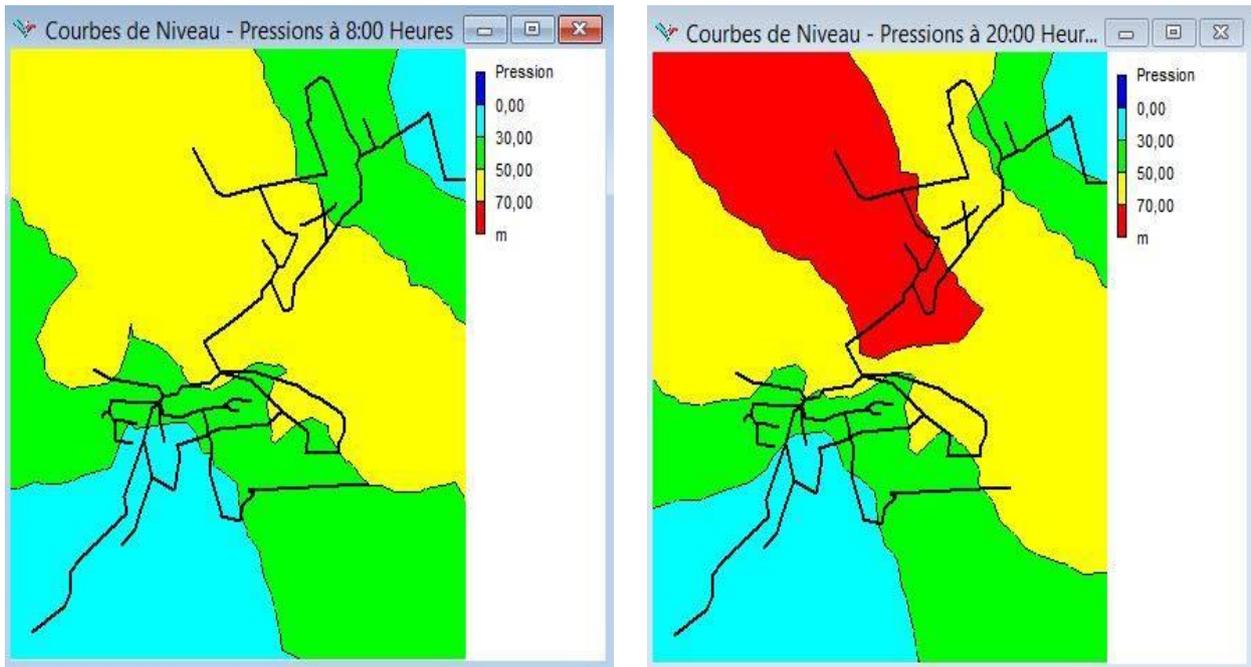


Figure IV.38 : Répartition de la vitesse pour deux tronçon (au cours de la journée).

**c) Pression**

En vue de la bonne tenue des canalisations, il y a lieu d'éviter en ville des pressions supérieures à 40 m qui risquent d'apporter des désordres (fuites) et certains bruits désagréables dans les installations intérieures d'abonnés (Dupont, 1979), (Gomella, 1985), (Bonin, 1986). L'enveloppe des pressions au niveau du réseau est donnée dans la figure IV.39 pour différentes périodes de simulation.



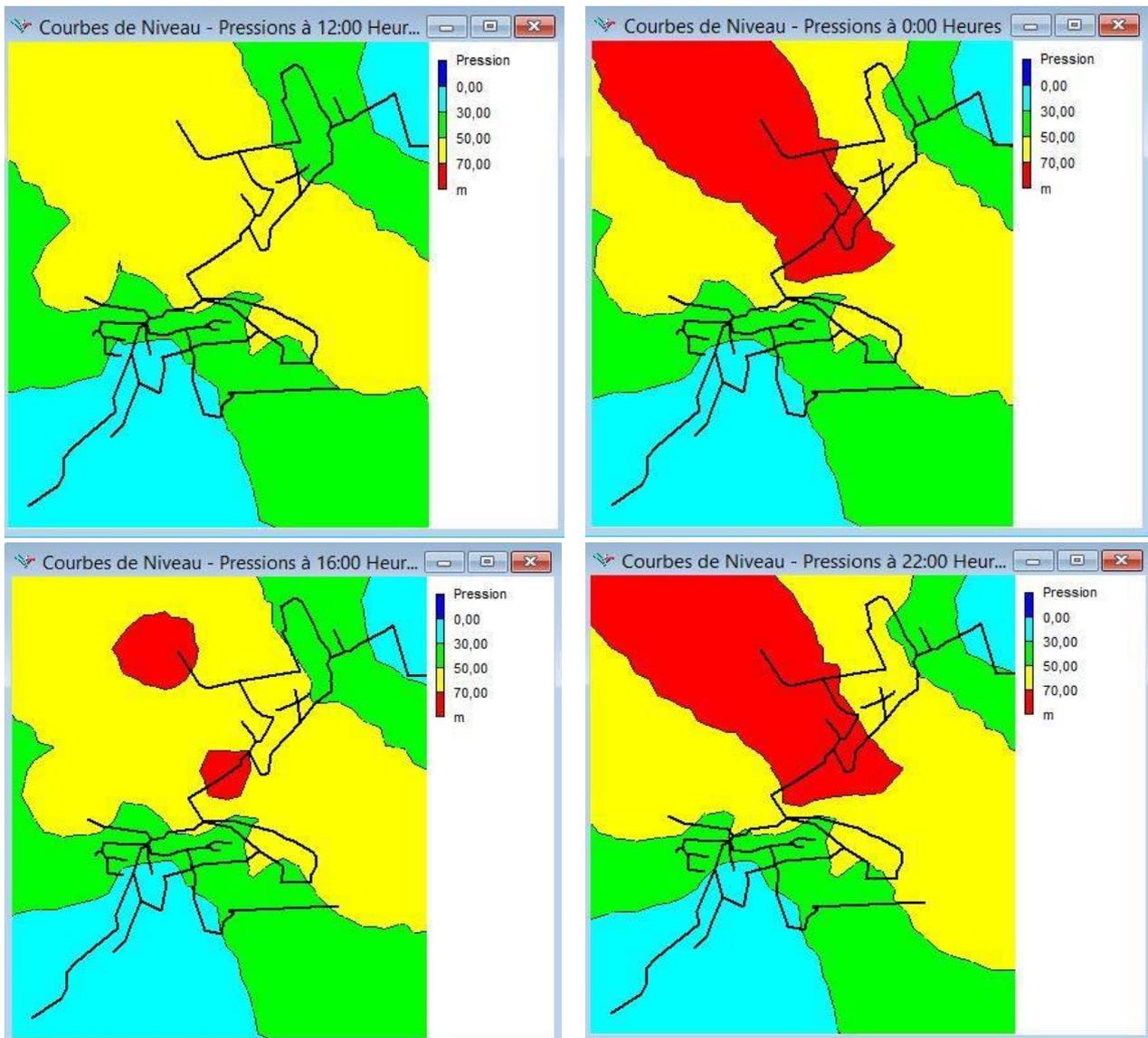


Figure IV.39 : Enveloppe de pression en différent période de simulation

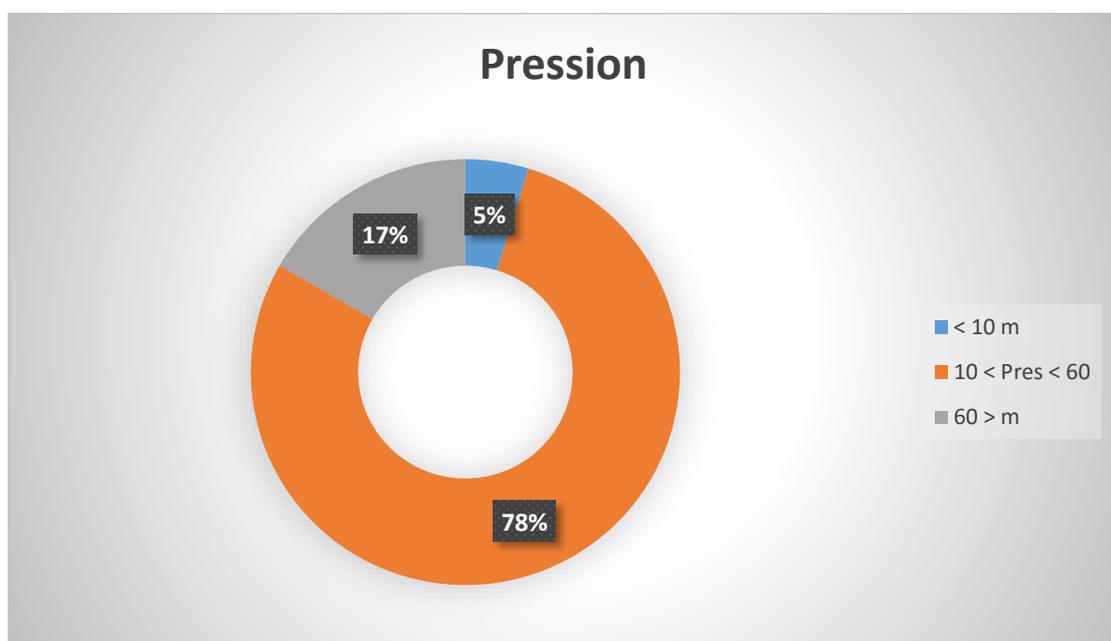


Figure IV.40 : Répartition des pressions dans le réseau.

La figure IV.40 représente 17 % des nœuds du réseau d'alimentation en eau potable de la localité de M'dig et Sidi Aissa, soit 7 nœuds qui à une pression qui dépasse 60 m. Dans 5 % des nœuds, soient 2 nœuds, la pression est inférieure à 10 m, ce qui est à l'origine de la desserte limitée des abonnés. A cela s'ajoute des problèmes d'hygiène et de santé résultant du mode de fonctionnement et du stockage au niveau des ménages. Quant au 78 % restante soit, 33 nœuds, les pressions sont comprises entre 10 et 60 m d'eau (dans les normes de distribution).

#### IV.7. Passage Epanet - Porteau

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 (IRSTEA, 2015).

Cette étape consiste à faire le passage du Epanet vers Porteau afin d'effectuer la simulation hydraulique à partir de données Epanet au sein du Porteau. Un géo-traitement permet de générer un fichier « .inp » pouvant être traité par Porteau

Dans le menu principale sélectionné fichier « exporter réseau » et dans la boîte de dialogue exportation réseau enregistrer le fichier « .inp » la figure IV.41 suivant montre l'exportation du réseau.

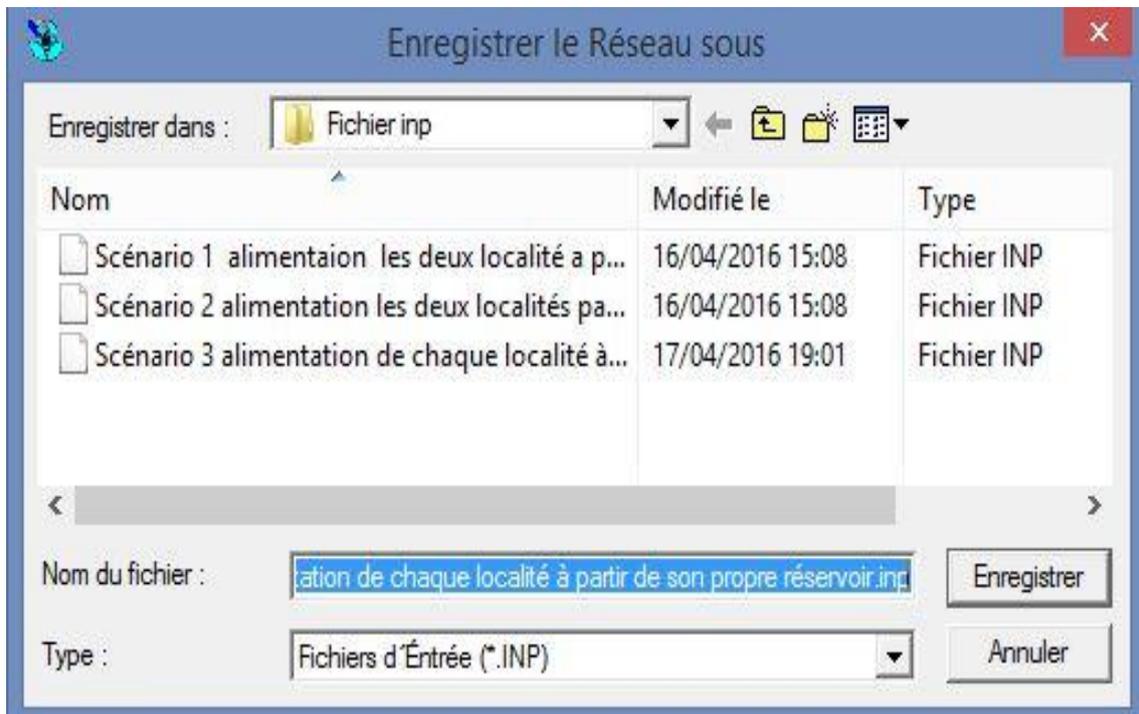


Figure IV.41 : L'exportation du réseau en format « .inp »

La figure IV.42 montre l'importation du réseau à l'aide du Porteau

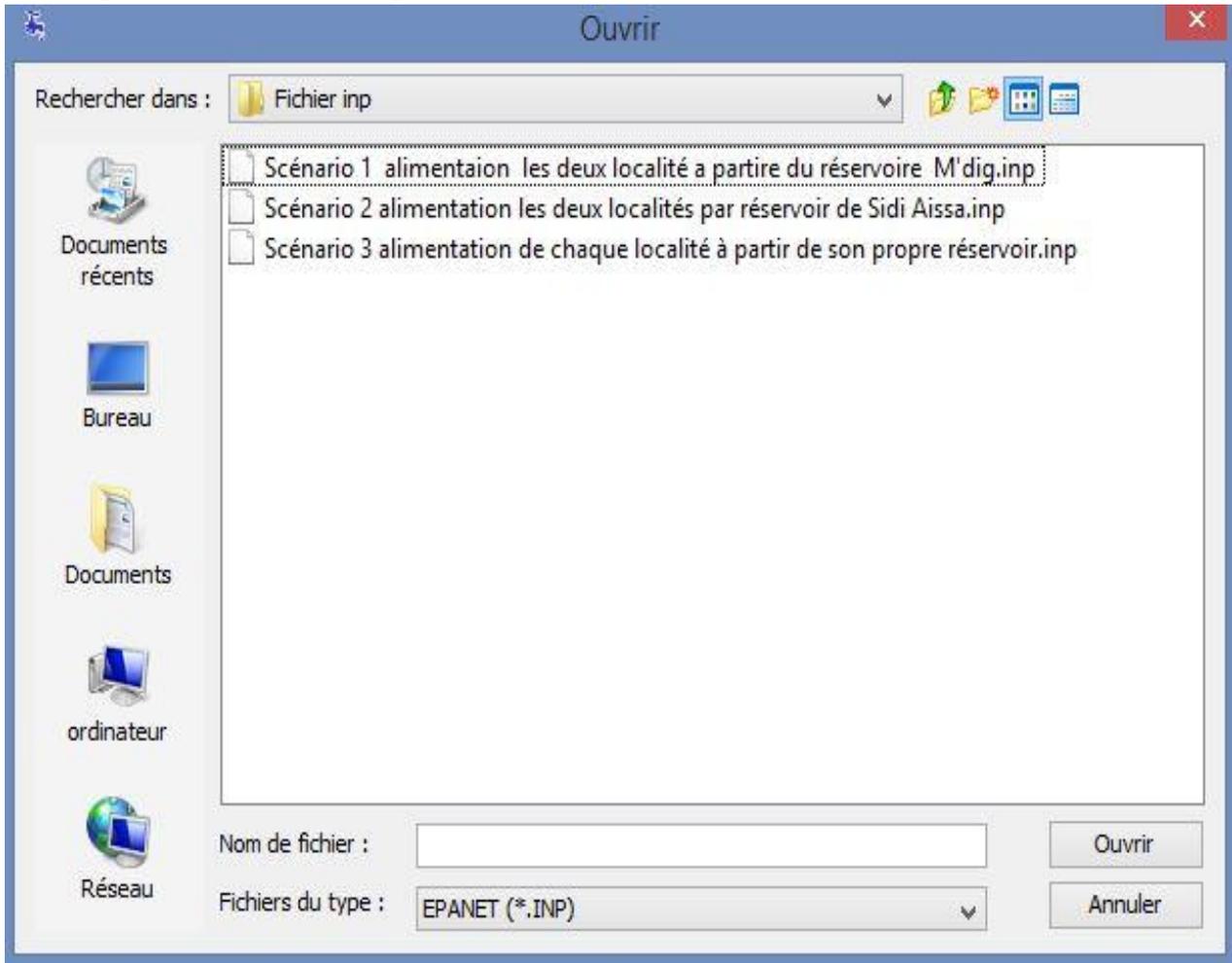


Figure IV.42 : Importation du réseau en format « .inp »

## IV.8. Simulation du fonctionnement du réseau d'AEP sous Porteau

Après l'importation du réseau sous Porteau le passage suivant montre les résultats de simulation 'Opointe' et 'Zomayet' pour les trois scénarios.

### IV.8.1. Scénario 1 : alimentation des deux localités à partir du réservoir de m'dig

Les figures IV.43 et IV.44 montre respectivement les résultats de simulation 'opointe' et 'zomayet'.

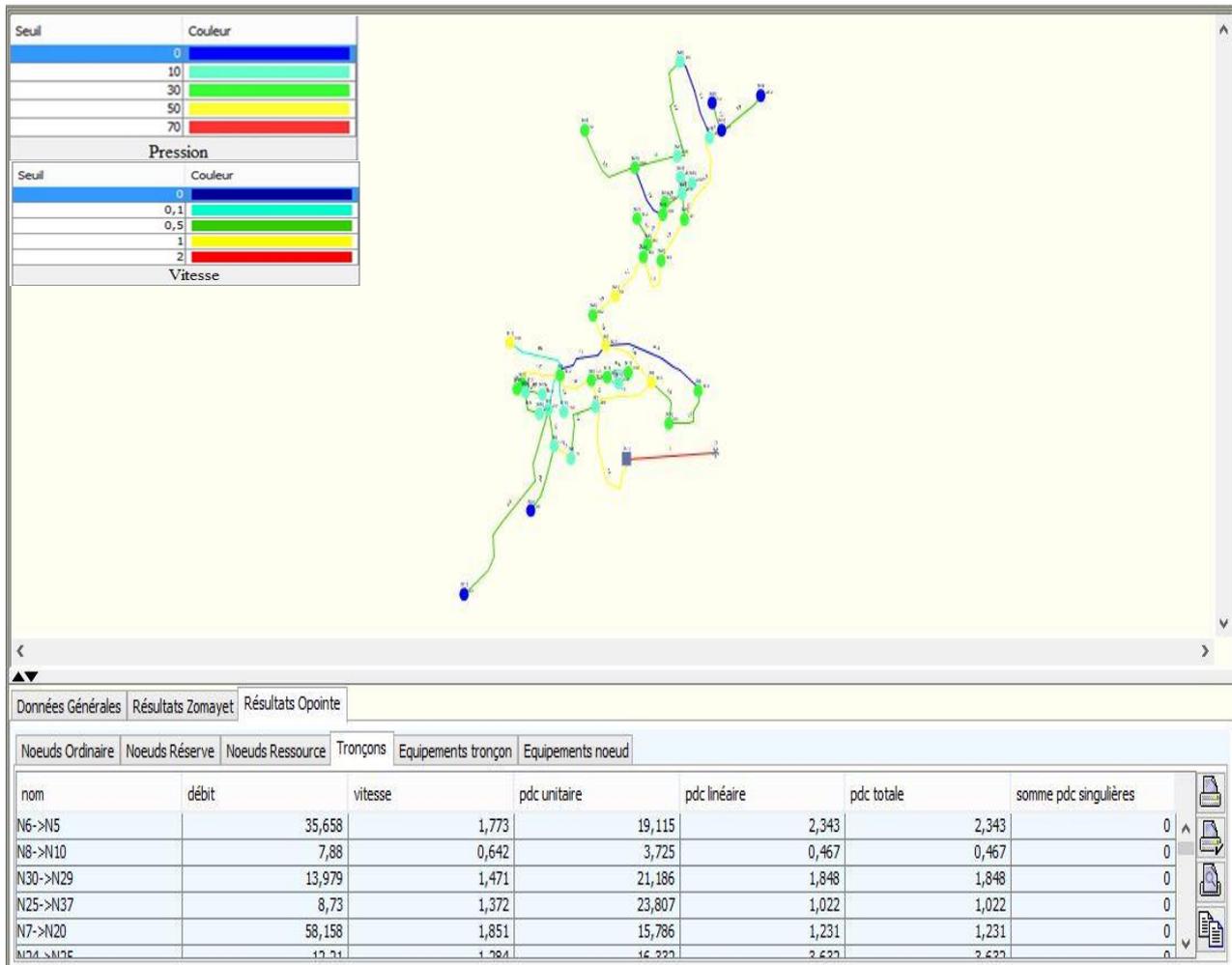


Figure IV.43 : Les résultats de simulation opointe de scénario 1

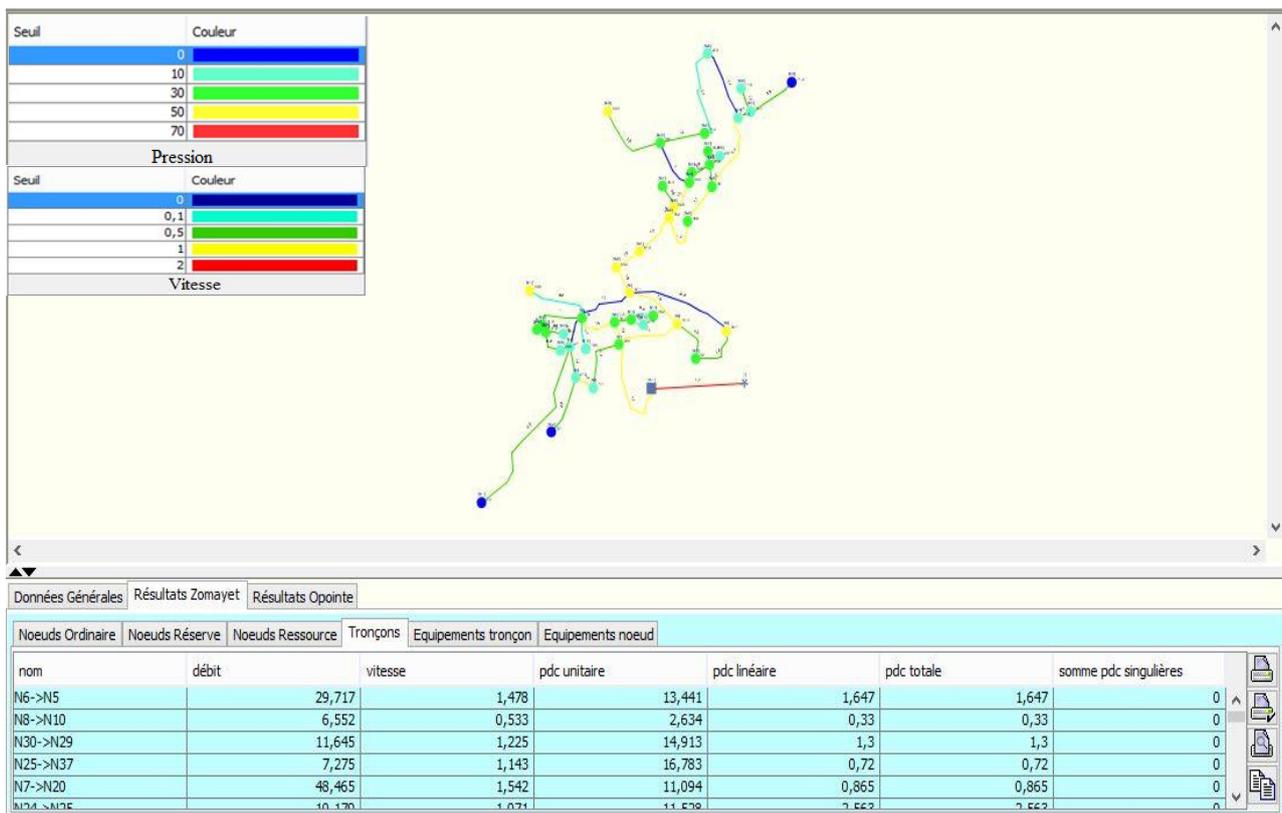


Figure IV.44 : Résultats de simulation zomayet de scénario 1

### IV.8.2. Scénario 2 : alimentation des deux localités à partir du réservoir de Sidi Aissa

Les figures IV.45 et IV.46 montre respectivement les résultats de simulation 'opointe' et 'zomayet'

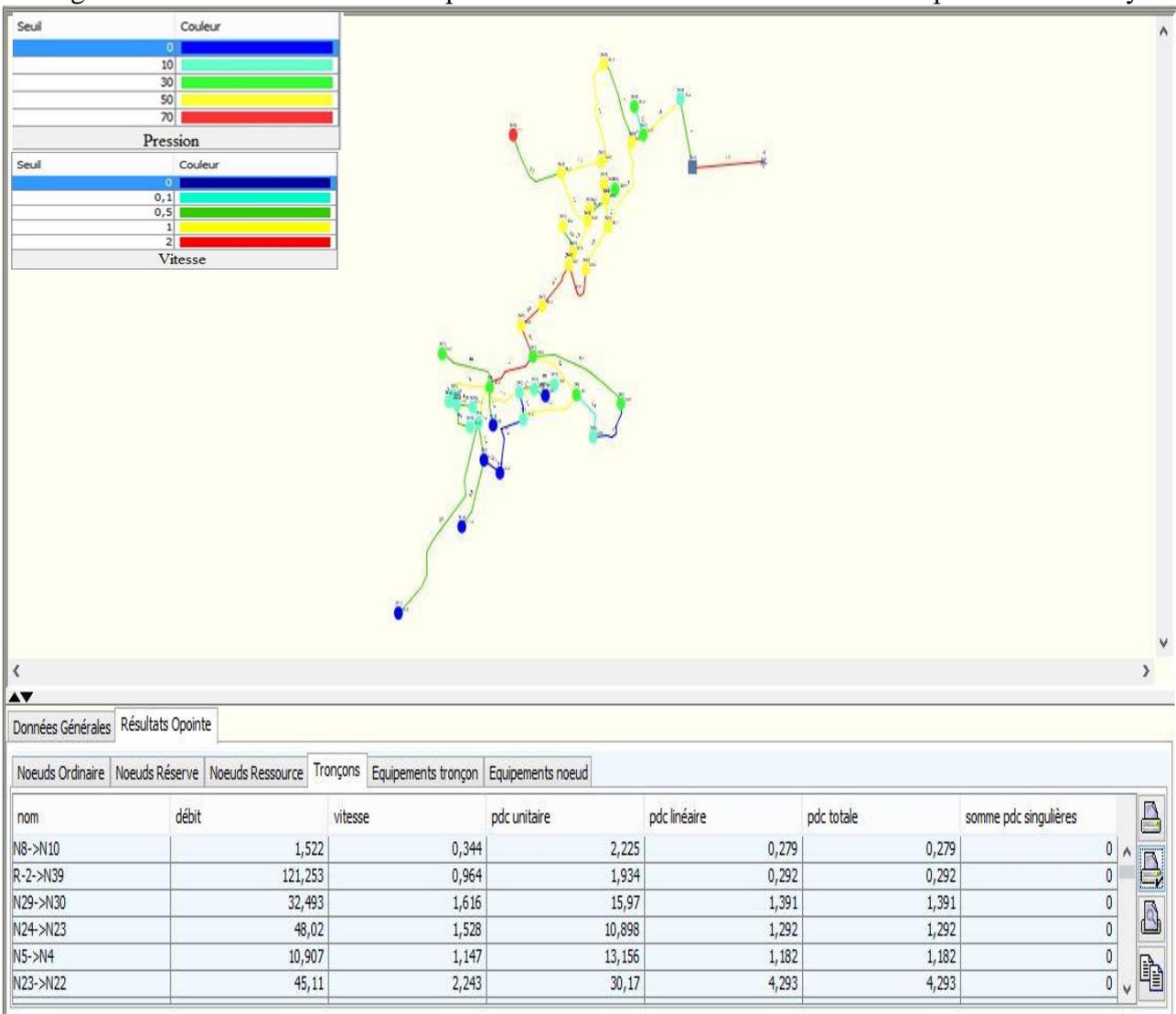


Figure IV 45 : Résultats de simulation opointe de scénario 2

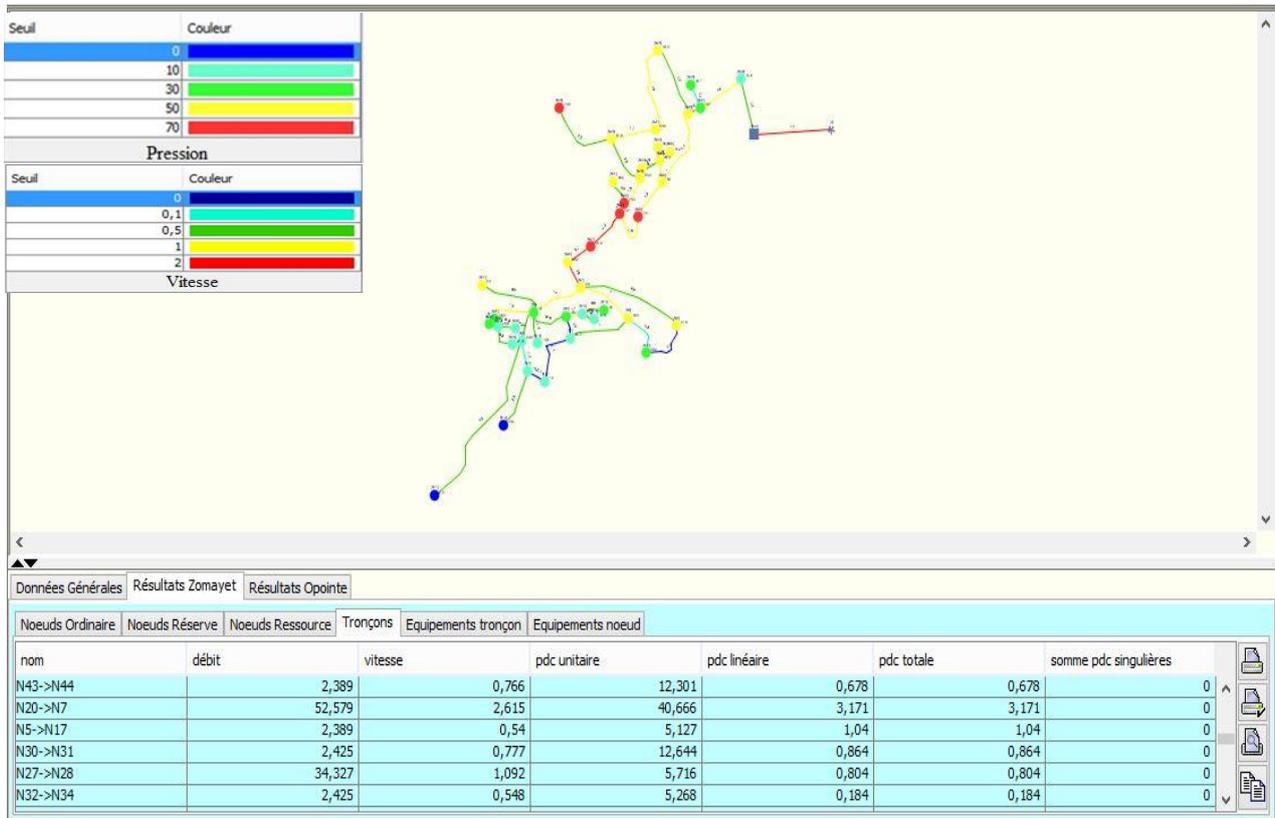


Figure IV.46 : Résultats de simulation zomayet de scénario 2

### IV.8.3. Scénario 3 : alimentation de chaque localité à partir de son propre réservoir

Les figure IV.47 et IV.48 montre respectivement les résultats de simulation opointe et zomayet

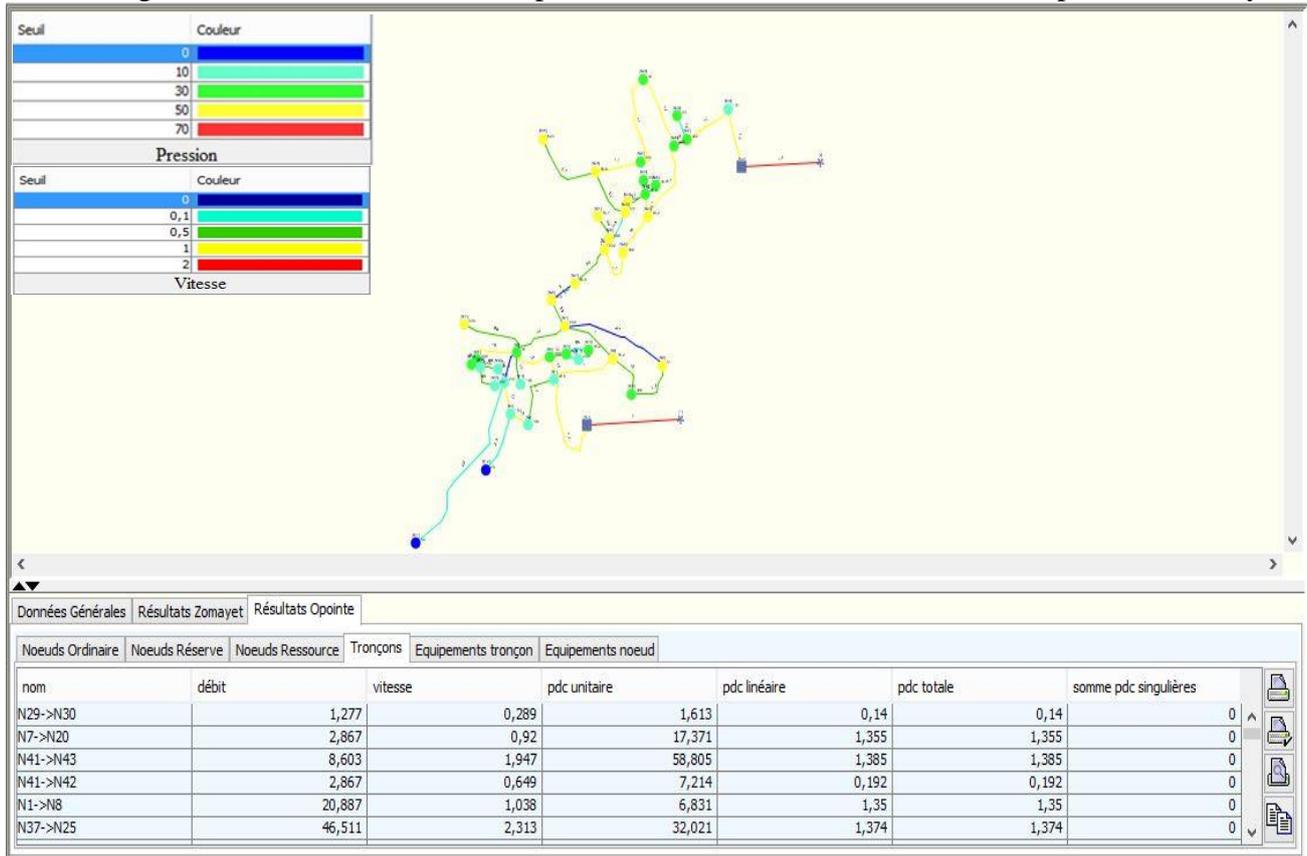


Figure IV.47 : Les résultats de simulation opointe de scénario 3

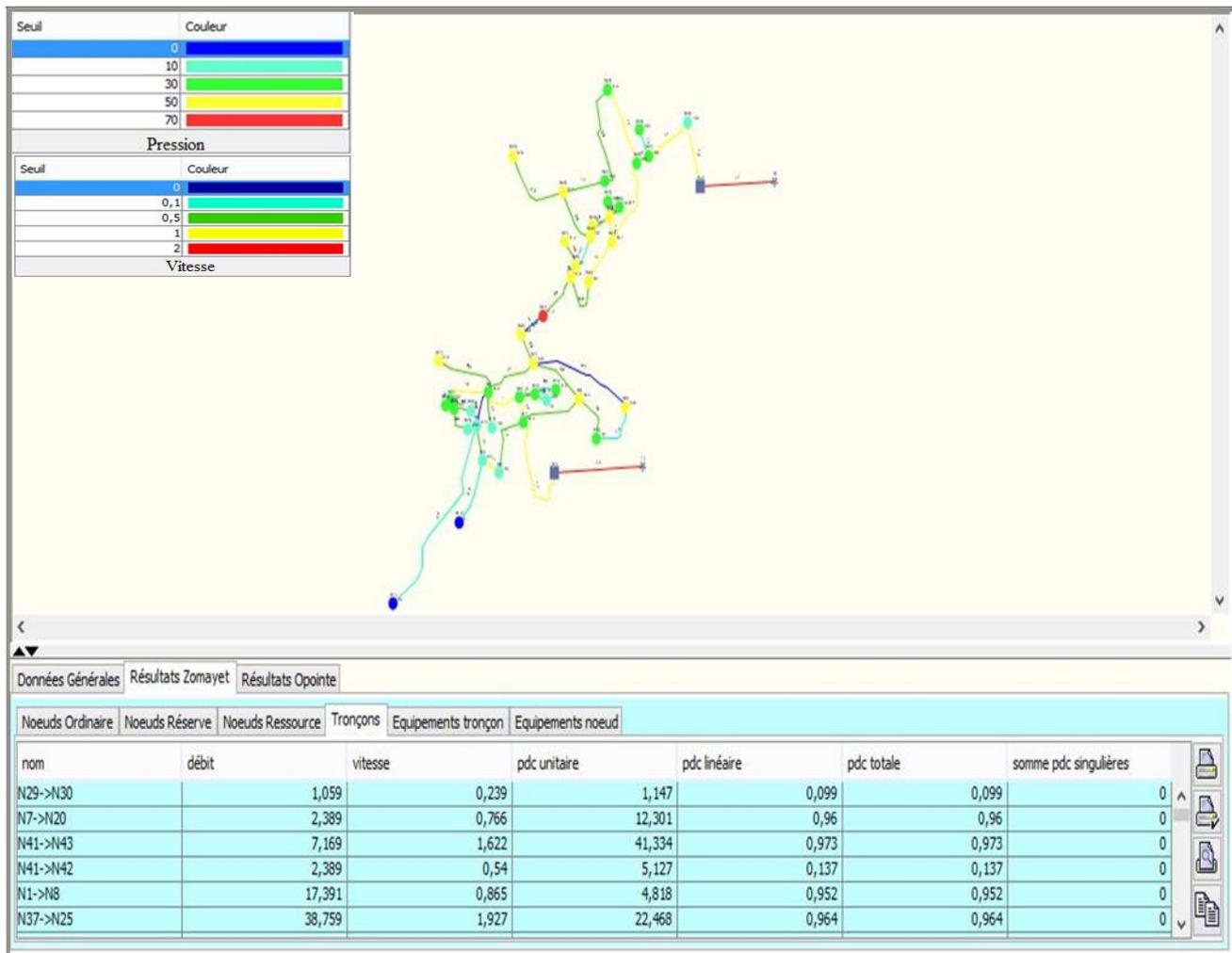


Figure IV.48 : Résultats de simulation zomayet de scénario 3

### IV.9. Synthèse et interprétations des résultats

Le passage suivant montre les résultats du calcul zomayet quant à l'obtention à l'aide du Porteau. Les paramètres pris pour l'analyse du fonctionnement du réseau sont : les débits, les vitesses et les pressions. Les résultats sont synthétisés dans les sections suivantes :

#### IV.9.1. Scénario 01 : Alimentation des Deux Localités à Partir du Réservoir de M'dig

##### a) Débit

Les conduites devront pouvoir transiter les plus forts débits instantanés en tenant compte du débit de pointe.

Les conduites devront pouvoir transiter les plus forts débits instantanés en tenant compte du débit de pointe.

La figure IV.49 représente la variation globale du débit pour un tronçon du réseau.

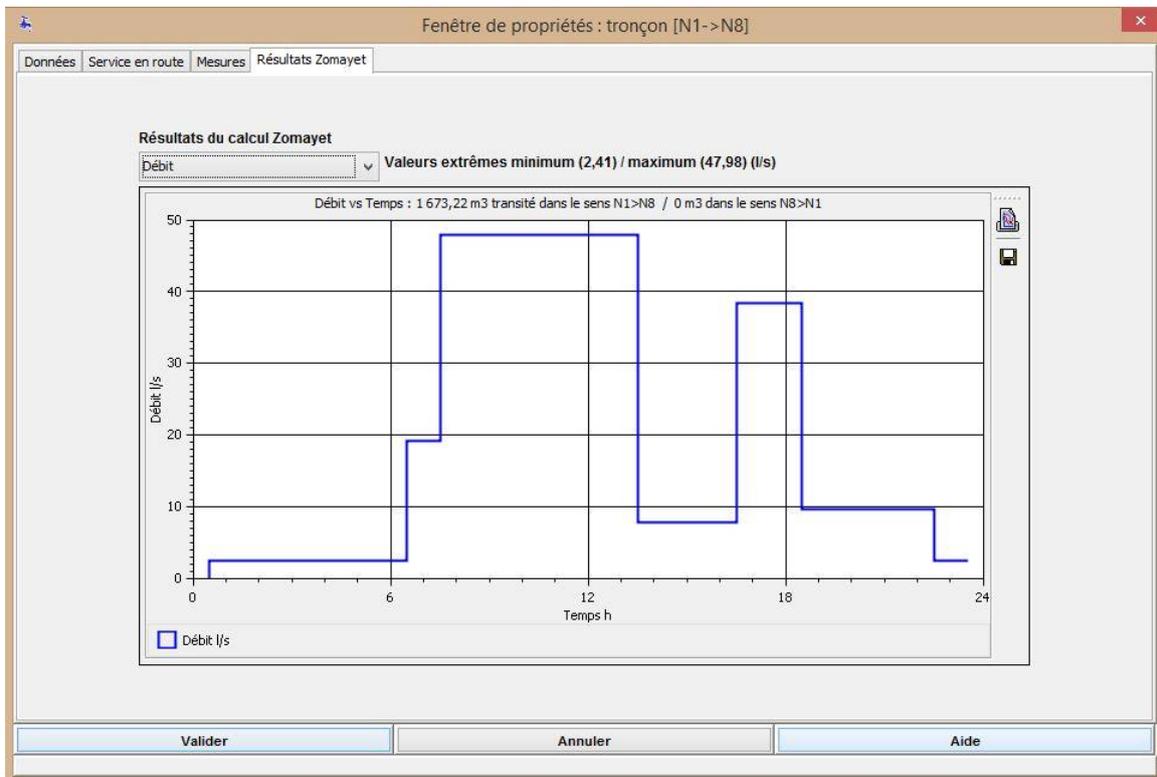


Figure IV 49 : Exemple de répartition des débits pour un tronçons dans le réseau d'AEP.

Les figures IV.50 et IV.51 représentent respectivement les pertes de charge calculées en fonction des débits au niveau de la canalisation.

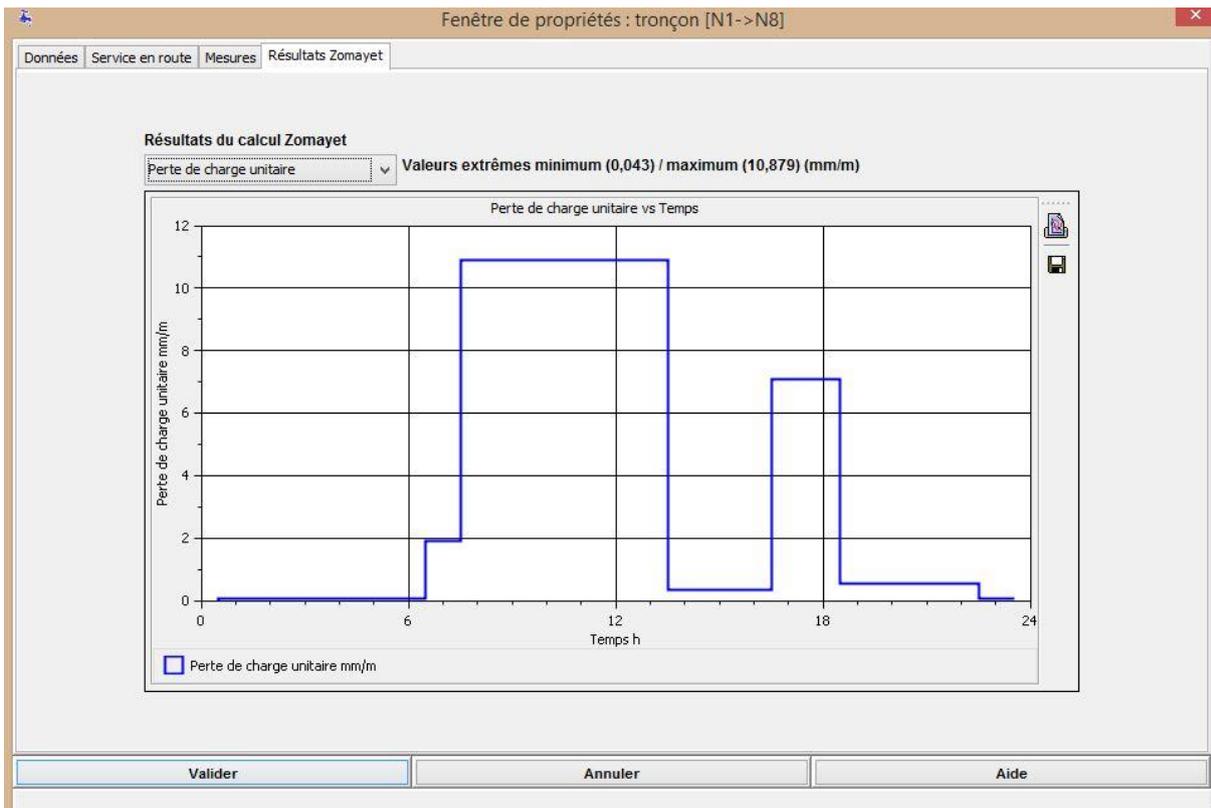


Figure IV.50 : Pertes de charge unitaire calculées pour un diamètre donné.

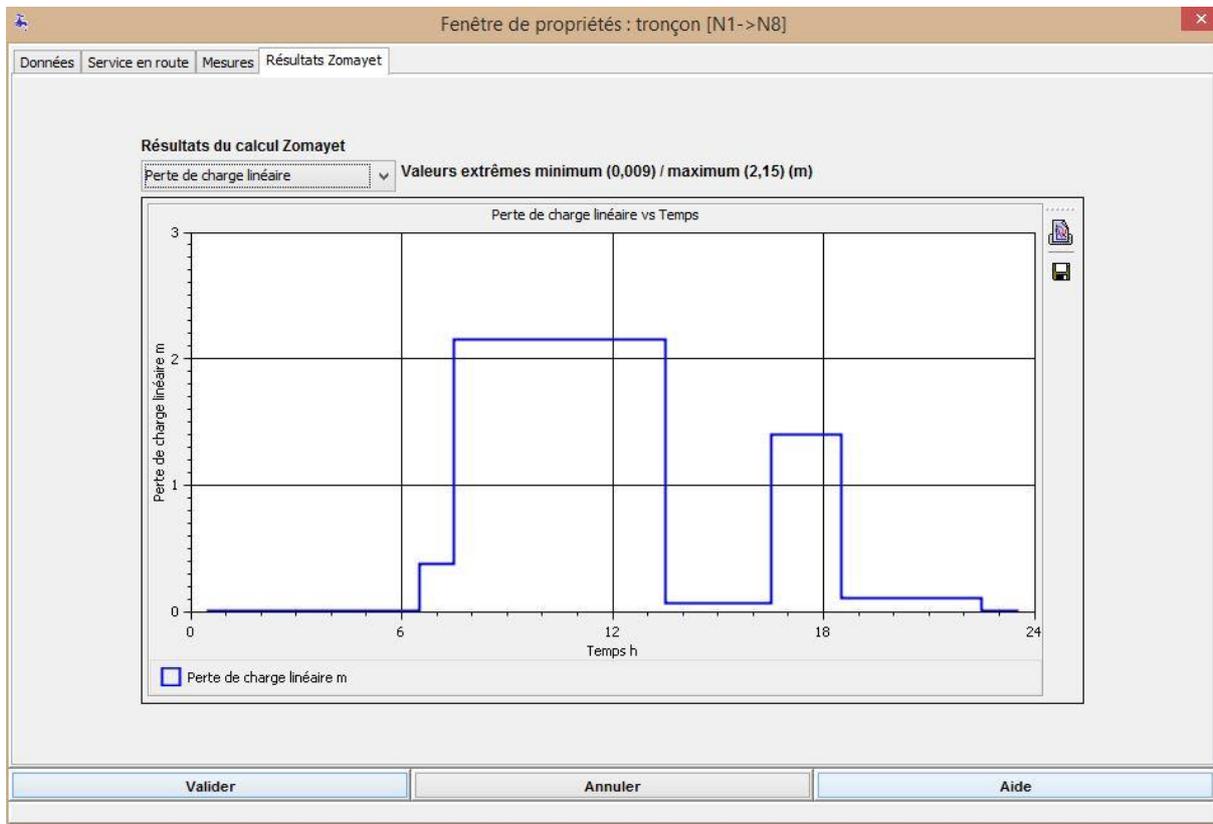


Figure IV.51 : Pertes de charge linéaire calculées pour un diamètre donné.

**b) Vitesse**

La répartition des vitesses a été faite. Les figures IV.52 & IV.53 représentent respectivement les vitesses d'un tronçon du réseau et sa variation au cours de la journée ainsi que Répartition des vitesses dans le réseau en heure de point

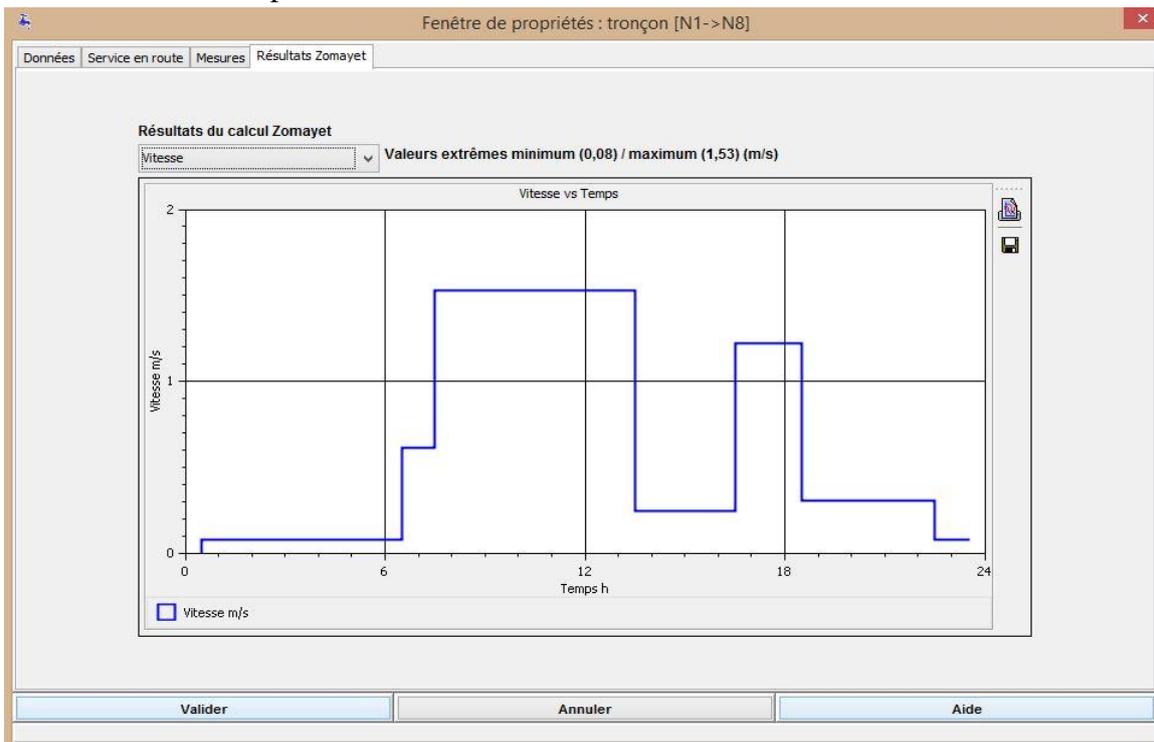


Figure IV.52 : Répartition de la vitesse pour le tronçon T8-1 (au cours de la journée).

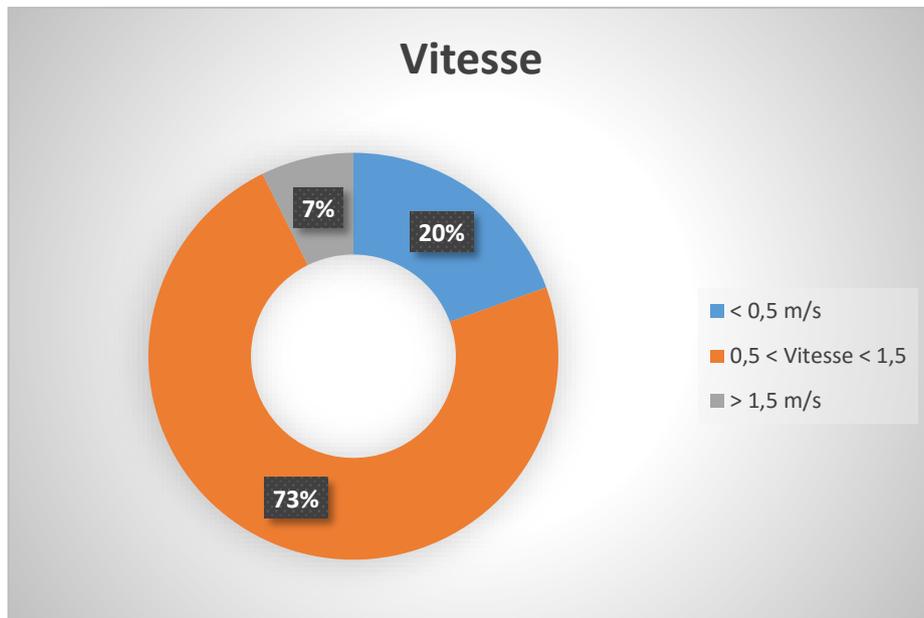


Figure IV.53 : Répartition des vitesses dans le réseau.

Selon l'analyse du réseau d'alimentation en eau potable selon le critère « vitesse en heure de pointe ». La figure IV.53 représente 20 % des canalisations, soit 8 tronçons de conduites risquent d'avoir des problèmes de dépôts suite aux faibles vitesses d'écoulement (vitesse < 0,5 m/s). 73 % des canalisations, soit 30 ont une vitesse comprise entre 0,5 et 1,5 m/s (dans les normes). 7 % des conduit, soit 3 conduits ont une vitesse dépasse 1.5 m/s.

**c) Pression**

Les figures IV.54 & IV.55 montre respectivement L'enveloppe des pressions au niveau d'un nœud dans le réseau ainsi que la répartition des pressions dans le réseau.

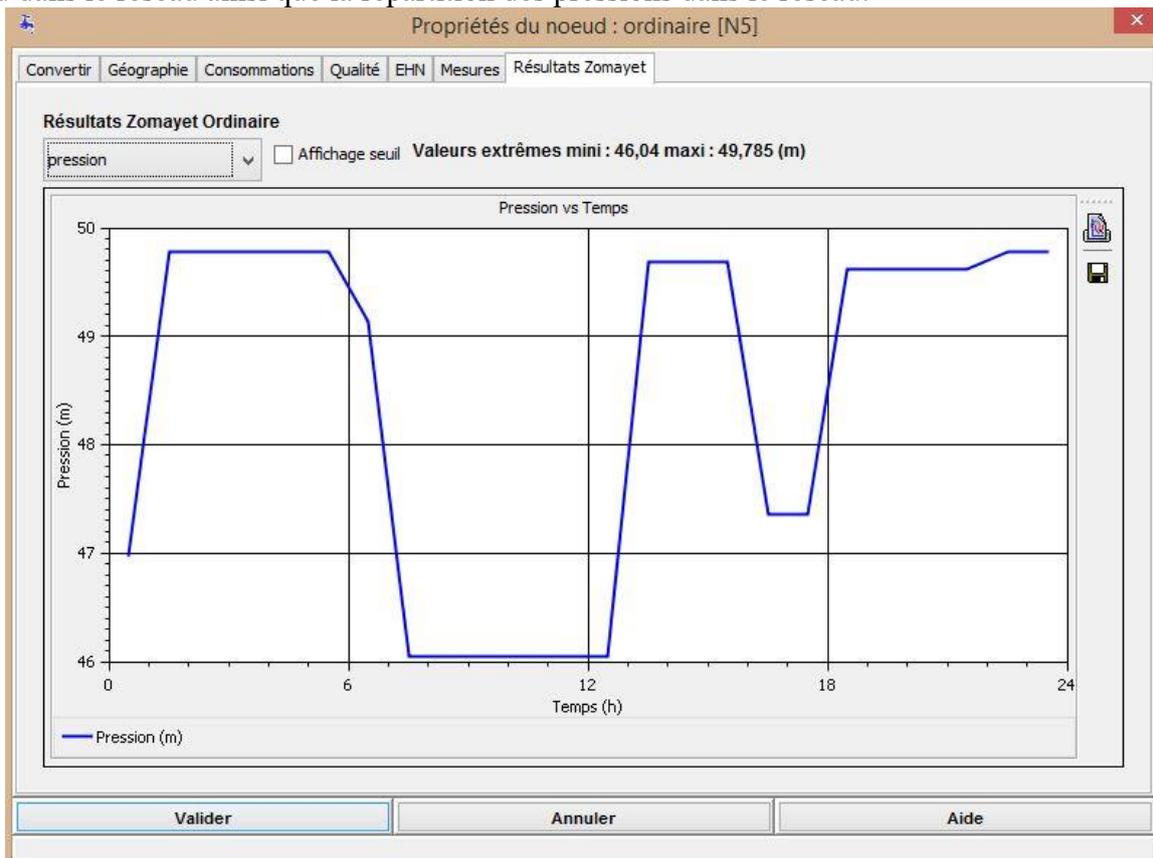


Figure IV.54 : Répartition de la pression pour un nœud N8 (au cours de la journée).

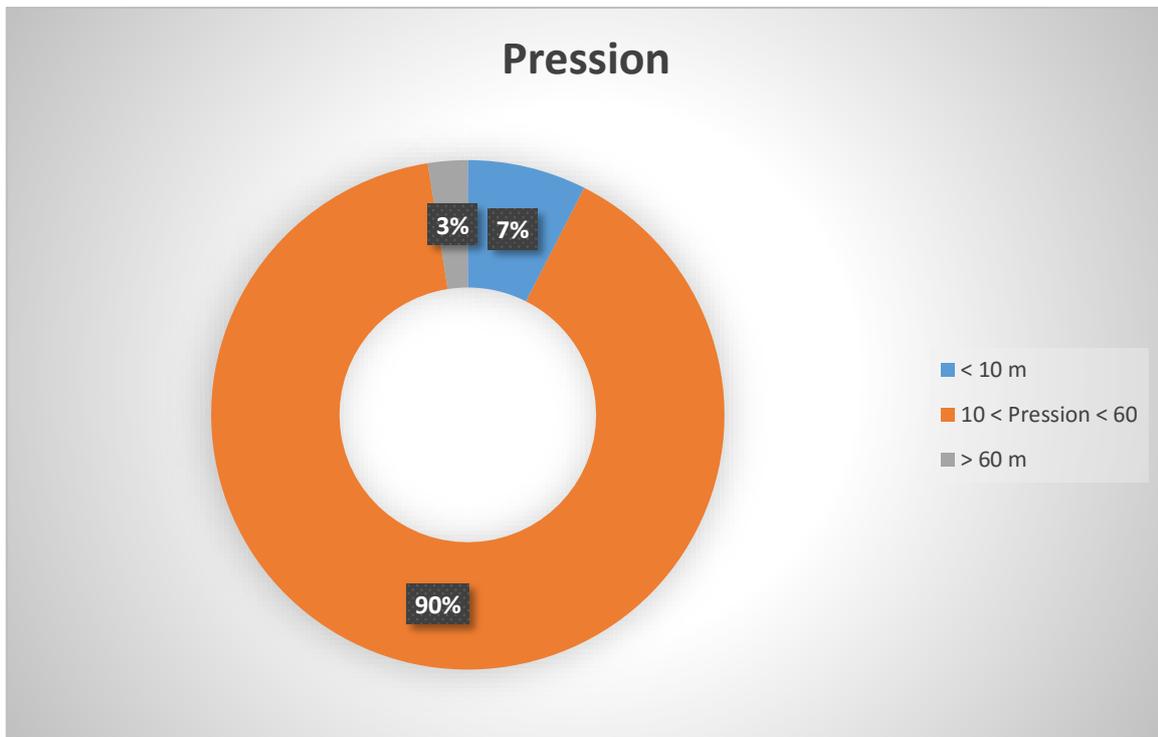


Figure IV.55 : Répartition des pressions dans le réseau.

La figure IV.55 représente 3 % des nœuds du réseau d'alimentation en eau potable de la localité de M'dig et Sidi Aissa, soit 1 nœud qui à une pression dépasse 60 m, Dans 7 % des nœuds soit 3 nœuds représente une pression inférieure à 10 m, ce qui est à l'origine de la desserte limitée des abonnés. A cela s'ajoute des problèmes d'hygiène et de santé résultant du mode de fonctionnement et du stockage au niveau des ménages. Quant au 90 % restante soit, 36 nœuds, les pressions sont comprises entre 10 et 60 m d'eau (dans les normes de distribution).

#### **IV.9.2. Scénario 02 : alimentation des deux localités à partir du réservoir de Sidi Aissa**

##### **a) Débit**

Les conduites devront pouvoir transiter les plus forts débits instantanés en tenant compte du débit de pointe.

La figure IV.56 représente la variation globale du débit pour un tronçon du réseau.

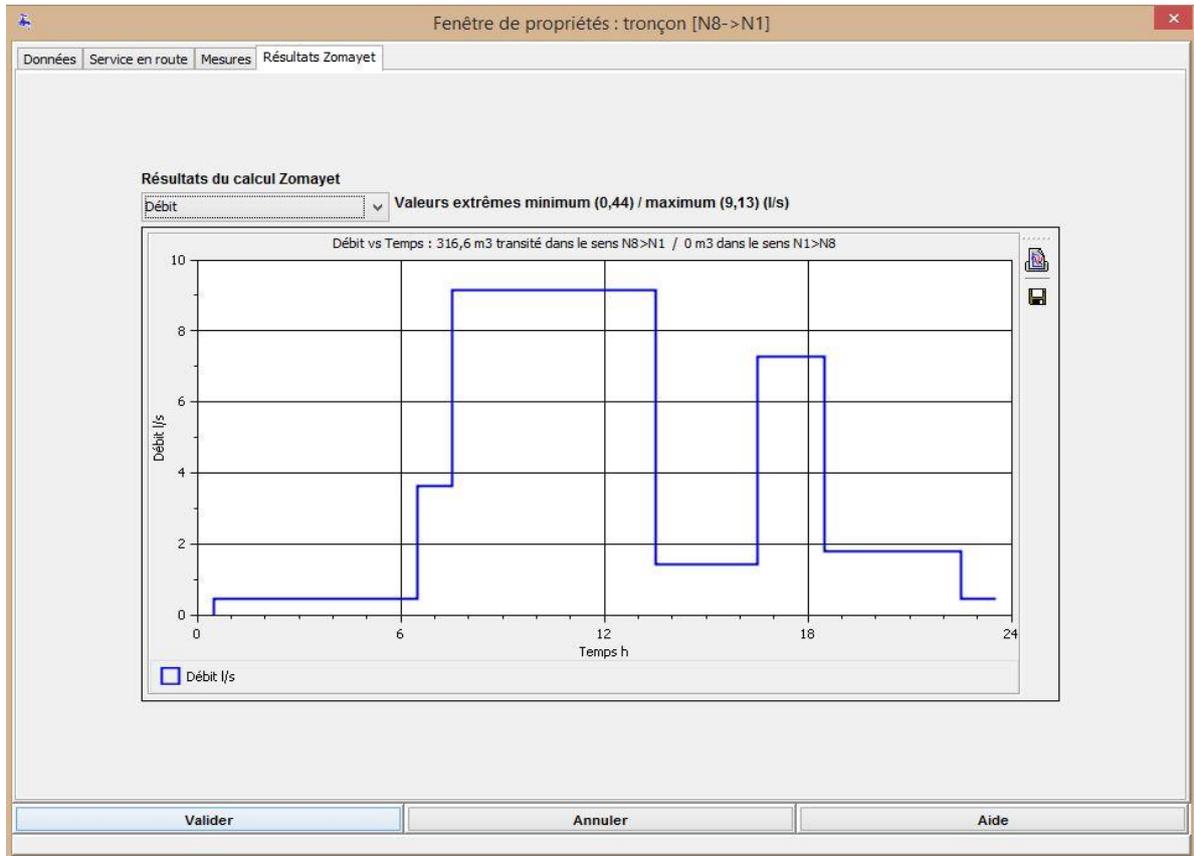


Figure IV.56 : Exemple de répartition des débits pour un tronçons dans le réseau d'AEP.

Les figures IV.57 ET IV.58 représentent respectivement les pertes de charge (unitaire, linéaire) calculées en fonction des débits au niveau de la canalisation.

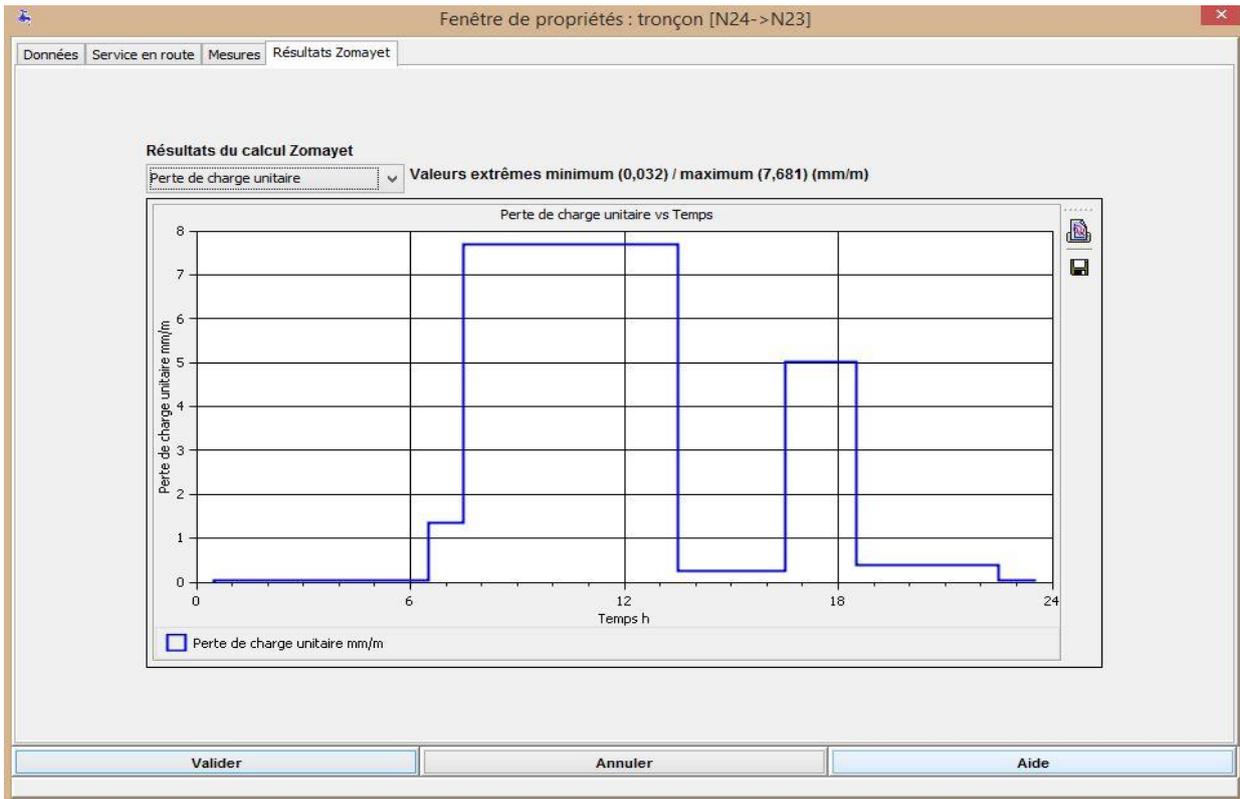


Figure IV.57: Pertes de charge unitaire calculées pour un diamètre donné.

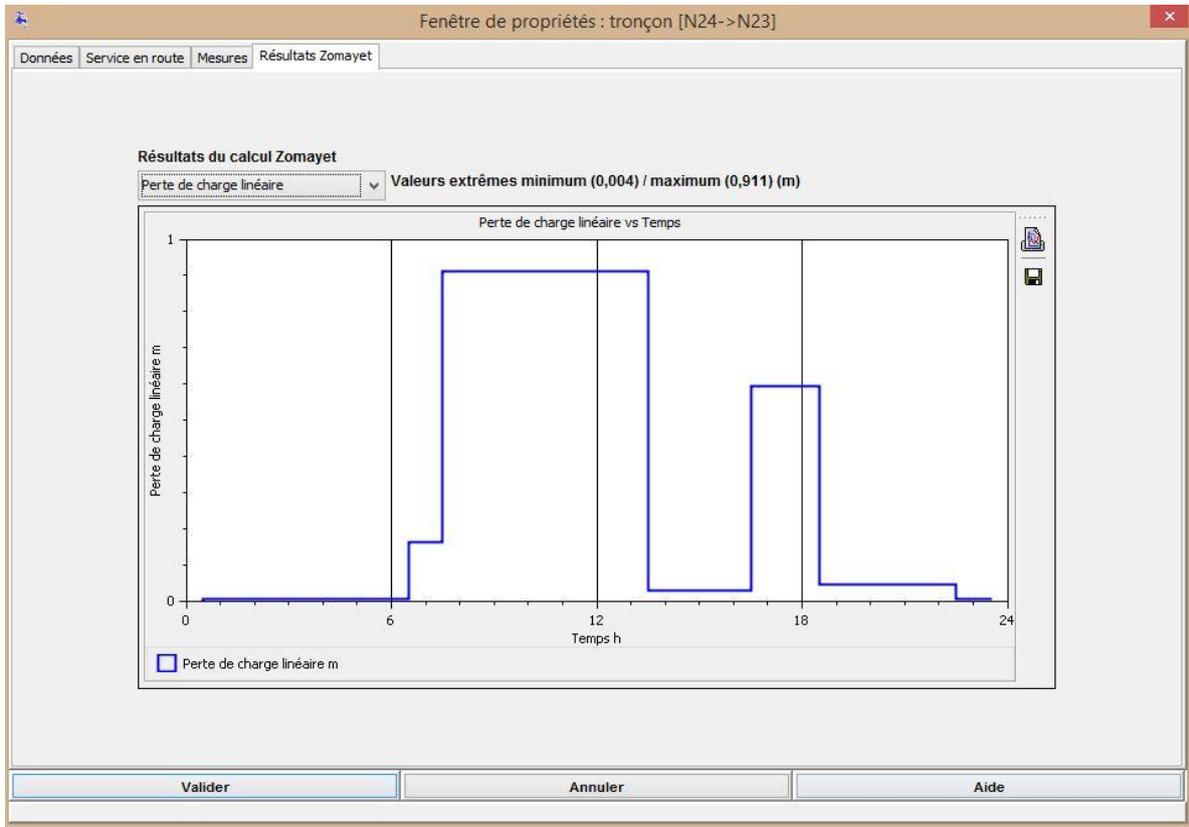


Figure IV.58 : Pertes de charge linéaire calculées pour un diamètre donné.

**b) Vitesse**

La répartition des vitesses a été faite. Les figures IV.59 & IV.60 représentent respectivement les vitesses d'un tronçon du réseau et sa variation au cours de la journée ainsi que la Répartition des vitesses dans le réseau en heur de point.

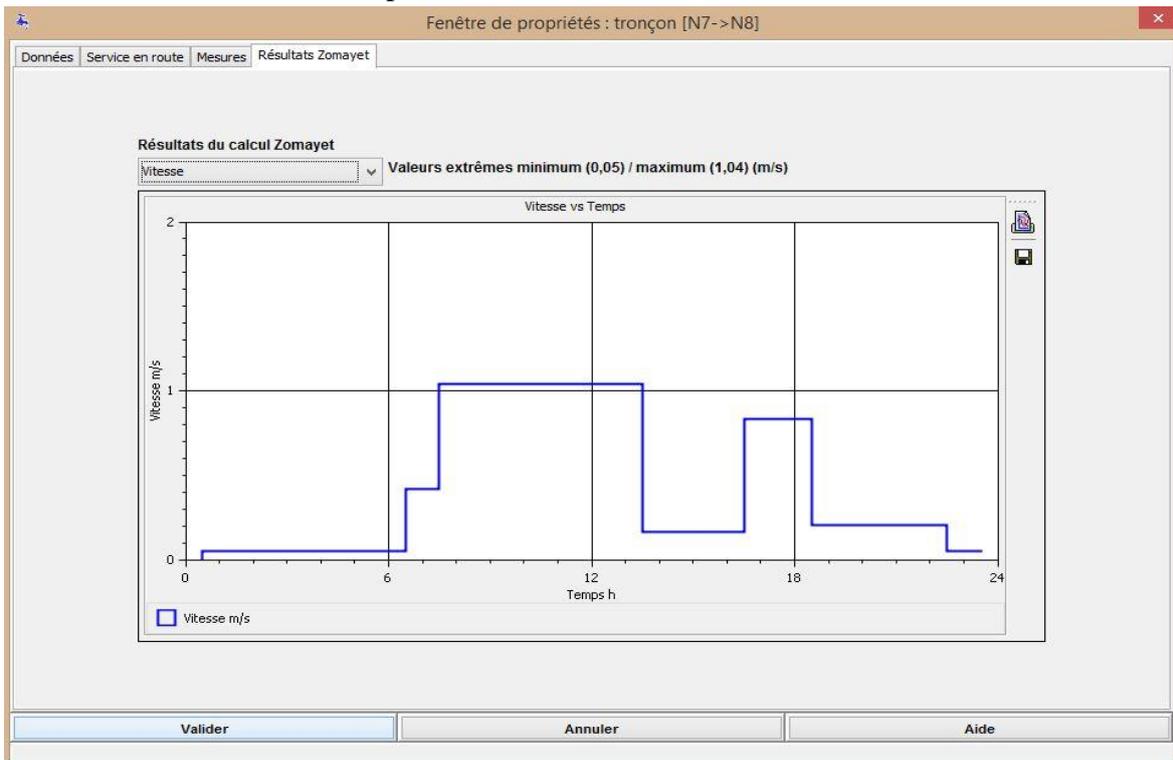


Figure IV.59 : Répartition de la vitesse pour le tronçon T7-8 (au cours de la journée).

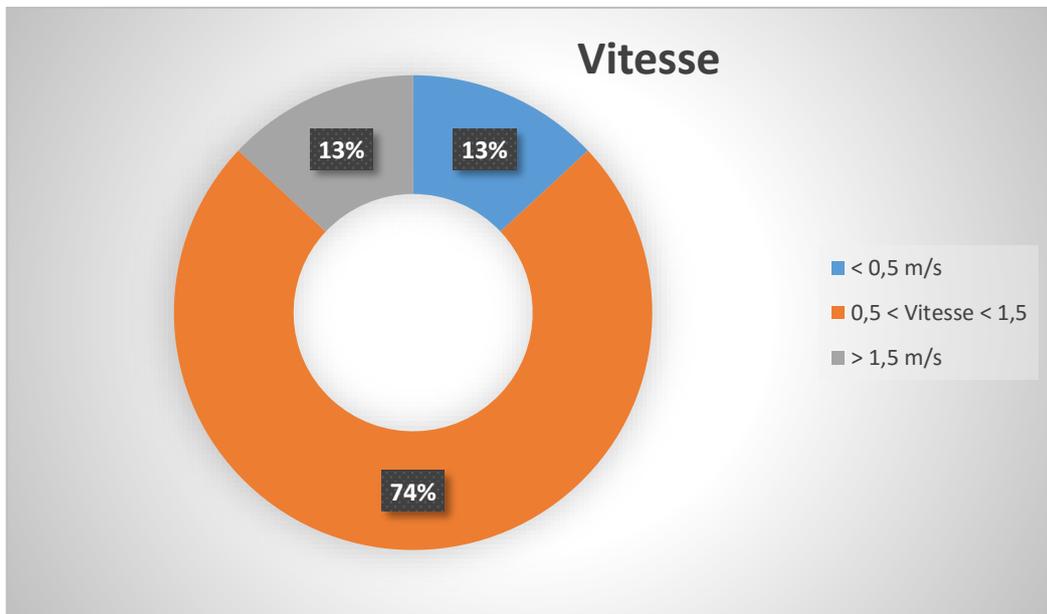


Figure IV.60 : Répartition des vitesses dans le réseau.

Selon l'analyse du réseau d'alimentation en eau potable selon le critère « vitesse en heure de pointe ». La figure IV.60 représente 13 % des canalisations, soit 6 tronçons de conduites risquent d'avoir des problèmes de dépôts suite aux faibles vitesses d'écoulement (vitesse < 0,5 m/s). 74 % des canalisations, soit 34 ont une vitesse comprise entre 0,5 et 1,5 m/s (dans les normes). 13 % des conduit, soit 6 conduits ont une vitesse dépasse 1.5 m/s.

**c) Pression**

Les figures IV.61 & IV.63 montrent respectivement l'enveloppe des pressions au niveau d'un nœud dans le réseau ainsi que la répartition des pressions dans le réseau.

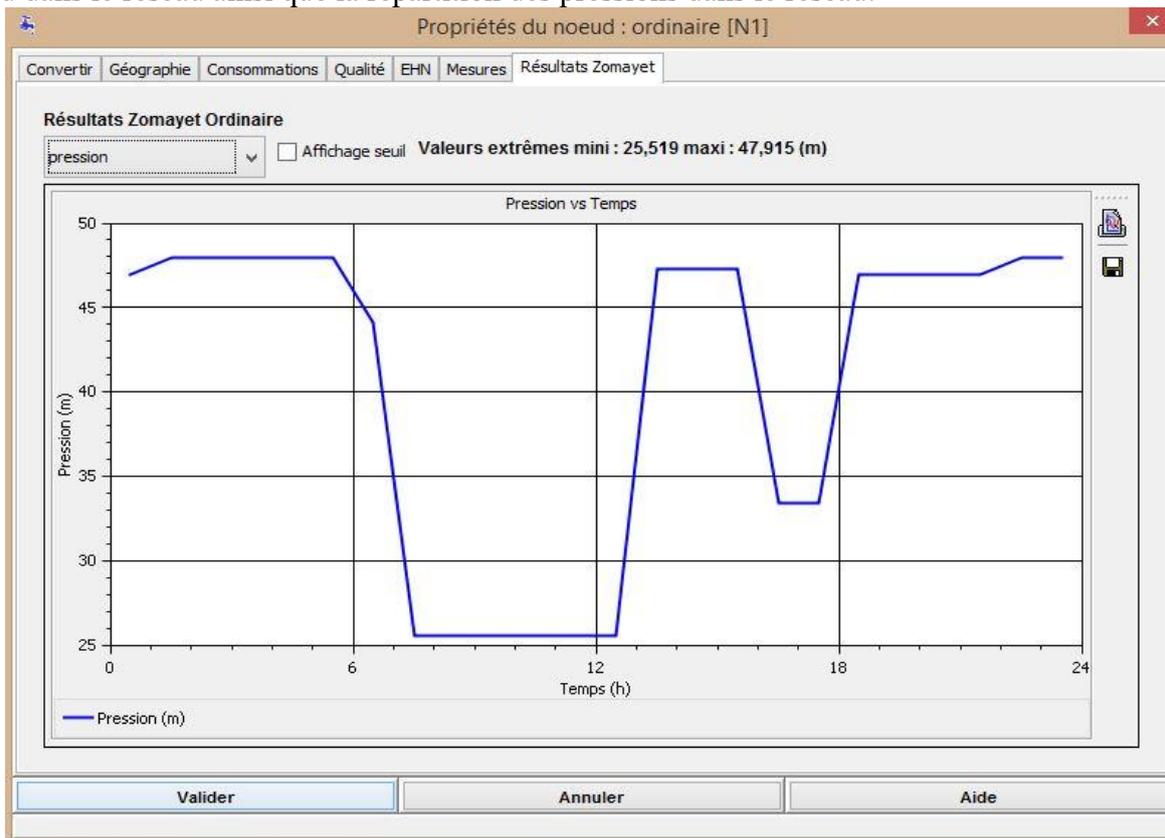


Figure IV.61 : Répartition de la pression pour un nœud N8 (au cours de la journée).

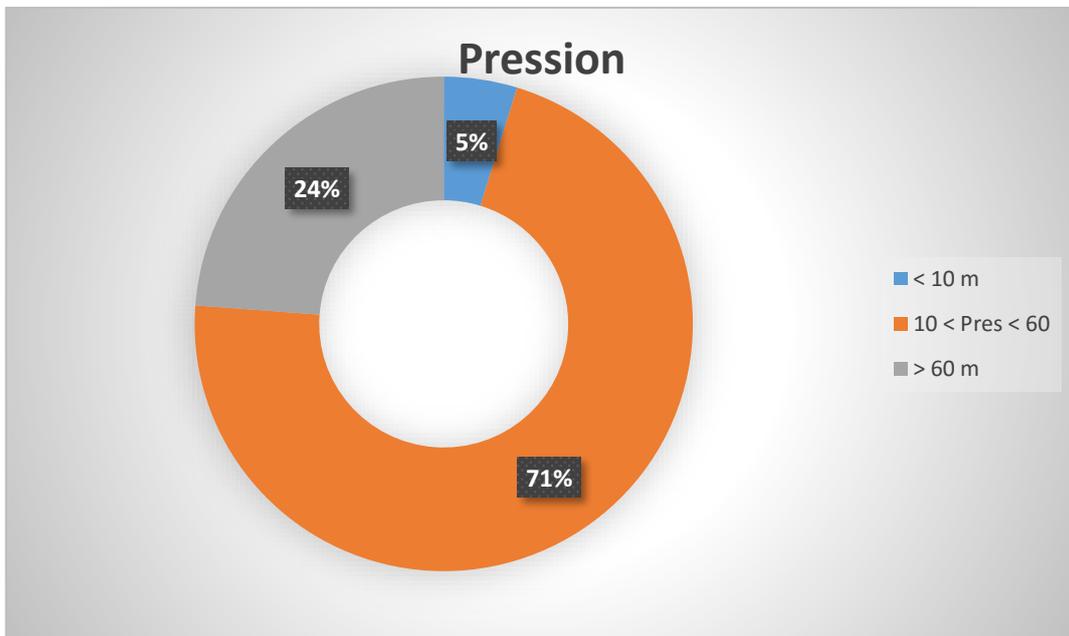


Figure IV.62 : Répartition des pressions dans le réseau.

La figure IV.62 représente 24 % des nœuds du réseau d'alimentation en eau potable de la localité de M'dig et Sidi Aissa, soit 10 nœuds qui à une pression dépasse 60 m, Dans 5 % des nœuds soit 2 nœud représente une pression inférieure à 10 m, ce qui est à l'origine de la desserte limitée des abonnés. A cela s'ajoute des problèmes d'hygiène et de santé résultant du mode de fonctionnement et du stockage au niveau des ménages. Quant au 71 % restante soit, 30 nœuds, les pressions sont comprises entre 10 et 60 m d'eau (dans les normes de distribution).

### IV.9.3. Scénario 03 : alimentation de chaque localité à partir de son propre réservoir

#### a) Débit

Les conduites devront pouvoir transiter les plus forts débits instantanés en tenant compte du débit de pointe.

Les figures IV.63 et IV.64 représentent respectivement la variation globale du débit pour un tronçon du réseau.

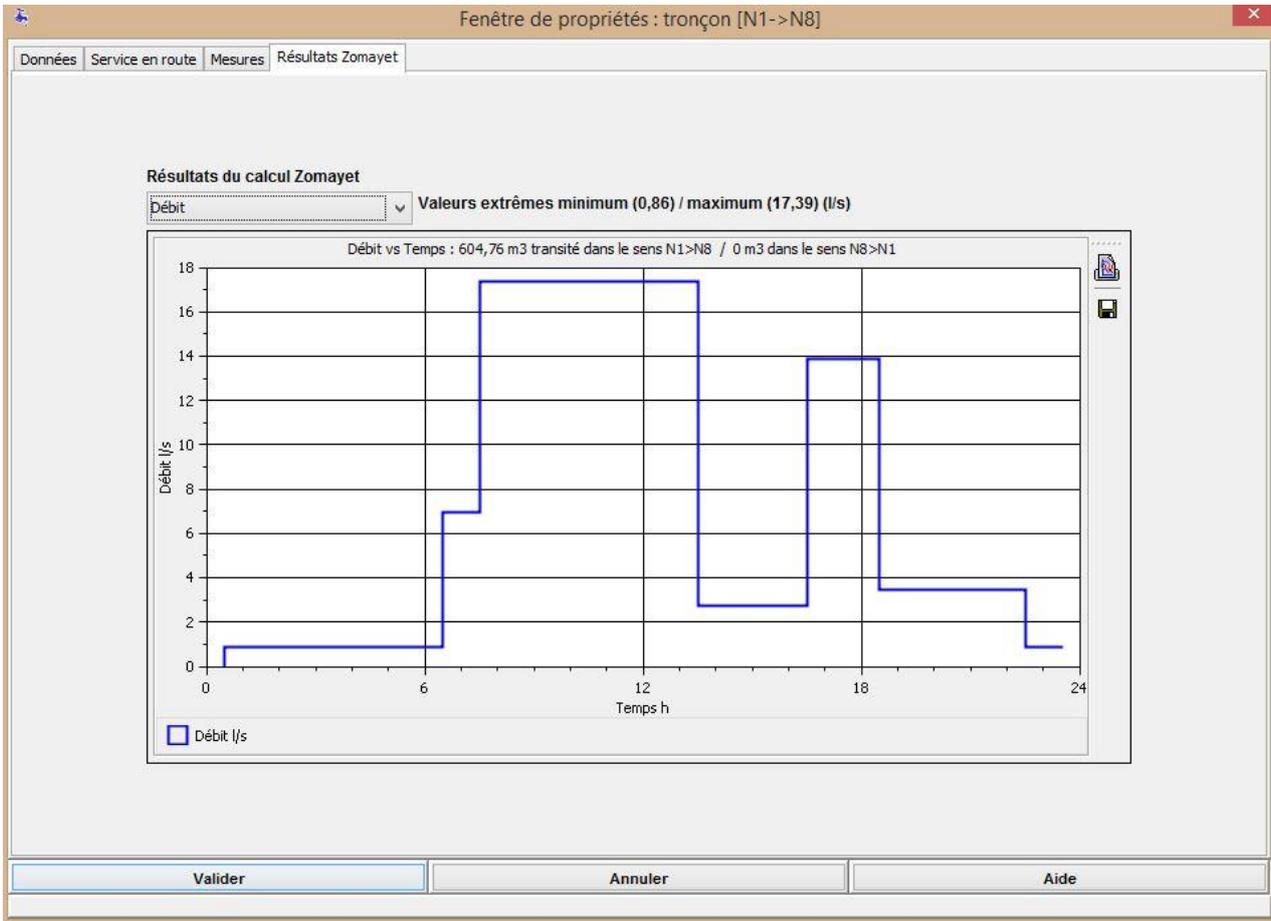


Figure IV.63 : Exemple de répartition des débits pour un tronçons dans le réseau d'AEP.

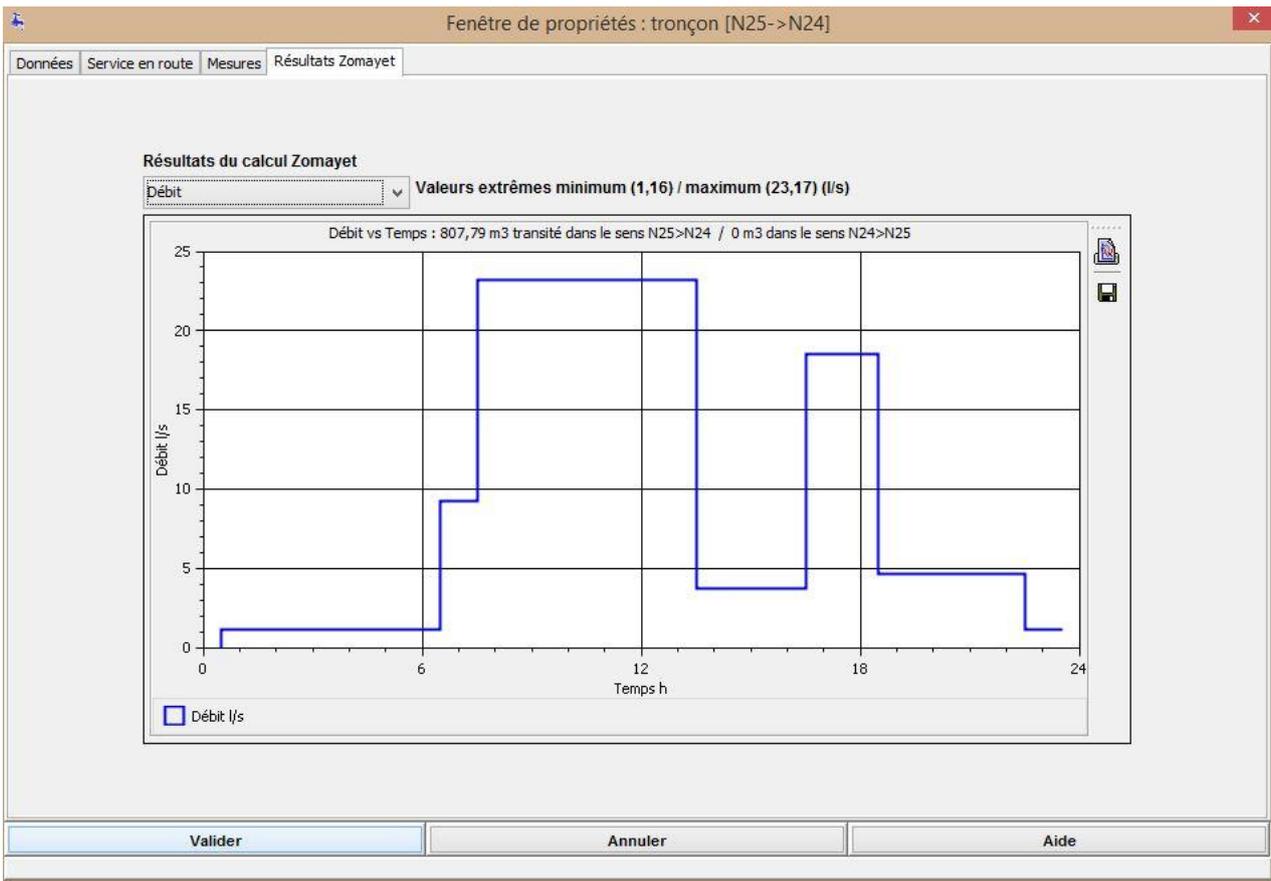


Figure IV.64 : Exemple de répartition des débits pour un tronçons dans le réseau d'AEP.

Les figures IV.65 et IV.66 représentent respectivement les pertes de charge (unitaire, linéaire) calculées en fonction des débits au niveau de la canalisation.

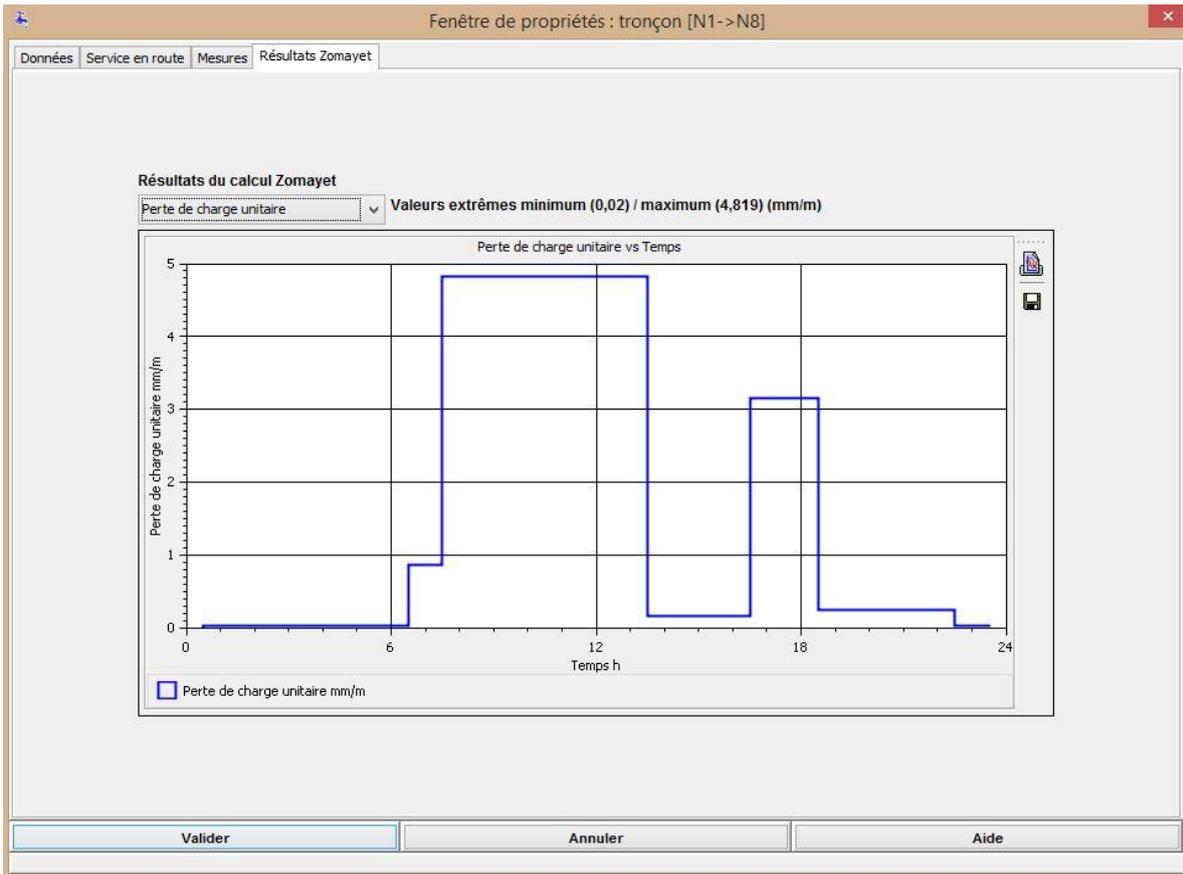


Figure IV.65 : Pertes de charge unitaire calculées pour un diamètre donné.

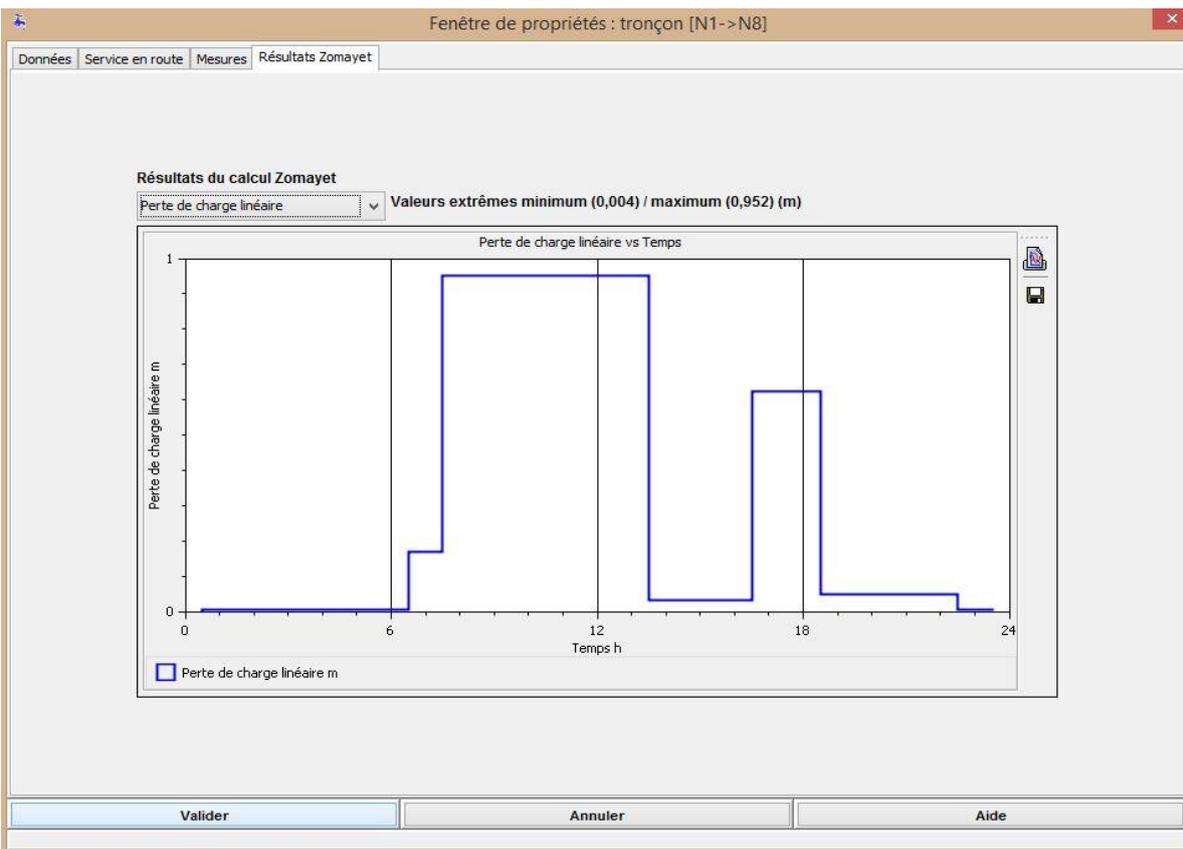


Figure IV.66 : Pertes de charge linéaire calculées pour un diamètre donné.

**b) Vitesse**

La répartition des vitesses a été faite. Les figures IV.67 ; IV.68 & IV.69 représentent respectivement les vitesses d'un tronçon du réseau et sa variation au cours de la journée ainsi que la Répartition des vitesses dans le réseau en heure de point.

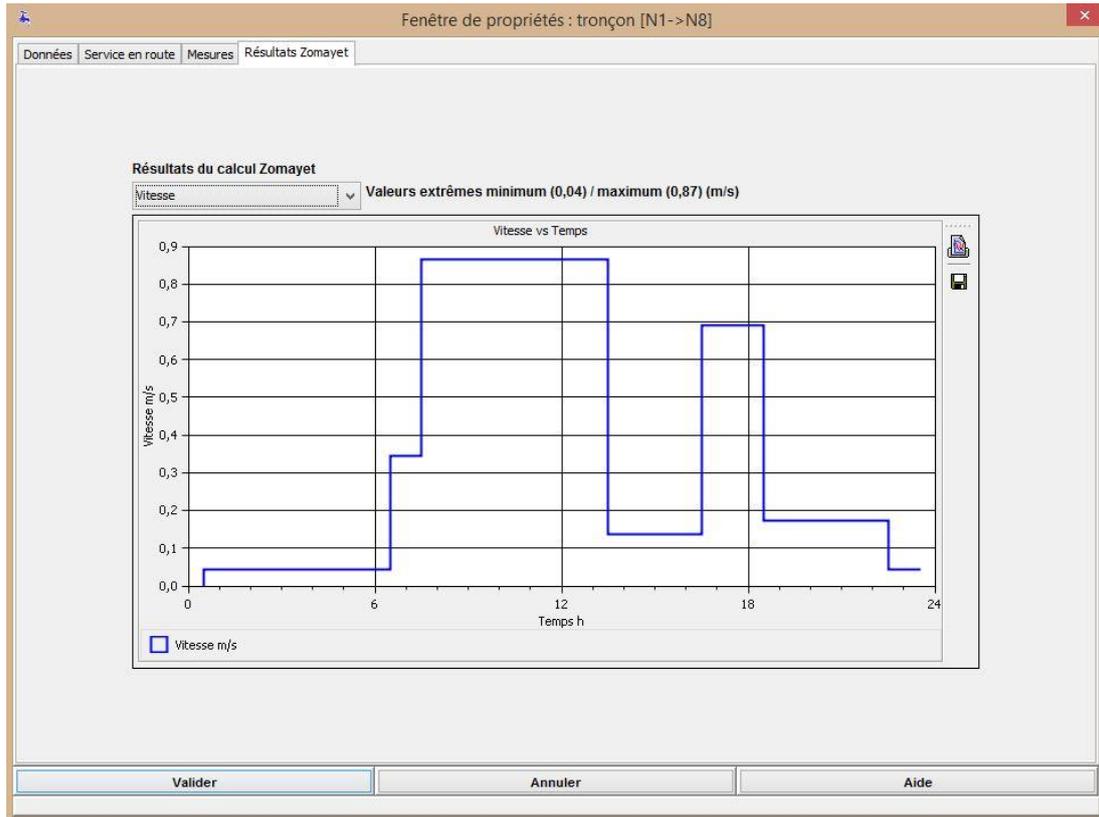


Figure IV.67 : Répartition de la vitesse pour le tronçon T8-1 (au cours de la journée).

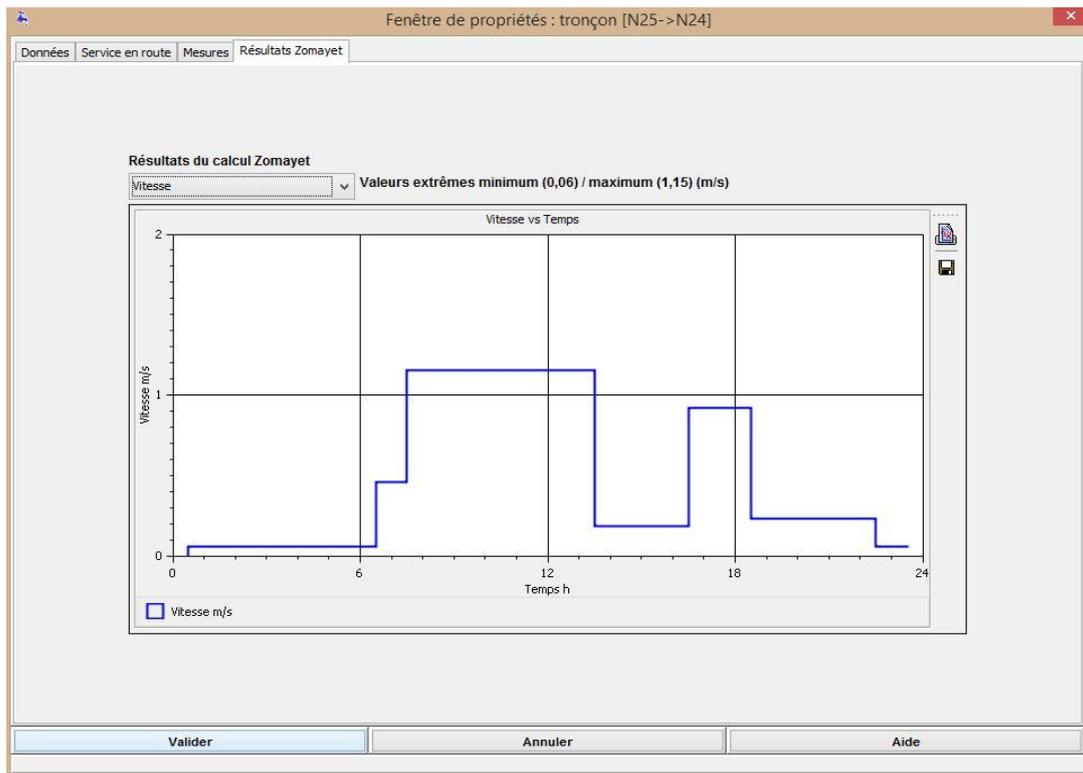


Figure IV.68 : Répartition de la vitesse pour le tronçon T25-24 (au cours de la journée).

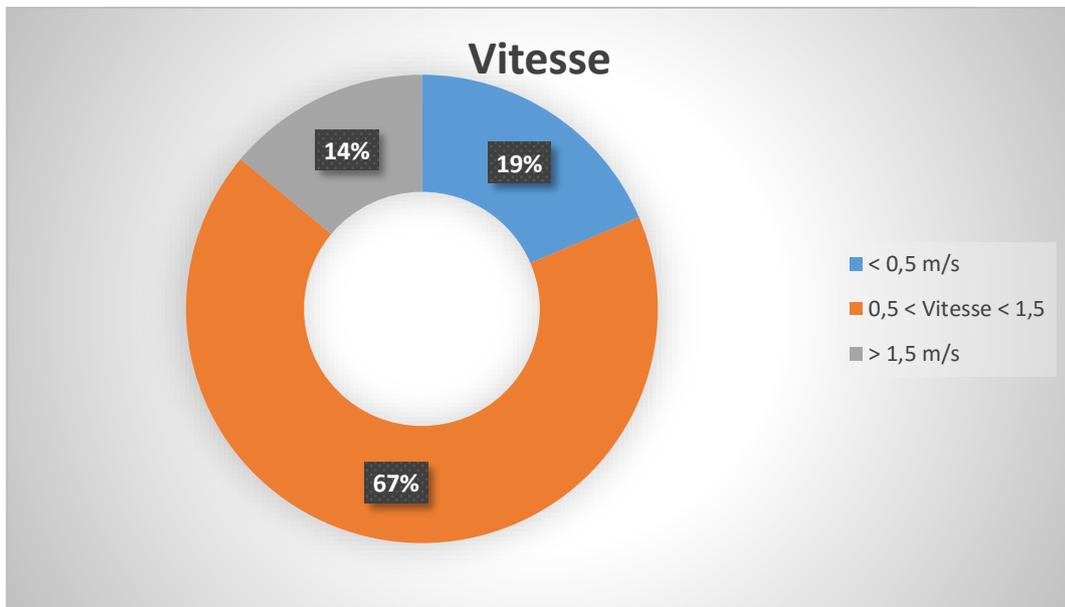


Figure IV.69 : Répartition des vitesses dans le réseau.

Selon l'analyse du réseau d'alimentation en eau potable selon le critère « vitesse en heure de pointe ». La figure IV.69 représente 19 % des canalisations, soit 8 tronçons de conduites risquent d'avoir des problèmes de dépôts suite aux faibles vitesses d'écoulement (vitesse < 0,5 m/s). 67 % des canalisations, soit 29 ont une vitesse comprise entre 0,5 et 1,5 m/s (dans les normes). 14 % des conduites, soient 6 conduits ont une vitesse qui dépasse 1.5 m/s.

**c) Pression**

Les figures IV.70, IV.71 & IV.72 montre respectivement L'enveloppe des pressions au niveau d'un nœud dans le réseau ainsi que la répartition des pressions dans le réseau.

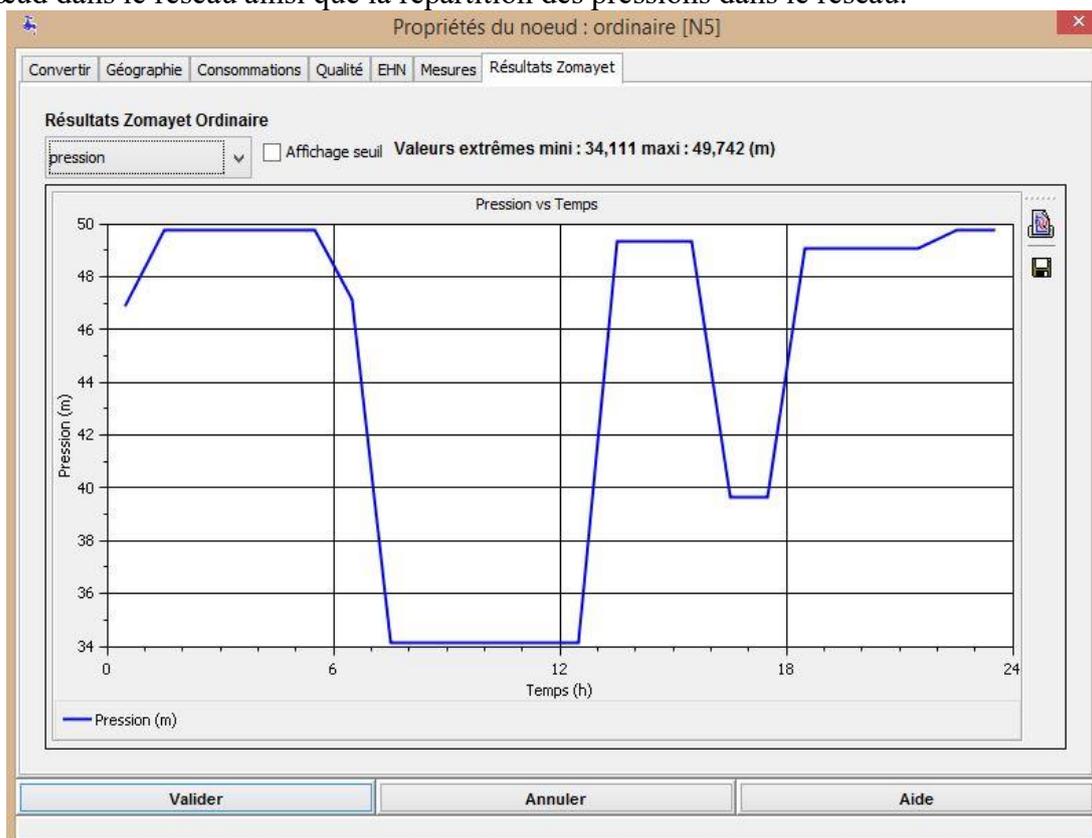


Figure IV.70 : Répartition de la pression pour un nœud N5 (au cours de la journée).

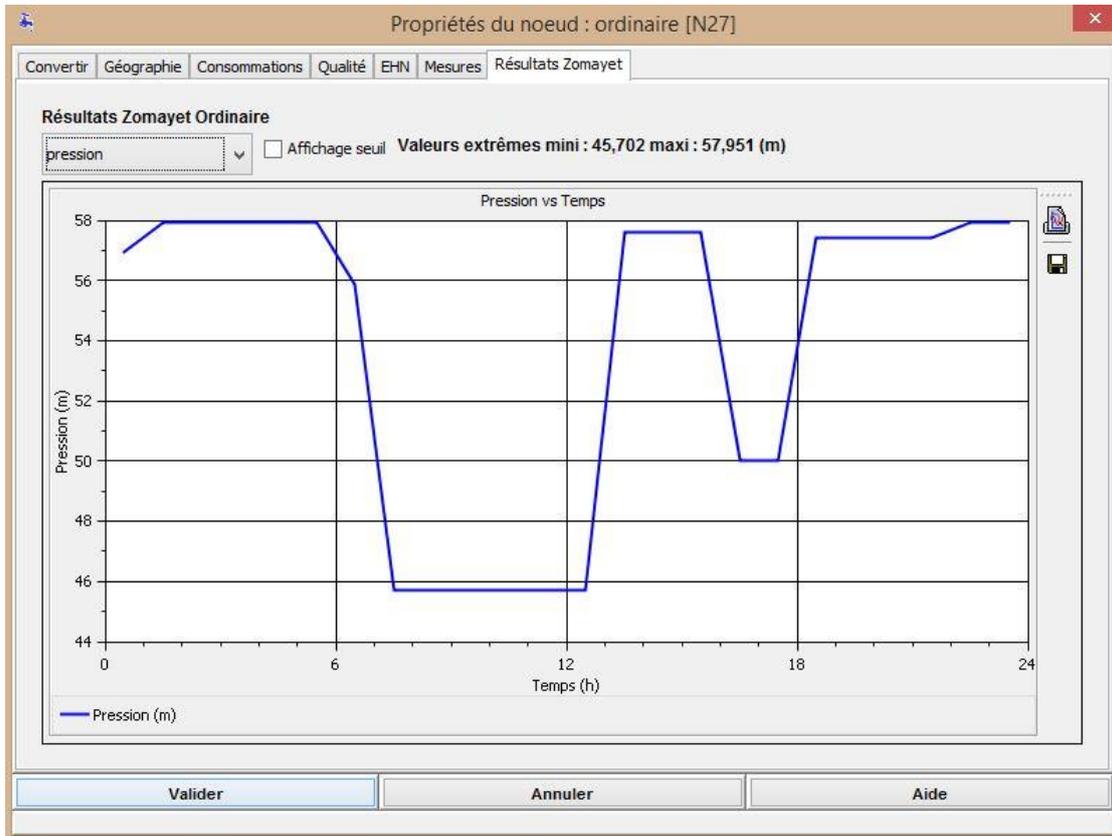


Figure IV.71 : Répartition de la pression pour un nœud N27 (au cours de la journée).

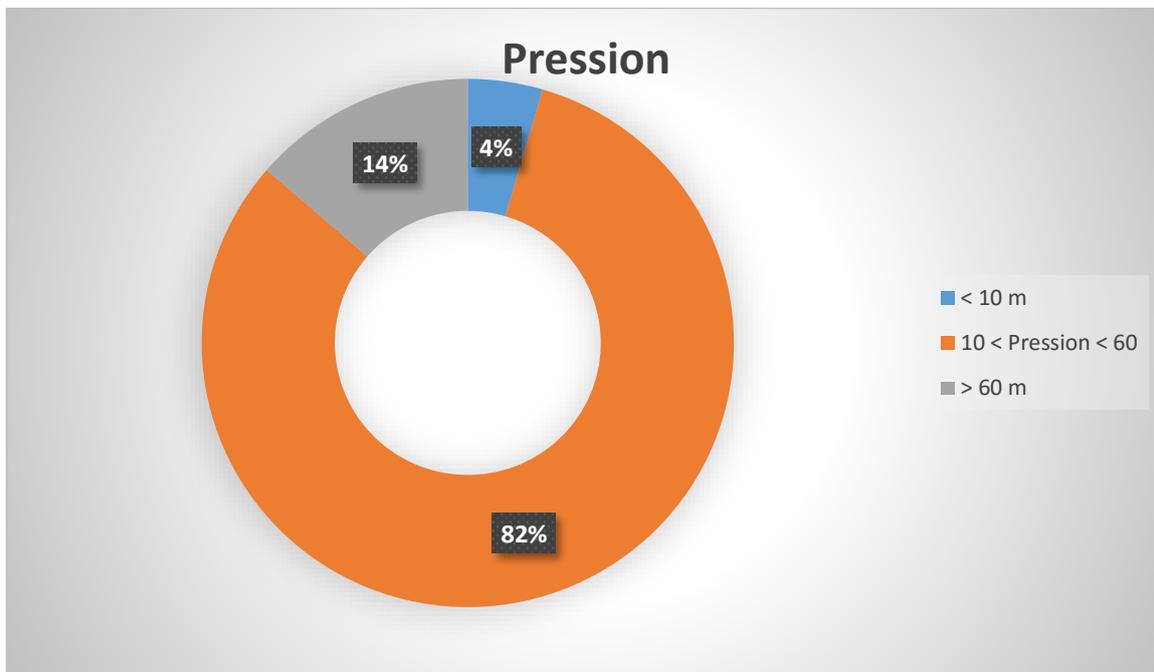


Figure IV.72 : Répartition des pressions dans le réseau.

La figure IV.72 représente 14 % des nœuds du réseau d'alimentation en eau potable de la localité de M'dig et Sidi Aissa, soit 6 nœuds qui à une pression qui dépasse 60 m, Dans 4 % des nœuds soient 2 nœuds, la pression est inférieure à 10 m, ce qui est à l'origine de la desserte limitée des abonnés. A cela s'ajoute des problèmes d'hygiène et de santé résultant du mode de fonctionnement et du stockage au niveau des ménages. Quant au 82 % restante soit, 36 nœuds, les pressions sont comprises entre 10 et 60 m d'eau (dans les normes de distribution).

**CONCLUSION  
GENERALE**

## Conclusion générale

L'étude du réseau d'AEP de localité de M'dig et Sidi Aissa a permis d'identifier certaines spécificités telles que :

- ❖ Un réseau défaillant avec des pertes d'eau sur le réseau de l'ordre de 10 %.
- ❖ Un réseau mal sectorisé (capacités de stockage mal réparties au niveau du réseau).
- ❖ Absence de matériels et moyens informatiques suffisants pour la bonne gestion du réseau d'AEP
- ❖ Un faible historique de données engendre une difficulté de construire un bon modèle hydraulique.

A partir de différentes données concernant le réseau d'AEP de la localité de M'dig et Sidi Aissa et son environnement urbain (le nombre des abonnés...) une base de données géographique a été développée sous SIG. Cette dernière elle nous a été utile lors du transfert des données sur les logiciels de simulation Epanet et Porteau.

Ces derniers permettent d'une part d'analyser les conditions de fonctionnement actuel du réseau, et d'autre part de simuler son fonctionnement futur, en prenant en considération les perspectives d'urbanisation à long terme. La visualisation des variations de niveau des réservoirs au cours d'une journée, ainsi que celles des pressions et des vitesses dans les canalisations, constituent une base à l'élaboration d'un programme de gestion du réseau d'AEP de M'dig et Sidi Aissa.

La gestion de la base de données établie pour le réseau d'AEP de la localité de M'dig et Sidi Aissa a permis de déterminer 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 au niveau de la répartition des vitesses et des pressions.

L'outil de gestion présenté permet aux exploitants des réseaux de :

- ❖ Connaître l'état du réseau dans les heures de pointe ;
- ❖ Avoir une bonne connaissance du réseau avec le débit, la vitesse et la pression en tout point ;

Le modèle traité permet de voir clairement la puissance du couple SIG-Epanet et SIG-Porteau dans la gestion du réseau d'AEP de la localité de M'dig et Sidi Aissa ainsi la souplesse offerte par ces derniers pour traiter les problèmes de fonctionnement de réseau.

Les résultats obtenus à partir les différents outils (Epanet et Porteau) sont très proche, cette différence en résultat est liée à la différence entre les formules utilisées par ces logiciels.

Cette étude constitue une première étape d'un processus global dont le but est de développer des techniques d'aide à la gestion des réseaux d'AEP au moyen des SIG, elle peut être complétée et améliorée par d'autres applications qui intéressent les gestionnaires des réseaux.

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

- Effectuer des campagnes de mesures pour caler le modèle de calcul propose ;
- Développer un modèle de consommation propre à la zone d'étude ;
- Ajouter le volet de qualité des eaux.

Ce travail doit être élargi pour qu'il puisse cerner les problèmes liés à l'alimentation en eau potable en général surtout le volet qualité.

# BIBLIOGRAPHIE

## Bibliographie

- ❖ Abdelbaki, C. (2014). Modélisation d'un réseau d'AEP et contribution à sa gestion à l'aide d'un SIG. cas du GUT. Thèse de doctorat. Université Abou Bakr Belkaid – Tlemcen.
- ❖ ADE. (2016). Rapport interne. Tlemcen: Algérienne des eaux.
- ❖ Adour-Garonne, L. d. (2005). Connaissance et maîtrise des pertes dans les réseaux d'eau potable.
- ❖ Ali Nehari. (2013). Etude de la sécurisation de l'alimentation en eau potable de groupement urbain de Tlemcen. Projet de fin d'étude. Université Abou Bakr Belkaid - Tlemcen.
- ❖ APC. (2016). Rapport interne.
- ❖ Benadouda, D. (2012). Mise à jour du SIG de réseau d'AEP de GUT. Projet de fin d'étude. Université Abou Bakr Belkaid – Tlemcen.
- ❖ Benammar, S., & Mankouri, A. (2010). L'apport de dessalement dans la nouvelle répartition des ressources en eau au niveau de la wilaya de Tlemcen. Projet de fin d'étude. Université Abou Bakr Belkaid – Tlemcen.
- ❖ Blindu, I. (2004). Outil d'aide au diagnostic du réseau d'eau potable pour la ville de Chisinau par analyse spatiale et temporelle des dysfonctionnements hydrauliques. Thèse de doctorat. France: l'Ecole nationale supérieure des mines de Saint-Etienne.
- ❖ Bonin, J. (1986). Hydraulique Urbaine Appliquée aux agglomérations de petite et moyenne importance. Edition Eyrolles.
- ❖ Bonnin, J. (1982). Aide-mémoire Hydraulique urbaine. France: Édition Eyrolles.
- ❖ Boukli Hacene, C., & Rabah Fissa, A. (2015). Systeme d'information géographique : cours et travaux pratique. Polycopié, 79p.
- ❖ Boukli, H. (2015). Cours de distribution de M1 TTE. Université Abou Bakr Belkaid – Tlemcen.
- ❖ Boumediene, A. (2012). Les adductions du groupement urbain de Tlemcen : Etats de lieux et proposition des solutions secteur Mansourah. Projet de fin d'étude. Université Abou Bakr Belkaid – Tlemcen.
- ❖ Dupont, A. (1979). Hydraulique urbaine, Tome 2. Paris: Edition Eyrolles.
- ❖ François, G. (2000). Distribution et colecte des eaux 2ed. Presses internationales Polytechnique.
- ❖ Générale des eaux. (2003). Epanet 2.0, Simulation Hydraulique et Qualité pour les Réseaux d'Eau sous Pression. Manuel de l'Utilisateur.
- ❖ Godart, H. (2000). Adduction et distribution d'eau. Techniques de l'ingénieur, Ref : C5195.

- ❖ Gomella, C. (1985). Guide de l'alimentation en eau dans les agglomérations urbaines et rurales Tome I : La distribution. Paris: Edition Eyrolles.
- ❖ Hugues, G. (2008). Adduction et distribution d'eau. Techniques de l'Ingénieur.
- ❖ IRSTEA. (2015). Documentation Porteau 4 : Guide Utilisateur. Unité Environnement Territoires et Infrastructures. Bordeaux.
- ❖ Kettab, A. (1992). Traitement des eaux : les eaux potables. Office des publications universitaires.
- ❖ Messelmi, H. (2012). Dimensionnement de système d'AEP de la ville de Dar-Chioukh de la Wilaya de Djelfa. Projet de fin d'étude. L'Ecole Nationale Supérieure d'hydraulique – Arbaoui Abdellah.
- ❖ ONS. (2008). Données de recensement de la population. Office National des statistiques.
- ❖ Pirot, F., & Varet-Vitu, A. (2004). Systèmes d'information géographique. archéologie et histoire. Histoire et Mesure.
- ❖ Rossman, L. (2000). Epanet 2 User's Manual. USA: Environmental Protection Agency - Cincinnati.
- ❖ Valiron, F. (1994). Mémento du gestionnaire d'alimentation en eau et de l'assainissement. Tome I : eau dans la ville alimentation en eau. Lyonnaise des eaux. Edition Lavoisier.

# ANNEXES

## Annexe I Calcul des besoins en eau

❖ Calcul des besoins en eau pour la localité de M'dig

Besoin en eau (l/j) = Nombre d'habitant \* Dotation

Besoins	Domestique	Scolaire	Mosquée	Centre de santé	Total
Nombre d'habitant	3196	320	1160	25	4701
Dotation (l/usage/j)	150	50	10	400	610
$\Sigma$ besoin (l/j)	479400	16000	11600	10000	517000
$\Sigma$ besoin (m <sup>3</sup> /j)	479,4	16	11,6	10	517

$$Q_{moy} (m^3/j) = (\Sigma \text{besoin} + 0,2 * \Sigma \text{besoin}) = 517 + 0.2 * 517 = 620.4 m^3/j$$

$$Q_p (m^3/j) = Q_{moy} * K = 620.4 * 3 = 1861.2 m^3/j$$

$$Q_p (l/s) = 22 l/s$$

❖ Calcul des besoins en eau pour la localité de Sidi Aissa

Besoins	Domestique	Scolaire	Mosquée	Total
Nombre d'habitant	2703	320	1160	4183
Dotation (l/usage/j)	150	50	10	210
$\Sigma$ besoin (l/j)	405450	16000	11600	433050
$\Sigma$ besoin (m <sup>3</sup> /j)	405,45	16	11,6	433,05

$$Q_{moy} (m^3/j) = (\Sigma \text{besoin} + 0,2 * \Sigma \text{besoin}) = 433.05 + 0.2 * 433.05 = 519.66 m^3/j$$

$$Q_p (m^3/j) = Q_{moy} * K = 519.66 * 3 = 1559 m^3/j$$

$$Q_p (l/s) = 18.42 l/s$$

## Annexe II

### Résultats de simulation sous Epanet à 12.00 h

#### 1. Scénario 01 : Alimentation des Deux Localités à Partir du Réservoir de M'dig

##### ➤ Résultats au Nœuds

ID Nœud	Demande (l/s)	Charge (m)	Pression (m)
N 1	2,39	669,45	32,45
N 2	2,39	669,08	17,08
N 3	2,39	667,61	21,61
N 4	2,39	667,18	27,18
N 5	2,39	667,20	46,20
N 6	2,39	668,73	43,73
N 7	2,39	665,76	57,76
N 8	2,39	667,17	57,17
N 9	2,39	666,22	53,22
N 10	2,39	666,89	41,89
N 11	2,39	664,49	7,49
N 12	2,39	666,77	4,77
N 13	2,39	668,42	36,42
N 14	2,39	668,27	38,27
N 15	2,39	668,34	27,34
N 16	2,39	667,03	20,03
N 17	2,39	666,78	58,78
N 20	2,39	664,89	53,89
N 21	2,42	664,04	62,04
N 22	2,42	662,88	55,88
N 23	2,42	661,52	49,52
N 24	2,42	660,60	39,60
N 25	2,42	658,03	25,03
N 26	2,42	657,90	27,90
N 27	2,42	658,84	31,84
N 28	2,42	659,74	46,74
N 29	2,42	661,12	46,12
N 30	2,42	662,42	53,42
N 31	2,42	662,06	50,06
N 32	2,42	660,28	35,28
N 33	2,42	659,46	43,46
N 34	2,42	659,83	33,83
N 35	2,42	659,77	28,77
N 36	2,42	656,98	50,98
N 37	2,42	657,31	11,31
N 38	2,42	656,45	12,45
N 39	2,42	655,41	-10,59
N 41	2,39	666,04	42,04
N 42	2,39	665,90	39,90
N 43	2,39	665,07	32,07
N 44	2,39	664,39	28,39
N 45	2,39	664,09	27,09

## ➤ Résultats aux arcs

ID Arc	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Pdc Unitaire (m/km)
T 1-2	174,6735	160	11,15	0,55	2,08
T 2-3	61,32524	90	8,76	1,38	23,97
T 3-4	81,63833	90	3,98	0,62	5,35
T 7-9	328,87912	75	1,18	0,27	1,41
T 4-11	522,6865	75	2,39	0,54	5,14
T 3-12	164,21501	75	2,39	0,54	5,14
T 6-13	51,601994	110	7,17	0,75	5,93
T 13-14	72,68799	90	2,39	0,38	2,08
T 13-15	41,01316	90	2,39	0,38	2,08
T 5-16	82,55889	90	2,39	0,38	2,08
T 5-17	202,8758	90	2,39	0,38	2,08
T 7-20	77,99	200	48,47	1,54	11,11
T 20-21	83,95	200	46,08	1,47	10,07
T 28-29	144,43192	110	9,22	0,97	9,56
T 30-31	68,35683	75	2,42	0,55	5,28
T 24-32	58,251205	125	9,70	0,79	5,53
T 32-33	64,27318	63	2,42	0,78	12,67
T 32-34	34,965664	63	2,42	0,78	12,67
T 32-35	39,82546	63	2,42	0,78	12,67
T 28-36	218,04593	63	2,42	0,78	12,67
T 37-38	67,83891	63	2,42	0,78	12,67
T 5-41	141,22885	125	11,95	0,97	8,21
T 41-42	26,733587	75	2,39	0,54	5,14
T 41-43	23,556116	75	7,17	1,62	41,38
T 43-44	55,141212	63	2,39	0,77	12,33
T 43-45	79,54769	63	2,39	0,77	12,33
R1-N 1	296,75714	315	101,04	1,30	4,56
T 1-6	60,13	180	38,11	1,5	11,94
T 1-8	197,66	200	49,40	1,57	11,52
T 8-10	125,43	125	5,96	0,49	2,22
T 8-7	175,19	200	41,04	1,31	8,06
T 10-9	152,96	90	3,57	0,56	4,38
T 7-5	171,68	110	-8,63	0,91	8,42
T 6-5	122,57	160	28,55	1,42	12,46
T 5-4	89,86	90	0,80	0,13	0,29
T 21-22	127,72	200	43,65	1,39	9,08
T 22-30	30,37	125	16,49	1,34	15,21
T 22-23	144,38	160	24,73	1,23	9,45
T 23-24	118,67	160	22,31	1,11	7,76
T 30-29	87,23	110	11,64	1,23	14,93
T 28-27	140,74	90	4,37	0,69	6,39
T 27-26	267,39	75	1,94	0,44	3,50
T 26-25	197,78	63	0,48	0,15	0,65
T 24-25	222,40	110	10,18	1,07	11,55
T 25-37	42,95	90	7,28	1,14	16,81
T 37-39	150,27	63	2,42	0,78	12,67

## 2. Scénario 2 : alimentation des deux localités à partir du réservoir de Sidi Aissa

## ➤ Résultats au Nœuds

ID Nœud	Demande (l/s)	Charge (m)	Pression (m)
N 1	2,39	662,50	25,50
N 2	2,39	662,00	10,00
N 3	2,39	661,99	15,99
N 4	2,39	662,18	22,18
N 5	2,39	663,02	42,02
N 6	2,39	661,73	36,73
N 7	2,39	666,00	58,00
N 8	2,39	664,36	54,36
N 9	2,39	664,61	51,61
N 10	2,39	664,15	39,15
N 11	2,39	659,49	2,49
N 12	2,39	661,15	- 0,85
N 13	2,39	660,88	28,88
N 14	2,39	659,99	29,99
N 15	2,39	660,38	19,38
N 16	2,39	662,60	15,60
N 17	2,39	661,98	53,98
N 20	2,39	669,17	58,17
N 21	2,42	672,90	70,90
N 22	2,42	679,11	72,11
N 23	2,42	682,14	70,14
N 24	2,42	683,05	62,05
N 25	2,42	683,97	50,97
N 26	2,42	683,50	53,50
N 27	2,42	681,75	54,75
N 28	2,42	680,94	67,94
N 29	2,42	680,33	65,33
N 30	2,42	679,35	70,35
N 31	2,42	678,48	66,48
N 32	2,42	682,43	57,43
N 33	2,42	682,09	66,09
N 34	2,42	682,25	56,25
N 35	2,42	682,22	51,22
N 36	2,42	679,79	73,79
N 37	2,42	684,14	38,14
N 38	2,42	684,09	40,09
N 39	2,42	684,79	18,79
N 41	2,39	660,80	36,80
N 42	2,39	660,67	34,67
N 43	2,39	659,83	26,83
N 44	2,39	659,15	23,15
N 45	2,39	658,85	21,85

## ➤ Résultats aux arcs

ID Arc	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Pdc Unitaire (m/km)
T 7 - 9	328,87912	90	3,50	0,55	4,22
T 4 - 11	522,6865	75	2,39	0,54	5,14
T 3 - 12	164,21501	75	2,39	0,54	5,14
T 6 - 13	51,601994	90	7,17	1,13	16,35
T 13 - 14	72,68799	63	2,39	0,77	12,33
T 13 - 15	40,95	63	2,39	0,77	12,33
T 5 - 16	82,55889	75	2,39	0,54	5,14
T 5 - 17	202,8758	75	2,39	0,54	5,14
T 25 - 26	197,58217	250	39,17	0,80	2,39
T 26 - 27	268,02917	200	36,75	1,17	6,52
T 27 - 28	140,72137	200	34,32	1,09	5,72
T 28 - 29	144,43192	200	29,47	0,94	4,28
T 29 - 30	87,10305	160	27,05	1,35	11,23
T 30 - 31	68,35683	63	2,42	0,78	12,67
T 24 - 32	58,20	110	9,70	1,02	10,53
T 32 - 33	64,27318	75	2,42	0,55	5,28
T 32 - 34	34,965664	75	2,42	0,55	5,28
T 32 - 35	39,82546	75	2,42	0,55	5,28
T 28 - 36	218,04593	75	2,42	0,55	5,28
T 37 - 38	67,83891	110	2,42	0,26	0,79
T 5 - 41	141,22885	110	11,95	1,26	15,69
T 41 - 42	26,733587	75	2,39	0,54	5,14
T 41 - 43	23,556116	75	7,17	1,62	41,38
T 43 - 44	55,141212	63	2,39	0,77	12,33
T 43 - 45	79,54769	63	2,39	0,77	12,33
R2 - N 39	151,07	400	101,04	0,80	1,37
T 39 - 37	150,18237	315	98,62	1,27	4,35
T 37 - 25	42,923077	315	93,77	1,20	3,95
T 30 - 22	30,356476	160	22,20	1,10	7,69
T 22 - 21	128,81305	160	57,39	2,85	48,28
T 8 - 10	125,43	75	1,28	0,29	1,62
T 10 - 9	152,96	63	1,11	0,36	2,97
T 7 - 5	171,68	160	33,89	1,69	17,34
T 5 - 4	89,86	110	9,10	0,96	9,33
T 25 - 24	223,51	250	52,17	1,06	4,13
T 24 - 23	118,55	200	40,05	1,27	7,69
T 23 - 22	142,32	160	37,62	1,87	21,22
T 21 - 20	83,95	160	54,97	2,73	44,38
T 20 - 7	77,99	160	52,58	2,62	40,69
T 7 - 8	175,07	125	12,80	1,04	9,36
T 8 - 1	198,05	110	9,13	0,96	9,38
T 5 - 6	123,75	90	5,67	0,89	10,45
T 6 - 1	60,17	75	3,89	0,88	12,86
T 4 - 3	81,64	110	4,32	0,45	2,30
T 3 - 2	61,35	90	0,46	0,07	0,11
T 2 - 1	174,16	90	2,85	0,45	2,87

## 3. Scénario 3 : alimentation de chaque localité à partir de son propre réservoir

## ➤ Résultats au Nœuds

ID Nœud	Demande (l/s)	Charge (m)	Pression (m)
N 1	2,39	669,45	32,45
N 2	2,39	668,73	16,73
N 3	2,39	668,10	22,10
N 4	2,39	667,39	27,39
N 5	2,39	666,91	45,91
N 6	2,39	668,21	43,21
N 7	2,39	667,52	59,52
N 8	2,39	668,49	58,49
N 9	2,39	667,62	54,62
N 10	2,39	668,07	43,07
N 11	2,39	666,31	9,31
N 12	2,39	667,97	5,97
N 13	2,39	667,90	35,90
N 14	2,39	667,75	37,75
N 15	2,39	667,82	26,82
N 16	2,39	666,49	19,49
N 17	2,39	665,87	57,87
N 20	2,39	666,56	55,56
N 21	2,42	673,30	71,30
N 22	2,42	674,93	67,93
N 23	2,42	676,13	64,13
N 24	2,42	677,73	56,73
N 25	2,42	679,59	46,59
N 26	2,42	677,64	47,64
N 27	2,42	675,84	48,84
N 28	2,42	674,73	61,73
N 29	2,42	674,13	59,13
N 30	2,42	674,03	65,03
N 31	2,42	673,17	61,17
N 32	2,42	676,03	51,03
N 33	2,42	675,69	59,69
N 34	2,42	675,85	49,85
N 35	2,42	675,82	44,82
N 36	2,42	673,58	67,58
N 37	2,42	680,56	34,56
N 38	2,42	680,41	36,41
N 39	2,42	681,92	15,92
N 41	2,39	664,70	40,70
N 42	2,39	664,56	38,56
N 43	2,39	663,72	30,72
N 44	2,39	663,04	27,04
N 45	2,39	662,74	25,74

## ➤ Résultats aux arcs

ID Arc	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Pdc Unitaire (m/km)
T 7 - 9	328,87912	90	3,50	0,55	4,22
T 4 - 11	522,6865	75	2,39	0,54	5,14
T 3 - 12	164,21501	75	2,39	0,54	5,14
T 6 - 13	51,601994	90	7,17	1,13	16,35
T 13 - 14	72,68799	63	2,39	0,77	12,33
T 13 - 15	40,95	63	2,39	0,77	12,33
T 5 - 16	82,55889	75	2,39	0,54	5,14
T 5 - 17	202,8758	75	2,39	0,54	5,14
T 25 - 26	197,58217	250	39,17	0,80	2,39
T 26 - 27	268,02917	200	36,75	1,17	6,52
T 27 - 28	140,72137	200	34,32	1,09	5,72
T 28 - 29	144,43192	200	29,47	0,94	4,28
T 29 - 30	87,10305	160	27,05	1,35	11,23
T 30 - 31	68,35683	63	2,42	0,78	12,67
T 24 - 32	58,20	110	9,70	1,02	10,53
T 32 - 33	64,27318	75	2,42	0,55	5,28
T 32 - 34	34,965664	75	2,42	0,55	5,28
T 32 - 35	39,82546	75	2,42	0,55	5,28
T 28 - 36	218,04593	75	2,42	0,55	5,28
T 37 - 38	67,83891	110	2,42	0,26	0,79
T 5 - 41	141,22885	110	11,95	1,26	15,69
T 41 - 42	26,733587	75	2,39	0,54	5,14
T 41 - 43	23,556116	75	7,17	1,62	41,38
T 43 - 44	55,141212	63	2,39	0,77	12,33
T 43 - 45	79,54769	63	2,39	0,77	12,33
R1 - N 1	296,75714	250	54,97	1,12	4,56
R2 - N 39	306,39444	200	46,03	1,47	10,05
T 39 - 37	150,18237	200	98,62	1,27	4,35
T 37 - 25	42,923077	160	93,77	1,20	3,95
T 30 - 22	30,356476	160	22,20	1,10	7,69
T 22 - 21	128,81305	160	57,39	2,85	48,28
T 8 - 10	125,43	75	1,28	0,29	1,62
T 10 - 9	152,96	63	1,11	0,36	2,97
T 7 - 5	171,68	160	33,89	1,69	17,34
T 5 - 4	89,86	110	9,10	0,96	9,33
T 25 - 24	223,51	250	52,17	1,06	4,13
T 24 - 23	118,55	200	40,05	1,27	7,69
T 23 - 22	142,32	160	37,62	1,87	21,22
T 21 - 20	83,95	160	54,97	2,73	44,38
T 20 - 7	77,99	160	52,58	2,62	40,69
T 7 - 8	175,07	125	12,80	1,04	9,36
T 8 - 1	198,05	110	9,13	0,96	9,38
T 5 - 6	123,75	90	5,67	0,89	10,45
T 6 - 1	60,17	75	3,89	0,88	12,86
T 4 - 3	81,64	110	4,32	0,45	2,30
T 3 - 2	61,35	90	0,46	0,07	0,11
T 2 - 1	174,16	90	2,85	0,45	2,87

### Annexe III

## Résultats de simulation sous Porteau avec la Méthode Zomayet à 12.00 h

### 1. Scénario 01 : Alimentation des Deux Localités à Partir du Réservoir de M'dig

#### ➤ Résultats au Nœuds

Nœud ID	Cote Piézo	Pression
N37	657,262	11,262
N38	656,415	12,415
N10	667,15	42,15
N35	659,642	28,642
N11	664,547	7,547
N36	656,904	50,904
N12	666,846	4,846
N34	659,702	33,702
N14	668,342	38,342
N33	659,336	43,336
N13	668,492	36,492
N32	660,139	35,139
N16	667,063	20,063
N39	655,385	-10,615
N31	661,856	49,856
N15	668,407	27,407
N30	662,215	53,215
N17	666,814	58,814
N28	659,627	46,627
N7	665,392	57,392
N29	660,967	45,967
N6	668,794	43,794
N9	666,292	53,292
N8	667,473	57,473
N24	660,455	39,455
N25	657,959	24,959
N26	657,828	27,828
N27	658,744	31,744
N1	669,511	32,511
N3	667,685	21,685
N2	669,139	17,139
N5	667,233	46,233
N4	667,217	27,217
N21	663,764	61,764
N20	664,57	53,57
N41	666,105	42,105
N23	661,345	49,345
N22	662,655	55,655
N43	665,184	32,184
N42	665,968	39,968
N45	664,217	27,217
N44	664,514	28,514

## ➤ Résultats aux arcs

Nom	Débit	Vitesse	Pdc Unitaire	Pdc Linéaire	Pdc Total
N6->N5	29,708	1,477	12,728	1,56	1,56
N8->N10	6,486	0,528	2,577	0,323	0,323
N30->N29	11,626	1,223	14,308	1,248	1,248
N25->N37	7,275	1,143	16,239	0,697	0,697
N7->N20	48,465	1,542	10,538	0,821	0,821
N24->N25	10,198	1,073	11,223	2,496	2,496
N5->N4	0,636	0,1	0,178	0,016	0,016
N41->N43	7,169	1,622	39,084	0,92	0,92
N41->N42	2,389	0,54	5,109	0,136	0,136
N10->N9	4,096	0,643	5,606	0,857	0,857
N21->N22	43,65	1,389	8,682	1,108	1,108
N1->N8	48,072	1,53	10,306	2,037	2,037
N4->N11	2,389	0,54	5,109	2,67	2,67
N28->N36	2,425	0,777	12,488	2,722	2,722
N22->N23	24,748	1,23	9,074	1,31	1,31
N1->N2	11,313	0,562	2,129	0,371	0,371
N43->N45	2,389	0,766	12,156	0,967	0,967
N1->N6	39,268	1,543	11,923	0,716	0,716
N5->N16	2,389	0,375	2,066	0,17	0,17
N43->N44	2,389	0,766	12,156	0,67	0,67
N5->N17	2,389	0,375	2,066	0,419	0,419
N30->N31	2,425	0,548	5,248	0,358	0,358
N8->N7	39,195	1,54	11,882	2,081	2,081
N2->N3	8,923	1,402	23,705	1,453	1,453
N32->N34	2,425	0,777	12,488	0,436	0,436
N5->N41	11,949	0,973	7,992	1,128	1,128
N27->N26	1,926	0,436	3,429	0,916	0,916
N32->N33	2,425	0,777	12,488	0,802	0,802
N3->N4	4,143	0,651	5,725	0,467	0,467
N24->N32	9,7	0,79	5,43	0,316	0,316
N32->N35	2,425	0,777	12,488	0,497	0,497
N26->N25	0,499	0,16	0,666	0,132	0,132
N7->N5	9,953	1,048	10,728	1,842	1,842
N20->N21	46,075	1,466	9,596	0,805	0,805
N7->N9	1,707	0,387	2,739	0,901	0,901
N13->N14	2,389	0,375	2,066	0,15	0,15
N3->N12	2,389	0,54	5,109	0,839	0,839
N13->N15	2,389	0,375	2,066	0,084	0,084
N22->N30	16,476	1,342	14,488	0,44	0,44
N6->N13	7,169	0,754	5,844	0,301	0,301
N28->N29	9,202	0,969	9,279	1,341	1,341
N37->N38	2,425	0,777	12,488	0,847	0,847
N37->N39	2,425	0,777	12,488	1,876	1,876
N28->N27	4,351	0,684	6,27	0,882	0,882
R-1->N1	101,044	1,296	4,343	1,288	1,288
N23->N24	22,323	1,11	7,496	0,889	0,889

## 2. Scénario 2 : alimentation des deux localités à partir du réservoir de Sidi Aissa

## ➤ Résultats au Nœuds

Nœud ID	Cote piézo	Pression
N39	684,797	18,797
N37	684,173	38,173
N38	684,12	40,12
N10	665,863	40,863
N35	682,308	51,308
N11	661,342	4,342
N36	679,981	73,981
N12	662,981	0,981
N34	682,333	56,333
N14	661,859	31,859
N33	682,18	66,18
N13	662,742	30,742
N32	682,517	57,517
N16	664,419	17,419
N31	678,761	66,761
N15	662,244	21,244
N30	679,615	70,615
N17	663,804	55,804
N28	681,125	68,125
N7	667,646	59,646
N29	680,532	65,532
N6	663,558	38,558
N9	666,29	53,29
N8	666,074	56,074
N24	683,112	62,112
N25	684,011	51,011
N26	683,553	53,553
N27	681,892	54,892
N1	664,302	27,302
N3	663,82	17,82
N2	663,825	11,825
N5	664,841	43,841
N4	664,013	24,013
N21	673,843	71,843
N20	670,503	59,503
N41	662,715	38,715
N23	682,232	70,232
N22	679,394	72,394
N43	661,794	28,794
N42	662,578	36,578
N45	660,827	23,827
N44	661,124	25,124

## ➤ Résultats aux arcs

Nom	Débit	Vitesse	Pdc Unitaire	Pdc Linéaire	Pdc Total
N8->N10	1,31	0,296	1,678	0,21	0,21
R-2->N39	101,044	0,804	1,34	0,202	0,202
N29->N30	26,815	1,333	10,528	0,917	0,917
N24->N23	40,279	1,282	7,427	0,88	0,88
N5->N4	9,167	0,964	9,214	0,827	0,827
N23->N22	37,854	1,882	19,937	2,837	2,837
N6->N1	3,852	0,872	12,364	0,744	0,744
N5->N6	5,708	0,897	10,365	1,282	1,282
N41->N43	7,169	1,622	39,084	0,92	0,92
N21->N20	54,969	2,733	39,784	3,339	3,339
N41->N42	2,389	0,54	5,109	0,136	0,136
N10->N9	1,08	0,347	2,79	0,427	0,427
N4->N11	2,389	0,54	5,109	2,67	2,67
N37->N25	93,769	1,203	3,782	0,162	0,162
N28->N36	2,425	0,548	5,248	1,144	1,144
N22->N21	57,394	2,854	43,095	5,551	5,551
N43->N45	2,389	0,766	12,156	0,967	0,967
N5->N16	2,389	0,54	5,109	0,421	0,421
N43->N44	2,389	0,766	12,156	0,67	0,67
N20->N7	52,579	2,615	36,64	2,857	2,857
N5->N17	2,389	0,54	5,109	1,036	1,036
N30->N31	2,425	0,777	12,488	0,853	0,853
N27->N28	34,09	1,085	5,453	0,767	0,767
N32->N34	2,425	0,548	5,248	0,183	0,183
N5->N41	11,949	1,257	15,053	2,125	2,125
N32->N33	2,425	0,548	5,248	0,337	0,337
N2->N1	2,783	0,438	2,739	0,477	0,477
N26->N27	36,515	1,162	6,193	1,66	1,66
N24->N32	9,7	1,02	10,229	0,595	0,595
N32->N35	2,425	0,548	5,248	0,209	0,209
N3->N2	0,393	0,062	0,073	0,005	0,005
N8->N1	9,023	0,949	8,947	1,772	1,772
N7->N5	33,996	1,69	16,338	2,804	2,804
N7->N9	3,469	0,545	4,121	1,355	1,355
N7->N8	12,724	1,036	8,977	1,571	1,571
N25->N24	52,404	1,067	4,021	0,898	0,898
N25->N26	38,94	0,793	2,32	0,458	0,458
N13->N14	2,389	0,766	12,156	0,883	0,883
N3->N12	2,389	0,54	5,109	0,839	0,839
N13->N15	2,389	0,766	12,156	0,497	0,497
N6->N13	7,169	1,127	15,808	0,815	0,815
N4->N3	4,387	0,461	2,353	0,192	0,192
N28->N29	29,24	0,93	4,104	0,592	0,592
N30->N22	21,965	1,092	7,276	0,22	0,22
N37->N38	2,425	0,255	0,784	0,053	0,053
N39->N37	98,619	1,265	4,152	0,623	0,623

## 3. Scénario 3 : alimentation de chaque localité à partir de son propre réservoir

## ➤ Résultats au Nœuds

Nœud ID	Cote piézo	Pression
N39	682,065	16,065
N37	680,763	34,763
N38	680,62	36,62
N10	668,116	43,116
N35	676,254	45,254
N11	666,382	9,382
N36	674,01	68,01
N12	668,021	6,021
N34	676,279	50,279
N14	667,827	37,827
N33	676,126	60,126
N13	667,978	35,978
N32	676,463	51,463
N16	666,01	19,01
N31	673,614	61,614
N15	667,893	26,893
N30	674,466	65,466
N17	665,96	57,96
N28	675,152	62,152
N7	667,584	59,584
N29	674,561	59,561
N6	668,279	43,279
N9	667,671	54,671
N8	668,53	58,53
N24	678,071	57,071
N25	679,869	46,869
N26	677,985	47,985
N27	676,231	49,231
N1	669,456	32,456
N3	668,146	22,146
N2	668,759	16,759
N5	666,996	45,996
N4	667,462	27,462
N21	673,736	71,736
N20	666,635	55,635
N41	664,87	40,87
N23	676,52	64,52
N22	675,342	68,342
N43	663,95	30,95
N42	664,734	38,734
N45	662,983	25,983
N44	663,279	27,279

## ➤ Résultats aux arcs

Nom	Débit	Vitesse	Pdc Unitaire	Pdc Linéaire	Pdc Total
N29->N30	1,035	0,234	1,084	0,094	0,094
N7->N20	2,389	0,766	12,156	0,948	0,948
N41->N43	7,169	1,622	39,084	0,92	0,92
N41->N42	2,389	0,54	5,109	0,136	0,136
N1->N8	17,321	0,861	4,686	0,926	0,926
N37->N25	38,759	1,927	20,829	0,894	0,894
N1->N2	15,877	0,789	3,988	0,696	0,696
N1->N6	19,381	1,579	19,57	1,176	1,176
N27->N28	8,302	0,873	7,668	1,079	1,079
N8->N7	9,667	0,787	5,397	0,945	0,945
N32->N34	2,422	0,548	5,238	0,183	0,183
N2->N3	13,487	1,099	10	0,613	0,613
N5->N41	11,949	1,257	15,053	2,125	2,125
N32->N33	2,422	0,548	5,238	0,336	0,336
N32->N35	2,422	0,548	5,238	0,208	0,208
N3->N4	8,707	0,916	8,375	0,683	0,683
N7->N5	5,371	0,565	3,423	0,587	0,587
N7->N9	0,484	0,11	0,266	0,088	0,088
N25->N24	23,189	1,153	8,045	1,798	1,798
N25->N26	13,147	1,071	9,538	1,884	1,884
N3->N12	2,389	0,251	0,764	0,125	0,125
R-2->N39	46,027	1,465	9,578	2,934	2,934
N8->N10	5,263	0,553	3,297	0,413	0,413
N6->N5	9,821	1,033	10,467	1,282	1,282
N24->N23	11,077	1,165	13,081	1,55	1,55
N24->N32	9,689	1,523	27,614	1,608	1,608
N5->N4	3,928	0,618	5,186	0,466	0,466
N23->N22	8,654	0,91	8,282	1,178	1,178
N10->N9	2,873	0,451	2,907	0,444	0,444
N4->N11	2,389	0,375	2,066	1,08	1,08
N28->N36	2,422	0,548	5,238	1,142	1,142
N22->N21	2,422	0,777	12,464	1,605	1,605
N43->N45	2,389	0,766	12,156	0,967	0,967
N5->N16	2,389	0,766	11,943	0,986	0,986
N43->N44	2,389	0,766	12,156	0,67	0,67
N30->N31	2,422	0,777	12,464	0,852	0,852
N5->N17	2,389	0,54	5,109	1,036	1,036
N26->N27	10,725	0,873	6,541	1,753	1,753
N20->N21	0	0	0	0	0
N13->N14	2,389	0,375	2,066	0,15	0,15
N13->N15	2,389	0,375	2,066	0,084	0,084
N6->N13	7,169	0,754	5,844	0,301	0,301
N28->N29	3,457	0,543	4,095	0,591	0,591
N37->N38	2,422	0,38	2,118	0,143	0,143
N30->N22	3,81	1,223	28,833	0,876	0,876
R-1->N1	54,969	1,119	4,526	1,343	1,343
N39->N37	43,604	1,387	8,665	1,301	1,301

## Annexe IV

### Résultats de simulation sous Porteau avec la Méthode Opointe à 12.00 h

#### 1. Scénario 01 : Alimentation des Deux Localités à Partir du Réservoir de M'dig

##### ➤ Résultats au Nœuds

Nœud ID	Cote Piézo	Pression
N37	649,524	3,524
N38	648,337	4,337
N10	663,384	38,384
N35	652,86	21,86
N11	659,735	2,735
N36	649,023	43,023
N12	662,958	0,958
N34	652,945	26,945
N14	665,055	35,055
N33	652,432	36,432
N13	665,265	33,265
N32	653,557	28,557
N16	663,262	16,262
N39	646,894	-19,106
N31	655,964	43,964
N15	665,146	24,146
N30	656,467	47,467
N17	662,913	54,913
N28	652,839	39,839
N7	660,92	52,92
N29	654,718	39,718
N6	665,688	40,688
N9	662,182	49,182
N8	663,837	53,837
N24	654	33
N25	650,502	17,502
N26	650,317	20,317
N27	651,602	24,602
N1	666,693	29,693
N3	664,134	18,134
N2	666,171	14,171
N5	663,501	42,501
N4	663,479	23,479
N21	658,638	56,638
N20	659,767	48,767
N41	661,919	37,919
N23	655,247	43,247
N22	657,084	50,084
N43	660,628	27,628
N42	661,727	35,727
N45	659,273	22,273
N44	659,689	23,689

## ➤ Résultats aux arcs

Nom	Débit	Vitesse	Pdc Unitaire	Pdc Linéaire	Pdc Total
N6->N5	35,65	1,773	17,841	2,186	2,186
N8->N10	7,784	0,634	3,613	0,453	0,453
N30->N29	13,952	1,468	20,055	1,749	1,749
N25->N37	8,73	1,372	22,762	0,977	0,977
N7->N20	58,158	1,851	14,771	1,152	1,152
N24->N25	12,237	1,287	15,731	3,498	3,498
N5->N4	0,763	0,12	0,249	0,022	0,022
N41->N43	8,603	1,947	54,783	1,29	1,29
N41->N42	2,867	0,649	7,161	0,191	0,191
N10->N9	4,916	0,772	7,858	1,202	1,202
N21->N22	52,38	1,667	12,169	1,554	1,554
N1->N8	57,687	1,836	14,446	2,855	2,855
N4->N11	2,867	0,649	7,161	3,743	3,743
N28->N36	2,91	0,933	17,504	3,816	3,816
N22->N23	29,697	1,477	12,719	1,836	1,836
N1->N2	13,576	0,675	2,984	0,521	0,521
N43->N45	2,867	0,92	17,039	1,355	1,355
N1->N6	47,122	1,851	16,712	1,004	1,004
N5->N16	2,867	0,45	2,896	0,239	0,239
N43->N44	2,867	0,92	17,039	0,939	0,939
N5->N17	2,867	0,45	2,896	0,587	0,587
N30->N31	2,91	0,658	7,357	0,502	0,502
N8->N7	47,035	1,848	16,654	2,917	2,917
N2->N3	10,708	1,683	33,227	2,037	2,037
N32->N34	2,91	0,933	17,504	0,612	0,612
N5->N41	14,339	1,168	11,202	1,582	1,582
N27->N26	2,312	0,523	4,806	1,285	1,285
N32->N33	2,91	0,933	17,504	1,125	1,125
N3->N4	4,972	0,781	8,025	0,655	0,655
N24->N32	11,64	0,948	7,612	0,443	0,443
N32->N35	2,91	0,933	17,504	0,697	0,697
N26->N25	0,598	0,192	0,934	0,185	0,185
N7->N5	11,943	1,257	15,037	2,582	2,582
N20->N21	55,29	1,759	13,451	1,129	1,129
N7->N9	2,049	-0,464	-3,839	1,263	1,263
N13->N14	2,867	0,45	2,896	0,21	0,21
N3->N12	2,867	0,649	7,161	1,176	1,176
N13->N15	2,867	0,45	2,896	0,118	0,118
N22->N30	19,772	1,611	20,308	0,616	0,616
N6->N13	8,603	0,905	8,192	0,422	0,422
N28->N29	11,043	1,162	13,005	1,879	1,879
N37->N38	2,91	0,933	17,504	1,187	1,187
N37->N39	2,91	0,933	17,504	2,63	2,63
N28->N27	5,222	0,82	8,789	1,237	1,237
R-1->N1	121,253	1,555	6,088	1,806	1,806
N23->N24	26,787	1,332	10,508	1,247	1,247

## 2. Scénario 2 : alimentation des deux localités à partir du réservoir de Sidi Aissa

## ➤ Résultats au Nœuds

Nœud ID	Cote piézo	Pression
N39	684,216	18,216
N37	683,342	37,342
N38	683,267	39,267
N10	657,677	32,677
N35	680,727	49,727
N11	651,34	-5,66
N36	677,465	71,465
N12	653,637	-8,363
N34	680,762	54,762
N14	652,064	22,064
N33	680,547	64,547
N13	653,302	21,302
N32	681,02	56,02
N16	655,652	8,652
N31	675,756	63,756
N15	652,604	11,604
N30	676,952	67,952
N17	654,791	46,791
N28	679,069	66,069
N7	660,175	52,175
N29	678,238	63,238
N6	654,446	29,446
N9	658,275	45,275
N8	657,972	47,972
N24	681,854	60,854
N25	683,114	50,114
N26	682,471	52,471
N27	680,145	53,145
N1	655,488	18,488
N3	654,814	8,814
N2	654,82	2,82
N5	656,243	35,243
N4	655,083	15,083
N21	668,862	66,862
N20	664,18	53,18
N41	653,264	29,264
N23	680,62	68,62
N22	676,643	69,643
N43	651,973	18,973
N42	653,072	27,072
N45	650,618	13,618
N44	651,034	15,034

## ➤ Résultats aux arcs

Nom	Débit	Vitesse	Pdc Unitaire	Pdc Linéaire	Pdc Total
N8->N10	1,572	0,355	2,353	0,295	0,295
R-2->N39	121,253	0,964	1,878	0,283	0,283
N29->N30	32,178	1,6	14,757	1,285	1,285
N24->N23	48,335	1,538	10,411	1,234	1,234
N5->N4	11,001	1,157	12,915	1,16	1,16
N23->N22	45,425	2,259	27,945	3,977	3,977
N6->N1	4,622	1,047	17,33	1,043	1,043
N5->N6	6,85	1,076	14,528	1,797	1,797
N41->N43	8,603	1,947	54,783	1,29	1,29
N21->N20	65,963	3,28	55,763	4,681	4,681
N41->N42	2,867	0,649	7,161	0,191	0,191
N10->N9	1,296	0,416	3,911	0,599	0,599
N4->N11	2,867	0,649	7,161	3,743	3,743
N37->N25	112,523	1,443	5,301	0,227	0,227
N28->N36	2,91	0,658	7,357	1,604	1,604
N22->N21	68,873	3,425	60,405	7,78	7,78
N43->N45	2,867	0,92	17,039	1,355	1,355
N5->N16	2,867	0,649	7,161	0,591	0,591
N43->N44	2,867	0,92	17,039	0,939	0,939
N20->N7	63,095	3,138	51,357	4,005	4,005
N5->N17	2,867	0,649	7,161	1,452	1,452
N30->N31	2,91	0,933	17,504	1,196	1,196
N27->N28	40,908	1,302	7,644	1,075	1,075
N32->N34	2,91	0,658	7,357	0,257	0,257
N5->N41	14,339	1,508	21,099	2,979	2,979
N32->N33	2,91	0,658	7,357	0,472	0,472
N2->N1	3,339	0,525	3,839	0,669	0,669
N26->N27	43,818	1,394	8,681	2,326	2,326
N24->N32	11,64	1,224	14,338	0,834	0,834
N32->N35	2,91	0,658	7,357	0,293	0,293
N3->N2	0,471	0,074	0,102	0,007	0,007
N8->N1	10,828	1,139	12,541	2,483	2,483
N7->N5	40,795	2,029	22,9	3,931	3,931
N7->N9	4,163	0,654	5,776	1,899	1,899
N7->N8	15,268	1,244	12,583	2,202	2,202
N25->N24	62,885	1,281	5,636	1,259	1,259
N25->N26	46,728	0,951	3,252	0,642	0,642
N13->N14	2,867	0,92	17,039	1,238	1,238
N3->N12	2,867	0,649	7,161	1,176	1,176
N13->N15	2,867	0,92	17,039	0,697	0,697
N6->N13	8,603	1,352	22,158	1,143	1,143
N4->N3	5,265	0,554	3,299	0,269	0,269
N28->N29	35,088	1,116	5,753	0,83	0,83
N30->N22	26,358	1,31	10,198	0,309	0,309
N37->N38	2,91	0,306	1,1	0,074	0,074
N39->N37	118,343	1,518	5,82	0,874	0,874

## 3. Scénario 3 : alimentation de chaque localité à partir de son propre réservoir

## ➤ Résultats au Nœuds

Nœud ID	Cote piézo	Pression
N39	680,386	14,386
N37	678,562	32,562
N38	678,36	34,36
N10	664,738	39,738
N35	672,241	41,241
N11	662,308	5,308
N36	669,096	63,096
N12	664,604	2,604
N34	672,277	46,277
N14	664,334	34,334
N33	672,062	56,062
N13	664,544	32,544
N32	672,534	47,534
N16	661,787	14,787
N31	668,541	56,541
N15	664,426	23,426
N30	669,735	60,735
N17	661,716	53,716
N28	670,697	57,697
N7	663,993	55,993
N29	669,868	54,868
N6	664,967	39,967
N9	664,115	51,115
N8	665,318	55,318
N24	674,788	53,788
N25	677,309	44,309
N26	674,667	44,667
N27	672,21	45,21
N1	666,616	29,616
N3	664,78	18,78
N2	665,64	13,64
N5	663,169	42,169
N4	663,822	23,822
N21	668,712	66,712
N20	662,663	51,663
N41	660,189	36,189
N23	672,615	60,615
N22	670,962	63,962
N43	658,898	25,898
N42	659,997	33,997
N45	657,543	20,543
N44	657,959	21,959

## ➤ Résultats aux arcs

Nom	Débit	Vitesse	Pdc Unitaire	Pdc Linéaire	Pdc Total
N29->N30	1,242	0,281	1,52	0,132	0,132
N7->N20	2,867	0,92	17,039	1,329	1,329
N41->N43	8,603	1,947	54,783	1,29	1,29
N41->N42	2,867	0,649	7,161	0,191	0,191
N1->N8	20,785	1,033	6,569	1,298	1,298
N37->N25	46,511	2,313	29,196	1,253	1,253
N1->N2	19,052	0,947	5,59	0,976	0,976
N1->N6	23,257	1,895	27,431	1,649	1,649
N27->N28	9,963	1,048	10,749	1,512	1,512
N8->N7	11,601	0,945	7,565	1,325	1,325
N32->N34	2,906	0,658	7,343	0,256	0,256
N2->N3	16,184	1,318	14,016	0,859	0,859
N5->N41	14,339	1,508	21,099	2,979	2,979
N32->N33	2,906	0,658	7,343	0,471	0,471
N32->N35	2,906	0,658	7,343	0,292	0,292
N3->N4	10,448	1,099	11,74	0,958	0,958
N7->N5	6,445	0,678	4,798	0,823	0,823
N7->N9	0,581	0,132	0,372	0,123	0,123
N25->N24	27,827	1,384	11,276	2,52	2,52
N25->N26	15,777	1,285	13,369	2,641	2,641
N3->N12	2,867	0,301	1,07	0,175	0,175
R-2->N39	55,232	1,758	13,425	4,113	4,113
N8->N10	6,316	0,664	4,622	0,579	0,579
N6->N5	11,785	1,24	14,671	1,798	1,798
N24->N23	13,292	1,398	18,335	2,173	2,173
N24->N32	11,627	1,827	38,706	2,254	2,254
N5->N4	4,713	0,741	7,268	0,654	0,654
N23->N22	10,385	1,092	11,609	1,652	1,652
N10->N9	3,448	0,542	4,075	0,623	0,623
N4->N11	2,867	0,45	2,896	1,514	1,514
N28->N36	2,906	0,658	7,343	1,601	1,601
N22->N21	2,906	0,932	17,47	2,25	2,25
N43->N45	2,867	0,92	17,039	1,355	1,355
N5->N16	2,867	0,92	16,741	1,382	1,382
N43->N44	2,867	0,92	17,039	0,939	0,939
N30->N31	2,906	0,932	17,47	1,194	1,194
N5->N17	2,867	0,649	7,161	1,452	1,452
N26->N27	12,87	1,048	9,168	2,457	2,457
N20->N21	0	0	0	0	0
N13->N14	2,867	0,45	2,896	0,21	0,21
N13->N15	2,867	0,45	2,896	0,118	0,118
N6->N13	8,603	0,905	8,192	0,422	0,422
N28->N29	4,149	0,652	5,739	0,829	0,829
N37->N38	2,906	0,456	2,97	0,201	0,201
N30->N22	4,572	1,467	40,414	1,227	1,227
R-1->N1	65,963	1,343	6,345	1,883	1,883
N39->N37	52,325	1,665	12,146	1,824	1,824