

## *Remerciement*

*En guise de reconnaissance, nous tenons à témoigner nos sincères remerciements et notre gratitude la plus distinguée à notre encadreur, madame BOUKLI HACEN CHERIFA, pour son orientation, sa confiance, sa patience, sa qualité humaine, ses connaissances et son optimisme, qui ont constitués un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port.*

*Nos remerciements s'étendent également à monsieur BESSEDIK. M pour l'honneur qu'il nous a fait en président notre jury, Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail en acceptant de l'examiner.*

*Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous les professeurs qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études.*

*Enfin, on remercie tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail. En particulier à :*

- Monsieur MEHIAOUI Djamel ingénieur en chef dans l'ETRHB*
- Monsieur KRID Walid ingénieur dans la DRE Tlemcen*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce mémoire à :*

*Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.*

*Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.*

*Mon frère et ma sœur, qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité*

*A toute ma famille pour leur soutien tout au long de ces années d'étude. Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infaillible,*

*Merci d'être toujours là pour moi.*

*Mehdi*

*Je dédie ce travail,*

*A ma mère celle qui m'a donnée la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite.*

*A mon père, école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années d'études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger.*

*A mon cher frère et mon adorable sœur mille mots ne suffiront pas pour vous remercier de votre compréhension et vos conseils... à chaque moment de ma vie vous avez toujours été là pour moi.*

*A tous mes amis qui m'ont aidé tout au long de mon cursus universitaire.*

*A ma famille.*

*A tous ceux qui me sont cher.*

*A tous ceux qui m'aiment.*

*A tous ceux que j'aime.*

*Que Dieu vous garde pour moi*

*Mr ABOUBEKR MOHAMMED*

**Résumé :** Le groupement urbain de Tlemcen est alimenté actuellement par plusieurs catégories de ressources (les stations de dessalement ; les barrages ; les forages et les sources). Malgré cela, des coupures d'eau sont parfois enregistrées sur des périodes qui dépassent 24 heures. Ceci rend la gestion de l'alimentation au niveau du GUT délicate. Pour apporter une solution efficace à ce problème, nous avons étudié la sécurité d'approvisionnement en eau potable du GUT en se basant sur un couplage entre un SIG (MAPINFO) et un modèle de calcul hydraulique (EPANET). Ceci permettra d'offrir aux exploitants de ce système différents scénarios d'approvisionnement. C'est un outil de gestion performant pour l'amélioration de la connaissance des transferts qui alimentent le réseau du GUT, la détection et la compréhension des désordres pouvant s'y produire. Ce travail permettra de faciliter le passage entre différentes situations d'approvisionnement, de proposer des solutions rapides et d'avoir la possibilité de réaliser des simulations pour différents scénarios afin de sécuriser l'alimentation en eau potable au niveau du GUT.

**Mots clés :** GUT, SIG, Gestion, Sécurité d'approvisionnement, Simulations.

**Abstract:** The urban cluster of Tlemcen is actually supplied by several categories of resources (the desalination stations; dams; the drillings and the springs). Nevertheless, water shortage is sometimes recorded on periods which exceed 24 hours. This returns the management of the water supply delicate at the level of the GUT. To bring an effective solution to this problem, we studied the security in drinking water supply of the GUT by basing it on a coupling between a GIS (MAPINFO) and a model of hydraulic calculation (EPANET). This will allow to offer to the developers of this system various ways to supply the area with drinking water. It is a management tool performing in the improvement of the knowledge of transfers which feed the GUT, and the detection and the understanding of the disorders the can possibly happen. This work will make it easy to go through different cases and simulations for different circumstances in aim of securing drinking water supply in the GUT.

**Keywords:** GUT, GIS, Management, Security in drinking water, simulations

**المخلص:** يتم تزويد المجمع الحضري لتلمسان حاليا بالمياه الصالحة للشرب من عدة أنواع من الموارد المائية (وحدات تحلية المياه، السدود، النقب ومنابع الماء). وعلى الرغم من هذا فإن المجمع الحضري لتلمسان يسجل انقطاعات للماء تفوق أحيانا 24 ساعة. هذا ما يجعل عملية التسيير في تزويده بالمياه الصالحة لشرب حساسة. ولتقديم حلول فعالة لهذا المشكل، قمنا بدراسات لتأمين التزويد بالاعتماد على اقتران بين أنظمة الاعلام الجغرافي (MAPINFO) ونماذج المحاكاة الهيدروليكية (EPANET)، لإتاحة إمكانيات للمسيرين في تطبيق عدة سيناريوهات من اجل تزويد المنطقة. تسمح هذه الوسيلة أيضا لتحسين القدرات في عملية تحويل المياه وتسهيل في اتخاذ القرارات وإيجاد الحلول في وقت وجيز لتأمين تزويد متواصل للمجمع الحضري لتلمسان بالمياه الصالحة لشرب.

**كلمات مفتاحية:** المجمع الحضري لتلمسان، أنظمة الإعلام الجغرافي، المحاكاة الهيدروليكية، المياه الصالحة للشرب

## Table des matières

---

<b>Remerciement</b> .....	<b>i</b>
<b>Dédicaces</b> .....	<b>ii</b>
<b>Table des matières</b> .....	<b>v</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>ix</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>xii</b>
<b>LISTE DES ABREVIATIONS</b> .....	<b>xiii</b>
<b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE</b> .....	<b>4</b>
I.1. Introduction .....	5
I.2. Présentation des systèmes d'adduction .....	5
I.2.1. Adduction .....	5
I.2.2. Station de pompage .....	6
I.2.3. Les réservoirs .....	7
I.2.3.1. Fonctions générales des réservoirs .....	7
a. Fonctions techniques.....	7
b. Fonctions économiques .....	8
I.2.3.2. Caractéristiques principales d'un réservoir .....	8
a. Type de réservoir .....	8
b. Emplacement des réservoirs .....	10
c. Volume des réservoirs .....	11
d. La charge des réservoirs .....	12
I.2.4. Les réseaux de distribution.....	12
I.2.4.1. Classification des réseaux .....	12
I.2.4.2. Les conduites principales de distribution .....	14
I.2.4.3. Les conduites secondaires de distribution .....	15
I.2.4.4. Choix des matériaux de canalisation .....	15

I.2.4.5. Gestion des réseaux .....	15
I.2.4.6. Gestion informatisée des réseaux .....	16
I.2.4.7. Cartographie des réseaux .....	17
I.2.4.8. Mise à jour des plans .....	17
I.2.4.9. Fond de plans .....	18
I.2.4.10. Cartographie des réseaux d'alimentation en eau potable à l'aide d'un SIG .....	19
I.3. Présentation des SIG .....	20
I.3.1. Historique .....	20
I.3.2. Définition .....	20
I.3.3. Mode de données .....	21
I.3.3.1. Mode vecteur .....	21
I.3.3.2. Mode raster .....	22
I.3.4. Les composants d'un SIG .....	23
I.3.4.1. Les matériels informatiques .....	23
I.3.4.2. Les logiciels .....	23
I.3.4.3. Les données .....	24
I.3.4.4. Les utilisateurs .....	24
I.3.4.5. Les méthodes .....	24
I.3.5. Les fonctionnalités d'un SIG .....	24
I.4. Logiciels de modélisation des réseaux d'AEP .....	25
I.4.1. MIKEURBAN .....	25
I.4.2. PORTEAU .....	26
I.4.3. WATER CAD : .....	26
I.4.4. EPANET : .....	27
I.5. Conclusion .....	28
<b>CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE « GUT » .....</b>	<b>29</b>
II.1. Introduction : .....	30

II.2. Présentation du groupement urbain de Tlemcen.....	30
II.2.1. Climatologie de la zone d'étude.....	31
II.2.2. Géologie et hydrogéologie de la zone d'étude.....	33
II.2.3. Situation démographique du GUT.....	34
II.2.4. Les ressources hydrauliques qui alimentent le GUT.....	36
II.2.5. Production des ressources pour l'alimentation du GUT.....	39
II.3. Présentation du système qui alimente le GUT.....	40
II.3.1. Les stations de pompage.....	44
II.3.2. Les réservoirs.....	45
II.3.3. Les conduites.....	45
II.4. Etude de la sécurité de l'AEP du GUT.....	46
II.5. Conclusion.....	62
<b>CHAPITRE III : MODELISATION DU SYSTEME D'ADDUCTION DU GUT.....</b>	<b>63</b>
III.1 Introduction.....	64
III.2. Choix du SIG.....	64
III.3. Choix du modèle de calcul.....	65
III.4. Mise en place du SIG du système d'approvisionnement en AEP existant.....	65
III.4.1. Collecte et acquisition de données.....	66
III.4.2. Schématisation des transferts sur SIG.....	70
III.5. Import du réseau schématisé sur SIG vers PORTEAU.....	75
III.6. Passage PORTEAU – EPANET.....	77
III.7. Modélisation sur EPANET.....	79
III.7.1. Simulation sous EPANET.....	82
III.7.2. Discussion des résultats :.....	89

III.8. Conclusion : .....	91
<b>CONCLUSION GENERALE</b> .....	<b>92</b>

## **LISTE DES FIGURES**

Figure I.1 : Réseau ramifié.

Figure I.2 : Réseau maillé.

Figure I.3 : Mode vecteur.

Figure I.4 : Mode raster.

Figure I.5 : Les composantes d'un SIG.

Figure II.1 : Présentation de la zone d'étude.

Figure II.2 : Diagramme et courbe climatique de Tlemcen.

Figure II.3 : Colonne stratigraphique des monts de Tlemcen jusqu'aux hautes plaines.

Figure II.4 : Evolution démographique estimée du GUT 2016-2040.

Figure II.5 : Schéma du système qui alimente le GUT.

Figure II.6 : Schéma vertical des grandes adductions du GUT.

Figure II.7 : Schéma des grandes adductions du GUT.

Figure II.8 : Scénario n°1

Figure II.9 : Taux de productions des ressources pour satisfaire les besoins du Scénario n°1.

Figure II.10 : Scénario n°2

Figure II.11 : Taux de productions des ressources pour satisfaire les besoins du Scénario n°2.

Figure II.12 : Scénario n°3

Figure II.13 : Taux de productions des ressources pour satisfaire les besoins du Scénario n°3.

Figure II.14 : Scénario n°4

Figure II.15 : Taux de productions des ressources pour satisfaire les besoins du Scénario n°4.

Figure II.16 : Scénario n°5

Figure II.17 : Taux de productions des ressources pour satisfaire les besoins du Scénario n°5.

Figure II.18 : Scénario n°6

Figure II.19 : Taux de productions des ressources pour satisfaire les besoins du Scénario n°6.

Figure II.20 : Scénario n°7

Figure II.21 : Taux de productions des ressources pour satisfaire les besoins du Scénario n°7.

Figure III.1 : Schéma du transfert Honaïne-Tlemcen sur AUTOCAD

Figure III.2 : Carte des adductions qui alimentent le GUT

Figure III.3 : Géo localisation des stations de pompage du transfert de Sikkak

Figure III.4 : Géo localisation des stations de pompage du transfert de Beni Bahdel

Figure III.5 : Fenêtre changement de format d'AUTOCAD vers MAPINFO

Figure III.6 : Schéma du transfert Honaïne-Tlemcen sur MAPINFO

Figure III.7 : Schéma du transfert Honaïne-Tlemcen avec ces données sur MAPINFO

Figure III.8 : Schéma des transferts de Sikkak et Beni Bahdel avec leurs données sur MAPINFO

Figure III.9 : Schéma complet des adductions qui alimentent le GUT sur MAPINFO

Figure III.10 : Diamètres des conduites du système d'adduction

Figure III.11 : Matériaux des conduites du système d'adduction

Figure III.12 : Fenêtre changement de format de MAPINFO vers PORTEAU

Figure III.13 : Import d'un fichier Shape file

Figure III.14 : Schéma des adductions qui alimentent le GUT sur PORTEAU

Figure III.15 : Exportation EPANET vers PORTEAU

Figure III.16 : Schéma des adductions qui alimentent le GUT sur EPANET

Figure III.17 : Schéma complet des adductions qui alimentent le GUT sur EPANET

Figure III.18 : exemples des saisies des données des composants du système d'adduction

Figure III.19 : exemple de saisie de la courbe caractéristique de la pompe

Figure III.20 : Editeur de courbe de modulation sur EPANET

Figure III.21 : localisation des tronçons 4 et 5.1 dans le schéma

Figure III.22 : Schéma explicatif du cas n°1

Figure III.22 : Résultat de la simulation n°1 pour le 1<sup>er</sup> cas

Figure III.23 : Résultat de la simulation pour le 1<sup>er</sup> cas

Figure III.24 : Schéma explicatif du cas n°2

Figure III.25 : Résultat de la simulation pour le 2<sup>ème</sup> cas

Figure III.26 : Résultat de la simulation pour le 3<sup>ème</sup> cas

Figure III.27 : Résultat de la simulation pour le 4<sup>ème</sup> cas

Figure III.28 : Taux de production des ressources pour satisfaire les besoins du GUT

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau I.1 : Critères de choix des différents types de réservoirs.

Tableau II.1 : Taux d'accroissement de la population du GUT.

Tableau II.2 : évolution de la population du GUT 2016-2040.

Tableau II.3 : Forages qui alimentent le GUT.

Tableau II.4 : Sources qui alimentent le GUT.

Tableau II.5 : Barrages qui alimentent le GUT.

Tableau II.6 : Caractéristiques des SDEM de la wilaya de Tlemcen.

Tableau II.7 : Agglomération desservies par les SDEM.

Tableau II.8 : Variation des ressources qui alimentent le GUT.

Tableau II.9 : Caractéristiques des stations de pompage.

Tableau II.10 : Réservoirs du transfert.

Tableau II.11 : Conduites du transfert.

Tableau II.12 : Les besoins en eau potable de la population du GUT pour les années futures.

Tableau II.13 : Capacité maximale de production des ressources pour le GUT.

## LISTE DES ABREVIATIONS

Abréviations	Significations
ADE	Algérienne des eaux
AEP	Alimentation en eau potable
BC	Brise charge
SE	Semi enterré
DN	Diamètre normalisé
D	Dotation
ETRHB	Entreprise des travaux routiers, hydrauliques et bâtiments
GUT	Groupement urbain de Tlemcen
HAB	Habitant
ONS	Office national des statistiques
P	Population
RT	Réservoir tampon
SDEM	Station de dessalement Honaïne
SIG	Système informatique géographique
SP	Station de pompage
RT	Réservoir tampon
$B_{réel}$	Besoin réel
$B_{th}$	Besoin théorique
$Km$	Kilo mètre
$l/s$	Litre par seconde
$m$	Mètre
$mm$	Millimètre
$m^3/j$	Mètre cube par jour
$n$	Nombre d'année a l'horizon fixé
$p_f$	Population future
$p_0$	Population du moment considérer
$\alpha$	Taux d'accroissement
°C	Degré Celsius

**INTRODUCTION**  
**GENERALE**

## Introduction générale

Pour faire face à la sécheresse et l'accroissement démographique de ces dernières années l'état algérien a eu recours aux eaux non conventionnelles avec l'installation des stations de dessalement de l'eau de mer pour satisfaire les besoins de la population en eau potable.

Ces investissements ont certes permis à combler les déficits en eau mais la gestion et l'exploitation reste à désirer, parce qu'on continue à enregistrer des coupures d'eau et un nombre de fuites important (ADE, 2017). Ce fléau concerne en particulier la wilaya de Tlemcen qui souffre d'importantes dépenses en eau par le manque d'outil et d'information sur les transferts qui alimentent la wilaya.

Pour comprendre ces problèmes, nous devons avoir recours aux outils informatiques développés ces dernières années tels que les systèmes d'information géographique (SIG) et les modèles de calcul hydraulique. Ces outils ont donné un nouveau souffle pour les études liées à l'alimentation en eau potable. Ils permettent d'assister les gestionnaires des réseaux dans la conception, l'exploitation et la gestion de leurs systèmes d'adduction et de distribution ainsi que la prise de décisions.

C'est dans ce sens que s'inscrit notre travail, qui vise à mettre en place un couplage entre le système d'information géographique et un modèle de simulation hydraulique pour étudier les transferts qui approvisionnent le GUT. Ceci permettra de générer des scénarios pour comprendre le comportement du système d'adduction et les zones alimentées pour différentes hypothèses et de tirer des renseignements et apporter les solutions nécessaires.

A cet égard on tentera de répondre aux questions suivantes :

- Quelles sont les ressources qui alimentent le GUT ?
- Est-ce que ces ressources sont suffisantes pour le GUT ?
- Quelles sont les scénarios possibles d'approvisionnement au futur ?
- Quelles sont les contraintes qui peuvent nuire à l'approvisionnement ?

## INTRODUCTION GENERALE

---

Ainsi notre travail est présenté comme suit :

- L'introduction générale pour faire une présentation du mémoire avec les problématiques qu'on va aborder.
- Le chapitre 1 est consacré aux définitions des concepts nécessaires pour ce travail, qui sont les transferts en alimentation en eau potable, les systèmes d'information géographique et les modèles de calcul.
- Le chapitre 2 est dédié à la présentation de la zone d'étude et la situation hydraulique du GUT au cours de ces dernières années.
- Dans le chapitre 3, la simulation du comportement hydraulique des adductions est étudiée ainsi que les scénarios et les variations horaires de la consommation qui ont été proposés sur le modèle de calcul hydraulique.
- Et enfin une conclusion générale qui met l'accent sur une telle étude et ses extensions futures avec quelques recommandations.

**CHAPITRE I :**  
**ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE**

## **I.1.Introduction**

Dans ce chapitre, les notions relatives aux adductions seront développées, ainsi que les différents concepts relatifs à la modélisation hydraulique et les logiciels de modélisation et aux Systèmes d'information géographique.

## **I.2.Présentation des systèmes d'adduction**

La construction des systèmes d'adductions des eaux de dessalement ou des barrages vers le réseau d'AEP de Tlemcen est destinée à garantir les besoins en eau potable du groupement urbain de Tlemcen et d'autres centres urbains situés dans le couloir. Ces Transferts sont souvent d'une longueur importante et ils sont constitués de :

- Adductions
- Stations de pompage
- Réservoirs
- Réseaux de distribution

### **I.2.1.Adduction**

Les conduites d'adduction ont pour fonction d'assurer le transfert de l'eau entre deux points :

- La source et la station de traitement.
- La station de traitement et les stockages ou le réseau de distribution.
- La source et les stockages ou le réseau de distribution.

D'un point de vue hydraulique, l'adduction peut être gravitaire ou par refoulement. L'adduction est dite gravitaire lorsque la source est située en altitude par rapport au site à alimenter.

L'adduction est dite par refoulement lorsque le déplacement de l'eau est mû par une pompe. Le débit transité est alors discontinu et variable dépendant du débit de pompage.

La conduite d'adduction relie la prise d'eau au réservoir de stockage. C'est une conduite d'un gros diamètre car elle est destinée à transporter un débit très important. Pour faire face aux

contraintes imposées par le terrain et le relief, on doit accompagner la conduite d'adduction par divers ouvrages :

- Ventouses aux points hauts du tracé pour l'évacuation d'air.
- Vidanges aux points bas du tracé.
- Brises charge pour éviter la surpression et la sous-pression dans la conduite.
- Ouvrages de protection contre la corrosion de la conduite. [2]

### **I.2.2.Station de pompage**

La capacité d'une station de pompage est en fonction du ou des réservoirs de stockage. Elle est constituée des ouvrages et des équipements suivants :

- Bâche d'aspiration.
- Chambre de télécontrôle et d'automatisation.
- Groupes électropompes.
- Autres équipements en amont et en aval des pompes (vannes, clapets, manomètres, etc.).

On remarque l'existence de plusieurs pompes. Ceci permettra d'un côté, de minimiser la consommation de l'énergie électrique, car le débit produit est réparti sur l'ensemble des pompes, et de l'autre côté, d'assurer la continuité du service en cas de panne de l'une d'elles. [2]

La capacité de pompage d'une station de refoulement est déterminée à partir de la consommation moyenne du réseau et de la capacité des réservoirs de stockage, dimensionnés pour faire face à la pointe de consommation. Pour assurer la consommation moyenne du réseau et pour tenir compte de la tarification de l'énergie électrique, les stations de pompage sont équipées par un jeu de plusieurs pompes. La répartition des débits des pompes permettra de minimiser la consommation d'énergie électrique en période de tarifs chers, en agissant sur le rôle d'effet tampon des réservoirs. [3]

L'exploitant peut surveiller depuis un point unique le bon fonctionnement de sa station et recueillir en temps réel ou en temps différé différents paramètres tels que :

- Electrique : tension, intensité électrique, vitesse de rotation
- Hydraulique : niveaux, débit, pression
- Etats : marche, arrêt, positions, alarmes, signalisation
- Comptages : horaires, hydraulique, électriques

Ces informations donneront une vision globale du fonctionnement pour une intervention ou une visite de maintenance. On pourra trier celles-ci pour les retransmettre à un poste central afin de limiter les déplacements et optimiser l'entretien. [3]

### **I.2.3.Les réservoirs**

#### **I.2.3.1.Fonctions générales des réservoirs**

Les fonctions générales assurées par les réservoirs d'eau potable sont multiples et de nature à la fois technique et économique

##### **a.Fonctions techniques**

Tout d'abord, le réservoir est un ouvrage régulateur de débit qui permet d'adapter la production à la consommation. La production est le plus souvent dimensionnée et prévue afin de fournir, pour un temps journalier de fonctionnement généralement compris entre 20 et 24 heures, le volume correspondant à la consommation journalière totale de pointe du réseau. La consommation journalière présentant des fluctuations importantes, il est la plupart du temps judicieux, au point de vue technique et économique, de faire jouer un rôle d'appoint aux réservoirs pour la satisfaction des besoins instantanés de pointe. La présence de réservoirs diminue ainsi la capacité qui serait exigée des équipements de production, si ceux-ci devaient assurer seuls l'alimentation du réseau pendant les pointes instantanées de consommation.

En second lieu, le réservoir assure une fonction de sécurité d'approvisionnement dans l'éventualité d'un incident sur les équipements d'alimentation du réseau de distribution :

défaillance d'origines diverses des installations, rupture d'une canalisation d'adduction, interruption de l'alimentation en énergie, ...

La troisième fonction technique est une fonction de régulation de pression puisque le niveau ou la charge du réservoir conditionne et stabilise, aux pertes de charge près, la cote piézométrique sur le réseau de distribution.

La quatrième fonction technique réside dans la simplification des problèmes d'exploitation en permettant les arrêts pour entretien ou réparation de certains équipements ou installations : ouvrages de production, station de pompage, canalisations maîtresses, ... [3]

### **b. Fonctions économiques**

Les réservoirs peuvent conduire à des économies significatives sur les investissements à réaliser sur le réseau de distributions, en réduisant le diamètre des canalisations maîtresses (réservoirs dits d'équilibre desservant des extrémités de réseau, cas des refoulements-distributions, ...).

Par ailleurs, lorsque la distribution est alimentée à partir d'un pompage, l'existence d'un réservoir en charge sur le réseau de distribution conduit à des économies au niveau de divers aspects énergétiques : réduction de la puissance installée et de la puissance souscrite en pointe pour la station de pompage, coûts des consommations d'énergie proprement dites puisque par l'existence des divers tarifs horaires de l'énergie, les réservoirs permettent de privilégier le pompage pendant les heures de plus faible coût de l'énergie. [3]

### **I.2.3.2. Caractéristiques principales d'un réservoir**

Lors de la phase de conception d'un réservoir, quatre paramètres principaux doivent être déterminés : le type de réservoir, l'emplacement, le volume et la charge.

#### **a. Type de réservoir**

On considère généralement quatre types de réservoirs :

## Chapitre 1 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

---

- Réservoir au sol (enterré, semi-enterré ou sur le sol) alimentant gravitairement le réseau de distribution.
- Réservoir avec station de surpression associée, l'alimentation du réseau de distribution nécessitant une surpression.
- Réservoir surélevé, la cuve du réservoir étant disposée sur une tour.
- Réservoir sous-pression ou un dispositif de compresseurs d'air maintiennent au-dessus du plan d'eau une pression supérieure à la pression atmosphérique.

De multiples facteurs interviennent dans la détermination du type de réservoir :

- Condition topographique de la région à desservir.
- Condition hydraulique à la distribution : volume du réservoir, pression à assurer
- Type de décideur : maître d'ouvrage, maître d'œuvre ou exploitant.

Les critères les plus souvent retenus pour les choix sont :

- Les facteurs économiques
- La sécurité d'approvisionnement et la facilité d'exploitation
- Les possibilités d'adaptation au réseau
- Les possibilités d'inscription harmonieuse dans le site. [3]

Le tableau suivant indique l'intérêt des divers types de réservoirs vis-à-vis de ces critères.

## Chapitre 1 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Tableau I.1 : Critères de choix des différents types de réservoirs. [3]

Critère	Réservoir en charge sur le réseau		Réservoir nécessitant une surpression	
	Réservoir au sol	Réservoir surélevé	Réservoir avec contre-pression d'air	Réservoir au sol avec station de surpression
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Economie                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Investissement</li> <li>- Fonctionnement</li> </ul> </li> <li>• Sécurité d'approvisionnement</li> <li>• Facilité d'exploitation</li> <li>• Possibilité d'adaptation au réseau</li> <li>• Inscription dans le site</li> </ul>	+++ +++	+ +++	++ ++	++ +
+++ Solution favorable ++ Solution moyennement favorable + Solution peu favorable				

### b.Emplacement des réservoirs

Pour de multiples raisons, il y a tout intérêt, au strict point de vue de la distribution, à ce que le réservoir se situe aussi près que possible du centre de gravité de la consommation qu'il a à assurer.

En fait, beaucoup d'autres considérations interviennent dans ce choix et notamment les questions foncières, l'aspect économique, les conditions topographiques et d'inscription dans le site. [3]

### **c. Volume des réservoirs**

Le volume total des réserves nécessaire sur un réseau de distribution se compose en trois parties :

Une première partie qui correspond au volume nécessaire pour assurer la fonction de régulation entre la demande et la production. Ce volume se détermine théoriquement facilement en comparant sur un graphique, pour une journée donnée (généralement la journée de pointe de l'horizon considéré pour le projet), l'évaluation en fonction du temps.

Une seconde partie qui correspond au volume nécessaire pour assurer la sécurité d'approvisionnement en cas d'insuffisance de l'alimentation et notamment en cas d'incidents intervenant sur les équipements d'alimentation du réseau. Cette seconde partie, qui peut comprendre pour les petits réservoirs la réserve appelée communément « réserve incendie » est souvent du même ordre de grandeur que la première, voire très supérieure à celle-ci. De plus, elle est parfois difficile à apprécier de façon réellement objective : durée d'une pollution accidentelle d'eau de surface, durée de réparation d'une canalisation maîtresse d'alimentation, probabilité et coût économique d'un arrêt exceptionnel de la distribution... ce second volume destiné à pallier les insuffisances de fiabilité des installations dépend du type de la ressource, de l'unicité ou de la multiplicité des origines de la ressource, l'existence de ce volume de sécurité ne doit pas bien entendu constituer une raison pour ne pas améliorer la fiabilité des installations.

Une troisième partie comprenant un volume « mort » (fonds de réservoir) dont l'introduction dans le réseau correspondrait à une eau chargée de dépôts et impropre à la consommation. Suivant les réservoirs on peut estimer que ceci représente une tranche d'eau de l'ordre de 10 à 20 centimètres correspondant au fond du réservoir.

Un volume commande correspondant à la régulation de l'alimentation des réservoirs, ... ce volume peut représenter également une tranche d'eau de 10 à 30 centimètres correspondant à la partie supérieure du réservoir.

Le dimensionnement des réservoirs dits d'équilibre résulte de la simulation par le calcul des débits entrants et sortants au cours d'un cycle journalier.

Enfin, en ce qui concerne la « réserve incendie », les réglementations nationales prévoient les dispositions à prendre en fonction de la contribution susceptible d'être demandée aux réseaux de distribution de l'eau potable dans la défense incendie des agglomérations. [3]

### **d.La charge des réservoirs**

La charge, ou altitude, du réservoir nécessaire pour assurer la distribution, est fournie par le calcul du réseau de distribution.

Lorsque plusieurs réservoirs sont en parallèle sur le même réseau de distribution, il existe très souvent des problèmes de fonctionnement qui correspondent à des difficultés de remplissage ou de vidange.

Ces difficultés sont facilement explicables :

- Variations saisonnières de la consommation.
- Conception des ouvrages pour un horizon correspondant à des conditions différentes de celles rencontrées avant cet horizon.
- Méconnaissance fréquente des pertes de charge réelles et de leur évolution dans les réseaux.

L'exploitant doit être particulièrement vigilant à assurer un renouvellement satisfaisant de l'eau des réservoirs afin que la qualité bactériologique de celle-ci ne se dégrade pas.

Certaines difficultés de fonctionnement peuvent être résolues par des modifications de maillage ou par l'installation de systèmes et d'équipements de régulation (centre de contrôle, vanne de régulation sur l'alimentation, programmeur de niveau...) sur les réservoirs. [3]

## **I.2.4.Les réseaux de distribution**

### **I.2.4.1.Classification des réseaux**

On distingue deux types de réseau :

## Chapitre 1 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

---

Les réseaux ramifiés, dont les conduites ne sont alimentées que par une seule source située à l'amont. Un réseau ramifié se termine par des conduites en antenne. Aucune d'entre elles n'a d'alimentation en retour

Cette disposition a l'avantage d'être économique mais elle manque de sécurité et de souplesse. En cas de rupture d'une branche, tous les clients situés à l'aval sont privés d'eau. [3]. La figure suivante représente un réseau ramifié.

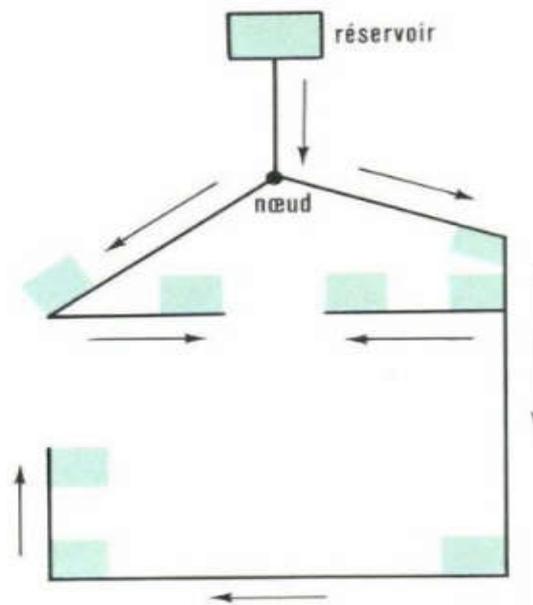


Figure I.1 : Réseau ramifié [4].

Les réseaux Maillés, eux sont constitués de conduites raccordées à chacune de leurs extrémités, notamment aux intersections de vois. Chaque tronçon bénéficie d'une alimentation en retour limitant ainsi le nombre de clients privés d'eau en cas d'avarie. Cette disposition est naturellement plus onéreuse mais plus fiable que la précédente

Les réseaux ramifiés sont fréquents en zone rurale. Les réseaux maillés sont pratiquement généralisés en zone urbaine.

Les réseaux de distribution sont constitués de conduites principales et de conduites secondaires [3]. La figure suivante représente un réseau maillé.

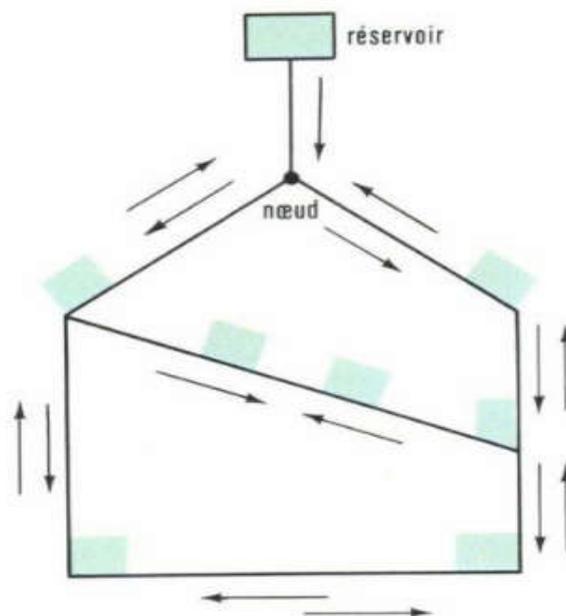


Figure I.2 : Réseau maillé [4].

### I.2.4.2. Les conduites principales de distribution

Les conduites principales de distribution ont pour origine un réservoir ou une station de pompage. Elles assurent l’approvisionnement des conduites secondaires.

Elles ne comportent pas de branchement et le nombre de raccordements aux conduites secondaires est limité au strict nécessaire, ceci afin de réduire le nombre des interventions éventuelles.

Compte tenu des débits importants qu’elles doivent assurer, elles sont rarement d’un diamètre inférieur à 300mm. Toutefois, leur calibrage est établi à partir de modèles mathématiques.

Les tuyaux utilisés seront choisis en fonction de la pression à laquelle ils seront soumis, de la nature du terrain où ils seront placés, de la hauteur de recouvrement et de la facilité de mise en œuvre.

Des vannes de sectionnement sont placées à des emplacements choisis en fonction des raccordements aux conduites secondaires avec le souci de répondre à deux exigences contradictoires, limiter leur nombre et perturber le moins possible la distribution en cas d’intervention sur le réseau. [3]

### **I.2.4.3. Les conduites secondaires de distribution**

Les conduites secondaires de distribution assurent la liaison entre les conduites principales de distribution et les branchements.

Le diamètre moyen d'un réseau de distribution varie entre 100 et 150 millimètres, avec un éventail allant de 40 à 300 millimètres. [3]

### **I.2.4.4. Choix des matériaux de canalisation**

De nombreux types de tuyaux sont disponibles pour constituer une conduite. On peut les classer en fonction des matériaux avec lesquels ils sont fabriqués : fonte grise ou fonte ductile, acier, béton armé à âme tôle, béton armé précontraint, PVC et polyéthylène.

Le choix des tuyaux utilisés est fonction de la pression et de la nature de terrain, des coûts de fourniture et de mise en œuvre, mais aussi la facilité à réaliser les raccordements, les prises de branchement et les réparations en cas de fuite.

Les tuyaux en fonte ductile, en acier et en béton armé à âme tôle, sont bien adaptés aux conduites d'adduction ou aux conduites principales de distribution. S'agissant en général de conduite de fort calibre, ils ont une bonne résistance à l'écrasement. La réalisation de prises de branchement sur le béton armé ou l'acier est difficile et coûteux. Cet inconvénient n'est pas rédhibitoire pour ce type de conduite puisqu'ils n'en comportent pas ou peu. [3]

### **I.2.4.5. 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 [27]. 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. [26]

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. [19]

### **I.2.4.6. 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. [27] [3]

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 pompages.
- 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. [19]

### I.2.4.7. Cartographie des réseaux

C'est l'ensemble des études et opérations intervenants à partir d'une connaissance approfondie des réseaux (observations, exploitation ...) et l'établissement des cartes, plans et autres modes d'expression, ainsi que leurs utilisations. [26] Les plans de réseaux sont des outils indispensables à la bonne marche d'un service d'AEP. Ils sont utilisés par de nombreux intervenants tels que les agences d'urbanisme ou autres services publics. On distingue plusieurs plans à des échelles différentes selon leurs utilisations.

–**Plans à petite échelle (de l'ordre de 1/ 10 000)** : Ils offrent une vue globale de l'ensemble du réseau. Ils sont utilisés par les services chargés de la planification et de l'élaboration des plans directeurs d'aménagement et d'urbanisme (PDAU). Cette échelle est souvent employée aussi dans les zones rurales où les réseaux sont étendus avec une basse densité de branchements et équipements. [3]

–**Plans à échelle moyenne (1/ 5000 à 1/ 1000)** : Ce sont les plans utilisés sur le terrain par les exploitants. Sur ces plans sont représentés les fonds de plans et les réseaux accompagnés des informations indispensables à l'exploitant. [3]

–**Plans à grande échelle (1/500 à 1/100)** : Ils permettent une localisation précise des ouvrages existants. Ces plans sont généralement réalisés rue par rue, et présentent le positionnement des canalisations et des pièces spéciales, les branchements et les côtes exactes du réseau. Ces plans sont très utiles, compte tenu de la masse d'informations qu'ils contiennent. [3]

–**Plan de recollement** : Sur les plans d'exécution qui sont généralement à l'échelle du 1/500 sont reportés tous les réseaux nouvellement construits avec leurs caractéristiques (diamètre, type, nature), sont indiqués aussi les ouvrages annexes, les vannes et les côtes de radiers. [3]

### I.2.4.8. Mise à jour des plans

Les services d'eau disposent généralement des informations concernant les réseaux et d'un support cartographique correspondant à la voirie car la mise à jour demande une bonne

coordination avec les services en charge des travaux de voirie afin que ceux-ci transmettent au service d'AEP les plans d'exécution des travaux. [26] [3].

### **I.2.4.9.Fond de plans**

Les données cartographiques correspondantes à la voirie et le bâti sont tenus à jour par les services concernés tels que l'Institut National de Cartographie et de Télédétection ou les services du Cadastre qui sont les principaux fournisseurs des données cartographiques nécessaires aux organismes gestionnaires de réseaux.

Le plan cadastral est le document de référence de l'information cadastrale ; c'est à dire à partir du plan que sont identifiés tous les biens soumis à impôt.

Le plan cadastral comporte principalement les informations suivantes :

- Les limites de commune, de section cadastrale, de lieu – dit, de parcelle et de subdivision fiscale, avec mention du toponyme ou du numéro.
- Les bâtiments (hachurés), les hangars, les mosquées, les cimetières, les calvaires, les moulins, les cheminées d'usine, les gazomètres, les gazoducs, les lignes de transport de forces.
- Les noms de voie et les numéros de police des immeubles bordant ces voies. - Les repères géodésiques, les points de triangulation et de polygonaion cadastrale, les repères de nivellement, les bornes de propriétés.
- Les murs, les clôtures, les haies, les fossés, les cours d'eau, les lacs, les étangs, les ouvrages (quais, ponts), les bordures de chemins et de trottoirs... [19].

Afin de mieux évaluer ce que peut apporter la cartographie informatisée, il convient de mettre en évidence les principaux inconvénients de la cartographie « papier » :

- La quantité d'information que peut contenir une carte est limitée, principalement pour des raisons de lisibilité ;
- Une fois produite, la carte « papier » est un document figé. Il peut même arriver que des cartes soient périmées dès leur parution ;
- Il est difficile d'extraire une information exacte (coordonnées géographiques d'un point situé en mer) ;

- Aucune analyse quantitative ne peut être conduite entre deux cartes thématiques ;
- Toute analyse spatiale à partir de plusieurs cartes est difficile, voire impossible. [19]

### **I.2.4.10. Cartographie des réseaux d'alimentation en eau potable à**

#### **l'aide d'un SIG**

La cartographie des réseaux d'alimentation en eau potable doit être fondée sur une parfaite connaissance de ces derniers et de tous leurs éléments constitutifs et leurs son fonctionnement. Les cartes et plans des réseaux, tenus à jour, avec l'indication des différents points singuliers constituent le document de base de l'exploitant. Ce document de base tend à se développer sur support informatique et constitue un système d'information géographique, véritable base de données fondée sur la représentation géographique des réseaux et de l'ensemble des informations qui y sont associées. [19]

- La constitution d'un S.I.G dans l'élaboration des cartes réside dans la facilité de :
  - Mettre en place une cartographie numérique détaillée facile à mettre à jour.
  - Permettre des analyses spatiales en croisant les couches d'information stockées dans la base de données.
  - Permettre des études statistiques en procédant à des requêtes multiples.
  - Elaborer diverses cartes thématiques en croisant les différentes couches d'informations intéressant le thème.
- Les spécificités de cette cartographie sont liées :
  - A la mise en œuvre d'un projet de gestion technique.
  - A l'absence d'un projet global de bases de données urbaines dont il faut préserver la faisabilité.
  - Au fait que plusieurs collectivités indépendantes gèrent des réseaux de même nature, complémentaires les uns des autres, sur un espace géographique commun. [19]

### I.3.Présentation des SIG

#### I.3.1.Historique

En 1991, D.J. Maguire définit trois grandes périodes dans l'histoire des SIG

- ✓ De la fin des années 50 au milieu des années 70 : création des premières cartes informatiques
- ✓ Du milieu des années 70 au début des années 80 : diffusion des SIG dans les organismes d'état
- ✓ A partir du début des années 80 : explosion du marché des logiciels, augmentation des applications et des fonctionnalités des SIG, mise en réseau

On peut aujourd'hui ajouter deux grands points : la banalisation de l'informatisation des données géographiques avec les GPS, les sites de calcul d'itinéraires et des fonctionnalités comme Google MAP et l'apparition des objets 3D. [5]

#### I.3.2.Définition

Les SIG sont des systèmes constitués de matériels et de logiciels utilisés pour la récupération, le stockage, l'analyse et la représentation graphique de données géographiques. Les spécialistes considèrent l'ensemble SIG en comprenant aussi les personnels utilisateurs et les données qui entrent dans le système. Les caractéristiques spatiales sont stockées dans un système de coordonnées (latitude/longitude, UTM, etc.), qui définit un lieu précisément sur la terre. Des éléments descriptifs stockés sous forme de tableau sont associés aux caractéristiques spatiales. Les données spatiales et leurs éléments descriptifs associés dans un système de coordonnées commun, peuvent être utilisés ensemble pour des analyses et des cartographies. Les SIG peuvent être utilisés pour des recherches scientifiques, pour la gestion de ressources, et les études de projets. [6]

### I.3.3.Mode de données

La reprise de documents cartographiques existants sur support papier en vue de les introduire dans un SIG, pouvait recourir à deux techniques différentes : Le premier conduit directement à des données cartographiques numériques de type vecteur, la seconde à des données tramées. [7]

#### I.3.3.1.Mode vecteur

Ce mode répond au souci de représenter un objet de manière aussi exacte que possible. Les objets spatiaux peuvent être représentés sur une carte par des points, des lignes ou des polygones [7]. Comme le montre la figure ci-dessous

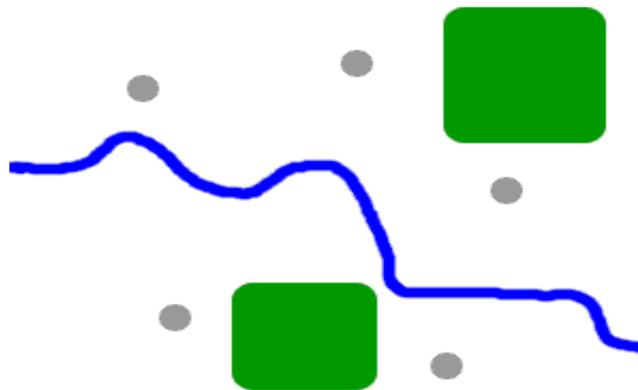


Figure I.3 : Mode vecteur [7]

Les avantages du mode vecteur sont :

- ✓ Une meilleure adaptation à la description des entités ponctuelles et linéaires.
- ✓ Une facilité d'extraction de détails.
- ✓ Une simplicité dans la transformation de coordonnées.

Les inconvénients du mode vecteur sont :

- ✓ Les croisements de couches d'information sont délicats et nécessitent une topologie parfaite. [7]

### I.3.3.2. Mode raster

Le mode trame ou raster est également appelé modèle matriciel. Le mode raster décrit la totalité de la surface cartographique point par point. Il est utilisé principalement dans les systèmes à balayage (scanners, capteurs en télédétection ...) [7] comme on peut le voir dans la figure ci-dessous :

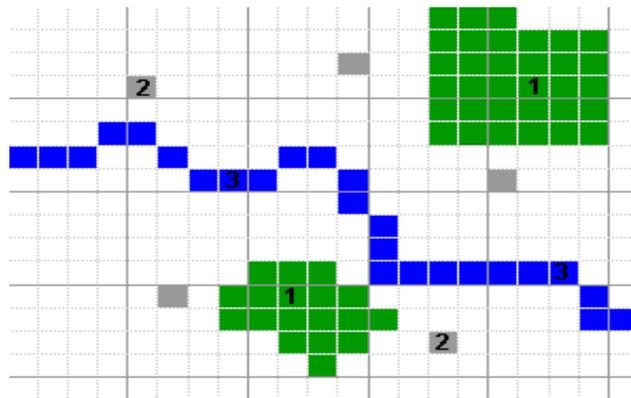


Figure I.4 : Mode raster [7]

Les avantages du mode raster sont :

- ✓ Meilleure adaptation à la représentation des détails surfaciques.
- ✓ Acquisition des données à partir d'un scanner à balayage.
- ✓ Meilleure adaptation à certains types de traitements numériques : filtres, classifications

Les inconvénients du mode raster sont :

- ✓ Mauvaise adaptation à la représentation des détails linéaires.
- ✓ Obligation de parcourir toute la surface pour extraire un détail
- ✓ Impossibilité de réaliser certaines opérations topologiques, la recherche du plus court chemin dans un réseau par exemple. [7]

## I.3.4. Les composants d'un SIG

Un SIG est constitué de 5 composants majeurs :

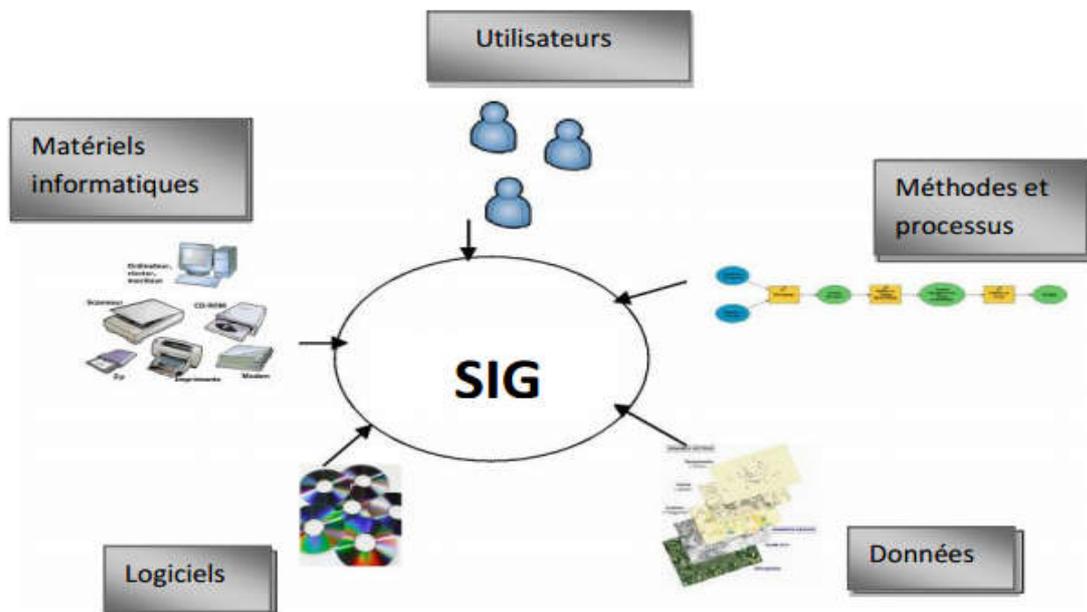


Figure I.5 : Les composantes d'un SIG. [9]

### I.3.4.1. Les matériels informatiques

Aujourd'hui le fonctionnement des SIG nécessite une très large gamme d'ordinateurs : des serveurs de données aux ordinateurs de bureaux connectés en réseau ou utilisés de façon autonome (monoposte, PDA). Aussi des périphériques comme les traceurs et les scanners sont très fréquemment utilisés. [8]

### I.3.4.2. Les logiciels

Les outils et les fonctions pour stocker, analyser et afficher toutes les informations sont offerts par les logiciels SIG. Les principales composantes logicielles d'un SIG sont :

- Les outils permettant la saisie et la manipulation des informations géographiques.
- Un système de gestion de base de données (SGBD).
- Des outils géographiques de requête, d'analyse et de visualisation.

- Une interface graphique utilisateur pour une utilisation facilitée. [8]

### **I.3.4.3.Les données**

Les données géographiques et les données attributaires sont des composantes les plus importantes d'un SIG. Associées, ces données peuvent soit être constituées en interne, soit acquises auprès de producteurs de données. Elles sont à la base d'un projet Géomatique. [8]

### **I.3.4.4.Les utilisateurs**

Avec l'arrivée des SIG sur internet, la communauté des utilisateurs de SIG s'accroît de façon considérable chaque jour. Les SIG s'adressent à une très grande communauté d'utilisateurs depuis ceux qui créent et maintiennent les systèmes, jusqu'aux personnes utilisant dans leur travail quotidien la dimension géographique. Par conséquent, il est raisonnable de penser qu'à une échéance très courte, nous serons tous à des niveaux différents des utilisateurs de SIG. [8]

### **I.3.4.5.Les méthodes**

La mise en œuvre et l'exploitation d'un SIG ne peut s'envisager sans le respect de certaines règles et procédures propres à chaque organisation. Il fait appel à divers savoir-faire et donc diverses techniques qui proviennent généralement des compétences multidisciplinaires. [8]

## **I.3.5.Les fonctionnalités d'un SIG**

Dans les systèmes d'information géographiques, on distingue 5 fonctionnalités essentielles regroupées en cinq familles connues sous les 5A à savoir :

- Abstraction : C'est l'opération permettant de représenter une situation géographique du monde réel et complexe par un système simple, suffisamment précis et compréhensif.
- Acquisition : C'est l'opération permettant d'intégrer des données dans le système.

- Archivage : C'est la structuration et le stockage de l'information géographique sous forme numérique sur un support externe.
- Analyse : C'est l'opération permettant d'effectuer des requêtes, des transformations et l'analyse des données.
- Affichage : C'est la représentation et mise en forme, notamment sous forme cartographique avec la notion d'ergonomie et de convivialité. [9]

### **I.4.Logiciels de modélisation des réseaux d'AEP**

La modélisation consiste à analyser, à mieux comprendre le fonctionnement du réseau d'alimentation en eau potable et à valoriser les données afin de réaliser une étude diagnostique. Il est clair aussi que l'application des SIG dans le domaine de la distribution des eaux sans aucun lien avec les modèles de simulation hydraulique ne peut pas soutenir tous les objectifs de gestion requise [10]. Actuellement il existe plusieurs logiciels qui sont utilisés pour gérer, concevoir et suivre dans le temps l'état et la qualité de l'eau transité dans les réseaux. En voilà quelques modèles :

#### **I.4.1.MIKEURBAN**

MIKE URBAN est un logiciel professionnel pour la modélisation avancée des réseaux de distribution d'eau potable ainsi que des réseaux de collecte des eaux usées et/ou pluviales, le tout dans la même interface intégrée SIG. Cette interface MIKE URBAN a été baptisée « Gestionnaire de modèles »

MIKE URBAN couvre donc tous les aspects des systèmes d'eau urbains en remplaçant les applications MOUSE, MIKE NET et MIKE SWMM.

Les principaux avantages de MIKE URBAN par rapport aux outils de modélisation traditionnels sont les formats de données standards, l'interface utilisateur unique intégré sous SIG et la gestion SIG des données.

MIKE URBAN permet d'analyser le comportement hydraulique des réseaux d'eau potable à l'état d'équilibre (simulation hydraulique stationnaire) ou sur une période de temps étendue (simulation hydraulique dynamique). MIKE URBAN peut également analyser la qualité des

eaux et notamment la dispersion du chlore ou la progression d'un polluant dans le réseau. Avec MIKE URBAN vous pouvez représenter vos réseaux à toutes les échelles, du modèle stratégique (un réseau d'adduction/distribution intercommunal avec les principaux points de distribution, par exemple) au modèle détaillé (réseau communal intégrant la distribution à l'échelle de l'abonné par exemple). Vous pouvez également utiliser MIKE URBAN pour modéliser des réseaux industriels sous pression, des réseaux d'irrigation, etc. [11]

### **I.4.2.PORTEAU**

PORTEAU est un logiciel de simulation hydraulique et de cinétique adapté aux réseaux d'eau sous pression - eau potable. Il permet une schématisation du réseau, la représentation de son fonctionnement en pointe, sur un horizon de plusieurs heures ou jours, la modélisation de la qualité avec temps de séjour, cinétique et traçage de provenances. Il est utile comme outil de gestion et d'aide au dimensionnement.

Principaux objectifs, fournir un outil de modélisation du comportement hydraulique en régime permanent d'un réseau intégrant les ouvrages de stockage et de régulation. Simuler la réponse au tirage en pointe des consommateurs du réseau en termes de satisfaction de la pression désirée, dimensionner ou renforcer le réseau pour atteindre l'objectif

- Simuler par pas successifs l'évolution de la réponse du réseau et de son système de régulation (réservoirs, pompes, vannes spéciales) à une période donnée de comportement des consommateurs, dimensionner le réseau de transport-adduction et de stockage
- Après l'hydraulique, simuler l'évolution de la qualité de l'eau par son âge, sa concentration en désinfectant, trouver la part de mélange due à diverses provenances ; positionner et dimensionner le système de désinfection le mieux adapté. [12]

### **I.4.3.WATER CAD :**

Est une application conviviale qui permet de modéliser le comportement hydraulique et la qualité de l'eau dans les réseaux de distribution. Pour gérer leurs infrastructures, de nombreux services publics, services municipaux et bureaux d'étude font confiance à Water CAD qui est

un outil fiable et économique qui facilite la prise de décision. Du contrôle des systèmes de lutte contre les incendies à l'analyse de l'eau, de la consommation énergétique et à la gestion des coûts, Water CAD aide à analyser, concevoir et optimiser les réseaux de distribution d'eau. Les fonctions intégrées de gestion de la qualité de l'eau permettent aux ingénieurs d'analyser les constituants, l'âge de l'eau, le mélange d'eau dans les réservoirs et la traçabilité de la source afin d'assurer la programmation complète de la chloration. Avec Water CAD, les utilisateurs peuvent également évaluer le volume d'eau disponible pour la défense incendie. L'application calcule la quantité d'eau mobilisable à chaque bouche d'incendie ou groupe de bouches d'incendie, Les utilisateurs déterminent rapidement et avec précision la capacité du réseau à assurer une protection efficace contre les incendies. De plus, les commandes d'exploitation basées sur des règles, le pompage à vitesse variable, la modélisation des fuites, ainsi que les dispositifs de vidange unidirectionnelle, aident les utilisateurs à localiser les goulets d'étranglement, réduire la consommation d'énergie et modéliser différentes actions sur le réseau. De nombreuses fonctionnalités sont possibles avec Water CAD. On peut citer :

- Simulation en régime permanent
- Simulation sur période étendue
- Suivi de la source
- Analyse du mélange d'eau dans les réservoirs
- Analyse de l'âge de l'eau
- Analyse de la défense incendie
- Pompage a vitesse variable
- Modélisation des fuites
- Consommation fonction de la pression [13]

### **I.4.4.EPANET :**

Le logiciel EPANET est un logiciel de simulation du comportement hydraulique et qualitatif de l'eau dans les réseaux d'eau potable. Un réseau d'eau potable sur un logiciel 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...). Le logiciel 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

et quelle que soit la période de l'année où on se situe. 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. En résumé, le logiciel présente tous les outils 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.

Le logiciel présente également un module qualité qui permet de calculer les concentrations en substances chimiques, les temps de séjour de l'eau dans différentes parties du réseau. Il permet également de suivre l'origine de l'eau. L'utilisation de ce module qualité nécessite un calage hydraulique préalable. [5]

### **I.5.Conclusion**

Dans ce chapitre, il était question de connaître les constituants des transferts (Stations de pompage, réservoirs, conduites...), de comprendre leurs fonctionnements et leurs méthodes de dimensionnement et de découvrir les méthodes de gestion que ce soit classique ou informatisé. Après, on a essayé d'expliquer c'est quoi un système d'information géographique « SIG », et on a pu constater qu'il possède des fonctionnalités compatibles avec le domaine hydraulique et peut être utilisé dans la gestion des réseaux d'AEP en association avec les logiciels de modélisation. Enfin, on a cité quelques modèles de simulation hydraulique avec leurs principales fonctionnalités appliquées au domaine de l'alimentation en eau potable (adduction et distributions).

**CHAPITRE II :**  
**PRESENTATION DE LA ZONE**  
**D'ETUDE « GUT »**

### II.1. Introduction :

L'accroissement rapide des besoins en eau potable dans le GUT est important. Une période de sécheresse assez longue a par ailleurs, amené à une surexploitation des réserves hydriques jusqu'à l'épuisement d'une grande partie de celles-ci. C'est pourquoi le dessalement des eaux de mer est apparu comme une nouvelle alternative pour épauler les autres ressources et combler le déficit [1], ce projet implique la réalisation d'importants transferts pour l'adduction des eaux dessalées vers les réservoirs d'alimentations.

Dans ce chapitre, nous allons présenter le groupement urbain de Tlemcen, donner un aperçu sur sa situation hydraulique et connaître quelles sont les différentes ressources qui l'alimentent. La question qui se pose est : Est-ce que les ressources actuelles sont suffisantes ? Ou faut-il chercher d'autres alternatives ?

### II.2. Présentation du groupement urbain de Tlemcen

La wilaya de Tlemcen est située sur le littoral Nord-Ouest de l'Algérie et dispose d'une façade maritime de 120 Km. C'est une wilaya frontalière avec le Maroc. Elle est limitée par la mer méditerranéenne au Nord, la wilaya d'Ain Témouchent à l'Est, la wilaya de Sidi Bel Abbès à l'Est-Sud-Est, la wilaya de Saida au Sud et le Maroc à l'Ouest. Elle s'étend sur une superficie de 9010 km<sup>2</sup> [15].

Le territoire de la wilaya de Tlemcen est formé d'un ensemble de milieux naturels qui se succèdent de manière grossièrement parallèle. On distingue du Nord au Sud : la chaîne montagneuse des Traras, les plaines et plateaux limités au Sud par les monts de Tlemcen et enfin la zone steppique qui s'étend jusqu'aux frontières avec la wilaya de Naâma. [16]

Le groupement des communes de Tlemcen, Chetouane et Mansourah (figure II.1) occupe environ 112,2 km<sup>2</sup> constituant le bassin intérieur de Tlemcen. Ce bassin est limité au Sud par la falaise de LallaSetti, au Nord par la haute colline de Ain El Houtz, à l'Est par Oum El Allou et à l'Ouest par les monticules de Beni Mester [17]. Les monts de Tlemcen correspondent à une vaste superficie de 300 km<sup>2</sup> où affleurent des roches carbonatées très karstifiées (80 %). [18]



Figure II.1 : Présentation de la zone d'étude [19]

### II.2.1. Climatologie de la zone d'étude

Le climat de Tlemcen est chaud et tempéré, L'hiver se caractérise par des précipitations bien plus importantes qu'en été. D'après Koppen et Geiger, le climat à Tlemcen y est classé climat méditerranéen. La température moyenne annuelle est de 16.0 °C. Sur l'année, la précipitation moyenne est de 484 mm [20].

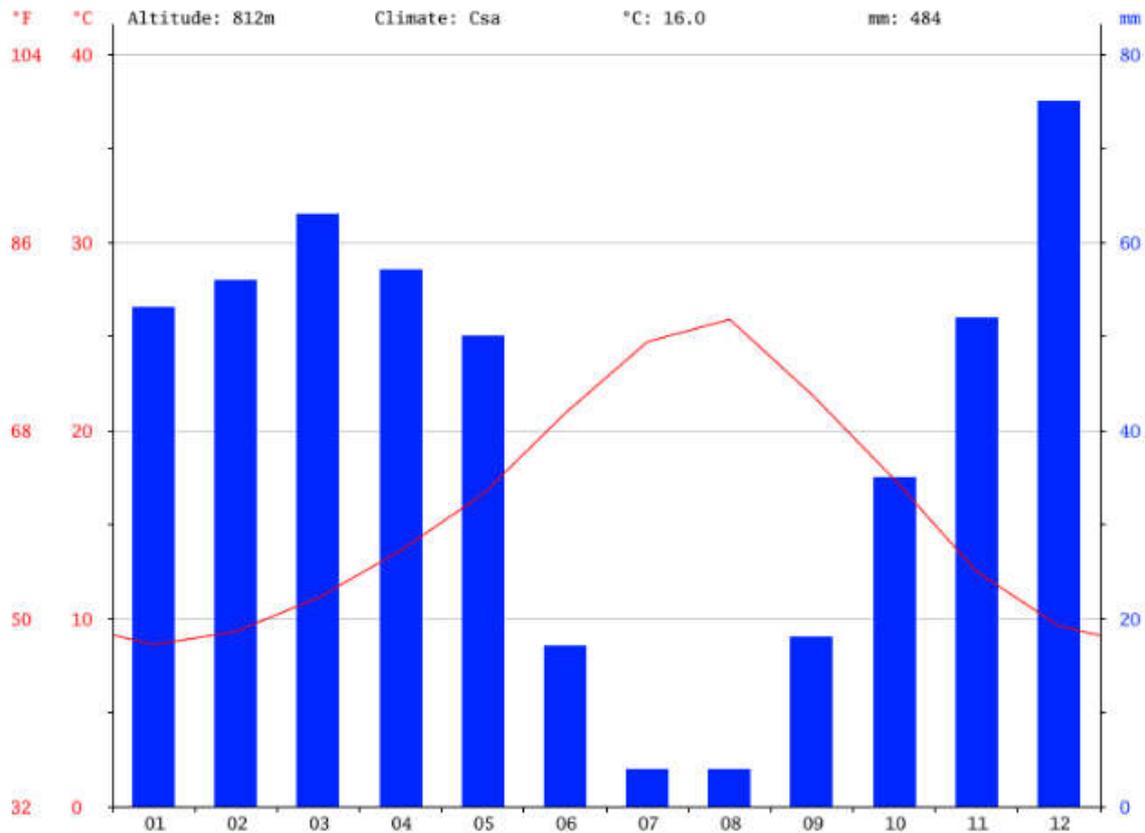


Figure II.2 : Diagramme et courbe climatique de Tlemcen [20]

D'après la figure II.2, on aperçoit que le mois de Juillet est le mois le plus sec, avec seulement 4 mm. Et dans le mois de Décembre, les précipitations sont les plus importantes de l'année avec une moyenne de 75 mm.

D'après la courbe on constate que la température moyenne dans le mois d'Août est de 25.9 °C. Août est de ce fait le mois le plus chaud de l'année. Et Janvier est le mois le plus froid de l'année, avec une température moyenne de 8.6 °C.

Les précipitations varient de 71 mm entre le plus sec et le plus humide des mois. Une différence de 17.3 °C existe entre la température la plus basse et la plus élevée sur toute l'année. [20]

### II.2.2. Géologie et hydrogéologie de la zone d'étude

Le territoire étudié (Groupement Tlemcen-Mansourah-Chetouane) est situé au pied des monts de Tlemcen, il est caractérisé par une géologie complexe et diversifiée. Ainsi, on y observe une succession de formations datées du Primaire jusqu'au Quaternaire [16] [21]. Il est compris entre les horsts de Ghar Rhoubane à l'Ouest et le môle de Tiffrit à l'Est. Il est constitué de terrains d'âge Jurassique supérieur et Eo-crétacé. Le Lias et le Jurassique moyen n'affleurent que dans la partie occidentale, par contre le trias n'apparaît qu'en faveur de structures dia pyriques.

Au Nord des monts de Tlemcen, le jurassique s'enfouit très rapidement sous des épaisseurs importantes du miocène essentiellement marneux. Ceci a été mis en évidence par diverses études géophysiques par sondages électriques menées dans la région [22]. Au Sud, le Jurassique disparaît aussi sous les dépôts néogènes essentiellement conglomératiques appelées conglomérats des hauts plateaux [22]. Dans les monts de Tlemcen, les dépôts du Plio-Quaternaire ne sont présents que dans les fossés d'effondrement et des dépressions, tel que le fossé de Sebdou et le plateau de Terni. Dans le bassin miocène, seuls les grés tortoniens et les conglomérats Plio-Quaternaires sont aquifères et alimentent quelques sources à faible débit [23]. Les seuls niveaux intéressants sont les formations calcaréo dolomitiques de Tlemcen et de Terni (Figure II.3).

Les Monts de Tlemcen sont souvent appelés le château d'eau naturel de l'Ouest Algérien. Ils occupent la partie centrale de la wilaya et représentent 28% de la superficie totale.

Ces formations sont largement karstifiées et constituent les aquifères les plus importants de la wilaya de Tlemcen. Les ressources en eau karstiques des Monts de Tlemcen constituent la ressource en eau la plus mobilisée et qui alimente pour une grande part la population de Tlemcen. En effet, Les communes les mieux dotées en alimentation en eau potable sont celles alimentées à partir des ressources karstiques en question. Les communes de la partie centrale de la wilaya à titre d'exemple, le groupement urbain de Tlemcen qui comprend une population de plus de 230.000 habitants en 2012, est alimentée par des ressources en eau qui sont à 65% d'origine karstique [16].

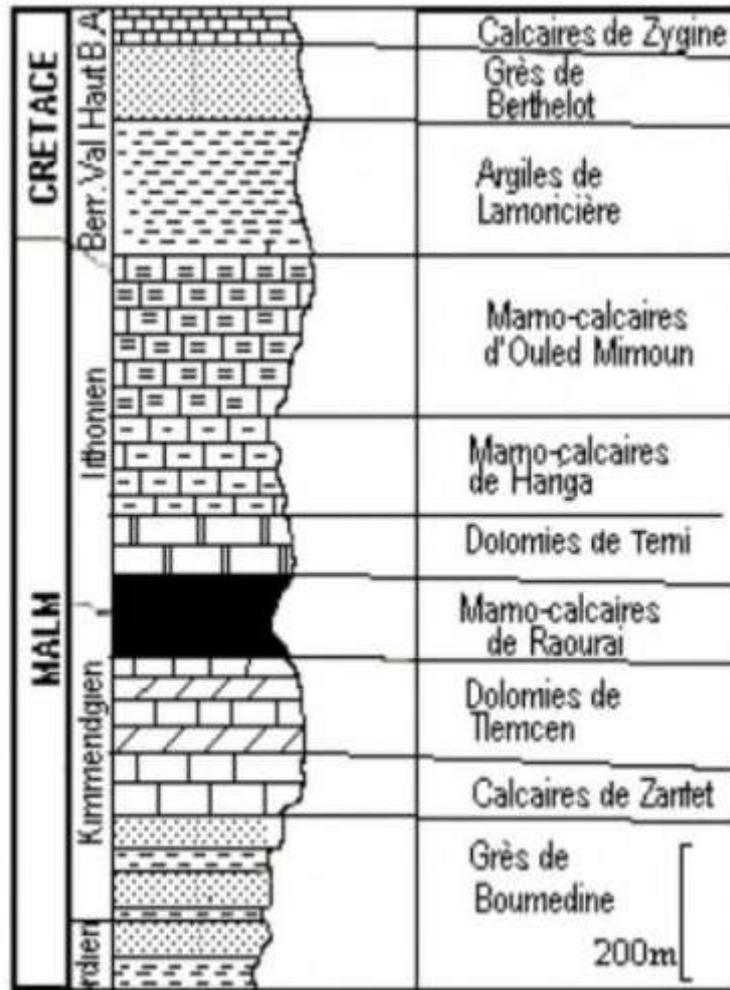


Figure II.3 : Colonne stratigraphique des monts de Tlemcen jusqu'aux hautes plaines [16]

### II.2.3.Situation démographique du GUT

L'évolution de la population du groupement urbain de Tlemcen est estimée dans le cadre de ce travail pour trois horizons : court terme, moyen terme et le long terme.

Le calcul se fait par la formule des accroissements finis suivante :

$$p_f = p_0(1 + \alpha)^n$$

Les taux d'accroissement de la population des communes de Mansourah, Tlemcen et Chetouane sont donnés dans le tableau II.1

Tableau II.1 : Taux d'accroissement de la population du GUT [24]

Commune	Tlemcen	Mansourah	Chetouane
Taux d'accroissement	0,6	3,3	3,1

Le tableau II.2 représente l'évolution de la population du groupement urbain de Tlemcen pour les années futures.

Tableau II.2 : Evolution de la population du GUT 2016-2040

Année	Population de Tlemcen	Population de Mansourah	Population de Chetouane	Population totale du GUT
2016	145986	61236	58790	266012
2020	149522	69728	66426	285676
2025	154061	82018	77380	313459
2030	158739	96474	90141	345354
2040	168524	133480	122324	424328

D'après la figure II.4, on remarque que la commune de Tlemcen est la plus peuplée dans le GUT, mais en termes de croissance, les communes de Mansourah et Chetouane en une évolution plus importante au fil des années à cause de leurs taux d'accroissement plus élevés.

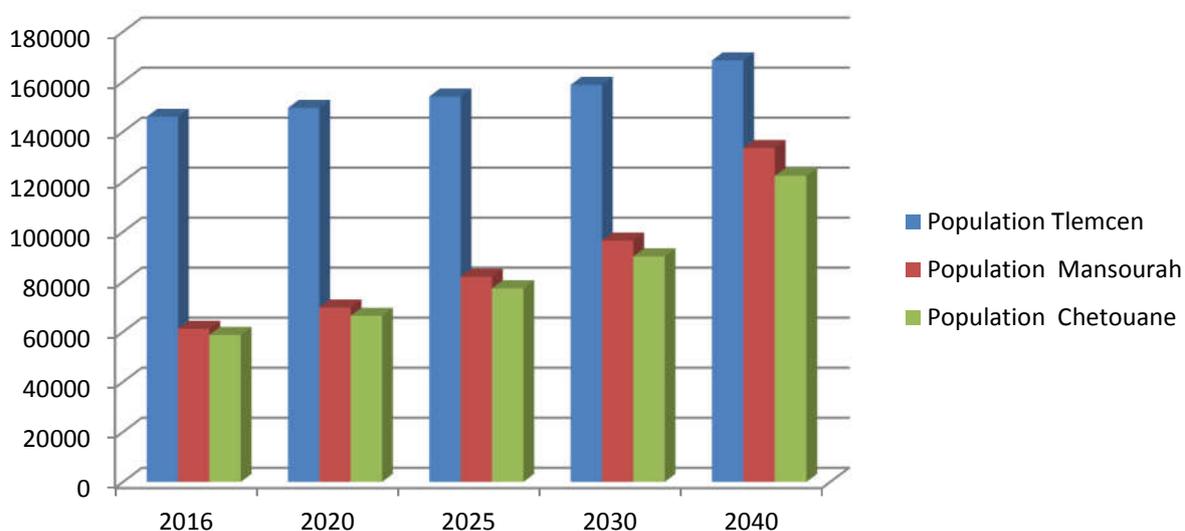


Figure II.4 : Evolution démographique du GUT 2016-2040

Cette augmentation de la population va engendrer une demande en eau plus considérable.

### **II.2.4. Les ressources hydrauliques qui alimentent le GUT**

L'approvisionnement en eau potable du groupement urbain de Tlemcen est assuré par trois types de ressources

- Ressources souterraines : les forages et les sources
- Ressources superficielles : barrage Beni Bahdel, barrage Sikkak et barrage Meffrouch.
- Ressources non conventionnelles : dessalement d'eau de mer par la station de Honaïne et la station de Souk el Tlatta

#### **II.2.4.1. Ressources souterraines**

Ces eaux sont exploitées pour satisfaire les besoins en eau potable du GUT. On distingue, les forages et les sources

##### **a. Les forages**

Les principales caractéristiques des forages qui alimentent le groupement urbain de Tlemcen sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau II.3 : Forages qui alimentent le GUT (DRE, 2017)

Daïra	Nom	Débit max	Débit exploité	Date de mise en service	Qualité de l'eau	Etat actuel du forage
Mansourah	BM1	20	0	2006	Bonne	En veille
	BM2	30	0	2006	Bonne	En veille
	BM3	19	0	2006	Bonne	En veille
	BM4	21	0	2008	Bonne	En veille
	BM5	13	0	2007	Bonne	En veille
	BM6	21	0	2008	Bonne	En veille
	Tizghanit bis	27	0	2009	Bonne	En veille
	T17	15	7	1987	Bonne	En service
	Ahfir 1	15	4	1990	Bonne	En service
	Ahfir 2	15	5	2013	Bonne	En service
	Ain fettouh	15	12	2006	Bonne	En service
	Ain ghoraba	10	10	2008	Bonne	En service
	Meffrouch	16	8	2007	Bonne	En service
	Ouledouadfel	11	10	2007	Bonne	En service
	Ferraouna	4	4	2004	Bonne	En service
	Sehb	5	5	1994	Bonne	En service
	Terny	20	15	2009	Bonne	En service
	Sidi Haffif	8	4	1990	Bonne	En service
	Merchiche	7	5	2003	Bonne	En service
	Tizghanit	17	10	2007	Bonne	En service
	Zelboun	2	2	2007	Bonne	En service
	Ain Douz	12	12	2008	Bonne	En service
	Cdt Ferradj	10	/	2004	Bonne	En veille
Siège wilaya	5	5	2008	Bonne	En service	
Koudia	16	16	2005	Bonne	En service	
Tlemcen	Oudjlida	15	10	2005	Bonne	En service
	Sidi Othman	22	20	2007	Bonne	En service
	FeddaneSebaa	18	21	2005	Bonne	En service
	Ain Houtz	25	/	1988	Bonne	En service
	Saf-Saf 2	25	/	1995	Bonne	En service
Chetouane	Saf-Saf 3	30	/	1997	Bonne	En veille
	Chetouane 1	13	/	1988	Bonne	En service
	Chetouane 2	27	/	2005	Bonne	En service
	Ain Defla	25	/	1999	Bonne	En veille

**b. Les sources**

Les principales sources qui alimentent le GUT sont représentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau II.4 : Sources qui alimentent le GUT (DRE, 2017)

Nom	Débit l/s En 2016	Date d'exploitation par l'ADE	Volume produit en 2016m <sup>3</sup>
Ain Bendou	45	1984	471 744
Ain Fouwara 1	30	1984	381 347
Ain Fouwara 2	10	1984	157248

**II.2.4.2.Ressources superficielles**

Les principales caractéristiques et les volumes exploités en 2016 des barrages qui alimentent le groupement urbain de Tlemcen sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau II.5 : Barrages qui alimentent le GUT (DRE, 2017)

	Beni-Bahdel	Meffrouch	Sikkak
Capacité(Hm <sup>3</sup> )	65	15	28
Volume régularisable(Hm <sup>3</sup> )	45,51	10,95	25,5
Date de mise en service	1952	1960	2006
Exploitation en 2016 (m <sup>3</sup> )	15 570 000	5 408 000	20200

**II.2.4.3.Ressources non conventionnelles**

La wilaya de Tlemcen est dotée de deux stations de dessalement, la station de Honaïne et la station de Souk el Tlatta d'une production journalière de 200000 m<sup>3</sup>/j pour chacune des deux, une pour la partie Ouest de la wilaya et l'autre pour la partie Est. De ce fait seule la station de Honaïne alimente le groupement urbain de Tlemcen par une production de 50000 m<sup>3</sup>/j en 2016. (DRE, 2017)

Les tableaux II.6 et II.7 représentent les principales caractéristiques des deux stations de dessalement et les agglomérations desservies

Tableau II.6 : Caractéristiques des SDEM de la wilaya de Tlemcen (DRE, 2017)

SDEM	SDEM Honaïne	SDEM Souk el Tlatta
Mise en service	2012	2011
Capacité de production $m^3/j$	200 000	200 000
Quantité journalière livrée( $m^3/j$ ) en 2016	171 562	35 616

Tableau II.7 : Agglomération desservies par les SDEM (DRE, 2017)

SDEM	Agglomérations desservies
Station de Honaïne	Tlemcen, Mansourah, Chetouane, AmieurHennaya, Zenata, Ouled El Mimoun, Ouled Lakhdar, Béni Smail, Ain Tallout, Ain Nahala, Bensekrane, Sidi Abdelli, Remchi, Ain Youcef, Béni Ouarsous, SebaaChioukh, El Fehoul, Fillaoucen, Ain Kebira, Ain Fettah, Honaine, Béni Khelled
Station Souk el Tlatta	Souk Tlata, M'sirdaFouaga, Djebala, H. Bougherara, Béni Mester, Béni Boussaid, Sidi Medjahed, Sabra, Bouhlou, Maghnia, Souahlia, OuledRiah, Dar Yaghmiracen, Souani, Beb Al Assa, Marsat Ben M'hidi, Nedroma, Ghazaouet, Tient

### **II.2.5. Production des ressources pour l'alimentation du GUT**

Le groupement urbain de Tlemcen est actuellement alimenté d'une grande partie par le dessalement des eaux de mer, les eaux souterraines et les eaux superficielles sont exploitées seulement pour renforcer ou couvrir les besoins en eau potable.

Le tableau II.8 résume bien les volumes produits selon l'origine pour la population du groupement urbain de Tlemcen en 2016.

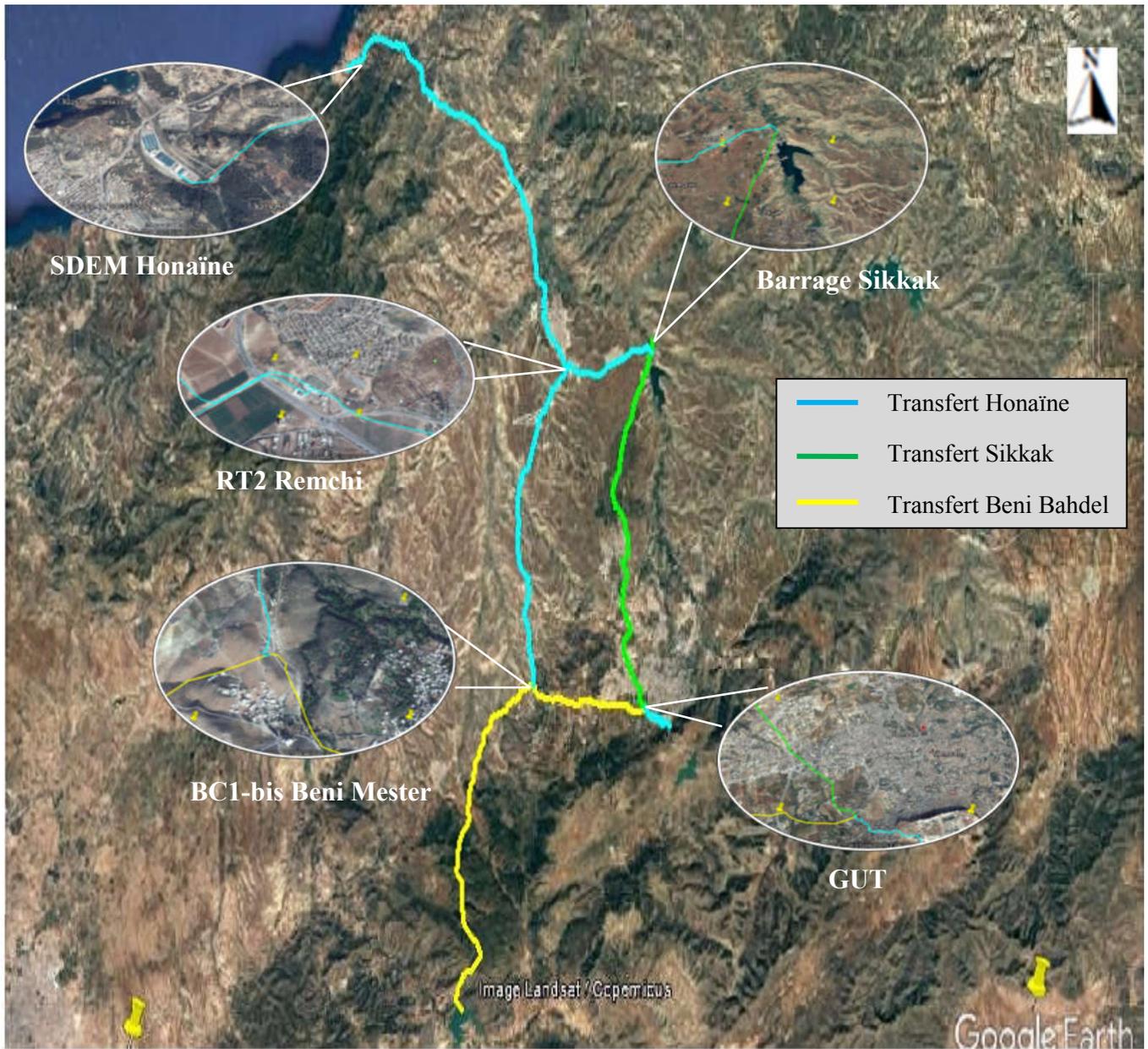
Tableau II.8 : Variation des ressources qui alimentent le GUT (DRE, 2017)

N°	Commune	Population estimée /HAB. en 2016	Besoin m3/j	Production selon ressource m3/j				Production total m3/j
				Barrage	Forage	Source	Dessalement	
1	Tlemcen	145 116	29 023	16556	5995	2268	20960	45779
2	Mansourah	58 791	11 758		3500	530	24350	28380
3	Chetouane	56 521	11 304		6024	778	4703	11505

### **II.3. Présentation du système qui alimente le GUT**

Le groupement urbain de Tlemcen est alimenté par trois grandes adductions (SDEM de Honaine et Barrage Beni Bahdel) plus le barrage Meffrouche qui assure l'alimentation grâce à un système gravitaire.

Ces transferts se jointent au niveau de trois réservoirs, le réservoir de Sikkak, le réservoir BC1-bis dans la commune de Beni Mester et au niveau du réservoir de Mansourah, pour former un grand système qui a pour but d'assurer l'approvisionnement en eau potable pour le groupement urbain de Tlemcen comme le montre les figures II.5 et II.6.



FigureII.5 : Schéma du système qui alimente le GUT



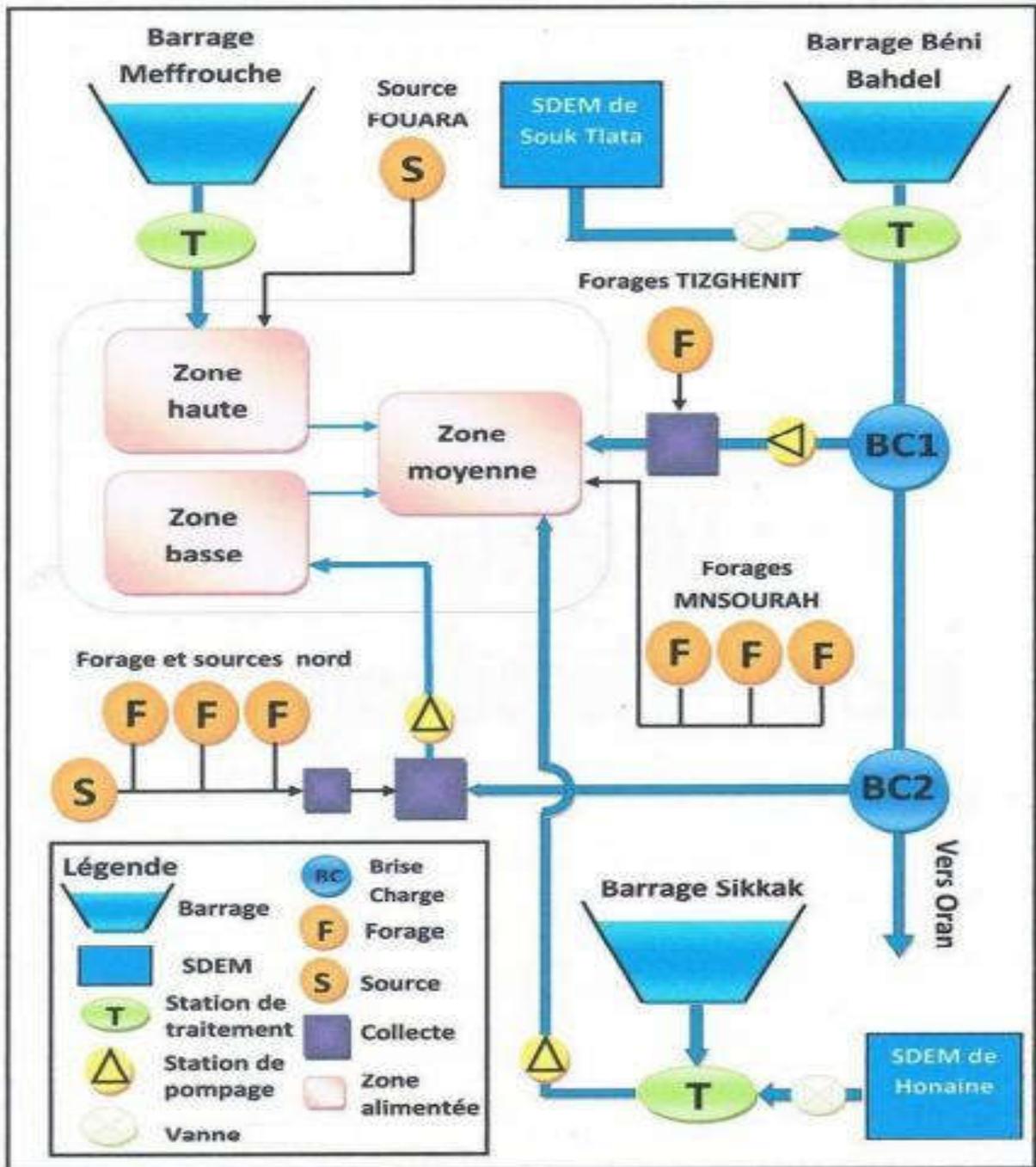


Figure II.7 : Schéma des grandes adductions du GUT [25]

Ce système est constitué de plusieurs réservoirs et de conduites en acier enrobé et en fonte ductile, leurs diamètres varient entre 700mm et 1400mm et ils fonctionnent par un système de refoulement grâce à des stations de pompage.

### **II.3.1. Les stations de pompage**

Ce système contient dix stations de pompage :

- Transfert Honâine: H-SP1, H-SP2, H-SP3 et H-SP4
- Transfert Sikkak : SP1, SP2 et SP3
- Transfert Beni Bahdel: SP1, SP2, SP3

Le tableau suivant résume les caractéristiques des stations de pompage et la capacité de leurs bâches de reprise.

Tableau II.9 : Caractéristiques des stations de pompage (DRE, 2017).

Stations de pompage	Commune	Nombre de pompe		Débit (m <sup>3</sup> /s)	HMT (m)	Volume bâche de reprise(m <sup>3</sup> )
		En marche	En repos			
H-SP1	Honâine	4	1	2,3	110,5	5000
H-SP2	Sidi Hamed	4	2	1,1	146,3	1500
H-SP3	Zenâta	4	2	1,1	164,4	1500
H-SP4	Mansourah	2	2	0,57	202,7	1000
SP1 transfert Sikkak	Ain Youcef	2	2	0,82	318,4	478
SP2 transfert Sikkak	Hennaya	2	2	0,82	237,6	139
SP3 transfert Sikkak	Tlemcen	2	2	0,82	201,3	428
SP1 Transfert Beni Bahdel	Beni Mester	2	2	0,82	256,6	800
SP2 transfert Beni Bahdel	Beni Mester	2	2	0,82	245,8	800
SP3 transfert Beni Bahdel	Mansourah	2	2	0,82	280,3	800

### II.3.2.Les réservoirs

Ce transfert comprend six grands réservoirs de type semi-enterré d'une forme rectangulaire. Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques de chaque réservoir.

Tableau II.10 : Réservoirs du transfert [2].

N°	Commune	Réservoir	Volume(m <sup>3</sup> )	Type	Date de mise en service
1	HONAINÉ	RT1	5000	SE	2009
2	REMCHI	RT2	20000	SE	2009
3	AIN YOUCEF	SIKKAK	10000	SE	2009
4	BENI MESTER	BC1-BIS	5000	SE	2009
5	MANSOURAH	MANSOURAH	5000	SE	2009
6	TLEMCEN	LALA SETTI	30000	SE	2009

### II.3.3.Les conduites

Ce grand système d'adduction se constitue de sept nouveaux tronçons qui sont raccordés en aux tronçons déjà existants du barrage de Sikkak et du barrage Beni Bahdel. Le tableau suivant résume tous les tronçons du système.

TableauII.11 : Conduites du transfert [2].

Nom	Diamètre (mm)	Longueur (m)	Matériaux
Tronçon 1	1400	10196,5	Acier enrobé
Tronçon 2	1400	524,22	Acier enrobé
Tronçon 3	1200	21428,6	Acier enrobé
Tronçon 4	800	7137,38	Acier enrobé
Tronçon 5.1	1000	16385,26	Acier enrobé
Tronçon 5.2	1000	4028,62	Acier enrobé
Tronçon 6	800	2980	Acier enrobé
Tronçon 1 Sikkak	800	11376	Fonte ductile
Tronçon 2 Sikkak	800	6491	Fonte ductile
Tronçon 3 Sikkak	800	5365	Fonte ductile
Tronçon 1 Beni Bahdel	700	2132,61	Fonte ductile
Tronçon 2 Beni Bahdel	700	6010,48	Fonte ductile
Tronçon 3 Beni Bahdel	700	1773,44	Fonte ductile

## II.4. Etude de la sécurité de l'AEP du GUT

L'eau de dessalement est la principale ressource qui alimente le groupement urbain de Tlemcen. Et du fait que les stations de dessalement ont un rendement variable selon les conditions d'exploitation et une durée de vie limitée, notre travail consiste à mettre des balances d'approvisionnement en eau potable pour le GUT à l'horizon de 2020, 2025, 2030 et 2040 pour que les besoins soient toujours satisfaits.

Pour cela on a calculé l'accroissement de la population du GUT comme le montre précédemment le tableau II.2, et les besoins en eau potable, qui sont calculés par la formule suivante :

$$B_{th} = P \times D$$

$$B_{réel} = B_{th} + 1,6B_{th}$$

Avec :

$B_{th}$ : Besoin théorique

$B_{réel}$ : Besoin réel

$B_{th} 60\%$ :  $\begin{cases} 15\% : \text{Besoin publique} \\ 45\% : \text{Pertes} \end{cases}$

Le tableau suivant résume l'accroissement de la population et les besoins en eau potable au niveau du GUT pour les années futures.

Tableau II.12 : Les besoins en eau potable de la population du GUT pour les années futures

Horizon	2020	2025	2030	2040
Population	285676	313459	345354	424328
Besoin $m^3/j$	68562	75231	82885	101839

Le groupement urbain de Tlemcen est alimenté actuellement par la station de dessalement de Honaine par une production de 50 000  $m^3/j$ , soutenue par les barrages et les forages pour couvrir la demande. (ADE, 2017)

Au fil des années la population du GUT va accroître ce qui va entraîner l'augmentation des besoins comme le montre le tableau II.12, d'où on va enregistrer un déficit en eau potable. Ce

qui va nous obliger de chercher d'autres ressources pour épauler la SDEM de Honaïne ou la remplacer en cas d'arrêt.

Pour établir les scénarios d'approvisionnement, on a eu recours à tous types de ressources qui peuvent alimenter le groupement urbain de Tlemcen. Et pour cela la DRE nous a communiqué la capacité maximale que peut produire chaque ressource au profit du GUT. Comme le montre le tableau suivant :

Tableau II.13 : Capacité maximale de production des ressources pour le GUT (DRE, 2017)

<b>Ressources</b>	<b>Capacité maximale de production pour le GUT (m<sup>3</sup>/j)</b>
SDEM de Honaïne	50 000
SDEM de Souk El Tlatta	10 000
Barrage Meffrouch	20 000
Barrage Sikkak	30 000
Barrage Beni Bahdel	60 000
Forages	47 866
Sources	7 344

Les scénarios d'approvisionnement en eau potable seront pour les horizons et les besoins cités dans le tableau II.12 avec les différents rendements de la SDEM de Honaïne.

Sept scénarios ont été élaborés, l'affectation de la ressource est faite en se basant sur différentes hypothèses d'alimentation. Les scénarios sont les suivants :

Scénario N°1 : Pour un rendement de 75% de la Station de dessalement de Honaïne en 2020

Scénario N°2 : Pour un rendement de 50% de la Station de dessalement de Honaïne en 2020

Scénario N°3 : Pour un rendement de 50% de la Station de dessalement de Honaïne en 2025

Scénario N°4 : Pour un rendement de 25% de la Station de dessalement de Honaïne en 2025

Scénario N°5 : Pour un rendement de 25% de la Station de dessalement de Honaïne en 2030

Scénario N°6 : Pour un rendement de 0% de la Station de dessalement de Honaïne en 2030

Scénario N°7 : Pour un rendement de 0% de la Station de dessalement de Honaïne en 2040

Scénario N°1 : Pour un rendement de 75% de la Station de dessalement de Honaïne en 2020



Figure II.8 : Scénario n°1

## CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE « GUT »

Ce scénario est élaboré pour l'horizon 2020, la station de dessalement de Honaine est prise avec 75% de sa production destinée au GUT soit un débit journalier de  $37\,500\text{ m}^3/j$ . Ce débit ne couvre pas les besoins qui sont estimés à  $68\,562\text{ m}^3/j$ , et pour combler ce déficit on a fait appel à d'autres ressources telles que les barrages, les forages, les sources et aussi à la station de dessalement de Souk el Tlata. La figure II.9 représente l'affectation des différentes ressources ainsi que leurs taux d'utilisation pour satisfaire les besoins en eau potable du GUT.

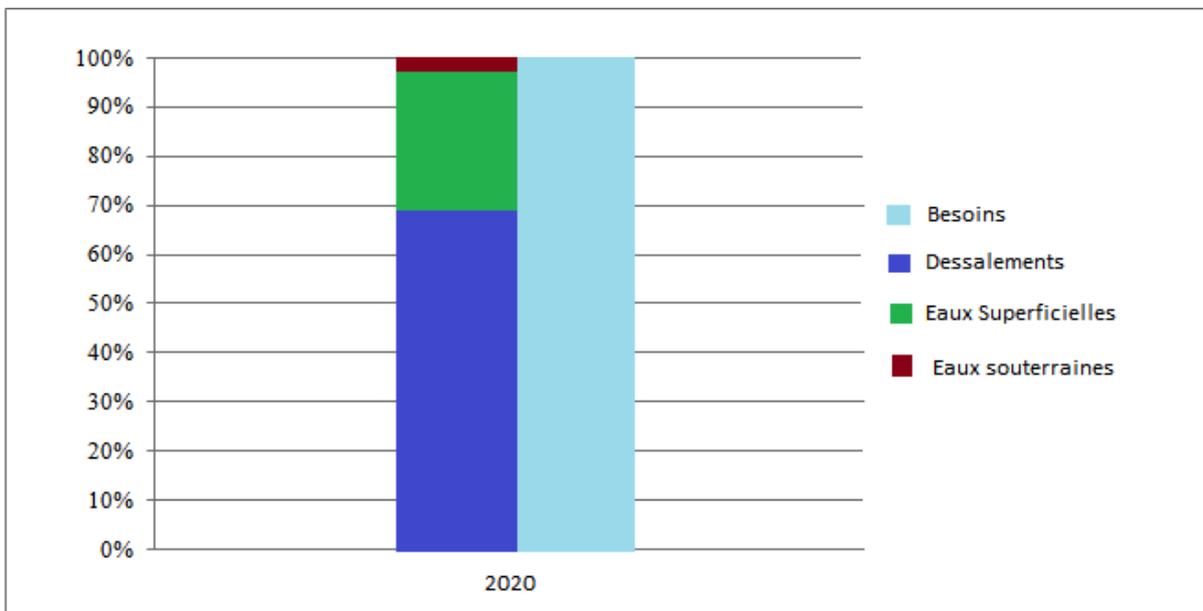
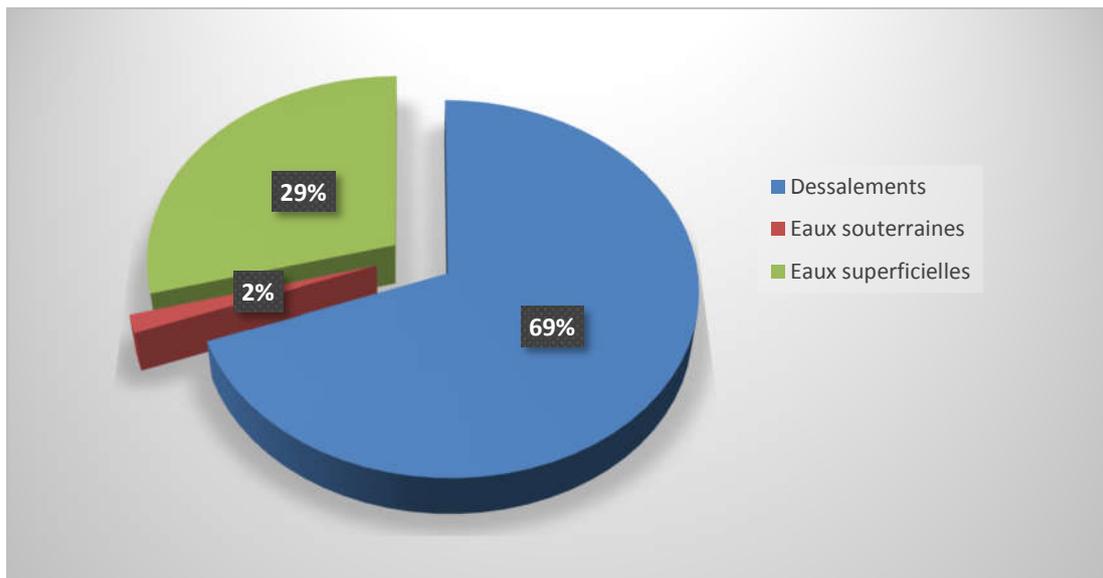


Figure II.9 : Taux de productions des ressources pour satisfaire les besoins du Scénario n°1

Scénario N°2 : Pour un rendement de 50% de la Station de dessalement de Honaïne en 2020



Figure II.10 : Scénario n°2

## CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE « GUT »

Ce scénario est élaboré toujours pour l'horizon 2020, la station de dessalement de Honaine est prise cette fois ci avec 50% de sa production destinée au GUT soit un débit journalier de 25 000  $m^3/j$ . Ce débit ne couvre pas les besoins qui sont estimés à 68 562  $m^3/j$ , et pour combler ce déficit on a fait appel à d'autres ressources telles que les barrages, les forages, les sources et aussi à la station de dessalement de Souk el Tlata. La figure II.11 représente l'affectation des différentes ressources ainsi que leurs taux d'utilisation pour satisfaire les besoins en eau potable du GUT.

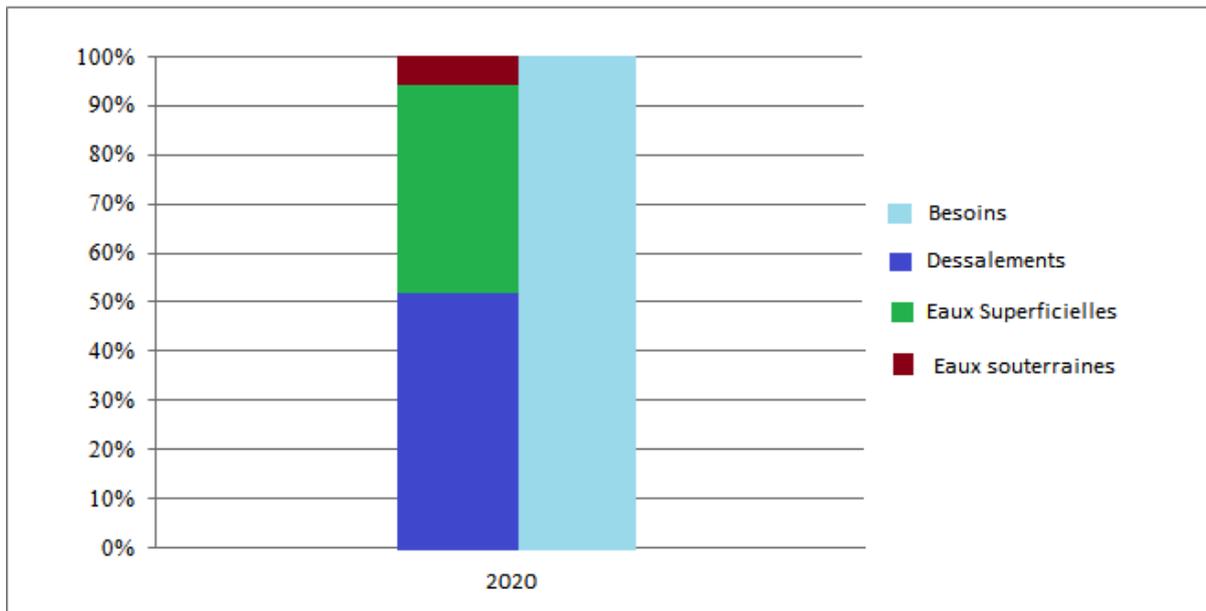
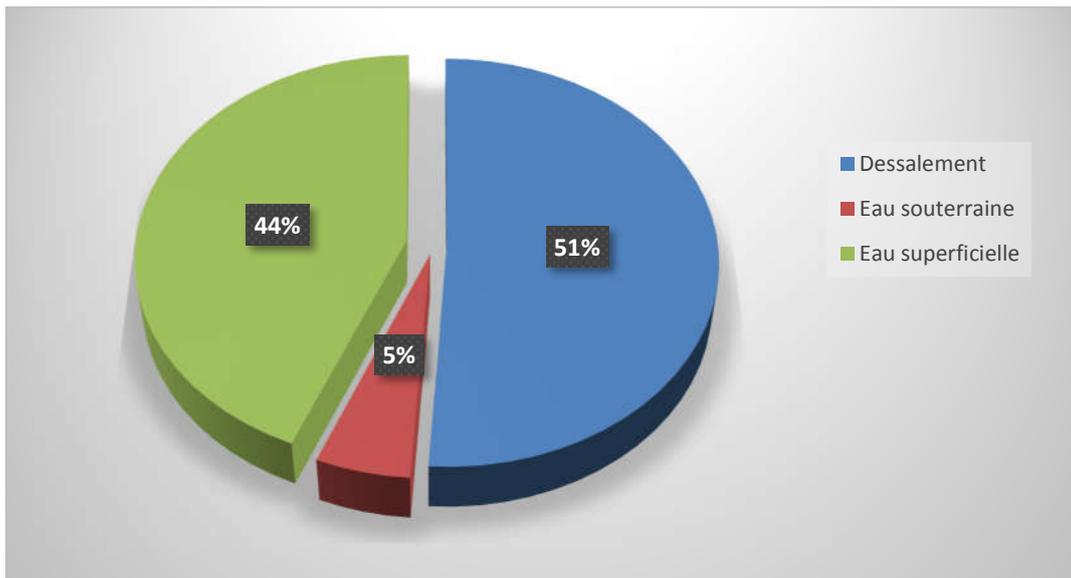


Figure II.11 : Taux de productions des ressources pour satisfaire les besoins du Scénario n°2.

Scénario N°3 : Pour un rendement de 50% de la Station de dessalement de Honaïne en 2025

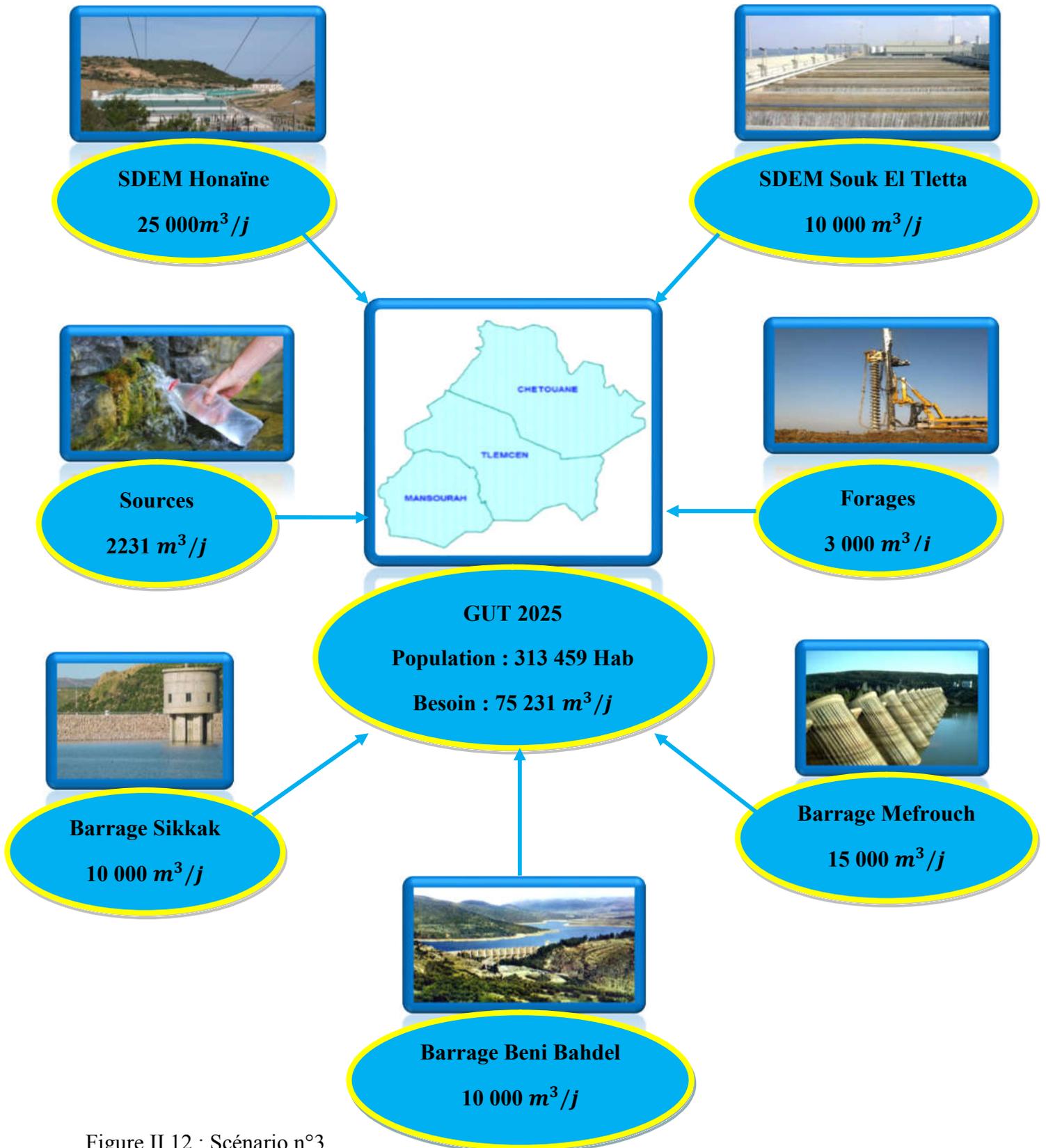


Figure II.12 : Scénario n°3

## CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE « GUT »

Ce scénario est élaboré pour l'horizon 2025, la station de dessalement de Honaine est prise avec de 50% de sa production destinée au GUT soit un débit journalier de  $25\,000\text{ m}^3/j$ . Ce débit ne couvre pas les besoins qui sont estimés à  $75\,231\text{ m}^3/j$ , et pour combler ce déficit on a fait appel à d'autres ressources telles que les barrages, les forages, les sources et aussi à la station de dessalement de Souk el Tlata. La figure II.13 représente l'affectation des différentes ressources ainsi que leurs taux d'utilisation pour satisfaire les besoins en eau potable du GUT.

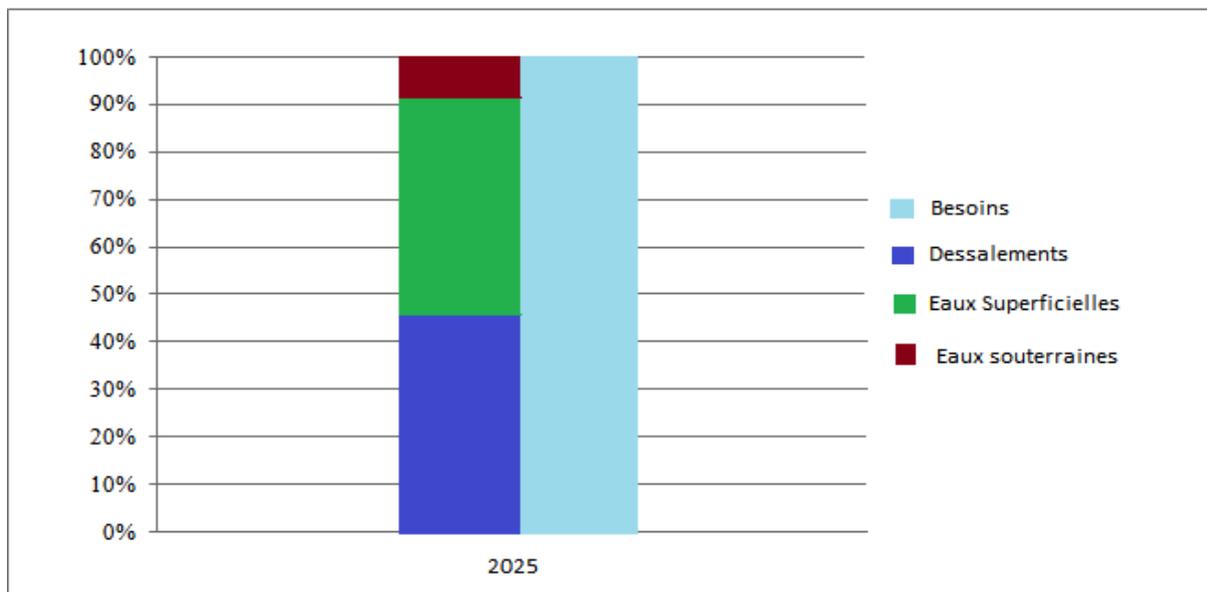
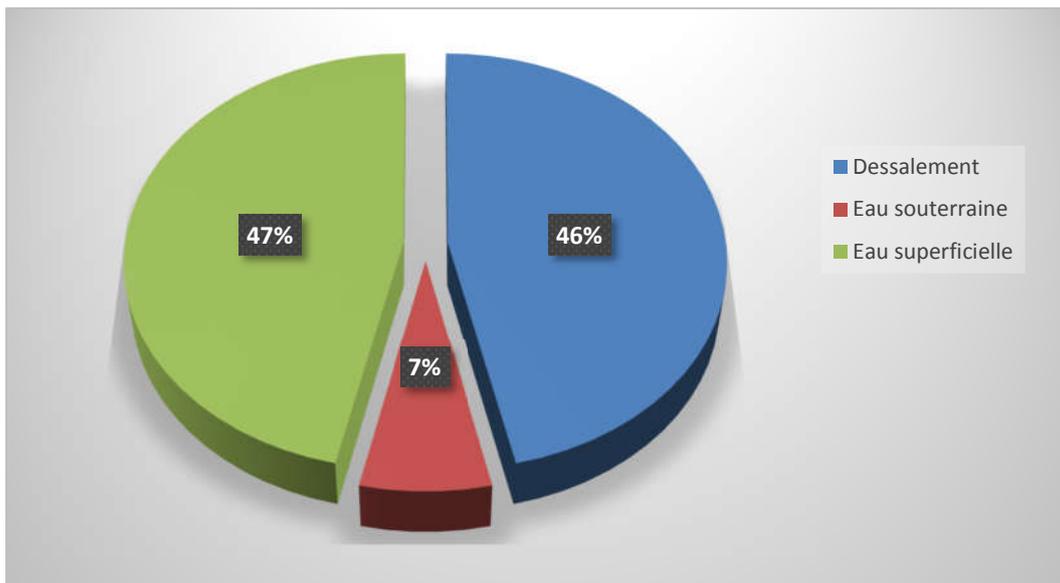


Figure II.13 : Taux de productions des ressources pour satisfaire les besoins du Scénario n°3.

Scénario N°4 : Pour un rendement de 25% de la Station de dessalement de Honaïne en 2025



Figure II.14 : Scénario n°4

## CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE « GUT »

Ce scénario n°4 est élaboré aussi pour l'horizon 2025, la station de dessalement de Honaine est prise avec de 25% de sa production destinée au GUT soit un débit journalier de 12 500 m<sup>3</sup>/j. Ce débit ne couvre pas les besoins qui sont estimés à 75 231m<sup>3</sup>/j, et pour combler ce déficit on a fait appel encore une fois à d'autres ressources telles que les barrages, les forages, les sources et aussi à la station de dessalement de Souk el Tlata. La figure II.15 représente l'affectation des différentes ressources ainsi que leurs taux d'utilisation pour satisfaire les besoins en eau potable du GUT.

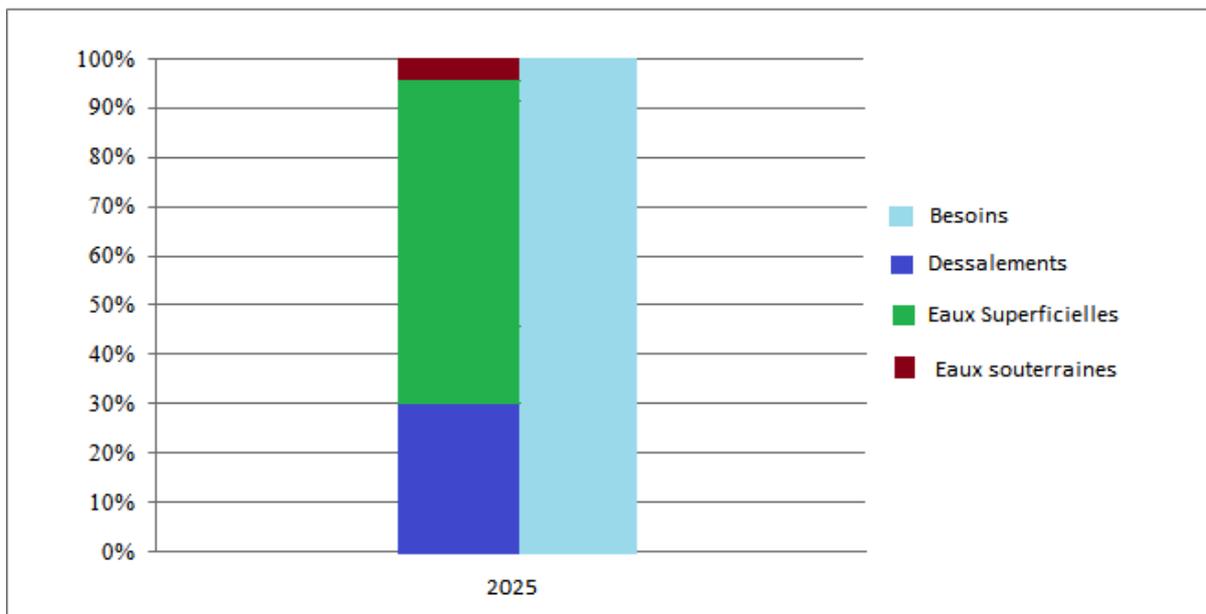
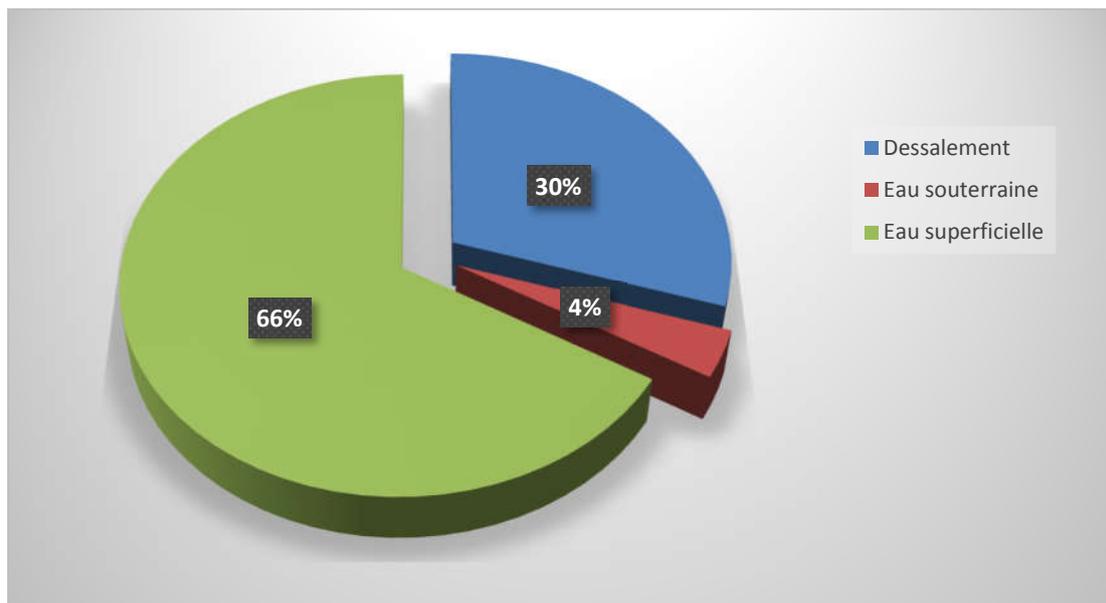


Figure II.15 : Taux de productions des ressources pour satisfaire les besoins du Scénario n°4.

Scénario N°5 : Pour un rendement de 25% de la Station de dessalement de Honaïne en 2030



Figure II.16 : Scénario n°5

## CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE « GUT »

Ce scénario est élaboré pour l'horizon 2030, la station de dessalement de Honaine est prise avec 25% de sa production destinée au GUT soit un débit journalier de  $12\,500\text{ m}^3/j$ . Ce débit ne couvre pas les besoins qui sont estimés à  $82\,885\text{ m}^3/j$ , et pour combler ce déficit on a fait appel à d'autres ressources telles que les barrages, les forages, les sources et aussi à la station de dessalement de Souk el Tlata. La figure II.17 représente l'affectation des différentes ressources ainsi que leurs taux d'utilisation pour satisfaire les besoins en eau potable du GUT.

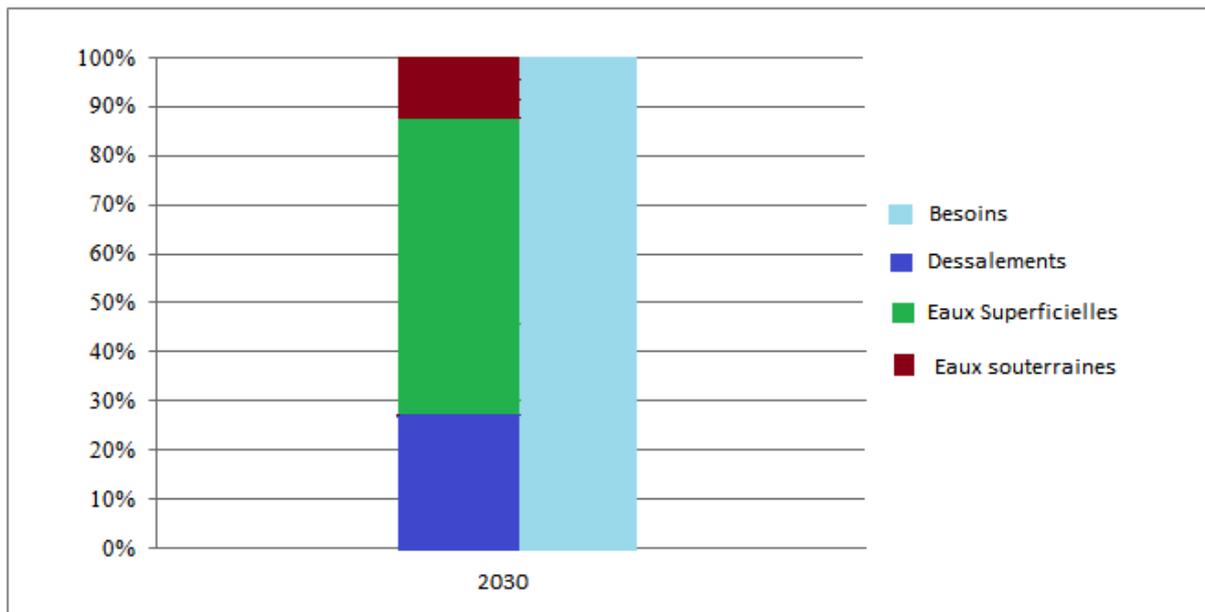
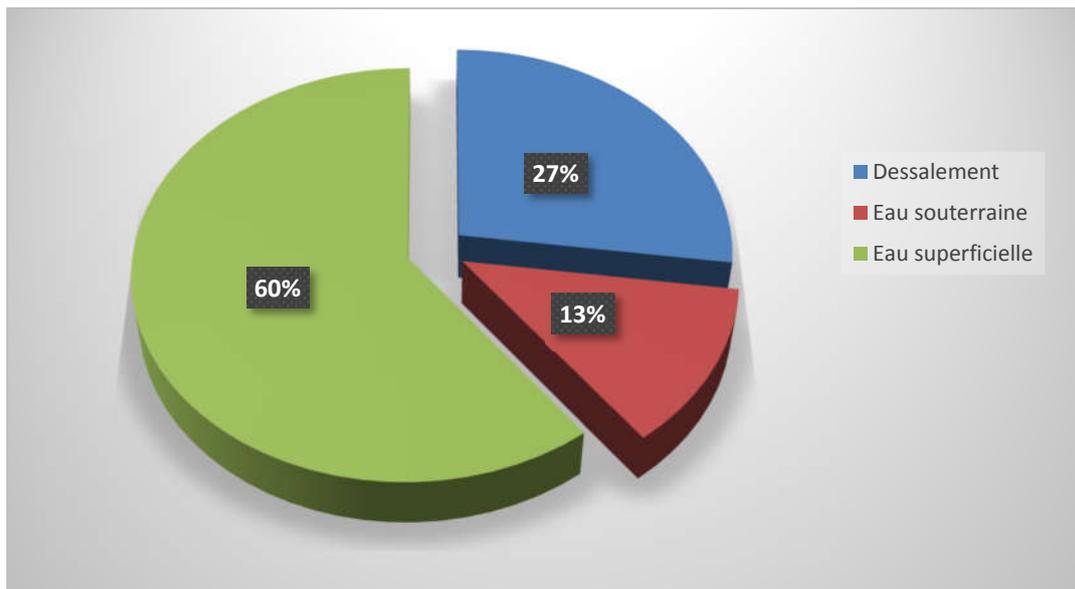


Figure II.17 : Taux de productions des ressources pour satisfaire les besoins du Scénario n°5.

Scénario N°6 : Pour un rendement de 0% de la Station de dessalement de Honaïne en 2030



Figure II.18 : Scénario n°6

## CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE « GUT »

Ce scénario n°6 est élaboré pour l'horizon 2030, pour un rendement nul des stations de dessalement de Honaine et de Souk el Tlata . Ce qui nous a obligé à faire appel à d'autres ressources, telles que les barrages, les forages et les sources pour satisfaire les besoins de  $82885 \text{ m}^3/\text{j}$  . La figure II.19 représente l'affectation des différentes ressources ainsi que leurs taux d'utilisation pour satisfaire les besoins en eau potable du GUT.

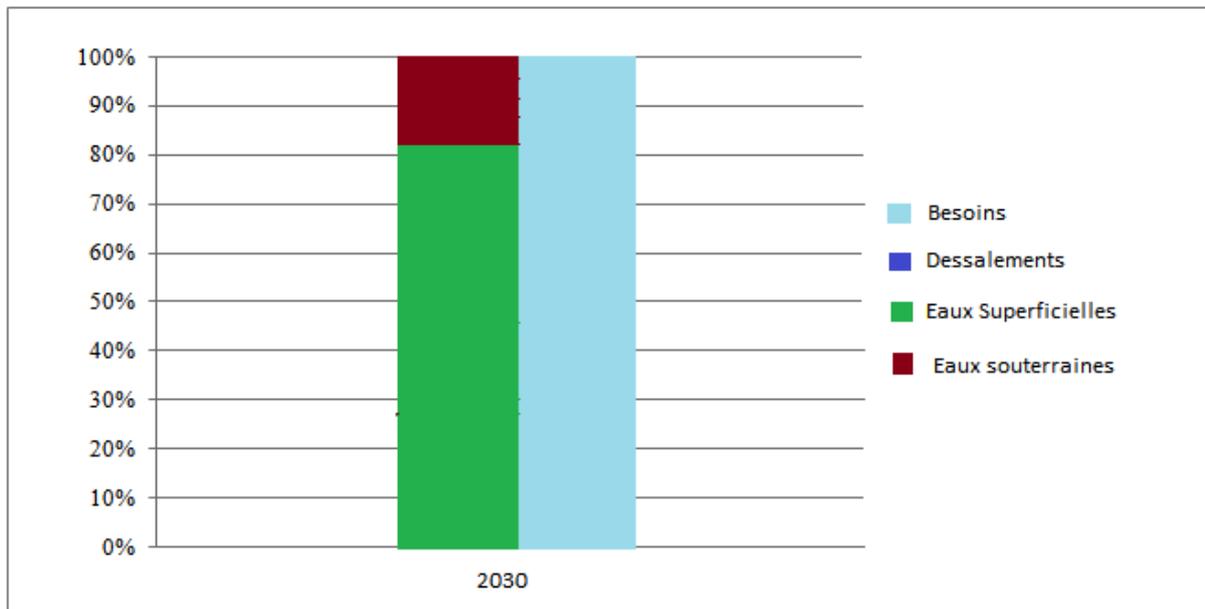
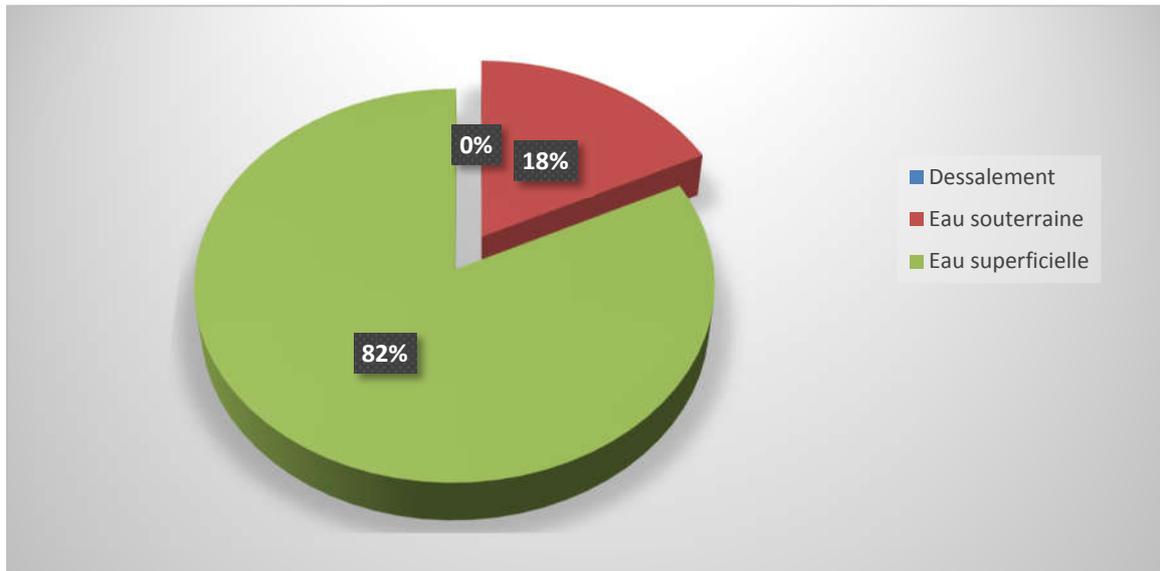


Figure II.19 : Taux de production des ressources pour satisfaire les besoins du Scénario n°6.

Scénario N°7 : Pour un rendement de 0% de la Station de dessalement de Honaïne en 2040



Figure II.20 : Scénario n°7

## CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE « GUT »

Ce scénario n°7 est élaboré pour l'horizon 2040, pour un rendement nul des stations de dessalement de Honaine et de Souk el Tlata . Ce qui nous a obligé à faire appel à d'autres ressources, telles que les barrages, les forages et les sources pour satisfaire les besoins de  $101839m^3/j$  . La figure II.21 représente l'affectation des différentes ressources ainsi que leurs taux d'utilisation pour satisfaire les besoins en eau potable du GUT

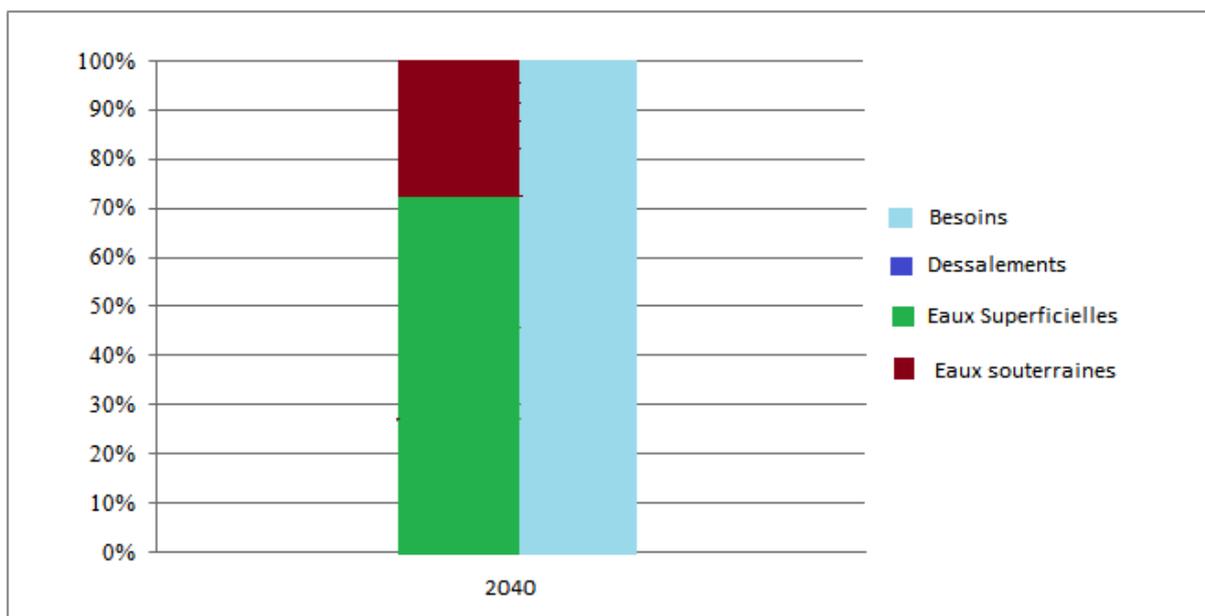
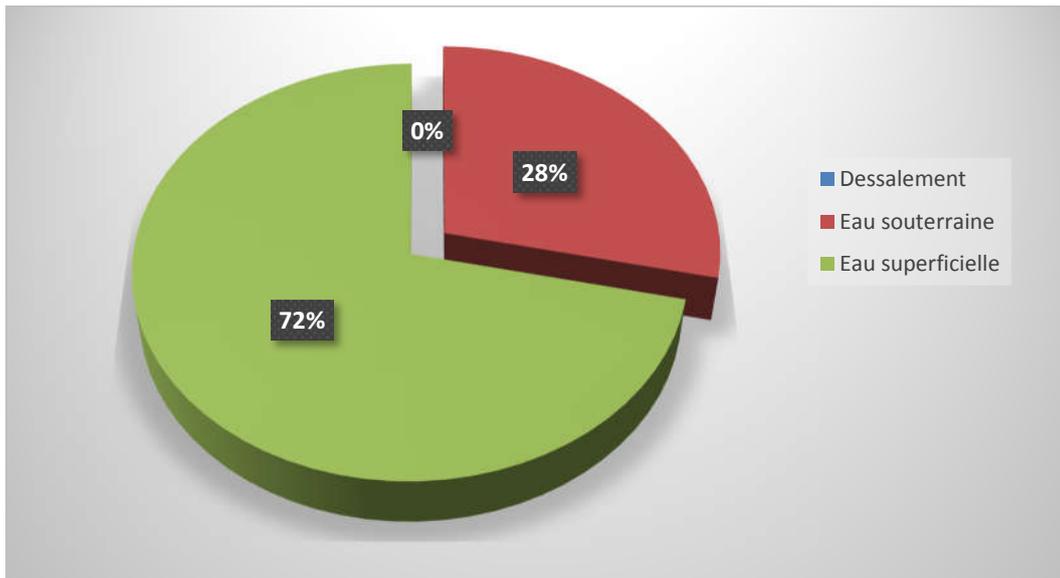


Figure II.21 : Taux de productions des ressources pour satisfaire les besoins du Scénario n°7.

### **II.5. Conclusion**

Dans ce chapitre, on a vu d'abord que la station de dessalement de Honaïne est la principale ressource qui alimente le groupement urbain de Tlemcen, mais à défaut d'un rendement variable, les ressources souterraines et superficielles interviennent pour combler les déficits.

Ensuite on a pu constater qu'avec l'augmentation de la population du GUT au fil des années les besoins en eau potable seront de plus en plus importants, et donc la SDEM de Honaïne ne peut plus satisfaire la demande et on sera obligé de trouver d'autres alternatives. Pour cela des scénarios d'approvisionnement ont été élaborés pour satisfaire les besoins en eau court, moyen et long terme.

Ces scénarios seront la base de la modélisation de l'approvisionnement développée dans le chapitre III.

**CHAPITRE III :**  
**MODELISATION DU SYSTEME**  
**D'ADDUCTION DU GUT**

### III.1 Introduction

Le couplage entre les SIG et les modèles de calcul hydraulique est de plus en plus utilisé pour améliorer le processus de modélisation en exploitant à la fois le support cartographique sous SIG et la puissance des modèles hydrauliques pour la gestion des systèmes d'adduction et de distribution de l'eau potable. Les SIG offrent des capacités de stockage des données très importantes et ont l'avantage de réaliser des requêtes et des analyses spatiales, et les modèles de calcul permettent de visualiser des simulations pour des différents scénarios choisis pour en tirer les renseignements nécessaires.

### III.2. Choix du SIG

Confrontés aux nombreux systèmes d'information géographique adaptés au monde de la micro-informatique, Le choix s'est porté sur les systèmes 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.

### III.3.Choix du modèle de calcul

Notre choix s'est porté sur le code de calcul EPANET, parce que c'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 l'application dans l'analyse des systèmes de distribution. [19]

Pour réussir une modélisation il est primordial de suivre les étapes suivantes :

- Mettre à jour le système d'adduction d'AEP existant sur SIG.
- Importer le réseau schématisé vers le logiciel de simulation choisi.
- Choisir les modèles de consommation pour la zone d'étude (simulation).

Avant de commencer une modélisation, il faut d'abord recueillir toutes les données et les éléments du transfert ou du réseau en question (longueur et diamètre des conduites, capacité des réservoirs, la topographie, ...), ensuite schématiser le transfert sur SIG pour l'importer sur un modèle de calcul hydraulique. Dans le cadre de notre travail le modèle de calcul EPANET va nous permettre de suivre le débit et la vitesse de l'eau dans les conduites et les pressions dans les nœuds de demande (les communes de Tlemcen, Mansourah et Chetouane) pour des modèles de consommations définies afin d'en tirer les finalités nécessaires.

### III.4.Mise en place du SIG du système d'approvisionnement en AEP existant

La constitution du SIG pour les réseaux d'adductions en eau potable du groupement urbain de Tlemcen, réside dans la facilité de :

- Mettre en place une cartographie numérique détaillée facile à mettre à jour.
- Permettre des analyses spatiales en croisant les couches d'information stockées dans la base de données.
- Élaborer diverses cartes thématiques en croisant les différentes couches d'informations constituant les réseaux d'adduction en eau potable du GUT.

Dans le cadre de notre travail, la démarche adoptée est la suivante :

- Collecte et acquisition de données
- Schématisation des transferts sur SIG
- Modélisation sur EPANET

### III.4.1. Collecte et acquisition de données

L'opération d'inventaire consiste à identifier, décrire et localiser les données relatives au système d'approvisionnement en eau potable du groupement urbain de Tlemcen. Pour mener à bien cette tâche, d'importants efforts ont été déployés. Ceci a permis de recueillir diverses informations et documentations (plans, rapports, données statistiques ...) de plusieurs sources, citons :

- ✓ ETRHB : Entreprise des travaux routiers, hydrauliques et bâtiments
- ✓ DRE : Direction des Ressources en Eaux
- ✓ ADE : Algérienne des eaux

Dans cette phase, plusieurs difficultés ont été rencontrées à savoir

- Fond de plan non géo référencé ;
- Absence de légende récapitulant les signes conventionnels relatifs aux réseaux ;
- Plans anciens non actualisés ;
- Absence de mentions relatives aux caractéristiques géométriques de certains tronçons du réseau ;
- Echelle différente d'un plan à l'autre ;
- Système de projection non mentionné sur les plans ;
- La confrontation des plans montre parfois une certaine contradiction ;
- Date d'établissement et date de mise à jour des plans non mentionnés ;
- Absence de la flèche directionnelle du Nord ;
- Inexistence des points géodésiques qui permettent le rattachement des coupures cartographiques à un système général.
- Pour que le support cartographique soit exploité, on était obligé de remédier à certaines lacunes, à savoir :

- Géo référencé le fond de plan, la projection du fond de plan du Groupement Urbain de Tlemcen est UTM 30. Cette opération recèle une grande importance pour la phase de numérisation ;
- Corriger les contradictions que présentent les plans par confrontation et croisement de ces derniers ;
- Corriger certains tracés en plans non conformes aux documents retenus ;
- Compléter les informations manquantes des plans à partir des documents jugés fiables.
- Absence de plans

### **a.ETRHB :**

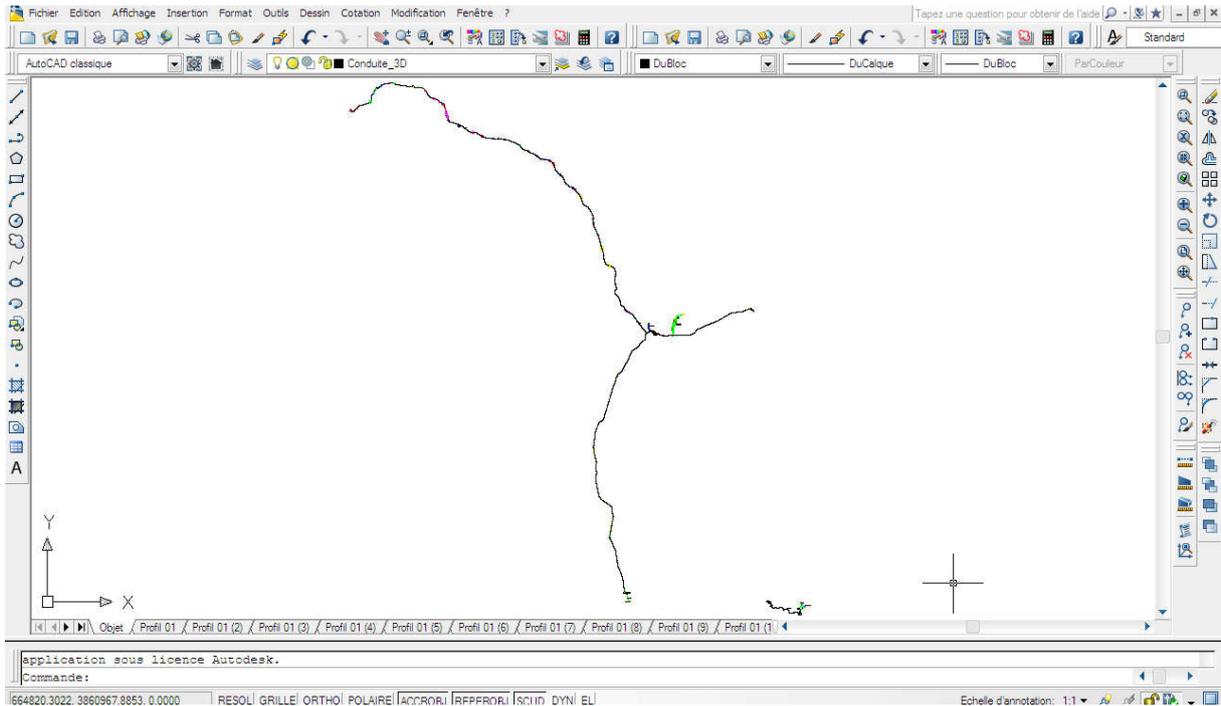
Un stage de 04 semaines a été fait au niveau de l'entreprise ETRHB, ça nous a permis de renforcer nos connaissances dans le domaine et d'acquérir différents plans et schémas d'exécutions du transfert des eaux Honaïne-Tlemcen sous format AUTOCAD. Les principaux plans sont :

- Plan d'exécution du tracé du transfert Honaïne-GUT
- Plan d'exécution des emplacements des différents accessoires
- Plans d'emplacement des capacités de stockage et station de pompage

Par manque de plans de recollement, des sorties sur terrain étaient indispensables pour compléter les données. Une prise des coordonnées GPS était faite pour géo localiser convenablement toutes les composantes du transfert.

Après analyse de toutes les données mises à notre disposition et après concertation avec le chef de projet, le tracé donné en figure III.1 est le tracé retenu dans le cadre de ce travail.

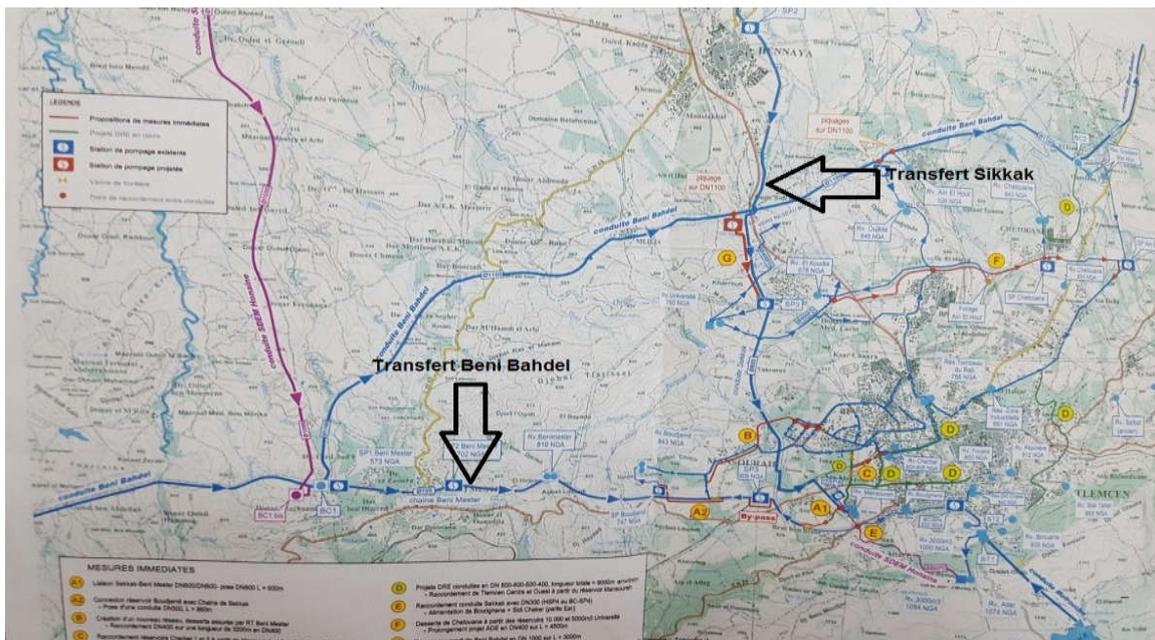
Le tracé comporte des canalisations en acier enrobé avec des diamètres allant de 800 à 1400 mm avec un linéaire de 62 km. Ajoutant à cela l'existence de quatre stations de pompage et de six capacités de stockage.



FigureIII.1 : Schéma du transfert Honaïne-Tlemcen sur AUTOCAD

## b.DRE :

Les données collectées auprès de la direction des ressources en eau de la wilaya de Tlemcen sont des cartes format papier qui représente les systèmes d'adduction du barrage de Beni Bahdel et de Sikkak comme le montre la figure III.2 :



FigureIII.2 : Carte des adductions qui alimentent le GUT

A partir de cette carte, Les stations de pompage ont été géo localisées sur fond de plan Google Earth comme c'est illustré dans les figures III.3, III.4



FigureIII.3 : Géolocalisation des stations de pompage du transfert de Sikkak



FigureIII.4 : Géolocalisation des stations de pompage du transfert de Beni Bahdel

### c.ADE

Le personnel de l'ADE nous a transmis les caractéristiques des conduites (matériaux, débit transité, linaires) et des stations de pompage (nombre de pompes, capacité de pompage, et volume des bâches a eau) de ces deux transferts sous format papier pour qu'on puisse les saisir sur le logiciel MAPINFO.

### III.4.2.Schématisation des transferts sur SIG

#### III.4.2.1.Transfert Honaïne-Tlemcen

Les données reçues sur le transfert de la station de dessalement de Honaïne vers le réservoir de Lalla Setti en format AUTOCAD n'ont pas pu être exploitées telles que données, une conversion de format de données en MAPINFO était indispensable. Pour cela on a utilisé le traducteur universel figureIII.5.

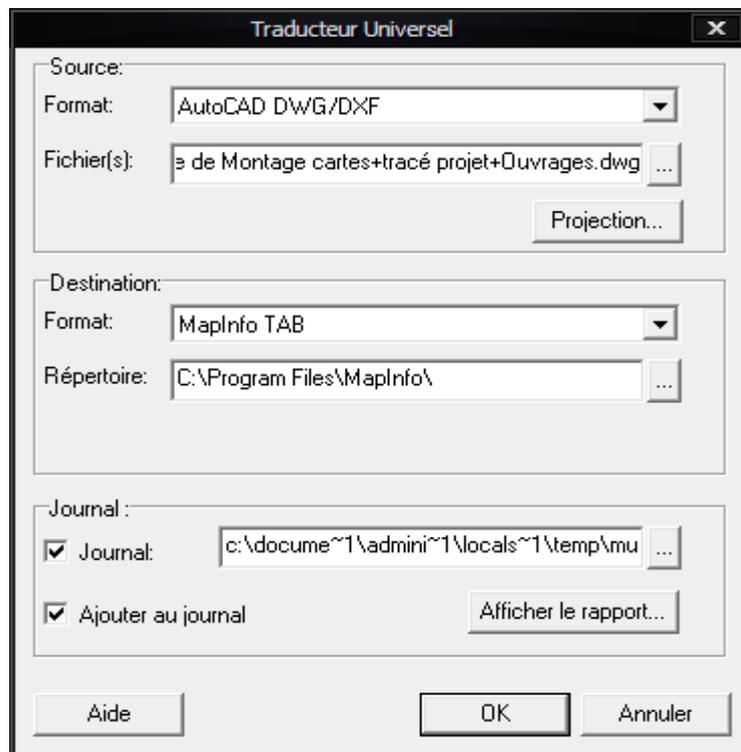
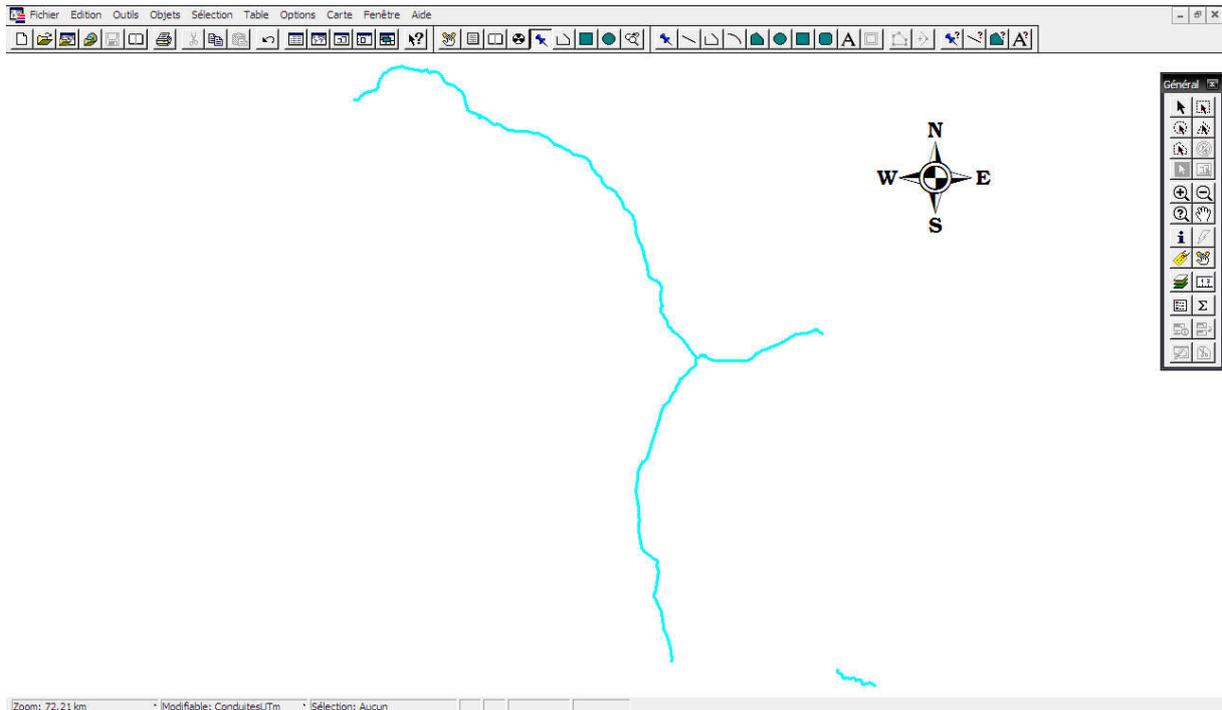


Figure III.5 : Fenêtre changement de format d'AUTOCAD vers MAPINFO

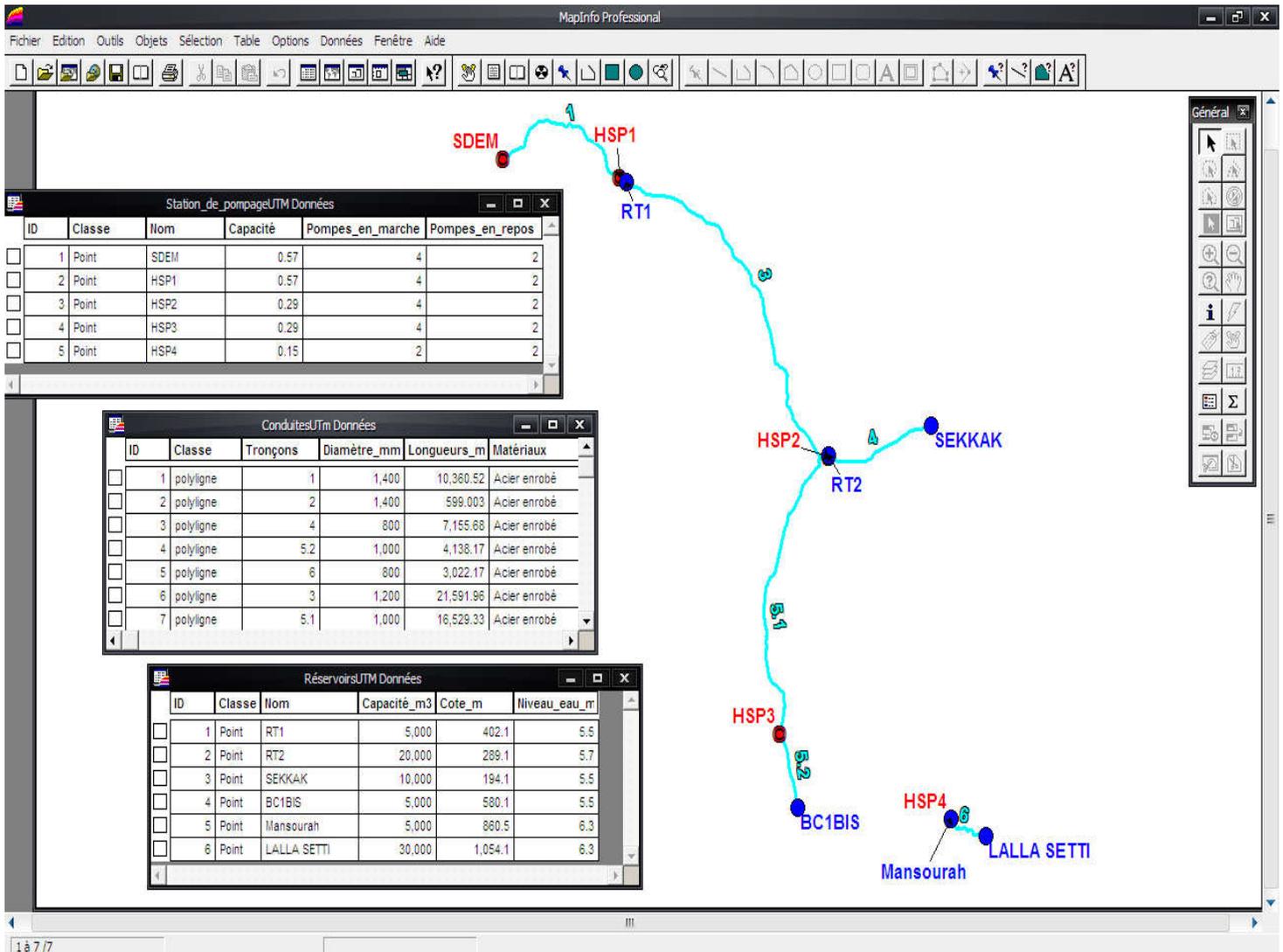
Le résultat de cette opération est représenté dans la figure III.6 :



FigureIII.6 : Schéma du transfert Honaïne-Tlemcen sur MAPINFO

Une fois le schéma de ce transfert de 62 km représenté sur MAPINFO, on va pouvoir saisir toutes ses données et ses caractéristiques, comme le montre la figure III.7.

Il est à noter que les données sont introduites champs par champs selon leur nature (Diamètres, linéaires, matériaux des conduites, capacité et cote des ouvrages de stockage, nombre des pompes et leurs capacité).



FigureIII.7 : Schéma du transfert Honâine-Tlemcen avec ces données sur MAPINFO

### III.4.2.2. Transferts des barrages de Sikkak et de Beni Bahdel

En ce qui concerne les transferts de Sikkak et Beni Bahdel, on a d'abord dessiné sur MAPINFO les deux barrages à partir d'une photo capturée sur Google Earth, ensuite on a fait introduire les coordonnées des stations de pompage pour les relier avec les conduites dont les caractéristiques nous ont été données par l'ADE. Comme le montre la figure suivante :

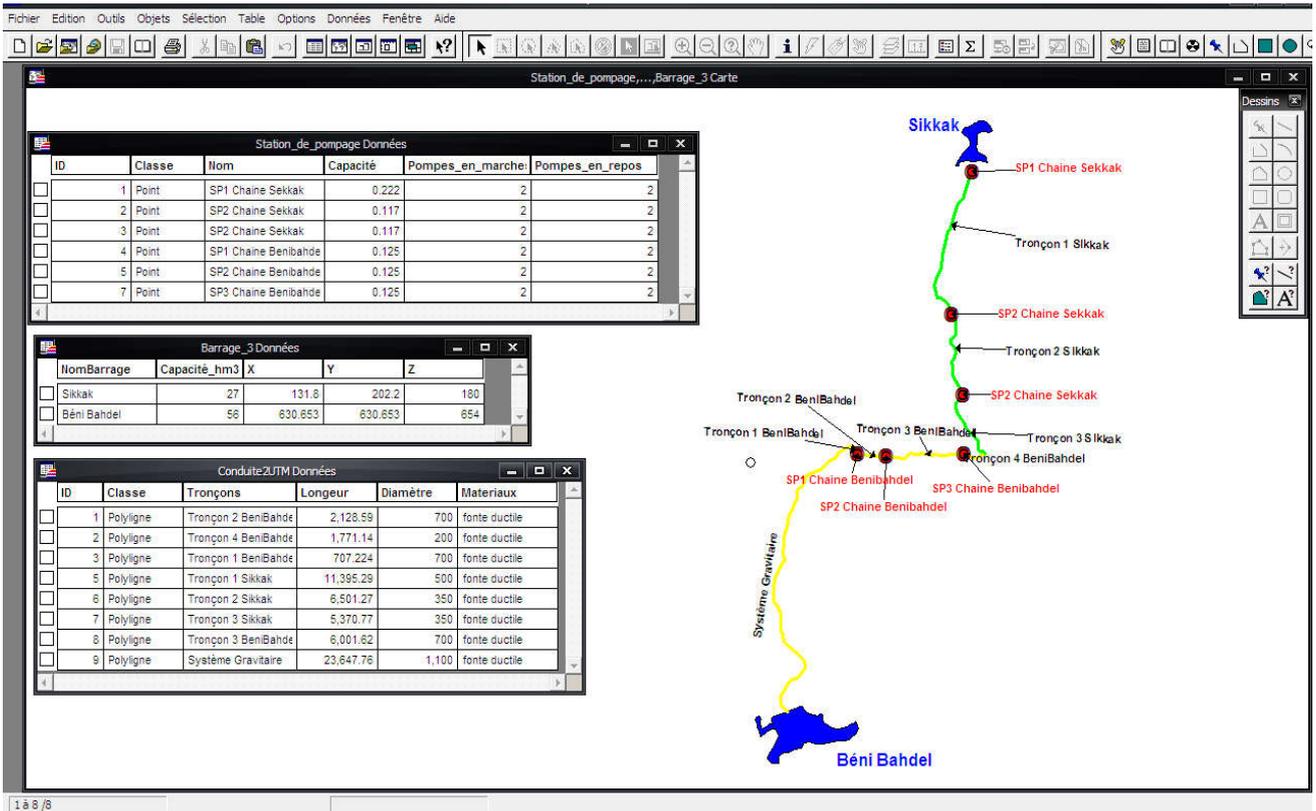


Figure III.8 : Schéma des transferts de Sikkak et Beni Bahdel avec leurs données sur MAPINFO

### III.4.2.3. Système complet des adductions qui alimentent le GUT

La superposition de toutes les couches créés sous SIG a été faite et le système d’approvisionnement complet est donné dans la figure III.9 avec un linéaire total de 114 km.

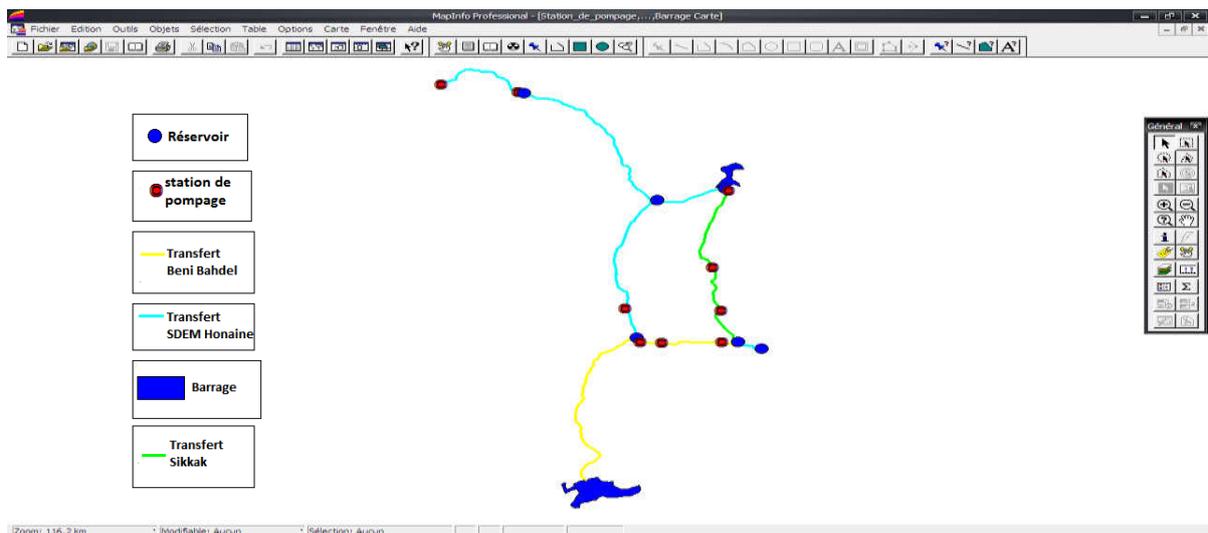


Figure III.9 : Schéma complet des adductions qui alimentent le GUT sur MAPINFO

Le transfert de Honaïne se joint au transfert de Sikkak au niveau du réservoir Sikkak et au transfert de Beni Bahdel au niveau du réservoir BC1-bis pour former un grand système d'adduction qui alimente le GUT figure (II.6).

Ce système comporte des conduites de transfert et dix stations de pompage. Les matériaux des canalisations sont l'acier enrobé et la fonte ductile (Figure III.11) avec des diamètres qui varient entre 700 et 1400 mm (Figure III.10).

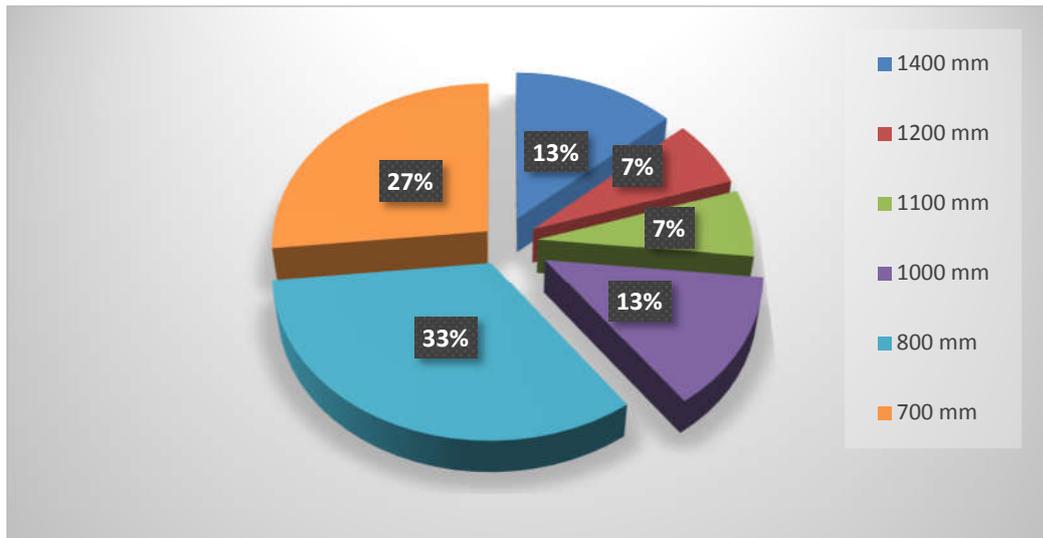


Figure III.10 : Diamètres des conduites du système d'adduction

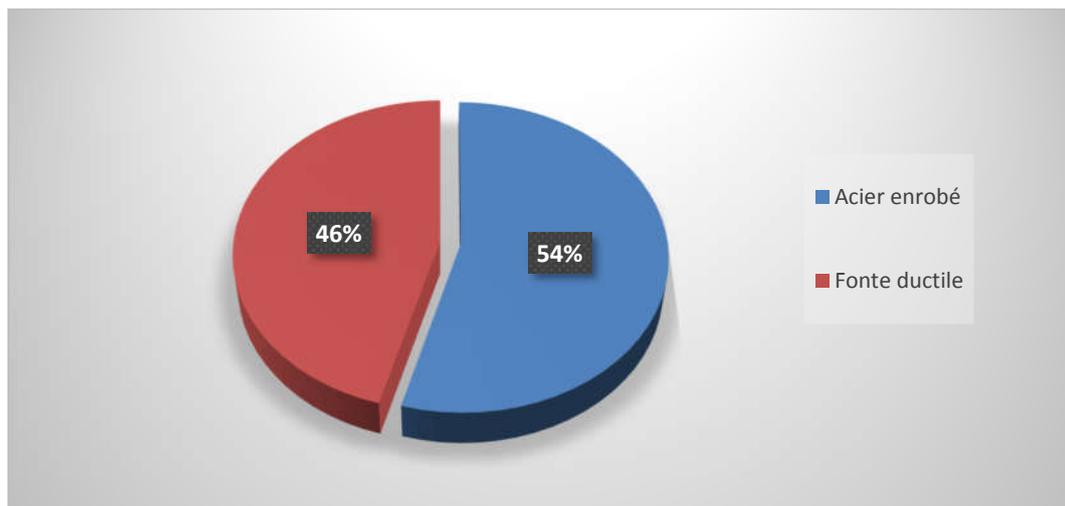


Figure III.11 : Matériaux des conduites du système d'adduction

Le débit total produit par ce système d'adduction arrive au réservoir tampon de Mansourah, où 45% de ce débit est destiné à alimenter les communes de Mansourah et Chetouane et 55% est pompé vers le réservoir tampon de Lala Setti pour alimenter la commune de Tlemcen.

### **III.5.Import du réseau schématisé sur SIG vers PORTEAU**

Le schéma complet des transferts est finalisé sous MAPINFO, le passage vers EPANET est maintenant possible pour modéliser le système et comprendre son fonctionnement. Il faut noter que la passerelle DXF2EPA utilisée souvent pour le passage de MAPINFO à EPANET nous pose un problème, car elle permet de récupérer la géométrie des objets, mais les données concernant les diamètres seront perdues.

C'est pour cette raison qu'on a eu recours au modèle de calcul PORTEAU pour l'utiliser comme passerelle parce qu'il permet de convertir tous les éléments de classe lignes et polygones (dans des couches en format DXF) en un ensemble de canalisations et raccords, et il permet aussi de convertir des points en nœuds de réserve qui vont servir comme réservoir dans EPANET. Cette démarche présente néanmoins des inconvénients comme les pertes des données des réservoirs, des barrages et des pompes et aussi leurs représentations géométriques. Une fois sur EPANET, on va pouvoir récupérer la majorité des données avec quelques ajustements à faire.

Pour cette transition vers PORTEAU, on a fait appel une nouvelle fois au traducteur universel de MAPINFO (Figure III.12).

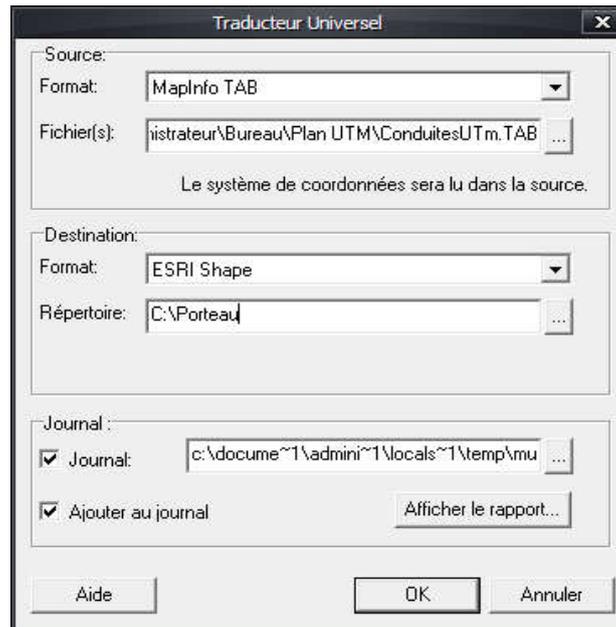


Figure III.12 : Fenêtre changement de format de MAPINFO vers PORTEAU

Le traducteur universel a pour but de convertir les fichiers de format « Tab » de MAPINFO en format «.SHP » d'ARCGIS.

Les données converties, sont importées sur PORTEAU grâce au sous-menu « importer un Shape file » comme le montre la figure III.13.

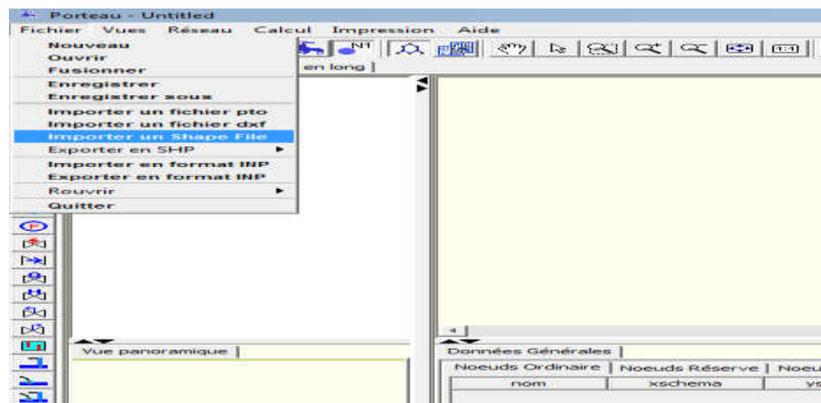


Figure III.13 : Import d'un fichier Shape file

Après toutes ces opérations effectuées, seules les canalisations d'un linéaire de 114 km ont pu être représentées sur PORTEAU, tandis que les réservoirs, les pompes et les barrages se sont importés sous forme de point. Comme le montre la figure III.14.

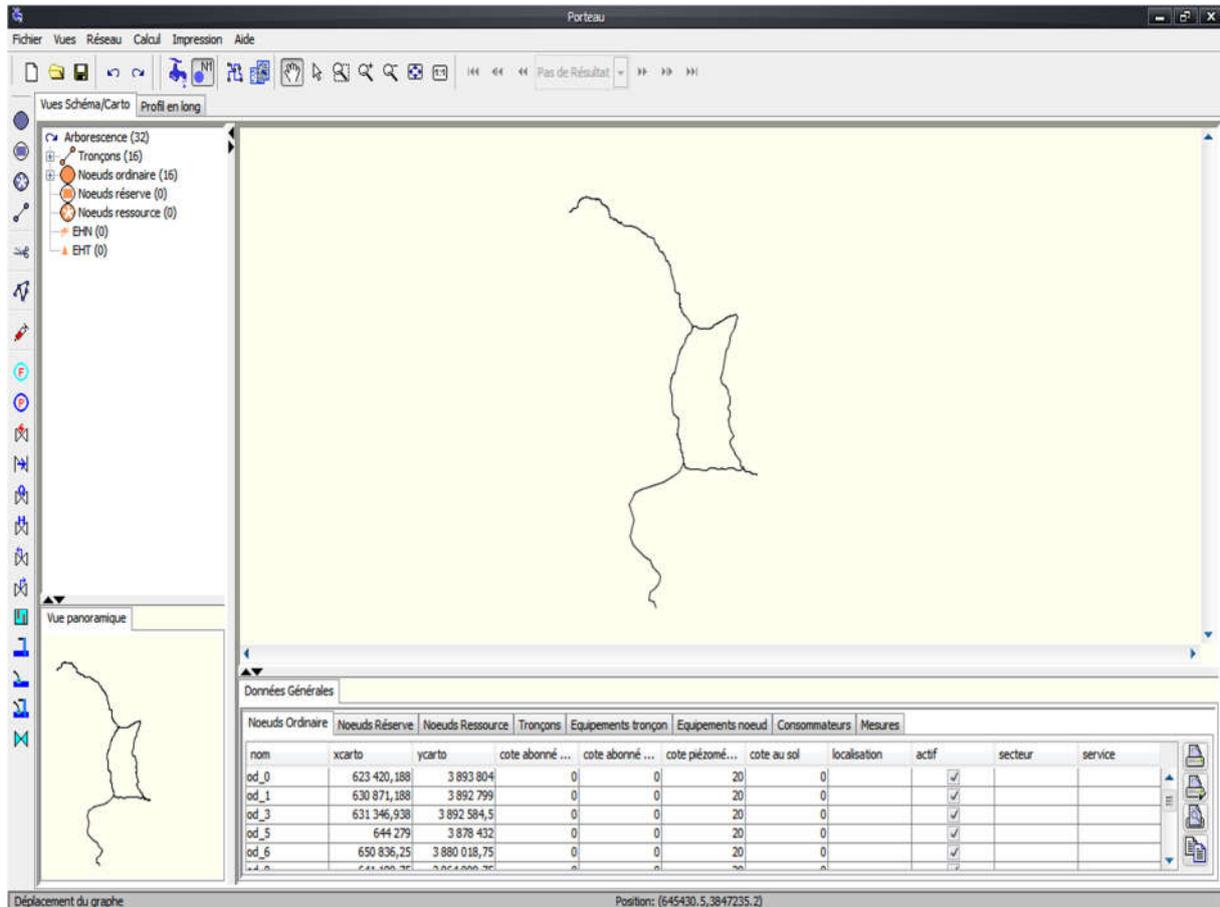


Figure III.14 : Schéma des adductions qui alimentent le GUT sur PORTEAU

## III.6. Passage PORTEAU – EPANET

L'exportation du Schéma de PORTEAU vers EPANET est faite par le sous-menu « exporter en format INP » comme le montre la figure III.15 alors que le résultat de cette opération est présenté dans la figure III.16.

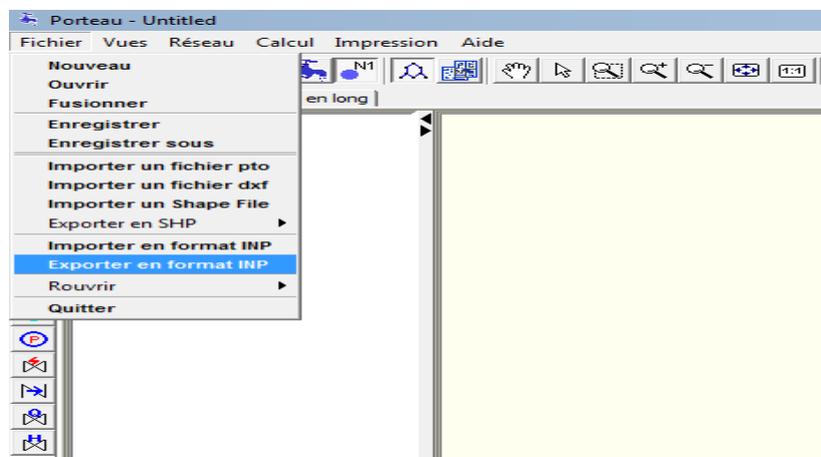


Figure III.15 : Exportation EPANET vers PORTEAU

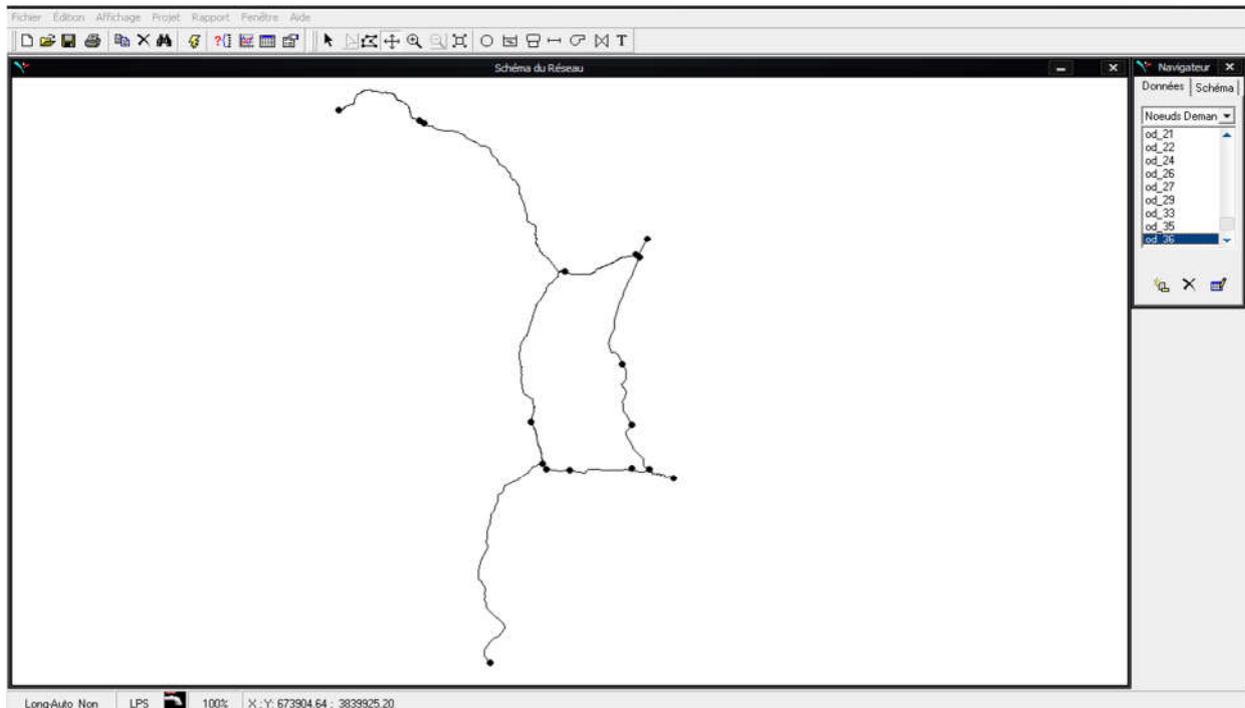


Figure III.16 : Schéma des adductions qui alimentent le GUT sur EPANET

Une fois le schéma d'approvisionnement sur EPANET, plusieurs opérations de correction sont nécessaires pour bien le représenter. Les éléments modifiés sont les réservoirs, les stations de pompages et les ressources (SDEM de Honaïne, barrage Beni Bahdel et barrage Sikkak).

En plus de ces ajustements, on a apporté d'autres modifications sur le schéma par l'ajout des nœuds de demande qui mettent référence à la consommation des communes de Tlemcen, Mansourah et Chetouane, et aussi d'autres ressources sous forme de bête qui représentent le barrage de Mefrouche, la SDEM de Souk El Tlatta, les forages et les sources comme le montre la figure III.17:

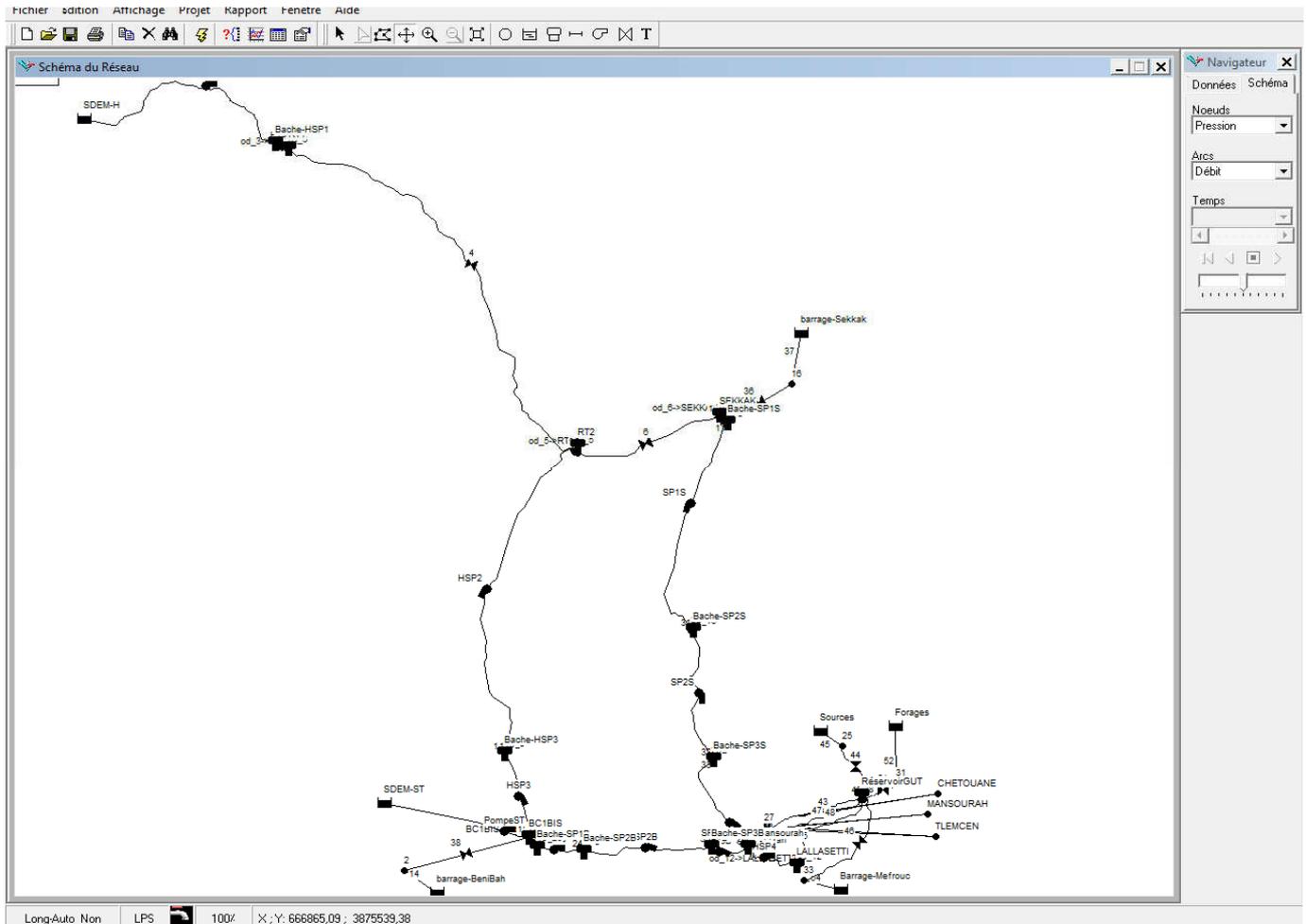


Figure III.17 : Schéma complet des adductions qui alimentent le GUT sur EPANET

### III.7. Modélisation sur EPANET

Avant de commencer la simulation, les données du système sont saisies, tels que les altitudes et les demandes de base pour les nœuds, le volume minimal et maximal pour les réservoirs, le débit régularisé pour les vannes, ainsi que les courbes caractéristiques des pompes. Les figures III.18 et III.19 illustrent le chargement des données pour les différentes composantes du système d'adduction du GUT.

## CHAPITRE III : MODELISATION DU SYSTEME D'ADDUCTION DU GUT

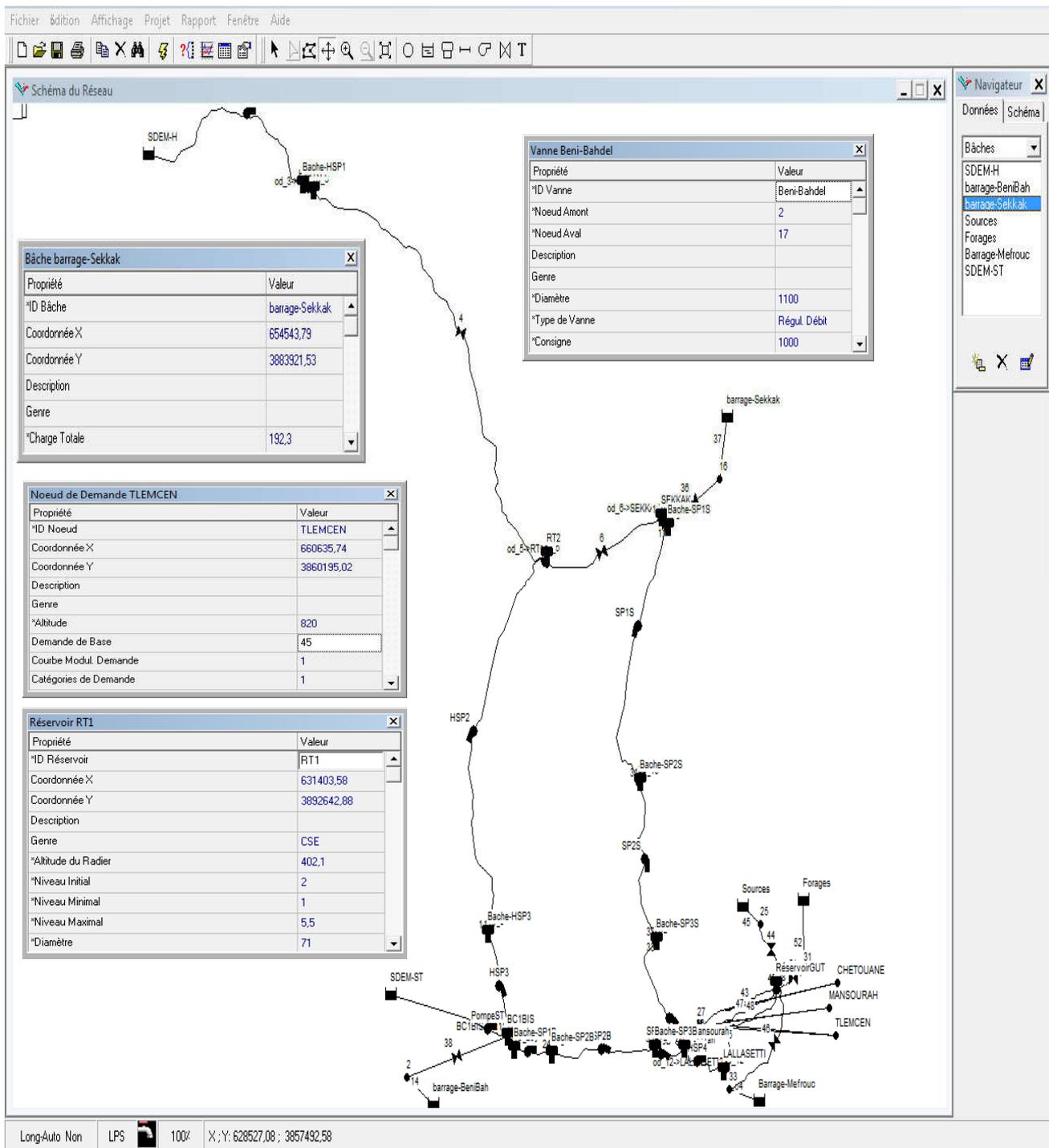
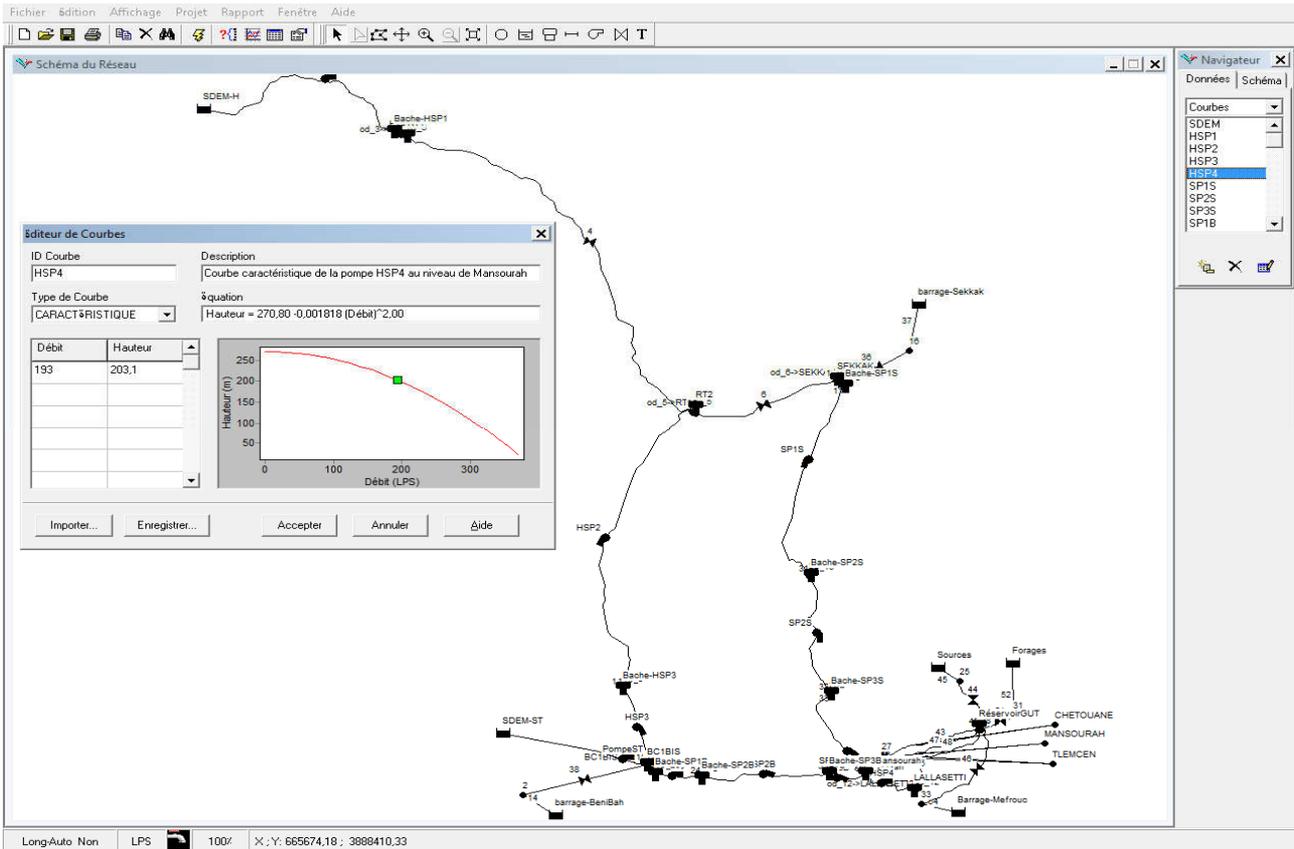


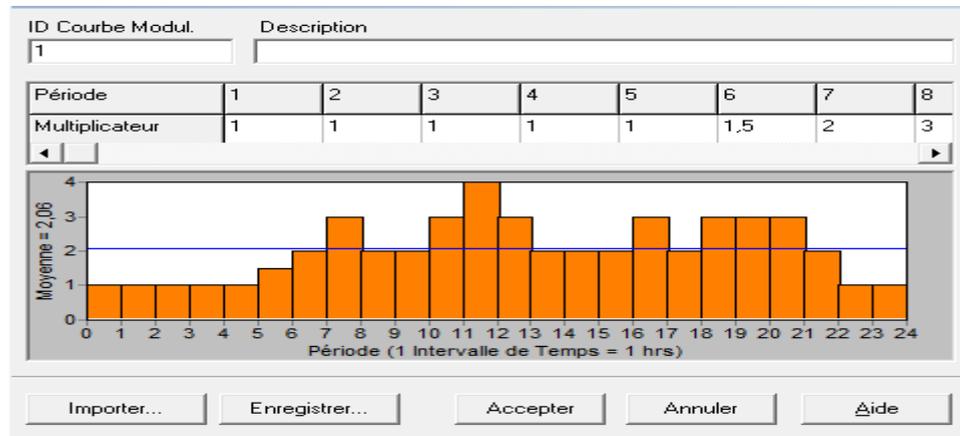
Figure III.18 : Exemples des saisies des données des composants du système d'adduction



FigureIII.19 : Exemple de saisie de la courbe caractéristique de la pompe

EPANET permet aussi de mettre en place un modèle de consommation, il est défini par une demande de base en eau potable qui est multipliée par des coefficients horaires. Ce qui va nous permettre de suivre le comportement du GUT.

Le modèle de consommation qu'on a choisi pour la simulation est présenté dans la figure III.20.



FigureIII.20 : Editeur de courbe de modulation sur EPANET

### III.7.1.Simulation sous EPANET

Notre travail consiste à faire lancer des simulations pour différents scénarios et voir les possibilités offertes pour la sécurité de l'alimentation en eau potable du groupement urbain de Tlemcen.

Les données d'entrée nécessaires sont les besoins en eau potable pour les nœuds de demande (communes) et les débits journaliers fournis par les baches (ressources).

Il faut signaler que le problème majeur rencontré au niveau du transfert des eaux à partir de la station de Honaïne vers le groupement urbain de Tlemcen ces dernières années est le problème des fuites. C'est pour cette raison que la 1<sup>ère</sup> simulation du comportement du transfert a été faite pour illustrer ce problème. Cette contrainte a un impact important sur l'alimentation du GUT.

#### ✓ Cas n°1 : Rupture du tronçon 5.1

Ce scénario simule une coupure d'alimentation au niveau du tronçon 5.1 pendant 48 heures (figure III.21), qu'on va la considérer comme une fuite pour voir les conséquences engendrées sur l'alimentation des communes en question.

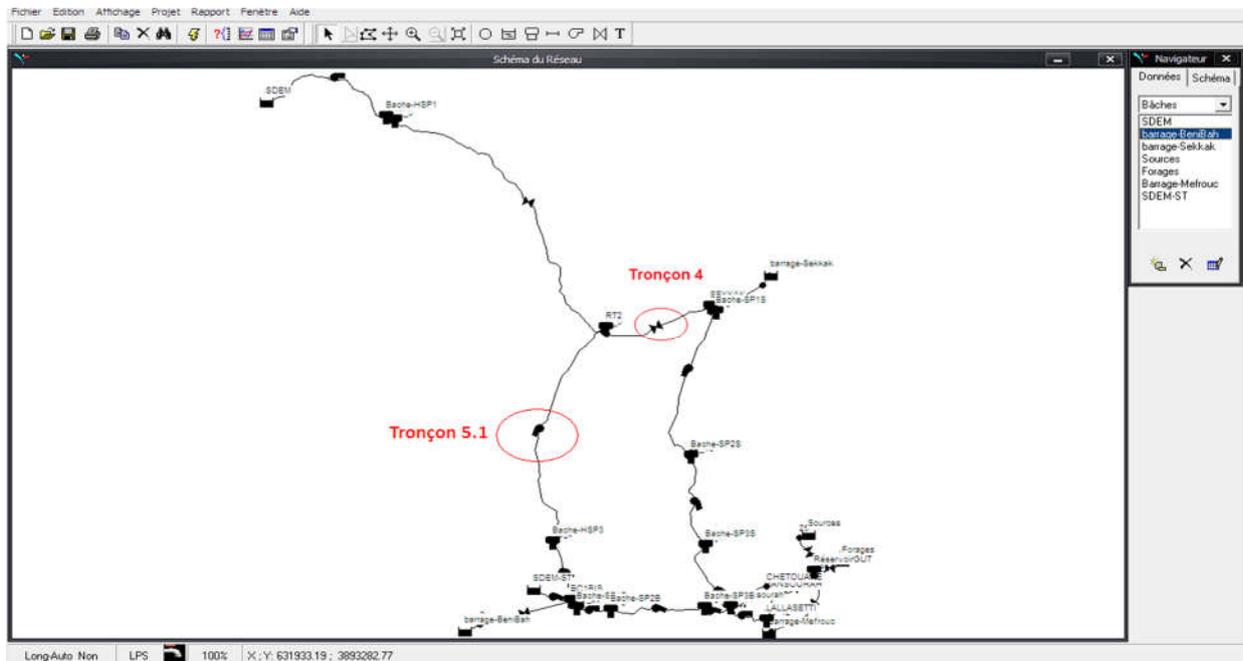


Figure III.21 : localisation des tronçons 4 et 5.1 dans le schéma

Dans cette simulation, la SDEM de Honaine va produire un débit journalier de  $50\,000\text{ m}^3/\text{j}$  soit 100% de son rendement pour le GUT, ce débit va arriver au réservoir RT2 au niveau de Remchi, puis il va se répartir en deux,  $25\,000\text{ m}^3/\text{j}$  vont être évacués par le tronçon 4 et l'autre  $25\,000\text{ m}^3/\text{j}$  par le tronçon 5.1.

Mais puisque que le tronçon 5.1 est en rupture, le GUT sera alimenté seulement par la partie du transfert de Sikkak avec un débit de  $25\,000\text{ m}^3/\text{j}$  au lieu de  $50\,000\text{ m}^3/\text{j}$ . Du coup le débit destiné pour les communes de Mansourah et Chetouane qui sont alimentées par le réservoir de Mansourah est de  $11\,250\text{ m}^3/\text{j}$ , et celui pour la commune de Tlemcen qui est alimentée par le réservoir de Lala Setti est de  $13\,750\text{ m}^3/\text{j}$  (Figure III.22). Le résultat de cette simulation est représenté dans la figure III.23.

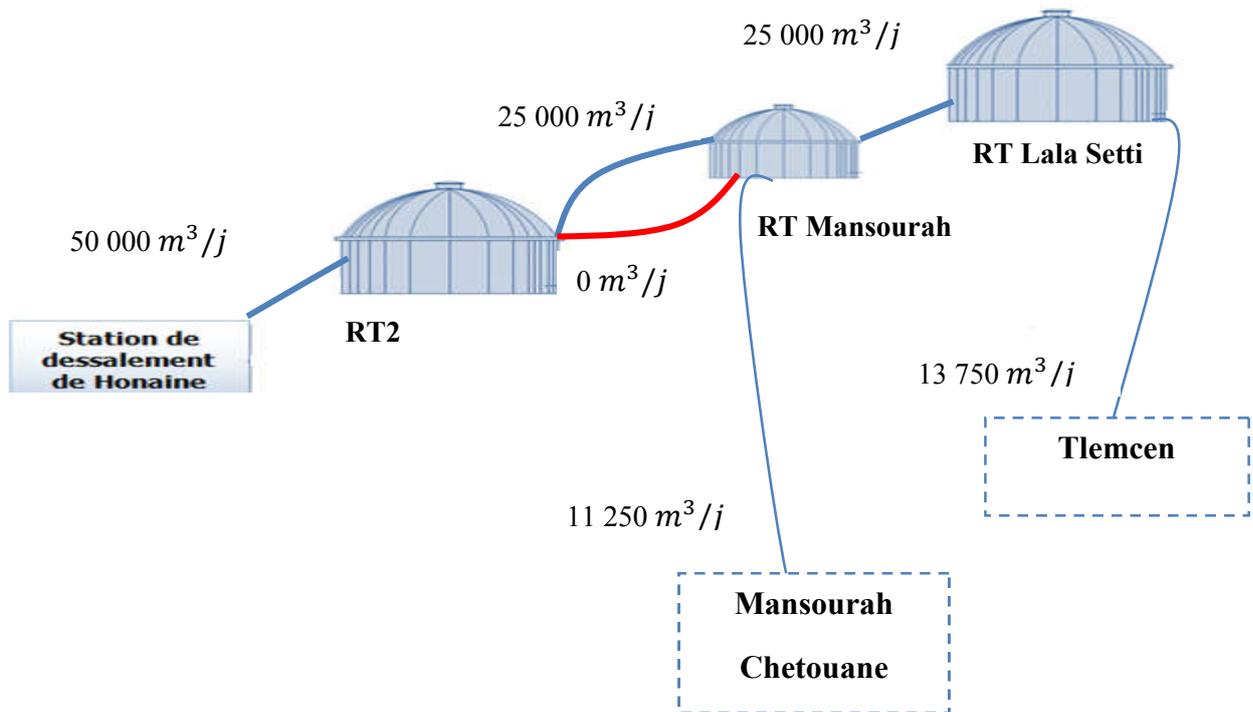


Figure III.22 : Schéma explicatif du cas n°1

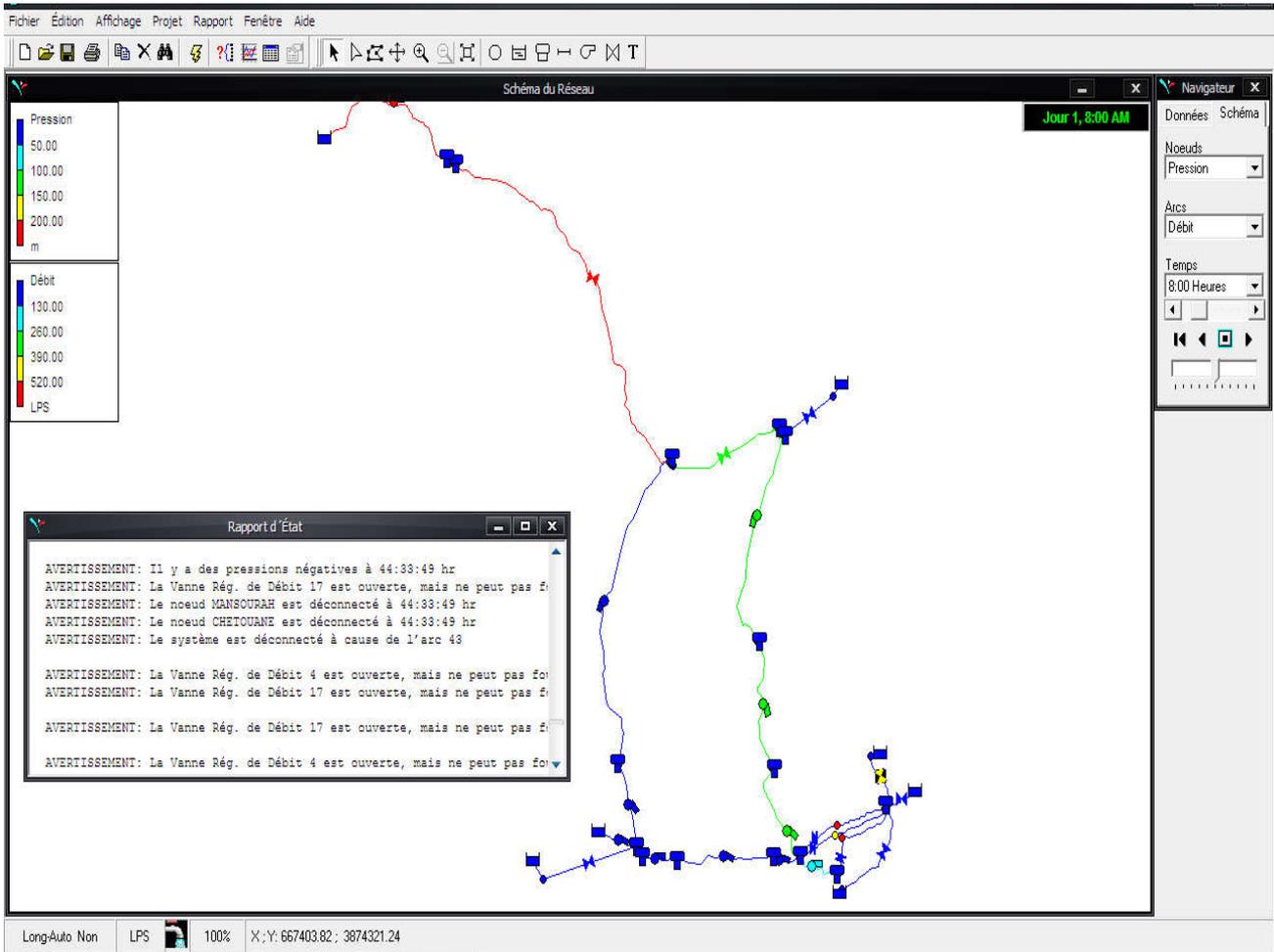


Figure III.23 : Résultat de la simulation pour le 1<sup>er</sup> cas

Le rapport affiché après la simulation, avertit que les pompes et les vannes situées après le tronçon 5.1 vont être à l'arrêt pour manque de pression. Ce qui va causer une rupture d'alimentation pour les communes de Mansourah et Chetouane à 20h33 du deuxième jour.

### ✓ Cas n°2 : Rupture du tronçon 5.1 avec l'ajout d'une ressource pour combler le déficit

EPANET nous donne la possibilité de balancer entre les simulations et nous offre une souplesse de trouver le scénario et la solution adéquate avec le problème.

Comme dans ce cas de rupture de conduite on a imaginé plusieurs balances qui peuvent servir comme solutions pour assurer une alimentation plus stable pour le GUT.

Pour cette rupture de conduite on a opté pour le barrage Sikkak comme ressource pour épaulé la SDEM de Honaïne, parce qu'il se trouve dans la continuité du transfert de Honaïne et ils ont des stations de pompage en communs.

Pour cela on a ouvert la vanne du barrage Sikkak pour qu'il fournit un débit de  $5\,000\text{ m}^3/\text{j}$  être ajouté au débit de  $25\,000\text{ m}^3/\text{j}$  venu de la SDEM de Honaïne pour alimenter le GUT avec un débit total de  $30\,000\text{ m}^3/\text{j}$ .  $16\,500\text{ m}^3/\text{j}$  au profit la commune de Tlemcen et  $13\,500\text{ m}^3/\text{j}$  pour les communes de Mansourah et Chetouane (Figure III.24). Le résultat de la simulation est présenté dans la figure III.25 :

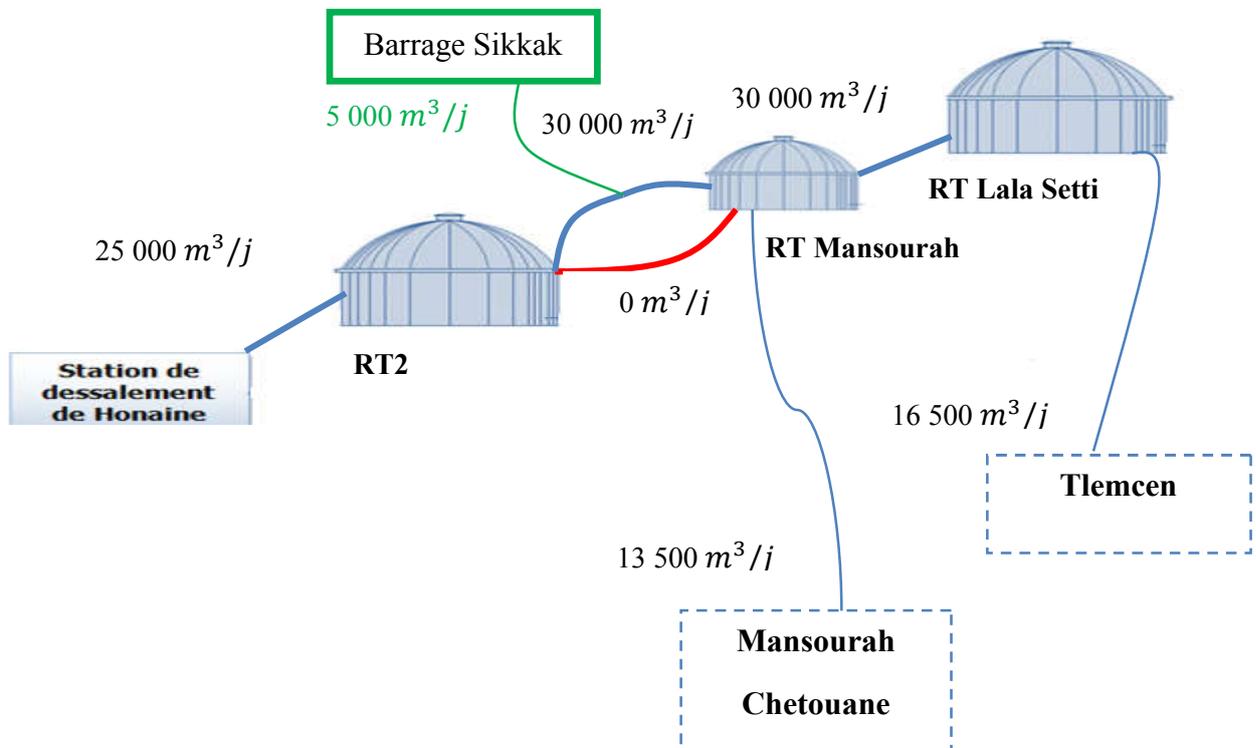


Figure III.24 : Schéma explicatif du cas n°2

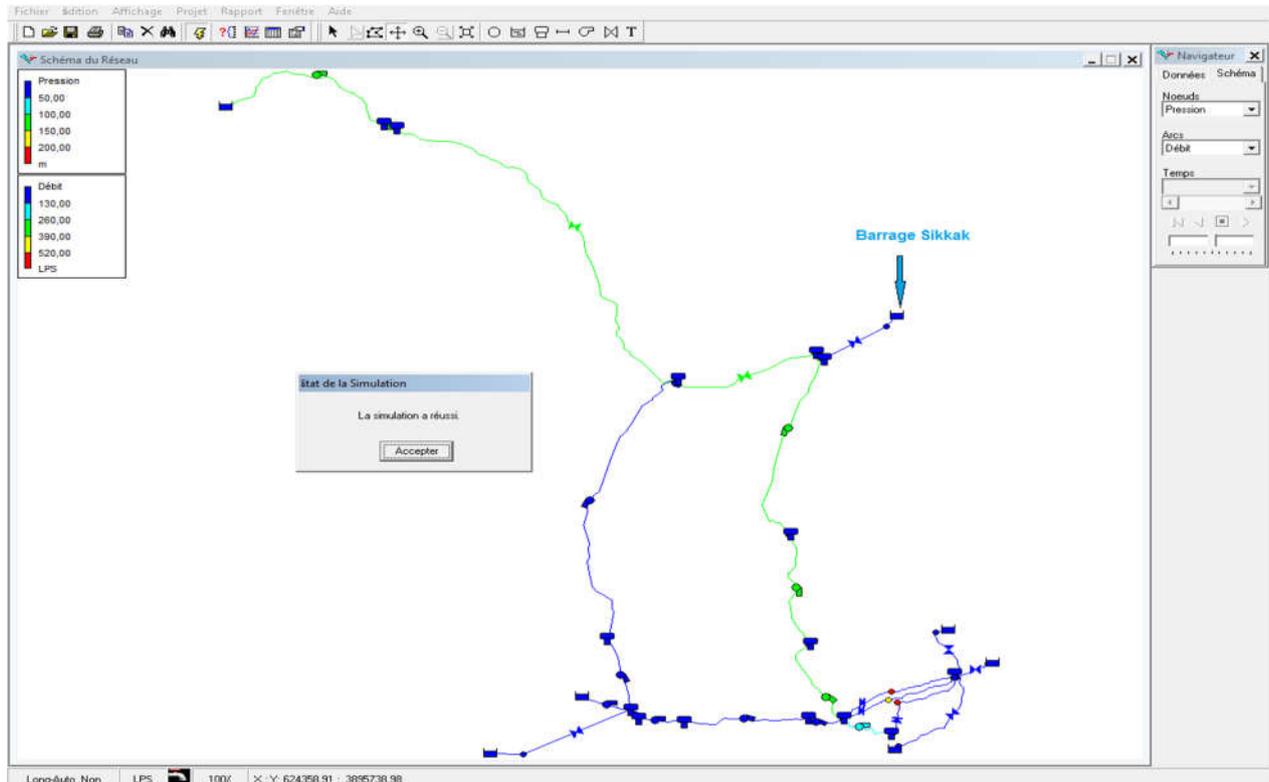


Figure III.25 : Résultat de la simulation pour le 2<sup>ème</sup> cas

D'après la figure III.25 la simulation a réussi, ce qui explique que l'introduction du barrage Sikkak pour épauler la SDEM de Honaïne a permis de satisfaire les besoins des communes de Mansourah et Chetouane dans les 48h ou le tronçon 5.1 été en rupture.

### ✓ 3<sup>ème</sup> cas : une simulation pour un rendement de 75% de la SDEM de Honaïne. Pour l'horizon 2020

Dans ce cas, la SDEM de Honaïne est supposée produire pour le GUT un débit de 37 500  $m^3/j$  pendant 48h, 16 900  $m^3/j$  sont destinés au réservoir de Mansourah pour alimenter les communes de Mansourah et Chetouane et 20 600  $m^3/j$  au réservoir de Lala Setti pour alimenter la commune de Tlemcen. Les résultats de la simulation sont sur la figure III.26.

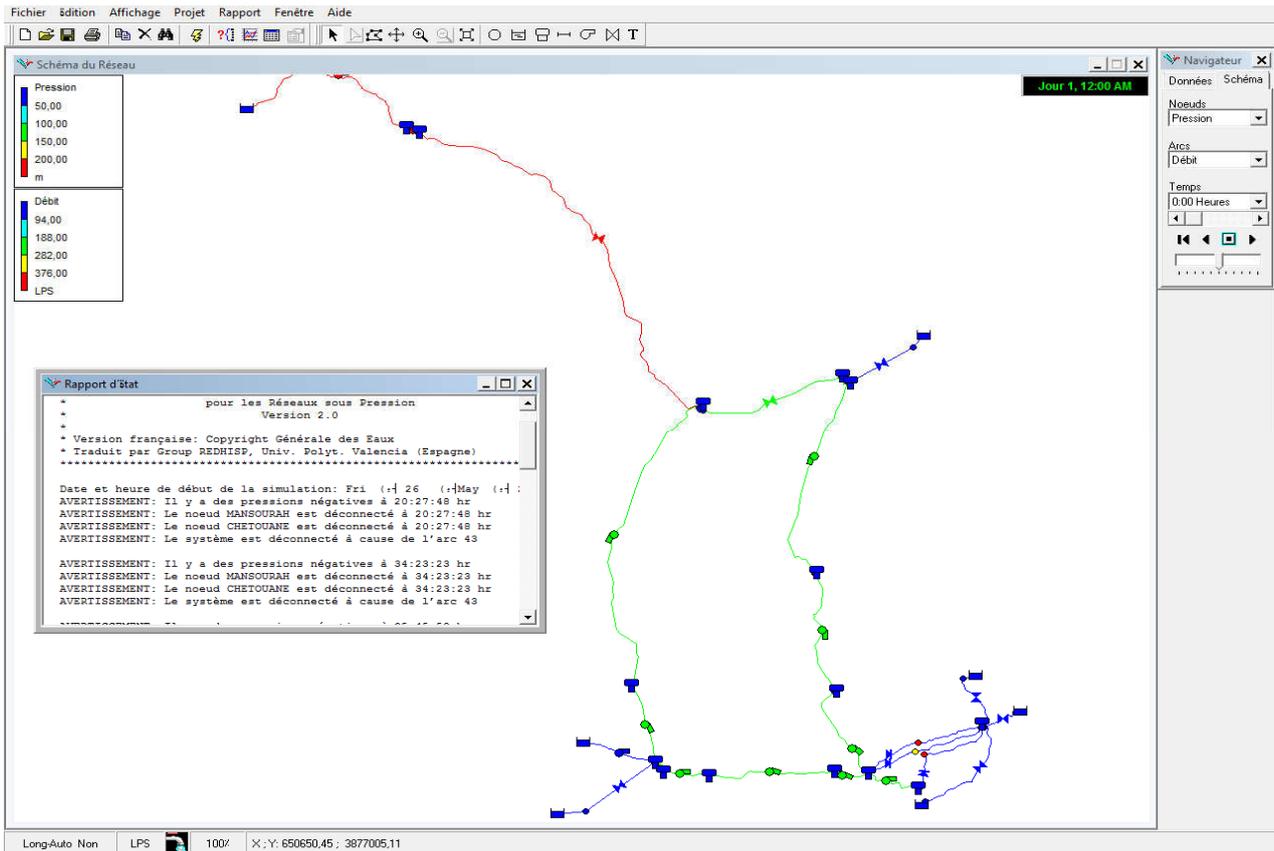


Figure III.26 : Résultat de la simulation pour le 3<sup>ème</sup> cas

Cette figure montre qu'on va enregistrer des pressions négatives dans les communes de Mansourah et Chetouane à partir de 20h27.

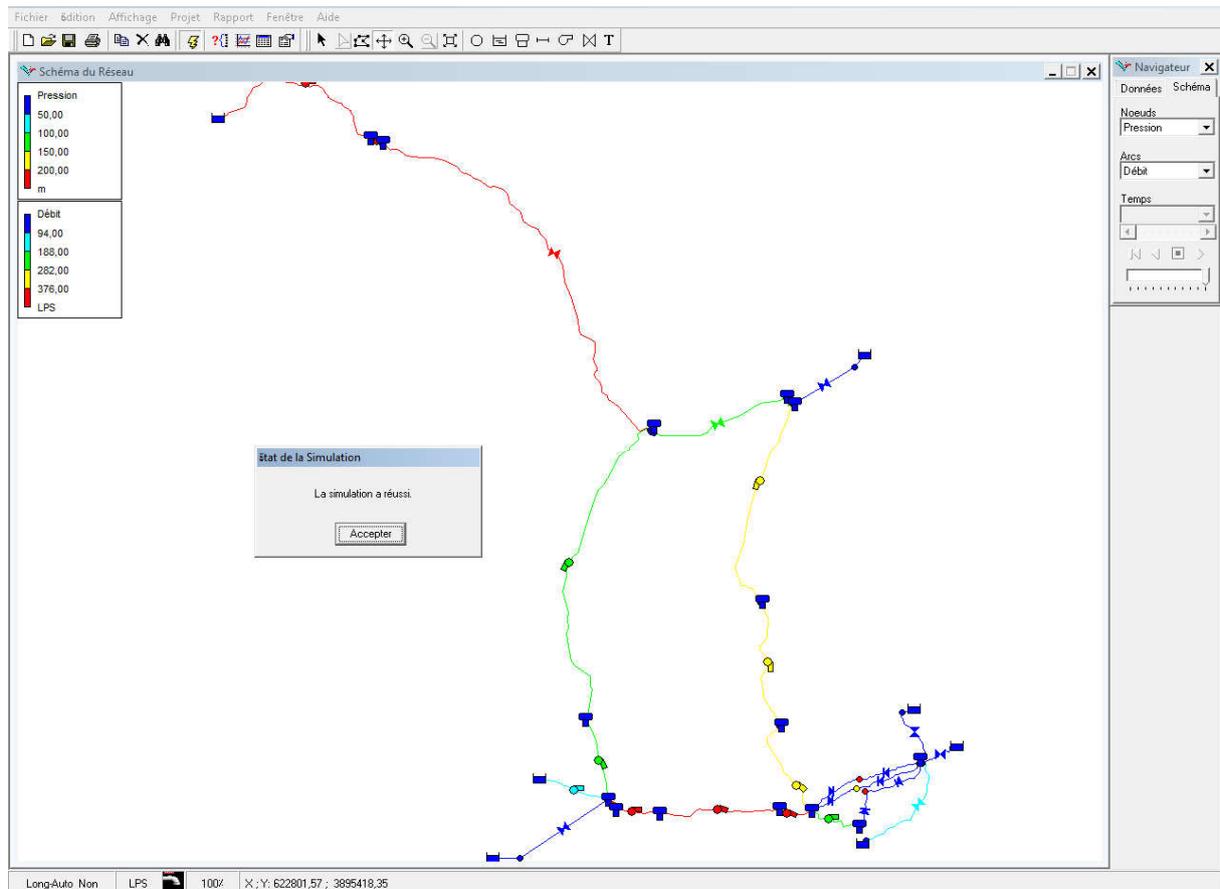
Cela veut dire qu'avec un rendement de 75% de la SDEM de Honaïne, les besoins des communes de Mansourah et Chetouane ne seront pas satisfaits en eau potable. Ce qui nous oblige à faire appel à d'autres ressources pour combler le déficit. Et ce qu'on va essayer de mettre en place dans la simulation suivante.

✓ **4<sup>ème</sup> cas : Une simulation pour un rendement de 75% de la station de dessalement de Honaïne avec l'introduction des ressources en plus.**

Dans cette simulation, toujours avec un rendement de 75% de la SDEM de Honaïne soit un débit de  $37\,500\text{m}^3/j$ , les besoins du GUT ne seront pas satisfaits comme on a pu le constater

dans les résultats de la simulation précédente, du coup on a ajouté des ressources supplémentaires pour combler le déficit (scénario n°1, chapitre n°2).

Pour cela, on va ouvrir les vannes de ces ressources, et pour chaque vanne on va mentionner le débit a régularisé (les débits sont mentionnés dans le scénario n°1, chapitre n°2). Ces débits vont arriver au réservoir GUT, afin qu'il alimente les communes en déficit. Le résultat de la simulation est représenté dans la figure (III.25).



FigureIII.27 : Résultat de la simulation pour le 4<sup>ème</sup> cas

La figureIII.27 montre que la simulation a réussi, ce qui implique que les ressources introduites en plus de la SDEM de Honaïne on permit de satisfaire les besoins en eau potable pour les trois communes du groupement urbain de Tlemcen.

### III.7.2. Discussion des résultats :

Les résultats de ces deux simulations nous ont permis d'en tirer des renseignements en ce qui concerne l'alimentation du GUT.

Pour la simulation du 1<sup>er</sup> cas, la rupture au niveau du tronçon 5.1 a paralysé toute l'alimentation par la chaîne Beni Bahdel, et donc l'alimentation du groupement urbain de Tlemcen été assurée seulement par la chaîne Sikkak, mais cette dernière avec un débit de  $25\,000\text{ m}^3/j$ , ne peut pas à elle seule satisfaire les débits journaliers demandés, ce qui a provoquer une alimentation instable, parce que le niveau d'eau du réservoir de Mansourah a commencé à baisser et il n'a pas pu assurer l'approvisionnement pour les deux communes de Mansourah et Chetouane.

En ce qui concerne le 2<sup>ème</sup> cas, on a fait appel au barrage Sikkak avec une production de  $5\,000\text{ m}^3/j$  qui a été suffisante pour combler le déficit, parce qu'elle a permis de stabiliser le niveau du réservoir de Mansourah et du coup assurer l'alimentation pour les communes concernées pendant les 48h.

Pour la simulation du 3<sup>ème</sup> cas, avec un rendement de 75%, la station de dessalement de Honaine va mener le GUT à un déficit en eau potable. Les communes de Mansourah et Chetouane et la partie nord de Tlemcen qui sont alimentées principalement par la chaîne du réservoir tampon de Mansourah seront directement touchés quand ce dernier se videra. Tandis que la partie sud de la commune de Tlemcen sera épargnée du problème parce qu'elle est alimentée par le réservoir tampon de Lala Setti qui peut toujours servir avec un tel rendement de la SDEM, à cause de ça grande capacité qui est de  $30\,000\text{ m}^3$  contre  $5\,000\text{ m}^3$  de celui de Mansourah.

Ce déficit en eau potable pour les communes concernée, nous oblige à puiser dans les ressources superficielles et souterraines pour satisfaire les besoins de  $68\,562\text{ m}^3/j$  comme le montre la figure III.28 :

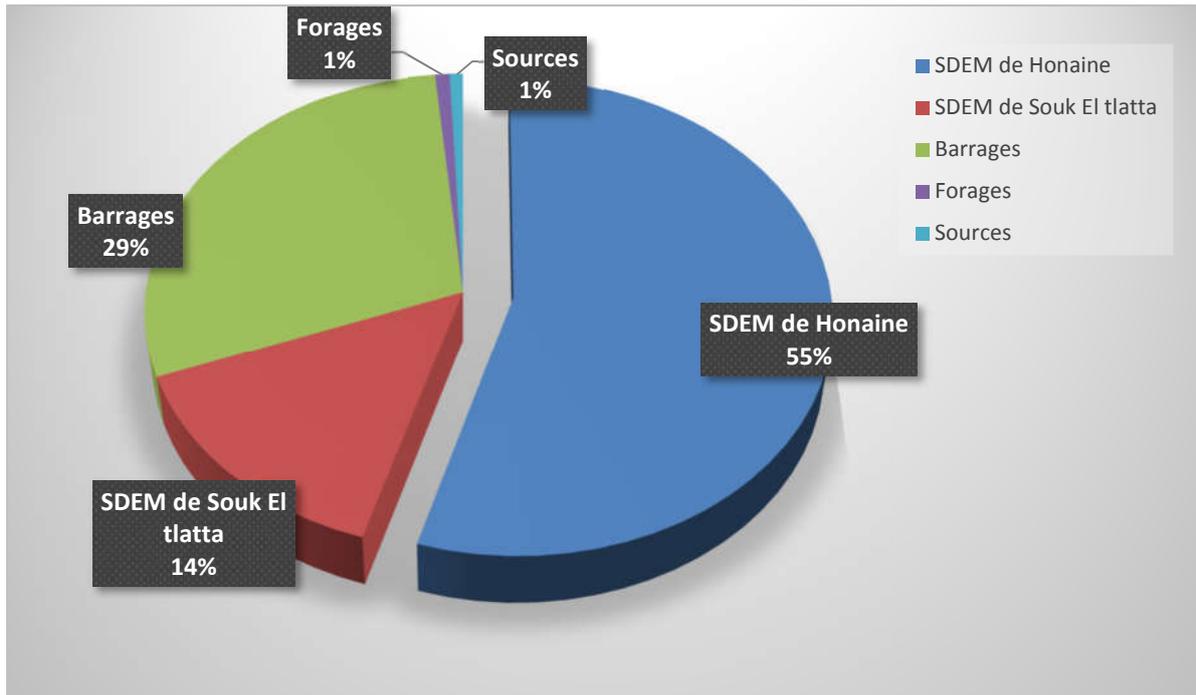


Figure III.28 : Taux de production des ressources pour satisfaire les besoins du GUT

Cette figure représente les taux de production des ressources qu'on a imaginées pour combler le déficit. Et on peut constater aussi qu'avec un rendement de 75% de la station de dessalement de Honaine, c'est seulement 55% de production de ce qu'a besoin le GUT. Et les 45% sont réparties entre la SDEM de Souk el Tlatta, les barrages, les forages et les sources.

En se basant sur les résultats obtenus après les simulations sur le réseau d'adduction qui alimente le GUT, on va essayer de proposer quelques recommandations pour améliorer l'AEP :

- ✓ La mise en place des organes accessoires pour contrôler la pression
- ✓ Implanter de nouvelle capacité de stockage
- ✓ Effectuer une maintenance préventive
- ✓ Créer un service de télégestion pour tout le système.
- ✓ Renover les adductions vétustes
- ✓ Etablir une nouvelle culture de gestion

### **III.8.Conclusion :**

Les finalités qu'on peut en tirer de cette modélisation sur le système d'adduction qui alimente le groupement urbain de Tlemcen sont nombreuses et intéressantes pour apporter des ajustements et des améliorations.

Ce système qui est très complexes, a l'avantage d'avoir plusieurs alternatives pour assurer l'alimentation en eau potable. Même si comme on a pu le constater, la station de dessalement de Honaïne reste la ressource phare et la plus importante pour approvisionner le GUT. Mais comme on la montrer dans les simulations, l'alimentation par la SDEM de Honaïne n'est pas toujours sécurisée, et elle peut rencontrer des problèmes comme une rupture d'une conduite ou un rendement faible.

Et donc par le biais de ces simulations on peut prévoir des solutions pour éviter toutes contraintes dans le futur. Comme par exemple pour assurer un approvisionnement continu et stable pour les communes de Mansourah, Chetouane malgré un rendement affaibli, il faut construire un nouveau réservoir tampon à Mansourah pour épaulé le réservoir existant.

La mise en place de ce travail va permettre d'améliorer la gestion et l'exploitation du système d'adduction et d'avoir des connaissances approfondies sur le transfert. Et offrir une certaine flexibilité de balancer entre les différents scénarios et de trouver des solutions en temps réel.

# CONCLUSION GENERALE

### Conclusion générale

L'étude des possibilités d'approvisionnement du groupement urbain de Tlemcen en eau potable a été faite dans le cadre de ce travail. Sept scénarios d'approvisionnement ont été proposés pour sécuriser l'alimentation en eau potable du GUT. Ces scénarios ont été étudiés en se basant sur les ressources en eau disponibles au niveau de la wilaya de Tlemcen. Les calculs des besoins en eau ont été faits pour différents horizons pour le GUT.

Un SIG est mis en place pour 114 km de canalisations d'adduction avec tous les accessoires présents dans ces transferts ainsi que leurs caractéristiques (Stations de pompage, station de dessalement, capacités de stockage...).

Un couplage entre le SIG MAPINFO et le modèle de calcul EPANET était nécessaire pour étudier le fonctionnement du système et de mieux connaître le comportement des adductions avec les débits et les pressions qui lui sont soumises.

Après avoir lancé des simulations pour comprendre le comportement du schéma d'approvisionnement, les résultats nous ont montrés qu'il existe des problèmes pour l'alimentation du GUT, que ce soit en cas de fuite ou en cas d'un faible rendement des ressources qui sont chargées d'approvisionner le GUT. Et donc des opérations de correction sont primordiales pour ajuster les pressions dans les conduites par la mise en place des organes accessoires pour contrôler la pression et éviter les ruptures. Et aussi de construire de nouveaux ouvrages de stockage afin d'assurer une alimentation continue pour les communes concernées.

Le travail élaboré permet aux gestionnaires de disposer d'une base de données qui va leur permettre d'accorder une meilleure connaissance du schéma d'approvisionnement et des adductions et un diagnostic des problèmes pour optimiser et se prononcer sur des meilleures solutions tout en choisissant la plus adéquate dans un laps de temps court, pour permettre d'assurer une alimentation plus sécurisée et plus stable du GUT.

Il faut signaler que ce couplage n'était pas évident à réaliser, et que beaucoup de contraintes ont été rencontrées dans la collecte et l'analyse des données comme le manque des cartes numériques représentatives des adductions et la non coopération de certains services techniques.

## CONCLUSION GENERALE

---

Ce travail est réalisé surtout pour apporter une nouvelle approche pour la conception, l'exploitation et la gestion du schéma d'approvisionnement du GUT afin que tous les services d'AEP concernés puisse en bénéficier, mais certains volets restent à développer, les plus importants sont dans ce qui suit :

- Développer un modèle de consommation propre au GUT pour mieux maîtriser la consommation.
- Mettre à jour la banque des données.
- Modéliser la qualité de l'eau dans les réseaux.
- Instaurer une nouvelle culture de gestion.

### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [2] : F. OUELLABI et Y. CHETTOUH, 2015 : « DIMENSIONNEMENT DU RÉSEAU D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE SECTEUR ROUTE TOUGGOURT – EL OUED – »
- [3] : Valiron F., (1994). Memento du gestionnaire de l'alimentation en eau et de l'assainissement, Tome 1, 2, 3 Edition Lavoisier, 1262 p
- [5] : Maguire D., (1991). An overview and definition of GIS
- [9] : Tewo S., (2015). Etude exploratoire des Systèmes d'Informations Géographiques décisionnels
- [10] : TABESH M., DELAVAR M.R. (2003) : « Application of integrated GIS and hydraulic models for unaccounted for water studies in water distribution systems, Advances in Water Supply Management ». Proceedings of the CCWI '03 Conference, London, 15-17 September 2003, Edited by Cedo Maksimovic, Fayyaz Ali Memon, David Butler, Taylor & Francis, Print ISBN : 978-90-5809-608-1, eBook ISBN : 978-0-203-83366-7, DOI : 10.1201/NOE9058096081.ch14
- [13] : Madouni A., (2013). Modélisation du réseau d'alimentation en eau potable de la ville de Maghnia avec le logiciel PORTEAU
- [16] : Bensaoula F., Derni I. et Adjim M., 2012, Trente années de prospection et de mobilisation des ressources en eau souterraine, par forages, dans la wilaya de Tlemcen, Larhyss Journal, 2012, N°10, p.91- 99 .
- [17] : Abdelbaki C., Allal M. A. & Djelloul Smir S. M. 2012, Une démarche qualité pour la gestion des réseaux d'alimentation en eau potable ; cas du groupement urbain de Tlemcen (Algérie), 6ème conférence internationale des ressources en eau dans le bassin méditerranéen 10 –12 Oct. 2012, Sousse, Tunisie.
- [18] : Bensaoula F., Adjim M., Bensalah M., 2007, L'importance des eaux karstiques dans l'approvisionnement en eau de la population de Tlemcen, Larhyss journal, N° 6, 57- 64.
- [19] : Abdelbaki C., 2014, Modélisation d'un réseau d'AEP et contribution à sa gestion à l'aide d'un SIG - Cas du Groupement Urbain de Tlemcen.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- [21] : Azzaz H., Khaldi A., Meddi M., Bekkoussa B. (2012), Etude du rôle de la zone non saturée dans le fonctionnement des systèmes karstiques des monts de Tlemcen par l'utilisation des éléments de l'équilibre Calco- Carboniques, Journal de l'eau et de l'environnement, N°20, 17-28.
- [22] : Bensaoula F., Bensalah M., Adjim M., 2005. Les forages récents dans les aquifères karstiques des monts de Tlemcen, Larhyss Journal, N°4, 7-15.
- [23] : Bensaoula F. (1992). Carte hydrogéologique d'Ouled-Mimoun et notice explicative au 1/50000, thèse de Magister, Université d'Es-Sénia, Oran.
- [25] : BOUMEDIENNE A., 2012, Les adductions du groupement urbain de Tlemcen, états des lieux de proposition des solutions : Secteur Mansourah, Mém. Master en hydraulique, Univ. Abou Baker Belkaid – Tlemcen
- [26] : Abdelbaki C., Benhamouda F., Chikh M., 2012, SIG : Outils de gestion des réseaux d'alimentation en eau potable, Cas du réseau de la ville de Birtouta -Alger, Algérie, Editions universitaires européennes, ISBN : 978-3-8417-8907-5
- [27] : Choux B., 1990, Modélisation des réseaux d'eau potable, compatibilité avec la cartographie informatisée, L'eau – L'industrie – Les nuisances N°141, pp. 48 – 50

### REFERENCES WEBOGRAPHIQUES

- [1] : <https://www.ade.dz/index.php/projets/dessalement> [consulté le 20/01/2017]
- [4] : <http://www.larousse.fr/archives/grande-encyclopedie/page/4452> [consulté le 03/02/2017]
- [6] : [https://www.sigea.educagri.fr/fileadmin/user...de.../Informations\\_generales\\_SIGEA\\_Ref.pdf](https://www.sigea.educagri.fr/fileadmin/user...de.../Informations_generales_SIGEA_Ref.pdf)  
[consulté le 06/02/2017]
- [7] : <https://www.notre-planete.info/terre/outils/sig.php> [consulté le 02/03/2017]
- [8] : <https://www.esrifrance.fr/sig2.aspx> [consulté le 02/03/2017]
- [11] : [https://www.esrifrance.fr/sig2006/DHI\\_MIKE.html](https://www.esrifrance.fr/sig2006/DHI_MIKE.html) [consulté le 10/03/2017]
- [12] : [http://porteau.irstea.fr/Presentation/TechniquePorteau3\\_7.pdf](http://porteau.irstea.fr/Presentation/TechniquePorteau3_7.pdf) [consulté le 15/03/2017]
- [14] : <https://www.epa.gov/water-research/epanet> [consulté le 15/03/2017]
- [15] : <http://www.aniref.dz/monographies/tlemcen.pdf> [consulté le 19/02/2017]
- [20] : <https://fr.climate-data.org/location/990323/> [consulté le 17/02/2017]
- [24] : <https://www.ons.dz> [consulté le 02/02/2017]