

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**



UNIVERSITE ABOU BAKR BELKAID TLEMEN



FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE

Thèse présentée par :

Mr. TADJ Mohammed Amine

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

en Hydraulique

Option : Ouvrage hydraulique.

THEME

**Simulation sur le logiciel EPANET et PORTEAU du réseau
d'AEP de la localité d'ABOU TECHFINE et de la cité LES
OLIVIERS**

BENTALHA Chakib

Président

UABT Tlemcen

HABI Mohammed

Encadreur

UABT Tlemcen

BENADA Lotfi

Co-Encadreur

UABT Tlemcen

TERKI HASSAINE

Examineur

UABT Tlemcen

Taha El Amine

2020/2021

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail en signe de respect et de reconnaissance à:

- *Mes chers parents pour tous les sacrifices qu'ils ont consentis, pour tous les encouragements ainsi que pour leur soutien qui m'a permis de mener à terme le travail en question.*

Je le dédie également à:

- *Mes chers frères, sœurs et gendres ;*
- *Toute ma grande famille et tous mes proches.*

Mohammed Amine

Remerciements

Ce travail a vu le jour sous l'encadrement de Mr HABI Mohammed et BENADA Lotfi, qu'ils trouvent ici l'expression de mes sincères remerciements pour avoir accepté de me diriger afin de mener à bien cette thèse. Pour leurs conseils utiles, leurs critiques fructueuses, je tiens à exprimer ici ma profonde reconnaissance pour eux.

Je remercie Mr BENTALHA Chakib d'avoir bien voulu m'honorer en acceptant de présider le jury chargé d'examiner ce travail.

Aussi, je remercie Mr TERKI HASSAINE Taha EL Amine d'avoir accepté d'examiner ce travail malgré ses nombreuses charges et préoccupations et je lui remercie pour l'intérêt qu'il a accordé à cette thèse.

Que Mr BOUCHELKIA Abdelhamid, Chef de département d'Hydraulique soit particulièrement remercié pour son aide et son soutien.

Je tiens également à remercier L'ensemble du personnel de l'Algérienne des Eaux(Tlemcen).

Ma sympathie et profonde reconnaissance à tous les membres de la faculté de technologie pour leur aide précieuse et spontanée.

Toute ma haute considération à tous les enseignants qui ont contribué à ma formation.

Un merci doit être adressé aux membres de ma famille, mes parents, mes sœurs, mes frères, mes gendres pour leur patience et leur compréhension.

A toutes les personnes qui m'ont assisté de près ou de loin, qu'ils trouvent dans ce modeste document l'expression de mes sincères remerciements.

Résumé : Ce travail consiste à modéliser le réseau d'alimentation en eau potable d'ABOU TECHFINE et à rechercher une approche de gestion de ce dernier via des outils d'investigation puissants que sont EPANET et PORTEAU. Le manque d'eau que subit ce groupement est dû non seulement à la conséquence de la sécheresse qu'a connue la ville cette dernière décennie, mais aussi à une gestion délicate et difficile du fait de l'utilisation d'outils d'investigation archaïques (archivage manuel, plans...). La tension relative à l'alimentation en eau potable qui règne actuellement ne cesse de croître avec le développement socio- économique, culturel et touristique du GUT, demandant une rationalisation de l'eau potable par crainte de voir s'instaurer un véritable souci pour son acquisition, si une politique d'anticipation, de planification et de contrôle ne suit pas. La croissance sociale dynamique conjuguée à la concentration de la population dans le centre urbain et à l'acuité des problèmes techniques liés à l'alimentation en eau confronte la maîtrise de la gestion du réseau et les interpelle pour une meilleure exploitation, voire pour une optimisation via l'acquisition et l'utilisation d'outils modernes que sont EPANET et PORTEAU. Pour l'amélioration de la connaissance du réseau, la détection et la compréhension des désordres pouvant s'y produire, la simulation de son fonctionnement, le dimensionnement des extensions, la prévision des branchements particuliers, la décision sur le choix de l'emplacement et les situations futures, seule la gestion à l'aide d'un logiciel de gestion pourrera répondre à cette problématique.

Mots clés : Approche systémique, Modélisation, PORTEAU, Epanet, Réseau d'AEP, Gestion.

Abstract: This work aims to model a drinking water network and to seek a management approach for this latter for ABOU TECHFINE, using EPANET and PORTEAU. Water shortages experienced by this grouping are not only a consequence of the drought which has occurred in the city over the last decade, but also a delicate and difficult management issue due to the use of archaic investigative tools (manual archiving, plans...). The current pressure on water supply keeps on growing along with socio-economic, cultural and tourism development of UGT, requiring rationalization of drinking water for fear of seeing a genuine concern being established regarding its availability, in the case where a policy of anticipation, planning and control did not follow. Due to the growth coupled with the social dynamics of population concentration in the urban centre, together with acute technical problems related to water supply, operators are faced with network management control and the challenge of a better practice, or even optimization through the acquisition and use of modern tools such as EPANET and PORTEAU. To improve the knowledge of the network, as well as the detecting and understanding of disorders that occur there, the simulation of operations, the design of extensions, the prediction of private connections, the decision making related to the location choice and future situations, only management using a geographic information system (GIS) is able to address this issue.

Key words: Systemic approach, Modeling, Epanet, Water Distribution Network; Management

ملخص: يهدف هذا العمل الى نمذجة شبكة المياه الصالحة للشرب للمجمع الحضري لمدينة تلمسان و البحث عن طريقة لتسيير هاته الأخيرة باستعمال أنظمة جد مهمة ألا وهي أنظمة الاعلام الجغرافي. ان النقص في المياه الذي يعيشه هذا المجمع، ليس نتيجة الجفاف الذي عاشته المنطقة في العشرية الأخيرة فحسب، بل هو ناتج عن طرق التسيير البدائية المتبعة لتسيير هاته الشبكة. ان مشاكل الامداد بالمياه الصالحة للشرب بالمجمع الحضري بتلمسان تتزايد مع النمو الاجتماعي، الاقتصادي، الثقافي و السياحي للمجمع، وعليه فانه من المطلوب ترشيد استعمال المياه الصالحة للشرب. كما أن التزايد السكاني و كثافته على مستوى هذا المجمع يدعو مسيري المياه الى اتقان طرق التسيير و الاستغلال وكذا أخذ القرارات المناسبة فيما يخص الدراسات الخاصة بالترميم و التجديد وكذا توسيع شبكة المياه الصالحة للشرب. لذلك وجب استعمال أنظمة الاعلام الجغرافي، بل وأصبح ذلك أمرا حتميا كون هاته الأخيرة تستوفي المواصفات و تلبى الطلب في هذا المجال. في هذا الصدد، اقترحنا طريقة تعتمد على المقاربة النظامية، التي تم بعدها انشاء نظام الاعلام الجغرافي و ربطه ببرنامج Epanet، مستوى المجمع الحضري بتلمسان و كذا زبائنه. وقد كانت النتائج المتحصل عليها مشجعة.

كلمات مفتاحية: مقاربة نظامية، نمذجة، PORTEAU، Epanet، شبكة الامداد بالمياه الصالحة

Introduction :	4
CHAPITRE 01:	5
Présentation Du GUT (Tlemcen) :	5
1.Données générales :	6
1.1. Situation géographique :	6
1.2. La morphologie du territoire :	7
1.3. Hydrologie :	7
1.4. Climat :	8
2.Situation de l’AEP :	8
2.1. Système de distribution des eaux :	10
2.2. Conduites de liaisons :	10
2.3. Zones de distributions :	10
3.Le réseau d’Abou Tachfine :	16
3.1. Réservoirs de stockage :	16
3.2. Le réseau de distribution D’Abou Tachfine :	16
CHAPITRE 02 :	18
Logiciels utilisés Et Méthode de travail.....	18
1.EPANET :	19
1.1. Ce qu’est EPANET :	19
1.2. Capacités pour la Modélisation Hydraulique :	19
1.3. Capacités pour la Modélisation de la Qualité de l’Eau	20
1.4. Méthode de Travail :	22
2.PORTEAU :	29
2.1. Ce qu’est PORTEAU :	29
2.2. Les principaux modules du logiciel :	31
2.3. Résultats et discussion	35
3.Discussion des résultats :	46
Conclusion générale:	48

Liste de figures

N°	Figure	Page
1	Localisation de la ville de Tlemcen.	6
2	Carte des bassins versants et du chevelu hydrographique.	7
3	Présentation du groupement urbain de Tlemcen.	9
4	Matériaux constituant le réseau en %	17
5	Diamètre des canalisations du réseau en %	17
6	Boîte de dialogue valeurs par défauts du projet.	23
7	L'éditeur des propriétés.	24
8	Schéma du réseau après ajout des nœuds et des conduites.	24
9	La simulation du réseau d'Abou Tachfine.	25
10	Courbes de niveau en fonction de la pression(m).	26
11	Image Bmp du fond d'écran.	27
12	Boîte de dialogue des dimensions de l'image Bmp.	28
13	Le réseau d'Abou Tachfine est bien calé sur la carte.	28
14	Modélisation du réseau Abou Tachfine avec le logiciel porteau	30
15	Module de calcul ZOMAYET	32
16	Module de calcul OPOINTE	33
17	Module THERMIC	34
18	VARIATION DE LA VITESSE DANS UN TRONÇON SUR 24H	35
19	VARIATION DE LA PRESSION DANS UN NŒUD SUR 24H	36
20	Distribution du débit en fonction de Nbre d'abonnés	45

Liste des Tableaux

N°	Tableau	Page
1	Caractéristiques des réservoirs Tombeau du Rab 2* 2000 m3	16
2	Linéaire des différents types de conduites.	16
3	Etat des nœuds pendant la simulation.	26
4	Etat des arcs ou conduites pendant la simulation.	27
5	Le débit en l/s dans chaque nœud	37

Introduction :

La plupart des réseaux en eau potable en Algérie ont été conçus depuis les années 1950 en fonction des réalités et des besoins qui diffèrent d'aujourd'hui. Des changements importants continuent d'être opérés depuis lors, afin d'adapter ces réseaux aux besoins actuels et satisfaire la demande des clients. Pour juger le fonctionnement des réseaux adaptés, des lois et normes sont votées, des indicateurs tels que le rendement ou l'indice linéaire de pertes sont utilisés. De nos jours les défis principaux qui se posent sont la distribution de l'eau en quantité et qualité. Cet objectif est devenu très préoccupant du fait de l'aspect sanitaire de l'eau, dont aucune entreprise ne peut se permettre une mauvaise gestion. Elle reste très difficile à atteindre à cause de l'aspect réel des réseaux d'eau potable qui se détériore avec le temps, combiné à la baisse continue des consommations domestiques. Face à ce problème constant, d'importants investissements doivent être déployés, beaucoup d'innovations doivent être réalisées, et de nouveaux outils plus performants doivent être utilisés. C'est dans ce contexte que l'Algérienne des eaux une mise à jour du modèle du réseau de Tlemcen qui permettra de contribuer à sa gestion efficiente. Cette modélisation sera complétée par un diagnostic du réseau afin de détecter les différents problèmes auxquels est confronté le réseau, en vue d'une proposition de réhabilitation. Pour atteindre donc cet objectif, on entamera la première phase par la présentation du réseau de Tlemcen. Cette étape nous permettra non seulement d'analyser et de comprendre le fonctionnement du réseau, mais également de collecter les données du terrain indispensables pour la suite. La deuxième étape constituera à présenter les deux logiciels utilisés et connaître l'avantage de chaque logiciel. Enfin la troisième étape sera consacrée à une étude diagnostique grâce aux résultats des différentes simulations effectuées avec les différents outils.

CHAPITRE 01:

Présentation Du GUT **(Tlemcen)**

1. Données générales :

1.1. Situation géographique :

La ville de Tlemcen est située à 140 km au sud-ouest d'Oran. Elle est entourée des villages d'EL Ebbad à l'est et de Mansourah à l'ouest.

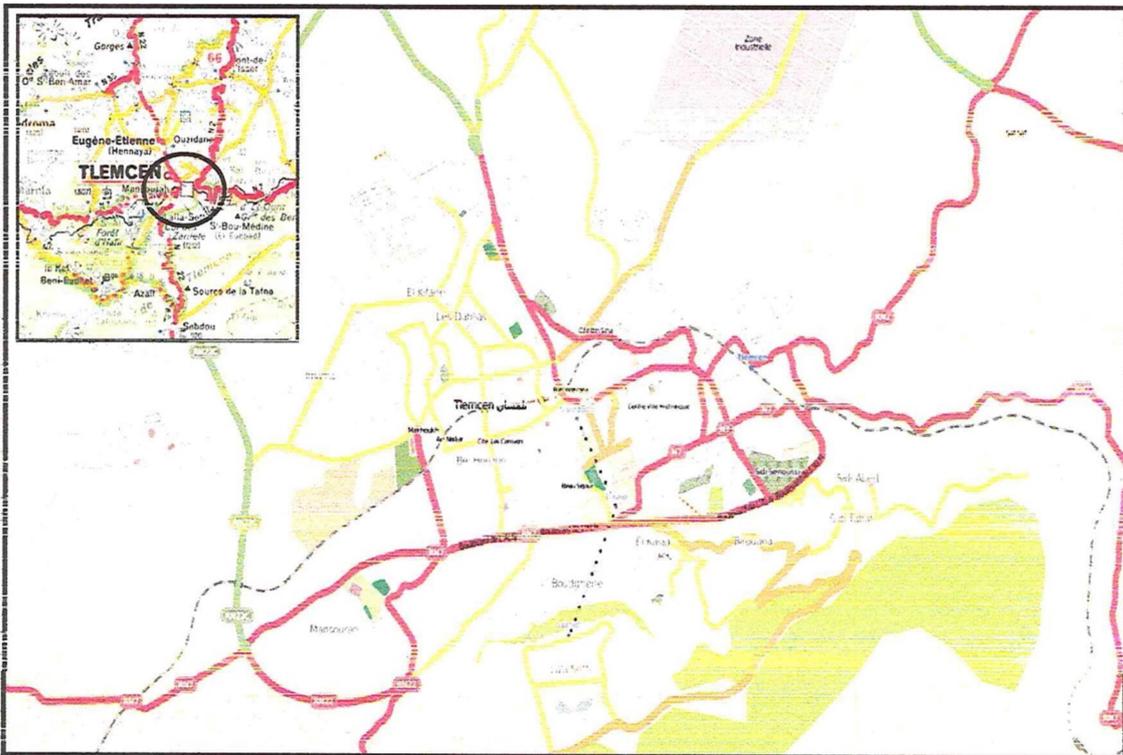


Figure 01 : Localisation de la ville de Tlemcen.

Nord-Est : la commune de Chetouane.

Nord-Ouest : la commune de Hennaya.

Ouest : les communes de Beni Mester et Mansourah.

Est : la commune d'Ain Fezza.

Sud : La commune de Terni Beni Bahdel.

1.2. La morphologie du territoire :

La ville située sur un replat calcaire à 800 m d'altitude, est adossée au sud du plateau rocheux de Lalla Setti. Elle domine la plaine de la Tafna et de Safsaf.

La haute plaine de Tlemcen apparaît ainsi comme un vaste piémont étalé en éventail, à la base montagne méridionale.

1.3. Hydrologie :

La commune de Tlemcen est incluse dans le sous bassin versant Isser-Sekkak avec comme principaux affluents Oued Isser et oued Sikkak située dans la partie orientale du bassin versant de la Tafna.



Figure 02 : Carte des bassins versants et du chevelu hydrographique.

1.4.Climat :

La wilaya de Tlemcen a un climat méditerranéen, reposant sur l'opposition entre un hiver océanique.

La région de Tlemcen s'inscrit comme un îlot arrosé au milieu des zones arides de la Moulaya marocaine à l'ouest des zones semi arides de Sidi Bel Abbès et Mascara à l'est et des zones steppiques d'El Aricha au sud.

2. Situation de l'AEP :

L'existence par le passé d'un fort potentiel hydrique est à l'origine de développement d'un réseau très dense en matière d'infrastructures hydrauliques conventionnelles au niveau de la Wilaya de Tlemcen.

Le groupement urbain de Tlemcen (GUT) compte 57075 abonnés reliés au réseau d'eau potable.

L'alimentation en eau potable jusqu'en 2011 date de mise en service de la première SDEM de Souk Tléta par :

- Le barrage de Béni Bahdel qui a donné naissance à l'adduction DN 1100mm en BP de longueur 180 km prenant son origine à l'extrémité Ouest de la wilaya de Tlemcen et aboutissant à Oran.
- Le barrage du Mefrouch situé au Sud-est du plateau de Lalla Setti assurant l'exclusivité de l'AEP de la ville de Tlemcen par le biais d'une conduite DN500mm BP, dorsale principale de la desserte gravitaire des réseaux du groupement urbain.
- Le barrage de Sikkak implanté au Nord-est du groupement, raccordé au réseau du groupement via un système de pompage en série sur une longueur de plus de 20 km en DN 800mm nature fonte.
- Une batterie de forages réalisée à l'intérieur du périmètre du groupement mobilisant près de 25 000 m³/j.

Comme dans l'ensemble du pays, la région de Tlemcen a connu une très forte augmentation de la demande résultant du développement de l'urbanisation et de l'accroissement naturel des dotations.

Ce facteur combiné à une réduction exceptionnelle de la pluviométrie dans la région ont conduit les autorités à lancer un programme très ambitieux de mobilisation de la ressource non conventionnelle – eau de dessalement d'eau de mer.

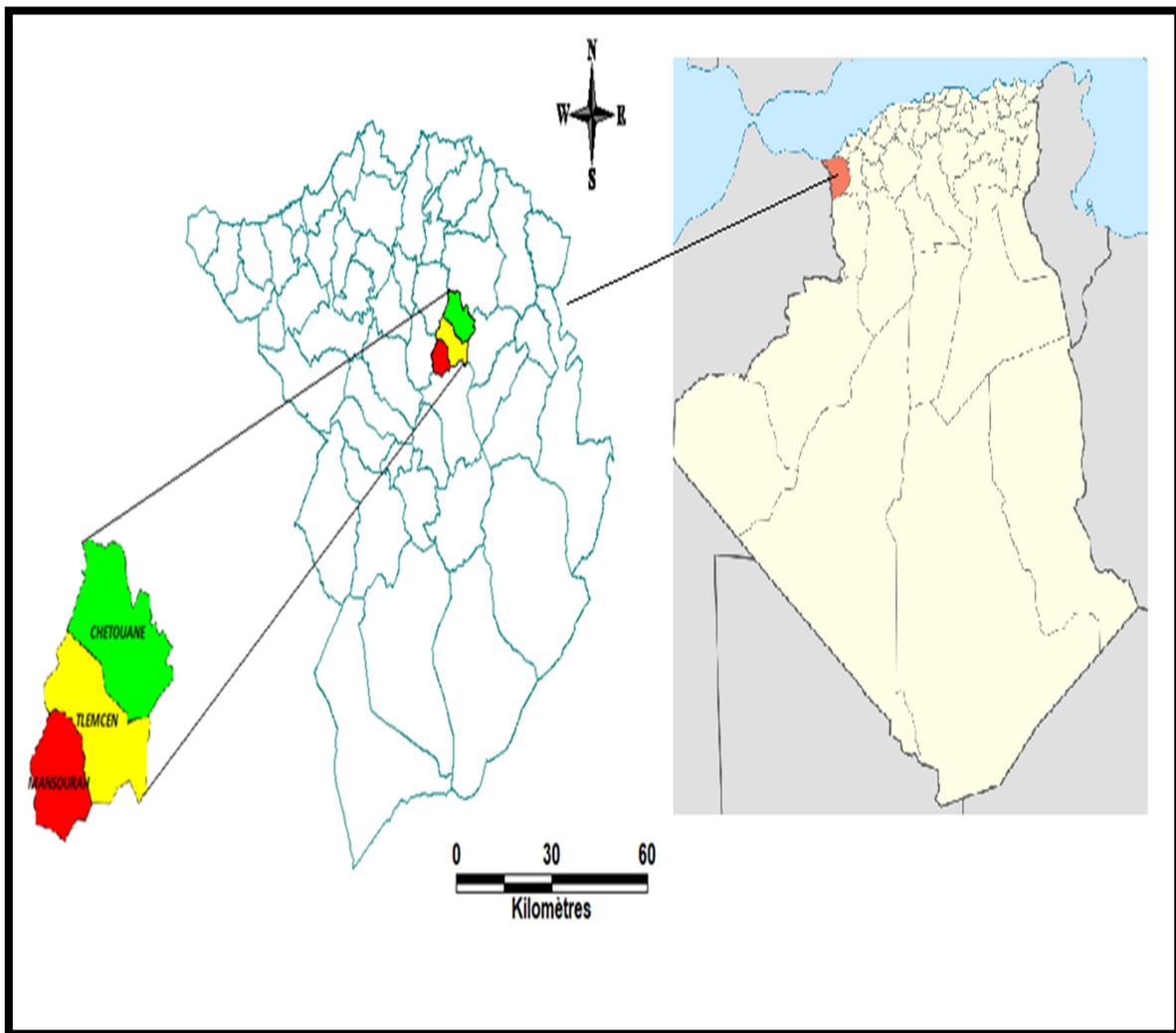


Figure 03 : Présentation du groupement urbain de Tlemcen.

2.1. Système de distribution des eaux :

Le réseau de distribution du GUT est composé de vingt-trois zones, il est de nature hétérogène (fonte, acier galvanisé, PVC et PEHD) et compte un linéaire de près de 500 Km avec des diamètres allant du DN 60 au DN 500mm.

2.2. Conduites de liaisons :

Le réseau d'alimentation en eau potable du groupement urbain de Tlemcen comprend 02 conduites de liaison entre les principaux réservoirs notamment :

- La première est en DN400AE/ 300FD reliant les réservoirs de Mansourah (2*300m³).

Cette conduite est actuellement en cours de réhabilitation en DN800 FD/DN400 FD par la DRE. Elle sera accordée, une fois les travaux sont terminées, au réseau de Sidi Chaker pour renforcement.

- La seconde est en DN400 reliant le réservoir zone industrielle et le tombeau du Rab en se connectant sur la 300FD du refoulement.

2.3. Zones de distributions :

La configuration topographique du terrain d'assiette du GUT permet de distinguer trois bandes d'étages :

- L'étage supérieur compris entre les cotes 1100m et 850m NGA.
- L'étage intermédiaire compris entre les cotes 850m et 760m NGA.
- L'étage inférieur compris entre les cotes 760m et 620m NGA.

- **Zone 1 :**

Elle est alimentée à partir des réservoirs Boudjmil 2*2000 m³ et concerne les quartiers suivants :

- 400 logts Bouhanek.
- Champ de tir Bouhanek.
- Cités universitaires Bouhanek.

- Casernes militaires.
- **Zone 2 :**

Elle est alimentée à partir des réservoirs Boudjemil 2*3000 m³ et concerne les quartiers suivants :

- Pôle universitaire.
- Hai Nejma.
- Ancien Imama.

- **Zone 3 :**

Elle est alimentée à partir des réservoirs Mansourah 2*2000 m³ et 5000 m³ concerne les quartiers suivants :

- Bel Air.
- Cerisier.
- CHU partie nord.
- Imama.
- Kiffane.
- Sidi Said, Feddan Sbaa et Diar Essaboune.

- **Zone 4 :**

Elle est alimentée à partir des réservoirs de Sidi Chaker 2*2000 m³ et concerne principalement le centre-ville.

- **Zone 5 :**

Cette zone sera la zone la plus importante car on va travailler sur ce réseau avec les 2 logiciels et toute l'étude sera basée sur cette zone en commençant des réservoirs jusqu'au dernier abonnée.

Elle est alimentée à partir des réservoirs du Tombeau du Rab 2*2000 m³ et concerne les quartiers suivants :

- Les oliviers.
- Brya.
- Onalait.

- **Zone 6 :**

Elle est alimentée à partir des réservoirs de la zone industrielle 4*1300 m³ et concerne le quartier éponyme.

- **Zone 7 :**

Elle est alimentée à partir du réservoir du Saf Saf 1000m³ et concerne le quartier éponyme.

- **Zone 8 :**

Elle est alimentée à partir du réservoir du M'digue 200m³ et concerne le quartier éponyme.

- **Zone 9 :**

Elle est alimentée à partir des réservoirs de Chetouane (3000 m³+1000m³+CE 250m³) et concerne les quartiers suivants :

- Chetouane centre.
- Les oliviers (Chetouane).
- Flanc nord.

- **Zone 10 :**

Elle est alimentée à partir des reservoirs d'Ouzidane (1000m³+300m³) et concerne l'agglomération Ouzidane.

- **Zone 11 :**

Elle est alimentée à partir du réservoir Ain El Houte 500m³ et concerne les quartiers suivants :

- Ain El Houte centre.
- Lotissement Djebel Ain El Houte.
- **Zone 12 :**

Elle est alimentée à partir des réservoirs de Oudjelida 2*3000 m³ et concerne les quartiers suivants :

- Cité 980 et 288 Logts.
- Section A, B, C, D, E et F.
- Cité 250, 134, 268 et 80 Logts
- Cité LSP
- Cité Hasna.

- **Zone 13 :**

Elle est alimentée à partir du réservoir Koudia 500 m³ et concerne les quartiers suivants :

- Koudia centre.
- Hai Moudjahidine.
- Sidi Larbi.
- Cité Dib Mounir.

- **Zone 14 :**

Elle est alimentée à partir du réservoir de Boudghene 2000 m³ et concerne la partie ouest du quartier de Boudghene-nord.

- **Zone 15 :**

Elle est alimentée à partir du réservoir de Birouana 1500 m³ et concerne les quartiers suivants :

- Birouana partie nord et sud.
- Riadh Es Sefar.
- El Ourit.
- Villa Rivaud.

- **Zone 16 :**

Elle est alimentée à partir du réservoir de Sidi Tahar 700 m³ et concerne les quartiers suivants :

- Sidi Boumediene.
- Lotissement Khedim.
- Sidi Djabeur.

- **Zone 17 :**

Elle est alimentée à partir du réservoir Attar 1000 m³ et concerne les quartiers suivants :

- Village Attar.
- Plateau Lalla Setti.
- Boudghene partie sud.
- Centre insuffisance respiratoire.

- **Zone 18 :**

Elle est alimentée à partir du réservoir de Beni Boublene 200 m³ et concerne le village éponyme.

- **Zone 19:**

Elle est alimentée à partir du réservoir petit Mansourah 100 m3 et concerne le village de Béni Mansourah.

- **Zone 20 :**

Elle est alimentée à partir du réservoir de l'université et concerne la nouvelle ville de Boudjelida.

- **Zone 20-A :**

Elle est mise en charge à partir du piquage de la conduite DN300 en fonte ductile qui relie la station SP3 a BC/SP4 et concerne les quartiers suivant :

- Lotissement Ouali Mustapha.
- Boudghene Partie Sud.

- **Zone 20-B :**

Elle est mise en charge à partir du répartiteur ST2 et concerne les quartiers suivant :

- Kalaa supérieur.
- Sidi Chaker.

N.B : *Cette configuration n'est pas figée. L'exploitation change en fonction des problèmes rencontrés sur le réseau (fuites, arrêts...), donc la méthode de l'exploitation s'adapte à la situation afin d'assurer une alimentation optimale en eau potable.*

3. Le réseau d'Abou Tachfine :

3.1. Réservoirs de stockage :

Le tableau suivant présente les caractéristiques des réservoirs Tombeau du Rab.

Réservoir	X (m)	Y (m)	V (m ³)	M.C
Tombeau du rab 1	653372.98	3862101.21	2000	Béton armé
Tombeau du rab 2	653350.44	3862083.89	2000	Béton armé

Tableau 01 : Caractéristiques des réservoirs Tombeau du Rab 2* 2000 m³

3.2. Le réseau de distribution D'Abou Tachfine :

Le réseau de distribution de notre zone d'étude est un réseau mixte avec quatre mailles, la longueur totale du réseau dépasse les 30 km. Le nombre d'abonnés raccordés au réseau est estimé à 2950 abonnés soit 2628 pour Abou Tachfine et 322 pour la cité les oliviers. Les conduites du réseau de distribution sont composées de différents matériaux à savoir : Acier galvanisé, Acier enrobé, PVC, Fonte ductile, PEHD avec des diamètres variant de 40 mm jusqu'à 500mm.

Type de conduite	Acier enrobé	Acier galvanisé	Fonte ductile	PEHD	PVC
Longueur (m)	2677	2946	23525	1364	1520

Tableau 02 : Linéaire des différents types de conduites.

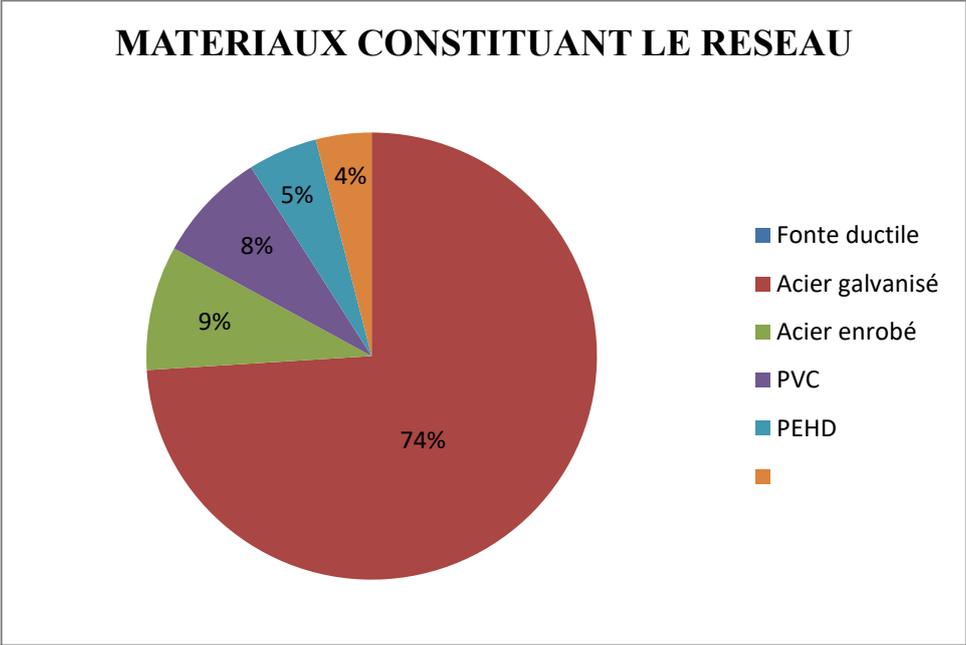


Figure 04 : Matériaux constituant le réseau en %

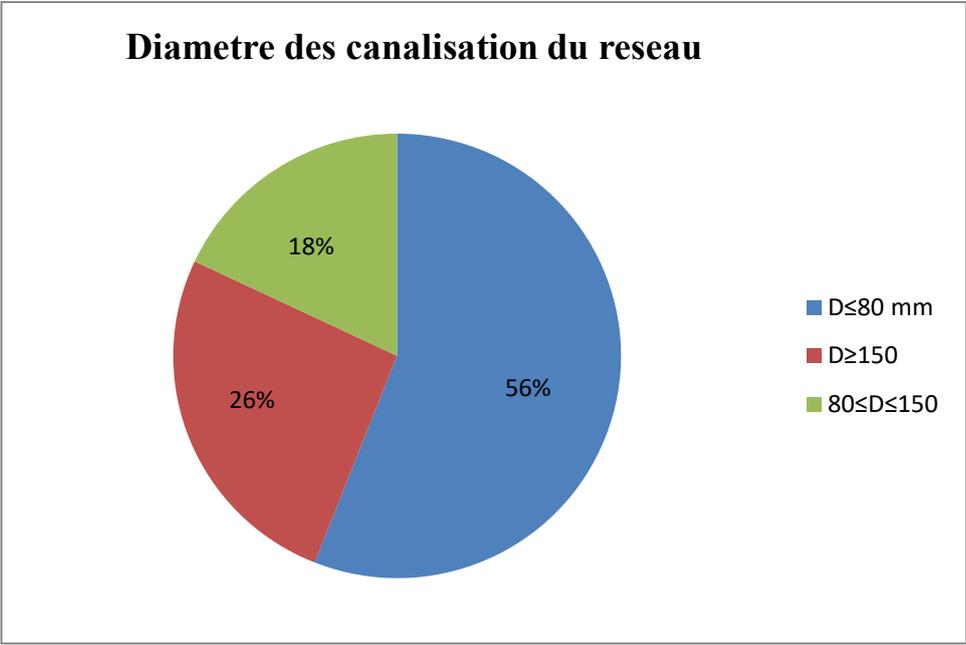


Figure 05 : Diamètre des canalisations du réseau en %

CHAPITRE 02 :

Logiciels utilisés Et **Méthode de travail**

1. EPANET :

1.1.Ce qu'est EPANET :

Le logiciel EPANET est un logiciel de simulation du comportement hydraulique et qualitatif de l'eau sur de longues durées dans les réseaux sous pression. Un réseau doit contenir un ensemble de tuyaux, nœuds, pompes, vannes, bâches et réservoirs. Ce logiciel mesure et calcule le débit dans chaque tuyau, la pression à chaque nœud, le niveau de l'eau dans les réservoirs, et même la concentration en substances chimiques dans les différentes parties du réseau, au cours d'une durée de simulation répartie en plusieurs étapes. Il calcule les temps de séjour et suit l'origine de l'eau.

EPANET nous aide à mieux comprendre l'écoulement et de l'usage de l'eau dans les systèmes de distribution. Il est aussi utilisé pour différents types d'application dans l'analyse des systèmes de distribution. Il offre une aide à la recherche de stratégies alternatives pour optimiser la gestion du réseau, comme par exemple:

- Utiliser en alternance les différentes ressources du système,
- La modification du régime de pompage ou de marnage des réservoirs,
- La planification de l'entretien ou remplacement des canalisations.

Le logiciel nous fournit un environnement intégré pour éditer les données de réseau, pour exécuter des simulations hydrauliques et de simulations qualité, et pour afficher les résultats sous plusieurs formats.

1.2.Capacités pour la Modélisation Hydraulique :

Une modélisation hydraulique méticuleuse et complète est la première condition pour faire une modélisation de la qualité de l'eau de manière efficace. EPANET contient un moteur de calcul hydraulique bien développé et très moderne ayant les caractéristiques suivantes:

- Une taille illimitée du réseau étudié.
- Pour le calcul des pertes de charge dues à la friction, il utilise les formules

de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach, et Chezy-Manning.

- Les pertes de charge singulières (coudes, aux tés, etc...) sont incluses.
- la modélisation des pompes peut être à vitesse fixe ou variable.
- Le calculer de l'énergie consommée par la pompe et le coût de l'énergie consommée.
- L'introduction des différents types de vannes. (clapets anti- retour, vannes de contrôle de pression ou débit, vannes d'arrêt, etc...)
- La variation de la forme des réservoirs (le diamètre et la hauteur variables).
- La gestion de station de pompage.

1.3.Capacités pour la Modélisation de la Qualité de l'Eau

En plus des simulations hydrauliques, EPANET met à notre disposition la possibilité de modéliser la qualité de l'eau; on dispose aussi des capacités suivantes:

- Modéliser le déplacement d'un traceur pendant une durée de la simulation précise.
- Modéliser les déplacements et les changements de concentration en plus ou en moins que subit une substance.
- Préciser le temps de séjour de l'eau dans un réseau.
- Indiquer à chaque nœud la proportion d'eau provenant d'une ressource.

- Utiliser les coefficients de vitesse de réaction globale et les coefficients spécifiques pour les différents types de matériaux des tuyaux.
- Etablir une corrélation entre les coefficients de vitesse en fonction de la rugosité du tuyau.
- Introduire une substance quelconque à différents emplacements du réseau variant en fonction du temps.
- Mélange d'eau dans les réservoirs et les baches d'eau.
- la qualité d'eau captée de différentes sources.
- la représentation du temps de séjour de l'eau dans le réseau.
- le comportement du chlore résiduel.
- la concentration des sous-produits de la désinfection.
- la dissolution des polluants dans le réseau, introduit en certains points dans le cas de fuite ou de rupture.

1.4.Méthode de Travail :

- **Configuration du projet :**

La première étape est de créer un nouveau projet et s'assurer que les options sélectionnées sont correctes. Pour commencer, on démarre EPANET ou s'il est déjà ouvert on choisit Fichier --> Nouveau pour créer un nouveau projet.

Puis on choisit Projet --> Par Défaut pour ouvrir la boîte de dialogue pour qu'EPANET numérote automatiquement les nouveaux objets avec des nombres consécutifs en commençant par 1 au fur et à mesure qu'ils sont ajoutés au réseau qu'on a choisis.

Dans la rubrique ID on efface tous les champs de préfixe ID et on choisit 1 comme Incrément ID.

Après, on choisit la rubrique Hydrauliques et on sélectionne comme unités de mesure de débit les litres par seconde(LPS).

Cela veut dire que dans ce cas que les unités métriques SI seront utilisées. (Les longueurs en mètres, les diamètres en millimètres et les pressions en mètres, etc...).

Puis on Sélectionne Darcy-Weisbach (D-W) comme formule pour les pertes de charge.

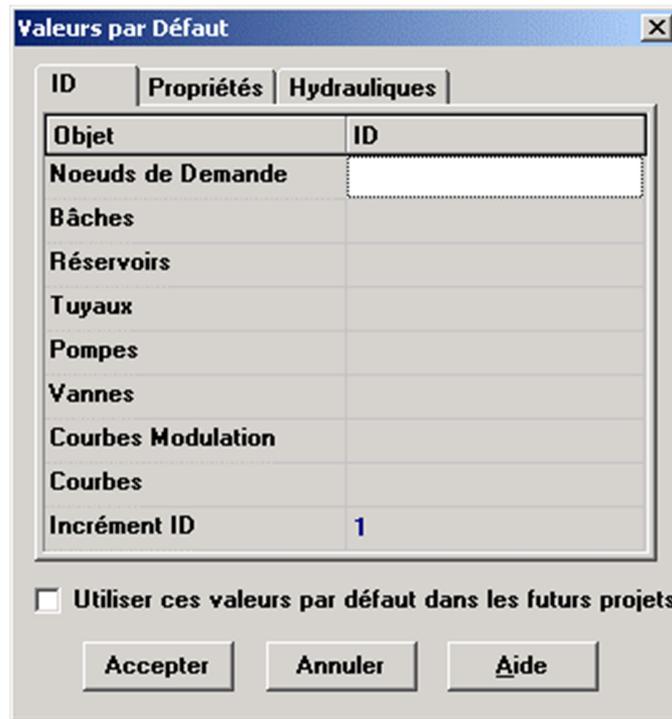


Figure 06 : Boite de dialogue valeurs par défauts du projet.

- **Tracé du réseau :**

Maintenant on est prêts à dessiner le réseau en utilisant la souris et les boutons de la barre d'outils du schéma (on sélectionne Affichage --> Barres d'Outils --> Schéma).



Dans le cas de réseau d'Abou Tachfine on va introduire les coordonnées géographiques (x, y et z) des nœuds et des 2 réservoirs de capacité de 2000 m³ avec les dimensions des réservoirs.

Propriété	Valeur
*ID Noeud	2
Coordonnée X	1184,28
Coordonnée Y	7908,28
Description	
Genre	
*Altitude	210
Demande de Base	0
Courbe Modul. Demande	
Catégories de Demande	1
Coeff. de l'Émetteur	
Qualité Initiale	
Qualité de Source	

Figure 07 :L'éditeur des propriétés.

Ensuite on relie les nœuds avec les conduites avec en introduisant et en respectant les longueurs, pertes de charges unitaires et les diamètres qui existe sur terrain.

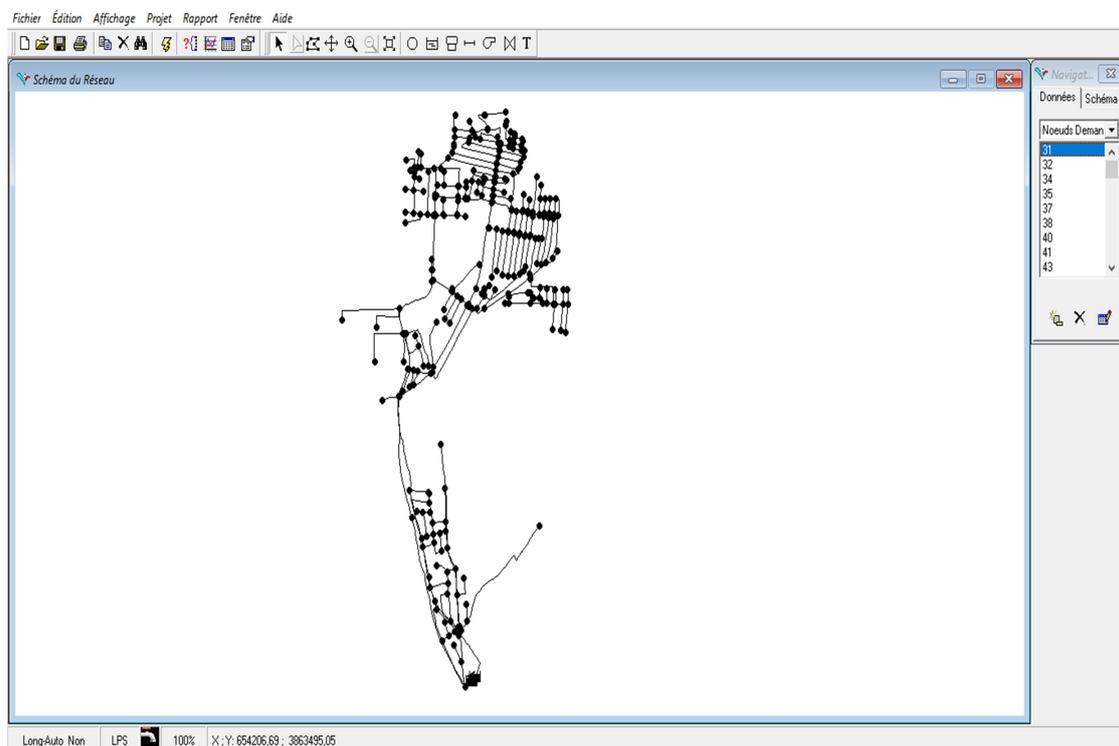


Figure 08 : Schéma du réseau après ajout des nœuds et des conduites.

Avant d'ajouter un fond de plan et faire le calage on va essayer de lancer une simulation pour s'assurer que le réseau est complet et qu'il n'y a pas un manque de donnée ou des erreurs qui vont empêcher l'exécution de la simulation, et même si la simulation marche on peut avoir des résultats erronés si on ne fait pas de multiples vérifications pour éviter la moindre erreur car une petite erreur peut causer des problèmes d'alimentation, de gestion et même des pertes économiques ou des dégâts matérielles et humaines.

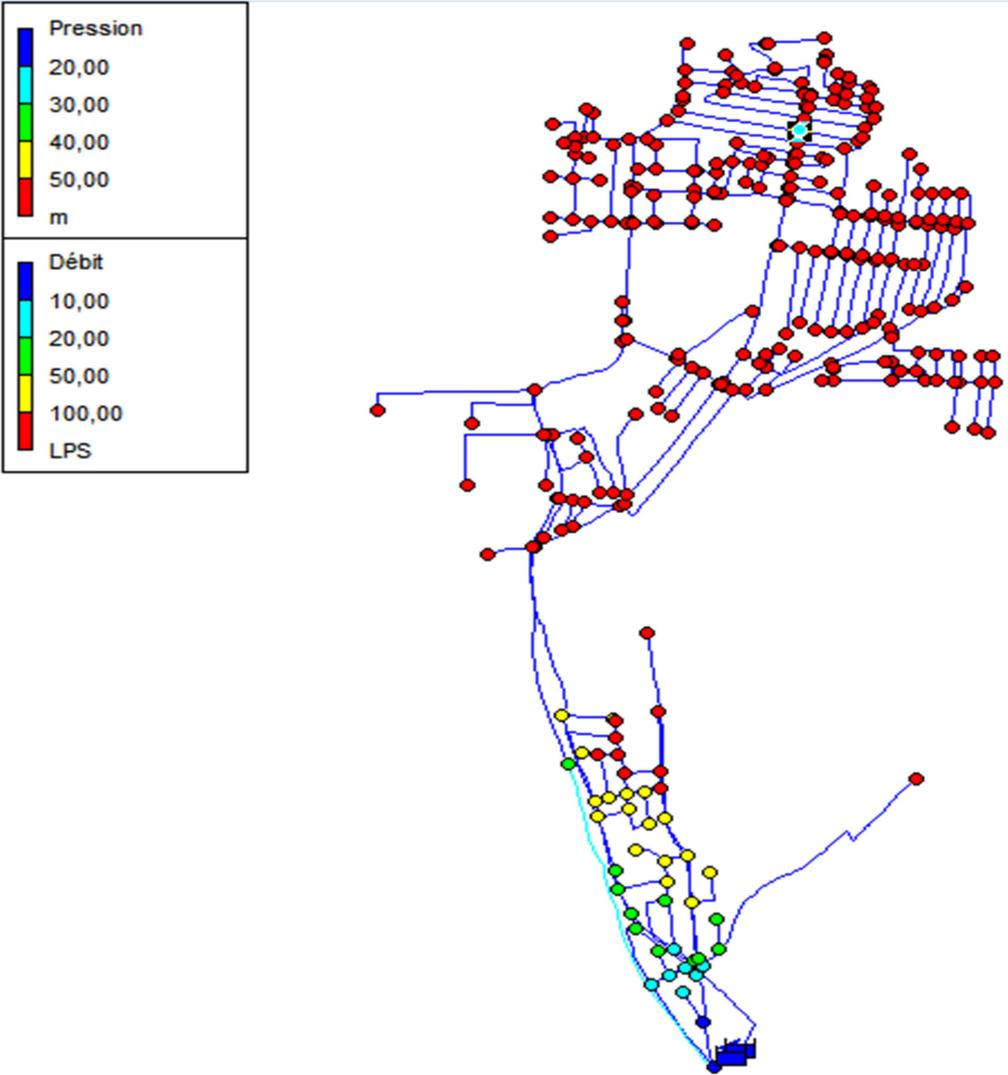


Figure 09 : La simulation du réseau d'Abou Tachfine.

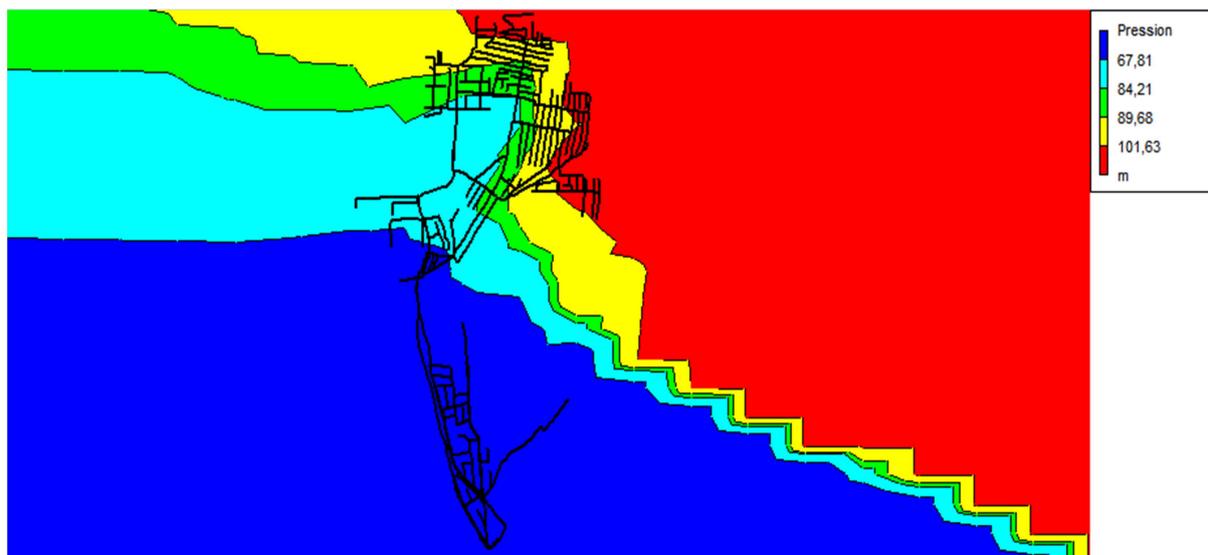


Figure 10 : Courbes de niveau en fonction de la pression(m).

Ensuite, on lance la simulation et on affiche les tableaux d'état des arcs (conduites) et des nœuds pour avoir une idée sur les débits, les pertes de charges et les pressions dans notre réseau.

État des Nœuds du Réseau à 0:00 Heures			
ID Nœud	Demande LPS	Charge m	Pression m
Noeud 31	0,07	746,40	89,54
Noeud 32	0,04	746,40	89,59
Noeud 34	0,07	746,40	91,20
Noeud 35	0,04	746,40	91,20
Noeud 37	0,05	746,41	84,23
Noeud 38	0,05	746,41	84,21
Noeud 40	0,03	746,41	100,44
Noeud 41	0,03	746,41	100,31
Noeud 43	0,03	746,40	103,19
Noeud 44	0,00	746,40	103,19
Noeud 46	0,01	746,40	83,93
Noeud 47	0,04	746,40	83,96
Noeud 49	0,06	746,38	82,91
Noeud 50	0,02	746,38	82,92

Tableau 03 : Etat des nœuds pendant la simulation.

État des Arcs du Réseau à 0:00 Heures				
ID Arc	Débit LPS	Vitesse m/s	Pert.Charge Unit. m/km	Facteur Friction
Tuyau 30	1.12	0.04	0.00	0.000
Tuyau 33	0.81	0.03	0.00	0.000
Tuyau 36	-0.34	0.02	0.00	0.000
Tuyau 39	0.34	0.04	0.04	0.041
Tuyau 42	0.44	0.01	0.00	0.000
Tuyau 45	1.51	0.05	0.00	0.000
Tuyau 48	-0.75	0.01	0.00	0.000
Tuyau 51	0.67	0.02	0.03	0.229
Tuyau 54	-0.03	0.00	0.00	0.000
Tuyau 57	1.57	0.05	0.02	0.038
Tuyau 60	0.08	0.02	0.02	0.165
Tuyau 63	0.11	0.01	0.02	1.523
Tuyau 66	0.11	0.01	0.00	0.000
Tuyau 69	-0.14	0.01	0.00	0.000

Tableau 04 : Etat des arcs ou conduites pendant la simulation.

Après la vérification approfondie, l'exécution de la simulation et l'affichage des tableaux d'état ; maintenant on peut ajouter un fond d'écran.

Pour ajouter un fond d'écran il faut suivre des étapes précises :

- On Prend un capture d'écran de la carte que nous allons introduire à partir de Google Earth en prenant un point de repère avec les coordonnées x et y et il faut que l'image de la carte soit enregistrer sous l'extension .bmp pour pouvoir l'utiliser dans EPANET.

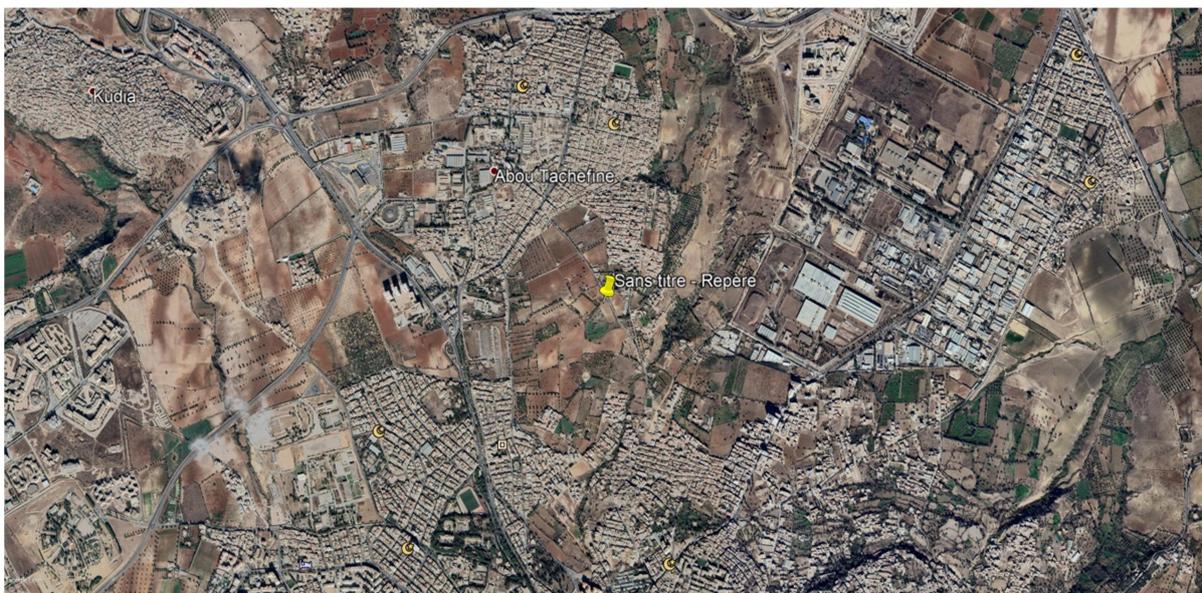


Figure 11 : Image Bmp du fond d'écran.

- On mesure la longueur et la largeur de la carte pour calculer les coordonnées des 4 coins de la carte.
- On clique sur affichage → Fond d'écran → importer... on choisit l'image Bmp, une boîte de dialogue va s'afficher pour faire entrer les coordonnées.

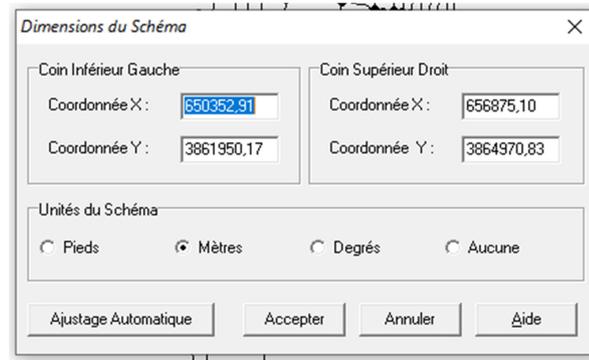


Figure 12 : Boîte de dialogue des dimensions de l'image Bmp.

- Si les coordonnées des nœuds et du point de repère sont justes le réseau va être calé sur le plan sans fautes ou décalage et si c'est le cas contraire il faut révérifier les coordonnées et les calculs jusqu'à avoir un calage réussi a 100%.

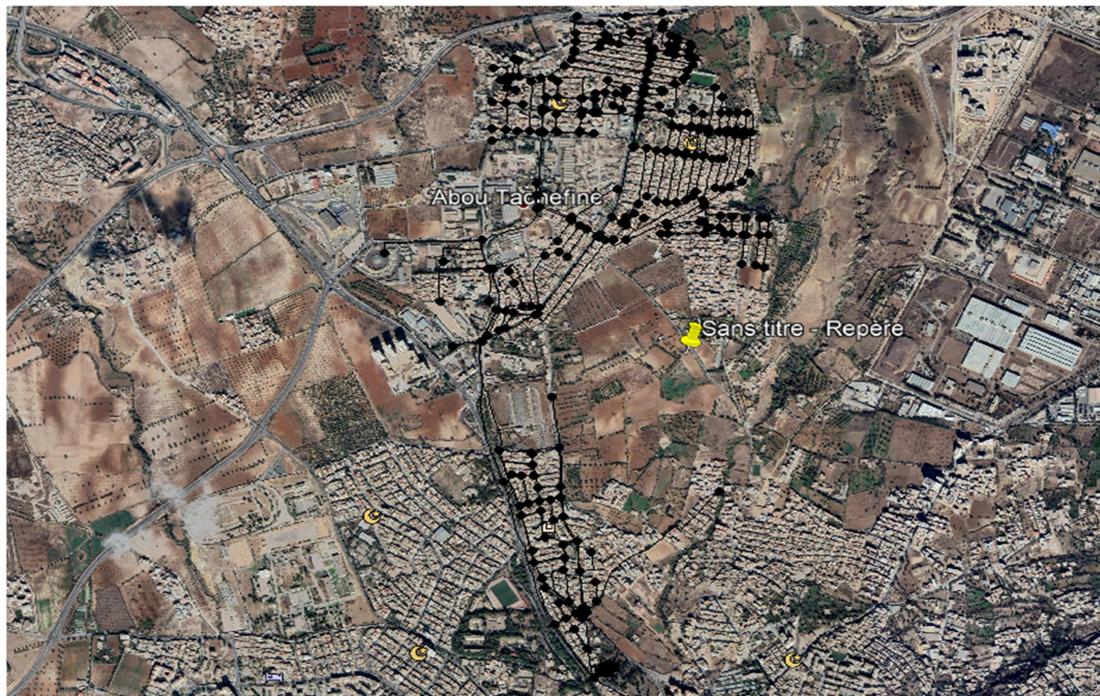


Figure 13: Le réseau d'Abou Tachfine est bien calé sur la carte.

2. PORTEAU :

2.1. Ce qu'est PORTEAU :

PORTEAU est un logiciel de modélisation conçu pour étudier le comportement d'un réseau maillé de distribution ou de transport d'eau sous pression. Cet outil nous aide à faire la bonne décision pour le dimensionnement et la gestion d'un réseau de distribution ou d'adduction d'eau potable.

L'interface graphique du logiciel est simple à utiliser, elle permet de schématiser les réseaux étudiés par l'emploi de tronçons pour les conduites et de nœuds pour les intersections.

Les principales caractéristiques sont :

- visualiser les réseaux de distribution d'eau potable sur un fond cartographique.
- visualiser des schémas d'alimentation en eau potable.
- visualiser et imprimer les résultats sous forme de tableau ou sur le schéma du réseau.
- visualiser et imprimer les résultats sous forme de profils hydrauliques.
- exporter des données et des résultats vers un tableur.
- exporter des graphiques de résultats en format vectoriel

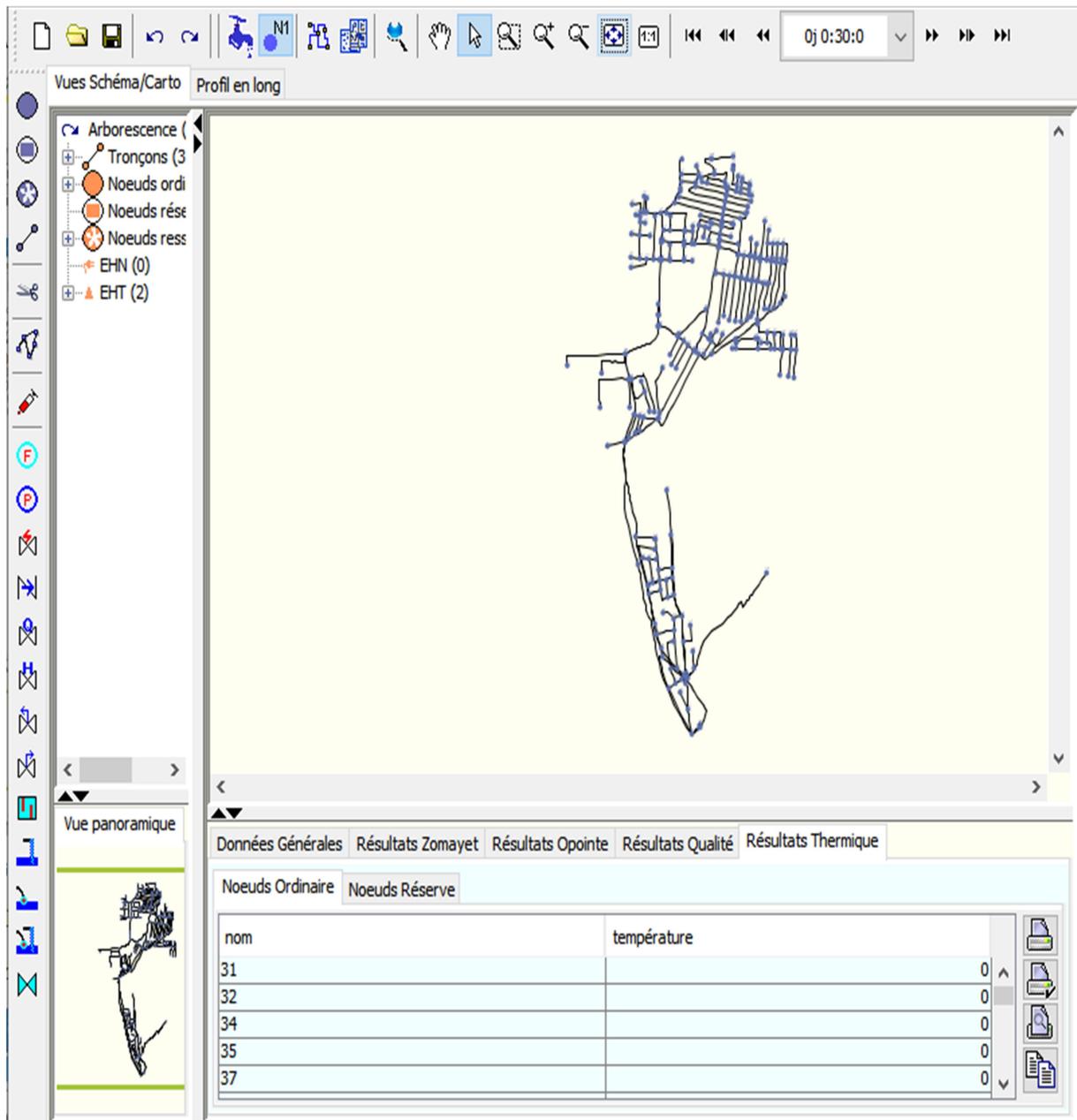


Figure 14 : Modélisation du réseau Abou Tachfine avec le logiciel porteau

2.2. Les principaux modules du logiciel :

- Le Module Zomayet :

Il nous permet d'étudier, par une simulation sur plusieurs heures (à partir de 24 heures jusqu'à 15 jours), le fonctionnement hydraulique d'un réseau maillé de alimentation ou de transport d'eau sous pression et de voir son schéma.

Le réseau peut posséder des réservoirs, des pompes, des stabilisateurs de pression, des vannes motorisées ou manuel, des réducteurs de pression, etc...

Les données nécessaires comprennent toute la topographie du réseau, ainsi que la répartition la plus exacte possible des consommateurs sur les nœuds ou desservis en route.

Un modèle finale et déterministe permet de traiter les données. Les résultats après le calcul donnent les variations des différentes valeurs concernant chaque nœud et tronçon au cours de la journée : cote de l'eau dans les réservoirs, volumes entrant et sortant, cote piézométrique des points de consommation, débits dans les tronçons, heures de fonctionnement des pompes et leur point de fonctionnement, fonctionnement des différents organes du réseau, etc...

Ces résultats sont affichés sous forme de tableau en chacun des pas de temps (1 min à 1 h) pour tout le réseau, sous forme de tableau sur la période d'une journée par tronçon et nœud, ou bien sous forme de courbes de variations des différentes valeurs au cours de la journée par tronçon et nœud à partir du schéma du réseau.

```

** Module de calcul Zomayet ** Version DLL JNI Février 2018 **
** Zomayet calculation module ** Version DLL JNI February 2018 **
la lecture JNI a pris : 0.023 secondes
le pretraitement a pris : 0.003 secondes

Fin correct du pretraitement des donnees
Iter F_Count G_Count CV_Count RESID_SS STEP_SIZE GRAD/SD LAMBDA 5->4
0 1 1 0 97.95527 0.00000 0.000000000 0.00010
0.00000
0 2 2 0 0.00000 0.00000 0.000000000 0.00010
0.00000
1 3 3 1 0.00000 0.00000 0.000000000 0.00010
0.00000
-----

à 0h30mn : 1 itérations
Bilan énergétique : Energy balance: 0.000003 mH2O
Bilan massique : 0.000210 L/s
Ecart consigne max : 13.996805 mH2O

**** gradient ****
0.00000

**** dual feasibility constraint (DF) and complementary slackness (CS) conditions ****
(OUV): 0.00000

Iter F_Count G_Count CV_Count RESID_SS STEP_SIZE GRAD/SD LAMBDA 5->4
0 1 1 0 97.98637 0.00000 0.000000000 0.00010
0.00000
0 2 2 0 0.00000 0.00000 0.000000000 0.00010
0.00000
1 3 3 1 0.00000 0.00000 0.000000000 0.00010
0.00000
-----

```

Figure 15 : Module de calcul ZOMAYET

- **Le Module Opointe :**

Il permet de lancer une simulation du fonctionnement d'un réseau maillé d'alimentation en eau potable en régime de pointe et de visualiser son schéma.

On utilise les données physiques concernant les nœuds et tronçons (les cotes au sol, les cotes de l'eau, les diamètres et les longueurs), les données hydrauliques (les rugosités, les consommations domestiques ou industrielles), les données de répartition des abonnés. Connaître les probabilités d'ouverture et de satisfaction des abonnés sur le réseau est une nécessité.

Le traitement des données et l'estimation des débits de pointe, ainsi que les pressions en chaque nœud sont basés sur un modèle probabiliste.

Les résultats sont affichés sous forme de tableaux, à partir du schéma ou bien vue cartographique du réseau.

```

| ** Module de calcul OPOINTE ** Version DLL JNI fevrier 2018 **

Fin correct du pretraitement des donnees
Iter F_Count G_Count CV_Count RESID_SS STEP_SIZE GRAD/SD LAMBDA 5->4
0 1 1 0 97.33830 0.00000 0.000000000 0.00010
0.00000
0 2 2 0 0.00000 0.00000 0.000000000 0.00010
0.00000
1 3 3 1 0.00000 0.00000 0.000000000 0.00010
0.00000
-----

pour la classe 1 <> 1 itérations
Bilan énergétique : Energy balance: 0.000001 mH2O
Bilan massique : 0.000025 L/s
Ecart consigne max : 13.952655 mH2O

**** gradient ****
0.00000

**** dual feasibility constraint (DF) and complementary slackness (CS) conditions ****
(OUV): 0.000000

duree totale calcul : 0.011000 secondes avec 6 itérations et 0 corrections
Total execution time: 0.011 secondes in 6 iterations and 0 corrections

```

Figure 16 : Module de calcul OPOINTE

- **Module Qualité :**

Il permet de simuler en fonction du temps et de l'espace, les évolutions de concentration en soluté à travers le réseau.

Le chlore est le soluté le plus employé, il permet d'assurer la qualité bactériologique de l'eau du réseau. Une trop faible concentration en chlore peut rendre l'eau impropre à la consommation, une trop grande quantité peut gêner les abonnés, il est donc impératif de gérer correctement les injections afin d'optimiser les concentrations.

Ce module prend en considération Toutes les attentes légitimes des abonnés qui exigent aujourd'hui du gestionnaire, outre l'absence de problèmes hydrauliques, que la qualité de l'eau soit irréprochable.

Le calcul qualité nous permet de se rendre compte de la qualité de l'eau dans le

réseau et d'optimiser les quantités injectées et/ou la position des points d'injection. Ce calcul sur les cinétiques de réaction considère que les mélanges à chaque nœud sont parfaits. Le calcul des concentrations se fait à partir des données hydrauliques obtenues à l'aide du module ZOMAYET.

Trois types de résultats sont fournis : la concentration en un produit réactif ou conservatif, l'âge de l'eau et la provenance de l'eau. Les résultats sont affichés sous forme de tableau en chacun des pas de temps (5 min à 1h) pour tout le réseau, sous forme de tableau sur toute la journée par tronçon et nœud, sous forme de courbes de variations des différentes valeurs au cours de la journée par tronçon et nœud à partir du schéma du réseau.

- **Module Thermic:**

Dernier né des modules PORTEAU, il permet de calculer en tout point du réseau de distribution, la température de l'eau, il s'appuie comme qualité sur les résultats ZOMAYET et ses vitesses pour simuler le transport du fluide et l'évolution du paramètre recherché. Son fonctionnement est similaire au module qualité, ses paramètres principaux sont les constantes d'échange thermiques et la température extérieure limite pour les tronçons.

Données Générales		Résultats Zomayet	Résultats Opointe	Résultats Qualité	Résultats Thermique
Noeuds Ordinaire		Noeuds Réserve			
nom	température				
31					0
32					0
34					0
35					0
37					0
38					0
40					0
41					0
43					0
44					0
46					0
47					0
49					0
50					0
52					0
53					0
55					0
56					0
58					0
59					0
61					0
62					0
64					0
65					0
67					0
68					0
70					0
71					0
73					0
74					0

Figure 17 : Module THERMIc

2.3. Résultats et discussion :

Pour la modélisation de notre réseau on a pris en compte le nombre d'abonné dans chaque nœud avec une demande en eau de 150l/j/hab. On a exécuté les données sur les 2 logiciels et on a trouvé les résultats suivant :

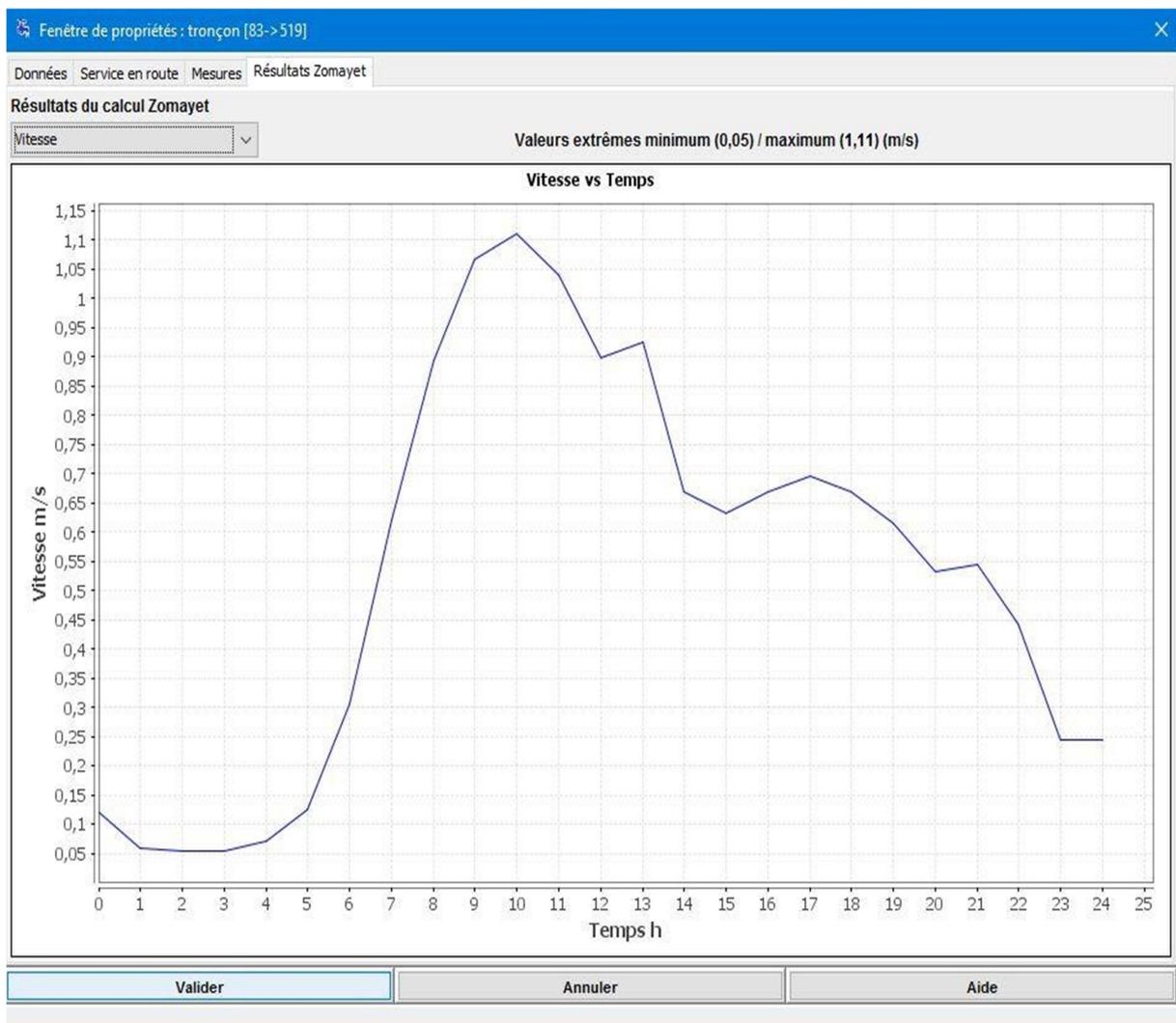


Figure 18 : VARIATION DE LA VITESSE DANS UN TRONÇON SUR 24H

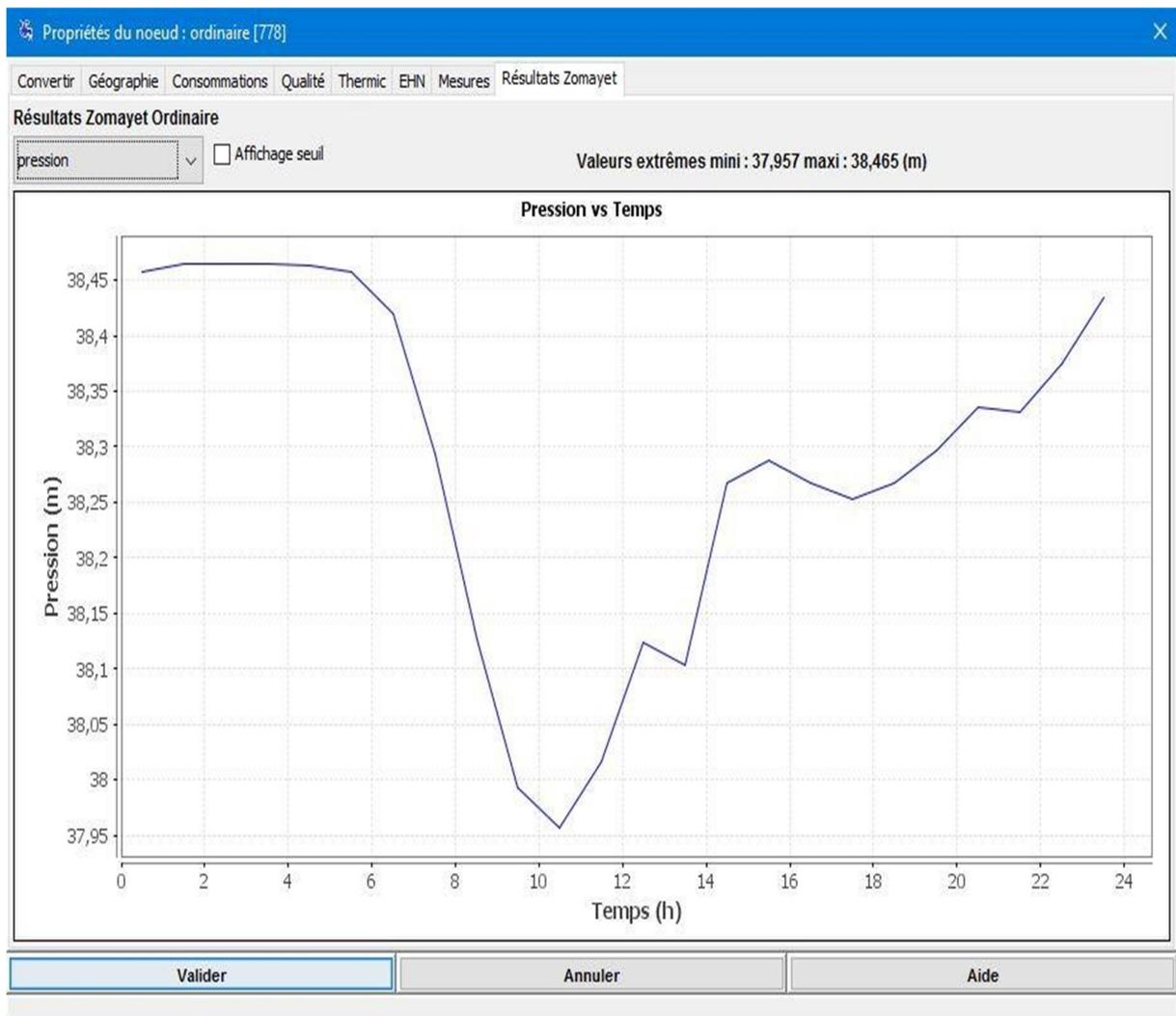


Figure 19 : VARIATION DE LA PRESSION DANS UN NŒUD SUR 24H

• **Tableau des débits par nœud (Résultats EPANET/PORTEAU)**

EPANET		PORTEAU	
ID nœud	Q nœud (l/s)	ID nœud	Q nœud (l/s)
1	2,680000	1	2,68150878
2	2,680000	2	2,68152285
3	Réservoir	3	Réservoir
4	0,920000	4	0,91654462
5	0,160000	5	0,15660852
31	4,590000	31	4,58782673
32	2,480000	32	2,48463035
34	4,810000	34	4,81148958
35	2,530000	35	2,53019023
37	3,760000	37	3,76079059
38	3,750000	38	3,75234628
40	1,940000	40	1,9370575
41	1,760000	41	1,75610125
43	2,350000	43	2,35012555
44	0,200000	44	0,19529361
46	0,350000	46	0,34765667
47	2,440000	47	2,44075561
49	4,040000	49	4,04192591
50	1,190000	50	1,18939722
52	0,480000	52	0,47761846
53	3,310000	53	3,31029224
55	0,470000	55	0,46771666
56	0,430000	56	0,43443492
58	0,600000	58	0,60318887
59	1,180000	59	1,17881179
61	1,260000	61	1,25680459
62	2,610000	62	2,61040068
64	0,520000	64	0,52291888
65	0,480000	65	0,48230603
67	3,710000	67	3,71440935
68	2,100000	68	2,09855199
70	2,030000	70	2,03155804
71	0,580000	71	0,57895082
73	4,320000	73	4,31700706
74	6,410000	74	6,40624094
76	4,780000	76	4,77976894
77	2,140000	77	2,13994503
79	4,000000	79	4,00247955
80	1,670000	80	1,66750228
82	4,490000	82	4,49047565

83	8,420000	83	8,41616821
85	1,100000	85	1,09555721
86	0,110000	86	0,11104677
88	5,890000	88	5,88582277
89	8,570000	89	8,5717001
91	6,460000	91	6,46024036
93	0,450000	93	0,44611752
94	4,280000	94	4,27995634
96	2,110000	96	2,10930252
97	2,020000	97	2,01570702
99	4,940000	99	4,94336176
100	0,500000	100	0,49739191
102	4,640000	102	4,63632536
106	2,990000	106	2,99055743
107	3,780000	107	3,78381038
109	1,530000	109	1,52676928
110	2,600000	110	2,59517145
112	1,630000	112	1,62566948
113	0,220000	113	0,21531434
115	1,610000	115	1,61142075
116	2,540000	116	2,54137397
118	2,220000	118	2,21666193
120	1,600000	120	1,59823906
121	1,410000	121	1,41267622
123	4,820000	123	4,82316542
124	2,440000	124	2,44333315
126	1,770000	126	1,77142978
127	1,760000	127	1,76097298
131	6,560000	131	6,55811262
132	4,160000	132	4,15970325
134	2,890000	134	2,89472008
136	1,890000	136	1,88901544
137	0,360000	137	0,36088806
139	1,410000	139	1,41204965
140	0,370000	140	0,37312376
142	1,680000	142	1,68386352
143	0,380000	143	0,37570387
145	2,220000	145	2,2196877
146	1,950000	146	1,94558597
148	1,960000	148	1,95998609
149	2,380000	149	2,38391948
153	0,410000	153	0,4103618
154	0,410000	154	0,41033375
156	0,880000	156	0,87552899

157	3,490000	157	3,48702645
162	2,050000	162	2,05335331
163	2,060000	163	2,0645659
166	6,650000	166	6,6522646
167	0,610000	167	0,60555351
169	4,300000	169	4,30265808
170	0,450000	170	0,45037571
172	7,080000	172	7,0803709
174	9,240000	174	9,23955822
178	2,660000	178	2,662781
180	3,430000	180	3,42698002
181	3,070000	181	3,07096815
183	1,050000	183	1,04538369
186	4,070000	186	4,07073784
189	6,020000	189	6,02089071
190	1,750000	190	1,74933457
192	2,520000	192	2,5150857
196	3,170000	196	3,16757321
199	2,950000	199	2,94584107
201	2,840000	201	2,84392595
203	4,140000	203	4,13683176
204	4,050000	204	4,0516305
207	2,500000	207	2,49870515
208	0,510000	208	0,50814128
210	2,710000	210	2,70867705
211	0,520000	211	0,51813251
213	2,000000	213	1,99955571
215	0,520000	215	0,5229643
217	3,100000	217	3,10122252
219	0,530000	219	0,52539492
221	2,670000	221	2,67410231
223	0,530000	223	0,53178257
225	2,860000	225	2,85606432
226	0,550000	226	0,54626876
228	4,830000	228	4,83104849
229	4,010000	229	4,01470518
232	0,580000	232	0,57614273
234	3,290000	234	3,28595924
238	6,210000	238	6,20928812
239	2,790000	239	2,78548717
241	0,590000	241	0,58803618
243	3,000000	243	2,99986601
245	4,380000	245	4,38356638
246	2,940000	246	2,9362278

248	0,630000	248	0,62767589
250	0,660000	250	0,65961796
252	4,150000	252	4,14688778
253	3,550000	253	3,5466578
255	6,520000	255	6,51667309
258	0,660000	258	0,66017944
260	0,660000	260	0,66139567
262	5,020000	262	5,0237484
263	0,680000	263	0,67758858
265	3,010000	265	3,01230407
268	0,700000	268	0,69567198
270	6,850000	270	6,85301018
273	0,730000	273	0,73141104
275	0,730000	275	0,73474789
277	4,610000	277	4,6070776
278	4,810000	278	4,80998755
280	4,210000	280	4,21103191
282	4,430000	282	4,43280411
283	3,780000	283	3,77504015
285	3,900000	285	3,90312648
286	0,750000	286	0,75166929
288	0,760000	288	0,7564888
291	2,070000	291	2,06761694
293	0,780000	293	0,77643967
295	2,090000	295	2,08675957
296	0,790000	296	0,78833252
298	4,440000	298	4,44362164
299	0,800000	299	0,79989314
301	0,810000	301	0,81097394
304	0,820000	304	0,82233649
306	0,830000	306	0,82512629
309	0,860000	309	0,86088687
312	6,390000	312	6,39287806
315	19,710000	315	19,7068214
317	0,890000	317	0,89166558
319	0,910000	319	0,90715617
322	0,950000	322	0,94760656
324	0,970000	324	0,97109181
326	0,970000	326	0,97145855
328	6,360000	328	6,36440039
330	0,980000	330	0,97608984
332	0,990000	332	0,99210531
334	1,010000	334	1,0064261
336	1,020000	336	1,01547611

338	1,340000	338	1,3380177
340	1,020000	340	1,02074718
342	1,320000	342	1,32190251
344	1,030000	344	1,03375852
346	1,040000	346	1,04281211
348	1,050000	348	1,05157208
350	4,740000	350	4,74349356
351	1,060000	351	1,05526161
353	1,070000	353	1,065593
355	1,070000	355	1,0676173
357	1,540000	357	1,54020464
359	11,310000	359	11,3095722
361	1,100000	361	1,09660816
363	1,100000	363	1,10181069
365	1,520000	365	1,52205122
367	1,400000	367	1,3966279
369	1,120000	369	1,12027478
371	1,120000	371	1,12108445
375	1,140000	375	1,14258492
377	0,000000	377	4,21E-05
379	1,160000	379	1,15686882
381	4,660000	381	4,65844679
383	1,170000	383	1,1696322
386	1,180000	386	1,17559946
389	1,210000	389	1,20765305
391	1,510000	391	1,51036358
393	1,230000	393	1,22863328
395	3,490000	395	3,49394107
396	1,250000	396	1,25407839
398	2,950000	398	2,94674873
400	1,290000	400	1,2872082
403	1,300000	403	1,29748762
407	3,400000	407	3,40153241
409	4,670000	409	4,66902828
411	15,100000	411	15,0990534
412	1,810000	412	1,80625331
414	1,360000	414	1,36130524
418	1,410000	418	1,40790749
420	1,400000	420	1,39834511
422	1,630000	422	1,63413787
424	1,420000	424	1,42026639
427	4,180000	427	4,17790604
429	7,220000	429	7,22129822
430	1,460000	430	1,46320689

433	1,520000	433	1,5214144
436	1,550000	436	1,54879582
438	1,550000	438	1,54904032
440	1,560000	440	1,55564129
442	0,310000	442	0,3064982
444	1,560000	444	1,55857003
446	1,560000	446	1,55885053
448	1,560000	448	1,56426406
451	2,000000	451	2,00094652
455	2,030000	455	2,02518773
457	1,620000	457	1,61930192
463	1,730000	463	1,72642505
465	1,730000	465	1,73102784
467	1,800000	467	1,80455995
469	1,770000	469	1,77153599
471	1,780000	471	1,78385651
473	39,500000	473	39,4999237
474	1,830000	474	1,83007002
476	1,840000	476	1,84173286
479	1,880000	479	1,88380635
481	1,900000	481	1,89558494
485	1,930000	485	1,92703462
487	14,090000	487	14,0889111
490	2,710000	490	2,70741916
492	1,950000	492	1,9501164
494	1,980000	494	1,98423648
496	2,020000	496	2,01807213
499	2,020000	499	2,02078962
502	2,070000	502	2,06891751
504	2,990000	504	2,98679805
506	2,000000	506	1,99994993
511	2,280000	511	2,27616286
513	3,190000	513	3,18949604
515	5,310000	515	5,30738735
517	2,410000	517	2,41073394
519	14,870000	519	14,8699493
521	2,490000	521	2,49452233
524	2,620000	524	2,61532998
531	2,800000	531	2,80177975
534	2,880000	534	2,88027191
539	4,030000	539	4,03308296
541	3,040000	541	3,03879619
543	3,050000	543	3,04764342
545	3,050000	545	3,05382109

547	3,090000	547	3,08972716
549	3,090000	549	3,09470725
551	3,260000	551	3,25623536
553	3,410000	553	3,40764213
555	3,170000	555	3,16873717
558	4,500000	558	4,50096512
560	3,310000	560	3,31062007
562	3,410000	562	3,40947866
569	4,110000	569	4,1139307
572	4,390000	572	4,38643169
575	4,610000	575	4,60610867
577	5,270000	577	5,2652812
579	5,380000	579	5,37713528
584	1,630000	584	1,63052559
586	36,440000	586	36,4447479
589	9,010000	589	9,01229572
591	11,010000	591	11,0073833
595	Réservoir	595	Réservoir
598	2,790000	598	2,78877139
606	3,660000	606	3,66422415
616	8,350000	616	8,3496933
620	2,180000	620	2,17745519
673	4,460000	673	4,45517445
679	4,460000	679	4,45517445
682	2,790000	682	2,79439163
685	1,150000	685	1,15057409
688	0,870000	688	0,87001467
691	0,810000	691	0,80830085
694	0,770000	694	0,76920396
697	1,050000	697	1,05158615
700	1,070000	700	1,06560707
703	1,590000	703	1,59349632
706	1,590000	706	1,59349632
709	2,000000	709	1,99996388
712	0,310000	712	0,30651224
715	1,610000	715	1,60694003
718	2,240000	718	2,23986268
721	0,170000	721	0,16505314
724	0,830000	724	0,83243847
727	2,280000	727	2,27617693
730	0,910000	730	0,90717024
733	1,400000	733	1,39664197
736	2,170000	736	2,16933703
739	1,920000	739	1,91920316

742	1,730000	742	1,73104191
745	1,120000	745	1,12028885
748	1,560000	748	1,55886447
751	0,970000	751	0,97110581
754	1,560000	754	1,55858409
757	2,620000	757	2,61534405
760	1,300000	760	1,30326235
763	2,030000	763	2,02520156
766	3,980000	766	3,98126602
769	3,170000	769	3,16875124
772	1,390000	772	1,3920151
775	0,680000	775	0,68045127
778	2,920000	778	2,91637397
781	0,740000	781	0,74312496
784	0,980000	784	0,98148131
790	1,120000	790	1,12169087
793	1,950000	793	1,94850695
796	0,300000	796	0,29515526
799	2,290000	799	2,28543067
803	0,870000	803	0,87085593

Tableau 05 : Le débit en l/s dans chaque nœud

Les résultats colorés en bleu dans ce tableau sont les résultats que nous allons travailler avec même si on peut remarquer qu'on a trouvé les même résultats sur les deux logiciels (EPANET et PORTEAU).

On va résumer ce tableau gigantesque par un petit tableau plus simple à lire et comprendre.

Débit (l/s)	Nbre Abonnés	Pourcentage %
0<Q noeud<5 (l/s)	292	90,68322981
5<Q noeud<10 (l/s)	22	6,832298137
10<Q noeud<15 (l/s)	4	1,242236025
15<Q noeud<20 (l/s)	2	0,621118012
20<Q noeud<25 (l/s)	0	0
25<Q noeud<30 (l/s)	0	0
30<Q noeud<35 (l/s)	0	0
35<Q noeud<40 (l/s)	2	0,621118012

Tableau 06 : Distribution du débit en fonction de Nbre d'abonnés

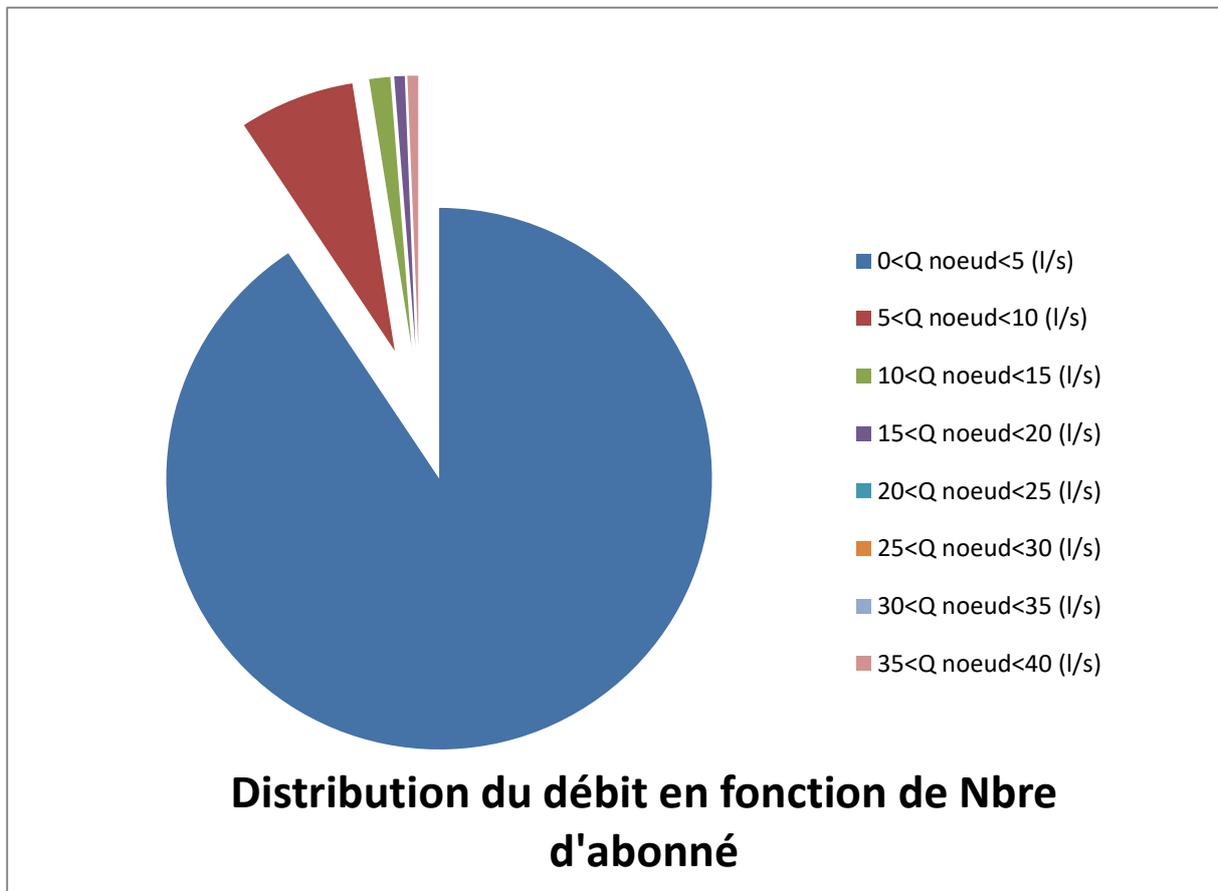


Figure 20 : Distribution du débit en fonction de Nbre d'abonnés

- **Interprétation des résultats**

D'après les tableaux et le graphe on remarque 90,68% des nœuds contiennent un débit inférieur à 5 (l/s) et les 9,32% restants contiennent un débit supérieur à 5 (l/s).

Donc on remarque une très mauvaise distribution de la ressource et cela peut être dû à de nombreuses causes qui peuvent être : les fuites, le traçage, le choix du diamètre des conduites mais le plus grand problème qui se pose est les branchements anarchiques et les abonnés branchés d'une façon illégale.

Ce problème peut causer une fluctuation pendant la distribution et peut affecter la gestion de la ressource sur une grande échelle et même causer une pénurie que ça soit pour certains abonnés ou pour une période de temps car la bonne gestion assure la disponibilité de la ressource.

3. Discussion des résultats :

Le réseau d'A.E.P de la localité d'Abou Tachfine et de la cité des oliviers a pour objectif de livrer aux consommateurs une eau qui répond aux normes de quantité et de qualité, et avec une continuité de service sans coupure. La connaissance des infrastructures et la schématisation de ces infrastructures assure une gestion efficace du réseau et de ces services.

Vu la complexité du réseau d'A.E.P de la localité d'Abou Tachfine et de la cité des oliviers et la difficulté de prévoir les phénomènes hydrauliques qui s'y déroulent, la gestion informatisée est devenue une opération indispensable.

A partir de différentes données concernant le réseau d'A.E.P (cartographie du réseau) une base de données géographique a été développée sous Carte@jour. Cette dernière nous a été utile lors du transfert des données sur le logiciel de simulation PORTEAU et EPANET.

La Modélisation établie pour le réseau d'A.E.P de la localité d'Abou Tachfine et cité des oliviers a permis de déterminer l'état du fonctionnement du réseau de distribution, dont les résultats sous PORTEAU montrent que le réseau en question présente beaucoup de problèmes au niveau de la répartition des vitesses et des pressions.

Cette étude ne constituant que le premier maillon du processus global, une campagne de mesure a été effectuée en continuité de ce travail dont le but est de donner une meilleure compréhension de l'état du réseau d'A.E.P et de développer sa gestion.

L'étude du réseau d'A.E.P de la localité d'Abou Tachfine et de la cité des oliviers a permis d'identifier certaines spécificités telles que :

- Un réseau défaillant avec des fuites importantes sur le réseau (principalement au niveau d'Abou Tachfine).
- Absence de matériels de terrain.

- La mauvaise gestion du réseau d'A.E.P.
- Réseau incomplet sur la carte et canalisations abandonnée

Enfin, voici quelques solutions proposées pour résoudre la majorité des problèmes du réseau :

- Une réhabilitation du réseau d'AEP de la localité d'Abou Tachfine.
- Mise à jour du réseau et récupération des canalisations abandonnées.
- Intervenir sur les différents ouvrages et renforcer l'entretien du système d'AEP afin d'assurer la meilleure desserte en eau.
- Installer des capteurs sur le réseau (au moins sur les conduites principales) pour suivre les flux d'eau et détecter les zones à problèmes (problèmes de fuites...

Conclusion générale:

Ce travail a consisté à mettre en place un outil méthodologique, capable de gérer le réseau d'alimentation en eau potable d'Abou Tachfine, à l'aide des logiciels de modélisation et de système d'information géographique. Il offre aux expéditeurs du réseau un outil performant de gestion, disposant d'une base de données relationnelle, pouvant être interrogée en tout instant. Comme il nous facilite la programmation de l'intervention et peut être effectuée en tout point du réseau.

C'est un outil d'exploitation qui permet au gestionnaire de diagnostiquer son réseau, d'étudier les solutions aux problèmes rencontrés et de prévoir les situations futures. Compte tenu des données disponibles, les performances hydrauliques (pression, vitesse, débit...) du réseau d'AEP d'Abou Tachfine ont été étudiées et cela en développant un couplage entre le logiciel PORTEAU et le modèle de calcul Epanet. Les résultats ont montré que le réseau d'Abou Tachfine doit être restructuré, des opérations de réhabilitation sont indispensables pour corriger les problèmes de pressions au niveau du réseau.

Aussi, l'implantation de nouvelles capacités de stockage est d'une importance capitale, ceci permettra d'avoir une enveloppe de pression convenable surtout en heures de pointe. Des pièces accessoires doivent être prévues pour limiter les pressions importantes, cause principales de rupture et d'apparition des fuites. La saisie, le stockage et la mise à jour des données, ces opérations permettent d'avoir un historique des problèmes d'exploitation (ruptures, renouvellement, modification du tracé ...) pour les prévisions d'interventions sur le réseau. Les avantages de ce système ne sont plus à démontrer, mais la collecte et la saisie des données représentent un travail très important. Les informations mémorisées sont nécessaires à la bonne gestion du réseau d'alimentation en eau potable d'Abou Tachfine. Il faut signaler que le couplage Porteau n'est pas si simple à réaliser et on peut mettre en évidence quelques problèmes techniques, conceptuels et sémantiques. On peut évidemment mentionner les problèmes techniques reliés aux données tels que la disponibilité, l'origine, le format, la qualité, l'échelle de mesure et d'utilisation, et la résolution temporelle et spatiale. La méthode des indicateurs est une méthode de diagnostic rapide qui permet

d'appréhender la qualité du service rendu, avec un minimum de données. Ce constat n'est efficace que si l'inventaire du patrimoine et des données d'exploitations courantes et financières de leur service sont archivés. Ces indicateurs judicieusement choisis permettront à mieux identifier les forces et faiblesses dans la conduite du service des eaux.

De point de vue opérationnel, avoir des indicateurs de qualité consensuels et donnant une vision, certes simplifiée, mais synthétique et interprétable. En élaborant, le tableau de bord, à partir des indicateurs de performance et de qualité, il devient facile de franchir un pas supplémentaire vers une gestion plus efficiente en analysant, le « pourquoi ? », le « comment ? » et « avec quoi ? ». En disposant d'une analyse systémique, les gestionnaires permettent d'évaluer l'efficacité et la pérennité de leur service. L'étude de l'évolution de ces indicateurs sur plusieurs exercices permet d'apprécier les efforts entrepris, les écarts, ainsi que les actions correctives à mettre en place en vue de pérenniser l'amélioration continue pour l'exploitation du service. Ainsi, la démarche proposée pour le réseau d'Abou Tachfine a permis d'aller dans le détail du système et de comprendre son fonctionnement, permettant d'analyser tous les processus liés à ce dernier.

Cette intégration du système d'alimentation en eau potable à caractère globalisant est une approche qui permet une vision pertinente par rapport à l'objectif du concepteur et de l'exploiteur en modélisant un comportement global d'un système dans son propre environnement. Ce travail représente la première étape d'un processus global dont le but est de développer des techniques d'aide à la gestion des réseaux urbains en général, et les réseaux d'alimentation en eau potable en particulier, tous en utilisant un système d'information géographique. Plusieurs axes de recherche sont à développer pour améliorer le modèle proposé pour le réseau Abou Tachfine, à savoir :

- Développer un modèle de consommation propre pour le Réseau Abou Tachfine.
- Modéliser la qualité de l'eau dans notre réseau.
- Correction, complétion et mise à jour du fond de plan.
- Complétion et mise à jour du système d'alimentation en eau potable d'Abou Tachfine.

- Complétion et actualisation de la banque de données par les informations jugées fiables et utiles auprès de la DRE, ANRH ... (rénovation, réhabilitation.....).
- Création d'une base de données pour le service clientèle et de développement d'un géocodage, pour faciliter les interventions sur le réseau

Références bibliographiques :

Guide utilisateur PORTEAU

Guide Utilisateur EPANET

Base des données ADE TLEMEN