

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد- تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd- Tlemcen –
Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme de MASTER**

En : **Hydraulique**

Spécialité : Hydro-informatique

Par: **BERREZEL Yacine Abdelbasset**

&

BENABDELKRIM M^{ed} El Amin

Sujet

**Apport des SIG et de la modélisation hydraulique dans la gestion
d'un réseau d'AEP - Cas du GUT**

Soutenu publiquement, le 03 / Juillet/ 2017 , devant le jury composé de :

Mr. ADJIM MOHAMED

Président

Mr. BENTALHA CHAKIB

Examinateur

Mr. BENADDA LOTFI

Examinateur

Mme. BOUKLI HACENE CHERIFA

Encadreur

Mr. ROUSSAT BOUCHERIT

Encadreur

Promotion: 2016 - 2017

REMERCIEMENTS

Nous remercions, en premier lieu, le bon dieu de nous avoir donné la force et le courage de mener ce travail à terme.

On tient à remercier nos parents qui nous ont soutenus et encouragés dans nos vies

Le travail présenté dans ce mémoire a été effectué dans le cadre de la préparation du diplôme du master en Hydraulique

«HYDRO_INFORMATIQUE» à l'Université Abou Bekr Belkaïd – Tlemcen.

Au terme de ce projet, Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et notre immense respect à nos encadreurs Mme *BOUKLI HACEN*

CHERIFA et Mr *ROUISSAT BOUCHERIT* pour leurs disponibilités, leurs avis éclairés, et leurs judicieux conseils.

Nous tenons à remercier Mr *BOUMAZZA Tarik* chef de service planification (SEOR), et tous ses collaboratrices pour leur précieuse aide et soutien

Nous exprimons notre gratitude à Monsieur *M.ADJIM* pour l'honneur qu'il nous fait en présidant notre Jury, ainsi qu'à Monsieur *C.BENTALHA* et Monsieur *L.BENADDA* pour l'honneur qu'ils nous font en participant à notre jury. On les remercie sincèrement et chaleureusement pour le temps qu'ils ont consacré à la lecture et à l'évaluation de notre travail.

Avec beaucoup d'égard, nous ne manquerons pas d'exprimer nos grandes reconnaissances à tous les enseignants et les administrateurs de l'Université

Abou Bekr Belkaïd – Tlemcen.

Résumé : L'exploitant d'un réseau d'alimentation en eau potable (AEP) se trouve généralement confronté à plusieurs difficultés dont la principale est de mal connaître son réseau compte tenu de son étendu et de sa diversité, généralement de multiples tranches de travaux sont réalisées selon des techniques différentes et sur plusieurs années. En outre, parmi les différents problèmes à résoudre quotidiennement, l'exploitant trouve des ruptures et à ce problème s'ajoutent les fuites et les branchements illicites. Avec le progrès des outils informatiques, la modélisation des réseaux est devenue une partie incontournable pour la conception et la gestion des systèmes d'AEP. A cet effet, le présent travail consiste à avoir le réseau d'AEP de la partie Sud du groupement urbain de Tlemcen sous forme d'une base de données de type SIG (ArcGis) et à contribuer à sa gestion à l'aide du modèle de calcul (MIKE URBAN) pour bénéficier d'un environnement de travail performant, ce qui va faciliter l'analyse du réseau d'alimentation de la zone étudiée et nous permettre de proposer des recommandations pour remédier aux problèmes rencontrés dans la gestion de ce dernier.

Mots clés : Modélisation, SIG, Base de données, MIKE URBAN, Réseau d'AEP

Abstract: The manager of a drinking water supply system (DWS) is usually confronted with several difficulties which the main one is to misunderstand his network in view of its extent and its diversity; generally several tranches of work are carried out according to different techniques and over several years. Moreover, among the various issues to be solved daily, the manager faces breaks network in addition to the leaks and the illicit connections. Due to informatics tools progress, network modeling has become an essential part of the design and management of DWS systems. For this purpose, the present work consists in having the DWS network of the Tlemcen urban group southern part in the form of a GIS (ArcGis) database and contributing to its management using the model (MIKE URBAN) in order to benefit from an efficient working environment, which will facilitate the analysis of the DWS network of the study area and allow us to propose recommendations to remedy the problems encountered in the management of this area.

Keywords: Modeling, GIS, Database, MIKE URBAN, DWS Network

ملخص : يقع مسير شبكة الإمداد بالمياه الصالحة للشرب عادة في مواجهة عدة صعوبات و التي أهمها عدم معرفته للشبكة بشكل جيد بأخذ الاعتبار لمداهها و تنوعها , عموما تعدد دفعات الأعمال المنجزة حسب تقنيات مختلفة و على مدى السنوات. علاوة على ذلك، يجد المسير نفسه يوميا في مواجهة العديد من المشاكل مثل التسربات، تمزقات في الشبكة بالإضافة إلى التوصيلات الغير قانونية. مع تقدم أدوات تكنولوجيا المعلومات أصبحت نمذجة الشبكات جزئ أساسي في تصميم و إدارة نظم الإمدادات بالمياه. في هذا الصدد، فإن العمل الحاضر ينص على استلام شبكة المياه الصالحة للشرب للمنطقة الجنوبية من المجمع الحضري لتلمسان في شكل قاعدة بيانات خاصة بنظم المعلومات الجغرافية من نوع Arc Gis) والمساهمة في إدارة الشبكة باستخدام نموذج الحساب (MIKE URBAN) للاستفادة من بيئة عمل فعالة التي بدورها ستسهل تحليل تصرف الشبكة المدروسة و السماح لنا بتقديم نصائح لمعالجة المشاكل التي تم تحديدها خلال النمذجة.

كلمات مفتاحية: نمذجة , نظام المعلومات الجغرافية , قاعدة البيانات , MIKE URBAN, شبكة الإمدادات بالمياه الصالحة للشرب.

SOMMAIRE

Liste des figures	8
Liste des tableaux	11
Liste des abréviations	12
Introduction générale.....	1
Chapitre I : Stockage et distribution des eaux	3
1. Introduction.....	4
2. Réservoirs	4
2.1. Fonctions générales des réservoirs	4
2.2. Caractéristiques Principales D'un Réservoir	5
2.2.1. Classification Des Réservoirs.....	5
2.2.2. Types de réservoirs.....	6
2.2.3. Choix du type de réservoir	8
2.2.4. Emplacement.....	9
2.3. Capacité	10
2.3.1. Généralités.....	10
2.3.2. Volume	11
2.3.3. Charge	12
2.4. Conception des réservoirs.....	13
2.4.1. Généralités.....	13
2.4.2. Forme des réservoirs :	14
2.4.3. Matériaux de construction des réservoirs	14
2.4.4. Conditions d'exploitation	14
2.5. Equipement Des Réservoir	15
2.5.1. Généralités.....	15
2.5.2. Commande à distance des réservoirs	17
2.5.2.1. Equipements de télétransmission.....	17
3. Réseaux d'alimentation en eau potable :.....	18
3.1. Classification des réseaux.....	19
3.1.1. Réseaux Ramifiés	19
3.1.2. Réseaux maillés.....	19
3.1.3. Réseaux étagés	20
3.1.4. Les réseaux distincts.....	21
3.2. Dysfonctionnement des réseaux d'eau et problématique des fuites	21
3.2.1. Généralité	21
3.2.2. Fuites dans les réseaux	21
3.2.3. Opération d'entretien d'un réseau	22
3.3. Gestion des réseaux	22
3.3.1. Gestion classique des réseaux	22

3.3.2.	Gestion informatisée des réseaux	23
3.4	Sectorisation des réseaux.....	23
4.	Conclusion :	25
Chapitre II : Présentation des environnements SIG et des modèles.....		26
1.	Introduction.....	27
2.	Systèmes d'information géographique (SIG).....	27
2.1.	Généralités.....	27
2.2.	Définition d'un SIG.....	27
2.2.1.	L'information géographique.....	29
2.2.2.	Le concept d'un SIG.....	30
2.3.	Composants du SIG.....	30
2.4.	Intérêt des SIG	31
2.5.	Structure et composantes d'un SIG	32
2.6.	Applications d'un SIG :	33
2.7.	Mode de représentation des données géographiques	34
2.7.1.	Mode de représentation raster	35
2.7.2.	Mode de représentation vecteur	35
2.8.	Base de données	36
2.9.	Système de gestion de base de données	36
2.10.	Les modèles des SGBD	37
2.10.1.	Le modèle hiérarchique.....	37
2.10.2.	Le modèle réseau	37
2.10.3.	Le modèle orienté objet	37
2.10.4.	Le modèle relationnel	37
2.11.	DOMAINES D'APPLICATION DES SIG	38
2.11.1.	Pour les grandes échelles	38
2.11.2.	Pour les échelles moyennes et petites	38
2.12.	Saisie de l'information géographique	39
3.	Modélisation des réseaux d'AEP	40
3.1.	Généralités	40
3.2.	La modélisation hydraulique : état de l'art.....	41
3.3.	Types de modélisations	41
3.4.	Intérêts de la modélisation des réseaux d'AEP	42
3.5.	Les différents logiciels de modélisations des réseaux d'AEP existants	43
3.6.	Comparaison des modèles :	53

3.7. Choix du modèle	55
4. Conclusion	55
Chapitre III : Présentation de la zone d'étude et choix du SIG.....	56
1. Introduction :.....	57
2. Présentation du groupement urbain de Tlemcen.....	57
2.1. La zone étudiée	58
2.2. Situation géologique :.....	58
2.3. Cadre démographique.....	59
2.4. Ressources en eaux de la zone d'étude :.....	60
2.4.1. Ouvrages de stockages	61
2.4.2. Pression de service :	61
3. Stage d'étude et données utilisées.....	62
4. SIG utilisé	63
4.1. Passage Mapinfo vers Arcgis	63
4.2. Import des couches :	65
4.3. Calage de la carte:.....	67
5. Conclusion	69
Chapitre IV: Modélisation du réseau	70
1. Introduction.....	71
2. Modèle utilisé.....	71
3. Etapes de simulation Mike Urban.....	72
3.1. Création de projet :	72
3.2. Import de base de données.....	74
3.3. Affectation de la consommation :.....	79
3.3.1. Calcul de population :	79
3.3.2. Calcul du débit moyen :	79
3.3.3. Profil journalier :	81
3.3.4. Calendrier journalier	83
3.3.5. Profil cyclique :	84
3.3.6. Définition de la demande sur le réseau :	85
3.4. Simulation du fonctionnement du réseau :	86
3.5. Analyse des résultats:	87
4. Modifications apportées :.....	91
4.1. Modifications apportées à la zone de BIROUANA	91

4.2. Modifications apportées à la zone de SIDI BOUMEDIEN.....	95
5. Sectorisation.....	99
5.1. Etape de la sectorisation :	99
5.1.1. Phase 1 : Collecte de donnée et cartographie	99
5.1.2. Phase 2 : Découpage en secteur	102
6. Quelques propositions :.....	103
7. Conclusion	105
Conclusion générale	106
Références bibliographiques	108

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : Types de réservoirs surélevés.	6
Figure I.2 : Utilisation d'un réservoir élevé	7
Figure I.3 : Emplacement du réservoir.	9
Figure I.4: Chambre de manœuvre d'un réservoir	15
Figure I.5 : Schéma d'alimentation en eau potable	18
Figure I.6: Réseaux ramifiés	19
Figure I.7 : Réseaux maillés	20
Figure I.8 : Réseaux étagés	20
Figure II.1 : Structure d'un Système d'Information Géographique	28
Figure II.2 : Spectre des constituants et de l'action du SIG	29
Figure II.3 : Fonctions métiers d'un SIG	30
Figure II.4: Composants d'un SIG	31
Figure II.5 : Les composantes informatiques d'un SIG	33
Figure II.6 : Sorties d'un SIG (la carte et son utilisation)	34
Figure II.7 : Modèle de représentation des données géographiques	34
Figure II.8 : Domaines d'applications des SIG	39
Figure II.9 : Acquisition de l'information géographique	39
Figure II.10 : Vue schéma d'un réseau de distribution (paramétrage des couleurs en fonction de la pression calculée par Opointe)	44
Figure II.11 : L'environnement de travail de base d'EPANET	45
Figure II.12: interface du logiciel WATERCAD avec schéma d'un réseau d'AEP.....	49
Figure II.13 : Architecture modulaire de MIKE URBAN	51
Figure II.14 : Interface de MIKE URBAN	52
Figure II.15 Utiliser un MNT chargé dans MIKE URBAN pour attribuer des côtes de terrain naturel aux nœuds.....	52
Figure II.16 : Réglage pour lancement de simulation	53
Figure III.1 : Situation géographique de la zone d'étude.....	58
Figure III.2 : Conversion des couches sur MapInfo.....	64
Figure III.3 : Comparaison entre MapInfo et ArcGis selon leurs bases de données.....	64
Figure III.4 : L'ajout de données sur Arcmap.....	65
Figure III.5 : Réseau affiché sur Arcmap.....	66

Figure III.6: La ville de Tlemcen affichée en Google earth.....	66
Figure III.7: Spécification du système de coordonnées	67
Figure III.8 : Localisation d'un réservoir sur le fond de plan et sur l'image satellitaire.....	68
Figure III.9 : Superposition du réseau et l'image satellitaire après calage.....	69
Figure IV.1 : Schéma indiquant la méthodologie d'analyse hydraulique utilisée par Mike Urban.....	71
Figure IV.2 : Création d'un projet sous Mike Urban	72
Ensuite, il faut choisir l'emplacement du projet grâce à l'explorateur, puis de spécifier le nom du nouveau projet et le système d'unité. On a choisi le SI-m3_par_heure.....	72
Figure IV.3 : Spécification du système de coordonnées	73
Figure IV.4 : Import des données du réseau d'AEP de Tlemcen sous forme shape.(shp).....	74
Figure VI.5: Import de la couche 'conduite'	76
Figure IV.6 : Spécification de la couche 'conduite'	76
Figure IV.7 : Import et spécification de la couche 'nœud'	77
Figure IV.8 : Import et spécification de la couche 'réservoir'	77
Figure IV.9 : Réseau affiché en Mike Urban.	78
Figure IV.10 : Réseau affiché en Mike Urban avec import d'une couche 'Carte Tlemcen.	78
Figure IV.11 : Création d'un profil journalier.	81
Figure IV.12 : La courbe du profil journalier.....	82
Figure IV.13 : Calendriers.....	83
Figure IV.14: Profil cyclique	84
Figure IV.15 : Distribution globale de la demande sur le réseau	85
Figure IV.16 : Editeur des « Consommations multiples »	86
Figure IV.17 : Simulation réussie	86
Figure IV.18: Résultats Epanet	87
Figure IV.19 : La répartition des pressions aux nœuds.....	88
Figure IV.20: Hauteurs d'eau au nœud 'N202'	90
Figure IV.21 : Courbe série temporelle (variation de pression).....	90
Figure IV.22 : Modifications apportées à la zone de BIROUANA	92
Figure IV.23 : Editeur des Vannes	93
Figure IV.24 : Hauteurs d'eau au nœud 'N202' après modifications	94
Figure IV.25 : Courbe série temporelle.....	94
Figure IV.26 : SIDI BOUMEDIEN après modifications	95
Figure IV.27 : SIDI BOUMEDIEN avant modifications.....	95

Figure IV.28 : Modifications apportées quartier de Sidi Boumediene.	96
Figure IV.29 : Résultats simulation après modifications	97
Figure IV.30: Profil en long sur carte : de la tête aval jusqu'à réservoir Sidichaker.....	98
Figure IV.31: Affichage des résultats dans le profil en long.....	98
Figure IV.32: Plan du réseau et situation des réservoirs	100
Figure IV.33 : Plan du réseau d'AEP de la partie Sud du GUT.....	100
Figure IV.34 : Plan détaillé de la triangulation et de la codification des vannes	101
Figures IV.35 : Exemple de détails de la chambre de vannes des réservoirs de Sidi Tahar ..	101
Figure IV.36 : Répartition des altitudes des réservoirs	102
Figure IV.37: Secteur de distribution du réseau.....	103
Figure IV.38: Chambre de sectorisation	104
Figure IV.39: Data logger	104

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 : Fonctions d'un réservoir	5
Tableau I.2 : Quelques possibilités de classifications des réservoirs	5
Tableau I.3 : Critères de choix des différents types de réservoirs.....	8
Tableau I.4 : Équipements susceptibles d'être installés dans un réservoir	16
TABLEAU II.1 : Comparaison des modèles	54
Tableau III.1: taux de populations de la zone étudiier	59
Tableau III.2 : Taux de population de la zone étudiée	60
Tableau III.3 : Ouvrages de stockage de la zone étudiée	61
Tableau IV.1 : Evolution de la population	79
Tableau IV.2 : Débit de chaque quartier.	80
Tableau IV.3 : La variation de la consommation au cours de la journée.....	81
Tableau IV.4 : caractéristiques du brise charge Briouna.....	91
Tableau IV.5 : caractéristiques des nœuds limitant la vanne (V1).....	91
Tableau IV.6 : caractéristiques des nœuds limitant la vanne (V2).....	91
Tableau IV.7 : caractéristiques du brise charge Sidi Boumediene.....	96
Tableau IV.8 : caractéristiques des nœuds limitant la vanne	96
Tableau IV.9: Secteurs de distribution du réseau.....	102

LISTE DES ABREVIATIONS

- AEP : Alimentation en eau potable.
- SIG : Système d'information géographique.
- GUT : Groupement urbain de Tlemcen.
- ONS : Office national des statistiques.
- UTM : projection transversale universelle de Mercator.
- WGS : système géodésique mondial, révision de 1984.
- DRE : Direction des ressources en eau.
- SEOR : Société de l'eau et de l'assainissement d'ORAN.
- P_n : Population à l'horizon considéré.
- P_0 : Population de base.
- n : Intervalle des années considérées.
- α : Taux d'accroissement moyen de la population.
- Q_m : Débit moyen

Introduction générale

Introduction générale

L'Algérie parmi les pays qui se situent en dessous du seuil de pénurie de la disponibilité en eau, fixée internationalement à 1000 m³/an/habitant. La disponibilité de l'eau est en effet actuellement, avec une population de plus de 30 millions d'habitants, de 383 m³/an/habitant et passera en 2020 avec une population de 44 millions d'habitants environ, à 261 m³/an/habitant, pour ce qui concerne les ressources mobilisables [1].

A présent, les taux de raccordement des populations à des systèmes d'alimentation en eau potable sont de 93% à l'échelle nationale, et qui sont très élevés dans les agglomérations et un peu plus faibles dans les zones rurales. Mais la régularité et la continuité de la distribution ne sont atteintes que dans un nombre restreint des agglomérations. Et dans bien des cas, on ne peut pas accuser l'insuffisance de ressources disponibles. Une partie seulement de l'eau potable produite est réellement distribuée aux usagers en raison des fuites dans les réseaux : les taux de pertes sont très importants, atteignant dans certains cas 50%. [2]

L'état défectueux des réseaux explique principalement cette problématique de fuites. Les actions qui permettent d'assurer la continuité et la qualité du service public sont ; la réparation des réseaux, la réduction des fuites et des gaspillages. Pour atteindre ces objectifs il est nécessaire de faire un diagnostic. Aussi, faire des investigations précises dans le système de distribution pour prétendre à une gestion performante en termes de technicité et de planification.

L'amélioration de la qualité de service rendu aux abonnés, la collecte et le rassemblement des informations liés à la localisation géographique du réseau de distribution sur un même support informatique devient alors nécessaire rendu possible grâce aux systèmes d'information géographique.

La modélisation des réseaux d'alimentation en eau est devenue, une partie incontournable pour la conception et la gestion des systèmes d'alimentation en eau. Conjugués aux SIG, ces modèles sont capables de simuler les besoins actuels et futurs en facilitant la gestion et les extensions des infrastructures hydriques et en minimisant le gaspillage et les abus.

Notre travail a pour objectif de faire un diagnostic du réseau d'AEP de la zone Sud du GUT et de contribuer à gérer cette partie du réseau en se basant sur le SIG ArcGis et le modèle Mike Urban.

Ce mémoire est organisé en 4 chapitres, il s'articule comme suit :

Le chapitre 1 : une étude bibliographique qui présente les différentes caractéristiques des ouvrages de stockages ainsi que les réseaux d'AEP.

Le chapitre 2 : Une présentation des environnements SIG et différents modèles utilisés.

Le chapitre 3 : Une présentation de la zone d'étude, des capacités de stockages de la zone, et les données sous SIG du réseau étudié.

Le chapitre 4 : Etude du réseau, propositions de quelques recommandations pour remédier aux problèmes constatés lors du diagnostic.

Et on a finis par une conclusion qui synthétise le travail réalisé.

Chapitre I :

Stockage et distribution des
eaux

1. Introduction

L'exploitation d'un réseau d'eau potable est très importante et consiste à maintenir la qualité de l'eau distribuée, entretenir les installations existantes ainsi que l'entretien des installations d'adduction et de distribution d'eau potable. Dans ce chapitre, on va présenter les fonctions générales et les caractéristiques des ouvrages de stockage. Ensuite, on va définir les réseaux d'AEP, leurs caractéristiques et les méthodes de gestions de ces derniers.

2. Réservoirs

2.1. Fonctions générales des réservoirs

Un réseau de distribution comprend habituellement plusieurs réservoirs, y compris le réservoir situé à la station de purification, réservoirs qui ont pour fonction :

- D'assurer un fonctionnement uniforme et constant de la station grâce à un approvisionnement constant en eau brute : en période de forte demande, l'excédent de la demande par rapport à la capacité de production de la station est comblé par la quantité d'eau traitée fournie par les réservoirs ;
- De fournir au moins une partie de quantités d'eau nécessaires en cas d'incendie ;
- D'assurer les besoins en eau, du moins en partie en cas de panne à la station, de panne d'électricité ou de bris de conduites principales ou secondaires ;
- De réduire les variations de pression dans le réseau par la multiplication des sources d'alimentation durant la période de forte demande ; en période de faible demande, les réservoirs se remplissent [3].

Les fonctions générales assurées par les réservoirs d'eau potable sont multiples et de nature à la fois technique et économique. Ces fonctions sont résumées par le tableau I.1

Tableau I.1 : Fonctions d'un réservoir [4].

Fonctions techniques	Fonctions économiques
<ul style="list-style-type: none"> - Régulation du débit - Sécurité d'approvisionnement - Régulation de la pression - Simplification de l'exploitation - Réacteur participant au traitement 	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction des investissements sur les ouvrages de production - Réduction des investissements sur le réseau de distribution - Réduction des dépenses d'énergie

D'autre part, un réservoir constitue une assurance contre les indisponibilités de courte durée des ouvrages amont. Il permet en particulier l'alimentation des consommateurs pendant une panne de courant électrique, une réparation de la conduite d'adduction, etc. Toutefois ces perturbations prévisibles ou non se traduiront par une modification des consignes d'exploitation des ouvrages alimentant le réservoir. [5]

2.2. Caractéristiques Principales D'un Réservoir

2.2.1. Classification Des Réservoirs

Les réservoirs peuvent être classés de différentes façons selon le critère retenu. Le tableau I.2 fournit quelques possibilités de classifications. [4]

Tableau I.2 : Quelques possibilités de classifications des réservoirs [4]

Situation par rapport à la distribution	Disposition par rapport au sol	Rôle joué	Pression d'air au-dessus du plan d'eau	Matériaux de construction utilisés
- Réservoir en charge sur le réseau	- Souterrain - Semi-enterré	- Réservoir principal	- Pression atmosphérique	- Maçonnerie - Béton armé ou précontraint
- Réservoir nécessitant une surpression	- Au sol - Surélevé (sur tour)	- Réservoir d'équilibre disposé sur le réseau	- Contre-pression	- Acier

2.2.2. Types de réservoirs

Les réservoirs peuvent être soit enterrés, soit semi-enterrés, soit surélevés (sur tour). Le premier type est beaucoup plus satisfaisant du point de vue esthétique. Le deuxième est le plus économique. Les réservoirs surélevés sont le seul mode de construction possible en plaine ; mais ce sont en revanche les plus inesthétiques. La figure I.1 ci-contre montre quelques types de réservoirs surélevés [5].

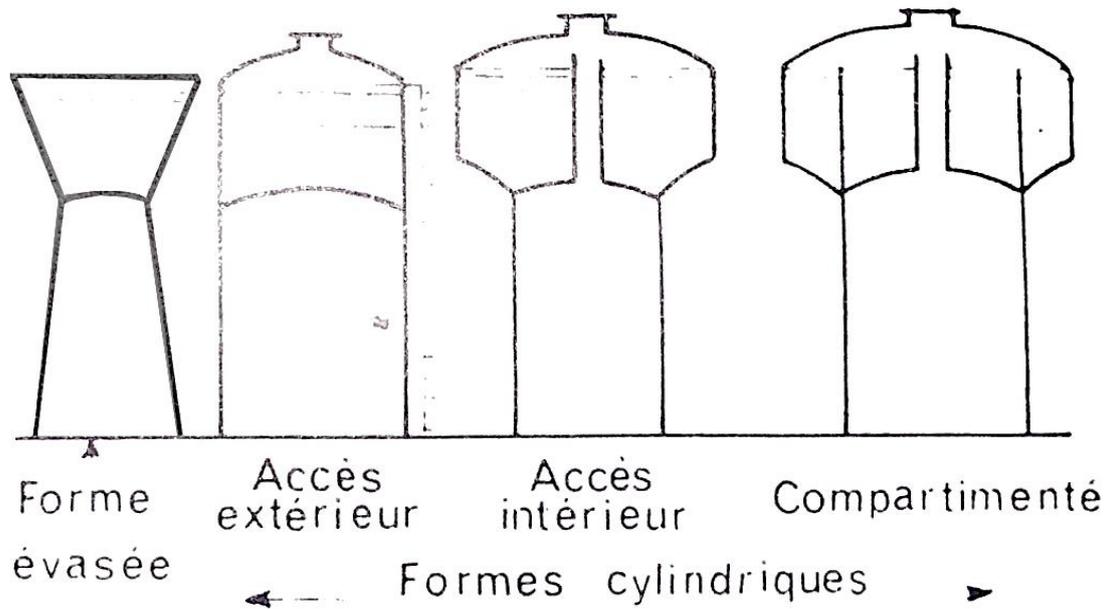


Figure I.1 : Types de réservoirs surélevés. [5]

En général, on considère qu'il existe deux catégories de réservoirs : les réservoirs élevés (châteaux d'eau) et les réservoirs de surface (réservoirs construits au niveau du sol). De nos jours, les avis sont partagés en ce qui concerne l'utilisation des réservoirs élevés. [3]

2.2.2.1. Réservoirs élevés (châteaux d'eau) :

On construit de tels réservoirs à flanc de montage ou sur une structure spécialement conçue pour qu'ils demeurent en hauteur figure I.2. L'eau, qui doit normalement y être envoyée par les pompes des postes de surpression au cours des périodes de faible consommation, s'écoule par gravité pendant les périodes de fortes demandes. Souvent, c'est par la même conduite que l'eau pénètre dans les réservoirs élevés et qu'elle en ressort, comme le montre la figure I.2 [3].

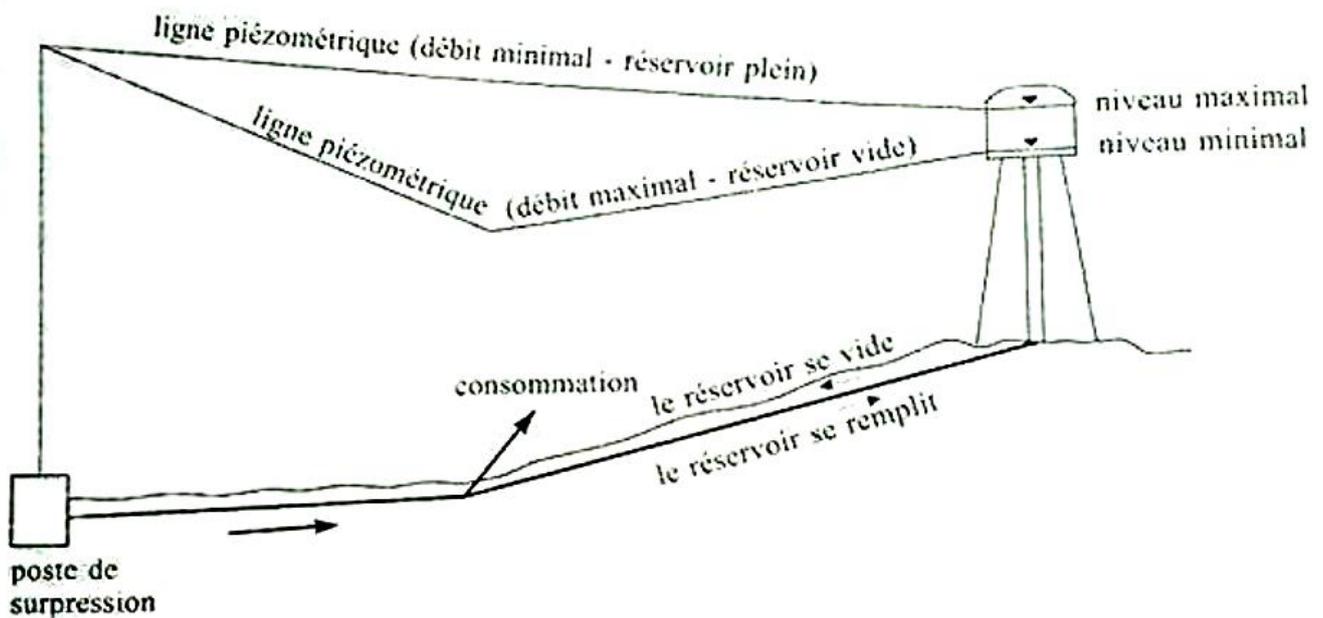


Figure I.2 : Utilisation d'un réservoir élevé : débit de la consommation maximale et de la consommation minimale [3].

2.2.2.2. Réservoirs de surface :

Les réservoirs d'eau peuvent également être emmagasinés dans des réservoirs installés au niveau du sol, ces réservoirs étant construits soit légèrement au-dessus de la surface, soit totalement en dessous. Des postes de surpression en tirent l'eau de la distribuent sous pressions dans le réseau. Les avantages des réservoirs de surface sont les suivants :

- Les coûts de construction et d'exploitation sont inférieurs à ceux relatifs aux réservoirs élevés ;
- La qualité de l'eau y supérieure, puisqu'il y a moins de risques que celle-ci séjourne dans le réservoir durant de longues périodes ;
- Les pressions de l'eau qui en est puisée dépendent des pompes choisies et non du niveau de l'eau dans les réservoirs ;
- Sur le plan esthétique, l'intégration des réservoirs au milieu est facile ;
- Les sites des réservoirs sont faciles à déterminer ;
- On choisit les dimensions et les volumes qu'on veut pour les réservoirs, puisqu'on n'est pas tenu de recourir à des réservoirs existant sur le marché. [3]

2.2.3. Choix du type de réservoir

De multiples facteurs interviennent dans la détermination du type de réservoir: Conditions topographiques de la région à desservir, Conditions hydrauliques de 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. [4]

Tableau I.3 : Critères de choix des différents types de réservoirs. [4]

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
* Economie				
- Investissement	+++	+	++	++
- Fonctionnement	+++	+++	++	+
* Sécurité d'approvisionnement	+++	+++	++	+
*Facilité d'exploitation	+++	++	+	+
* Possibilité d'adaptation au réseau	+	+	+++	+++
*Inscription dans le site	+++	+	++	+++
+++ Solution favorable				
++ Solution moyennement favorable				
+ Solution peu favorable				

2.2.4. Emplacement

Pour de multiples raisons, il y a tout intérêt, au strict point de vue de la distribution, à ce que le réservoir se (Figure I.3) 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. [4]

Soit au centre de l'agglomération (château d'eau) pour réduire les pertes de charge et par conséquent les diamètres. Soit en altitude en réduisant le diamètre. La perte de charge est compensée alors par une pression plus grande. L'altitude du réservoir, plus précisément du radier doit se situer à un niveau supérieur à la plus haute cote piézométrique exigée sur le réseau. Il faut donc évaluer la perte de charge entre le réservoir et le point de plus haute cote piézométrique à desservir. On obtient ainsi approximativement l'altitude du radier. La topographie intervient et a une place prépondérante dans le choix de l'emplacement, de même que la géologie. Il ne faut pas oublier les extensions futures. [6]

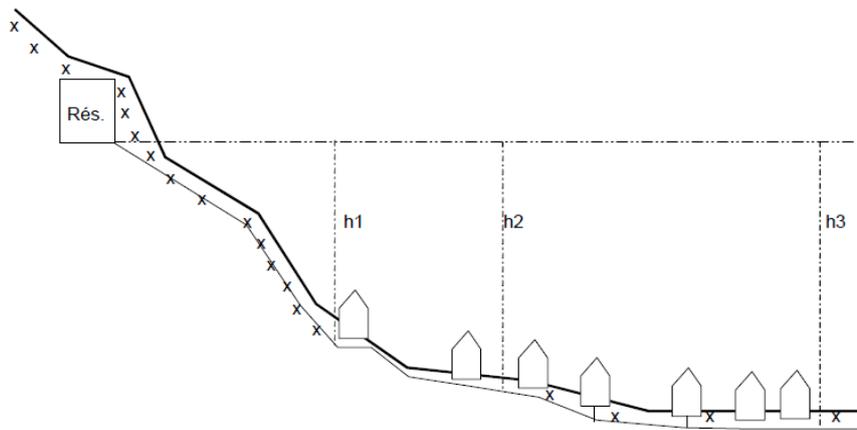


Figure I.3 : Emplacement du réservoir. [6]

Lorsque l'agglomération à desservir est implantée en plaine, la localisation du réservoir est très libre. Celui-ci doit d'ailleurs nécessairement être surélevé, ce qui influe sur son mode de construction. [6]

2.2.4.1. Alimentation permanente

Si l'alimentation du réservoir est effectuée nuit et jour (soit par gravité depuis un relief éloigné, soit par pompage permanent) on a intérêt à placer le réservoir le plus près possible des utilisateurs. En effet, on diminue ainsi la longueur des canalisations qui doivent transiter le débit de pointe, lequel occasionne à section égale des pertes de charge dix fois supérieures au débit moyen. [5]

2.2.4.2. Alimentation nocturne

Si l'alimentation est effectuée par pompage nocturne seulement (8 heures par nuit) les débits servant de base au calcul des pertes de charge sont du même ordre de grandeur ; néanmoins en plaçant le réservoir à proximité des consommateurs, on diminue sa hauteur. Dans le même esprit, si l'agglomération est étendue (urbanisation le long d'une voie principale par exemple) on a intérêt toujours pour diminuer la hauteur du réservoir, à le situer vers le milieu de l'agglomération, et donc la capacité du réservoir, le justifient, disposer deux réservoirs de capacités sensiblement égales aux deux réservoirs de capacités sensiblement égales, aux deux extrémités de l'agglomération. [5]

2.3. Capacité

2.3.1. Généralités

La capacité d'un réservoir doit être estimée en tenant compte des variations de débit à l'entrée comme à la sortie, c'est-à-dire d'une part du mode d'exploitation des ouvrages situés en amont, et d'autre part de la variabilité de la demande. [5]

2.3.1.1. Besoins en eau

Ils varient suivant le type de localités. Ces éléments à rechercher sont:

- besoins publics,
- exploitations agricoles,
- besoins des végétaux,

- alimentation humaine,
- autres besoins.

Les besoins varient de 200 l/hab/j à 500 l/hab/j jusqu'à 750 l/hab/j ou 1000 l/hab/j. Il faudra tenir également compte des fontaines et de la réserve incendie. [6]

2.3.1.2. Variation de la consommation journalière

On observe dans toutes les agglomérations :

- des variations journalières (horaires), débits de pointe,
- des variations hebdomadaires,
- des variations saisonnières,
- des débits extrêmes. [6]

2.3.2. Volume

Le volume total des réserves nécessaires sur un réseau de distribution est déterminé à partir des fonctions de régulation et de sécurité d'approvisionnement indiquées précédemment et comprend trois parties [4]:

Une 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'évolution en fonction du temps :

De la courbe de la consommation journalière cumulée telle qu'elle résulte des conditions actuelles et de prévisions sur son évolution, ou par toutes autres considérations (éléments statistiques,...)

De la courbe de production journalière cumulée telle qu'elle résulte des conditions de production (débit constant ou variable suivant la nature de la ressource et de ses conditions d'exploitation).

Ce volume destiné à assurer la régulation entre la production et la demande est uniquement fonction des caractéristiques de la modulation journalière de la demande et de la production. Exprimé en pourcentage de la consommation journalière maximale de pointe, ce volume représente habituellement entre 15 et 30 % de cette consommation, ceci dans l'éventualité

Chapitre I : Stockage et distribution des eaux

d'un débit constant de la production, ce qui est généralement le cas le jour de pointe. Ce pourcentage varie en fonction de la taille, du type résidentiel ou pas de l'agglomération, de son activité. [4]

Le réservoir doit pouvoir emmagasiner, d'une part ce qui arrive en trop et d'autre part, le cube destiné à être distribué. Donc le volume théorique pour la répartition ci-dessus serait de $V = 10a$.

On recommande en outre d'emmagasiner un certain volume d'eau, souvent appelé réserve d'urgence, R_{Urg} pour pouvoir satisfaire à la demande en cas d'évènements exceptionnels et imprévisibles, comme le bris de conduites principales ou de pompes.

La réserve d'urgence, qui normalement est répartie dans les divers réservoirs de la municipalité, doit être suffisante pour satisfaire à la consommation journalière moyenne pendant une période oscillant entre 2 et 14 selon l'importance du réseau. [3]

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. [4]

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. [4]

En général, on prévoit combattre un seul incendie majeur (ou plusieurs incendies qui requièrent les mêmes débits et volumes d'eau totaux) devant se produire au moment où la municipalité doit satisfaire à la demande de la consommation journalière maximale, et non à celle de la consommation horaire maximale. [3]

2.3.3. Charge

La hauteur d'eau utile est limitée le plus souvent entre 3 et 6 mètres ; l'optimum, pour les agglomérations d'importance petite ou moyenne. Se situe le plus souvent vers 4 à 5 mètres. Pour les réservoirs de grande capacité (villes importantes) la hauteur d'eau peut atteindre 7 à 10 mètres. [5]

Chapitre I : Stockage et distribution des eaux

La charge, ou altitude, du réservoir nécessaire pour assurer la distribution, est fournie par le calcul du réseau de distribution. [4]

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.

Certaines difficultés de fonctionnement peuvent être résolues par des modifications de maillage ou par l'installation de systèmes d'équipements de régulation (centre de contrôle, vanne(s) de régulation sur l'alimentation, programmeur de niveau...) sur les réservoirs. [4]

2.4. Conception des réservoirs

2.4.1. Généralités

Les réservoirs doivent impérativement maintenir l'eau à l'abri des risques de contamination, et, autant que possible, des fortes variations de température. [5]

Les réservoirs sont des ouvrages dont la durée de vie est généralement longue (au minimum 50 ans).

Les problèmes d'exploitation ou d'entretien pouvant concerner les réservoirs trouvent le plus souvent leur origine dans des insuffisances au niveau de la conception. L'ensemble de ces raisons montre l'importance qu'il convient d'accorder à la phase conception de l'ouvrage.

Un ouvrage bien conçu sera facile d'exploitation et requerra des travaux d'entretien facilités ou réduits.

La conception des réservoirs doit tenir compte des deux impératifs essentiels suivants :
Conserver la qualité de l'eau qui y est stockée.

Faciliter les conditions d'exploitation et d'entretien. [4]

2.4.2. Forme des réservoirs :

En règle générale, les réservoirs sont rectangulaires ou polygonaux (si l'ouvrage doit être adapté à la forme de la parcelle ou aux conditions du terrain).

Ces formes permettent une construction statique sans surprises et adaptable, une exécution solide ainsi que des agrandissements ultérieurs sans difficultés majeures.

Des grands réservoirs circulaires peuvent être réalisés en béton précontraint. Dans la plupart des cas, on ne réalise pas d'économies substantielles par rapport aux réservoirs rectangulaires.

Les avantages sont une bonne stabilité des talus d'excavation et un moindre risque de fissuration. Ce type d'exécution ne convient pas dans un terrain en pente soumis à des sollicitations dissymétriques. [6]

La section en plan de réservoirs est le plus souvent circulaire (Impérativement pour les réservoirs surélevés) et parfois rectangulaire.

Dans certains cas il peut être intéressant de partager la capacité entre deux demi-réservoirs, ce qui permet d'assurer encore la distribution pendant le nettoyage. On peut alors construire une cloison intermédiaire, soit au milieu d'un réservoir rectangulaire, soit entre deux réservoirs circulaires accolés par une corde commune : pour les réservoirs surélevés, on peut même utiliser une séparation concentrique. [5]

2.4.3. Matériaux de construction des réservoirs

Les matériaux utilisés pour la construction des réservoirs sont soit le métal, rivé ou soudé (principalement pour les réservoirs industriels), La maçonnerie avec enduit intérieur de ciment étanche, et maintenant surtout le béton armé, précontraint ou non, également enduit. Les réservoirs surélevés sont en béton armé ou parfois (industrie) en acier soudé. [5]

2.4.4. Conditions d'exploitation

Un soin particulier doit être apporté au dimensionnement et à la réalisation des ouvrages et équipement destinés à permettre toutes commodités à l'exploitation et à l'entretien de l'ouvrage.

Les conditions de nettoyage notamment doivent être étudiées en détail au moment de la conception et des équipements spécifiques doivent être prévus plus spécialement pour les réservoirs de grande hauteur d'eau et/ou de grande capacité, les réservoirs surélevés, les réservoirs de forme conique ou sphérique. [4]

Chaque fois que cela est possible, le réservoir comportera deux cuves totalement distinctes et séparées permettant des interventions éventuelles (nettoyage, entretien) sur l'une des cuves, l'autre maintenant les fonctions jouées par le réservoir.

Les ouvrages doivent comporter des trappes de visite pour le personnel et de larges trappes d'accès pour le matériel, et en tant que de besoin, des escaliers et passerelles de service. [4]

2.5. Equipements Des Réservoirs

2.5.1. Généralités

L'équipement des réservoirs, et en particulier leur fontainerie, disposé avantageusement dans une chambre de manœuvre accolée au réservoir (Figure I.4) doit leur permettre de remplir les diverses fonctions que l'on attend d'eux : réception de l'adduction et départ de l'eau vers la distribution (Fonctions parfois confondues), trop-plein, vidange, by-pass permettant le nettoyage, matérialisation de la réserve d'incendie. [5]

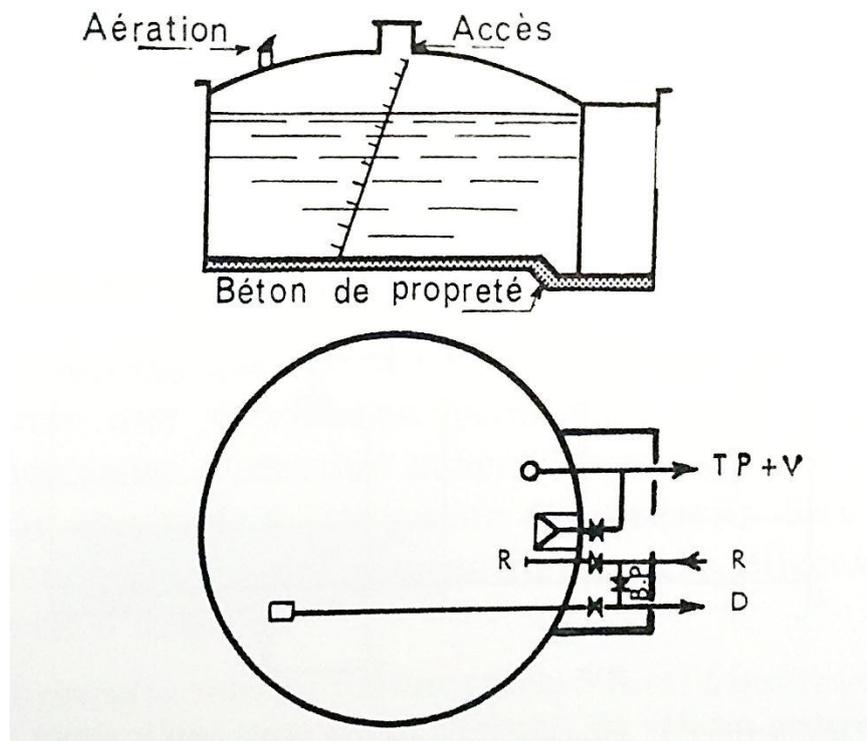


Figure I.4: Chambre de manœuvre d'un réservoir [5]

Chapitre I : Stockage et distribution des eaux

Le tableau I.4 fournit une liste des équipements susceptibles d'être installés dans un réservoir

Une attention particulière sera accordée pour les équipements :

- Au choix des matériaux des équipements vis-à-vis de la corrosion induite par l'eau et l'humidité en général, l'atmosphère chlorée dans les cuves en particulier,
- Aux problèmes de protection de la qualité de l'eau. [4]

Tableau I.4 : Équipements susceptibles d'être installés dans un réservoir [4]

Fonction	Equipements
Hydraulique	<ul style="list-style-type: none">- Vannes diverse- Clapet- Equipement de trop-plein- Vidange- Siphons pour réserve incendie- Canalisations de liaison- Compteur- Clapet à rentrer d'air- Purgeur d'air
Exploitation	<ul style="list-style-type: none">- Niveau- Débit- Equipements de télétransmission- Télécommande- Poste de livraison électrique
Entretien	<ul style="list-style-type: none">- Appareils de manutention- Joints de montage- Eclairage- Trappes de visite pour le personnel et le matériel
Nettoyage	<ul style="list-style-type: none">- Trappes de visite pour le personnel et le matériel- Equipements spéciaux pour le nettoyage- Pompe d'alimentation en eau
Qualité de l'eau	<ul style="list-style-type: none">- Equipements ou dispositions pour le renouvellement de l'eau- Equipements ou dispositions pour le renouvellement de l'air

	<ul style="list-style-type: none">- Robinets de prélèvement- Equipements de désinfection, analyseurs- Dispositifs de protection contre les actes de malveillance et les intrusions
Sécurité lors des interventions	<ul style="list-style-type: none">- Passerelle- Echelle à crinoline- Garde-corps- Ancrages pour harnais de sécurité- Eclairage
Divers	<ul style="list-style-type: none">- Suivant les réservoirs : compresseur d'air, protection thermique des équipements, alarmes diverses

2.5.2. Commande à distance des réservoirs

L'installation de commande à distance est un réseau de dispositifs d'information, de traitement et de commande qui transmet à une centrale toute les données concernant le réseau. Ces données sont ensuite traitées puis dirigées vers les différents organes sous forme d'ordres. La commande à distance dans l'adduction d'eau comporte en général deux techniques: La mesure à distance (recherche, transmission, enregistrement, stockage des données de mesure, niveaux d'eau, qualité des eaux, état de fonctionnement...). La commande à distance (traitement des valeurs mesurés, transformation en ordres de commande, transmission à distance ET surveillance des ordres...). [6]

2.5.2.1. Equipements de télétransmission

Pour la plupart, les réservoirs disposent d'un système de télétransmissions en liaison avec un poste de contrôle ou d'alarme. Suivant l'importance de l'ouvrage, ce système fonctionne en continu ou discontinu (sur appel) et comporte un plus ou moins grand nombre de paramètres :

- Télésignalisation : position des vannes,
- Télémessures : niveau, débit, paramètres de qualité de l'eau.

- Téléalarmes : niveau(x), débit(s), intrusion, défaut alimentation en énergie,
- Télécommandes : vannes d'entrée et sortie, vanne de vidange,
- Liaison phonique [4]

3. Réseaux d'alimentation en eau potable :

Un réseau d'AEP a pour fonction principale de desservir en eau potable un ensemble de points tels que : Compteurs d'abonnés, Bouches de lavage, Poteaux d'incendie [7].

Les réseaux d'eau sont formés d'ensemble d'infrastructures qui doivent véhiculer jusqu'aux points prévus une eau de bonne qualité, en quantité suffisante et avec le moins de défaillance possible. Cette eau doit être propre à la consommation, exempte de matière nocives et de microbes dangereux, et conserver impérativement ses qualités jusqu'aux points de consommation, qui sont les habitations et les fontaines et bâtiments publics [8].

Un réseau d'eau potable est un ensemble de conduites et d'équipements organisés pour permettre la circulation et la distribution de l'eau potable vers la population d'une collectivité ou de plusieurs collectivités (Fig.1.5). [28]

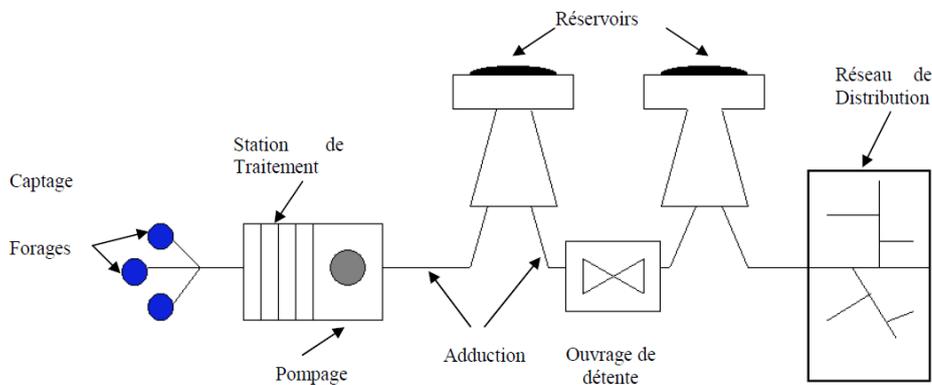


Figure I.5 : Schéma d'alimentation en eau potable [7]

L'exploitation d'un réseau d'eau potable est très importante et consiste essentiellement en deux aspects :

- Entretien des installations existantes et maintien de la qualité de l'eau distribuée aux abonnés ;
- Entretien des installations d'adduction et de distribution d'eau potable [28].

3.1. Classification des réseaux

Les réseaux peuvent être classés comme suit :

- Réseaux ramifiés ;
- Réseaux maillés;
- Réseaux étagés;
- Réseaux à double alimentation

3.1.1. Réseaux Ramifiés

Ils sont appelés ramifiés (Figure I.6) car ils possèdent topologiquement une structure d'arbre. Pour ce type de réseau, à partir d'une conduite centrale, on met en relation plusieurs canalisations secondaires, tertiaires, ... etc. jusqu'à chaque compteur individuel. Un tel système présente un grave défaut ; dans une conduite donnée, l'eau circule toujours dans le même sens. Donc, une panne dans la conduite entraîne la perte de service pour tous les usagers situés en aval. [14]

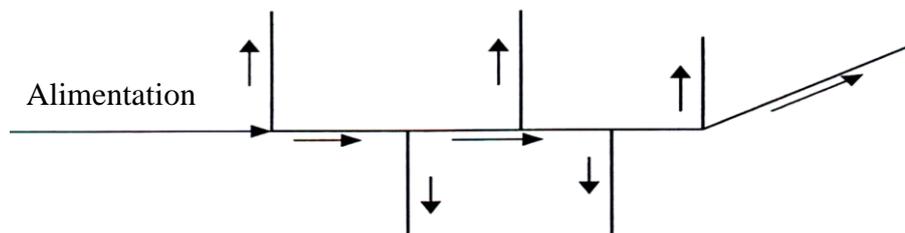


Figure I.6: Réseaux ramifiés [3]

3.1.2. Réseaux maillés

Ce type de réseau (Figure I.7) est constitué de boucles. Le sens de l'écoulement varie fréquemment selon la demande de certaines conduites. En effet, le nombre d'abonnés non desservis en cas de panne ou de réparation est réduit au maximum puisque l'eau peut atteindre un même point par plusieurs chemins. L'autre intérêt est que la vitesse d'écoulement de l'eau est rarement nulle, ce qui offre l'avantage de maintenir la bonne qualité de l'eau distribuée. [27]

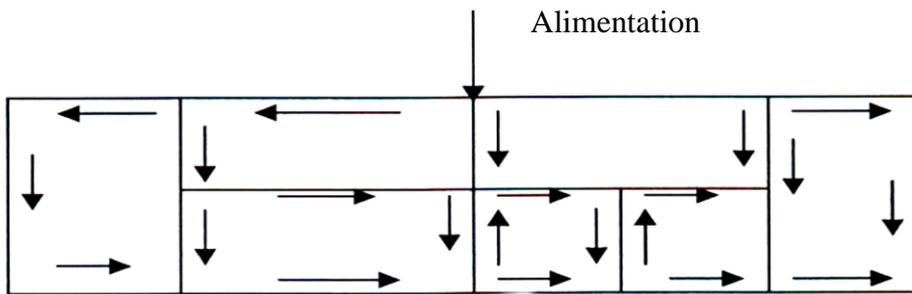


Figure I.7 : Réseaux maillés [3]

3.1.3. Réseaux étagés

Il est toujours possible dans des cas particuliers et en tenant compte de la topographie de terrain de constituer des réseaux indépendants avec une pression limitée aux environs de 40m d'eau. [14]

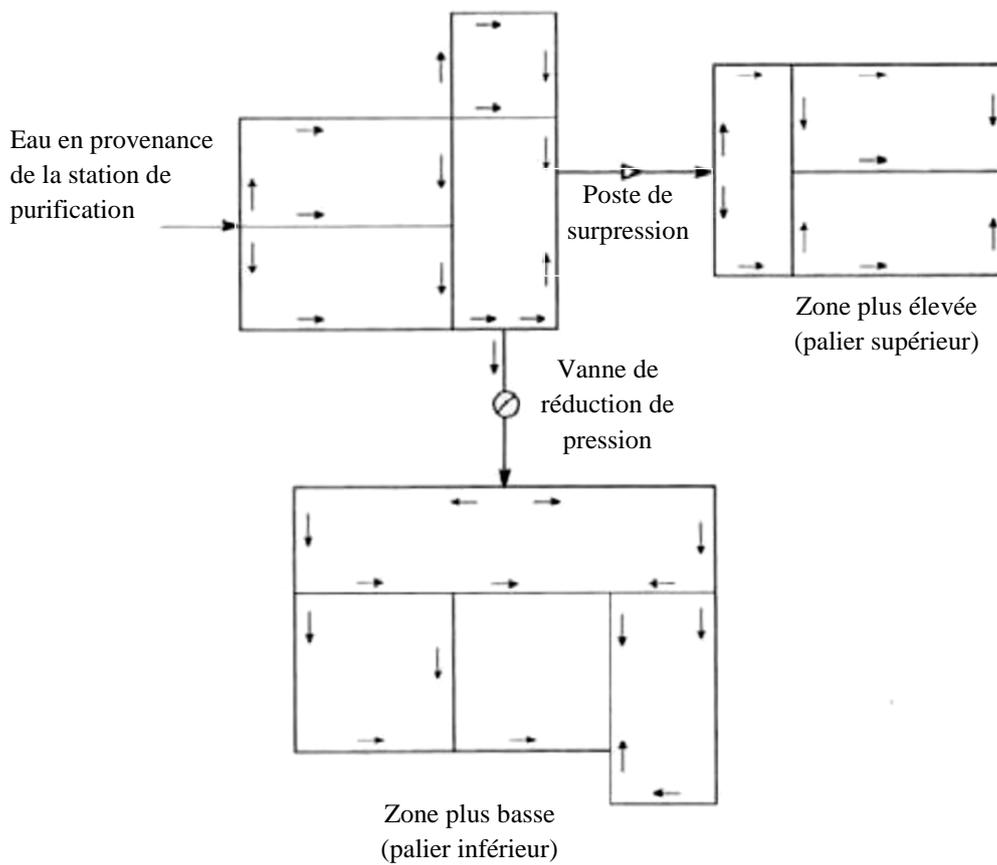


Figure I.8 : Réseaux étagés [3]

3.1.4. Les réseaux distincts

Les réseaux à alimentation distinctes distribuent, l'un, l'eau potable destinée à tous les besoins domestiques, et l'autre, l'eau non potable réservée aux usages industriels et au lavage et arrosage des rues et plantations. Ces réseaux ne se justifient que dans les installations extrêmement importantes. En **Algérie** ce type de réseau n'existe pas. [14]

3.2. Dysfonctionnement des réseaux d'eau et problématique des fuites

3.2.1. Généralité

Le rôle d'un gestionnaire du réseau d'eau potable c'est fournir aux usagers l'eau en quantité suffisante et de meilleure qualité possible ; pour cela il dispose d'installations visibles en surface; comme les stations de traitement, les réservoirs ainsi que des réseaux de canalisations qui sont enfouis dans le sol. Ces installations, une fois construites font l'objet de dégradations dues au temps ou à la corrosion et doivent être surveillées, contrôlées, et entretenues. Le temps et l'action des différents phénomènes (le sol corrosif, contrainte mécanique, surpression, etc) contribuent à la dégradation des canalisations d'un réseau et de ces accessoires. Une combinaison de ces phénomènes va accélérer la détérioration des conduites. L'augmentation du nombre des interventions, des casses observées sur le réseau, ainsi qu'une dégradation de la qualité de l'eau transportée représente des indicateurs du vieillissement du réseau. [9]

3.2.2. Fuites dans les réseaux

Les fuites proviennent essentiellement d'une mauvaise étanchéité des canalisations et de leurs accessoires. Les facteurs de risques sont multiples. Parmi les principales causes de fuites, on retiendra :

- Conditions de pose : choix des matériaux, techniques de raccordement, soin apporté à la réalisation des travaux,
- Nature du terrain : remblai, acidité et stabilité des sols,
- Qualité de l'eau : agressivité naturelle,
- Conditions hydrauliques : pression excessive, variation de pression, coup de bélier, air dans les conduites. [10]

- Age des conduites,
- Environnement du réseau : circulation automobile, chantiers, courants vagabonds,...
- Densité des accessoires de robinetterie, de fontainerie et de branchements,
- Variations de température : gel, dégel. [10]

3.2.3. Opération d'entretien d'un réseau

Pour qu'un réseau d'AEP fonctionne correctement il est important qu'il soit entretenu régulièrement. Il existe trois types d'entretien :

- L'entretien préventif : Il permet de s'assurer que les structures et installations d'eau ne tombent pas en panne.
- L'entretien correctif: IL intervient lorsqu'il y a un problème au niveau de la production ou du réseau, par exemple lorsqu'on répare une fuite d'eau avant que celle-ci ne s'aggrave. Ça permet d'éviter que le dégât ne prenne des proportions importantes.
- L'entretien d'urgence: Celui-ci vise à rétablir le Service de l'eau lors d'un arrêt total de la distribution; cette situation survient surtout en cas d'absence d'entretien préventif ou lors de rupture de canalisation. [11]

3.3. Gestion des réseaux

La gestion d'un réseau d'AEP a pour principale mission d'assurer les fonctions de production, de stockage et de distribution. [7]

Il y a deux types de gestion des réseaux (la gestion classique et la gestion informatisée)

3.3.1. Gestion classique des réseaux

La gestion classique des réseaux présente beaucoup d'inconvénients. Les supports cartographiques sur lesquels sont portés les objets représentant les réseaux sont difficilement manipulables. Cette gestion est également très limitée, les informations caractérisant les réseaux représentés sont portées sur le support en même temps que les objets graphiques eux-mêmes. Ceci peut provoquer une surcharge du support pouvant rendre illisibles certaines informations.

Cette gestion classique 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. [12]

3.3.2. 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. [13] in [7]

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'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. [7]

3.4 Sectorisation des réseaux

La sectorisation consiste à diviser le réseau d'AEP en plusieurs « sous-réseaux » appelés secteurs pour lesquels le suivi des débits mis en distribution est effectué par comptage des débits entrants et sortants. Les systèmes récents sont entièrement télé-gérés et permettent un rapatriement et un stockage des mesures en continu avec des pas de temps horaires voir infra horaires.

Chapitre I : Stockage et distribution des eaux

Physiquement, un secteur est une sous-partie connexe du réseau délimitée par des extrémités d'antennes, des vannes fermées, des comptages.

Toutes les communications ouvertes avec les ouvrages (stations de pompage, réservoirs, ...) et avec des secteurs voisins doivent être équipées de comptage. Lorsque l'eau peut potentiellement circuler dans les deux sens, les comptages doivent être à double sens. Les éventuels ouvrages de stockage interne au secteur (bâches de reprises par exemple) doivent également être équipés de comptages.

La conception d'une sectorisation doit composer avec des aspirations contradictoires. Le désir d'obtenir un niveau fin de pré-localisation des fuites incite à multiplier les secteurs. A l'inverse, la volonté de disposer d'un système aisé à exploiter et d'un coût raisonnable incite à limiter le nombre d'appareils de mesure et donc de secteurs. Pour arbitrer ce compromis, il convient de prendre en compte deux contraintes incontournables :

- La configuration hydraulique du réseau : la configuration des secteurs doit prendre en compte les infrastructures (réservoirs, stations de pompage). Elle est contrainte par la délimitation des UDI (Unités De Distribution) et des zones de pression. La sectorisation peut parfois conduire à des modifications du fonctionnement hydraulique du réseau (démaillage notamment), il faut alors s'assurer que la nouvelle configuration peut en permanence satisfaire les objectifs du service [9].

- La mesurabilité du débit de nuit : les appareils de comptage (compteurs et débitmètres) mesurent les volumes avec une certaine précision. Dans certains cas, notamment lorsque le débit du secteur est calculé à partir de plusieurs comptages, l'incertitude d'évaluation du débit du secteur peut-être considérable tandis que le débit nocturne à mesurer est d'autant plus faible que le secteur est petit. Il convient donc d'adapter la taille du secteur pour que le débit nocturne soit mesurable. Usuellement, pour satisfaire cette contrainte, le nombre d'usagers des secteurs est compris entre 500 et 3 000.

Au-delà de ces contraintes, la sectorisation doit tendre à satisfaire :

- L'homogénéité des secteurs : pour faciliter l'interprétation des indicateurs et la compréhension de leurs évolutions ;
- L'adaptabilité aux évolutions : en vue de créer ou modifier des secteurs en raison des évolutions de la demande sans tout remettre en cause ;

Chapitre I : Stockage et distribution des eaux

- La facilité d'exploitation : les systèmes mis en place doivent répondre à une logique commune et être compatibles entre eux, leur complexité doit être proportionnée aux capacités du service [15].

4. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons développé la notion du système d'alimentation en eau potable depuis le prélèvement naturel de l'eau jusqu'au robinet de l'utilisateur. Pour une meilleure gestion des réseaux d'AEP la mise en place d'une sectorisation est devenue la clé de réussite pour une exploitation optimale de la ressource en eau. Pour permettre le suivi de cette opération l'introduction d'une gestion informatisée est devenue une nécessité absolue pour le bon fonctionnement du réseau d'AEP.

Chapitre II :

Présentation des
environnements SIG
et des modèles

1. Introduction

L'utilité des systèmes d'informations géographiques et les modèles de calculs qui aident à créer des bases de données et faire des diagnostics des réseaux devient incontournable pour la conception de ces derniers.

Dans ce sens, le présent chapitre va donner un aperçu général sur les systèmes d'informations géographiques (SIG) et sur les modèles de calculs tout en donnant les principes de bases et définir leurs importances pour la gestion des réseaux d'AEP.

2. Systèmes d'information géographique (SIG)

2.1. Généralités

Le concept de système d'information géographique (SIG) est apparu dans les années 1960-1970 avec un premier essai par Tomlinson. Depuis ce temps, des définitions plus ou moins similaires et cohérentes ont fait leur apparition (Burrough 1986); Fischer et Nijkamp, 1993); Gagnon et Coleman, 1990; Goodchild et Kemp, 1990; Laurini et Milleret- Raffort, 1993; Maguire, 1991; Star et Estes, 1990; Tomlin, 1990) in (Pouliot, 1999). Afin de bien situer le rôle et l'usage du SIG dans ce travail, nous allons également en préciser sa définition. [7]

2.2. Définition d'un SIG

« Ensemble de données repérées dans l'espace, structuré de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision».

Un SIG est un système informatique de matériels, de logiciels et de processus, conçu pour permettre la collecte, la gestion, la manipulation et l'affichage des données à référence spatiale en vue de résoudre des problèmes d'aménagement et de gestion. Pour transformer un objet réel en une donnée à référence spatiale, on décompose le territoire en couche thématique (relief, route, bâtiments...) structurées dans des bases de données numériques. Les bases de données qui alimentent les SIG doivent être géo-référencées, c'est-à-dire partager un cadre commun de repérage qui s'appelle système de projection [17].

Il s'agit d'une base de données qui a la particularité d'être géo-référencée c'est-à-dire localisée géographiquement. Tous les éléments de la base de données SIG disposent de coordonnées X, Y et même parfois Z qui permettent de les placer dans l'espace [18].

Une autre façon de définir un SIG. Un SIG renvoie à l'analyse systémique. Un SIG englobe en général quatre sous-systèmes (**figure II.1**) :

- Un sous-système pour l'acquisition des données géographiques qui peuvent être d'origines diverses (environnement de la conduite avec les caractéristiques des sols, la géologie, la sismique) ;
- Un sous-système de gestion de données pour le stockage, l'organisation et la recherche de données ;
- Un sous-système d'analyse spatiale pour le traitement et l'exploitation des données géographiques ;
- Un système de présentation des résultats, soit sous forme de carte par l'affichage graphique à l'écran ou par sorties cartographiques sur papier, soit sous forme de listes ou de tableaux. [1]

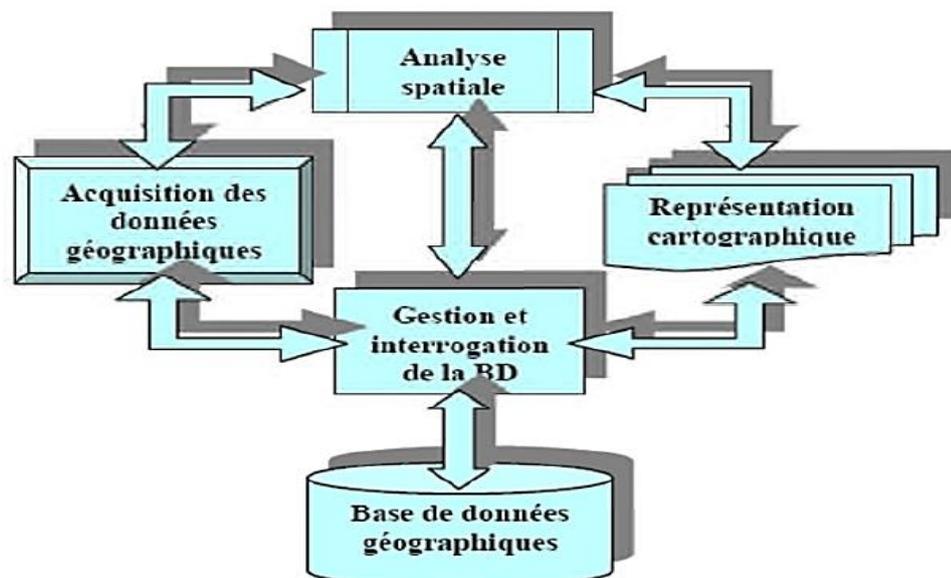


Figure II.1 : Structure d'un Système d'Information Géographique (Laurini et al, 1993)

in [1]

Un système d'information géographique (**Figure II.2**) est un ensemble d'équipements informatiques, de logiciels et de méthodologies pour la saisie, la validation, le stockage et

l'exploitation de données, dont la majorité est spatialement référencée, destinée à la simulation de comportement d'un phénomène naturel, à la gestion et l'aide à la décision (Pornon, 1996) in [7].

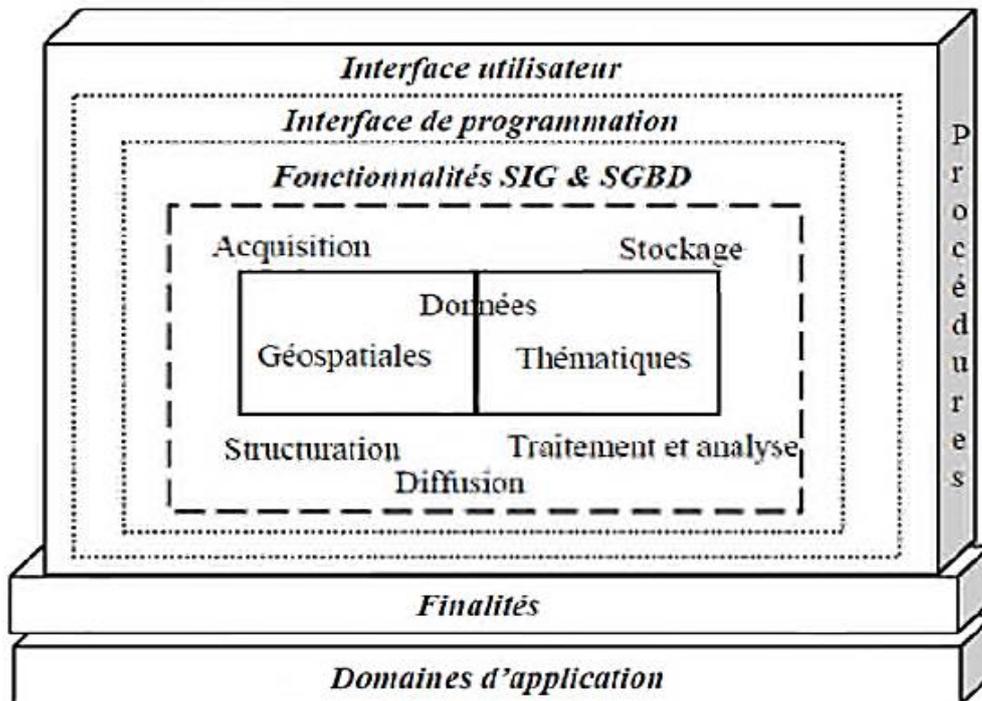


Figure II.2 : Spectre des constituants et de l'action du SIG (Pouliot, 1999)

in [7]

2.2.1. L'information géographique

La définition de chacun des composants, système d'information et information géographique contribue à en préciser le contour :

- Système d'information : ensemble de composants inter-reliés qui recueillent de l'information, la traitent, la stockent et la diffusent afin de soutenir la prise de décision et le contrôle au sein de l'organisation.
- Information géographique : l'information est dite géographique lorsqu'elle se rapporte à un ou plusieurs lieux de la surface du globe terrestre. Cette information possède la caractéristique d'être localisée, repérée ou géocodée.

- Un système d'information géographique a donc comme finalité de renseigner sur un territoire en localisant les informations pour aboutir à un processus de décision [14].

2.2.2. Le concept d'un SIG

Un système d'informations géographique apporte des réponses (**Figure II.3**) aux questions suivantes :

Où Localisation géographique d'un ou de plusieurs objets

Quoi Recherches des objets présents à un endroit ou dans une zone donnée.

Comment Relations entre objets / phénomènes

Réalité sous-jacente révélée par leur répartition géographique ?

Quand analyse temporelle : évolution d'un objet ou phénomène.

Et si simulation : étude des conséquences d'une décision du fait de la localisation des objets / phénomènes concernés [19].

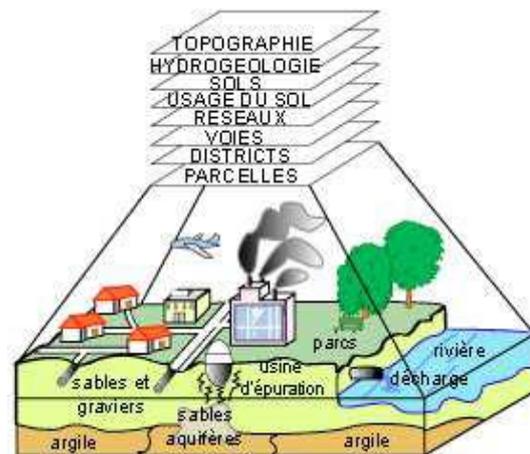


Figure II.3 : Fonctions métier d'un SIG [19]

2.3. Composants du SIG

Un SIG est constitué de cinq composants (**Figure II.4**) majeurs :

- **Les logiciels**

Ils assurent les 5 fonctions suivantes (parfois regroupées sous le terme des 'Cinq A' :

- Saisie des informations géographiques sous forme numérique (Acquisition)
- Gestion de base de données (Archivage)
- Manipulation et interrogation des données géographiques (Analyse)
- Mise en forme et visualisation (Affichage)
- Représentation du monde réel (Abstraction).

- **Les données**

Elles sont la base des SIG. Les données géographiques sont importées à partir de fichiers ou saisies par un opérateur.

- **Les matériels informatiques**

Le traitement des données se fait à l'aide des logiciels sur un ordinateur.

- **Les méthodes**

Des méthodes qui se traduisent par le respect des règles et procédures propres à chaque organisation.

- **Les utilisateurs**

Comme tous les utilisateurs de SIG ne sont pas forcément des spécialistes, un SIG propose une série de boîtes à outils que l'utilisateur assemble pour réaliser son projet. [16]



Figure II.4: Composants d'un SIG [16]

2.4. Intérêt des SIG

Les systèmes d'information géographique servent principalement à :

Enregistrer l'information sur le territoire est la fonction première des SIG.

- Questionner l'information sur le territoire,
- Produire des cartographies thématiques,
- Analyser l'information sur le territoire,
- Effectuer des simulations ;

Pour l'élaboration du SIG plusieurs opérateurs sont utilisés tels que :

- ArcGIS (Arc Info, Arc View...)
- AutoCAD Map 3D
- MapInfo,...[12].

2.5. Structure et composantes d'un SIG

Les éléments d'information nécessaires pour les décideurs comprennent à la fois des données et des traitements. Les données associent une description spatiale et alphanumérique des entités et de leurs interrelations. Les traitements sont plus diversifiés et correspondent à trois rôles fondamentaux :

- L'alimentation du système au travers d'une numérisation des données;
- L'exploitation des données au travers de traitements statistiques, topologiques et géométriques.
- La diffusion de l'information, sous forme de cartes, graphiques, tableaux, etc. Les différentes composantes d'un SIG qui permettent de gérer [7].

Les données et les traitements sont illustrées en (Figure II.5)

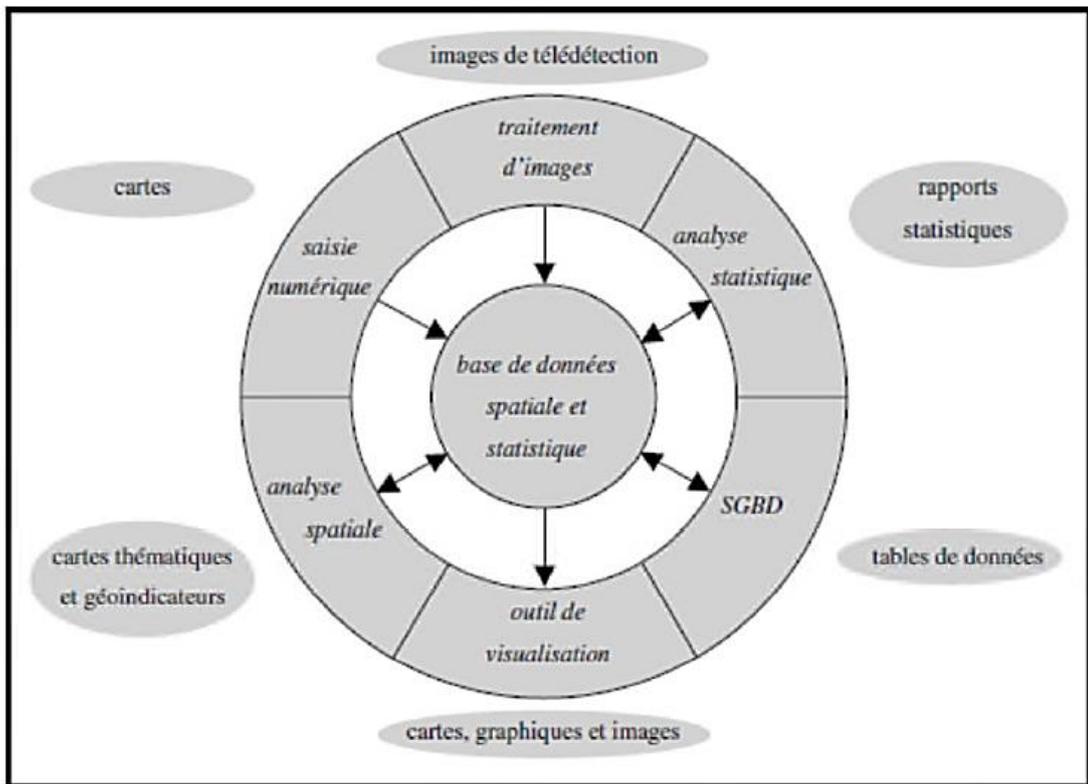


Figure II.5 : Les composantes informatiques d'un SIG, adapté d'Eastman (1991) et de Prélaz-Droux (1995) in [7]

2.6. Applications d'un SIG :

Les Systèmes d'informations géographiques aident à :

Acquérir et visualiser des informations représentables sous forme de carte (Figure II.6) :

- Logistique : aide à la navigation (GPS), suivi de flotte
- Travaux publics, télécoms : travaux sur voirie ou sur réseaux
- Militaire

La Décision : analyser des données avec une perspective spatiale

- Géomarketing
- Aménagement du territoire, urbanisme
- Risque : plan de prévention et gestion de crise
- Agriculture [19]

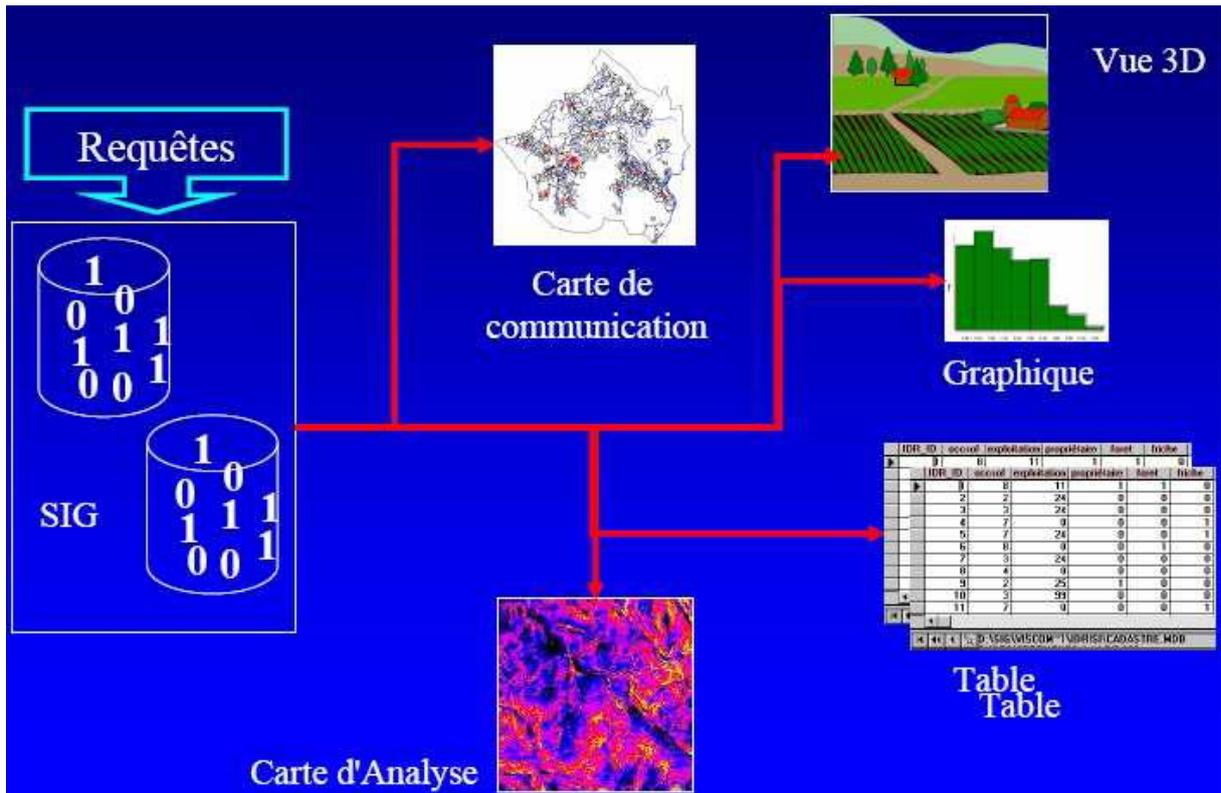


Figure II.6 : Sorties d'un SIG (la carte et son utilisation) [19]

2.7. Mode de représentation des données géographiques

Il existe deux modes de représentation (**Figure II.7**) des données spatiales :

- Le mode raster ;
- Le mode vecteur. [1]

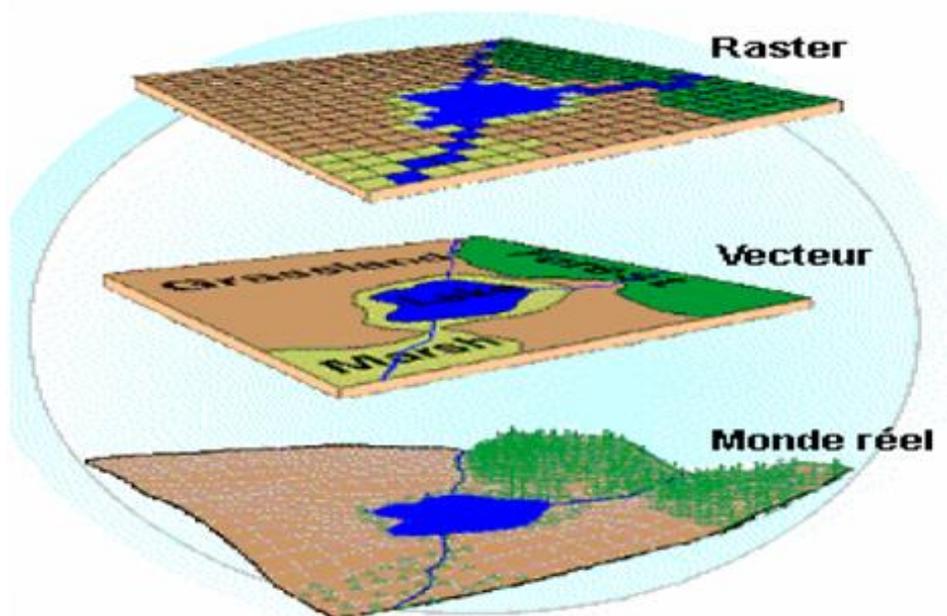


Figure II.7 : Modèle de représentation des données géographiques [1]

2.7.1. Mode de représentation raster

Le mode raster correspond à une division régulière de l'espace sous forme de cellules rectangulaires ou carrées. Il est fortement lié à la notion d'image. Chaque cellule (ou pixel) est référencée en ligne et en colonne. Elle contient une valeur qui correspond à une grandeur numérique (valeur radio métrique par exemple) ou alphanumérique (dans ce cas, on lui attribue un code correspondant à un attribut descriptif).

Il existe deux manières d'attribuer les valeurs aux cellules :

- méthode manuelle :

- Cellule par cellule ;

- Par chaîne de valeurs, quand les valeurs sont identiques, on saisit alors la longueur

Puis la valeur.

- méthode automatique :

- Par scénarisation de document ;

- Par récupération de document numérique telles les images satellites. [1]

2.7.2. Mode de représentation vecteur

Le mode vecteur permet la représentation des objets dans un espace continu, et non pas discrétisé. Les objets et leurs limites sont localisés avec précision dans un référentiel géographique ou cartésien. Cette structure de données est liée à la notion de carte.

En mode vecteur, les objets géographiques se ramènent à trois classes d'entités qui sont :

- Les points (un point d'eau) ;

- Les lignes (cour d'eau) ;

- Les surfaces (un bassin versant).

Le principe de la numérisation du modèle vecteur repose essentiellement sur l'utilisation de la digitalisation, c'est-à-dire on saisit les coordonnées x, y d'un objet graphique (parcelle, route, Bâtiment) en parcourant sa forme géométrique à l'aide d'un curseur.

Ces deux modèles sont complémentaires. Le raster est mieux adapté à certains types d'applications qui se contente de scanner des fonds de plans, et le vecteur pour les types

d'applications qui nécessite des définitions par formes géométriques, la gestion des données localisées et la manipulation des relations entre objets spatiaux.

Cependant, il existe des méthodes permettant le passage du modèle vecteur au modèle raster. [1]

2.8. Base de données

Une base de données est un ensemble organisé et intégré de données. Elle correspond à une représentation fidèle de données et de leurs structures, avec le minimum possible de contraintes imposées par le matériel. Elle doit pouvoir être utilisée pour toutes les applications pratiques désirées sans duplication de données.

Une base de données sur une thématique est un ensemble de renseignements, qui répond à trois critères : l'exhaustivité, la non-redondance et la structure. [20]

La base de données incarne la mémoire du système en enregistrant, en stockant et en structurant les informations. Ces informations peuvent provenir de différentes sources mais doivent être représentées de manière numérique. Elles se distinguent par des données thématiques et géo-référencées. [21]

Ces données représentent respectivement la base descriptive des propriétés thématiques et spatiales du système. Les données thématiques et géo-référencées permettent donc de décrire et de caractériser le comportement du phénomène étudié. Les phénomènes et les propriétés sont respectivement nommés "entités" et "attributs" dans le contexte des SIG. [1]

2.9. Système de gestion de base de données

Un système de gestion de base de données est l'environnement adéquat conçu pour gérer les bases de données. Adapté à la particularité de ces dernières, il symbolise l'accumulateur de données, le fidèle agent et le juge compétent ; tantôt les interrogeant, tantôt les mettant à jour. Il coordonne les accès des programmes et la cohérence de la circulation des données et représente l'émérite technicien œuvrant pour l'optimisation de toutes les ressources. Les notions de description, mémorisation, manipulation, traitement, sécurité, confidentialité et intégrité de données sont les actions spécifiques des systèmes de gestion de base de données.

Les SIG ont leurs propres SGBD, qui possèdent la particularité de gérer la composante spatiale. Ces SGBD géographiques s'appuient à la fois sur un module de gestion de bases de données relationnelles et sur un système de fichiers pour les données spatiales. La correspondance entre les deux est assurée par un identifiant unique.

Les SIG ont également leur propre outil de visualisation. Il permet de représenter les données sous forme de cartes, de graphiques ou autres types d'images. [7]

2.10. Les modèles des SGBD

Les modèles des systèmes de gestion de base de données utilisés se distinguent par la façon dont sont représentées les relations entre les données. La plupart des modèles traitent de manière identique les relations d'attributs, la différence existe dans le traitement des associations. [1] ; Les modèles existants sont :

2.10.1. Le modèle hiérarchique

Les données dans ce modèle sont représentées sous forme d'arbre par des enregistrements logiques reliés. La structure arborescente du modèle fait apparaître plusieurs niveaux d'informations successivement décroissantes et univoques, ce qui impose un chemin d'accès unique ; Un nœud père peut avoir plusieurs fils, un fils ne peut exister indépendamment de son père. L'inconvénient de ce modèle est principalement la redondance et la dissymétrie. En revanche, l'avantage d'un tel modèle est la représentation directe des liens et une rapidité lors de la recherche des données si la hiérarchie est bien définie au préalable. [22]

2.10.2. Le modèle réseau

Ce modèle permet de remédier aux inconvénients du modèle précédent, à savoir la redondance et la dissymétrie. L'organisation des données est structurée en enregistrements. Les associations entre les ensembles d'entités sont représentées par des liens multiples. L'accès aux données n'est pas uniquement limité aux chemins descendants / ascendants, les relations sont donc de tous types. La recherche d'une donnée peut être lente et dépend beaucoup de la structure de la base. [20]

2.10.3. Le modèle orienté objet

Le but de sa conception récente est d'assurer globalement la cohérence, la sécurité, l'intégrité et la fiabilité des données géographiquement regroupées en un contexte unique d'objet. [22]

2.10.4. Le modèle relationnel

Ce modèle envisage l'organisation de données sous forme de tables à deux dimensions, dans lesquelles les lignes sont des enregistrements et les colonnes des attributs.

Ce modèle possède plusieurs objectifs :

- Proposer des schémas de données faciles à utiliser
- Améliorer l'indépendance logique et physique
- Optimiser les accès à la base de données
- Améliorer l'intégrité et la confidentialité
- Prendre en compte une variété d'applications

Le système de gestion de base de données relationnel a réussi à s'imposer en tant que système et modèle dans le monde de l'informatique. [7]

2.11. DOMAINES D'APPLICATION DES SIG

Les approches ont mis en évidence le fait qu'un système d'information géographique est un outil de gestion et d'aide à la décision. C'est un outil de gestion pour le technicien qui doit au quotidien assurer le fonctionnement d'une activité.

Le SIG doit aussi être un outil d'aide à la décision pour le décideur (directeur, administrateur) qui doit bénéficier de sa puissance et disposer de cartes de synthèses pour prendre les meilleures décisions. C'est cette finalité qui permet d'employer le terme de système d'information et de donner aux SIG les domaines d'applications suivants. [23] ; **(Figure II.8):**

2.11.1. Pour les grandes échelles

- La gestion foncière et cadastrale (recensement des propriétés, calcul de surfaces)
- La planification urbaine (plan d'occupation des sols et d'aménagement)
- La gestion des transports (voies de circulations, signalisation routière)
- La gestion des réseaux (assainissement, AEP, gaz, électricité, téléphone ...)
- La gestion du patrimoine (espaces verts, parcs, jardins ...)
- Les applications topographiques (travaux publics et génie civil). [23]

2.11.2. Pour les échelles moyennes et petites

- Les études d'impact (implantation d'un centre commercial ou d'une école)
- Les études d'ingénierie routière (constructions de routes ou d'autoroutes)
- Les applications liées à la sécurité civile (prévention des risques naturels et technologiques).

- La gestion des ressources naturelles (protection de l'environnement, études géologiques, climatologiques ou hydrographiques). [23]

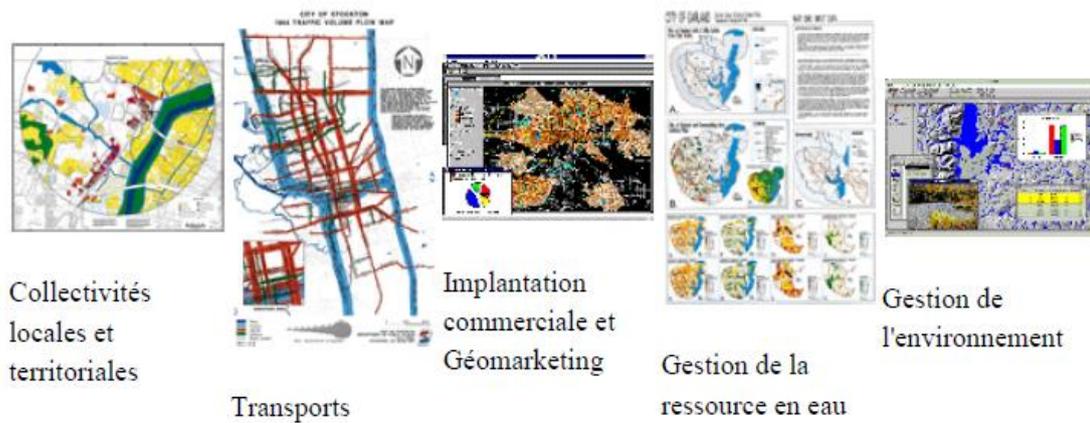


Figure II.8 : Domaines d'applications des SIG [23]

2.12. Saisie de l'information géographique

- **Entrée des données spatialement référencées**

L'entrée des informations afin de créer une base de données géographique peut être réalisée par plusieurs méthodes (Figure II.9). Les plus courantes et les plus classiques utilisent les cartes existantes. Pour se faire plusieurs moyens sont utilisés pour numériser les papiers existants : digitalisation, le balayage électronique (scénarisation), la télédétection. [1]

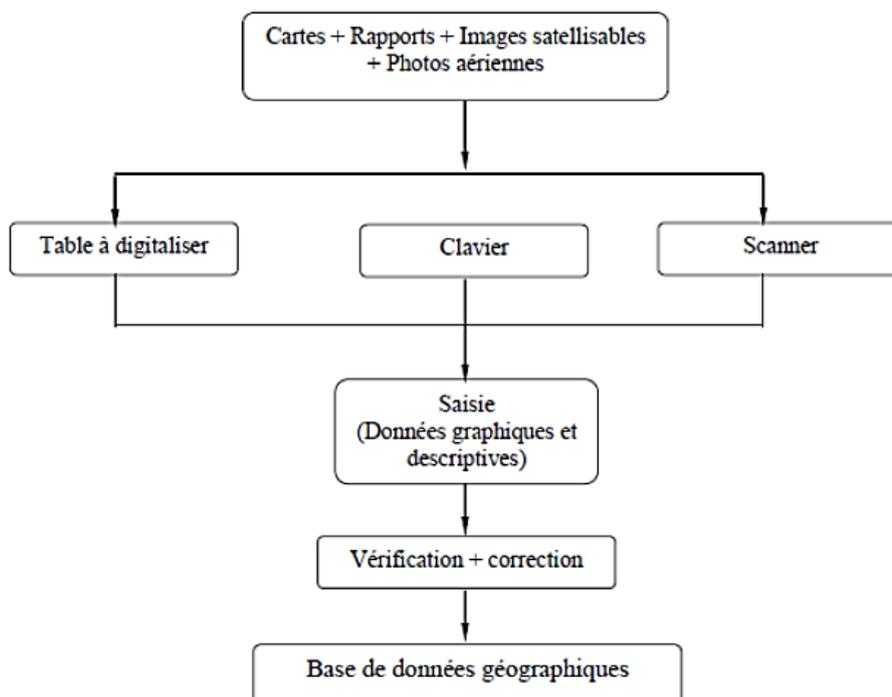


Figure II.9 : Acquisition de l'information géographique [1]

- **Entrée des données descriptives**

On a plusieurs types de données descriptives (sémantiques) :

- Les attributs associés aux objets ;
- Les données textuelles ;
- Les données graphiques ;
- Les images, vidéo.

L'entrée de ces données peut se faire de plusieurs manières :

- Par saisie manuelle à l'aide du clavier ;
- Par récupération de fichiers de données créés par ailleurs ;
- De manière interactive : l'utilisateur choisit une entité spatiale et y affecte directement des attributs descriptifs. [1]

3. Modélisation des réseaux d'AEP

3.1. Généralité

La modélisation constitue une démarche d'investigation non destructive qui lorsqu'elle est menée dans de bonnes conditions, permet [7] :

- Dans le cadre d'une étude diagnostique, de connaître le fonctionnement hydraulique du réseau en situation actuelle et prochaine, afin de déterminer ses points faibles et de planifier les renforcements nécessaires à court terme;
- De coordonner et valider, par les responsables de la distribution, les petits travaux en vérifiant l'adéquation et la consistance.
- Du point de vue de l'exploitation, d'étudier les situations critiques liées à l'indisponibilité d'une ressource, d'ouvrages de pompage ou de stockage, ou d'une canalisation maîtresse, ou de rechercher les dispositions les mieux adaptées pour parvenir à un contrôle adéquat de la pression de distribution tout en réduisant les coûts d'exploitation.
- D'autre part, de concevoir, dimensionner et planifier les aménagements rendus nécessaires par l'évolution des consommations ou de la réglementation en matière de sécurité [7].

3.2. La modélisation hydraulique : état de l'art

Dans cette section, sont donnés et dates et les principaux auteurs ainsi que leurs contributions dans le domaine de la modélisation des réseaux d'eau potable dans l'ordre chronologique

- **1936** : Hardy-cross publie un algorithme itératif pour la résolution des réseaux maillés en régime permanent.
- **1970** : Apparition des premiers modèles pour l'analyse des réseaux tels KYPIPE (Wood)
- **1990** : Introduction des techniques de résolutions des phénomènes transitoires (coups de bélier)
- **1993** : Publication d'EPANET (LewisA.Rossman).
- **1996** : Sortie de H₂O Net (MWH Soft), basé sur le modèle EPANET, Avec interfaces GUI et CAD [29].

3.3. Type de modélisations

Le but d'un modèle est de représenter un phénomène physique et/ou naturel. On distingue les **modèles physiques** (types maquettes à l'échelle) des **modèles mathématiques** qui sont généralement intégrés sous forme numérique. La complexité des réseaux étudiés a rendu quasi indispensable la mise en œuvre de modèles numériques pour analyser leur fonctionnement hydraulique.

On distingue également deux types de modélisation mathématique:

- la **modélisation de phénomènes**, par exemple la transformation pluie-débit sur un bassin versant (modélisation hydrologique), la modélisation de la qualité de l'eau, etc.
- la **modélisation structurelle**, par exemple un modèle hydraulique de réseau d'eau potable, d'ouvrages particuliers, afin de représenter le fonctionnement des tronçons et ouvrages spéciaux.

Un modèle de réseau doit permettre le calcul des paramètres hydrauliques (débit, pression, vitesse) en tout point du réseau à un instant donné. En hydrodynamique, ces calculs évoluent en fonction du temps.

Le modèle constitue une **représentation schématique** du réseau réel et de son fonctionnement. La construction du modèle consiste alors à mettre en forme et intégrer les données collectées sur le réseau, de façon compatible avec le logiciel utilisé.

Une règle de la modélisation de réseau est d'aller du plus simple au plus complexe, c'est-à-dire d'une version très schématique (modèle stratégique) et peu détaillée vers une version plus détaillée (modèle détaillé). Une fois la version « simple » validée, on peut passer au développement de la version détaillée. Le meilleur modèle n'est pas forcément le plus détaillé mais plutôt le modèle qui représente le fonctionnement du réseau de la manière la plus simple possible. [24]

3.4. Intérêts de la modélisation des réseaux d'AEP

La modélisation des données est une étape fondamentale dans la conception des bases des données qui seront utiles pour la gestion du réseau d'eau potable elle permet de traduire le monde réel par toute sa complexité, et par des structures de données.

Elle a pour objet d'abstraire la réalité en mettant l'accent sur les phénomènes d'intérêt et en éliminant ce qui ne concerne pas l'objectif poursuivi ce qui permet :

a) Du point de vue hydraulique

-Connaitre le fonctionnement hydraulique du réseau sur les différents horizons actuels et futurs et aussi d'estimer les besoins en renforcement et en extension du réseau entre les infrastructures.

-D'obtenir une vision du fonctionnement du réseau en toute condition au degré de précision désiré.

-Permet de déterminer les défaillances et les points noirs non apparents sur le réseau qui seraient la base pour l'établissement des plannings de gestion et de renforcement à court et long termes. [25]

b) Du point de vue économique

-Côté exploitation, elle permet d'étudier les situations critiques liées à l'indisponibilité des ressources, d'ouvrages de stockage ou de pompes ou d'une canalisation maîtresse, ou de rechercher les dépositions les mieux adaptées pour les coûts d'exploitation.

-Un outil d'aide à la décision pour l'établissement des programmes de développements durables et des projets de mobilisation à l'échelle sectorielle.

c) Du point de vue sécurité

-Elle permet d'intervenir plus rapidement, et limiter les dégâts qui peuvent être rencontrés en cas d'incendie ou de contamination.

-Elle permet aussi de classer, d'identifier les zones selon leurs degrés de risque, et de planifier les méthodes d'intervention à l'avance.

-D'autre part de concevoir, de dimensionner et planifier les aménagements rendus nécessaires par l'évolution des consommations ou de réglementation en matière de sécurité [25]

3.5. Les différents logiciels de modélisations des réseaux d'AEP existants

Les logiciels permettent de modéliser tous les appareils présents sur les réseaux, jusque dans les détails : vannes régulatrices de débit ou de pression, clapets, pompes à vitesse fixe ou variable, asservissements. Ils permettent également de rendre compte précisément des comportements des différents consommateurs, dans l'espace et le temps. Ils permettent la simulation suivant les différentes échelles de temps et sont capables de calculer les temps de séjours, l'origine de l'eau ou la concentration de chlore résiduel en tout point.

Ils offrent une représentation graphique interactive au fonctionnement du réseau, permettant une analyse et une synthèse efficace. [1]

Il existe différents modèles, on peut citer :

a) Le modèle 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.

L'interface graphique du logiciel (**Figure II.10**) est simple d'utilisation, elle permet de schématiser le réseau étudié par l'emploi de tronçons pour les conduites et de nœuds pour les intersections.

Ces éléments sont documentés de sorte que toutes les infrastructures présentes sur le réseau et toutes les conditions d'utilisation, puissent être représentées afin de rendre compte le plus fidèlement possible de la réalité. [31].

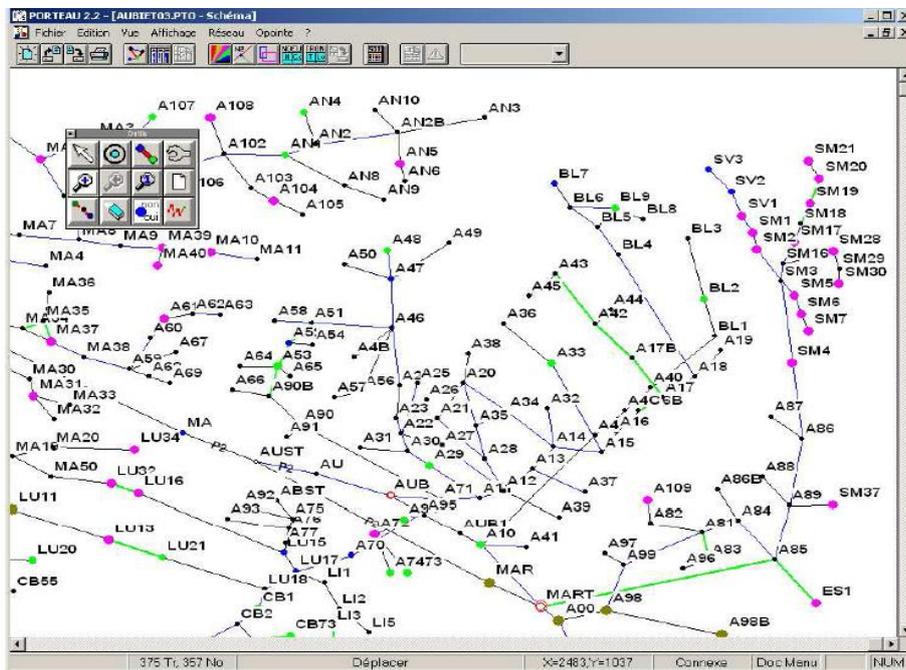


Figure II.10 : Vue schéma d'un réseau de distribution (paramétrage des couleurs en fonction de la pression calculée par Opointe)

Les principales caractéristiques du modèle PORTEAU :

- Visualisation de schémas de réseaux de distribution d'eau potable,
 - Impression des schémas au traceur jusqu'au format A0,
 - Visualisation et impression des résultats sous forme de tableau ou sur le schéma du réseau,
 - Visualisation et impression des résultats sous forme de profils hydrauliques,
 - Exportation des données et des résultats vers un tableur de type Excel,
 - Exportation des graphiques de résultats vers un traitement de texte de type WinWord.
- [31]

b) Le modèle EPANET

EPANET est un logiciel de simulation du comportement hydraulique et qualitatif de l'eau sur de longues durées dans les réseaux sous pression. Un réseau est un ensemble de tuyaux,

nœuds (jonctions de tuyau), pompes, vannes, bâches et réservoirs. EPANET calcule le débit dans chaque tuyau, la pression à chaque nœud, le niveau de l'eau dans les réservoirs, et la concentration en substances chimiques dans les différentes parties du réseau, au cours d'une durée de simulation divisée en plusieurs étapes. Le logiciel est également capable de calculer les temps de séjour et de suivre l'origine de l'eau.

Ce logiciel est distribué gratuitement par l'E.P.A (U.S. Environmental Protection Agency. EPA). Depuis le mois de septembre 1993

EPANET offre une aide à la recherche de stratégies alternatives pour gérer le réseau, comme par exemple:

- utilisation en alternance des différentes ressources du système,
- modifier le régime de pompage ou de marnage des réservoirs,
- préciser l'usage des stations de recoloration (ou autres retraitements) en réseau,
- planifier l'entretien et le remplacement de certaines canalisations.

Disponible sous Windows, EPANET fournit un environnement intégré pour l'édition de données de réseau, pour l'exécution de simulations hydrauliques et de simulations qualité, et pour l'affichage des résultats sous plusieurs formats (des Cartes avec des codes couleurs, des tableaux et des graphiques) [32].

L'environnement de travail de base d'EPANET (**figure II.11**) est affiché ci-dessous.

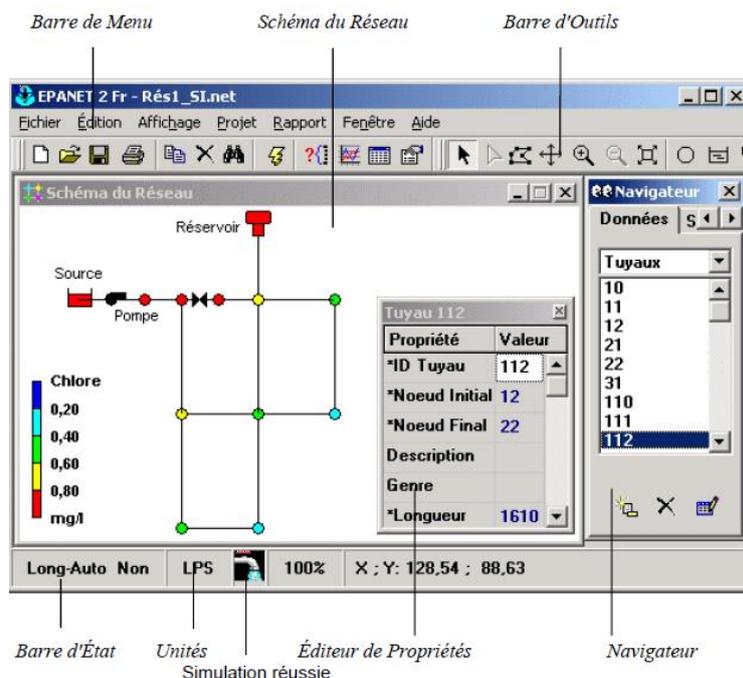


Figure II.11 : L'environnement de travail de base d'EPANET

Une modélisation hydraulique scrupuleuse et complète est la première condition pour pouvoir modéliser la qualité de l'eau de manière efficace. EPANET contient un moteur de calcul hydraulique moderne ayant les caractéristiques suivantes:

- La taille du réseau étudié est illimitée.
- Pour calculer les pertes de charge dues à la friction, il dispose des formules de Hazen Williams, Darcy-Weisbach, et Chezy-Manning.
- Il inclut les pertes de charge singulières aux coudes, aux tés, etc.
- Il peut modéliser des pompes à vitesse fixe ou variable.
- Il peut modéliser différents types de vannes, comme des clapets anti retour, des vannes de contrôle de pression ou débit, des vannes d'arrêt, etc.
- Les réservoirs peuvent avoir des formes variées (le diamètre peut varier avec la hauteur).
- Il peut y avoir différentes catégories de demandes aux nœuds, chacune avec une caractéristique propre.
- Il peut modéliser des consommations dépendantes de la pression (buses par exemple).
- Le fonctionnement de station de pompage peut être piloté par des commandes simples, (heures de marche/arrêt en fonction du niveau d'un réservoir) ou des commandes élaborées plus complexes [32].

EPANET aide les services d'eau à maintenir et à améliorer la qualité de l'eau livrée aux consommateurs. Il peut être utilisé pour:

- Programmes d'échantillonnage de conception,
- Étudier les dégâts désinfectants et les formations sous-produits,
- Effectuer des évaluations de l'exposition des consommateurs,
- Évaluer des stratégies alternatives pour améliorer la qualité de l'eau, telles que la modification de l'utilisation des sources dans les systèmes multi-sources,
- Modifier les horaires de pompage et de remplissage / vidange des réservoirs pour réduire l'âge de l'eau,
- Utiliser des stations de désinfection d'appoint aux endroits clés pour maintenir les résidus cibles,

- Planifier et améliorer les performances hydrauliques d'un système,
- Aide à la pose, aux pompes et au placement et au calibrage des soupapes, Réduction de l'énergie,
- Analyse des flux de feu,
- Études de vulnérabilité.
- Formation de l'opérateur [33].

c) Le modèle H2ONET

H2ONET est un logiciel de modélisation et d'analyse des réseaux d'alimentation en eau. Il exécute rapidement et fiable. Il modélise la qualité de l'eau en hydraulique, hydrodynamique en temps réel et analyse aussi le flux d'incendie. Le programme peut également être effectivement employé pour analyser les systèmes de collection des eaux usée sous pressions.

Les principales caractéristiques du modèle H2ONET

- Partager les données librement avec tous les SIG, tableur, et applications de base de données standard
- Partage de données librement avec tous les SIG standard, les applications tableur et base de données
- Faciliter le flux d'information et la gestion d'une structure de base de données ouverte.
- support conventionnel (nœud) ou un compteur à base (dossiers de facturation) demande
- Interface transparente avec tous les programmes Windows.
- Construire et maintenir votre propre base de données de modélisation 'personnalisée'
- Requête, affichage, et mettre en évidence toutes les informations du système
- Importation de données créées avec d'autres logiciels de modélisation.
- Commande les dernières avancées en matière hydraulique, flux d'incendie, et les analyses de coûts d'énergie.
- Effectuer des simulations de qualité globale de l'eau dynamique.
- Analyser votre système ou des parties sélectionnées.
- Responsabiliser la plate-forme de solution complète.
- Automate modélisation en ligne et de surveillance par l'interface directe SCADA.
- Améliorer le fonctionnement du système et de performance avec des informations en temps réel.
- Développer la réduction des fuites et des stratégies efficaces de gestion de l'énergie.

- Simuler le fonctionnement en temps réel par l'état de l'art émulation PLC.
- Maintenir la compatibilité EPANET (importer et exporter tous les fichiers).
- Créer des séquences d'animation graphique des paramètres variables dans le temps.
- Produire vos propres cartes « sur mesure » et les rapports.
- Générer des graphiques et des tableaux spécifiques à l'unité d'information.
- Affichage précis (TIN) contours lisses avec un clic de souris.
- Couleur code de votre réseau selon une variable.
- exécution par lots et comparer les résultats (graphiques et rapports) de divers scénarios instantanément.
- Assurer l'échelle de l'entreprise solution de gestion.
- Maximiser gain de temps.
- Réduction des coûts grâce à une meilleure productivité.
- Optimiser les stratégies opérationnelles et la décision d'amélioration du capital [34].

d) Le modèle SYNERGEEWATER

SynerGEE WATER est un logiciel de simulation employé pour modeler et analyser des systèmes d'alimentation en eau.

SynerGEE peut simuler un système de distribution extrêmement grand de plus de 100.000 éléments y compris équipement et accessoire nécessaires au fonctionnement du réseau. SynerGEE peut modeler un montage complexe pour des pompes, des vannes et des régulateurs dans n'importe quel scénario opérationnel. Les modules facultatifs sont disponibles pour des conditions de modélisation plus avancées telles que l'isolement de zone, l'analyse de fiabilité, la gestion de sous-système et l'étalonnage.

La fonctionnalité noyau de SynerGEE peut être étendue par un certain nombre de modules ajoutés qui sont autorisés séparément.

Chaque module ajoute des capacités significatifs au logiciel les différents modules disponibles sont :

- Isolement de zone
- Module de calibrage
- Gestion client
- Analyse en ligne
- Module d'analyse de fiabilité

- Intégration de SIG
- Gestion de sous-système [26].

e) Le modèle Water CAD

WATERCAD (**Figure II.12**) est un logiciel qui permet de modéliser le comportement hydraulique et la qualité de l'eau dans les réseaux de distribution ; water CAD aide à analyser, concevoir et optimiser les réseaux de distribution d'eau. Grâce à ces fonctions intégrées ce logiciel permet d'analyser les constituants de l'eau, son âge, son mélange dans les réservoirs et la traçabilité des sources, il est ainsi possible de programmer la chloration, de simuler des contaminations, de visualiser les zones d'influences des différentes sources. Les fonctions de Water CAD permettent également d'améliorer la turbidité, le goût et l'odeur de l'eau en identifiant les problèmes de mélange et en proposant des solutions.

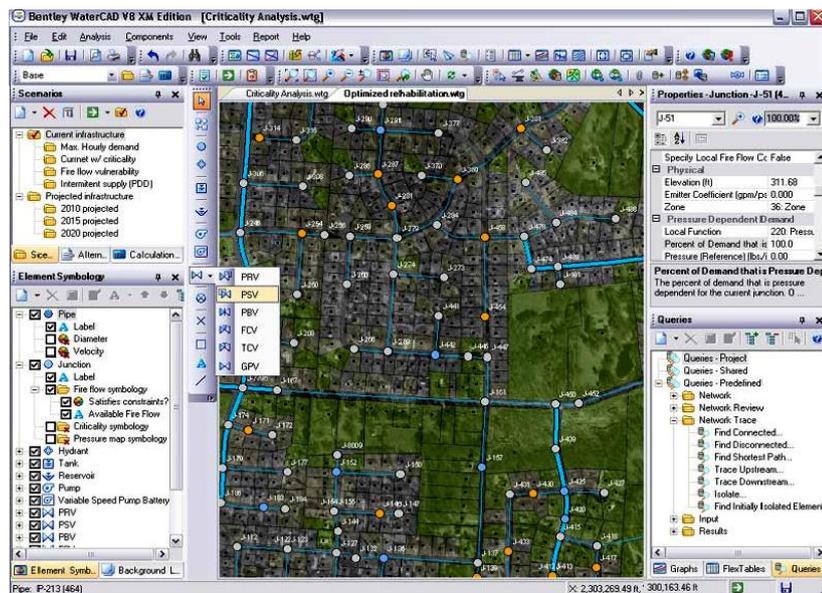


Figure II.12: interface du logiciel WATERCAD avec schéma d'un réseau d'AEP

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 sont 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.

Water CAD contient de nombreuses fonctions, on peut citer :

La simulation en condition normale

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

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

WATERCAD est produit et commercialisé par BENTLEY systems Incorporated , la première version sous Windows est apparue en 1996 [35].

f) Le modèle Mike urban

MIKE URBAN est un logiciel de modélisation des réseaux sous pression et gravitaires complètement intégré sous le Système d'information Géographique Arc GIS 9.1 (ou Arc GIS 9.2 pour la version 2008 de MIKE URBAN). MIKE URBAN est développé par DHI.

- MIKE URBAN fonctionne sur la base d'une architecture (**Figure II.13**) modulaire dont la base principale est l'interface SIG : le **gestionnaire de modèle**. Au gestionnaire de modèle peuvent venir s'ajouter un certain nombre de modules, en fonction de l'utilisation souhaitée. Par exemple pour les réseaux d'assainissement, il est recommandé d'ajouter les modules « MOUSE » ou CS. [24]

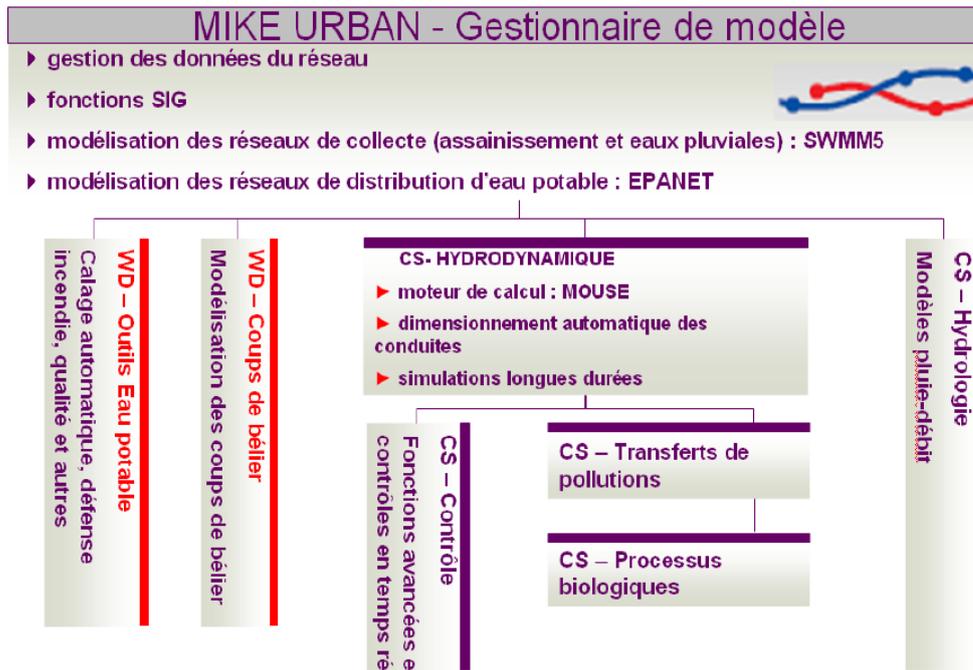


Figure II.13 : Architecture modulaire de MIKE URBAN

L'intégration SIG dans MIKE URBAN (Figure II.14) permet de réaliser des cartes de présentation des réseaux évoluées sur lesquelles de nombreuses informations peuvent figurer (nom des rues, diamètres des canalisations, cotes altimétriques...). L'utilisateur peut aussi réaliser facilement des cartes de visualisation des résultats (pressions, débits, vitesses, charges polluantes...).

L'utilisateur peut charger en fond de plan tout type de couche supporté par l'interface Arc GIS :

- AutoCAD (*.dwg, *.dwf...)
- Shapefile (ArcView ou ArcGIS)
- Image géoréférencée (carte IGN numérique, photo aérienne, etc.)
- Modèle Numérique de Terrain
- Etc. [24]

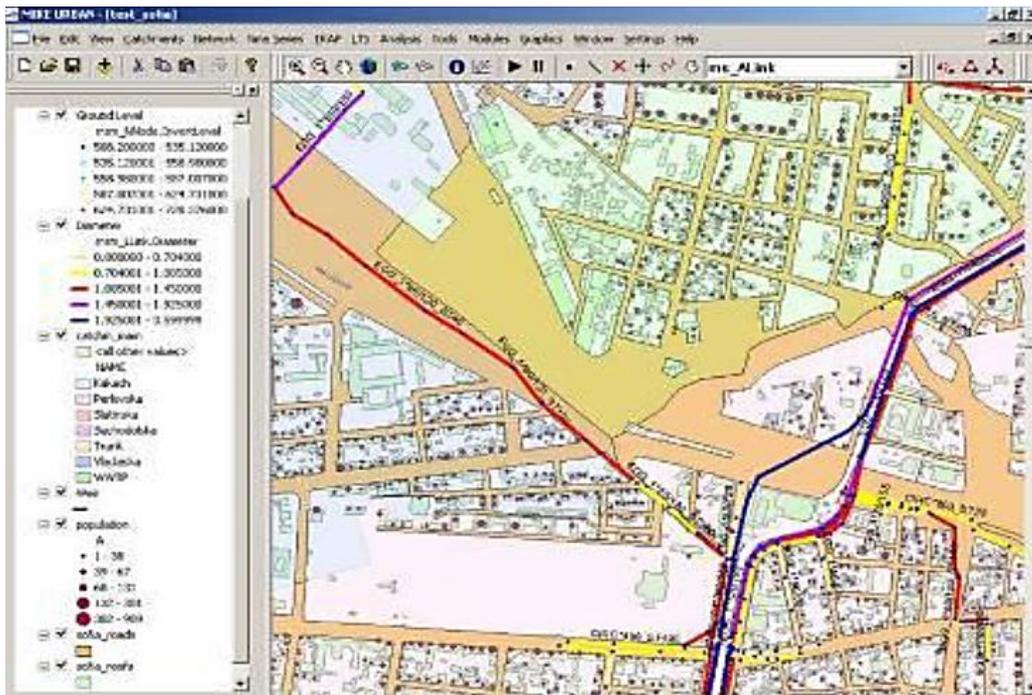


Figure II.14 : Interface de MIKE URBAN

Ces couches de fond de plan peuvent être utilisées pour le confort et le repérage de l'utilisateur mais également pour leurs données. Par exemple, des couches de polygones représentant différents types d'utilisation du sol pourront être utilisées pour le calcul automatique de l'imperméabilisation des bassins versants. De même, un MNT (Figure II.15) chargé en fond de plan pourra être utilisé pour attribuer automatiquement les côtes de terrain naturel aux nœuds du modèle. [24]

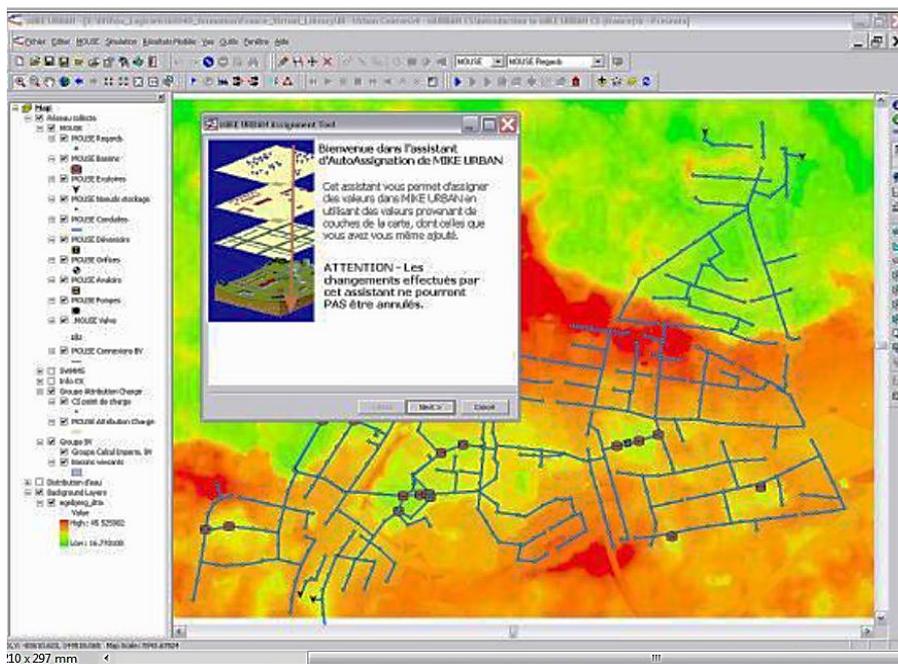


Figure II.15 Utiliser un MNT chargé dans MIKE URBAN pour attribuer des côtes de terrain naturel aux nœuds

En mode « eau potable », l'utilisateur peut réaliser des simulations (**Figure II.16**) à l'équilibre (statique) ou des simulations hydrodynamiques (évolution des conditions hydrauliques au cours du temps).

Le mode « eau potable » de MIKE URBAN repose sur le moteur de calcul EPANET développé par US EPA.

Au-delà de la modélisation de la structure du réseau, l'utilisateur doit intervenir sur un certain nombre de réglages pour lancer une simulation hydraulique [24].

Type de simulation	Période de simulation	Pas de temps de calcul	Exemples d'utilisation
Statique	Image instantanée	-	Débit de pointe Régime permanent Analyse incendie
Dynamique	1 heure, 24 heures, 48 heures, 1 semaine, etc.	Quelques minutes à 1 heure	Marnage des réservoirs Fonctionnement du réseau sur plusieurs jours Qualité de l'eau
Transitoire	Quelques minutes	Quelques secondes	Coup de bélier Suppression

Figure II.16 : Réglage pour lancement de simulation [24].

3.6. Comparaison des modèles :

De toutes les façons, tous les programmes de modélisation des réseaux de conduites sont similaires, chaque programme détermine la répartition des débits dans les conduites et calcule les pressions, les pertes de charge dans la conduite en utilisant soit l'équation de Darcy-Weisbach ou celle de William-Hazen .en plus tous les programmes construisent et résolvent les matrices.

Notre objectif n'est pas de choisir le meilleur programme ou le programme le plus fiable mais de montrer l'intérêt qu'apporte la modélisation à la conception et la gestion des réseaux surtout les plus complexes d'entre eux.

En utilisant quelques critères dans le **tableau** ci-dessous, nous avons pu établir une comparaison entre les différents modèles cités. [26]

TABLEAU II.1 : Comparaison des modèles. [26]

	EPANET	WaterCAD	H2ONET	SynerGEE Water	PORTEAU	Mike URBAN
Domaines d'application						
Possibilités d'analyse de qualité de l'eau	O	O	O	O	N	O
Aptitude à établir des liens avec les bases de données d'autres logiciels	N	O	O	O	N	O
Liens vers les systèmes d'information géographique (SIG)	N	O	O	O	O	O
Aptitude à établir des liens avec les bases de données d'autres logiciels	N	O	O	O	O	O
Documentation d'aide à l'utilisation						
Edition des messages de diagnostic	O	O	O	O	O	O
Service d'aide en ligne	O	O	O	O	O	O
capacités d’Affichage graphique						
annotation claire des composantes du modèle	O	O	O	O	O	O
Capacités de mise en page	O	O	O	O	O	O
graphisme / profilage des composants de système / Résultats du Modèle	O	O	O	O	O	O
Facilité d'utilisation						
capacités de gestion des scénarios	N	O	O	N	N	O
Environnement Windows	O	O	O	O	O	O

3.7.Choix du modèle

Le programme à utiliser doit être simple pour l'utilisation cela inclut la facilité d'introduire les données, la qualité de la documentation qui accompagne le programme (manuel de l'utilisation) édition des messages de diagnostic, les possibilités d'affichage graphique, et la possibilité d'établir des liens avec des bases de données comme les systèmes d'information géographique (SIG) [26].

4. Conclusion

Dans ce chapitre, les points ont été mis sur les systèmes d'informations géographiques, leurs utilisations et leurs caractéristiques pour montrer leurs importances à la collecte des données et leurs utilités. Ainsi, nous avons mis la lumière sur les différentes définitions relatives aux différents modèles de calculs, cités leurs caractéristiques et faire une comparaison pour faciliter le choix du modèle.

Chapitre III :

Présentation de la
zone d'étude et choix
du SIG

1. Introduction :

L'étude du milieu physique est nécessaire pour connaître toutes les caractéristiques de la zone d'étude et les facteurs influençant le fonctionnement du réseau. Au cours de ce chapitre nous allons déterminer les caractéristiques de la zone d'étude et justifier notre choix du système d'information géographique.

2. Présentation du groupement urbain de Tlemcen

La wilaya de Tlemcen se situe à l'extrême Ouest de l'Algérie, elle est limitée géographiquement au Nord par la mer Méditerranée, à l'Ouest par le royaume du Maroc, au Nord-est et à l'Est par les wilayas de Ain-Temouchent et de Sidi Bel-Abbas, et au Sud par la wilaya de Naâma. La wilaya de Tlemcen regroupe actuellement et depuis le découpage administratif de 1991, vingt daïras et cinquante-trois communes dont le chef-lieu de wilaya est Tlemcen. Elle s'étend sur une superficie de 9061Km². 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.

Le groupement des communes de Tlemcen, Chetouane et Mansourah occupe environ 112,2 km² constituant le bassin intérieur de Tlemcen. Ce bassin est limité au Sud par la falaise de LallaSetti, au Nord par la haute colline d'Ain El Houtz, à l'Est par Oum El Allou et à l'Ouest par les monticules de Beni Mester. Les monts de Tlemcen correspondent à une vaste superficie de 300 km² où affleurent des roches carbonatées très karstifiées (80 %). [7]

2.1. La zone étudiée

La zone dont on étudie se situe dans le sud du groupement urbain de Tlemcen couvrant une superficie de 3,4 Km². Le terrain de la zone d'étude est trop accidentée, la nature du sol est semi-rocheuse et présente des pentes assez fortes.



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

2.2. Situation géologique :

Il est clairement admis que les caractéristiques mécaniques et physiques des sols sont en relation directe avec la nature géologique des formations de la région entourant le périmètre d'étude.

La région correspondante à une zone de transition entre des terrains d'âges jurassiques supérieurs d'une part et des terrains d'âges miocène d'autre part

Il s'agit d'une zone d'effondrement à la faveur des failles normales de direction Nord Est-Ouest Sud. La stratigraphie de la région révèle :

- Des terrains secondaires d'âge jurassique supérieur (kimméridgien supérieur) Représentés essentiellement par des formations carbonatées formants les reliefs de la région et les affleurements des piedmonts Nord de la chaîne des monts de Tlemcen. Ces formations sont représentées généralement par des dolomies de Tlemcen et les alternances des marnes calcaires de Raourai.

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude et choix du SIG

- Des terrains tertiaires représentés généralement par des formations marneuses plastiques avec interaction de minces bancs de grès de couleur rouillée. Compte tenu de la spécificité pétrographique de cette formation, elle est relativement imperméable. [7]

2.3.Cadre démographique

En 2008, la population de la wilaya de Tlemcen était de 949135 habitants contre 707453 en 1987. Le tableau III.1 donne la répartition de population dans les quartiers qui forment la zone d'étude :

Tableau III.1: Populations de la zone étudiée

Quartiers	Populations année (2008)
BOUDGHEN	9972
SIDI CHAKER	4238
RIADH	4026
KELAA INFERIEUR	7819
SIDI TAHAR	951
SIDI BOUMEDIEN	1319
BIROUANA	1265
HARTOUN	723
RIADH EL HAMAR	757
BEL AIR	811
KELAA SUPERIER	1233

La population future est estimée en utilisant la formule **(I.6.1)**

$$P_n = P_0 (1 + \alpha)^n \quad \text{(I.6.1)}$$

Avec:

P_n : Population à l'horizon considéré

P_0 : Population de base

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude et choix du SIG

n : Intervalle des années considérées

α : Taux d'accroissement moyen de la population

Le taux d'accroissement annuel au niveau de la commune de Tlemcen est de 0.6% (ONS, 2008). La population en 2017 est donnée dans le tableau III.2

Tableau III.2 : Population de la zone étudiée (ONS)

Quartiers	Populations année (2017)
BOUDGHEN	9973
SIDI CHAKER	4238
RIADH	4026
KELAA INFERIEUR	7820
SIDI TAHAR	952
SIDI BOUMEDIEN	1319
BIROUANA	1265
HARTOUN	724
RIADH EL HAMAR	758
BEL AIR	812
KELAA SUPERIER	1234

2.4.Ressources en eaux de la zone d'étude :

La zone d'étude est alimentée actuellement par l'eau de dessalement.

2.4.1. Ouvrages de stockages

L'alimentation en eau potable de la zone étudiée est régularisée par les réservoirs dont les caractéristiques sont citées dans le tableau III.3.

Tableau III.3 : Ouvrage de stockage de la zone étudiée (DRE, 2017)

Nom	Capacité (M ³)	Type (réservoir)	Année de Réalisation
BIROUANA	1500	CSE	1978
BOUDGHENE	2000	CSE	1970
MANSOURAH	2000	CSE	1974
MANSOURAH	2000	CSE	1974
SIDI CHAKER	2000	CSE	1962
REPARTITEUR SORTIE ST02	/	Répartiteur	1961
BRISE CHARGE RIADH	50	BC	/
SIDI TAHER	700	CSE	1962
PEPINIERE	2000	CSE	1978
BOUDGHENE	500	BC	1978
SIDI CHAKER	2000	RSE	1902
TETE AVAL	/	Répartiteur	1952
ATTAR	1500	CSE	/

2.4.2. Pression de service :

La continuité d'un service d'eau intègre non seulement le débit, la qualité des eaux, mais aussi la pression. Les usagers doivent avoir une pression comprise entre un minimum et un maximum, avec le moins de variation possible. Toutefois, il est admis que « La pression maximale chez l'utilisateur ne doit pas dépasser 4 bars. Au-delà de cette valeur, il y a risque d'apparition de désordres (bruits, fuites d'eau, etc.). A l'inverse la pression à l'entrée doit être de 1 bar. La chute de pression par rapport aux pressions de services indique un dysfonctionnement du système de distribution d'eau. [5]

3. Stage d'étude et données utilisées

Dans le cadre de la réalisation de notre travail, un stage de 6 semaines a été fait au niveau de la société de l'eau et de l'assainissement d'ORAN (SEOR). Au cours de ce stage, nous avons pu observer, analyser et surtout apprendre et comprendre toute la structure de la SEOR du point de vue structurelle et toutes les tâches auxquelles s'apprête cet organisme qui est très avancé dans le domaine de la gestion des réseaux et des structures de stockage.

Ça spécificité est dans l'utilisation d'outils moderne qui maximise la gestion pour minimiser les pertes, la SEOR utilise les outils informatiques les plus performants come la télégestion qui centralise les commandes au niveau du siège et qui fait que l'on a un point de vue global et d'ensemble sur tout le réseau. Autre outil, le SIG qui permet de s'orienter avec une base de donné géographique aussi la sectorisation et la planification.

Les expériences acquises lors du stage:

- Utilisation du système d'information géographique (ARC GIS) qui aide à tracer les réseaux, les localisés et aide à la décision.
- Utilisation du modèle de calcul MIKE URBAN qui nous à aider à faire un diagnostic du réseau pour voir son comportement, apporter des modifications, appris à mieux connaitre le réseau ce qui nous à aider à apporter les modifications nécessaire en se basant sur les résultats affichés.
- On a aussi eu quelques notions sur la sectorisation des réseaux d'AEP.

La base du support cartographique concernant le réseau d'AEP étudié dans le cadre de ce travail est le plan du réseau d'AEP du GUT sous Mapinfo élaboré par ABDELBAKI Chérifa en 2014 [7].

Pour l'exploitation de ce support cartographique, une mise à jour était indispensable.

On a était obliger aussi de combler quelques lacunes dont les principales sont :

- L'affectation des élévations aux nœuds qui n'avaient pas d'élévations.
- Découpage du réseau aux tronçons :

Sur Mapinfo un tronçon peut contenir plusieurs nœuds, par contre Sur MIKE URBAN un tronçon est délimité par deux nœuds. Si un tronçon qui contient plusieurs nœuds sur Mapinfo sera traduit est chargé sur MIKE URBAN, ce dernier vas considérer que les tronçons sont formés par les nœuds de l'extrémité et déclaré les autres nœuds sur le long du tronçon comme déconnecté.

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude et choix du SIG

Lors de la traduction des données qui ont été sur Mapinfo au format SHAPE pour les chargés sur MIKE URBAN on était obligé de découper presque la totalité du réseau en tronçons vu que MIKE URBAN les suppose comme des déconnexions.

4. SIG utilisé

Il existe plusieurs types de systèmes d'information géographique, ArcGis a été choisi pour les raisons citées dans la section stage d'études et données utilisées, car ArcGis est le SIG utilisé par la SEOR, il est noyau du système de télégestion des réseaux d'eau potable de la ville d'Oran. Ce SIG a les caractéristiques suivantes :

- ArcGIS est l'un des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) les plus utilisés, donc présence de formations ou tutoriels.
- Il comprend plusieurs applications pour mieux gérer, organiser, manipuler et éditer les différentes couches d'informations
- Il permet d'échanger des cartes publiées entre différents utilisateurs.

4.1. Passage Mapinfo vers Arcgis

Cette étape consiste à convertir les couches du format 'MapInfo TAB' en format 'Esri Shape' afin de pouvoir bénéficier des fonctionnalités que Arcgis offre.



Une base de données géographique est le cœur d'un SIG. C'est une série de thèmes d'information géographique organisée de façon la plus efficace pour être utilisée par une ou plusieurs applications [36].

Notre projet est sous forme d'une base de données réalisée sous MapInfo. Pour bien expliquer : cette base de données est constituée de plusieurs tables (conduites, nœuds réservoirs...etc.) chaque table a ses types de fichiers liés entre eux comme :

- *.**TAB** : fichier de description de la table MapInfo Professional.
- *.**DAT** : fichier contenant la base de données associées à la table (données tabulaires).
- *.**MAP** : fichier des objets cartographiques, contenant l'information géométrique.
- *.**ID** : fichier faisant la liaison entre les enregistrements de la base de données et les objets de la carte [7]

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude et choix du SIG

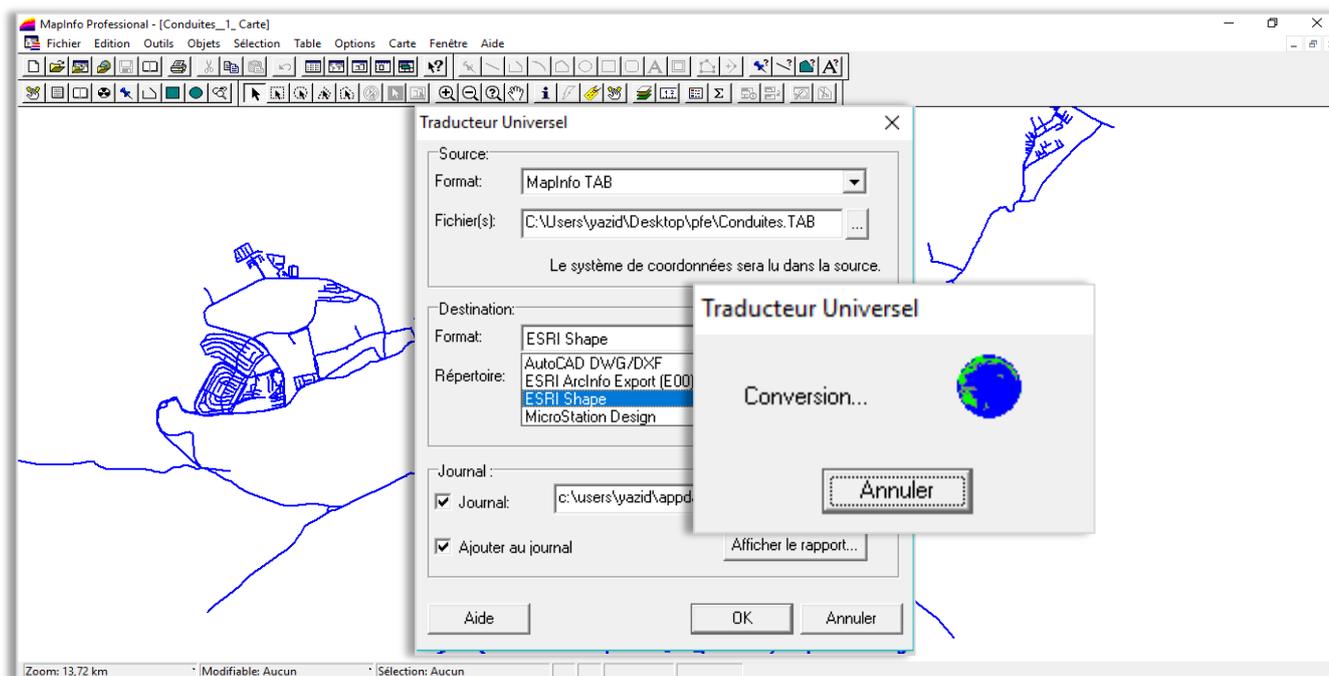


Figure III.2 : Conversion des couches sur MapInfo

Les couches sont converties en "fichier de forme" ou "Shape File" ce format est le format de stockage des données vectorielles utilisé par ArcGIS. Il est constitué des fichiers suivants :

- *.shp : stocke les entités géographiques. Il s'agit du Shape file proprement-dit.
- *.dbf : (Data Base File) : stocke les données attributaires (consultable sous Excel).
- *.shx : stocke les index des enregistrements du fichier ".shp".
- *.prj : (recommandé) : stocke la projection associée [23].

Exemple : Conversion d'une couche

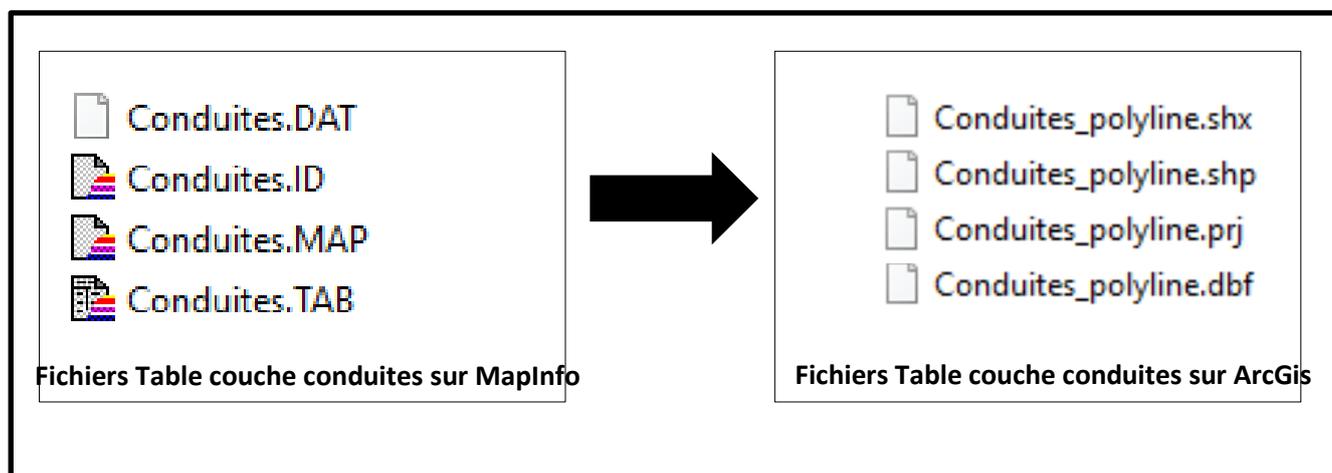


Figure III.3 : Comparaison entre MapInfo et ArcGis selon leurs bases de données

4.2.Import des couches :

Sur Arcmap on a ajouté les couches converties en shp comme c'est illustré dans la figure suivante

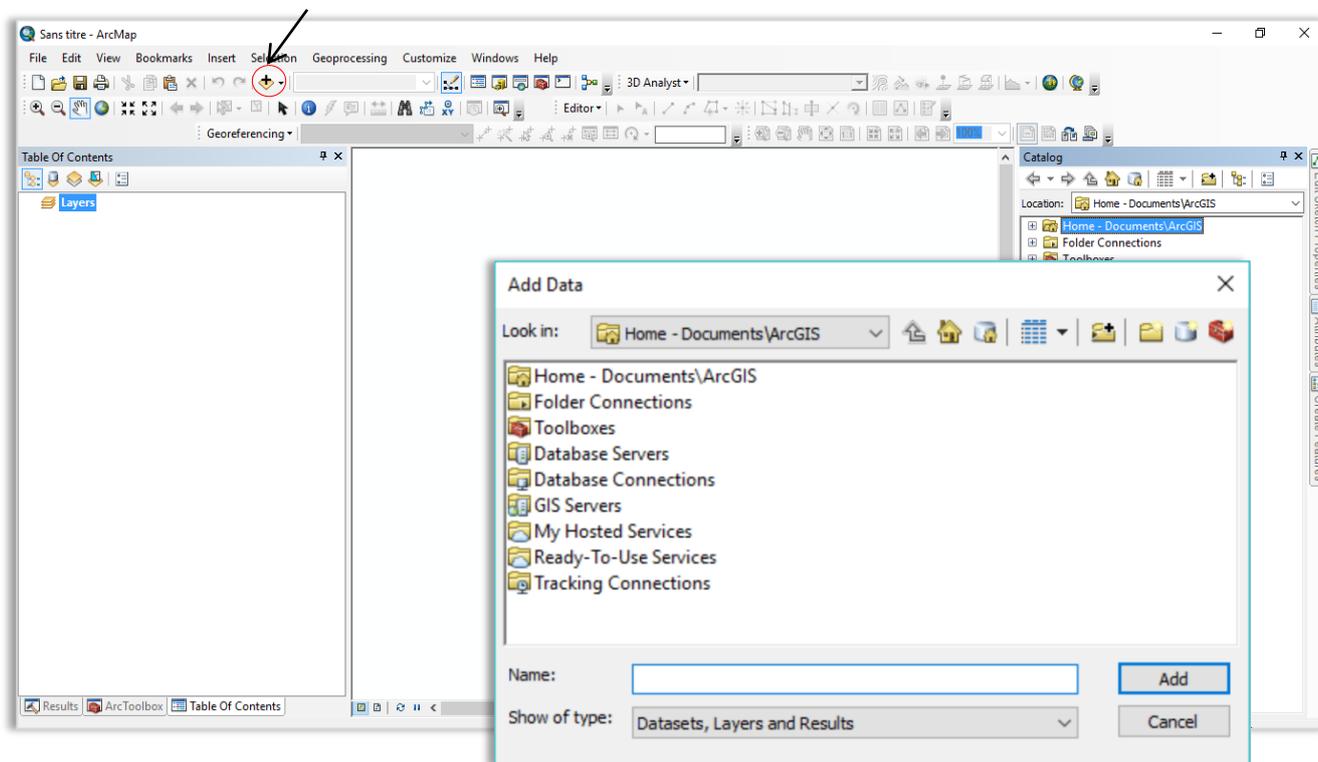


Figure III.4 : L'ajout de données sur Arcmap

ArcMap : est l'application fondamentale du logiciel ArcGIS. Elle contient une boîte à outils, organisées sous forme de modules indépendants (extensions), permettant de gérer, manipuler, analyser et éditer les différentes couches d'informations de la base de données. Le réseau et le fond de plan de la zone étudiée sont donnés dans les figures III.5 et III.6

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude et choix du SIG

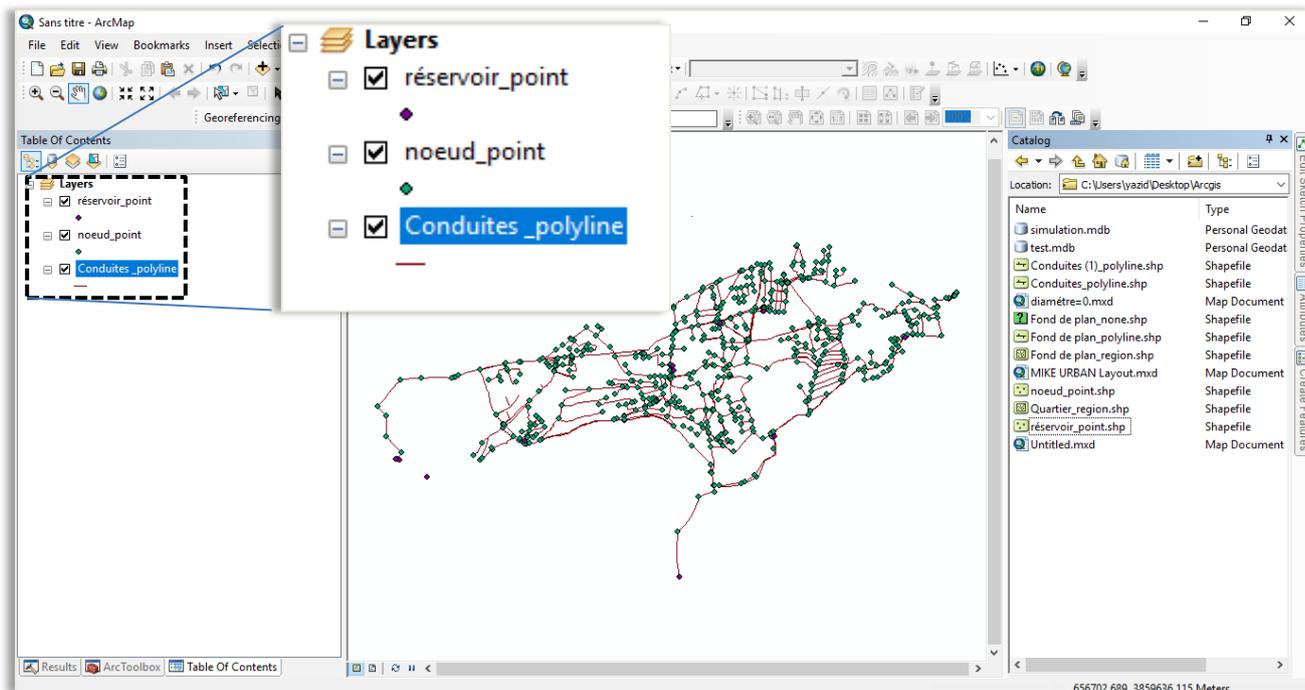


Figure III.5 : Réseau affiché sur Arcmap

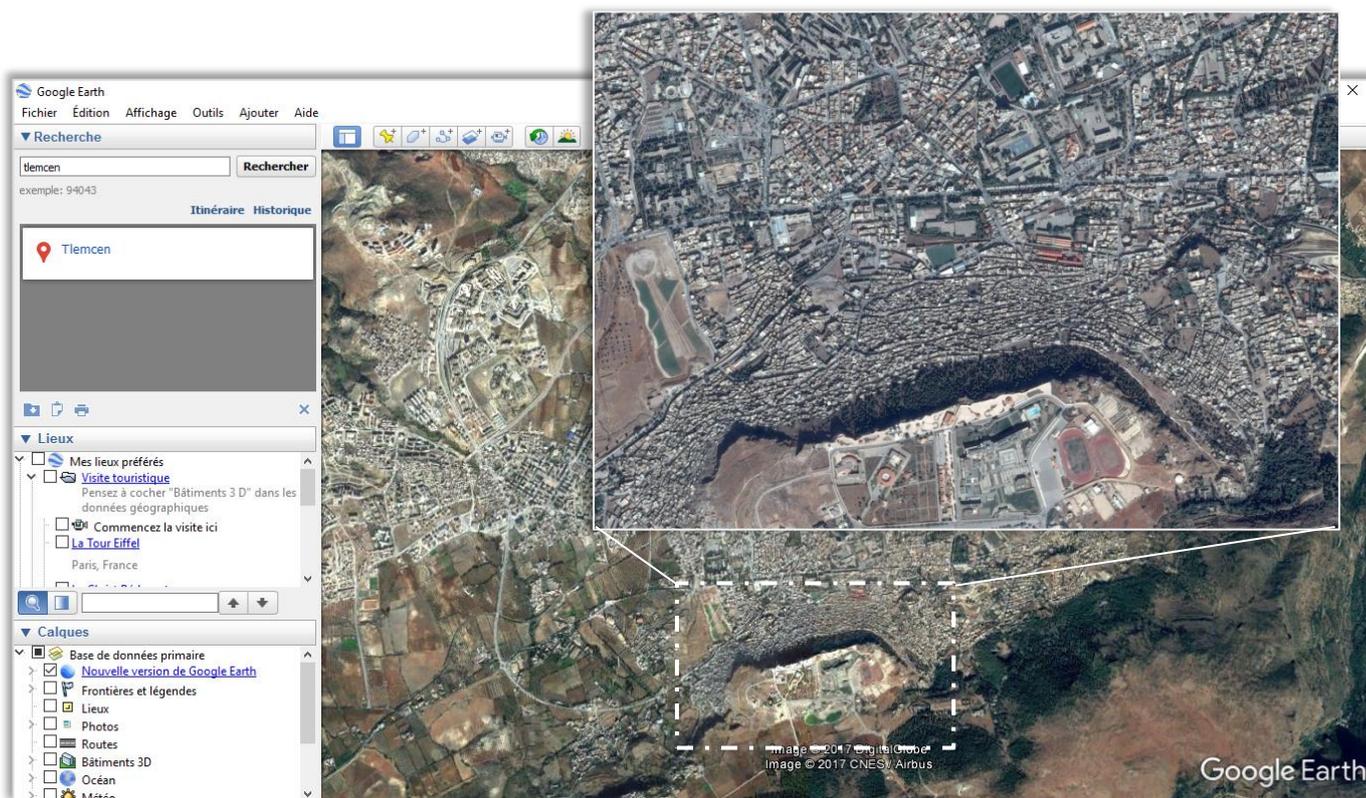


Figure III.6: Partie sud de la vile de Tlemcen affichée en Google earth

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude et choix du SIG

GOOGLE EARTH PRO nous a permis d'enregistrer une image avec une haute qualité pour effectuer un zoom sur les rues et les voiries.

Dans le mode RASTER, l'espace est divisé en unités spatiales élémentaires. Cette unité spatiale élémentaire est appelée pixel (Picture element). La taille en unités de distance de ce pixel définit la résolution spatiale de l'image. Les dimensions de l'image enregistrée sont : 4800x2460 px.

4.3. Calage de la carte:

L'Algérie est traversée par 4 fuseaux : 29 jusqu'à 32, ayant une amplitude de 6° de longitude, Tlemcen se situe dans la zone 30.

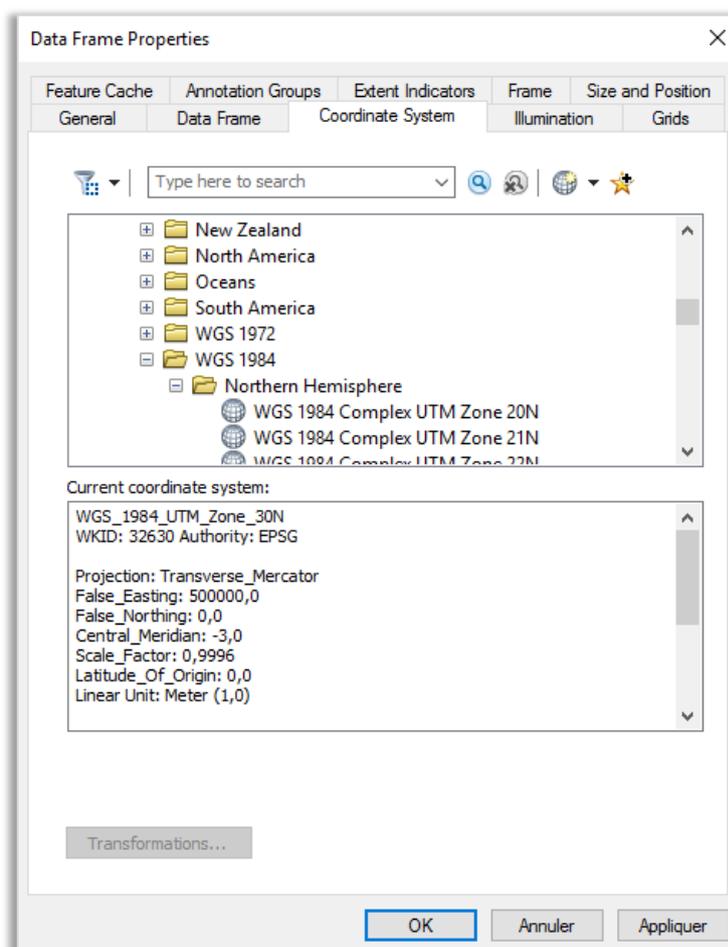


Figure III.7: Spécification du système de coordonnées

Pour commencer il faut définir la projection de session de travail. Ensuite spécifier les coordonnées de référence entre les coordonnées géographiques (Geographic Coordinate Systems – GCS) : WGS 1984 UTM Zone 30N

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude et choix du SIG

Avec :

UTM : projection transversale universelle de Mercator.

WGS : système géodésique mondial, révision de 1984.

Géo-référencement de la couche : il faut ajouter l'image, qui est non référencée, par le biais du bouton **Add Data**. Ensuite il faut chercher le point similaire sur le fichier de référence L'emplacement des réservoirs dans le fond de plan est une référence pour caler l'image satellitaire.

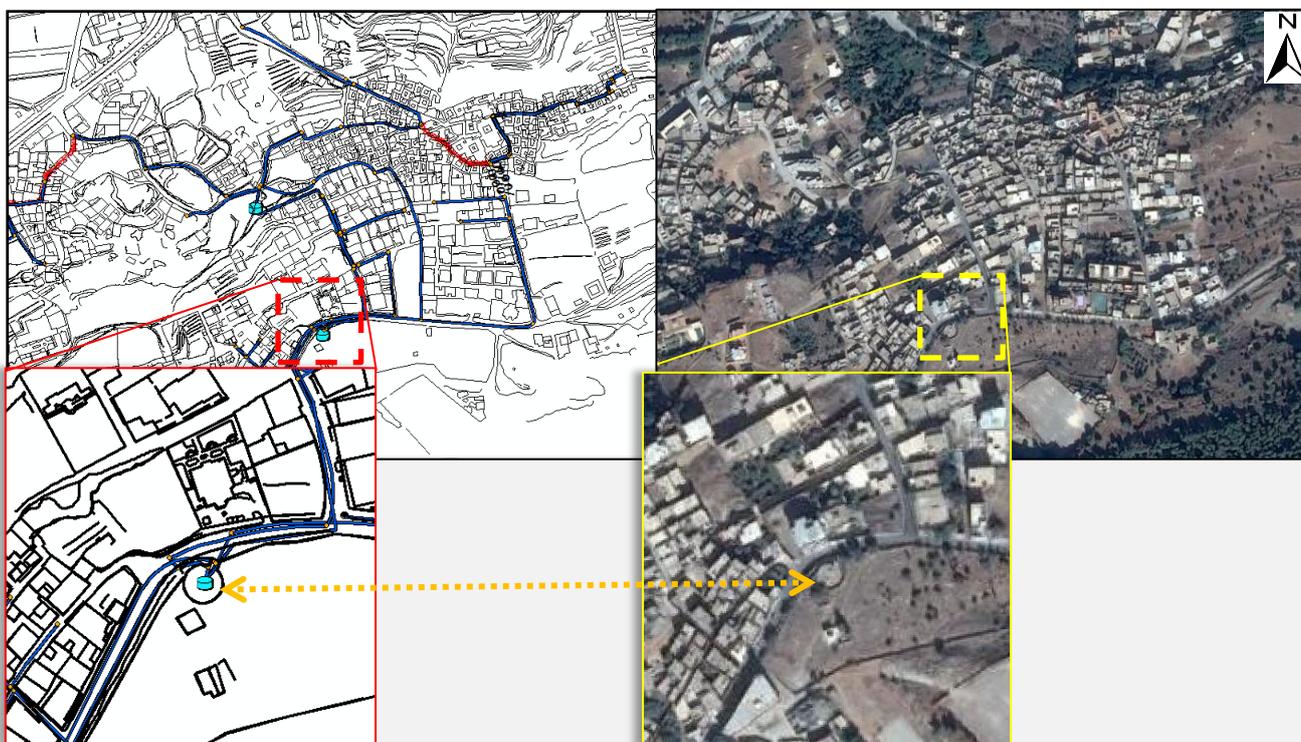


Figure III.8 : Localisation d'un réservoir sur le fond de plan et sur l'image

Il faut répéter cette opération autant de fois que nécessaire pour ajuster tous les points nécessaires au bon géo référencement de votre image. Dans un autre sens il faut ajouter plusieurs points de référencement.

La figure III.9 montre le résultat du calage et la superposition du fond de plan et du réseau.

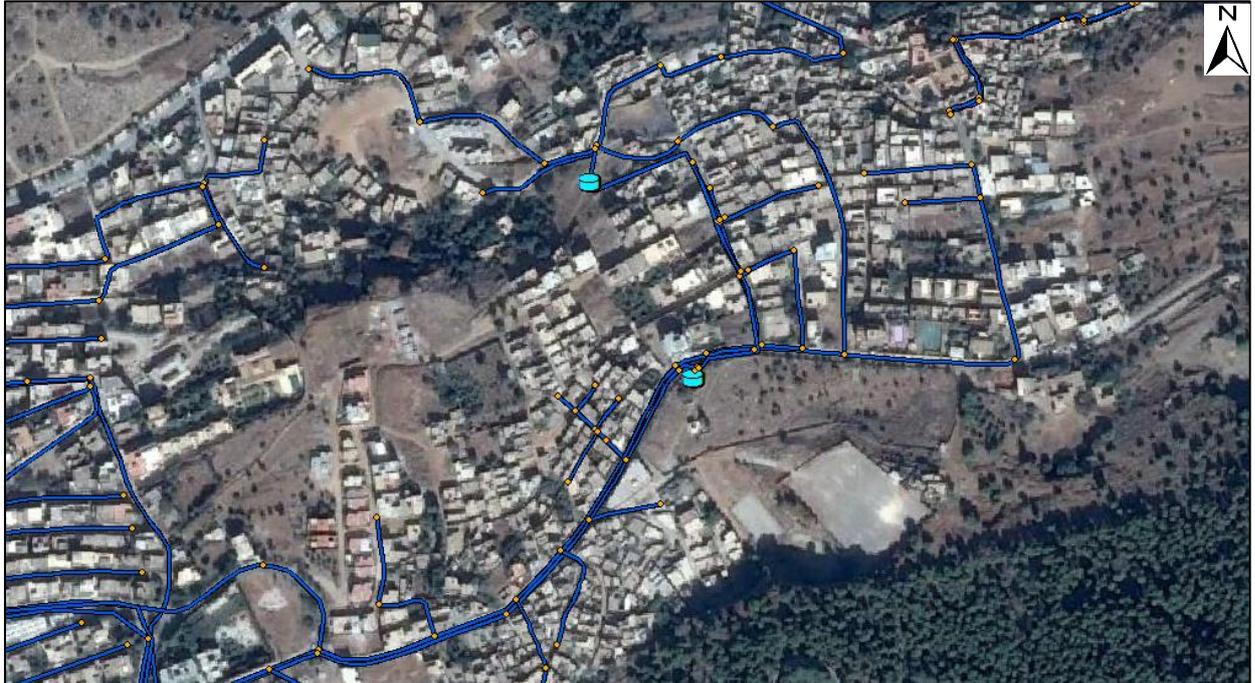


Figure III.9 : Superposition du réseau et l'image satellitaire après calage

Après conversion des couches en format shape et calage de la carte on peut maintenant passer à la modélisation développée dans le chapitre 4

5. Conclusion

Ce chapitre nous a permis de mettre la lumière sur les informations relationnelles à notre zone d'étude de point de vue : géographique, démographie ainsi que la détermination des capacités de stockage de la zone. On a cité aussi les points essentiels de notre choix du SIG. Ces données nous serviront pour entamer la partie modélisation du réseau.

Chapitre IV:

Modélisation du réseau

1. Introduction

Dans ce chapitre, la démarche adoptée pour le réseau qui consiste à utiliser le logiciel de modélisation qui reprend le module de calcul hydraulique en l'intégrant sous un environnement SIG. La modélisation du réseau a été au préalable réactualisée pour définir quelques points essentiels pour le mode d'alimentation de la région sud de la ville de Tlemcen.

2. Modèle utilisé

Le modèle Mike Urban est utilisé comme modèle de calcul dans le cadre de notre travail car il offre beaucoup d'avantages par rapport aux outils de modélisation traditionnels comme les formats de données standards, l'interface utilisateur unique intégré sous SIG et la gestion des données. Son interface est construite directement sur des composants d'ArcGIS.S, basée sur la technologie de la base de données géographique d'ESRI. Son moteur de calcul utilisé pour la modélisation est Epanet version 2.0 (figure IV.1). Donc le Mike Urban utilise la technologie ESRI pour la gestion de sa base de données et Epanet comme un outil de modélisation, avec quelques modules additionnels comme le module pour l'analyse des coups de bélier. L'outil MIKE URBAN permet de réaliser à partir des résultats des simulations toutes sortes de cartes thématiques liées aux réseaux.

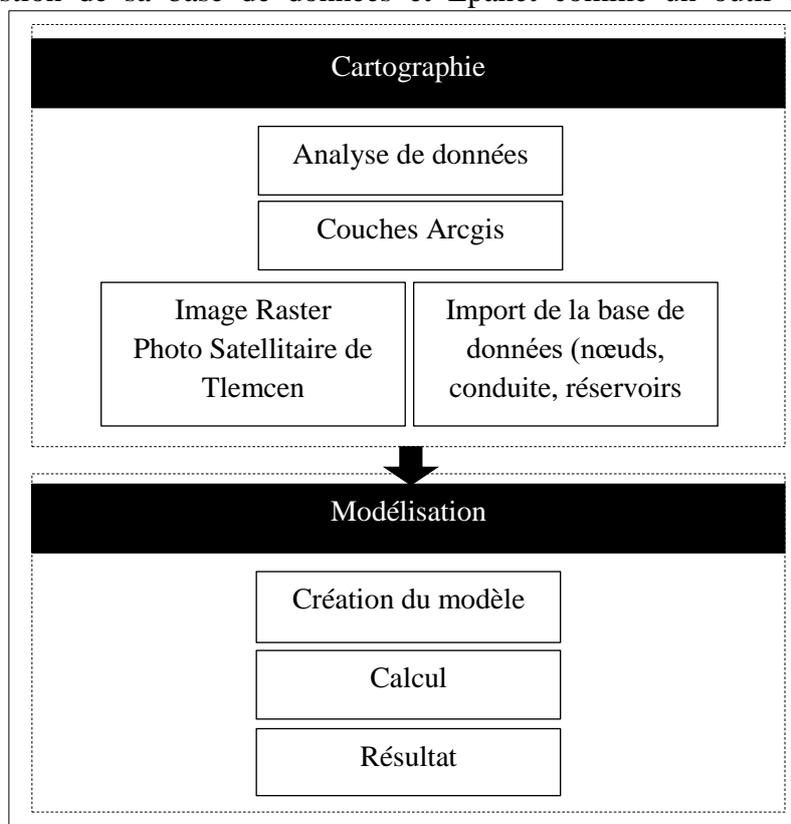


Figure IV.1 : Schéma indiquant la méthodologie d'analyse hydraulique utilisée par Mike Urban

3. Etapes de simulation Mike Urban

Les étapes de simulation sous Mike urban sont illustrées dans les sections suivantes :

3.1. Création de projet :

La première phase étant la création du projet, la figure IV.2 illustre la procédure.

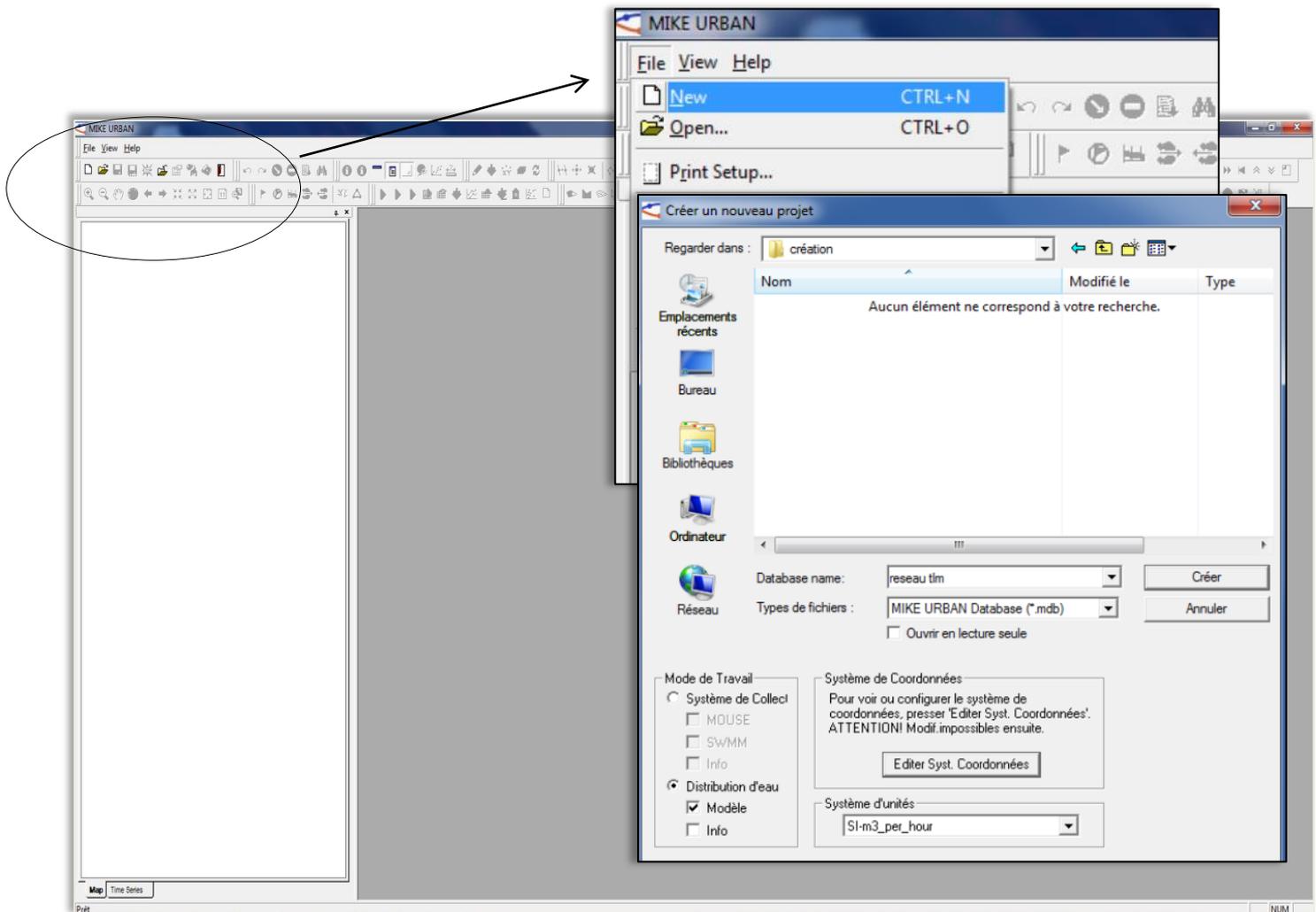


Figure IV.2 : Création d'un projet sous Mike Urban

Ensuite, il faut choisir l'emplacement du projet grâce à l'explorateur, puis de spécifier le nom du nouveau projet et le système d'unité. On a choisi le SI-m3_per_heure.

Chapitre IV : Modélisation du réseau

Il est important de bien choisir le système de coordonnées lors de la création du projet car il ne pourra plus être changé par la suite pour ce projet. L'Algérie est traversée par 4 fuseaux : 29 jusqu'à 32, ayant une amplitude de 6° de longitude, Tlemcen se situe dans la zone 30.

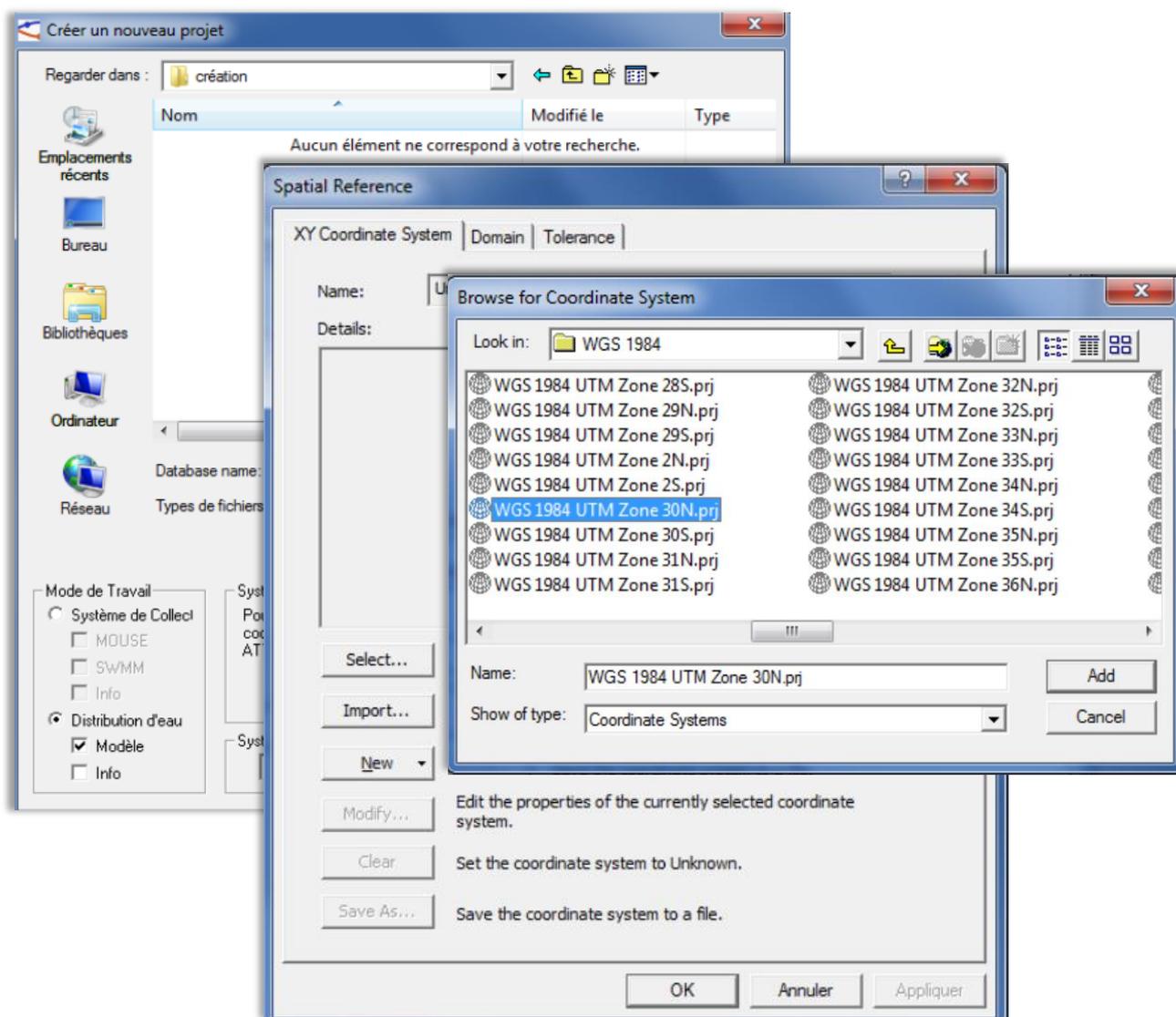


Figure IV.3 : Spécification du système de coordonnées

3.2.Import de base de données

Le réseau du GUT est importé directement, la figure IV.4 présente la procédure.

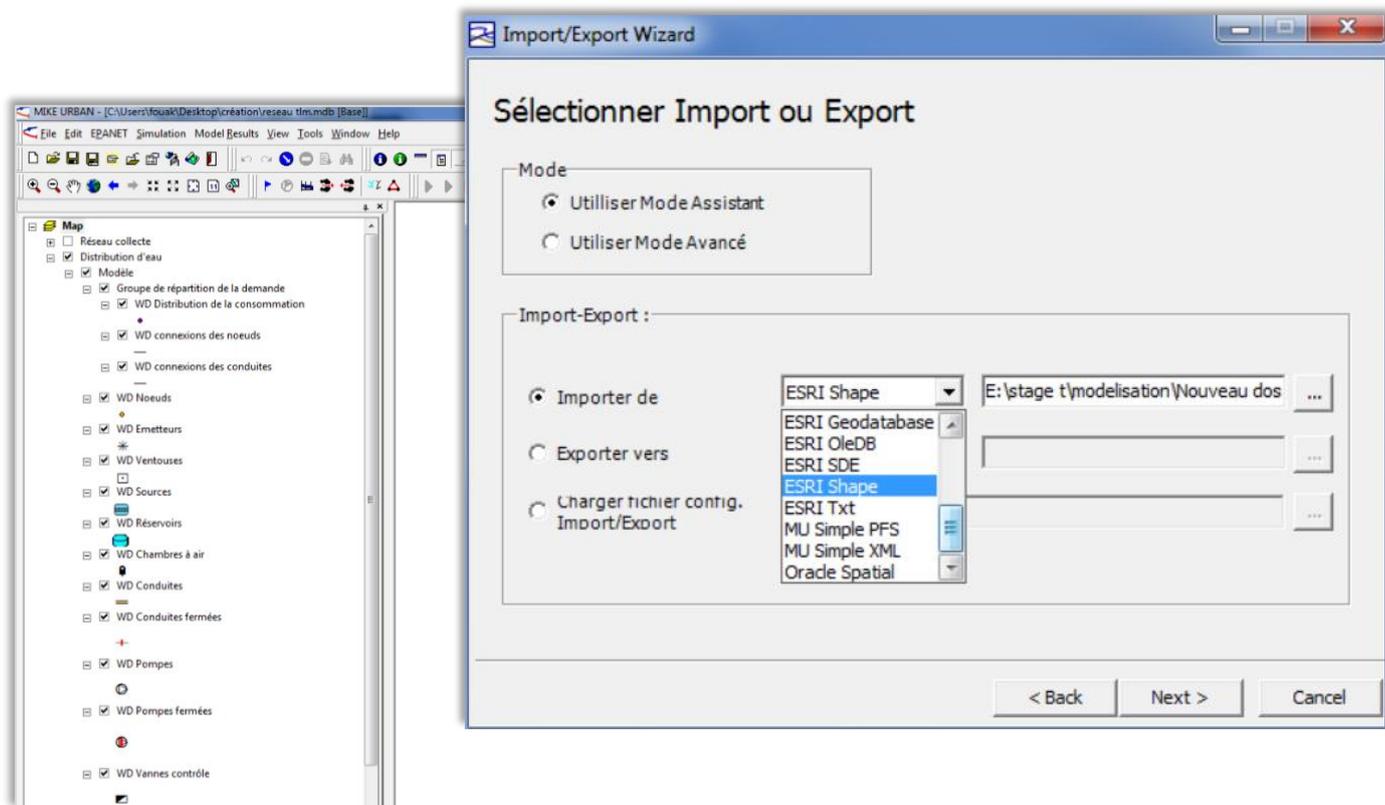


Figure IV.4 : Import des données du réseau d’AEP de Tlemcen sous forme *shape(.shp)*

Parmi les avantages que Mike Urban offre c’est que ce n’est pas nécessaire de convertir ou introduire les éléments depuis Arcgis car les fichiers de formes (shp) sont lisibles et exécutable sur le modèle. Le fichier shp est ‘‘Un fichier de formes constitue un format non topologique simple permettant de stocker les informations relatives à l’emplacement géométrique et aux attributs des entités géographiques’’.[18]

Le réseau se schématise en général sur la base des éléments suivants :

-Les nœuds : données d’entrée

Altitude du nœud

Demande en eau (débit prélevé sur ce point)

Donnée sur la qualité initiale de l’eau (pour un modèle de qualité)

-Les nœuds : données de sortie

Altitude avec la hauteur d'eau
Pression (hauteur d'eau sur le point)
Qualité de l'eau

Nœud-source représentant une source externe de capacité
Infinie (lacs, fleuves, nappes).

Nœud-réservoir est un nœud avec une capacité de stockage dont le volume varie au cours du temps.

-Données d'entrées :

Altitude du fond du réservoir
Dimensions (hauteur, largeur, diamètre)
Niveaux initial, mini et maxi
Qualité de l'eau

-Données de sortie :

Le niveau d'eau varie entre la hauteur mini et maxi
Si l'eau atteint la cote mini, la sortie d'eau est stoppée.
Si l'eau atteint la cote maxi, l'entrée d'eau est stoppée.

Canalisations : données d'entrées

Nœuds de liaison (amont et aval)
Diamètre
Longueur
Coefficient de rugosité
Etat (ouvert, fermé, présence d'un clapet)
Données de qualité

Canalisations : données de sortie

Débit
Vitesse
Perte de charge
Qualité [24].

L'import des différentes couches avec leurs caractéristiques sous Mike Urban est illustré dans les figures IV.5 et IV.6.

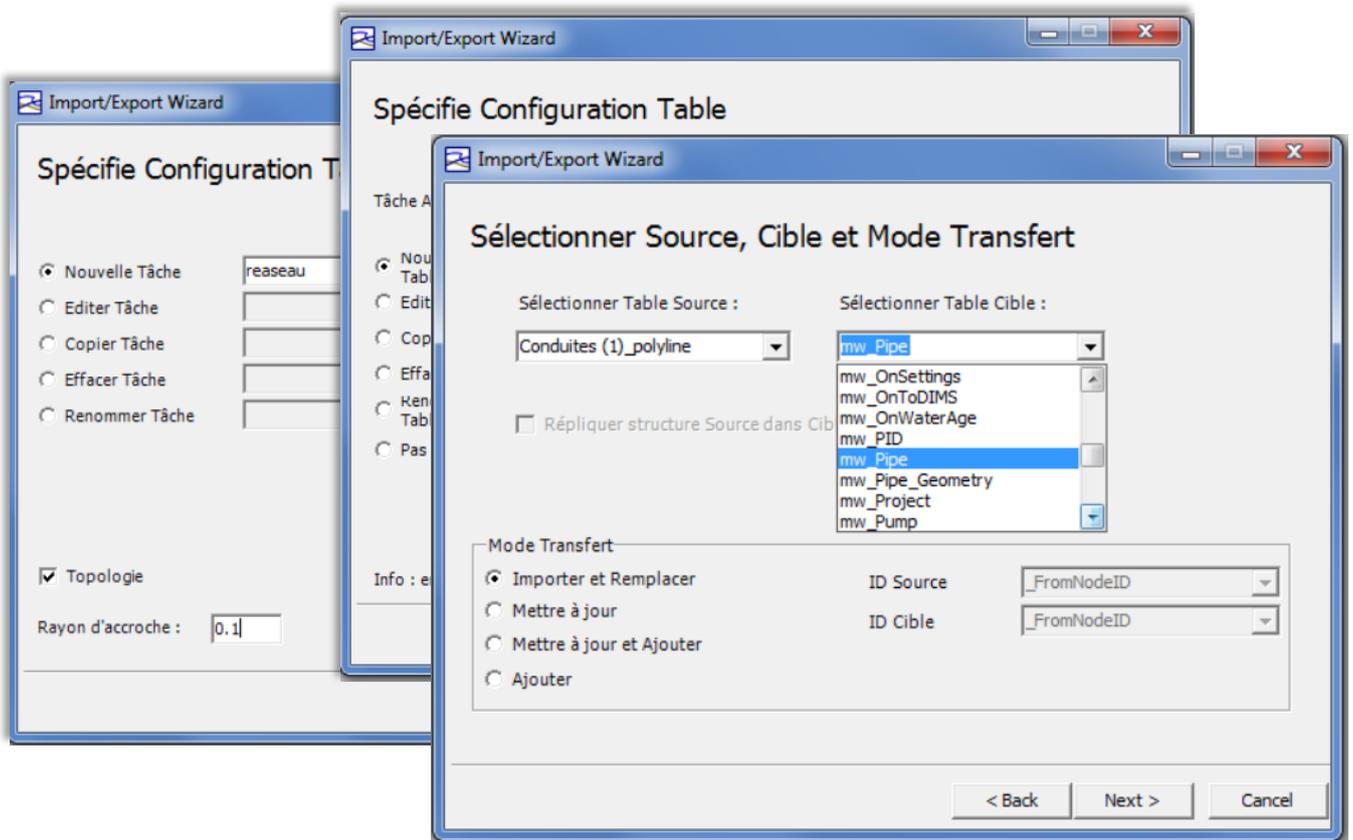


Figure VI.5: Import de la couche 'conduite'

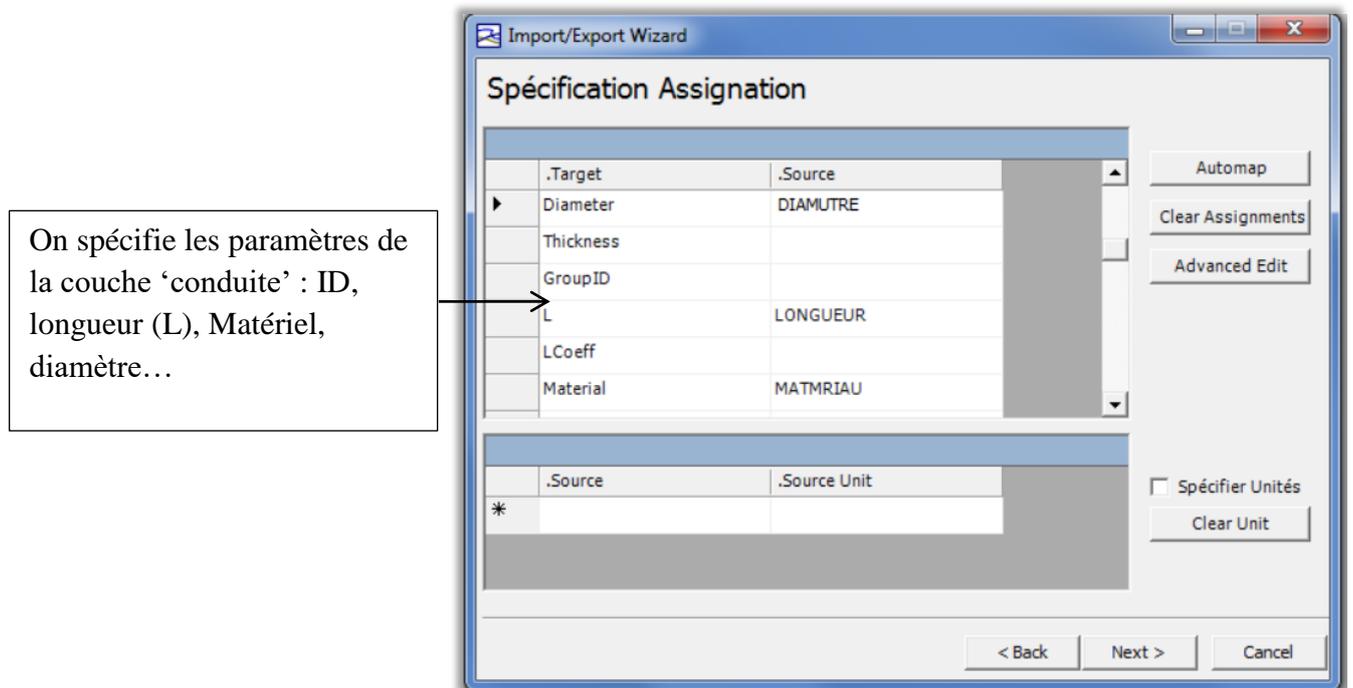
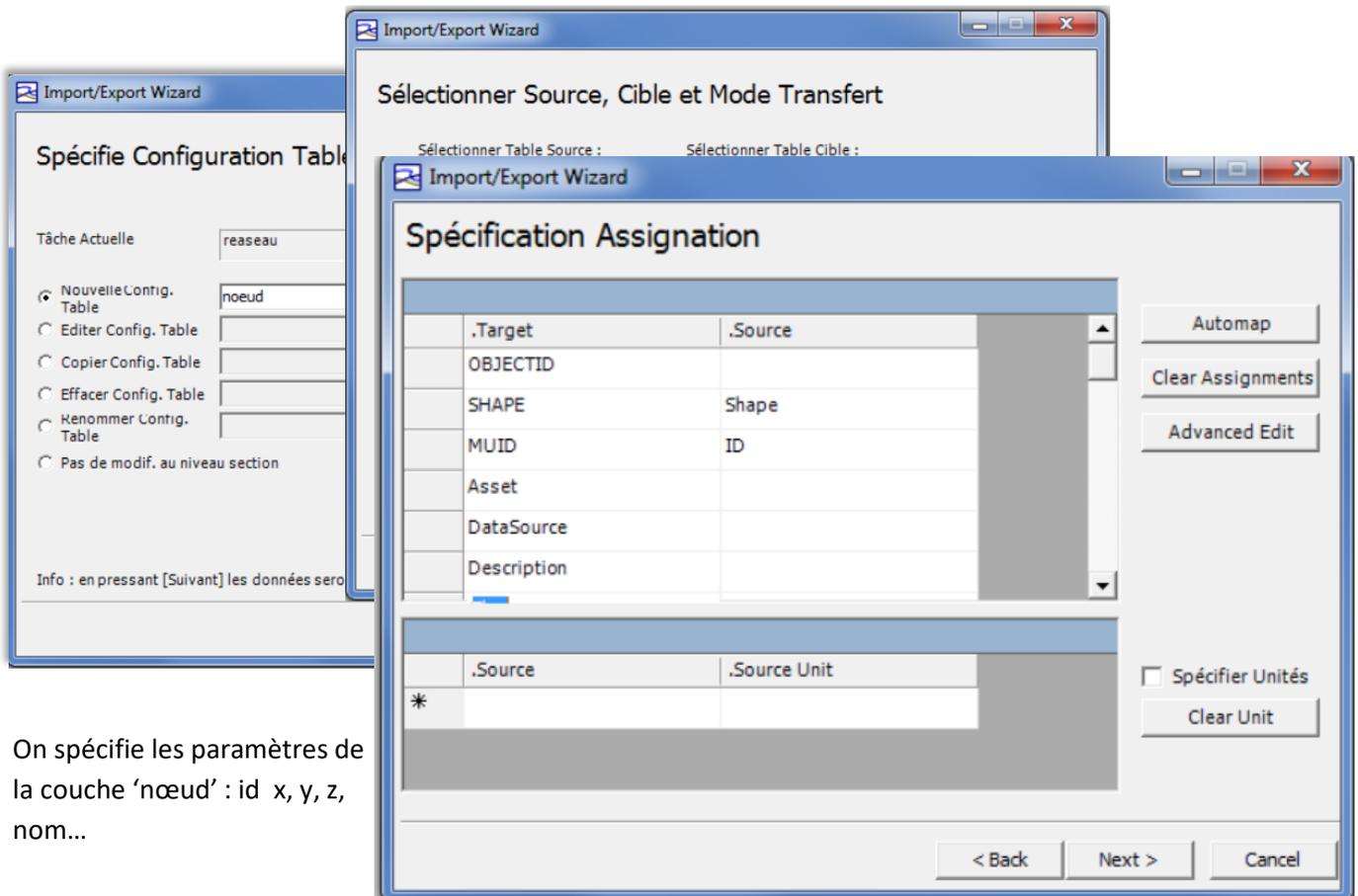


Figure IV.6 : Spécification de la couche 'conduite'

De la même manière la couche des nœuds et réservoirs est importée sous Mike Urban comme c'est montré sur les figures IV.7 et IV.8.



On spécifie les paramètres de la couche 'nœud' : id x, y, z, nom...

Figure IV.7 : Import et spécification de la couche 'nœud'.

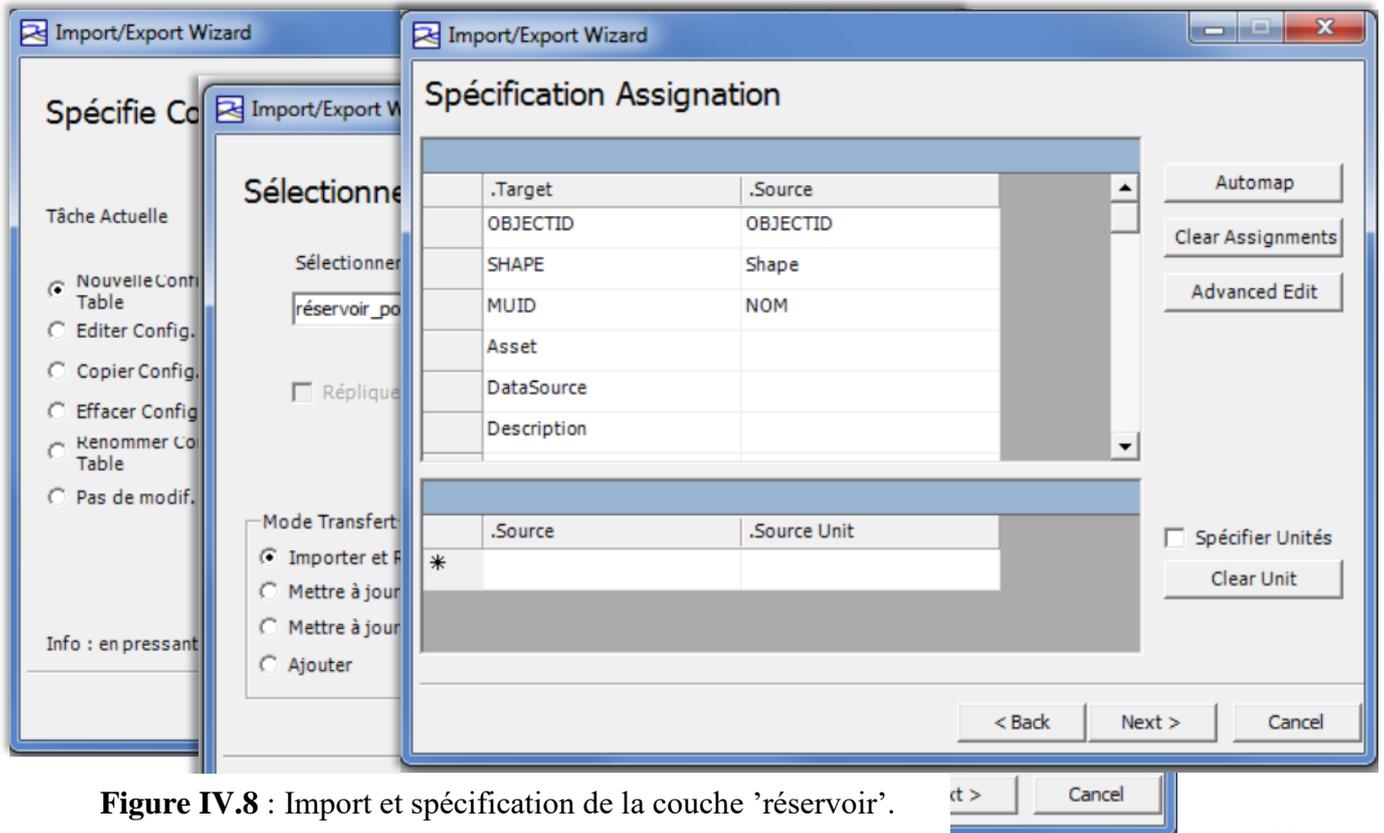


Figure IV.8 : Import et spécification de la couche 'réservoir'.

Chapitre IV : Modélisation du réseau

Les résultats de l'import des couches « conduite » et « nœud » est donné dans la figure IV.9

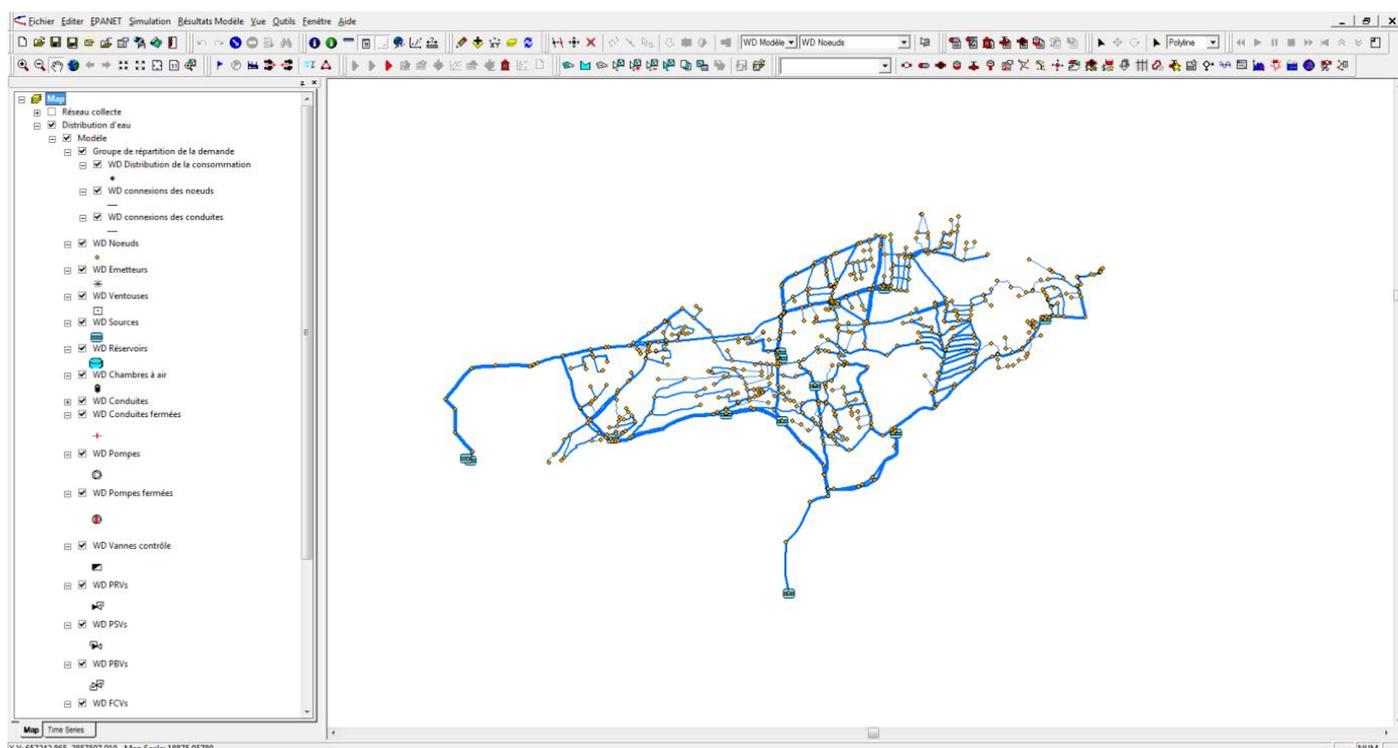


Figure IV.9 : Réseau affiché en Mike Urban.

Parmi les fonctionnalités qu'offrent Mike Urban, la possibilité d'importer une image calée sous Arcgis, pour une bonne visualisation du réseau, le résultat est illustré dans la figure IV.10.

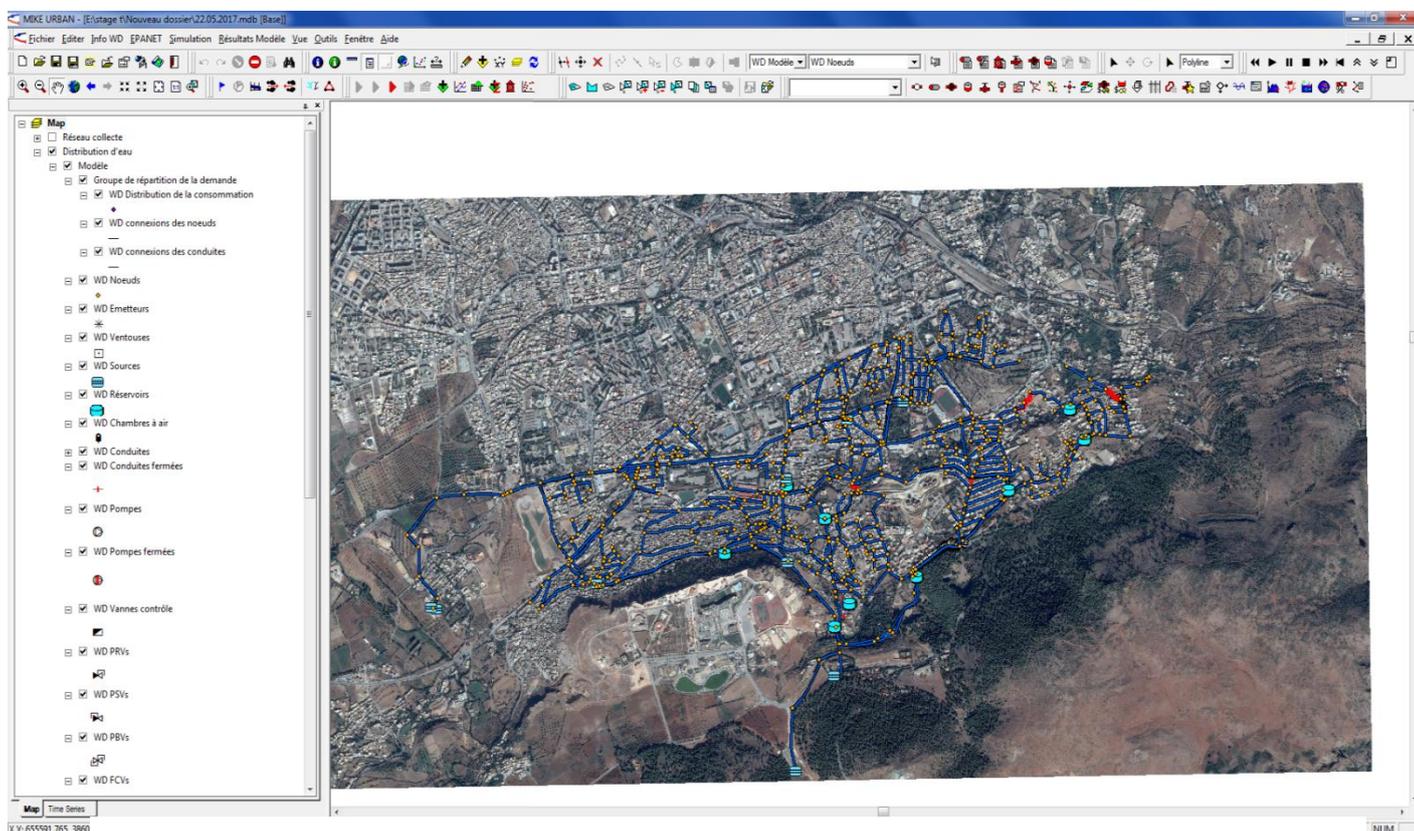


Figure IV.10 : Réseau affiché en Mike Urban avec import d'une couche 'Carte Tlemcen'.

3.3. Affectation de la consommation :

3.3.1. Calcul de population :

On a calculé la population de l'année 2017 en utilisant la formule :

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

Avec:

P_n : Population à l'horizon considéré

P_0 : Population de base

n : Intervalle des années considérées

α : Taux d'accroissement moyen de la population (2008-2017).

Tableau IV.1 : Evolution de la population

	2017	2008	Taux d'accroissement de la population (%)
Tlemcen	147911	140158	0.6
Boudghen	9973	9450	0.6
Sidi Chaker	4238	4016	0.6
Riadh	4026	3815	0.6
Kelaa Inférieur	7820	7410	0.6
Sidi Tahar	952	902	0.6
Sidi Boumedien	1319	1250	0.6
Birouana	1265	1199	0.6
Hartoun	724	686	0.6
Riadh El Hamar	758	718	0.6
Bel air	812	769	0.6
Kelaa Supérieur	1234	1169	0.6

3.3.2. Calcul du débit moyen :

Les besoins en eau sont calculés en se basant sur une dotation de 150 l j/hab

Le débit moyen est calculé en multipliant le nombre d'habitants par la dotation.

Chapitre IV : Modélisation du réseau

Les besoins des équipements sont estimés à 15% des besoins domestiques (Gémella, 1986). Les pertes sont estimées à 35% (Dupont, 1979). Les débits de chaque quartier sont donnés dans le tableau IV.2

Tableau IV.2 : Débit de chaque quartier.

	Q moy(l/j)	Q(m³/h)
Boudghen	1495908,03	62,33
Sidi Chaker	635721,34	26,49
Riadh	603903,61	25,16
Kelaa Inférieure	1172981,85	48,87
Sidi Tahar	142784,03	5,95
Sidi Boumedien	197871,43	8,24
Birouana	189798,28	7,91
Hartoun	108591,84	4,52
Riadh El Hamar	113657,35	4,74
Bel air	121730,51	5,07
Kelaa Supérieure	185049,36	7,71
		207,00

Par mesure de sécurité de l'alimentation en eau potable, le débit moyen pris pour le calcul est 300 m³/h.

3.3.3. Profil journalier :

On a introduit sur Mike le profil journalier d'une région urbaine similaire à celle de notre zone d'étude comme c'est illustré dans le tableau IV.3 et la figure IV.11.

Tableau IV.3 : La variation de la consommation au cours de la journée.

Heure	Coef	Q moy	Q
00h à 1h	0,57	300	171
1h à 2h	0,49	300	147
2h à 3h	0,51	300	153
3h à 4h	0,44	300	132
4h à 5h	0,48	300	144
5h à 6h	0,49	300	147
6h à 7h	0,54	300	162
7h à 8h	0,74	300	222
8h à 9h	0,99	300	297
9h à 10h	1,2	300	360
10h à 11h	1,24	300	372
11h à 12h	1,33	300	399
12h à 13h	1,56	300	468
13h à 14h	1,64	300	492
14h à 15h	1,5	300	450
15h à 16h	1,18	300	354
16h à 17h	1,1	300	330
17h à 18h	1,26	300	378
18h à 19h	1,22	300	366
19h à 20h	1,2	300	360
20h à 21h	1,29	300	387
21h à 22h	1,12	300	336
22h à 23h	1,07	300	321
23h à 00h	0,82	300	246

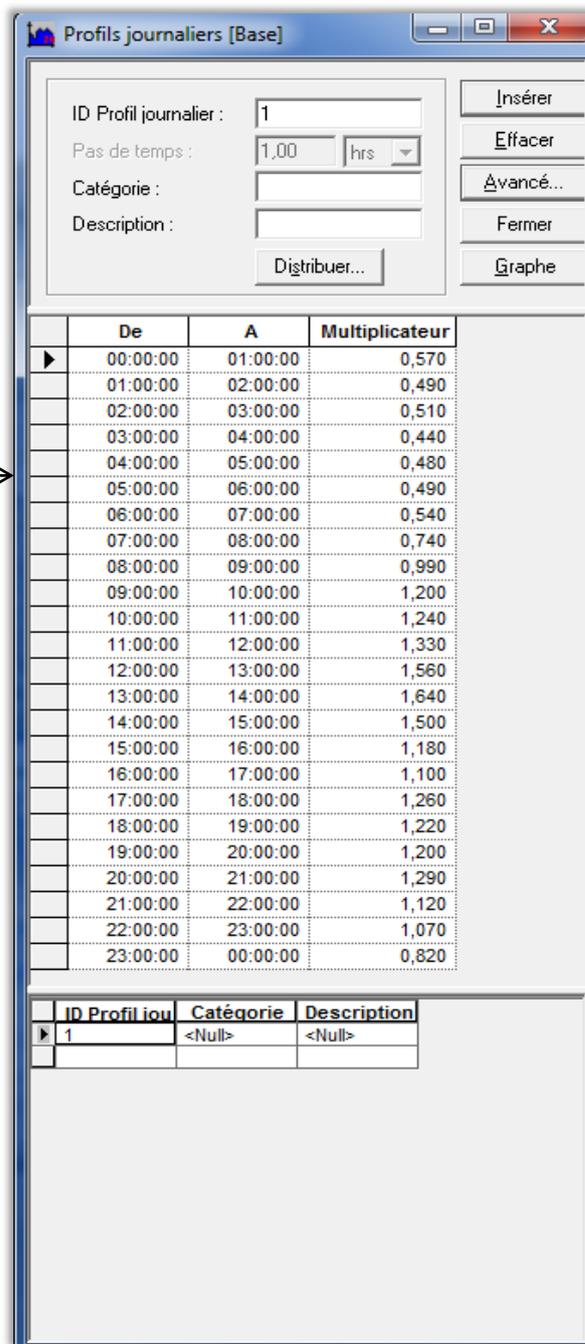


Figure IV.11 : Création d'un profil journalier.

Le profil journalier se fait en fonction de la somme des besoins journaliers qu'il y a lieu de satisfaire. Selon Dupont (1979), Les débits sortants sont variables selon l'heure de la journée, le jour de la semaine, la saison. Dans notre étude, nous retenons le profil d'une région dont ses débits entrants sont mesurés à l'aide des appareils de mesures posés dans une chambre à l'entrée principale de la conduite qui alimente cette région (figure IV.12), et des compteur en aval pour mesurer les débit sortant. Le rapport entre les débits sortants et entrants nous donne les coefficients de consommation.

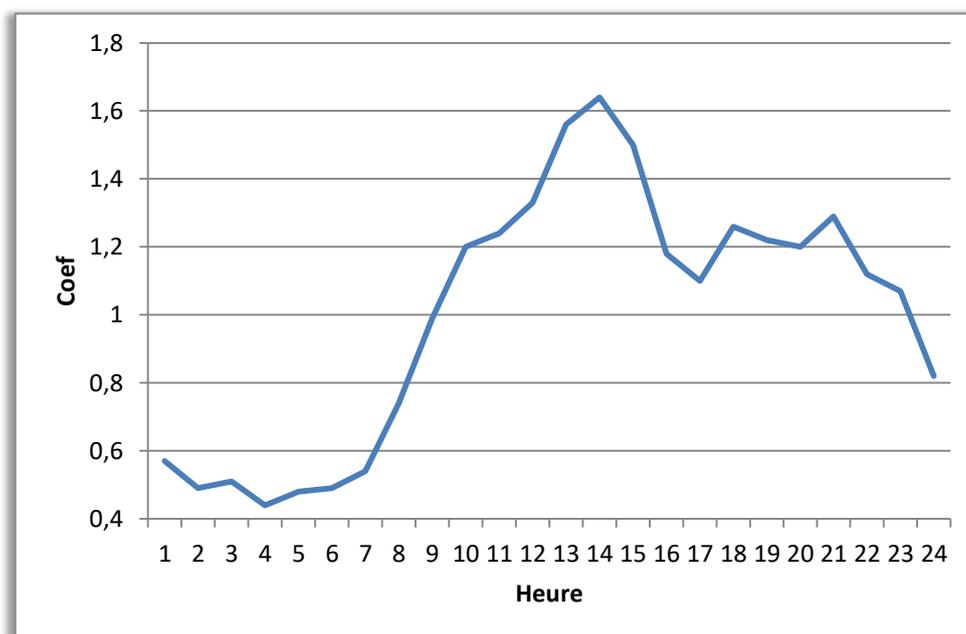


Figure IV.12 : La courbe du profil journalier.

La figure IV.12 montre que la consommation est élevée de 11h à 15 h et cela s'explique par le fait que c'est une période de pointe.

3.3.4. Calendrier journalier

Le calendrier permet d'introduire le pas de temps, dans un autre sens on programme le modèle d'utiliser notre profil journalier pour tous les jours en cochant la case « chaque jour » ou choisir que ce profil ne sera valable que pour les jours de semaine, les week-ends ou certains jours spécifiques.

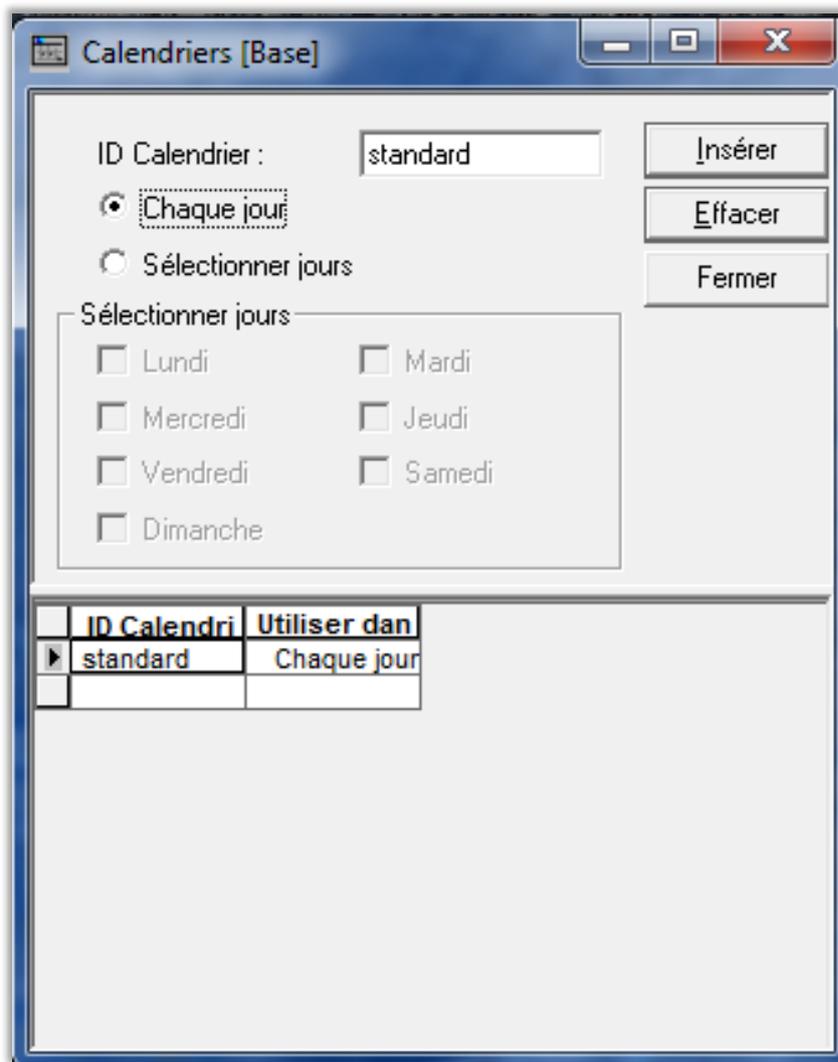


Figure IV.13 : Calendriers.

3.3.5. Profil cyclique :

Le profil cyclique permet de choisir ou de contrôler les jours de simulation. Par exemple, il y a des cas où on ne simule pas quotidiennement, on peut introduire plusieurs profils journaliers et calendriers vu que durant l'année la consommation varie par saison ou par jours exceptionnelles. Pour notre cas, on a considéré que toutes les journées sont pareilles en matière de consommation. C'est pour cela on a introduit un seul profil journalier et un seul calendrier.

On a inséré notre profil journalier et calendrier pour rendre ce profil cyclique valable pour les demandes importées (figure IV.14).

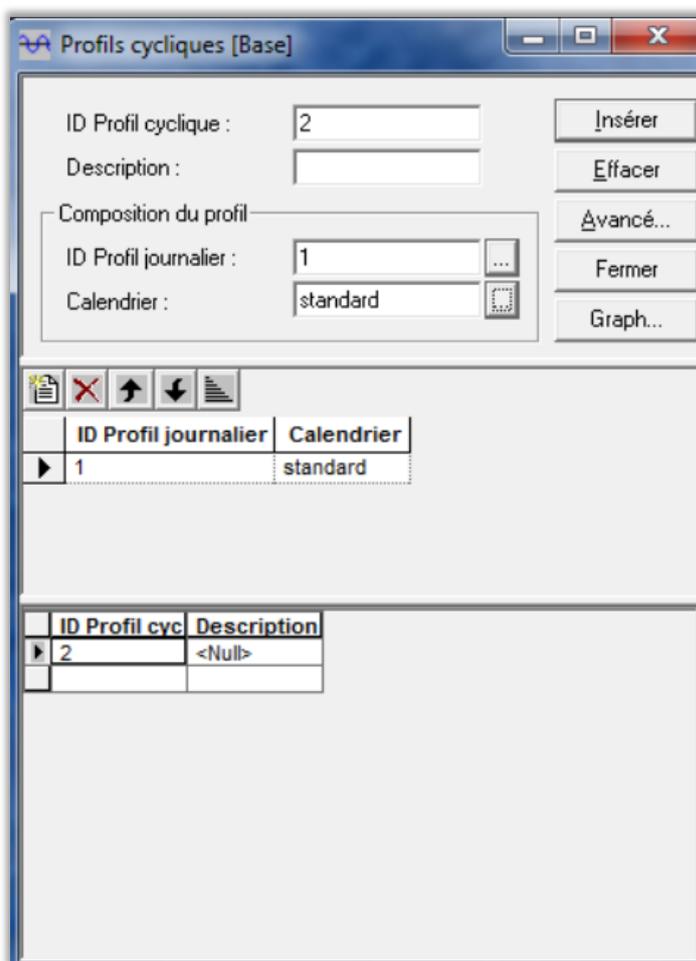


Figure IV.14: Profil cyclique

3.3.6. Définition de la demande sur le réseau :

On introduit le débit moyen calculé auparavant (figure IV.15) et la méthode de distribution qui représente la demande totale du réseau.

La méthode des longueurs des conduites réduites signifie que la distribution se fait selon diamètre

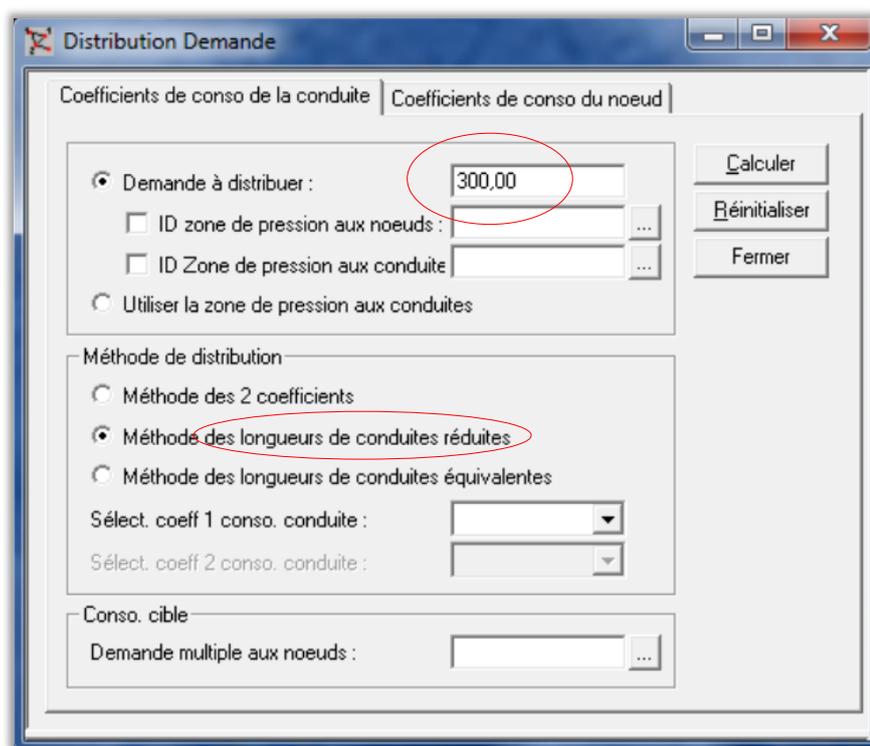


Figure IV.15 : Distribution globale de la demande sur le réseau

Après la création du profil cyclique on l'introduit dans la consommation multiple pour que les nœuds aient une demande qui varie selon le profil journalier (figure IV.16).

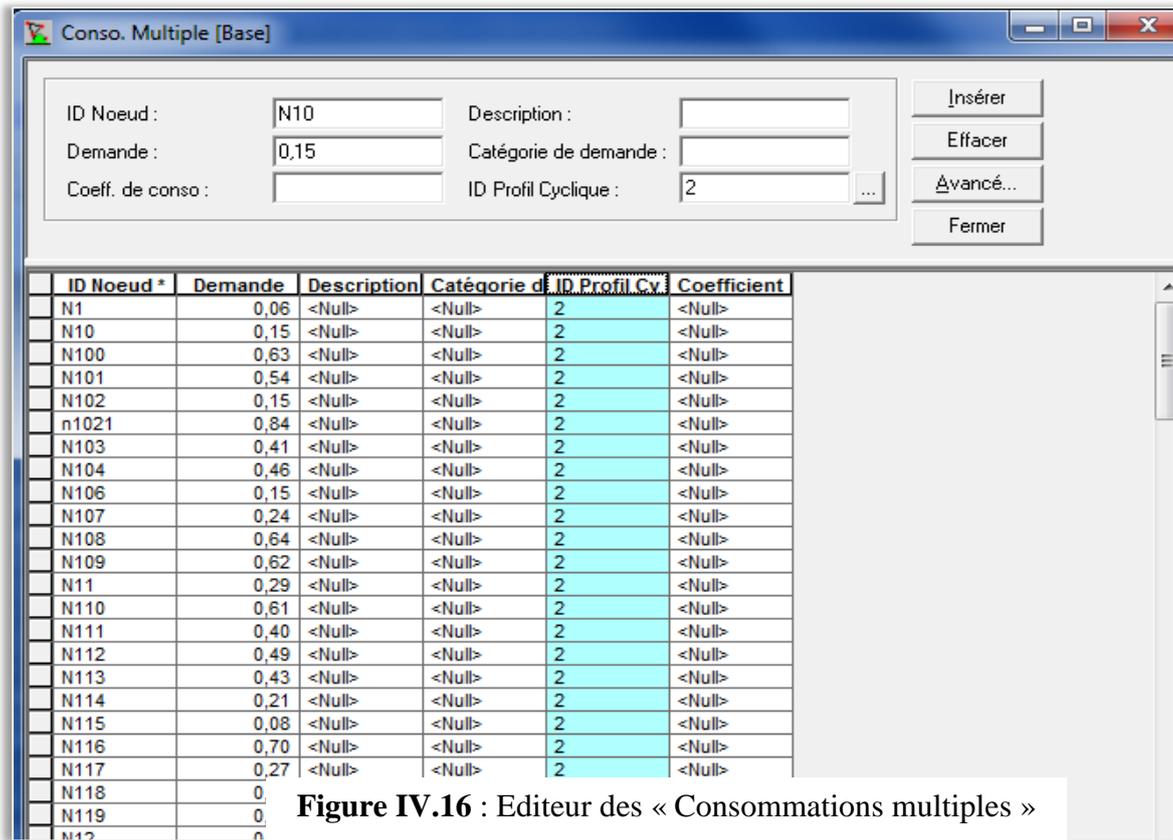


Figure IV.16 : Editeur des « Consommations multiples »

3.4. Simulation du fonctionnement du réseau :

Après avoir défini le réseau de distribution, on lance les calculs sur le modèle, le modèle lance une vérification de données. Après plusieurs simulations échouées causées par les erreurs, on a pu avoir une simulation réussie en corrigeant les erreurs signalées par le modèle (figure IV.17).

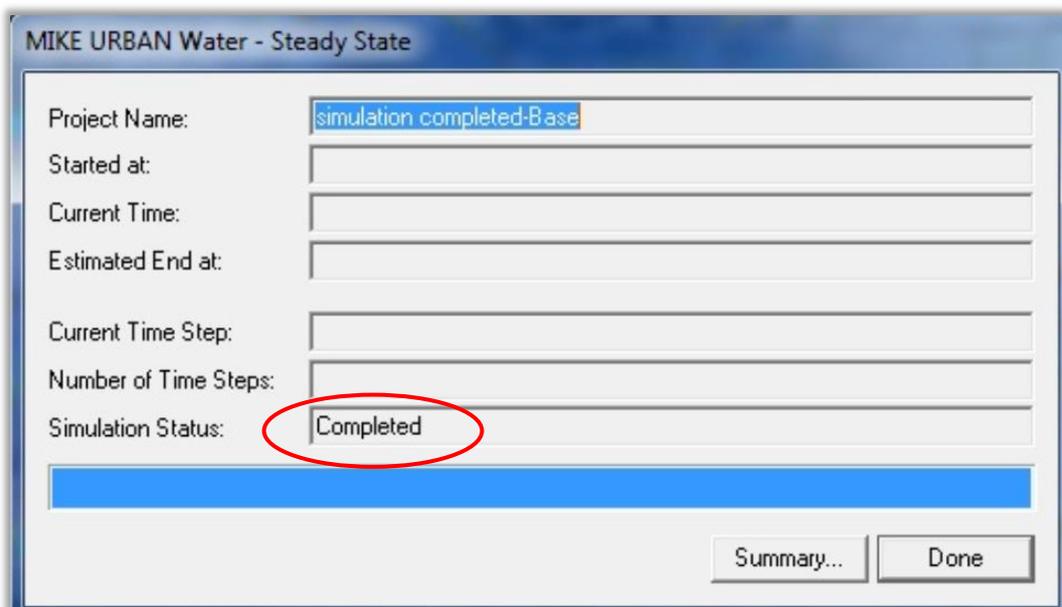


Figure IV.17 : Simulation réussie

3.5. Analyse des résultats:

Une fois la simulation effectuée, on a chargé les résultats de l'analyse en sélectionnant Résultats Modèle | Charger Résultats de simulation | Résultats EPANET (figure IV.18).

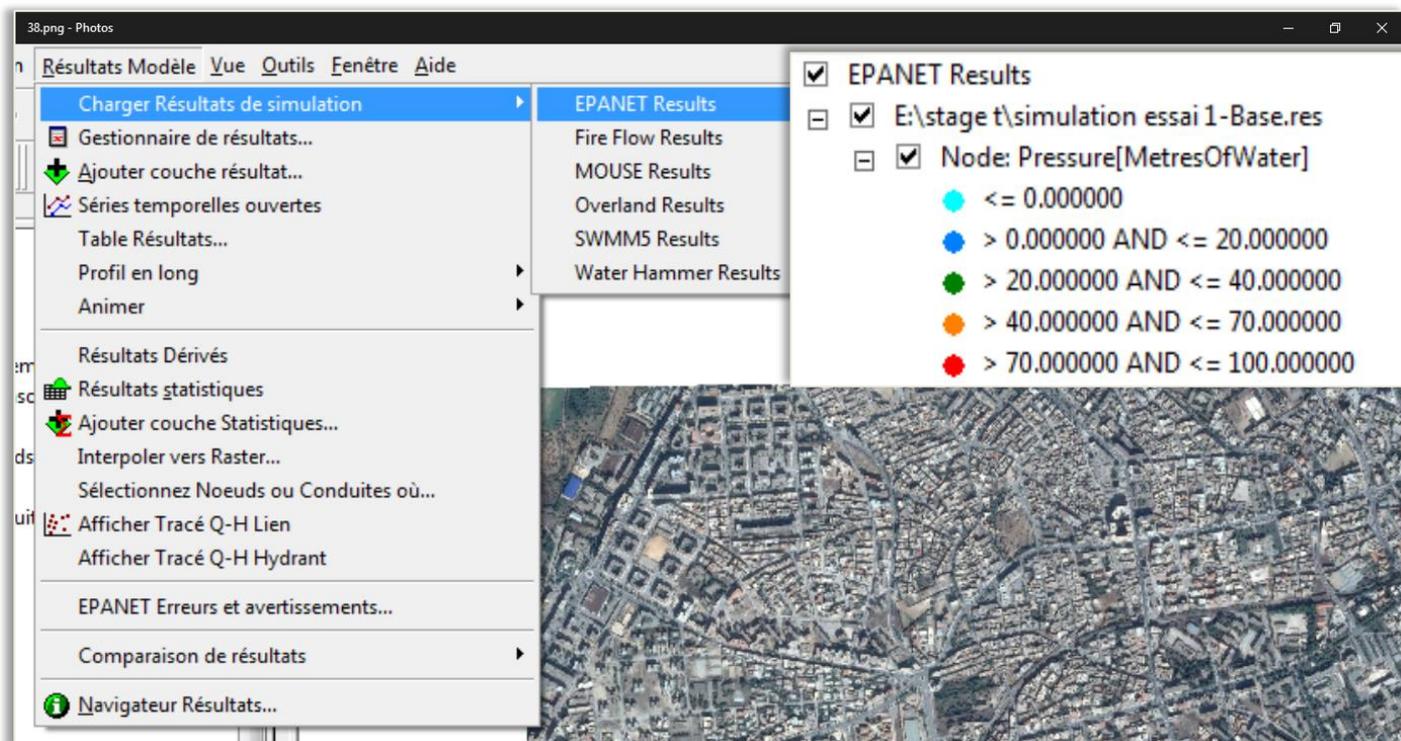


Figure IV.18: Résultats Epanet

Une fois les résultats chargés, on s'est intéressé par les éventuelles erreurs et avertissements intervenus durant la simulation en sélectionnant Résultats Modèle | EPANET Erreurs et avertissements.

Les résultats préliminaires de la simulation pour la totalité du réseau ont présentés beaucoup de problèmes, plusieurs messages d'erreurs ont été générés. la figure IV.19 représente différentes sections avec différentes marges de pression d'où on site :

La zone de BIROUANA qui a des pressions nulles d'où l'alimentation ne peut pas se faire et c'est dû à l'emplacement de cette localité point de vue du point le plus long pour la distribution par rapport au réservoir.

Résultats de simulation (scénario 1)

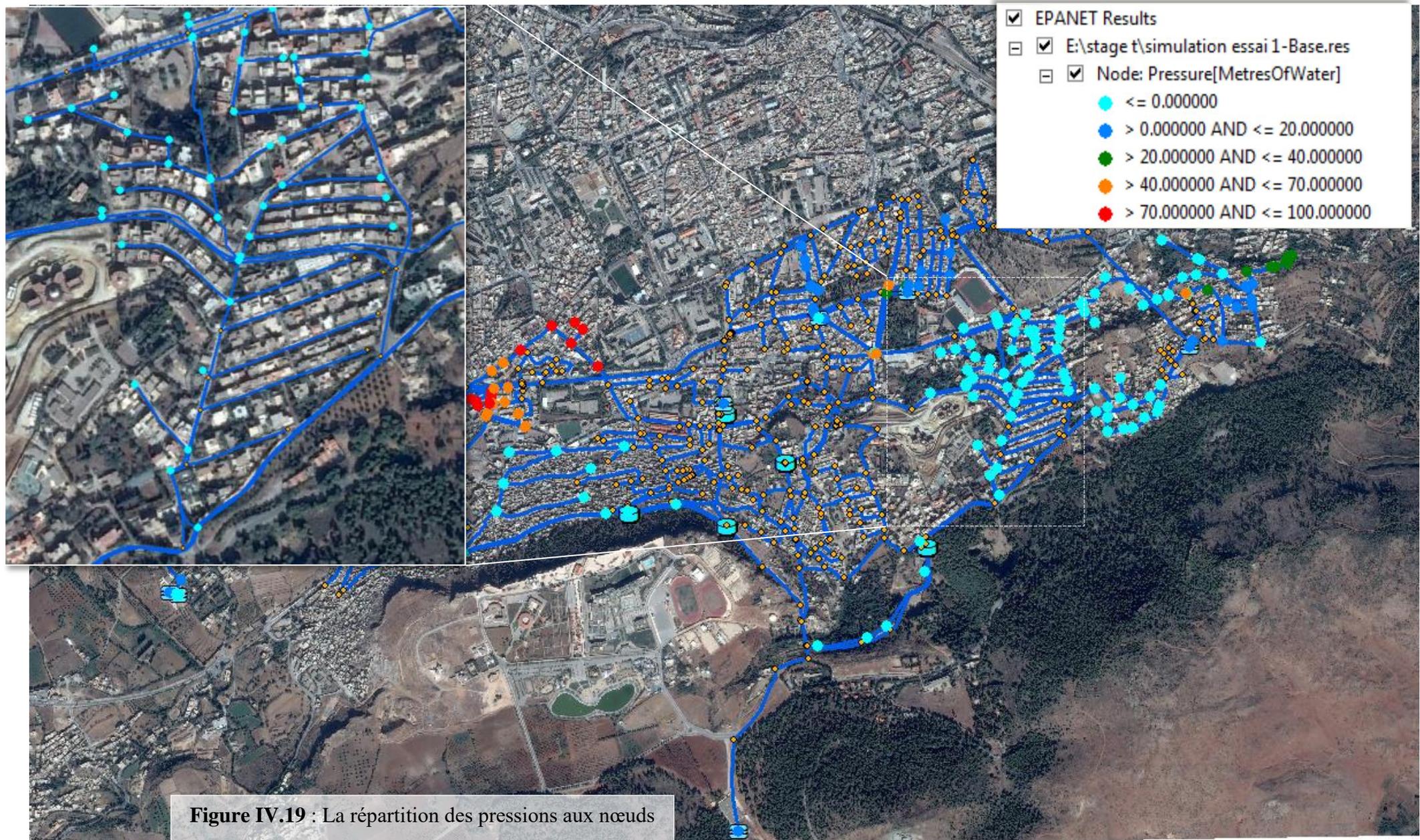


Figure IV.19 : La répartition des pressions aux nœuds

Chapitre IV : Modélisation du réseau

Pour la zone de KALAA et sidi CHAKER, les pressions obtenues sont supérieures aux normes de distribution exigés ce qui vas générer des problèmes d'exploitation (apparition de fuites par exemple).

Les zones à problèmes (faible ou fortes pressions) sont analysés en détails, un exemple est donné dans la figure IV.20 où on remarque la variation de la pression au nœud 'N202' au cours de la journée

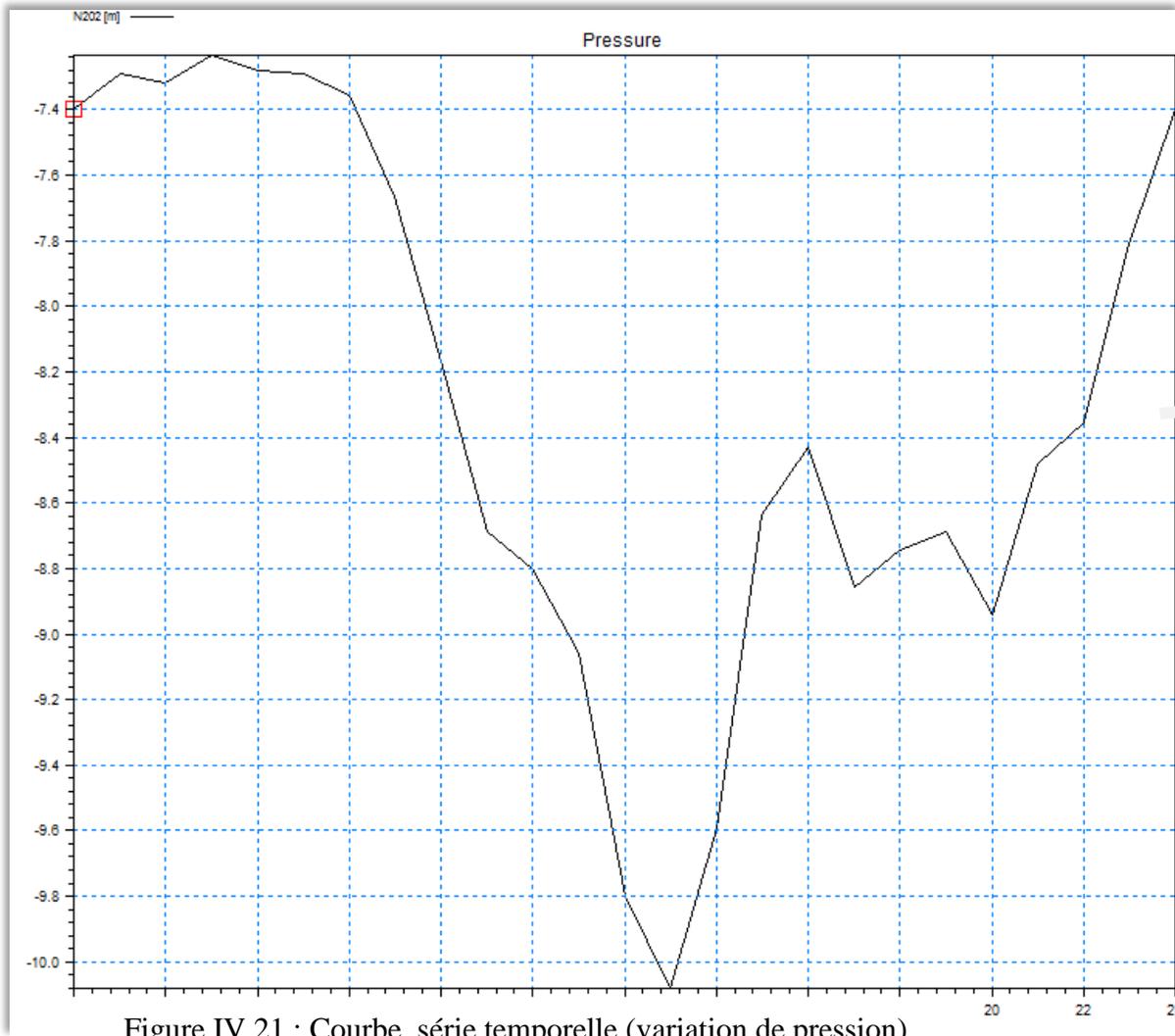


Figure IV.20: Hauteurs d'eau au nœud 'N202'

4. Modifications apportées :

4.1. Modifications apportées à la zone de BIROUANA

les modification (Figure IV.22) apportées à la zone de BIROUANA sont les suivantes :

Un brise charge dont les caractéristiques sont données dans le tableau IV.4 . Il a été inséré dans le système pour pouvoir corriger le problème des pressions.

Tableau IV.4 : caractéristiques du brise charge BIROUNA

Nom	Capacité M ³	Type	X (m)	Y (m)	Cote_TN (m)
BIROUANA BC	150	BC	655703.5	3860006.07	903.2

Aussi, deux vannes de sectionnement :

La première vanne (V1) est entre les nœuds dont les caractéristiques sont citées dans le tableau.

Tableau IV.5 : caractéristiques des nœuds limitant la vanne

Nom	X (m)	Y (m)	Z (m)
N724	655 508,587	3 860 380,252	821
N225	655 498,863	3 860 376,681	821

La deuxième vanne (V2) est entre les nœuds dont les caractéristiques sont citées dans le tableau.

Tableau IV.6 : caractéristiques des nœuds limitant la

Nom	X (m)	Y (m)	Z (m)
N281	655 499,194	3 860 048,331	881
N280	655 489,205	3 860 040,342	881

Et une vanne de régulation de pression dont la position d'implantation est donnée dans la figure IV.22.

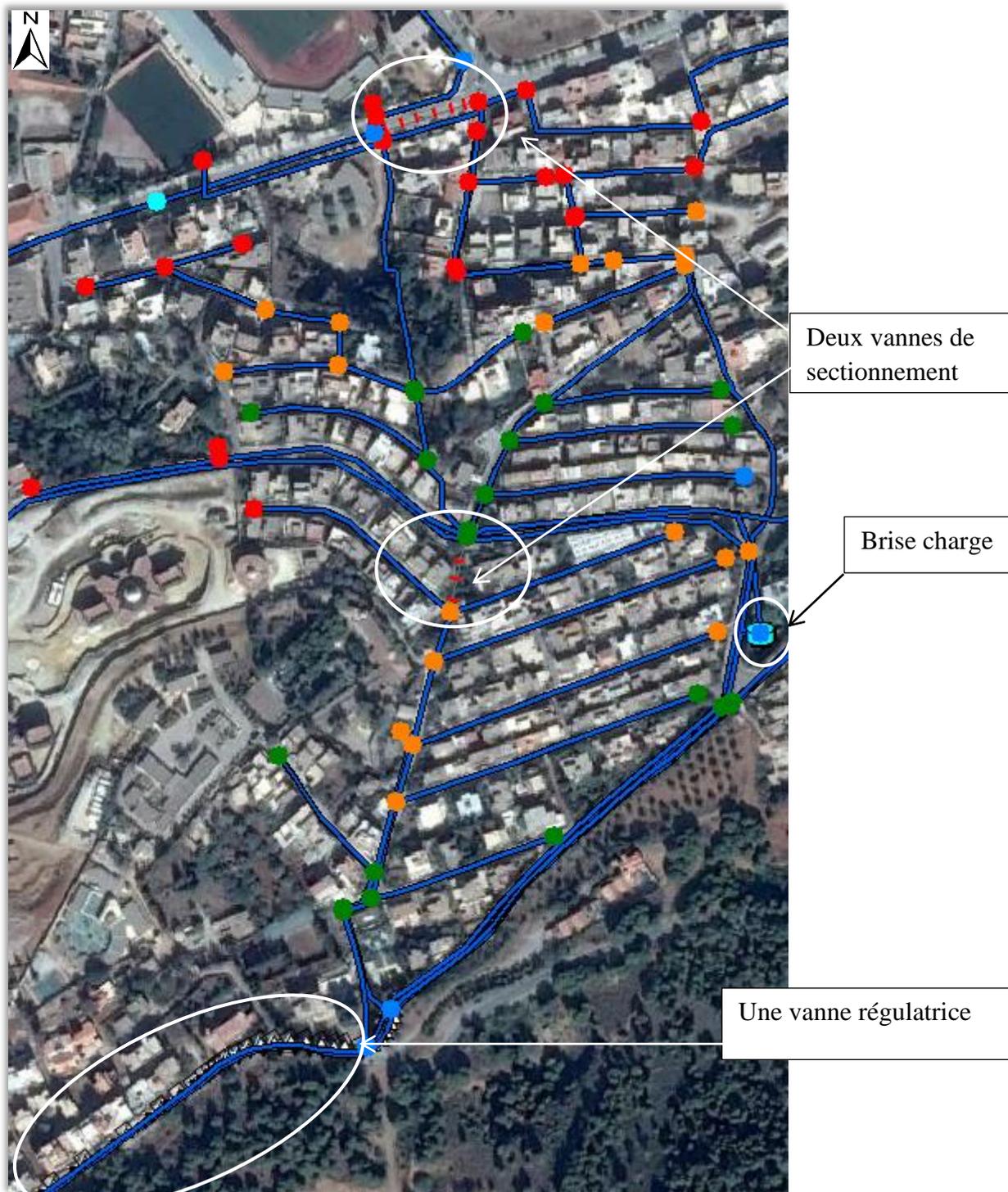


Figure IV.22 : Modifications apportées à la zone de BIROUANA

-La vanne d'arrêt ou vanne de sectionnement permet de stopper la circulation d'un réseau hydraulique, pour des besoins techniques ou de maintenance entretien.

Elles sont installées pour permettre d'isoler les différentes branches du réseau. Cela permet de couper l'alimentation de certaines zones en cas de fuite ou de travaux d'entretien. Ces vannes sont installées à chaque jonction importante.

-Vanne réductrice de pression (PBV) : entraîne une perte de pression à travers la vanne.

-Un brise charge est un réservoir intermédiaire, qui ramène la pression dans le réseau à la pression atmosphérique.

Les caractéristiques de la vanne sont données dans la figure IV.23.

ID Vanne*	Info ID	Donnée sou	Description	Diamètre	Coefficient	ID Zone de	Caractér
▶ 16	<Null>	<Null>	<Null>	300,00	0,600	<Null>	30,

Figure IV.23 : Editeur des Vannes

Après modification, les résultats de la zone de Birouana sont donnés dans la figure IV.24

Série temporelle (après modification)

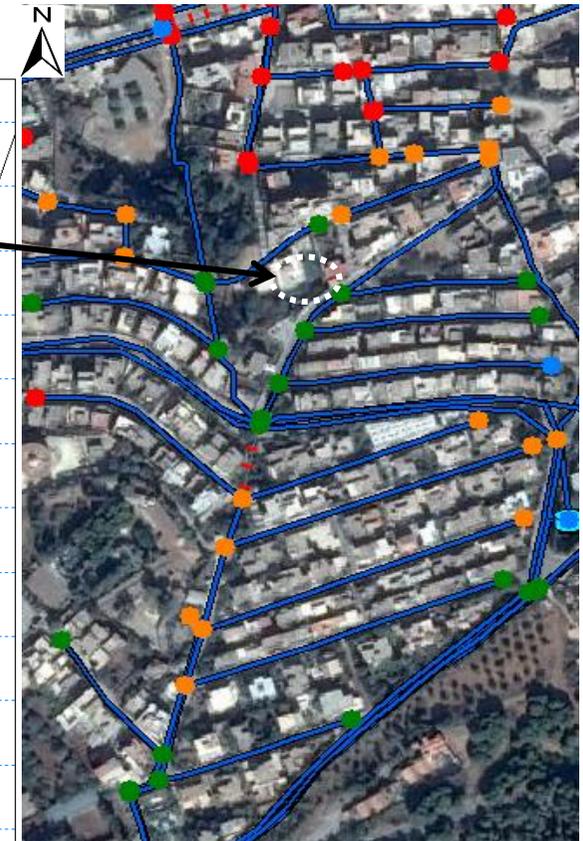
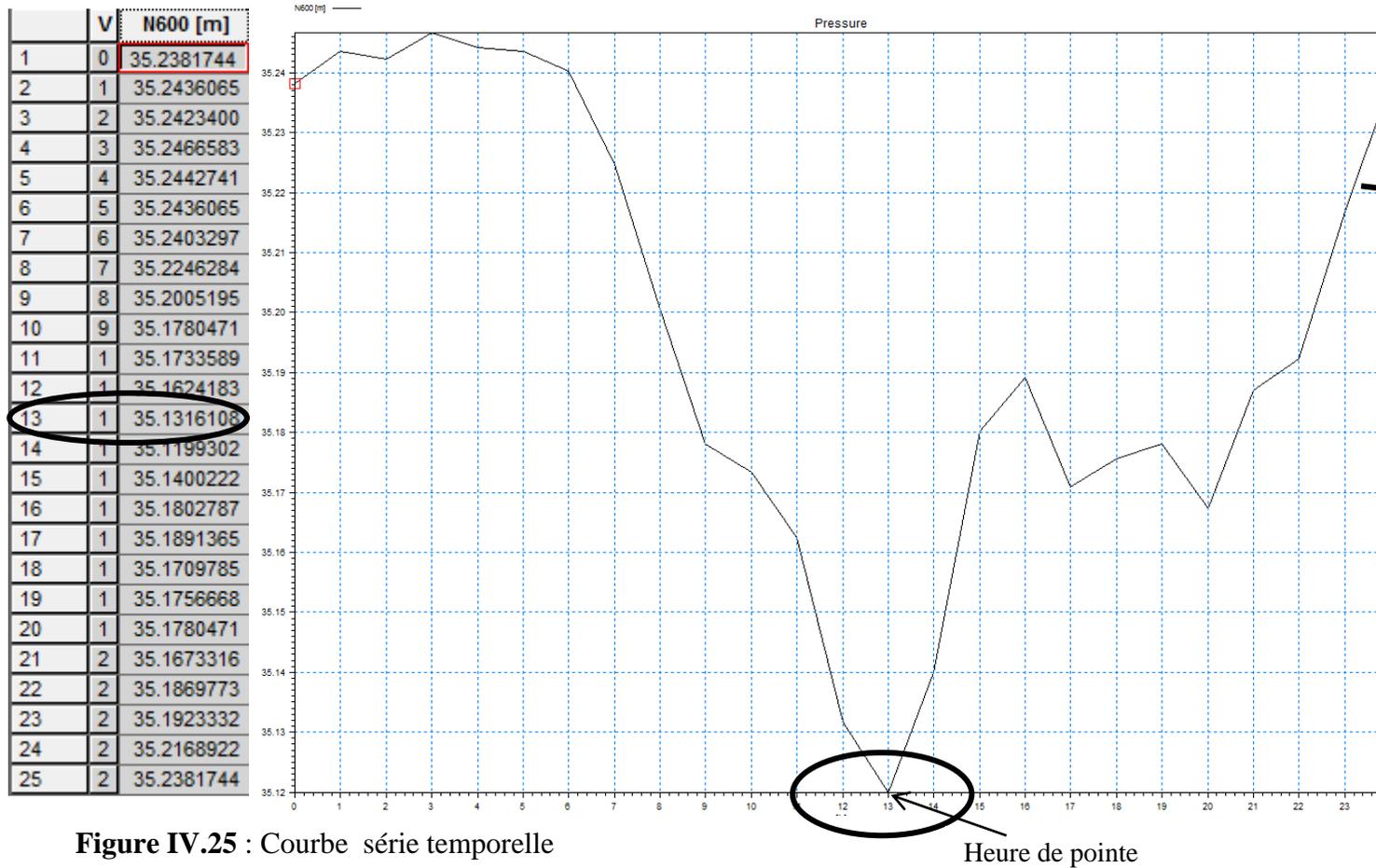


Figure IV.24 : Hauteurs d'eau au nœud 'N202' après modifications

Figure IV.25 : Courbe série temporelle

Heure de pointe

On remarque après les modifications apportées que la pression au nœud N202 a augmenté et elle varie au cours de la journée selon la demande. En période de pointe la consommation est élevée alors la pression va diminuer mais elle reste toujours dans les normes de distribution.

4.2. Modifications apportées à la zone de SIDI BOUMEDIEN

De la même manière, le comportement du réseau a été analysé pour la zone de sidi Boumediène, les résultats sont affichés dans les figures IV.26 et IV.276 avant et après modification.

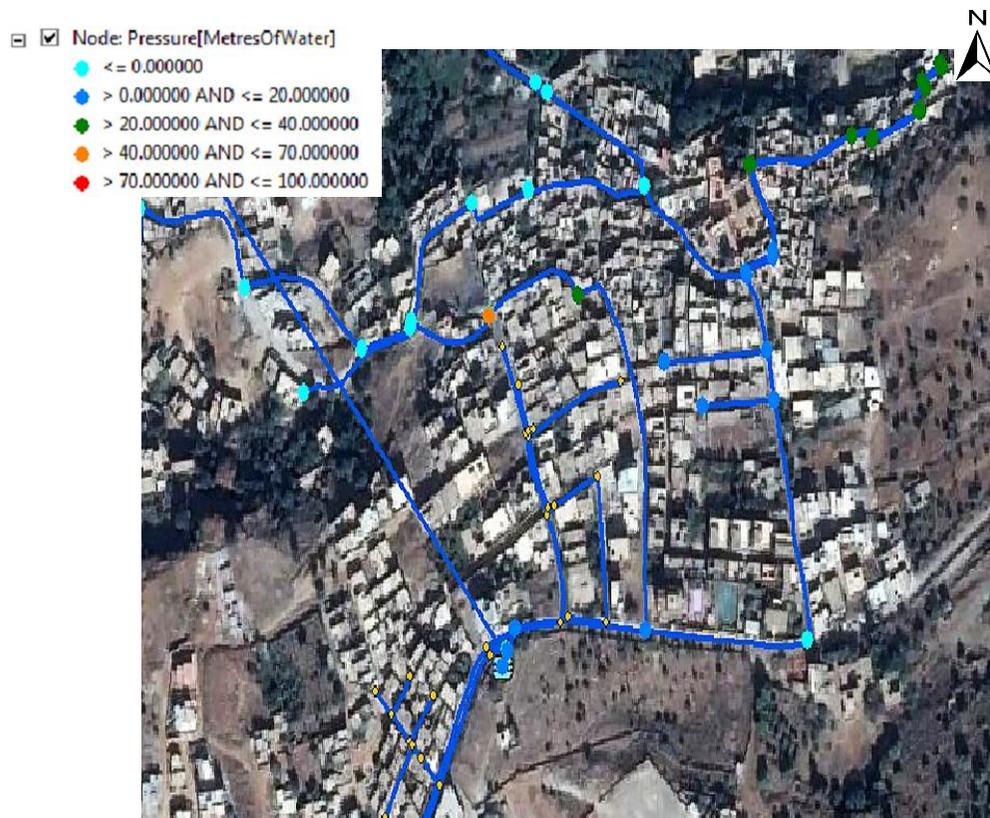


Figure IV.27 : SIDI BOUMEDIEN avant modifications

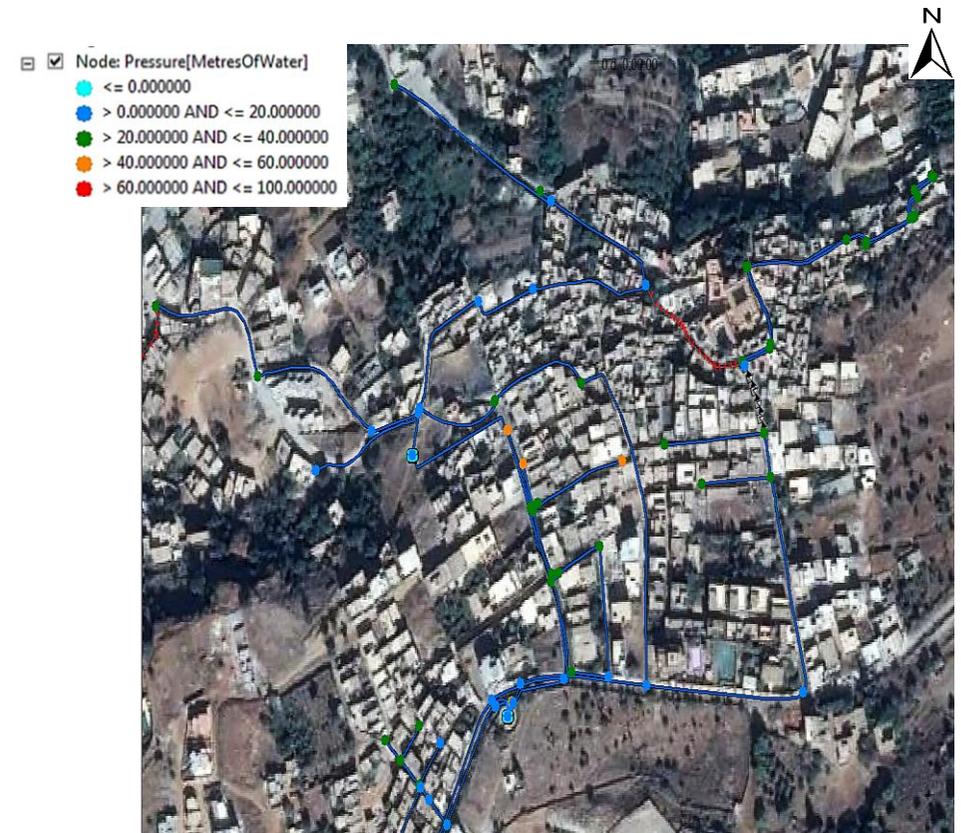


Figure IV.26 : SIDI BOUMEDIEN après modifications

Les modifications recommandées dans la figure IV.28 ont largement amélioré le comportement du réseau du point de vue distribution des pressions. Ces modifications sont les suivantes :

Un brise charge dont les caractéristiques sont données dans le tableau IV.71

Tableau IV.7 : caractéristiques du brise charge Sidi Boumediene.

Nom	Capacité (M ³)	Type (m)	X (m)	Y (m)	Cote_TN (m)
Sidi Boumedien BC	150	BC	656092.5	3860433.17	850

Et deux vannes de sectionnement :

La vanne de sectionnement est entre les nœuds dont les caractéristiques sont cités dans le tableau.

Tableau IV.8 : caractéristiques des nœuds limitant la vanne

Nom	X (m)	Y (m)	Z (m)
N532	656 401,509	3 860 493,270	867,8994
N394	656 391,489	3 860 480,126	867,8994

Une vanne de régulations de pression dont les caractéristiques sont citées dans la **figure 23**.

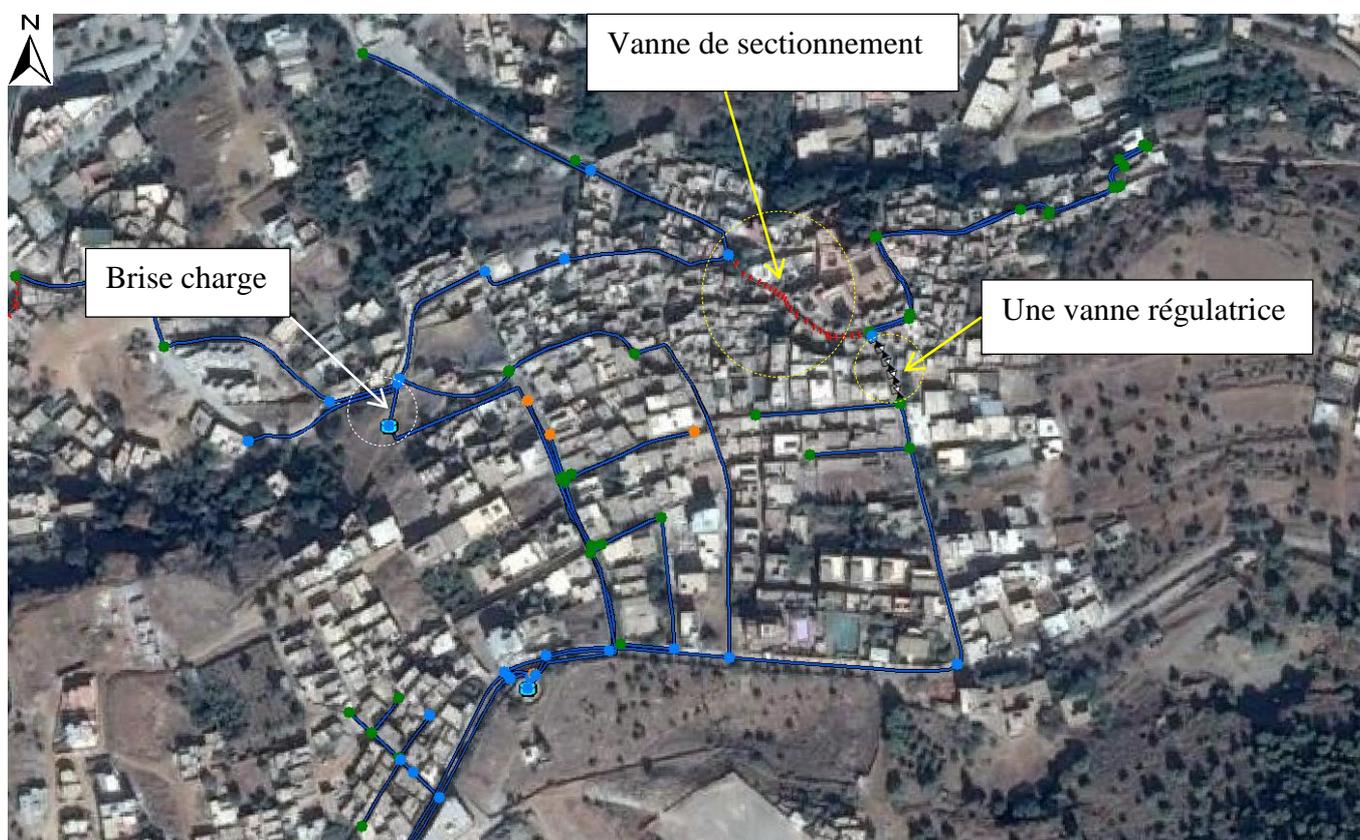
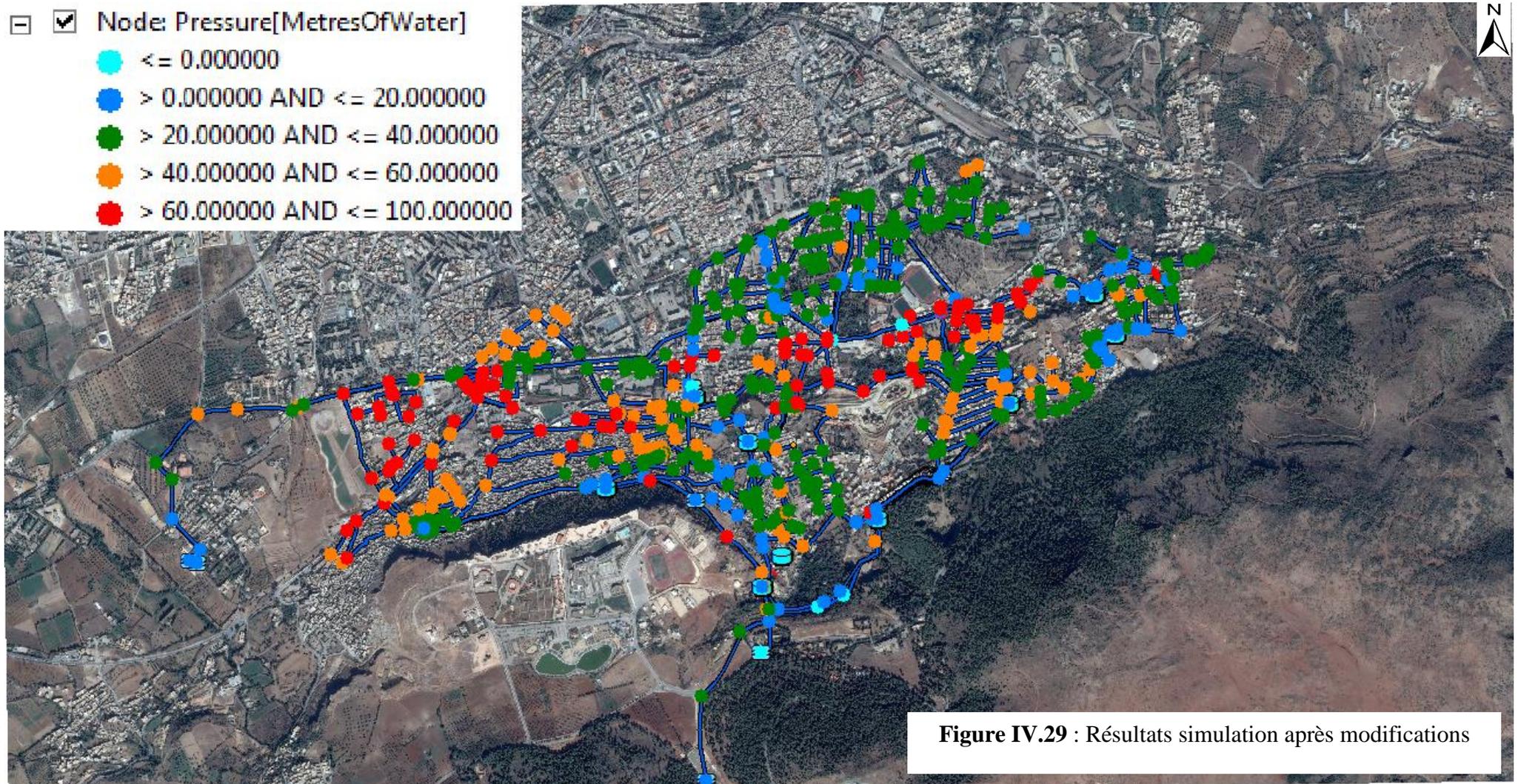


Figure IV.28 : Modifications apportées quartier de Sidi Boumediene.

Résultats de simulation (scénario 2)

Après avoir apporté plusieurs modifications au réseau et essayé plusieurs scénarios de simulations, on a obtenu les résultats affichés dans la Figure IV.29, contrairement au premier scénario, les résultats affichés dans le 2^{ème} scénario montre que presque toute les zones des réseaux ont des pressions dans les normes de distribution.



Profil en long :

On a défini un profil en long pour voir les paramètres hydrauliques entre plusieurs nœuds et réservoirs (Figures IV.30 et IV.31).



Figure IV.30: Profil en long sur carte : de la tête aval jusqu'à réservoir Sidichaker

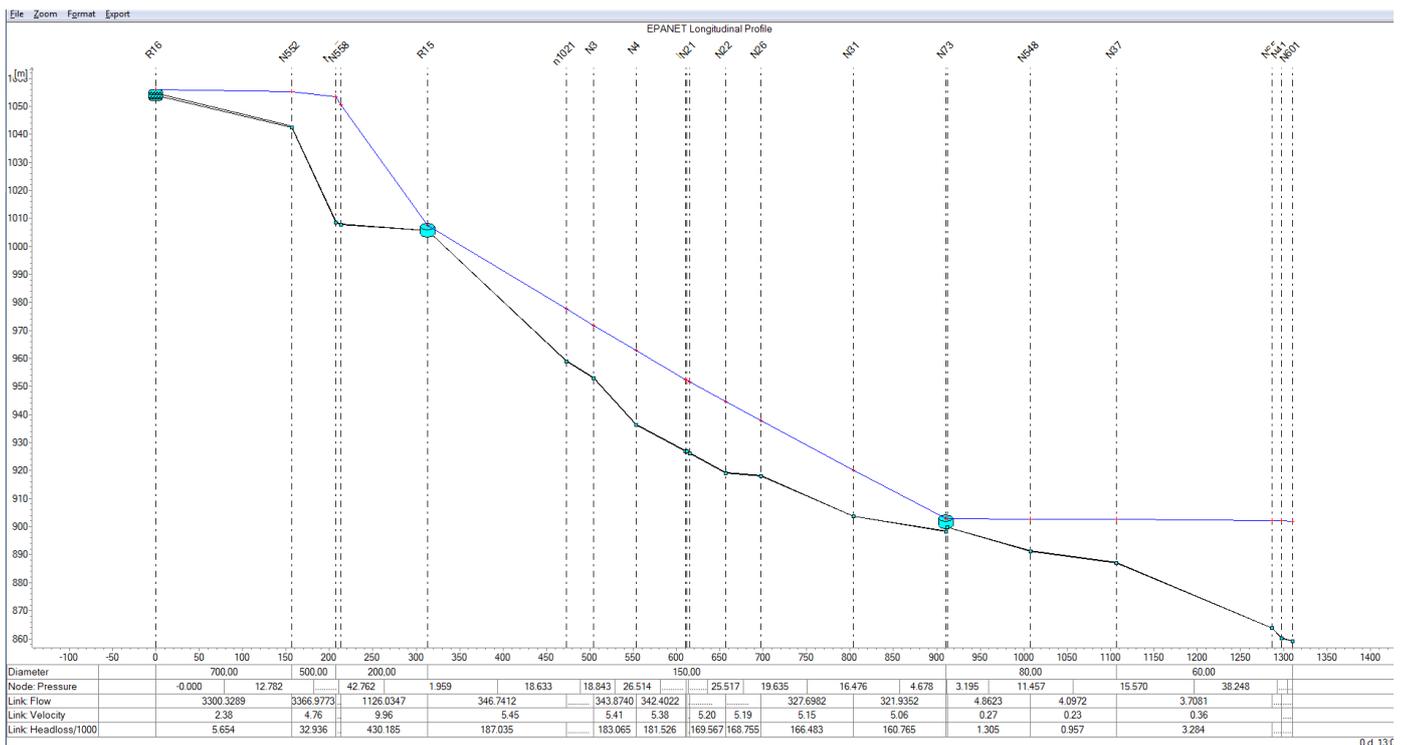


Figure IV.31: Affichage des résultats dans le profil en long

Le tracé sur un même graphique de la ligne de charge et du profil en long nous a permis de visualiser la pression de service sur l'ensemble de la conduite et de vérifier qu'aucune zone n'est en dépression.

NB : La ligne piézométrique et la ligne de charge sont confondues en pratique. On remarque par ce graphe que la dénivelé fait augmenter le gradient hydraulique et par conséquent une augmentation de perte de charge ce qui cause une diminution de la pression au nœuds

5. Sectorisation

La sectorisation consiste à diviser le réseau d'AEP en plusieurs « sous-réseaux » appelés secteurs pour qu'on puisse contrôler les débits entrants par comptage à l'entrée de chaque secteur.

-Taille minimale d'un secteur : un secteur comprend souvent au minimum une dizaine de kilomètres de canalisations (mais il y a des exceptions) et les débits de nuit doivent rester dans la limite des débits mesurables.

-Connaissance du réseau : plan détaillé du réseau, localisation des vannes, schéma fonctionnel, etc.

5.1. Etape de la sectorisation :

5.1.1. Phase 1 : Collecte de donnée et cartographie

C'est pour cette raison que la première étape du projet de sectorisation fut la réalisation d'un support cartographique de la ville tel que :

-Plan de la ville et situation des ouvrages principaux de distributions (figure IV.32);

-Plan du réseau d'AEP de la ville (Figure IV.33) ;

-Plan détaillé de la triangulation et de la codification des vannes sur le plan du réseau d'AEP (Figure IV.34) ;

-Schéma synoptique d'un ouvrage (Figure IV.35).



Figure IV.32: Plan du réseau et situation des réservoirs

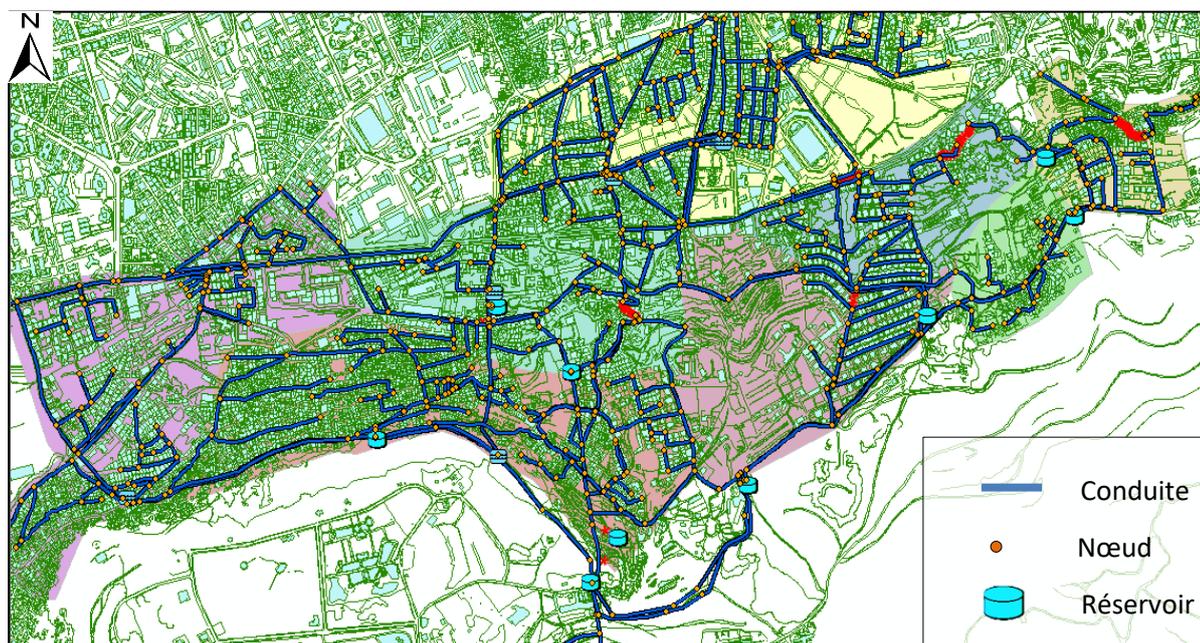
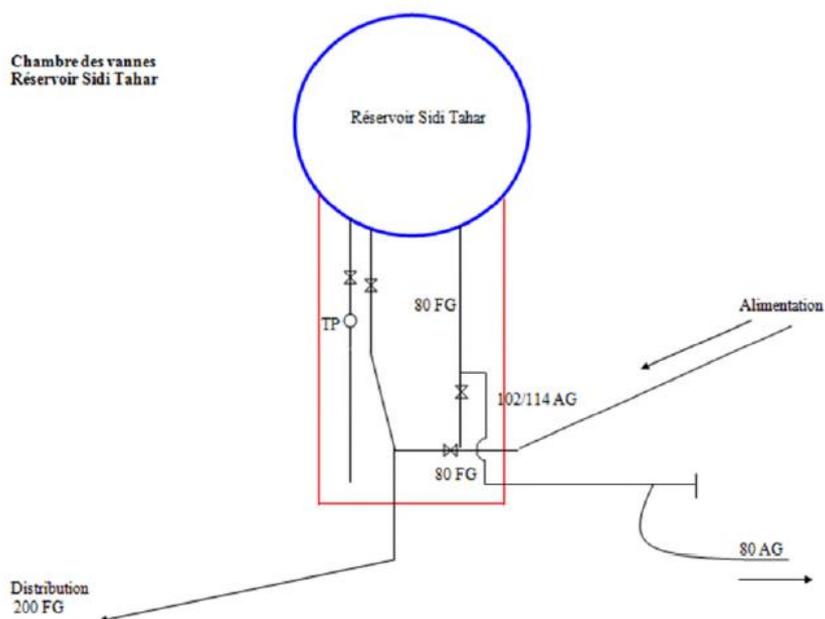


Figure IV.33 : Plan du réseau d'AEP de la partie Sud du GUT



Figure IV.34 : Plan détaillé de la triangulation et de la codification des vannes



Figures IV.35 : Exemple de détails de la chambre de vannes des réservoirs de Sidi Tahar

5.1.2. Phase 2 : Découpage en secteur

Le découpage en secteur consiste à étudier le mode d'alimentation à partir des conduites principales issu des ouvrages de stockages de manière à définir les différents étages de pression de la ville de Tlemcen (partie Sud) (voir figure IV.36).

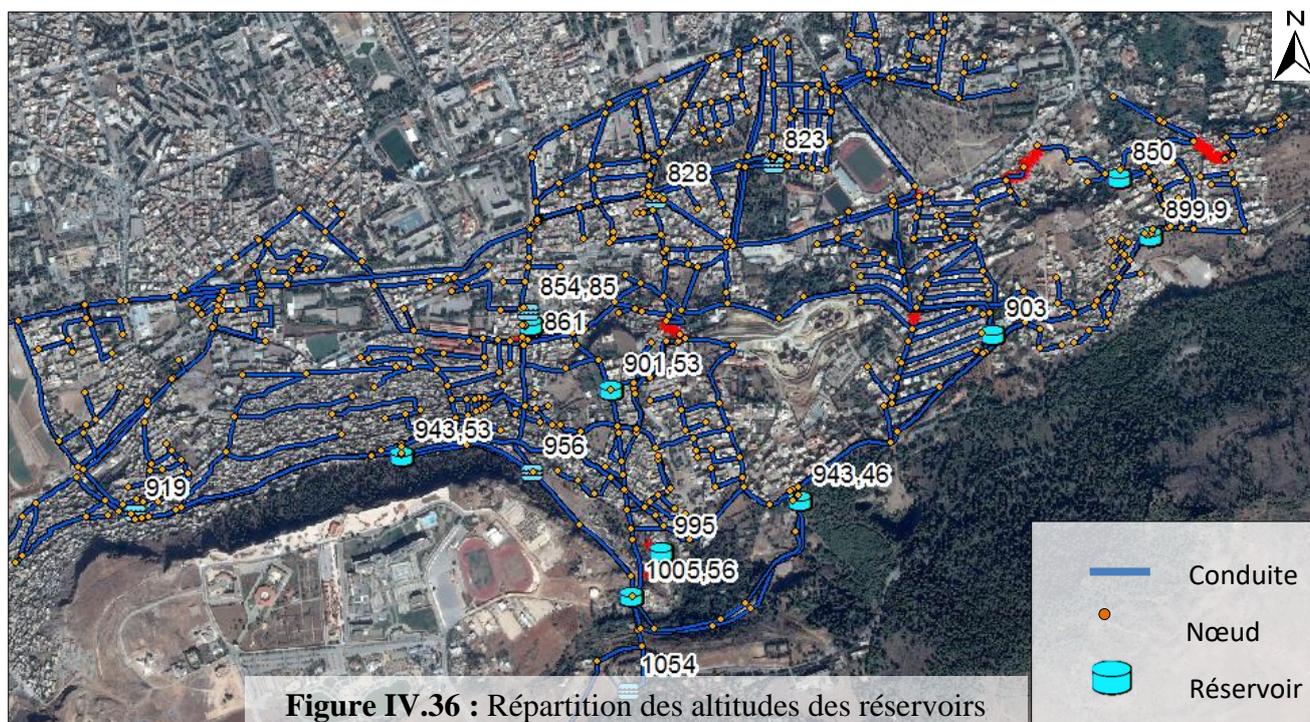


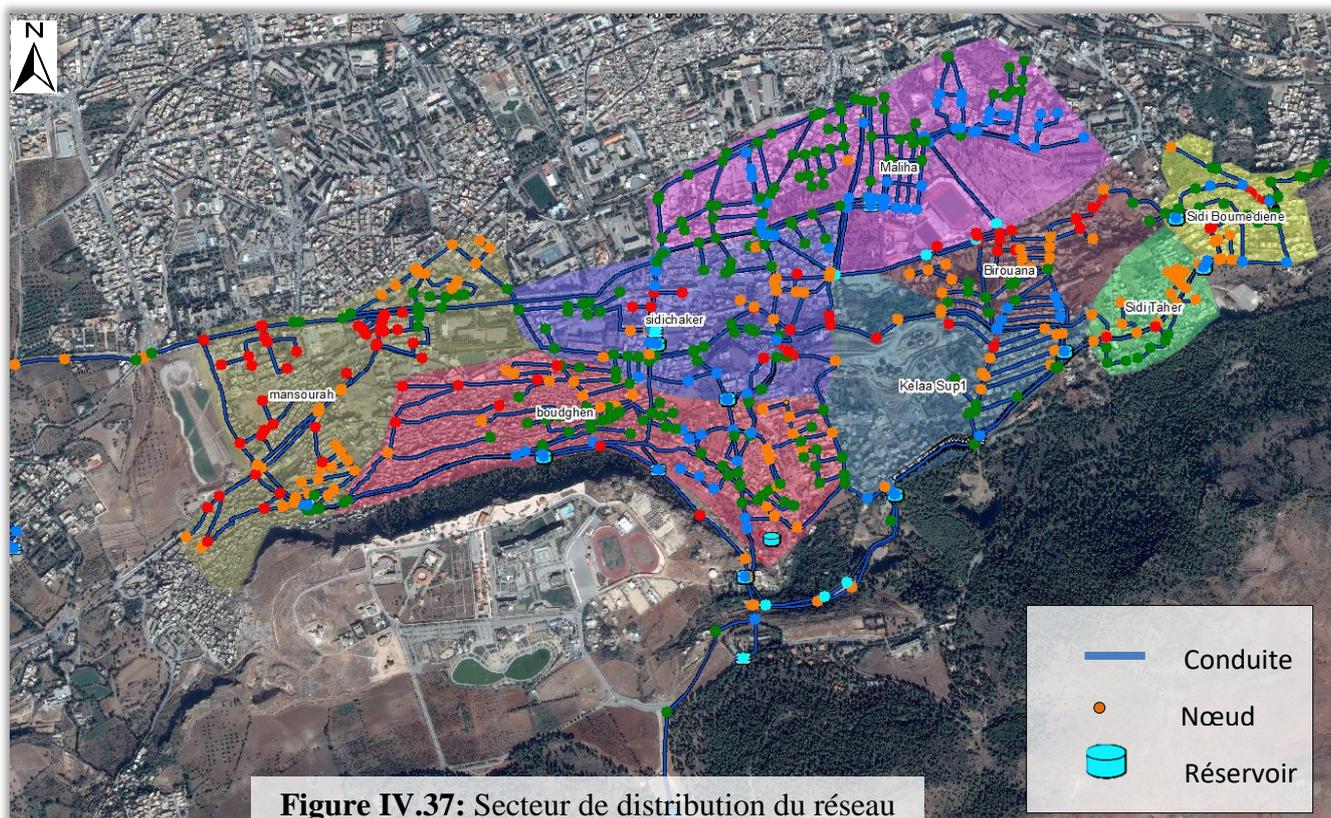
Figure IV.36 : Répartition des altitudes des réservoirs

Ces étages sont définis donc en fonction de la situation topographique de la zone alimentée de la cote du réservoir.

A partir de cette étude, 08 secteurs ont été créés, ils sont donnés dans le tableau IV.9. la figure IV.37 montre la répartition spatiale des secteurs.

Tableau IV.9: Secteurs de distributions du réseau

N° du secteur	Nom du secteur
1	Maliha
2	Sidi Chaker
3	Sidi Boumediene
4	Sidi Tahar
5	Kalaa Sup
6	Boudghen
7	Mansourah
8	Birouana



6. Quelques propositions :

Les propositions qu'on va citer ont pour but d'améliorer la qualité du service d'alimentation en eau potable et a préservation de la ressource en eau comme le suivi des volumes transitant dans les réseaux, les recherches de fuites et la diminution des volumes d'eau non facturés. Ci-dessous quelques recommandations pour remédier aux problèmes qu'on a constaté lors de la réalisation de notre travail .

-La réalisation des chambres dans l'entrée de chaque secteur, elles sont équipées avec des appareils pour mesurer les débits entrants ensuite transmettre ces informations pour les analyser par l'exploitant. Le data logger ou l'enregistreur de données est la solution efficace pour le suivi des réseaux car il donne la possibilité de :

- Suivre le débit et la pression.

-Télérelever à distance les compteurs de réseaux et contrôler les consommations.

-Piloter les vannes de régulation de pression.

Chapitre IV : Modélisation du réseau

Les Data logger transmettent quotidiennement leurs données enregistrées et bilans aux systèmes centraux.

Donc on recommande aussi :

-Un **système central** ou le centre nerveux qui permet de surveiller l'état des installations, de contrôler leur fonctionnement et, au besoin, d'agir à distance.

Des communications peuvent s'établir sur événements vers les PC centraux ou directement vers le téléphone portable du personnel.

-Un **point de pression** doit être placé dans chaque secteur, précisément dans le point le plus défavorable du secteur pour mesurer la pression en ce point puis transmettre les informations enregistrées vers le serveur du centre ensuite l'analysées par le personnel.

La figure IV.38 donne un exemple d'une chambre de vannes :

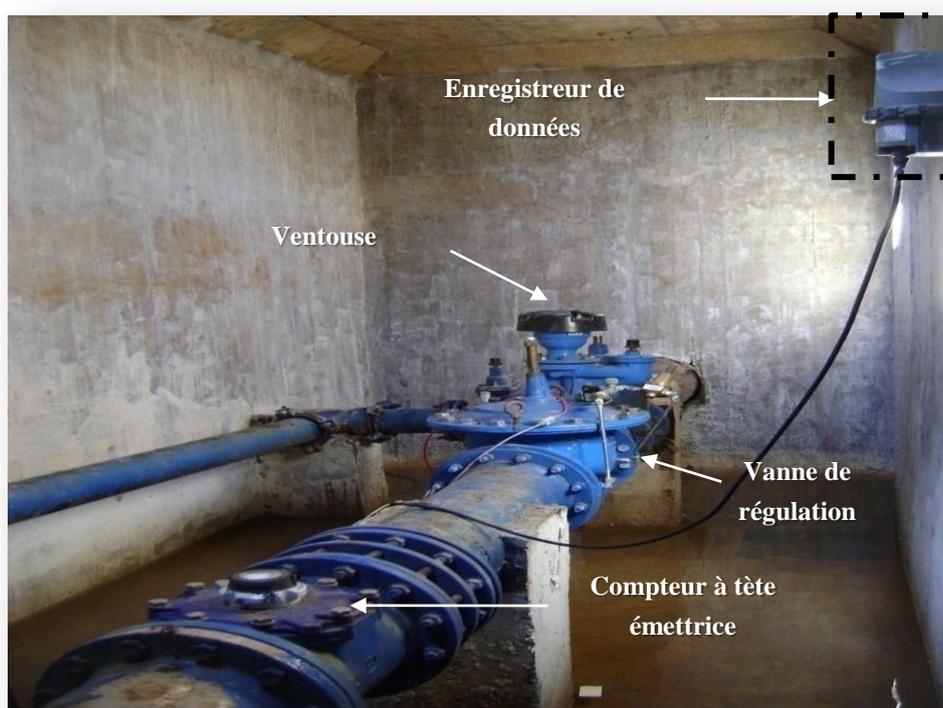


Figure IV.38: Chambre de sectorisation



Figure IV.39: Data logger

7. Conclusion

La modélisation hydraulique n'est pas seulement un outil de calcul et de dimensionnement rapide et efficace, mais un moyen indispensable pour la conception, analyse, planification et gestion rationnelle des réseaux.

Au cours de ce chapitre, on a suivi le comportement du réseau, définit les parties défaillantes de ce dernier ce qui nous a permis d'apporter des modifications et de faire des recommandations pour assurer l'efficacité de son fonctionnement.

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce travail a consisté à la mise en place d'une méthodologie de gestion du réseau d'alimentation en eau potable de la zone Sud du groupement urbain de Tlemcen à l'aide du système d'information géographique ArcGis et du modèle de calcul Mike URBAN. Ça va permettre aux exploitants de disposer d'une base de données du réseau étudié ce qui va les aider à localiser les problèmes et faciliter leurs tâches dans la gestion.

Compte tenu des données disponibles, les performances hydrauliques (pression, vitesse, débit...) du réseau d'AEP de la zone Sud du groupement urbain de Tlemcen ont été étudiées et cela en bénéficiant des performances du modèle de calcul Mike URBAN.

Les simulations du comportement du réseau ont été exécutées avec succès ce qui nous a permis d'établir un état des lieux des paramètres hydrauliques sur tout le réseau, et nous a aidé à bien comprendre son fonctionnement.

Après modifications, les résultats et rapports affichés à la fin de la simulation nous montrent que les paramètres hydrauliques de notre système sont dans l'ensemble dans la plage des valeurs acceptables.

Au cours de la simulation, nous avons remarqués qu'il y'avait de pressions importantes dans quelques partie du réseau. C'est le fait qui nous a poussés à proposer quelques modifications telles que la création de brises charges et des vannes de réductions de pression dans ces zones.

La sectorisation a été faite sur la base des étages de pression qui sont à leur tour définis par la situation topologique de la zone. Ces secteurs proposés aident à faciliter la gestion des réseaux pour l'exploitant.

Sur la base des résultats obtenus et dans le but d'améliorer l'efficacité du fonctionnement du système, nous avons présenté la recommandation d'une télégestion.

Références bibliographiques

- [1] AZZI I., 2015, Modélisation d'un réseau d'AEP et contribution à sa gestion à l'aide d'un système d'information géographique- Etude de la rive gauche de la ville de SIDI AICHE. Mémoire de master, Département d'hydraulique.
- [2] M.OUADA, A.SEDIRA., 2015, diagnostic du réseau d'AEP de la commune d'EL-OUED, université Hamma lakhdar d'el-oued.
- [3] BRIEREF.G., 2000 Distribution et collecte des eaux deuxième édition, revue et corrigée.
- [4] VALIRON F., 1994, Mémento du gestionnaire de l'alimentation en eau potable et de l'assainissement, Tome 1, Edition Lavoisier.
- [5] BONIN J., 1986, Hydraulique Urbaine Appliquée aux agglomérations de petite et moyenne importance, Edition Eyrolles, 228 p.
- [6] BONVIN J, 2005, Hydraulique urbaine I.Captages – Réseaux d'adduction –Réservoirs– Réseaux de distribution – Equipements - Pompes – Petites centrales hydrauliques, 110 p.
- [7] ABDELBAKI C., 2014, Modélisation d'un réseau d'AEP et contribution à sa gestion à l'aide d'un SIG - Cas du Groupement Urbain de Tlemcen -, Thèse de doctorat, Département d'hydraulique Université Abou BakrBelkaid – Tlemcen
- [8] BONNIN J., 1982 , Aide-mémoire d'hydraulique urbaine. Édition Eyrolles. France.
- [9] BLINDU I., 2004, Outil d'aide au diagnostic du réseau d'eau potable pour la ville de Chisinau par analyse spatiale et temporelle des dysfonctionnements hydrauliques, Thèse doctorat, Ecole nationale des mines Saint-Étienne. France.
- [10] GAROME A., 2005, CONNAISSANCE ET MAÎTRISE DES PERTES DANS LES RÉSEAUX D'EAU POTABLE.
- [11] MADOUNI A., 2013, Modélisation du réseau d'alimentation en eau potable de la ville de Maghniya avec le logiciel PORTEAU, Mémoire de master. Département d'hydraulique, Université Abou BakrBelkaid – Tlemcen

- [12] ABDELBAKI C., ALLAL M. A. et 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, Sousse, Tunisie.
- [13] 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.
- [14] CHAFAI T., 2012, Approche méthodologique pour le diagnostic des réseaux d'eau, Université Hadj LAKHDAR de Batna.
- [15] RENAUD E., KHEDHAOUIRIA D., CLAUZIER M., NAFI A., WITTNER C. et WEREY C., 2012, Réduction des fuites dans les réseaux d'alimentation en eau potable. Systèmes d'indicateurs et méthodologies pour la définition, la conduite et l'évaluation des politiques de lutte contre les fuites dans les réseaux d'eau potable.
- [16] KHERBOUCHE Z. & SOUFI W.M., 2016, Etude des indicateurs de performance des services des réseaux d'AEP, Cas du groupement urbain de Tlemcen, Mémoire de master, Département d'hydraulique, Université Abou Bakr Belkaid – Tlemcen
- [17] HAMMOUM H et BOUZIDA R., 2010 Pratique des systèmes d'information géographiques (S.I.G) applications sous Map-Info. Pages Bleues. France.
- [18] TUTORIAL MIKE URBAN WD., 2008– V2R Ingénierie – Page 14.
- [19] YVES ANTOINE J, Systèmes d'Information Géographique, Université François Rabelais de Tours.
- [20] ROUET P., 1993, Les données dans les Systèmes d'Information Géographique, Edition Hermès.
- [21] POULIOT J., 1999, Définition d'un cadre géo-sémantique pour le couplage des modèles prévisionnels de comportement et des SIG - Application pour les écosystèmes forestiers" Thèse de Doctorat, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse.

[22] LAURINI R., François M-R., 1993, les bases de données en géomatique, Paris : Edition Hermès.

[23] BOUKLI HACENE C et RABAH FISSA A., 2015, systèmes d'informations géographiques, Cours et travaux pratiques.

[24] SEOR., 2010, MIKEURBAN_WD Manuel-Formation, 146 p.

[25] ABDELBAKI C., 2001, Contribution à la gestion d'un réseau d'alimentation en eau potable à l'aide d'un système d'information géographique : application à la ville de Birtouta, Mémoire de magister, ENSH Blida.

[26] BELAIB A., 2011, Modélisation hydraulique d'un système de transfert d'eau potable - cas du transfert du couloir Chlef-Ténès-El Guelta à partir du barrage de Sidi Yacoub, Mémoire de Magister, Département D'hydraulique, Université Hassiba Benbouali De Chlef.

[27] NEHARI A., 2013, Etude de la sécurisation de l'alimentation en eau potable de groupement urbain de Tlemcen, Mémoire de master, Département d'Hydraulique, Université Abou Bekr Belkaid- Tlemcen.

[28](http://www.memoireonline.com/05/08/1141/m_optimisation-multicritere-gestion-AEP1.html).

[29] <https://fr.slideshare.net/rolandyonaba/introduction-au-modle-epanet>

[30] (<http://porteur.irstea.fr/Presentation/presentation.html>)

[31] (<http://porteur.irstea.fr/>)

[32] www.arnalich.com/epanetes/descargas/Epanet_fr.pdf

[33] <https://www.epa.gov/water-research/epanet>

[34] <http://www.innovyze.com/products/h2onet/>

[35] <http://www.bentley.com/fr-FR/Products/WaterCAD/Product-Overview.htm>