

Higher National School of Hydraulic

The Library

Digital Repository of ENSH



المدرسة الوطنية العليا للري

المكتبة

المستودع الرقمي للمدرسة العليا للري



The title (العنوان):

Etude de la cartographie des réseaux d'AEP (w. Constantine).

The paper document Shelf mark (الشفرة) : 6-0007-16

APA Citation ( APA توثيق ):

Zerdazi, Mohamed Tarek (2016). Etude de la cartographie des réseaux d'AEP (w. Constantine)[Thèse de master, ENSH].

The digital repository of the Higher National School for Hydraulics "Digital Repository of ENSH" is a platform for valuing the scientific production of the school's teachers and researchers.

Digital Repository of ENSH aims to limit scientific production, whether published or unpublished (theses, pedagogical publications, periodical articles, books...) and broadcasting it online.

Digital Repository of ENSH is built on the open DSpace software platform and is managed by the Library of the National Higher School for Hydraulics. <http://dspace.ensh.dz/jspui/>

المستودع الرقمي للمدرسة الوطنية العليا للري هو منصة خاصة بتقييم الإنتاج العلمي لأساتذة و باحثي المدرسة.

يهدف المستودع الرقمي للمدرسة إلى حصر الإنتاج العلمي سواء كان منشورا أو غير منشور (أطروحات، مطبوعات بيداغوجية، مقالات الدوريات، كتب....) و بثه على الخط.

المستودع الرقمي للمدرسة مبني على المنصة المفتوحة DSpace و يتم إدارته من طرف مديرية المكتبة للمدرسة العليا للري.

كل الحقوق محفوظة للمدرسة الوطنية العليا للري.



DEPARTEMENT Hydraulique Urbaine

## MEMOIRE DE MASTER

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

### **OPTION : Alimentation en eau potable**

**THEME :**

**Etude de la cartographie des réseaux d'AEP  
(W. Constantine)**

**Présenté par :**

M<sup>r</sup> : ZERDAZI Mohamed Tarek

### **DEVANT LES MEMBRES DU JURY**

Nom et Prénom	Grade	Qualité
M <sup>r</sup> BOUALEM Salah	Professeur	Président
M <sup>r</sup> HACHEMI Abdelkader	M.A.A	Examineur
M <sup>me</sup> MOKRANE Wahiba	M.A.A	Examinatrice
M <sup>me</sup> TAFAT Leila	M.A.A	Examinatrice
M <sup>r</sup> BOUFEKANE Abdelmadjid	M.A.A	Promoteur

MAI 2016

# Dédicace

*Je dédie ce travail :*

*Avant tout à mes chers parents, pour leur soutien immense qu'ils n'ont cessé de m'apporter ainsi que les conseils qu'ils m'ont prodigué sans les quels j'avoue, je ne serai pas ce que je suis aujourd'hui*

*À mon unique sœur WASSILA, mes frères SAMIR, MALEK, RAFIK*

*Et les enfants de ma sœur*

*À tous mes oncles, tantes et leurs enfants*

*À tous les membres de la famille : ZERDAZI*

*A mes collègues de l'ENSH, HPE ET ULC*

*A tous mes amis sans exception*

*A tous et à toutes, je dédie ce travail*

*TAREK 2016*

## REMERCIEMENTS

*Avant tout, nous remercions le bon Dieu qui a illuminé notre chemin et qui nous a armés de force et de sagesse, ainsi que la bonne volonté pour achever ce modeste travail et ce cursus universitaire.*

*Ces quelques lignes ne vont jamais exprimer à la juste valeur ma reconnaissance à l'égard de mon promoteur M<sup>r</sup> BOUFEKANE, pour l'aide qu'elle m'a offert durant la période de réalisation de ce travail et encore plus sa confiance et ses encouragements.*

*Toute gratitude à nos professeurs et enseignants qui nous ont guidés au cours de la formation de master, et nos respects aux membres de jury qui nous feront l'honneur d'apprécier ce travail.*

*Je remercie le personnel de la Société d'Eau et Assainissement de Constantine SEACO et les ingénieurs du Bureau d'Etudes PROGRESS Guelma pour leurs conseils et orientations et spécialement Mr CHIAOUI Mohamed.*

*Grands mercis à vous tous.*

:  
تعتبر مدينة قسنطينة عاصمة الشرق الجزائري ، و تعرف هذه الولاية تطورا اجتماعيا واقتصاديا سريعا ، إلا أنها  
العديد من المشاكل فيما يخص شبكة المياه الصالحة للشرب. الهدف من هذه الدراسة هو إثبات أن أنظمة الإء  
الجغرافي يمكنها تقديم حلا لجميع المشاكل لهاته الأخيرة. النهج المتبع هو إنشاء قاعدة بيانات و خريطة رقمية  
جل تحقيق هذا لا بد علينا من تحديد البيانات المطلوبة و دمجها في أنظمة الإء  
، إن النتائج المتحصل عليها تؤكد فعالية قاعدة البيانات ، وذلك من خلال دمج البيانات و استعادتها من طرف ا  
بالنسبة للخريطة لرقمية فهي تعطينا موقع جميع عناصر الشبكة بدقة عالية. هذه النتائج تثبت فائدة  
في إدارة شبكات المياه الصالحة للشرب، و يمكن أن تكون أيضا بمثابة دعم لتطبيقات ملموسة.  
**كلمات مفتاحية:** قسنطينة , شبكة المياه الصالحة للشرب , قاعدة البيانات

### **Résumé :**

La ville de Constantine, située à l'Est de l'Algérie, considérée comme sa capitale, du fait de son dynamisme démographique et économique. Mais elle reste confrontée à plusieurs problèmes à travers ses services publics dont le réseau d'AEP .Le but de ce travail est de démontrer que les SIG peuvent résoudre les problèmes rencontrés par le dit réseau. La démarche adoptée contribue en la mise en place d'une base de données et d'une cartographie numérique du réseau. Pour cela, il a fallu identifier les données nécessaires puis de les digitaliser et ensuite les intégrer au SIG. Les résultats obtenus démontrent l'efficacité de la base de données à intégrer et à les restituer sur requête de l'utilisateur. De même, les cartes ont facilité une localisation précise d'entités du réseau et aussi de voir les endroits moins bien desservis. Ces résultats démontrent l'utilité des SIG dans la gestion des réseaux d'AEP, et peuvent servir d'appui ou de référence lors d'applications concrètes.

**Mots clés :** Constantine, réseau d'AEP, SIG, base de données.

### **Abstract:**

Constantine, a city in the east of Algeria, is considered the capital of region, is often considered as its economic heart due its demographic and economic dynamism. But this city still encounters many troubles through its public services in which water distribution remains a key sector. This work's main objective is to show that GIS can be a serious option to consider in coping with water distribution problems. To reach this objective, a database and a numeric map of the network have been created. Compulsory data have been identified and integrated to the GIS. The results show the efficiency of the database in handling data manipulation including input and output of data on user-request. Numeric maps have provided a better and easier way to locate water distribution network features and also highlighted areas that needed more attention. The results demonstrate ability of GIS to handle and facilitate management of water distribution network. This research can also serve as reference for further work on GIS and water distribution network.

**Keywords:** Constantine, GIS, water distribution network, database.

# SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
Chapitre 01 : Etude Bibliographique.....	3
Historique .....	3
1. La cartographie .....	4
1.1. Qu'est ce que la cartographie .....	4
1.2. Les deux grandes branches de la cartographie .....	4
1.3. La carte.....	6
Retenons deux définitions de la carte : .....	6
1.4. L'informatique au service d'une nouvelle cartographie.....	7
1.5. Comment aborder la cartographie par ordinateur ?.....	8
1.6. Les apports de la cartographie par ordinateur .....	9
2. Les systèmes d'informations géographiques (S.I.G.) : .....	10
2.1. Définitions.....	10
2.2. Structure et composantes d'un SIG .....	12
2.3. Base de données et système de gestion .....	13
2.4. Modélisation spatiale .....	15
3. Les réseaux d'alimentation en eau potable .....	16
3.1. Présentations des réseaux D'AEP .....	16
3.2. Les principaux ouvrages constituant un réseau D'AEP .....	16
3.3. Classification des réseaux .....	19
3.4. Structure du réseau d'Alimentation en eau potable (AEP) .....	19
a) Les conduites .....	20
b) Les pompes .....	20
d) Les ventouses .....	21
e) Les décharges .....	21
f) Les poteaux d'incendie .....	21
3.5. Problèmes rencontrés dans un réseau D'AEP.....	22
3.6. Gestion des réseaux d'AEP .....	23
3.7. Gestion informatisée des réseaux .....	23
3.8. Cartographie des réseaux .....	24
Conclusion.....	27
Chapitre 02 : Modélisation des données du système d'AEP du GUC.....	29
1. Introduction.....	29
2. Présentation du Groupement Urbain De Constantine .....	29

2.1. Situation géographique.....	29
2.2. Relief et géologie .....	29
2.3. Climatologie .....	30
2.4. Démographie .....	30
2.5. Réseau de Distribution .....	31
3. Modélisation Fonctionnelle du réseau d’AEP du GUC .....	32
3.1. Mesures techniques de performances.....	32
3.2. Production .....	33
3.3. Stockage .....	34
3.4. Distribution .....	35
4. Organisation Structurale du Système d’AEP du GUC .....	36
5. Modélisation Conceptuelle du système d’AEP du GUC .....	37
5.1. Présentation de la méthode MERISE .....	38
5.2. Modèle conceptuel de données .....	38
5.3. Modèle logique de données (MLD) .....	44
5.4. Modèle physique de données (MPD) .....	45
6. Conclusion.....	47
Chapitre 03 : Mise en place d’un SIG pour le réseau d’AEP du GUC.....	48
1. Introduction.....	48
2. Conception du SIG d’Eau Potable : .....	48
2.1. Acquisition des données.....	48
2.2. Choix du SIG.....	50
2.3. Gestion des données .....	52
3. Application.....	52
3.1. Création de la couche tronçon.....	52
3.2. Structuration de la table .....	54
4. Discussion des résultats obtenus : .....	64
5. CONCLUSION : .....	64
CONCLUSION GENERALE.....	65

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau II.1</b> : Population des agglomérations du Grand Constantine .....	31
<b>Tableau II.2</b> : Chiffres Fondamentaux pour le réseau d'AEP de Constantine.....	31
<b>Tableau II.3</b> : Pression au niveau des immeubles (Dupont, 1979). .....	33
<b>Tableau II.4</b> : Démarche MERISE (Mojeron, 1991). .....	38
<b>Tableau II.5</b> : Attributs de la table « Conduite ». .....	39
<b>Tableau II.6</b> : Méthode de passage du MCD au MLD.....	46

## Liste des figures

<b>Figure I.1</b> : Les deux grandes branches de la cartographie contemporaine (Poidevin, 1999)..	5
<b>Figure I.2</b> : Spectre des constituants et de l'action du SIG (Pouliot, 1999).....	11
<b>Figure I.3</b> : Les composantes informatiques d'un SIG.....	12
<b>Figure I.4</b> : Les 4 grandes composantes d'un SIG (Joliveau T, 1996).....	15
<b>Figure I.5</b> : Modélisation du territoire par un modélisateur (Repetti) 2004).....	16
<b>Figure I.6</b> : Schéma d'alimentation en eau potable.....	17
<b>Figure II.1</b> : Situation de la région d'étude.....	30
<b>Figure II.2</b> : Données de base et modélisation pour la fonction « Production ».....	34
<b>Figure II.3</b> : Données de base et modélisation pour la fonction « Stockage ».....	35
<b>Figure II.4</b> : Données de base et modélisation pour la fonction « Distribution ».....	35
<b>Figure II.5</b> : Organisation structurelle d'un système d'AEP .....	36
<b>Figure II.6</b> : Exemple de relation.....	40
<b>Figure II.7</b> : Formalisme du modèle Entité–Association (Mojeron, 1991).....	41
<b>Figure II.8</b> : Schéma conceptuel du réseau d'AEP.....	43
<b>Figure II.9</b> : Passage du schéma conceptuel au schéma relationnel.....	29
<b>Figure II.10</b> : Passage du schéma relationnel à la table relationnelle.....	47
<b>Figure III.1</b> : Présentation schématique du plan cadastral et leur table attributaire de la willaya de Constantine sous un SIG, dans le logiciel ArcGis.....	49
<b>Figure III.2</b> : Plan Cadastral de la willaya de Constantine.....	49
<b>Figure III.3</b> : Etapes de la création de la couche Tronçon, dans le logiciel ArcGis .....	53
<b>Figure III.4</b> : Etapes de la création de la couche Tronçon, dans le logiciel ArcGis .....	53
<b>Figure III.5</b> : Structure de la table Tronçon (conduites), dans le logiciel ArcGis.....	54
<b>Figure III.6</b> : Carte représentative de la couche tronçons.....	55
<b>Figure III.7</b> : Structure de la table branchements, dans le logiciel ArcGis.....	56
<b>Figure III.8</b> : Carte représentative de la couche branchements.....	56
<b>Figure III.9</b> : Structure de la table Ouvrages d'alimentation, dans le logiciel ArcGis .....	57
<b>Figure III.10</b> : Carte représentative de la couche Ouvrages d'alimentation.....	57
<b>Figure III.11</b> : Structure de la table Equipements spéciales, dans le logiciel ArcGis.....	58
<b>Figure III.12</b> : Carte représentative de la couche Equipements spéciales.....	58
<b>Figure III.13</b> : Structure de la table Equipements public, dans le logiciel ArcGis .....	59
<b>Figure III.14</b> : Carte représentative de la couche Equipements public.....	59
<b>Figure III.15</b> : Structure de la table vannes, dans le logiciel ArcGis.....	60

<b>Figure III.16 :</b> Carte représentative de la couche des vannes.....	60
<b>Figure III.17 :</b> Structure de la table Abonnées dans le logiciel ArcGis.....	61
<b>Figure III.18 :</b> Carte représentative de la couche Information des Abonnées.....	61
<b>Figure III.19:</b> Carte représentative de la totalité des couches.....	62

*INTRODUCTION*  
*GENERALE*

## ***INTRODUCTION GENERALE***

Le réseau d'eau potable constitue un élément très important dans la vie des sociétés. La fonction de base d'un réseau de distribution d'eau est de satisfaire les besoins des usagers en eau. Cette eau doit être de bonne qualité respectant les normes de potabilité et à une pression et en quantité suffisantes (Haidar, 2006).

Les systèmes de distribution d'eau potable appartiennent, au même titre que les autres réseaux techniques, à un environnement urbain et péri-urbain dans lequel ils agissent et inter-agissant avec les autres réseaux.

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

La gestion des réseaux d'A.E.P (connaître, décrire, entretenir, prévoir, développer) vise trois (03) objectifs principaux :

- ✓ La bonne gestion du patrimoine de la collectivité ;
- ✓ La qualité du service rendu à l'utilisateur;
- ✓ La réalisation des travaux d'entretien et d'extension, y compris la modélisation des données et les calculs techniques.

Dans la pratique, cette gestion se décline par des actions de rationalisation telles que :

- La tenue à jour de la documentation, la visualisation rapide du réseau et de son environnement (états descriptifs, plans de secteurs, plans d'ensemble à l'échelle communautaire ou communale)
  - L'analyse et l'édition de plans thématiques : conduites en domaine public ou privé, types de canalisations, travaux réalisés (historique) et travaux projetés, ...
  - Des études de tracé, le suivi des abonnés, ...
  - La mise à disposition des données à des tiers (bureaux d'études, entreprises, services incendie...) et la coordination des travaux.

Enfin, il est indispensable de garder trace des interventions effectuées pour constituer une « mémoire » des événements marquants afin de cibler le mieux possible les décisions en matière de programmation et d'investissements.

Le réseau d'AEP d'une ville possède plusieurs dizaines de kilomètres de conduites et une variété étendue d'organes de protection et de distribution. Des contraintes gestion de plus en plus fortes exigent l'utilisation, de plus en plus fréquente, de données représentatives de l'ensemble du réseau. Ces données sont nécessaires pour une gestion efficace d'un patrimoine que l'on souhaite voir fonctionner continuellement de manière rentable avec un niveau de service adapté aux attentes des clients.

La mise en place d'un Système d'Information Géographique (S.I.G.) pour le gestionnaire du réseau d'eau potable avec la constitution des bases de données descriptives du réseau et de son environnement, nous semble indispensable et un pré-requis à toute tentative d'analyse.

Notre choix a porté sur le Groupement Urbain de Constantine, d'autant plus qu'il est complexe et difficile à mettre en œuvre et le travail présenté s'articule comme suit :

- ✓ En chapitre I, une étude bibliographique est entreprise consistant à l'étude de la cartographie, les réseaux d'alimentation en eau potable, et les systèmes d'information géographique.
- ✓ Le Chapitre II, a consisté à présenter le groupement urbain de Constantine et développer un modèle propre au réseau d'AEP du GUC.
- ✓ Chapitre III, création d'une carte numérique du réseau d'AEP du GUC à l'aide d'un SIG sous le logiciel ArcGIS.

# *CHAPITRE I*

## *Etude Bibliographique*

**Chapitre 01 : Etude Bibliographique****Historique**

La cartographie réunit l'ensemble des études et des techniques qui permettent à l'homme de se représenter l'espace sur lequel il exerce une activité politique, économique ou même scientifique.

Les hommes ont utilisé des cartes depuis la plus lointaine antiquité, et le faisaient déjà probablement à des époques préhistoriques, en effet, le fait de traduire graphiquement la perception de notre monde est reconnue comme étant le précurseur de toutes les autres formes de communication. Il est possible que quelques dessins retrouvés dans des grottes ou dans des refuges, soient des croquis des territoires où ils vivaient et où ils chassaient. L'agriculture, les voies de transport, la gestion de la propriété foncière représentent entre autres le besoin qu'avait l'homme de reproduire l'environnement dans lequel il vivait.

La cartographie remonte donc aux premières civilisations, une plaquette d'argile babylonienne datant de 2500 ans avant Jésus Christ est la première carte (comme défini ci dessus) de l'humanité. La représentation de la terre se développa rapidement pendant l'antiquité. La cartographie scientifique est née de la civilisation grecque, les romains, eux, optèrent pour la cartographie utilitaire.

Au début du Moyen Age, les hommes se sont très peu intéressés à la forme véritable de la terre, la cartographie fut renvoyée au rang d'illustration du dogme religieux. Les connaissances de l'Antiquité, oubliées des occidentaux, furent entretenues par les Arabes.

Au XIIIème siècle, on assiste à la naissance de la carte marine, elle a pour but, à l'origine, de faciliter la navigation en méditerranée. A partir de la fin du XVème siècle, eurent lieu simultanément la redécouverte de l'œuvre de Ptolémée et les grands voyages d'exploration.

Les grandes découvertes marquent un tournant dans l'histoire de la cartographie, en effet, il est urgent pour les royaumes d'Espagne et du Portugal de représenter ces nouveaux territoires dans le but de les rendre indiscutables. On assiste alors à la création des écoles d'hydrographie et à la naissance de nouvelles méthodes scientifiques pour la détermination des côtes.

## **1. La cartographie**

### **1.1. Qu'est ce que la cartographie**

C'est une **science**, un **art** et un **langage**, des **techniques** : « L'ensemble des études et des opérations scientifiques, artistiques et techniques intervenant à partir des résultats d'observations directes ou de l'exploitation d'une documentation, en vue de l'élaboration de cartes et autres modes d'expression, ainsi que dans leur utilisation ».

- **Science géographique** : car ces bases sont mathématiques.
- **Art** : qualités esthétiques et didactiques.
- **Technique** : acquisition et traitement des données, édition.

Aussi :

La cartographie : est la représentation de données sur un support réduit représentant un espace réel avec comme objectif la simplification pour une meilleure compréhension des phénomènes.

### **1.2. Les deux grandes branches de la cartographie**

➤ Les techniques précèdent les méthodes et engendrent une cartographie d'amont ou une cartographie « mathématique » ou « topographique », sachant que ces qualificatifs sont peu satisfaisants. Cette cartographie a pour finalité majeur d'établir les fonds de carte nécessaire à l'élaboration de toute carte. C'est là où se situent les fondements mathématique et géométrique de la cartographie. Grâce à l'astronomie, à la topographie, à la photogrammétrie, à la géodésie, à la topométrie (ensembles des mesures faites sur le terrain pour la réalisation des cartes topographiques), à la télédétection ( découverte de la terre a distance) entre autres et bien sur l'exploration systématique du globe, on a pu donner de plus en plus précisément au fil du temps, les dimensions, la forme générale et une représentation à plat de la terre. La connaissance de notre planète est à peine terminée et s'enrichit encore aujourd'hui avec les progrès de l'imagerie satellitaire.

Cette cartographie demande des compétences particulières que possèdent les topographes ou les géomètres par exemple. Pour le concepteur et réalisateur de cartes thématiques, les buts à atteindre sont différents puisqu'il utilise des fonds de cartes déjà établis.

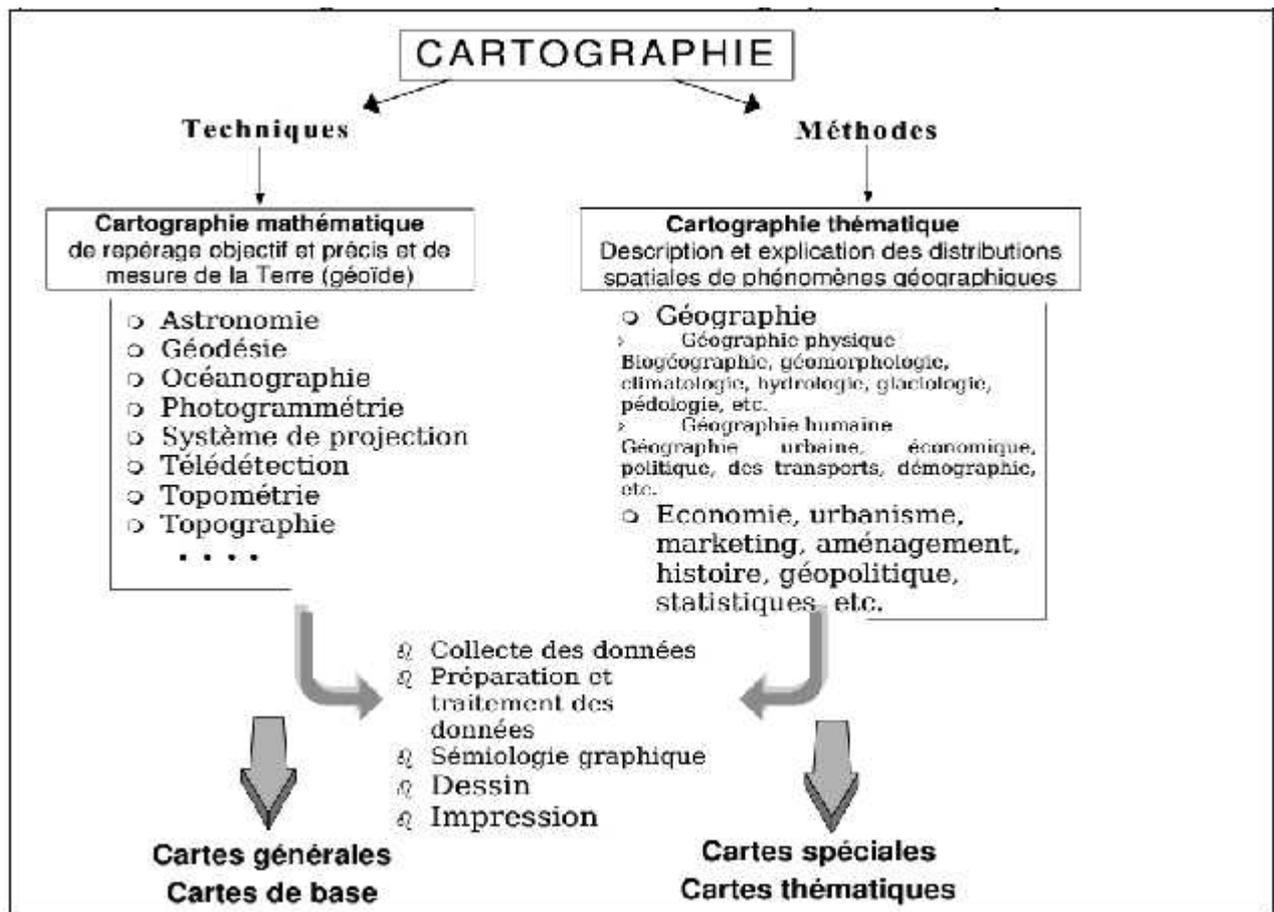


Figure I.1 : Les deux grandes branches de la cartographie contemporaine (Poidevin, 1999)

L'enjeu est plutôt de considérer la cartographie comme art d'expression et comme un outil d'analyse, d'aide à la décision et de communication, d'où le contenu de ce livre axé essentiellement sur les méthodes de la cartographie.

➤ Les méthodes de la cartographie, c'est-à-dire la démarche et la réflexion intellectuelle que supposent l'acte de concevoir, réaliser puis lire des cartes thématiques (cf. définition plus bas) nécessitent d'autres compétences. Lire une carte thématique est en soit un acte complexe qui ne répond à aucune recette prédéterminée. L'expérience du lecteur dans un domaine quelconque et sa capacité à décrypter la trame de l'organisation de l'espace géographique sont les deux facteurs clefs de la lecture efficace d'une carte. Il est par contre plus aisé de cerner les acquis que réclament la conception puis la réalisation d'une carte thématique puisqu'ils découlent plus ou moins directement d'une logique dans le choix du langage cartographique. Pour résumer, le respect d'une série de règles et de méthodes est garant d'une cartographie thématique efficace et fiable.

**1.3. La carte**

Objet très ancien, plus ou moins complexe, aux multiples facettes et utilisations, on ne peut donner une seule définition de la carte. Toutes les cartes ont, néanmoins, un point commun, celui de représenter une portion de l'espace terrestre.

Retenons deux définitions de la carte :

a- Une carte : est une représentation géométrique, plane, simplifiée et conventionnelle de tout ou partie de la surface terrestre et cela dans un rapport de similitude convenable qu'on appelle échelle, Selon F. Joly.

b- La carte : est un dessin réduit et à plat du monde ou d'une portion du monde. Elle peut être aussi et d'autre part une représentation sur un fond de carte géographique, d'un *phénomène* quelconque concret ou abstrait. Cette représentation est faite sur papier ou sur un autre support tel le verre, le bois ou un écran d'ordinateur. Une carte est conçue à la main ou par une machine. Les distances sur la carte sont toujours dans le même rapport que sur le terrain.

De ces définitions se dégagent cinq grands principes dont les conséquences pratiques guident ou devraient guider le travail de tout cartographe, professionnel ou non :

- La carte est une représentation, un dessin : la carte est donc un document visuel. Ceci explique que la conception et la réalisation d'une carte doivent respecter des règles simples mais rigoureuses, issues des lois de la perception visuelle.

- La carte est une représentation plane : la carte matérialise le passage de la sphère terrestre à un plan. Ce passage est réalisé grâce au procédé des projections. L'obligation de la projection implique qu'aucune carte n'est fidèle à la forme réelle de la surface terrestre. De plus, selon la projection retenue, le visage du territoire projeté sera très différent. Cette contrainte n'est impérieuse que dans le cadre d'une cartographie de grandes étendues de terrain (travail à *petite échelle*).

- La carte est une représentation réduite : une carte n'a pas pour objectif de représenter l'espace en vraie grandeur. Au contraire, le but est d'obtenir un document maniable sur lequel est représenté le terrain selon un rapport de réduction : l'échelle.

- La carte : est une représentation simplifiée : la réduction impose une série d'opération graphiques que l'on regroupe sous le nom générique de généralisation et qui visent à choisir les objets à représenter et à remplacer leurs formes observées sur le terrain par des figurés conventionnels.

▪ La carte est une représentation conventionnelle : le cartographe utilise un langage, le langage cartographique, qui possède sa propre grammaire. Sa connaissance permet de transmettre au mieux une information géographique.

De même que la définition de la cartographie a laissé entrevoir les deux grandes branches de cette discipline, celle de la carte différencie deux grands types de cartes : d'une part les cartes de base (appelées également cartes générales ou encore cartes classiques) issues de la cartographie mathématique et d'autre part les cartes spéciales.

Dès le 17<sup>ème</sup> siècle, l'homme a cartographié la Terre dans un but moins restrictif que celui de représenter la topographie des pays et de décrire la Terre. Les cartes sont devenues des instruments de connaissance, de décision, de prévision et de planification au service des Etats. Sont donc apparues des **cartes spéciales** ou **cartes spécialisées** aujourd'hui communément appelées **cartes thématiques**.

Une carte thématique a pour finalité de donner sur un fond de carte une représentation conventionnelle de faits et de phénomènes présentant un aspect de distribution dans l'espace et de leurs corrélations, à l'aide de symboles qualitatifs ou quantitatifs, géométriques ou figuratifs dont l'explication se trouve dans une légende.

Les phénomènes à représenter étant illimités, les cartes thématiques et leurs applications sont innombrables. C'est cette variété même qui fait certes la complexité mais aussi l'intérêt d'un point de vue professionnel des cartes thématiques conçues pour décrire, comprendre et interpréter l'organisation de l'espace afin, le cas échéant, d'agir

#### **1.4. L'informatique au service d'une nouvelle cartographie**

L'apparition de l'informatique dans le domaine de la cartographie est déjà ancienne puisque les premières cartes par ordinateur datent du début des années 60. Néanmoins, à cette époque, la technologie encore balbutiante et surtout les obstacles financiers empêchaient l'expansion de la **cartographie par ordinateur** qui ne concernait qu'un noyau de spécialistes. Depuis, elle s'est perfectionnée sans cesse si bien qu'aujourd'hui, concevoir une carte sur ordinateur est en passe de devenir un acte aussi ordinaire qu'utiliser un traitement de texte. Cette (r)évolution a bouleversé toute la filière cartographique, d'amont en aval.

Pour le cartographe néophyte, la cartographie par ordinateur soulève un flot de questions, car celle-ci possède son jargon, ses méthodes et ses spécialistes.

### **1.5. Comment aborder la cartographie par ordinateur ?**

On peut distinguer quatre niveaux selon les fonctionnalités des logiciels.

➤ Certains logiciels destinés au grand public et plus particulièrement aux curieux de géographie ou aux milieux scolaires ne sont que des **recueils de cartes passives** (des atlas) historiques, géographiques, satellitaires. Ils ne permettent en aucun cas de créer des cartes et ne sont donc pas des logiciels de cartographie.

#### ➤ **Les logiciels de dessin**

La réalisation de cartes grâce à un logiciel de dessin (Adobe Illustrator ou Corel-Draw, par exemple) suppose le maniement plus ou moins expérimenté du Dessin Assisté par Ordinateur (D.A.O.). Quatre cas se présentent :

- Le cartographe privilégie le travail graphique voire artistique et non pas la conception de cartes supposant des traitements statistiques. Les logiciels de dessin sont ainsi tout indiqués pour concevoir des cartes fictives, des cartes destinées à la communication ou des cartes schématiques. Ces documents ne nécessitent pas en effet de liens entre objets graphiques de données statistiques mais imposent généralement des fonctions de dessins avancées.

- Le cartographe travaille sur un logiciel de cartographie et retouche les cartes dans un logiciel de dessin ou de présentation externe pour en améliorer la présentation et l'esthétique, mettre en forme les textes, etc. Les logiciels de cartographie offrent ainsi la possibilité *d'exporter* les cartes à différents formats (TIF, JPEG, WMF, Poscript, ...). Cette méthode présente cependant l'inconvénient de perdre les liens dynamiques entre objets graphiques et données alphanumériques. Dans le cas d'une mise à jour par exemple, une nouvelle rédaction de la carte s'impose. Toutefois, certains logiciels de cartographie proposent des fonctions *internes* d'édition cartographique préservant les liens entre paramètres d'habillage et base de données.

- Le cartographe *conçoit* sa carte « manuellement », par exemple les traitements statistiques à l'aide d'une calculatrice ou d'un tableur, et *réalise* sa carte sur logiciel de dessin.

- Certains logiciels de dessin perfectionnés proposent, grâce à des modules intégrés, de nombreuses fonctions permettant de traiter des données géographiques. La barrière entre ces logiciels et les logiciels de cartographie est mince. Si l'on veut mettre en relation les données statistiques et les données cartographiques et mettre en œuvre des

fonctions d'analyse géographique, en résumé tirer pleinement parti de la cartographie par ordinateur, il faut passer à la vitesse supérieure, c'est-à-dire aux logiciels de cartographie proprement dits.

➤ **Les logiciels de cartographie**

Les **logiciels de cartographie** sont complets et permettent de « numériser » ou « digitaliser », c'est-à-dire enregistrer des fonds de carte personnels. Ils créent, structurent et gèrent les bases de données cartographiques. Ils offrent ainsi toutes les fonctionnalités de rassemblement, de classement et de traitements mathématiques des données à cartographier. Ils traduisent les données (chiffrées ou non) en un langage cartographique constitué de figures géométriques, de trames, de symboles, de diagrammes, de couleurs..., puis ils permettent « d'habiller » la carte avec une légende, un titre, un cadre, une couleur de fond, etc. Enfin, les logiciels de cartographie effectuent des analyses spatiales très élaborées (intersections, sélection d'objets selon divers critères, calculs d'itinéraires, d'isochrones, analyses factorielles, ...). Les logiciels de cartographie ont gagné en ergonomie. Autrefois, trop compliqués pour les cartographes occasionnels, ils sont aujourd'hui accessibles au grand public moyennant une formation.

➤ **Les systèmes d'informations géographiques (S.I.G.)**

Le but de ce paragraphe est uniquement et simplement de tirer au clair les grandes lignes d'un secteur aux multiples ramifications et en perpétuelle évolution. Le fait que la plupart des personnes extérieures à la problématique des systèmes d'informations géographiques et même bon nombre de professionnels assimilent les S.I.G à des logiciels de cartographie est révélateur de la confusion qui règne dans ce domaine dont l'image et le fonctionnement tendent à se brouiller un peu plus chaque jour, particulièrement aux yeux du cartographe occasionnel.

### **1.6. Les apports de la cartographie par ordinateur :**

Les forces de la cartographie par ordinateur procèdent inévitablement de la puissance et de la vitesse de calcul toujours plus importantes, intrinsèques aux ordinateurs. Les progrès de l'informatique et surtout de la micro-informatique bénéficient à tous les échelons de la cartographie par ordinateur. Sa prééminence sur la cartographie manuelle se décline en sept points majeurs :

- La rapidité d'exécution.
- Un potentiel énorme en matière de stockage et de diffusion.
- La netteté du dessin et la qualité de la restitution.
- Le traitement des données est lié directement à la partie graphique de la carte.
- Une immense capacité de gestion, de traitement, d'analyse.
- La possibilité de réaliser des cartes originales.
- La possibilité de manipuler des bases de données cartographiques.

## **2. Les systèmes d'informations géographiques (S.I.G.) :**

Le concept de système d'information géographique (SIG) est apparu dans les années 1960-1970 avec un premier essai par Tomlinson en 1967. 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 d'un SIG dans ce travail, nous allons également en préciser sa définition.

### **2.1. Définitions**

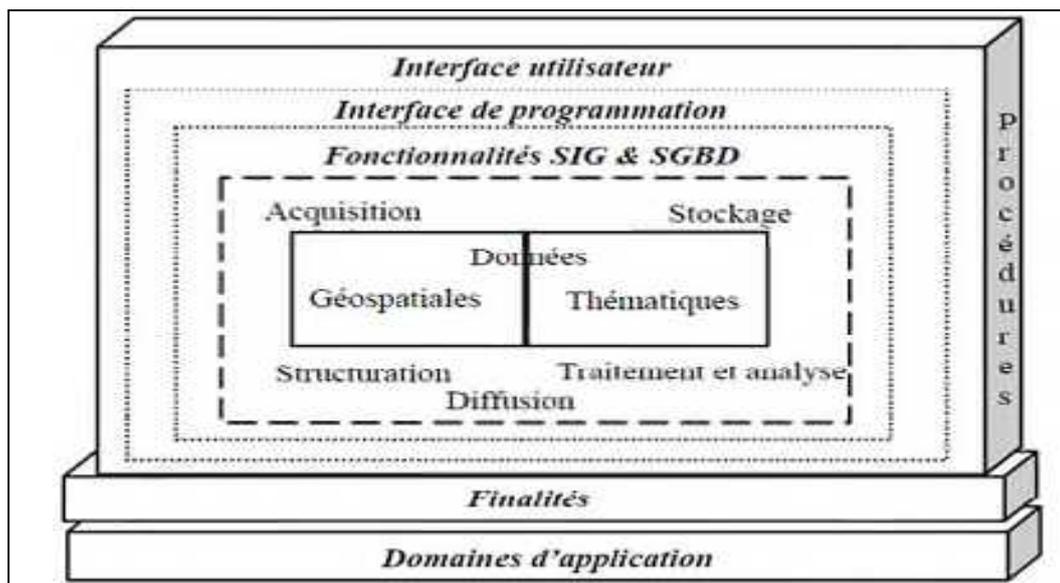
Un système d'information géographique est un ensemble de données repérées dans l'espace, structuré de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision (in IAAT, 2003).

Un système d'information géographique (SIG) est un outil capable d'organiser et de présenter des données alphanumériques spatialement référencées, ainsi que de produire des plans et des cartes. Derrière cette définition, on pense souvent à des logiciels. Cela est vrai à condition que le dit logiciel soit capable d'accomplir les 6 fondamentaux d'un SIG à savoir :

- Saisir des informations géographiques sous forme numérique (Acquisition)
- Gérer des bases de données(Archivage)
- Manipuler et interroger des données géographiques (Analyse)
- Mettre en forme et visualiser (Affichage)
- Proposer une ou plusieurs représentations du monde réel (Abstraction)
- Aider à l'analyse prospective (Anticipation).

**NB :** Lorsqu'un logiciel n'est pas capable d'accomplir ces 6 tâches, on ne parle pas de SIG mais de logiciel de cartographie.

Un système d'information géographique 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. Le SIG se caractérise donc par des fonctionnalités de saisie, de stockage, de manipulation, d'analyse et de diffusion d'information à référence spatiale et où celui-ci peut soutenir diverses activités comme la gestion, la recherche et la planification. Afin de bien désigner et délimiter les actions du SIG, le spectre de ses constituants et de ses actions est résumé dans la **Figure 2**.



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

Un système d'information géographique peut être aussi défini par les questions auxquelles il apporte des réponses :

- Qu'y a t il à cet endroit ? Exprimant une localisation.

Cette localisation peut être une adresse, un nom de rue ou de quartier ...

- Où est ce? Exprimant une condition : elle permet de trouver les localisations correspondantes à certaines conditions: où sont les canalisations en PVC ?

▪ Qu'est ce qui a changé depuis? Exprimant les tendances : elle permet de chercher les changements effectués pour les tronçons du réseau d'AEP.

▪ Quelle est la répartition spatiale de ce phénomène? Exprimant une répartition. Elle permet de savoir la répartition spatiale des réservoirs, des points de piquage, des industries, ...

▪ Qu'est ce qui ce passe si? Exprimant une modélisation : elle permet de savoir les perturbations qui peuvent être provoquées par un piquage sur un réseau existant d'AEP.

2.2. Structure et composants 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 les données et les traitements sont illustrées dans la **figure 3**.

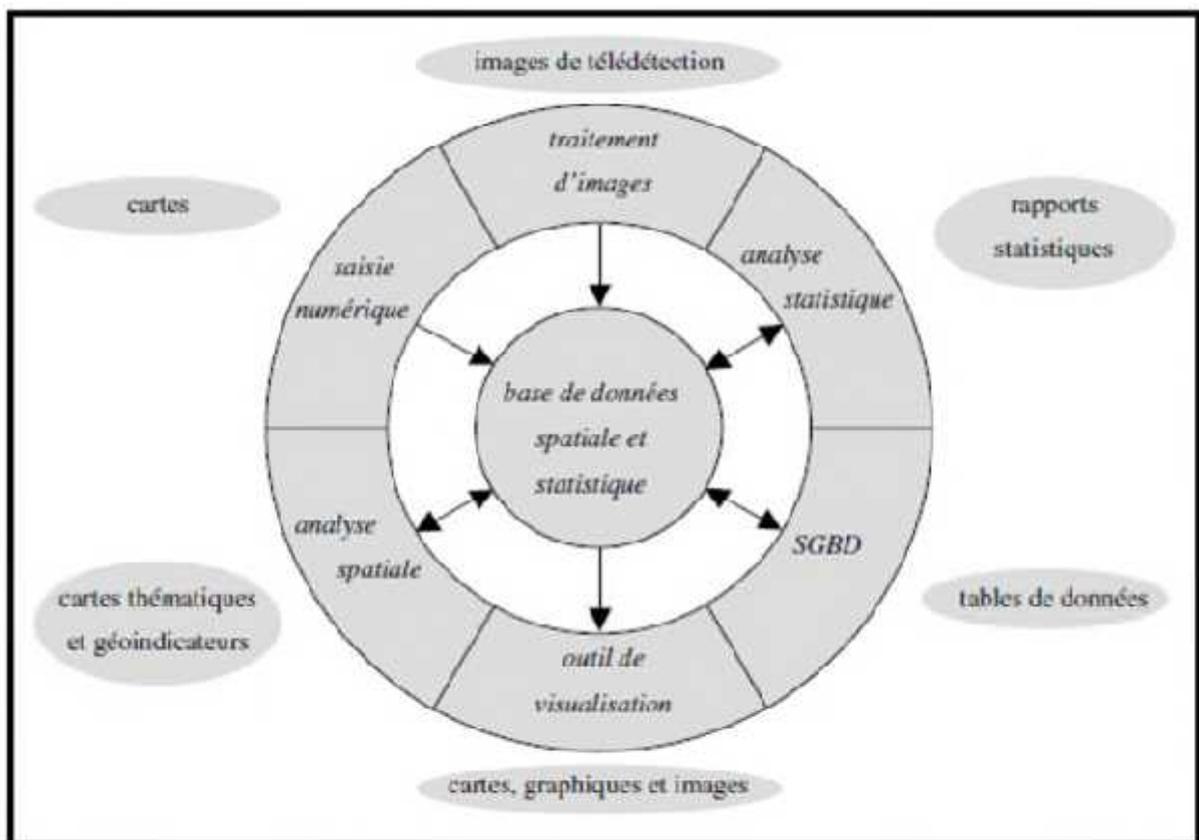


Figure I.3 : Les composants informatiques d'un SIG, adapté d'Eastman (1991) et de Prélaz Droux (1995), in Repetti (2004).

### **2.3. Base de données et système de gestion**

Le constituant fondamental du SIG correspond à sa base de données et son système de gestion associé.

#### **2.3.1. 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. D'après Martin (1977) in (Rouet, 1993), 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. Selon M. Adiba et C. Delobel (in Pornon, 1992), une base de données est un ensemble structuré de données enregistrées sur des supports accessibles par l'ordinateur pour satisfaire simultanément plusieurs utilisateurs de façon sélective et en temps réel. 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 géoréférencées. Ces données représentent respectivement la base descriptive des propriétés thématiques et spatiales du système. Les données thématiques et géoréférencées 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 (Pouliot, 1999). L'ensemble des informations constituant cette base de données est inter-reliée et exploitée par des applications via un logiciel du type Système de Gestion de Base de Données (SGBD). Ses informations sont classées sous forme de fichiers et consultées à partir de critères précis.

#### **2.3.2. 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 des 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 (Laurini, 1993). 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 (Rouet, 1993).

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.

### **2.3.3. 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. Les modèles existants sont :

- **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 (Laurini, 1993).

- **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 (Rouet, 1993).

- **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 (Laurini, 1993).

▪ **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 (Rouet, 1993).

**2.4. Modélisation spatiale**

Construits pour des objectifs précis, les SIG intègrent l'information nécessaire aux fonctions du système, sous un mode qui permet de répondre aux questions posées avec les outils logiciels et matériels disponibles. Il y a toujours plusieurs manières de répondre à une question et les choix informationnels et techniques du SIG privilégient un mode de réponse (Joliveau T, 1996). Le SIG traduit le réel en fonction des besoins de la structure selon un certain modèle, et pas seulement un modèle de données. La réalisation d'un Système d'information se base sur un modèle spatial (Figure 4), qui consiste en une représentation simplifiée par le biais d'une organisation relationnelle d'informations, qui décrit les phénomènes et les processus observés dans l'espace (Prélaz Droux, 1995).

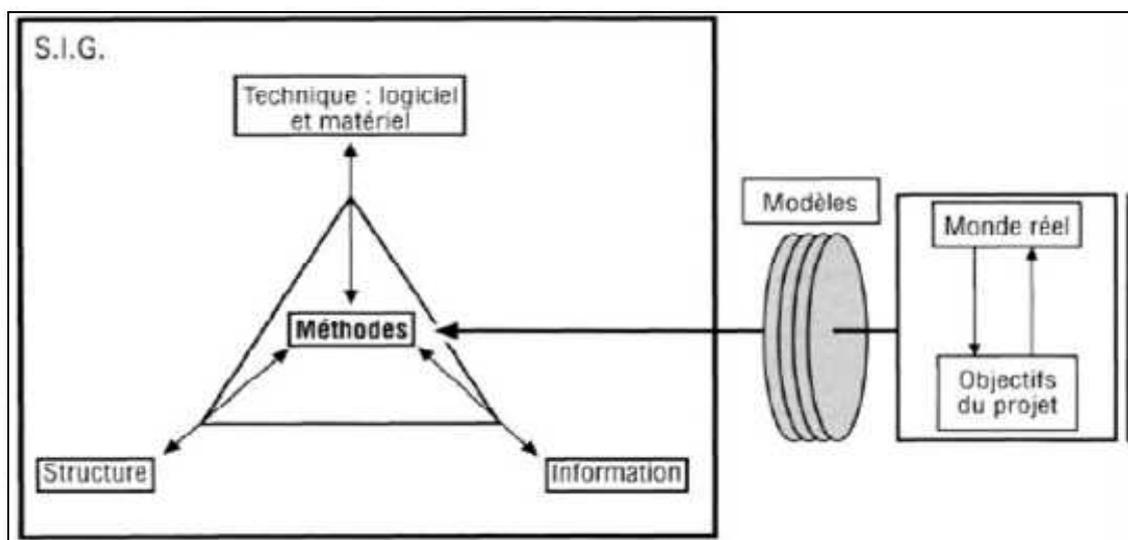


Figure I.4 : Les 4 grandes composantes d'un SIG (Joliveau T, 1996)

L'opération de modélisation consiste alors en un ensemble de méthodes qui permettent de passer des phénomènes et processus réels aux objets informatiques. Basée sur une approche systémique, la modélisation voit donc un modélisateur effectuer une observation de la réalité (Golay, 1992 ; Crausaz, 2000). Sur cette base, il élabore un modèle-type, correspondant à la finalité qu'il va donner à son modèle et contenant les éléments et leurs interrelations qui sont utiles à son raisonnement (Repetti, 2004). Par abstraction, le modélisateur va ainsi pouvoir établir un modèle conceptuel de sa perception de l'espace réel (Figure 5).

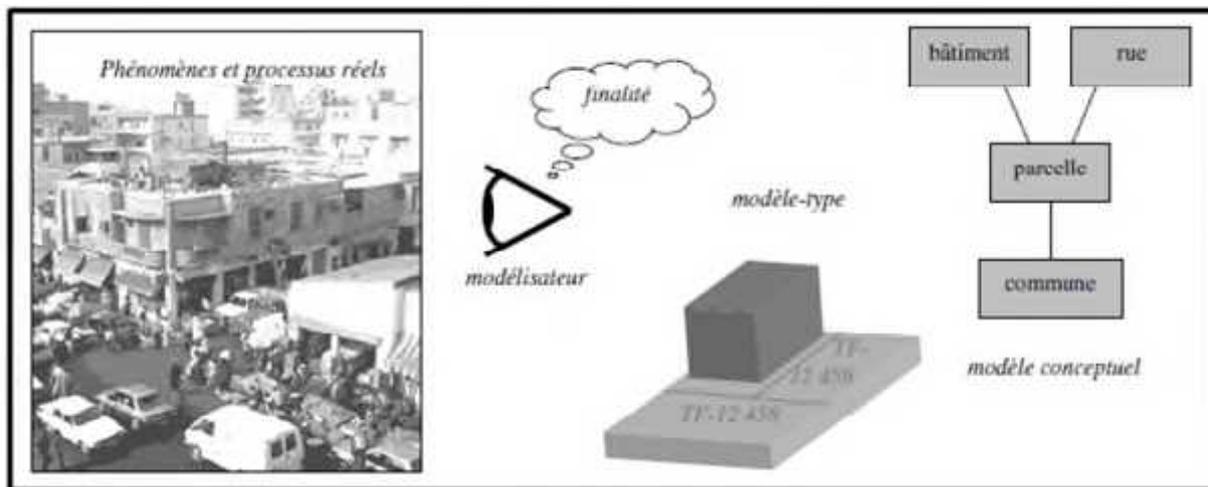


Figure I.5 : Modélisation du territoire par un modélisateur (Repetti, 2004).

### 3. Les réseaux d'alimentation en eau potable

#### 3.1. Présentations des réseaux D'AEP

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 (BONIN J,1982) et, souvent, aux besoins en eau nécessaire pour lutter contre les incendies et les besoins d'irrigation (MERZOUK N,2005).

#### 3.2. Les principaux ouvrages constituant un réseau D'AEP

Les principaux éléments constitutifs d'un réseau d'eau potable sont (Figure 6) :

- Captage.
- Traitement des eaux.
- Adduction (refoulement).
- Accumulation (stockage).
- Distribution.

### **3.2.1. Captages**

Les captages sont les travaux effectués pour prélever les eaux naturelles en vue de l'alimentation, ils peuvent concerner soit l'eau présente dans le sous-sol, sous forme de nappes aquifère, soit celle qui surgit du sous-sol à la surface par des sources, soit encore celle que l'on trouve à la surface du sol, dans les rivières ou dans des étangs naturels ou artificiels (BONIN J, 1982).

### **3.2.2. Traitement des eaux**

Les eaux captées dans la nature, exactement les eaux de surface (lacs et rivières), ne présentent pas les qualités physiques, chimiques et biologiques désirables pour la consommation (BONIN J, 1982). Pour rendre ces eaux potables, il faut les traiter.

Le traitement d'une eau brute dépend de sa qualité, laquelle est fonction de son origine et peut varier dans le temps. L'eau à traiter doit donc être en permanence analysée car il est primordial d'ajuster le traitement d'une eau à sa composition et, si nécessaire, de le moduler dans le temps en fonction de la variation observée de ses divers composants. Il peut arriver cependant qu'une pollution subite ou trop importante oblige l'usine à s'arrêter momentanément.

### **3.2.3. Adduction**

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

#### **a) Types d'adduction**

Il ya deux types d'adduction :

- **L'adduction gravitaire** : où l'écoulement de l'eau à des pressions importantes est causé par la différence des niveaux hydrauliques : l'altitude de la source est supérieure à l'altitude du point de consommation, et se déplace donc grâce à la force de gravitation d'où son nom. C'est le principe du Château d'eau.

- **L'adduction par refoulement** : où la pression sur le réseau et l'acheminement de l'eau se fait à l'aide de pompes à l'intérieur de stations de pompage.

#### **b) Problématiques diverses**

- **Le coup de bélier** : c'est un phénomène répandu : la fermeture instantanée des vannes ou électrovannes, ou une coupure brutale d'électricité, va entraîner un retour de l'eau par

dépression, d'où un risque pour les canalisations. On remédie à ces problèmes par des études du régime d'écoulement, du type de matériau à utiliser et leur épaisseur. Ce phénomène est souvent rencontré à l'adduction par refoulement, mais actuellement, *en Algérie*, avec les nouveaux produits de conduites, comme le PEHD, la surpression ne pose pas de problème mais le problème de dépression est toujours posé.

• **La pollution** : due à l'exposition du réseau au risque de refoulement. Elle est causée par une rupture de l'alimentation. Elle peut se produire lorsqu'un transfert de charge crée une dépression dans une partie du circuit. Si une des extrémités du conduit est positionnée (noyée), en position ouverte, dans un récipient contenant des produits polluants (bacs de dégraissage ou de produits chimiques, fosses, bains, etc.) ceux-ci peuvent être aspirés et contaminer le reste du réseau de distribution. Selon l'activité du site desservi, un disconnecteur peut être imposé par la réglementation. La pollution causée par la submersion des équipements en cas de pluie abondante ou d'inondation. Pour cause de perte de charge dans l'écoulement, il est interdit d'effectuer un piquage sur un conduit d'adduction par refoulement, mais le piquage d'un conduit d'adduction gravitaire est toléré.

#### **3.2.4. L'accumulation (Stockage)**

Les réservoirs doivent maintenir l'eau à l'abri des risques de contaminations, et autant que possible des fortes variations de température (BENBLIDIA M., THIVET G, 2010).

Il sert aussi à deux choses :

- Constituer une réserve d'eau disponible même si le pompage est arrêté.
- Séparer le pompage de la distribution.

A partir du réservoir, l'eau s'écoule dans les tuyaux par son propre poids, donc plus le réservoir sera plus haut, plus l'eau pourra aller loin et vite.

#### **3.2.5. La distribution**

Elle désigne toute la partie se situant après le réservoir. A partir du ou des réservoirs, l'eau est distribuée dans un réseau de canalisations sur lesquelles les branchements seront piqués en vue de l'alimentation des abonnés. Les canalisations devront en conséquence présenter un diamètre suffisant, de façon à assurer le débit maximal avec une pression au sol compatible avec la hauteur des immeubles (DUPOND A, 1981).

La distribution de l'eau s'effectue à l'aide des réseaux enterrés constitués de conduites et de canalisations sous pression qui comprennent des :

- Conduites et pièces spéciales.
- Appareils de robinetterie : vannes, clapets.
- Appareils de mesure : compteurs, débitmètre.
- Appareils de fontainerie : bouches d'incendie.

### **3.3. Classification des réseaux**

On distingue plusieurs types de réseaux, à savoir: les réseaux ramifiés, maillés, étagés et les réseaux à alimentation distinctes. Leur classification se fait en se basant sur la topographie du terrain (terrain accidenté, différence d'altitude importante) et l'occupation du sol. Ces réseaux peuvent être alimentés à partir d'un ou plusieurs réservoirs. Avec le réseau étagé, il est possible, de constituer des réseaux indépendants avec une pression limitée aux environs de 40 mètres d'eau. Les réseaux à alimentation distinctes ne se justifient que dans les installations extrêmement importantes.

### **3.4. Structure du réseau d'Alimentation en eau potable (AEP)**

La structure du réseau d'AEP dépend de la localisation des abonnés, de leur importance et du niveau de demande à assurer. La structure traduit les dimensions des conduites, la capacité des réservoirs, le nombre de pompes et la puissance fournie. La structure du réseau tient compte d'éléments géographiques tels que : la dispersion des abonnés, la présence d'obstacles naturels, la présence de routes, chemin de fer, jardins, d'autres réseaux enterrés. Tous ces éléments vont permettre au service de l'eau de définir des caractéristiques propres à chaque composant du réseau afin d'assurer son bon fonctionnement. Ces caractéristiques sont détaillées dans ce qui suit :

#### **a) Les conduites**

Les conduites permettent l'acheminement l'eau d'un point à un autre point du réseau. Une conduite est un segment de tuyau ou canalisation délimitée par deux points de consommation d'eau appelés *nœuds*. Chaque conduite est caractérisée par :

- Un nœud initial et un nœud final.
- Une longueur donnée  $L$  et un diamètre  $d$ .
- Un coefficient de rugosité  $C$  traduisant la perte de charge.
- Un état : ouvert, fermé.

L'écoulement de l'eau s'effectue du nœud disposant de la pression la plus élevée vers le nœud dont la pression est plus faible. La rugosité traduit la résistance de la conduite à l'écoulement de l'eau. Les parois internes des conduites au contact de l'eau créent un

phénomène de friction qui s'accompagne de perte d'énergie due au frottement créant ainsi une perte de charge linéaire(B.SALAH).

**b) Les pompes**

Une pompe est un dispositif permettant de fournir de l'énergie au liquide. Le fonctionnement de la pompe est relié généralement à un réservoir. Le démarrage et l'arrêt de la pompe sont fonction du niveau du réservoir ou de plages horaires spécifiques. Une pompe peut être caractérisée soit par une puissance constante (énergie), fournie à l'eau au cours du temps indépendamment du débit et de la hauteur de refoulement, ou par une courbe caractéristique qui décrit la relation entre la hauteur de refoulement et le débit fournie à l'aide d'une fonction :  $H=f(Q)$ . (DUPOND A, 1981).

La pompe devra compenser les dissipations d'énergie dans les conduites tant d'aspiration que de refoulement ; dénommées *pertes de charge* elles sont couramment évaluées en hauteur d'eau exprimée en mètre.

**c) Les vannes**

Certaines conduites de longueur fictive comporte des vannes qui permettent de limiter la pression ou le débit en des points précis du réseau. Les vannes sont caractérisées par :

- Les nœuds d'entrée et de sortie.
- Le diamètre.
- Le diamètre de la consigne de fonctionnement et l'état de la vanne.
- Coefficient de perte de charge singulière.

Il existe plusieurs types de vannes qui satisfont à des besoins variés :

- Les vannes d'isolement : permettent d'isoler certains tronçons qu'on veut inspecter, réparer ou entretenir. On distingue deux types : les robinets à papillon pour les conduites de gros diamètres et les robinets-vannes pour les conduites de petits diamètres.
- Les vannes à clapets de non-retour : permettent de diriger l'écoulement dans un seul sens. Elles sont installées sur les conduites de refoulement.
- Les vannes de réduction de pression : permettent de réduire la pression à une valeur prédéterminée (B.SALAH).

**d) Les ventouses**

On installe des ventouses aux points élevés du réseau. Elles permettent d'un côté, de faire évacuer les quantités d'air qui s'y accumulent à la suite, par exemple, du dégazage de l'oxygène dissous, et de l'autre côté, de faire pénétrer l'air lorsqu'un vide se crée dans une conduite et évitent la création de pressions négatives qui risqueraient d'entraîner l'écrasement de la conduite. Trois types de ventouses sont utilisés : ventouses pour petites quantités d'air, ventouses pour grandes quantités d'air et ventouses universelles(B.SALAH).

**e) Les décharges**

Une décharge est un robinet placé au point bas de la canalisation pour en permettre la vidange, l'évacuation s'effectue à l'égout le plus voisin ou si le point bas se trouve hors de la ville, dans le fossé le plus proche. Ce robinet sera placé à l'intérieur d'un regard en maçonnerie et doit être facilement accessible.

**f) Les poteaux d'incendie**

Ils permettent de fournir aux pompiers l'eau dont ils ont besoin pour combattre les incendies. Ils sont reliés aux conduites du réseau par des conduites de raccordement dotées d'une vanne d'isolement. Un poteau d'incendie doit comporter au moins deux prises latérales de 65 mm de diamètre et une conduite de 100 mm de diamètre si le débit excède 5000 l/mn ou la pression si est faible.

La superficie desservie par un poteau d'incendie dépend du débit nécessaire pour combattre les incendies ; plus le débit est élevé, plus les poteaux sont nombreux et rapprochés.

**g) Les nœuds**

Les nœuds représentent des points de jonction entre les conduites. Ils correspondent à des points d'entrée ou de sortie d'eau. Il existe deux catégories de nœuds :

- **Les nœuds à débit fixe**

Ces nœuds se caractérisent par une cote au sol connue et un débit connu (demande), l'inconnue est la pression au nœud qui doit être calculée. Ils correspondent à des points de consommation dans le réseau. Ces nœuds peuvent décrire la consommation d'un ou de plusieurs abonnés de même type. Nous distinguons entre les abonnés selon le type de

consommation : domestique, industrielle, administration. La consommation au nœud exprimée par la demande peut être constante ou variable.

- **Les nœuds à charge fixe**

Ce sont des nœuds où la charge est fixée ou dont la cote piézométrique de l'eau est connue. Il peut s'agir d'un réservoir dont le niveau d'eau varie en fonction du temps au sol ou sur tour, d'un poteau à incendie ou d'une bêche de pompage dont le niveau reste inchangé. Pour ces nœuds le débit doit être calculé. Selon la nature des abonnés, la demande est décrite par une courbe de consommation.

### **3.5. Problèmes rencontrés dans un réseau D'AEP**

Plusieurs problèmes de différentes origines peuvent survenir dans un réseau d'A.E.P ; des fuites, les branchements illicites, les erreurs de compteurs, les problèmes environnementaux, pénétration de contaminants, chute de pression, des ruptures ou casses sur les conduites et leurs accessoires, les interruptions. A ces problèmes s'ajoutent des problèmes de gestion du réseau. Ces différents problèmes causent le mécontentement des consommateurs qui réagissent en déposant des plaintes sur les différents services (quantité insuffisante, qualité médiocre, interruption de l'alimentation, etc.) au niveau des services concernés. Les différents problèmes survenant dans un réseau d'alimentation en eau potable peuvent être classés en trois grandes catégories :

- Problèmes induisant les ruptures et les casses.
- Problèmes induisant les fuites.
- Problèmes induisant la dégradation de la qualité de l'eau.

### **3.6. Gestion des réseaux d'AEP**

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

Cette gestion présente les problèmes suivants:

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

### **3.7. Gestion informatisée des réseaux**

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

Elle permet en effet :

- D'améliorer la connaissance des réseaux faisant l'objet d'une telle étude ;
- De détecter et de comprendre les désordres pouvant se produire sur le réseau : on peut par exemple localiser les zones où la pression est anormale et en déduire la présence de fuites ou l'existence d'éléments inconnus, s'apercevoir que les temps théoriques de fonctionnement de pompes sont bien inférieurs aux temps mesurés ou découvrir d'autres indices qui témoignent de dysfonctionnement ;
- De simuler sur une période d'au moins une journée le comportement du réseau afin d'en optimiser les ressources, les capacités de stockage, les 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.

### **3.8. Cartographie des réseaux**

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

#### **❖ Plans à petite échelle (de l'ordre de 1/ 10 000)**

Ils offrent une vue globale de l'ensemble du réseau. Ils sont utilisés par les services chargés de la planification et de l'élaboration des plans directeurs d'aménagement et d'urbanisme (PDAU). Cette échelle est souvent employée aussi dans les zones rurales où les réseaux sont étendus avec une basse densité de branchements et équipements (Valiron, 1994).

❖ **Plans à échelle moyenne (1/ 5000 à 1/ 1000)**

Ce sont les plans utilisés sur le terrain par les exploitants. Sur ces plans sont représentés les fonds de plans et les réseaux accompagnés des informations indispensables à l'exploitant (Valiron, 1994).

❖ **Plans à grande échelle (1/500 à 1/100)**

Ils permettent une localisation précise des ouvrages existants. Ces plans sont généralement réalisés rue par rue, et présentent le positionnement des canalisations et des pièces spéciales, les branchements et les côtes exactes du réseau. Ces plans sont très utiles, compte tenu de la masse d'informations qu'ils contiennent (Valiron, 1994).

❖ **Plan de recollement**

Sur les plans d'exécution qui sont généralement à l'échelle du 1/500 sont reportés tous les réseaux nouvellement construits avec leurs caractéristiques (diamètre, type, nature), sont indiqués aussi les ouvrages annexes, les vannes et les côtes de radiers (Valiron, 1994). A ce document sont annexés les profils en long, les ouvrages spéciaux, le carnet de branchement, ceux-ci étant numérotés rue par rue.

### **3.8.1. Mise à jour des plans**

Les services d'eau disposent généralement des informations concernant les réseaux et d'un support cartographique correspondant à la voirie car la mise à jour demande une bonne coordination avec les services en charge des travaux de voirie afin que ceux-ci transmettent au service d'AEP les plans d'exécution des travaux (Valiron, 1994).

### **3.8.2. Fonds de plans**

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

référence de l'information cadastrale; c'est à dire à partir du plan que sont identifiés tous les biens soumis à impôt. Le plan cadastral comporte principalement les informations suivantes:

- Les limites de commune, de section cadastrale, de lieu, de parcelle et de subdivision fiscale, avec mention du toponyme ou du numéro.
- Les bâtiments (hachurés), les hangars, les mosquées, les cimetières, les moulins, les cheminées d'usine, les gazomètres, les gazoducs, les lignes de transport de forces.
- Les noms de voie et les numéros de police des immeubles bordant ces voies.
- Les repères géodésiques, les points de triangulation et de polygonation cadastrale, les repères de nivellement, les bornes de propriétés.
- Les murs, les clôtures, les haies, les fossés, les cours d'eau, les lacs, les étangs, les ouvrages (quais, ponts), les bordures de chemins et de trottoirs, ... (Rouet, 1993).

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

- la quantité d'information que peut contenir une carte est limitée, principalement pour des raisons de lisibilité ;
- une fois produite, la carte « papier » est un document figé. Il peut même arriver que des cartes soient périmées dès leur parution ;
- il est difficile d'extraire une information exacte (coordonnées géographiques d'un point situé en mer) ; aucune analyse quantitative ne peut être conduite entre deux cartes thématiques ;
- toute analyse spatiale à partir de plusieurs cartes est difficile, voire impossible. (Sauvagnargues Lesage et al., 2009 ; Tena Chollet et al., 2010).

### **3.8.3. Cartographie des réseaux d'alimentation en eau potable à l'aide d'un SIG**

La cartographie des réseaux d'alimentation en eau potable doit être fondée sur une parfaite connaissance de ces derniers et de tous leurs éléments constitutifs et leurs son fonctionnement.

Les cartes et plans des réseaux, tenus à jour, avec l'indication des différents points singuliers constituent le document de base de l'exploitant.

Ce document de base tend à se développer sur support informatique et constitue un système d'information géographique, véritable base de données fondée sur la représentation géographique des réseaux et de l'ensemble des informations qui y sont associées.

- La constitution d'un S.I.G dans l'élaboration des cartes réside dans la facilité de :

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

Les difficultés que rencontrent les services techniques dans la gestion et l'exploitation spatiotemporelle des réseaux d'eau potable nécessitent la mise en place d'une nouvelle dynamique et sens de gestion moyennant des dispositifs adéquats, structurés et planifiés pour qu'ils puissent connaître, apprécier et gérer ces dits réseaux, tels que les SIG en général et les applicatifs métiers dédiés à la gestion d'eau potable en particulier ( SIG eau potable). De tels outils permettront de :

- Acquérir une connaissance descriptive et fiable du réseau,
- Géolocaliser les différents ouvrages constituant le réseau,
- Visualiser les réseaux d'eau potable avec différentes configurations et à différentes échelles,
- Cartographier et analyser géographiquement les données du réseau,
- Disposer d'un véritable système d'aide à la décision, implantation d'ouvrages, interventions sur les réseaux, ...,
- Lancer des requêtes de recherches et des analyses thématiques,
- Générer des statistiques et des plans à échelles voulues, .....
- Faire le suivi des dysfonctionnements du réseau,
- Programmer la distribution d'eau potable selon les résultats de calcul et les différents scénarios de distribution, ....

**Conclusion**

Ce chapitre est consacré à la recherche bibliographique des différentes notions étudiées dans le cadre de cette thèse, trois parties ont été développées à savoir la cartographie les systèmes d'information géographique et les réseaux d'alimentation en eau potable.

La cartographie est un moyen très efficace d'exprimer des idées et de repérer des phénomènes qui ne le seraient pas, ou qui le seraient plus difficilement, par d'autres moyens. En ce sens, elle permet au chercheur de s'exprimer plus efficacement, mais aussi au lecteur de mieux le comprendre. Le cartographe « Jacques Bertin » en particulier, a montré toute la puissance de la graphique dans la construction et la compréhension d'un raisonnement scientifique.

Les systèmes d'information géographique, qui sont souvent perçus comme des outils, des logiciels qui permettent de réaliser des requêtes, ainsi que des cartes, à partir de sources hétérogènes existantes. Il s'ensuit que des confusions apparaissent entre SIG et bases de données spatiales, entre création d'un SIG conçu en fonction d'une problématique donnée et création d'informations spatiales en vue de la rédaction de cartes, entre géotraitements en vue de l'analyse et de la simulation spatiales et manipulations informatiques. Or, concevoir, puis créer un SIG est une démarche intellectuelle reposant sur une approche systémique alors que la création d'information spatiale matérialise uniquement la structure des objets géographiques.

D'une façon générale, la conception d'un SIG est avant tout un processus de modélisation d'une problématique intégrant une dimension spatiale ou géographique, de structuration des phénomènes retenus comme caractérisant, concrétisant celle-ci avant d'être un problème d'ordre informatique. Ces phénomènes sont à l'intersection de trois espaces ou ensembles, à savoir l'espace de la réalité observable (thématique, sémantique), l'espace spatial ou géographique et l'espace temporel. L'information spatiale ou géographique créée correspond à une des parties visibles des phénomènes et n'a de sens que rapportée à ces espaces pris ensemble (Françoise Pirot et Anne Varet Vitu, 2004).

Les réseaux d'AEP conditionnent l'activité et le développement des agglomérations (Valiron, 1994), la notion principale concernant la cartographie des réseaux d'AEP à l'aide d'un SIG a été synthétisée dans cette partie.

La dernière partie de ce chapitre est développée dans les chapitres suivants (chapitre 2 et 3) afin de réaliser un SIG avec une application pour une région dans la commune de Constantine, c'est le Groupement Urbain de la ville de Constantine.

*CHAPITRE II*  
*Modélisation des données du système*  
*d'AEP du GUC*

**Chapitre 02 : Modélisation des données du système d'AEP du Groupement Urbain de Constantine****1. Introduction**

Une adéquate gestion des réseaux d'eau potable nécessite de disposer d'une base de données actualisée où les informations requises sont reliées au même référentiel spatial. Néanmoins, les informations relatives aux réseaux et aux infrastructures d'eau potable sont généralement disponibles sans concordance d'échelles et sur différents supports avec un classement souvent aléatoire et beaucoup de redondance. De même, l'historique des incidents sur les réseaux (fuites et casses) est généralement tributaire de la mémoire humaine. L'objectif du présent chapitre est donc d'organiser sous forme d'un modèle de données cohérent, les données contenues dans les fiches d'informations élaborées Un modèle de données pour les réseaux d'eau potable.

**2. Présentation du Groupement Urbain De Constantine****2.1. Situation géographique**

Constantine est la capitale de l'Est algérien. Elle occupe une position géographique centrale dans cette région, étant une ville charnière entre le Tell et les Hautes plaines. Elle est également la métropole de l'Est du pays et la plus grande métropole intérieure du pays, elle assure des fonctions supérieures notamment culturelles et industrielles.

Constantine se situe à 431 km à l'est de la capitale Alger, à 130 km à l'est de Sétif, 119 km au nord de Batna, à 198 km au nord-ouest de Tébessa, à 146 km au sud de Jijel et respectivement à 89 km et à 156 km au sud-ouest de Skikda et d'Annaba.

**2.2. Relief et géologie**

La ville s'étale sur un terrain caractérisé par une topographie très accidentée, marquée par une juxtaposition de plateaux, de collines, de dépressions et de ruptures brutales de pentes donnant ainsi un site hétérogène.

Elle s'étend sur un plateau rocheux à 649 mètres d'altitude, coupé des régions qui l'entourent par des gorges profondes où coule l'oued Rhummel qui l'isole, à l'est et au nord, des djebels Ouahch et Sidi Mcid, dominant de 300 mètres, à l'ouest, le bassin d'El-Hamma. Le choix de cet emplacement est avant tout une stratégie de défense. Aux alentours, la région est dotée de terres fertiles.

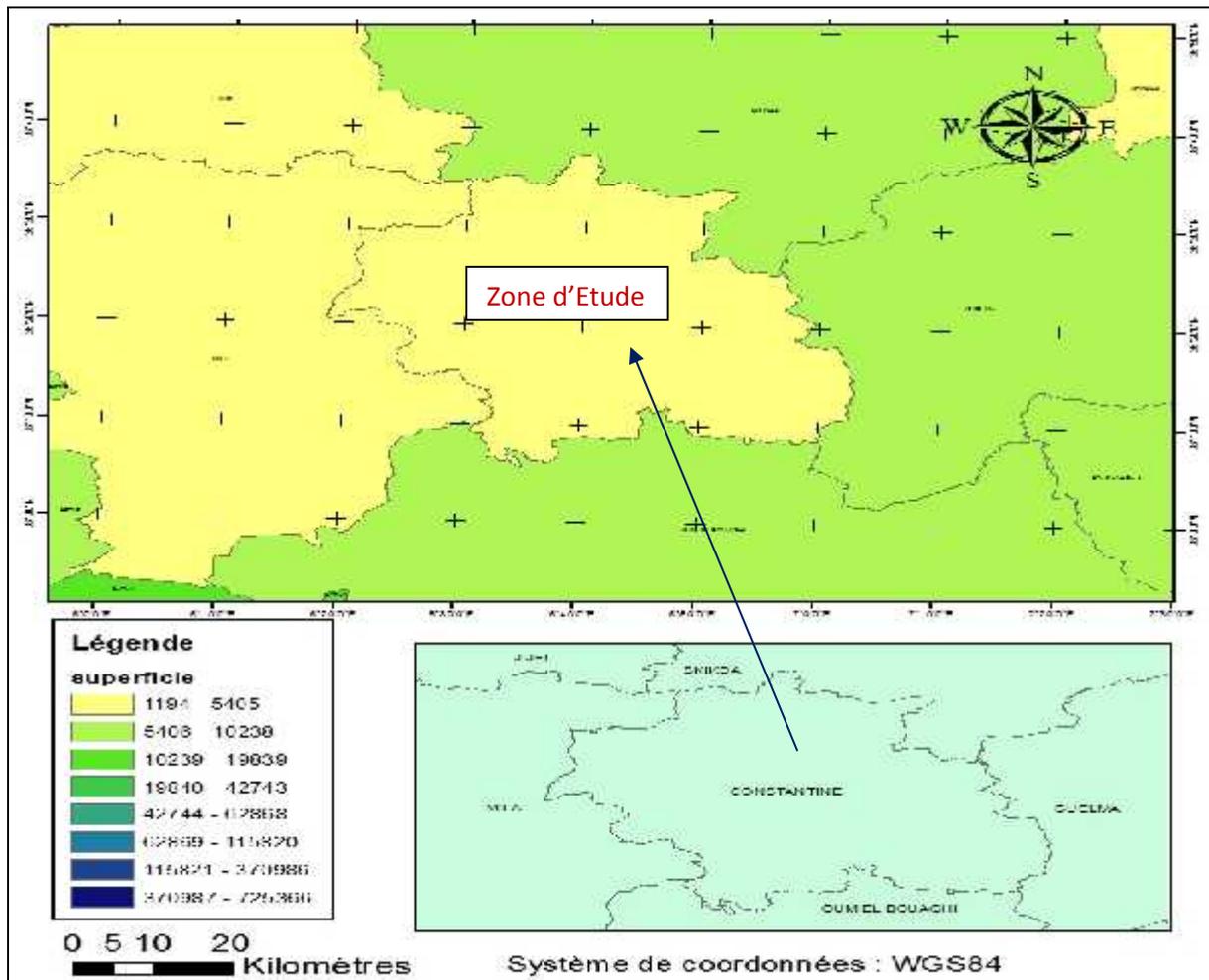


Figure II.1 : Situation de la région d'étude

### 2.3. Climatologie

Le climat de la wilaya de Constantine est méditerranéen. La moyenne pluviométrique annuelle varie entre 500 mm et 700 mm par an.

### 2.4. Démographie

Selon les catégories définies par l'État algérien en 2001 et 2006, Constantine est l'une des quatre métropoles du pays avec Alger, Oran et Annaba. Une métropole est définie comme « une Agglomération urbaine dont la population totalise au moins 300 000 habitants et qui a vocation, outre ses fonctions régionales et nationales, à développer des fonctions internationales ».

La wilaya de Constantine compte en outre neuf agglomérations sub-urbaines. Une agglomération suburbaine est une zone d'habitat voisine, représentant l'extension en termes d'habitat et parfois d'activités de la ville de Constantine.

**Tableau II.1 :** Population des agglomérations du Grand Constantine

Agglomération	Population 1998	Population 2008	Strates d'appartenance	Taux de croissance annuel (1998/2008)
Constantine	479 122	448 028	métropole	▼ - 0,68 %
El Khroub	65 239	90 122	suburbaine	▲ 3,33 %
Hamma Bouziane	64 749	83 603	suburbaine	▲ 2,63 %
Nouvelle ville d'Ali Mendjeli		64 120	urbaine	
Aïn Smara	20 318	32 057	suburbaine	▲ 4,73 %
Zighoud Youcef	25 067	28 764	suburbaine	▲ 1,41 %
Aïn Abid	17 333	22 529	suburbaine	▲ 2,7 %
Zouaghi	9 299	20 110	suburbaine	▲ 8,14 %
Ibn Ziad	8 774	11 567	suburbaine	▲ 2,84 %
Ibn Badis	7 647	11 518	suburbaine	▲ 4,24 %
Ouled Rahmoune	9 022	11 263	suburbaine	▲ 2,28 %

Source : ONS, 2008

### 2.5. Réseau de Distribution

Le réseau de distribution du Groupement Urbain de Constantine est un réseau mixte (maillé + ramifié) présentant dans la distribution différents étages de pressions ; il comporte plus de 1 672 km de long (1 522 km de distribution, plus de 150 km d'adduction).

**Tableau II.2 :** Chiffres Fondamentaux pour le réseau d'AEP de Constantine

Nombre de chefs-lieux exploités	12
Longueur du réseau de distribution en eau potable (Km)	1522
Longueur du réseau d'adduction (Km)	150
Ouvrages d'alimentation (réservoirs + bêche d'eau + station de pompage + source + forage + citerne)	345
Equipements spéciales (cône+ plaque_pleine + vidange + ventouse ...)	9180
Equipements public (bouche d'incendie + poteau d'incendie)	956
Vanne	6310
Branchements	2767
Nœud	1588
Capacité totale de stockage (m <sup>3</sup> )	146000
Nombre de station de traitement	2
Volume d'eau total produit en 2012	116 Millions de m <sup>3</sup>
Production d'eau de surface (65%)	75 Millions de m <sup>3</sup>
Production d'eau souterraine (35%)	41 Millions dem <sup>3</sup>

Source : SEACO, 2014

### 3. Modélisation Fonctionnelle du réseau d'AEP du GUC

Un réseau d'AEP a pour mission principale d'assurer les fonctions de production, de stockage et de distribution tout en satisfaisant une clientèle toujours exigeante en qualité et en quantité (Valiron, 1994 ; Abdelbaki et al, 2012). Ces trois principales fonctions sont modélisées en tenant compte de certaines mesures techniques qui conditionnent les données d'entrée et les résultats de sortie pour chaque fonction étudiée.

#### 3.1. Mesures techniques de performances

A partir de ou des réservoirs, l'eau est distribuée dans un réseau de canalisations sur lesquelles les branchements seront piqués en vue de l'alimentation des abonnés. Les canalisations devront en conséquence présenter un diamètre suffisant, de façon à assurer le débit maximal avec une pression au sol compatible avec la hauteur des immeubles.

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

Diamètre : le choix des diamètres est basé sur les catalogues des fournisseurs. Compte tenu des débits importants que sont rarement d'un diamètre inférieur à 0,06 m, voire 0,08 m. Dans les tronçons sur lesquels est prévu l'installation de bouches d'incendie, le diamètre minimal sera de 0,100 m ou mieux encore 0,150 m

Vitesse : la vitesse de l'eau dans les conduites est de l'ordre de 0,5 à 1 m/s. Les vitesses supérieures à 1,5 m/s, de même que celles inférieures à 0,5 m/s sont à éviter (Dupont, 1979).

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

Pression : le réseau doit être calculé pour satisfaire à certaines conditions de pressions. En vue de la bonne tenue des canalisations, il y a lieu d'éviter en ville des pressions supérieures à 40 m qui risquent d'apporter des désordres (fuites) et certains bruits désagréables dans les installations intérieures d'abonnés. Selon la hauteur des immeubles, on prévoit les pressions maximales données dans le tableau ci-après.

**Tableau II.3** : Pression au niveau des immeubles (Dupont, 1979)

<b>Etage</b>	<b>Pression (m)</b>
01 étage	12 à 15
02 étages	16 à 19
03 étages	20 à 23
04 étages	24 à 27
05 étages	29 à 32
06 étages	32 à 36
07 étages	37 à 40

### 3.2. Production

La production se fait à partir de captages d'eau souterraine ou d'eau de rivière en fonction des possibilités de la ressource et des besoins. Sa modélisation est en figure II.1.

Les données d'entrée sont les besoins de la population, les ressources en eau, leur disponibilité, qualité et quantité ainsi que les différentes activités présentes au niveau du système étudié.

Les résultats de sortie sont des débits calculés en fonction des besoins moyens de la population et ainsi que les débits en heures de pointe. Les facteurs qui influencent la modélisation de cette fonction sont d'ordre hydrologique, hydrogéologique, démographique.....

La fonction « Production » conditionne les fonctions de « Stockage » et « Distribution » car les résultats de sortie de cette fonction, sont des données d'entrée pour la modélisation des autres fonctions.

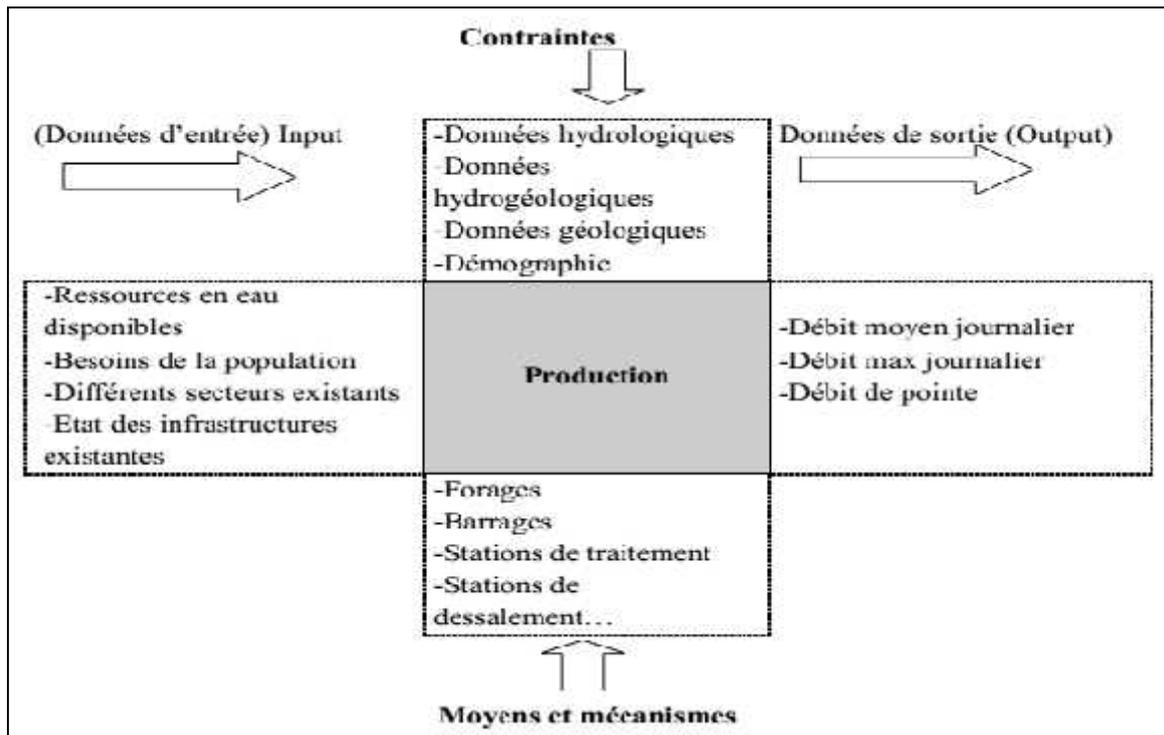


Figure II.2 : Données de base et modélisation pour la fonction « Production »

### 3.3. Stockage

Il s'effectue dans des réservoirs sis en amont de toute localité permettant une desserte gravitaire. Ces réservoirs, en plus de ce rôle principal, ils permettent de poursuivre la distribution en cas d'interruption de la production et de moduler le pompage (rôle tampon), pour profiter des meilleurs tarifs électriques en termes d'énergie consommée. Aussi, ils constituent un moyen pour limiter les risques de défaillance. Sa modélisation est illustrée en **figure II.3**.

Les données d'entrée de cette fonction sont les débits maxima journaliers, résultat de sortie de la fonction précédente ainsi que les capacités des ouvrages de production (capacité de traitement, Champs captant, ...). Les résultats de sortie sont les capacités de stockage, l'emplacement de ces derniers..

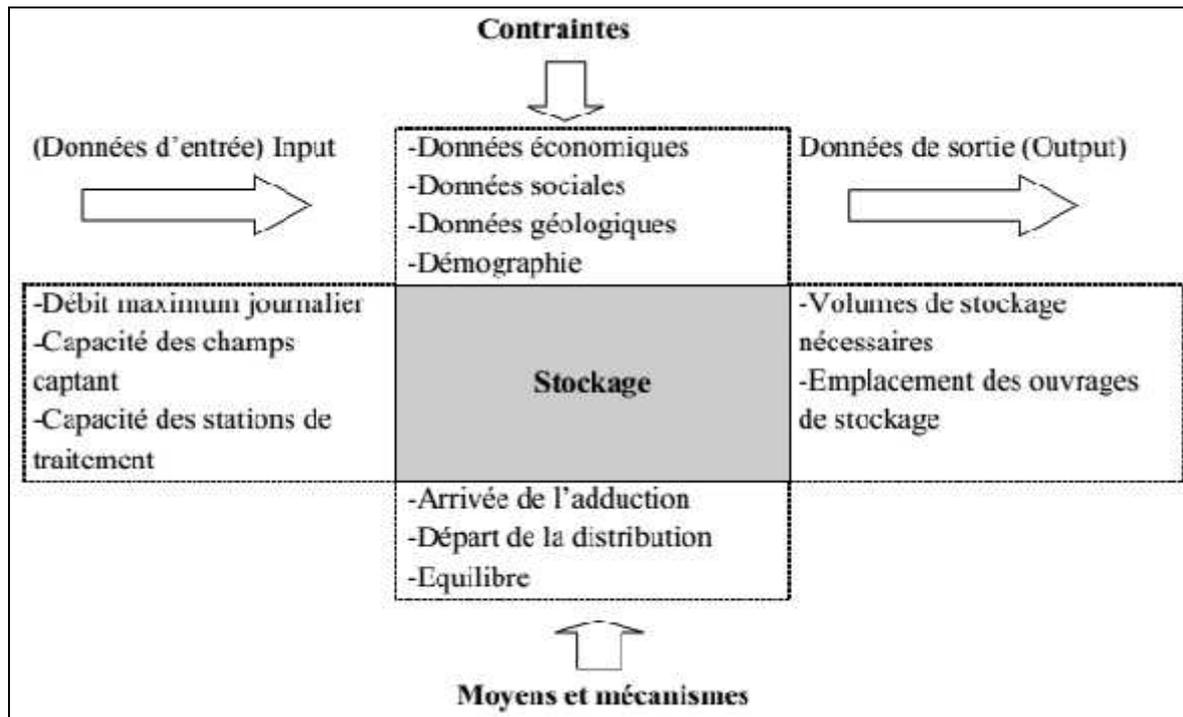


Figure II. 3 : Données de base et modélisation pour la fonction « Stockage »

### 3.4. Distribution

Elle se fait à partir des réservoirs, par des réseaux maillés, équipés de diverses vannes de sectionnement, pour accroître la sécurité et éviter les interruptions du service en cas de réparation. L'eau est amenée chez l'utilisateur par des branchements particuliers. Sa modélisation est donnée en **figure II.4**.

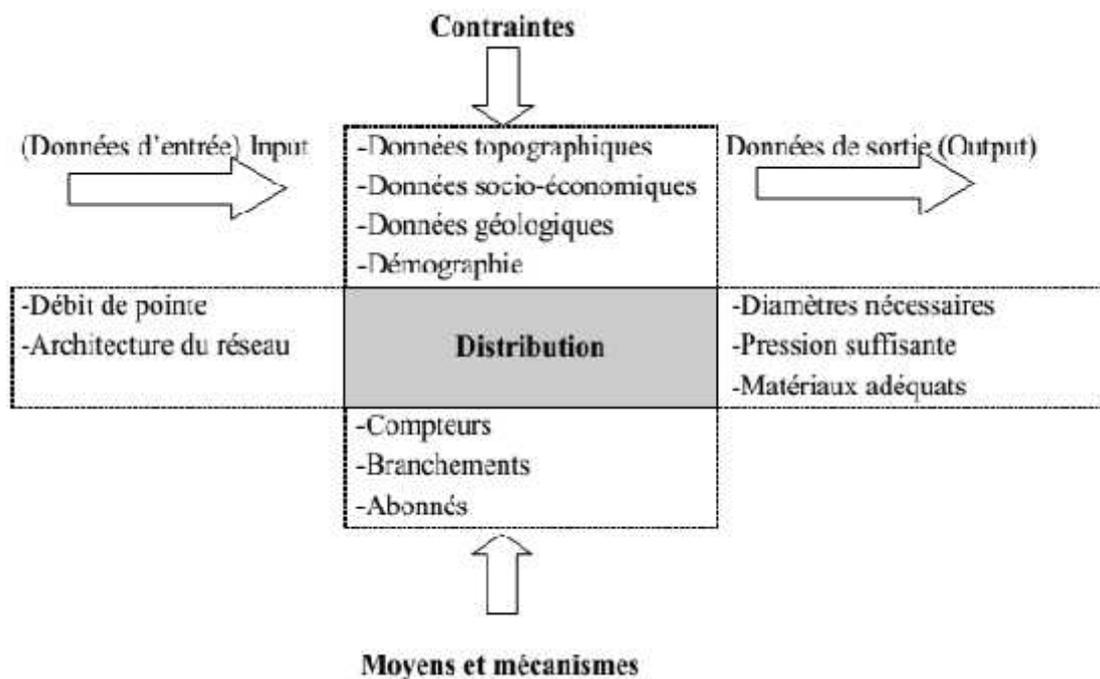


Figure II.4 : Données de base et modélisation pour la fonction « Distribution »

4. Organisation Structurale du Système d'AEP du GUC

En général, l'organisation structurale du système étudié implique deux dimensions :

- verticale entre des sous-systèmes pouvant être de différents niveaux hiérarchiques ou d'agrégation.
- horizontale entre les composantes d'un même sous-système.

Le résultat de l'analyse systémique de l'alimentation en eau potable du GUC se fait de haut en bas, allant d'un niveau global de compréhension vers des niveaux de détail. L'organisation structurale du système d'AEP est représentée par une décomposition descendante donnée en **figure II.5** (Abdelbaki et al, 2012).

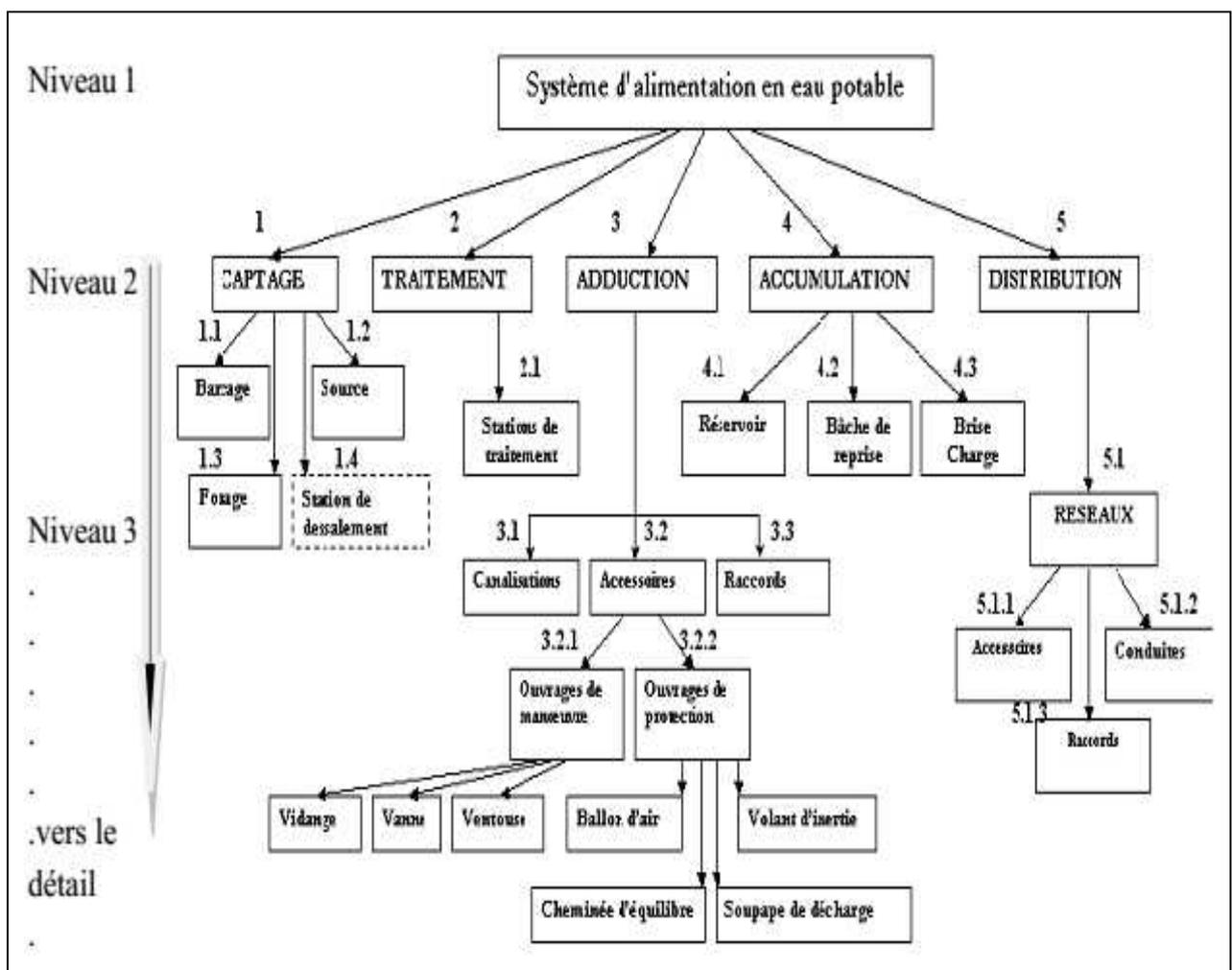


Figure II.5 : Organisation structurale d'un système d'AEP

La compréhension du fonctionnement d'un système urbain ne doit cependant pas se limiter à la dimension structurelle, mais elle implique également de représenter la dynamique des interactions entre les phénomènes réels et entre les indicateurs (Repetti, 2004).

La modélisation systémique cherche à intégrer l'observateur dans le système qu'il conçoit, en l'aidant à identifier les composantes et relations les plus pertinentes à représenter par rapport à une finalité donnée.

La modélisation conceptuelle du système d'alimentation en eau potable est au centre de l'organisation structurelle, donnant naissance à un Système d'Information Géographique du système d'AEP du Groupement Urbain de Constantine (développé en chapitre 3) ; Cela donne déjà une bonne idée sur les composantes du système se représentent, à travers les relations fonctionnelles.

## **5. Modélisation Conceptuelle du système d'AEP du GUC**

La modélisation conceptuelle des données vient compléter l'organisation structurelle du système d'AEP. C'est une étape fondamentale dans la conception des bases de données. Elle permet de traduire le monde réel avec toute sa complexité par des structures de données. Elle a pour objet d'abstraire la réalité en mettant l'emphase sur les phénomènes d'intérêt et en éliminant ce qui ne concerne pas l'objectif poursuivi.

Pour concevoir et mettre en œuvre les systèmes d'informations du système d'AEP du GUC, on a recours aux modèles conceptuels. Ces modèles sont assimilables à des schémas respectant un certain nombre de formalismes et permettant à plusieurs concepteurs d'un même projet de se comprendre. C'est en s'appuyant sur les modèles que sont nées les méthodes présentes sur le marché de développement des logiciels. Parmi ces méthodes, la méthode MERISE qui occupe une place prépondérante. Le résultat de la modélisation conceptuelle se traduit concrètement par un Modèle Conceptuel de Données (MCD), un Modèle Logique de Données (MLD) et un Modèle Physique de Données (MPD).

Le MCD schématise la réalité en montrant, sans redondance, les entités à inclure dans la base de données, leurs propriétés ainsi que leurs relations et les cardinalités de ces dernières (Abdelbaki, 2012). Ce modèle est un excellent outil suscitant la discussion et le dialogue entre les utilisateurs, cela va de soit qu'un bon modèle conceptuel doit être compréhensible et avoir l'aval des différents utilisateurs concernés par la conception de la future base de données.

**5.1. Présentation de la méthode MERISE**

MERISE n’est pas uniquement une méthode d’analyse, c’est aussi une démarche de conception et de développement du système d’information. En tant que méthode, MERISE se caractérise par une double démarche, par étapes et par niveaux (Mojeron, 1991).

La démarche par étapes vise à rendre le travail efficace et rigoureux, en intégrant dans l’étude des paramètres qui font qu’un système d’information se développe dans les règles de l’art.

La démarche par niveaux a pour objectif la formalisation du futur système sous ses différents aspects. Cette démarche constitue un des points forts de la méthode MERISE, elle tire partie de la modélisation des données qui se traduit par trois niveaux (Tableau II.4):

- Le niveau conceptuel qui donne lieu à un modèle conceptuel de données (MCD).
- Le niveau organisationnel qui donne lieu à un modèle logique de données (MLD).
- Le niveau opérationnel qui donne lieu à un modèle physique de données (MPD).

**Tableau II.4 : Démarche MERISE (Mojeron, 1991)**

Niveau	Traitement	Données	Choix
Conceptuel	Modèle conceptuel	Modèle conceptuel	De gestion
Organisationnel	Modèle organisationnel	Modèle logique	D’organisation
Opérationnel	Modèle opérationnel	Modèle physique	Technique

La méthode MERISE utilise le modèle Entité–Association comme un outil conceptuel de la structuration des données (Mojeron, 1991, Abdelbaki, 2012). Le résultat de la modélisation se traduit concrètement par un modèle conceptuel de données, un modèle logique de données et un modèle physique de données.

**5.2. Modèle conceptuel de données**

Le MCD schématise la réalité en montrant, sans redondance, les entités à inclure dans la base de données, leurs propriétés ainsi que leurs relations et les cardinalités de ces dernières. Ce modèle est un excellent outil suscitant la discussion et le dialogue entre les utilisateurs, cela va de soit qu’un bon modèle conceptuel doit être compréhensible et avoir l’aval des différents utilisateurs concernés par la conception de la future base de données. Le formalisme le plus utilisé pour le niveau conceptuel est le modèle Entité–Relation baptisé Entité–Association. Les concepts de ce dernier sont simples à comprendre car proches du monde réel.

➤ **Entités**

Le monde réel est constitué d'objets ou d'entités groupés en catégories appelées classes d'entités (Laurini, 1993 ; Mojeron, 1991).

- Point : PT (Vanne, Forage, Réservoir, ...)
- Ligne : LIN (Conduite, Cours d'eau, ...)
- Surface : SUR (Ilôt, Bâti, ...)

L'entité matérialise des objets simples et des objets complexes :

- Un objet simple tel que « Tronçon » est un objet qui n'est pas décomposable.
- Un objet complexe tel que « Conduite » est un objet décomposable en tronçons. Un objet complexe peut être décomposé, soit en objets simples, soit en objets complexes, soit en objets simples et complexes.

➤ **Attributs (Identifiants)**

Les entités d'une même classe sont décrites par des informations appelées propriétés, attributs ou encore rubriques. Chaque entité de la classes d'entités doit être unique et être identifiable à l'aide d'un identifiant (clé). Elle peut posséder autant d'attributs que nécessaires (Laurini, 1993 ; Mojeron, 1991).

La classe d'entités « Conduite » est caractérisée par des attributs tels que : ID\_Conduite, Numéro, Longueur, Diamètre, ...

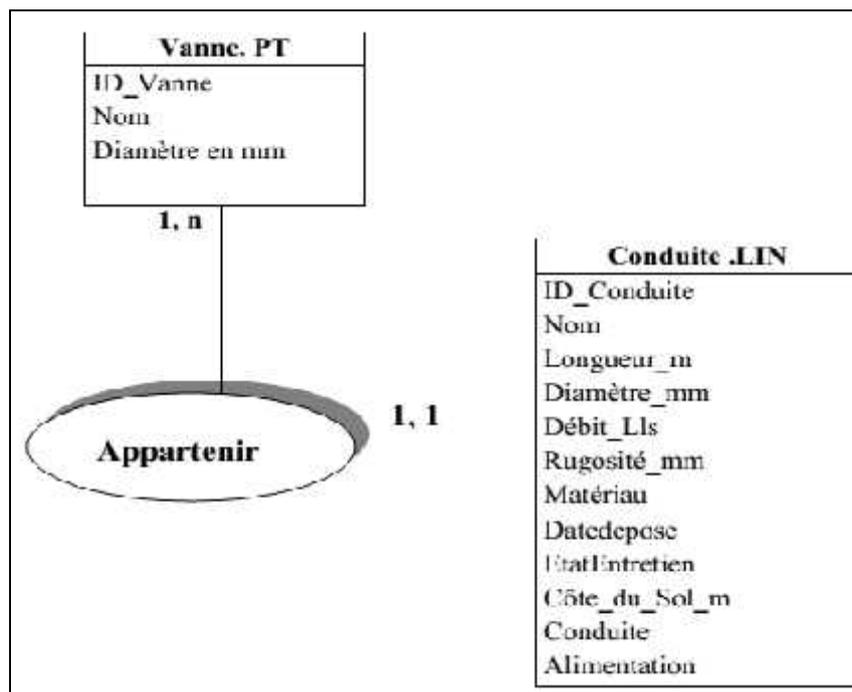
ID\_Conduite : est un identifiant, car il permet d'identifier de manière unique la conduite. Un exemple est donné en **tableau II.5**.

**Tableau II.5** : Attributs de la table « Conduite »

Conduite.LIN
Identificateur
Classe
Nom
Diamètres (mm)
Longueur (m)
Débit (l/s)
Matériau
Nature
Rugosité (mm)
Date de mise en servie
Etat d'entretien
....

➤ **Associations (Relations)**

Les entités de différentes classes (d'entités) sont susceptibles d'avoir des relations appelées associations avec d'autres classes d'entités (Laurini, 1993 ; Mojeron, 1991). Ainsi, si on précise que la vanne 1-2 (par exemple) appartient au tronçon 1-2, on met ainsi une évidence qu'il existe une association « Appartenir » entre la classe d'entités « Vanne » à laquelle appartient « Vanne 1-2 » et la classe d'entités Conduite dont fait partie le Tronçon 1-2, comme le montre l'exemple donné dans la **figure II.6**.



**Figure II.6 :** Exemple de relation

Diverses relations existent, à savoir :

❖ **Relations sémantiques**

Les relations sémantiques servent à décrire les relations entre les objets géographiques.

- La relation est composé(e) de décrit la composition d'un objet complexe, comprenant des objets simples et/ou complexes.
- La relation est associé(e) à est une relation sémantique entre des objets (jumelage entre deux îlots par exemple).

❖ **Relations de construction**

La représentation des objets s'appuie sur les primitives. Deux relations permettent de lier les objets simples avec les primitives.

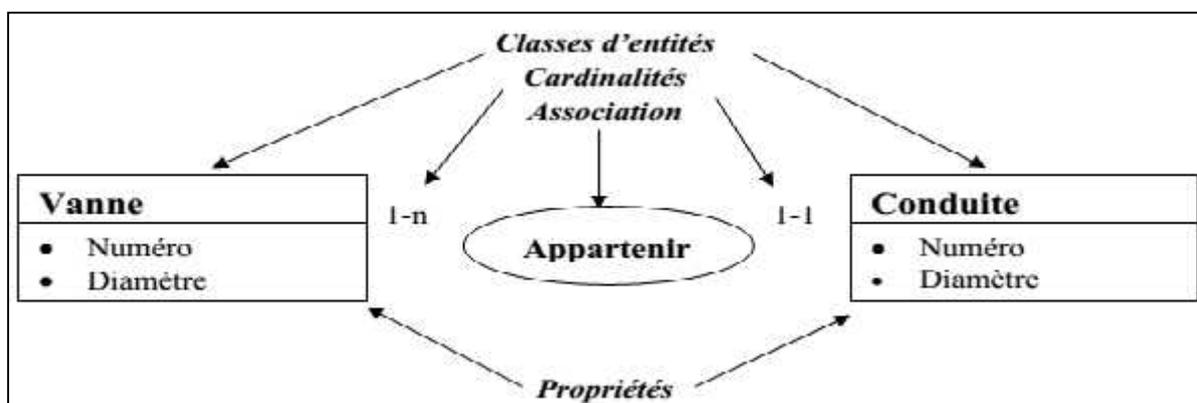
- La relation est présentée(e) par permet d'associer à chaque objet simple une ou plusieurs primitives du même type (nœud pour objet ponctuel, face pour objet surfacique).
- La relation est présentée(e) positivement/ négativement par lie des objets simples linéaires à des arcs.

Le lien est positif si l'arc est pris dans le sens nœud initial, nœud final ; il est négatif si l'arc est pris dans le sens inverse nœud final, nœud initial.

➤ **Cardinalités**

Une association est caractérisée par ses cardinalités, qui s'expriment par deux nombres. Ceux ci indiquent combien à une entité de la classe de départ, correspondent au minimum et au maximum d'entités de la classe d'arrivée ; on distingue plusieurs types d'associations selon la valeurs des cardinalités maximales ( 1-1 , 1-1 ) ( un-un ) ou ( 1-n , 1-1 ), (1-1 , 1-n ) ( un plusieurs ), ( 1-n , 1-n ) ( plusieurs – plusieurs ).

Le formalisme Entité–Relation met en jeu des diagrammes forts simples à lire, où les classes d'entités sont représentées par des rectangles, les associations par des ovales (ou des losanges) reliés par des traits aux classes d'entités concernées (Laurini, 1993 ; Mojeron, 1991) comme le montre la **figure II.7**. Le long de ces traits, on précise les cardinalités des associations



**Figure II.7 :** Formalisme du modèle Entité–Association (Mojeron, 1991)

Le modèle conceptuel de données (MCD) se compose d'un schéma conceptuel qui montre l'ensemble de données relatives aux réseaux d'AEP, qui les lient, et d'un dictionnaire de données qui est développé afin de faciliter le processus de définition des données.

### **5.2.1. Schéma Conceptuel de Données**

Le schéma conceptuel de données décrit l'organisation d'un jeu de données conformément au Modèle Conceptuel de Données. Il précise les éléments (objets géographiques, primitives géométriques, relations, attributs) relatifs aux réseaux d'AEP. Le schéma conceptuel permettra de définir les types de données élémentaires définissant les attributs, celles composées permettant de regrouper les attributs afin de décrire les entités et associations du monde réel et éventuellement les règles que devront suivre les données au cours de leur cycle de vie. Le schéma conceptuel de réseau d'AEP est illustré en **figure II.8**.

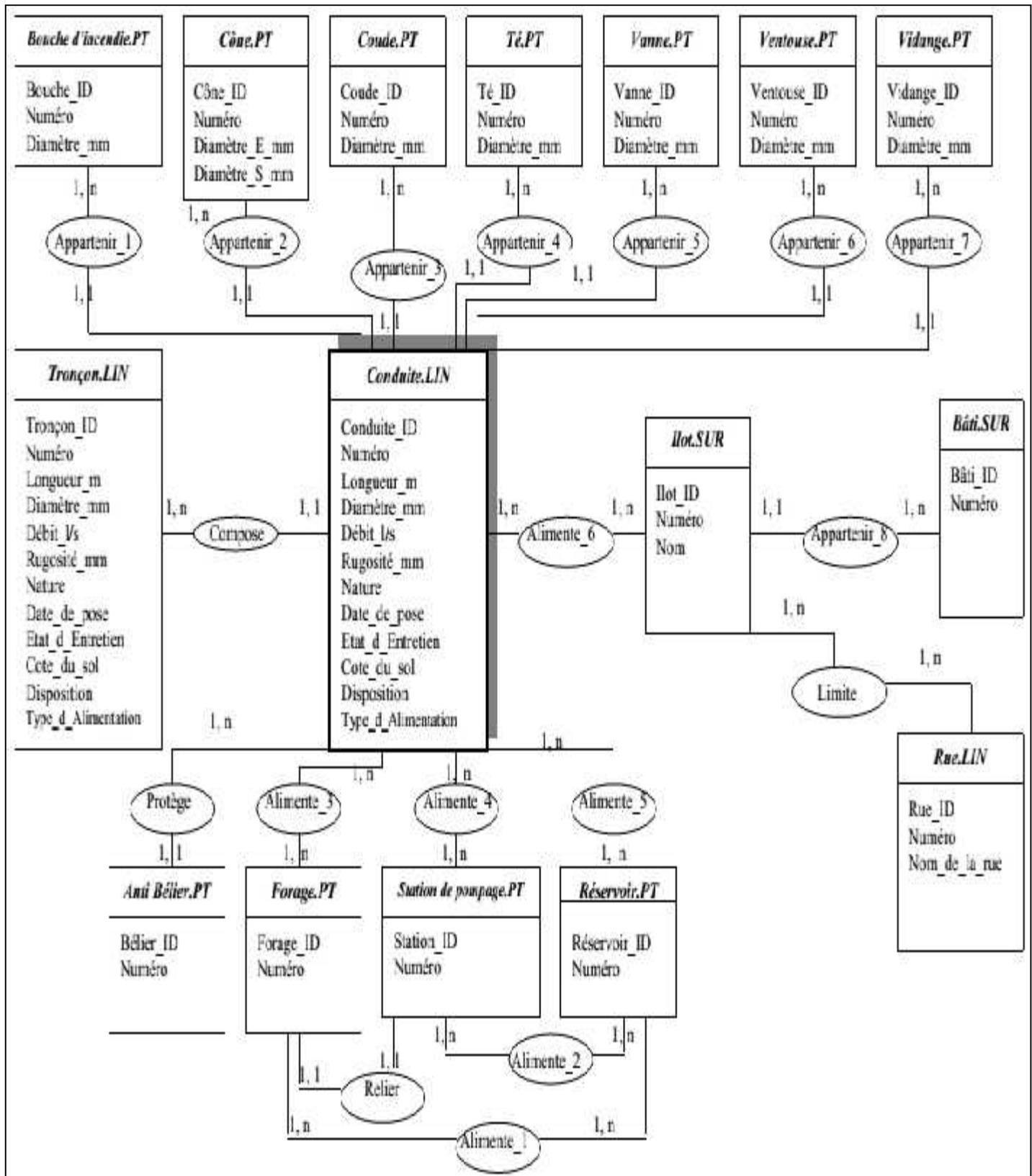


Figure II.8 : Schéma conceptuel du réseau d'AEP

### 5.2.2. Dictionnaire de Données

Savoir sur quel site et dans quelle base est stockée une donnée est une exigence fondamentale dans les bases de données réparties, et l'usage d'un Dictionnaire de Données (DD) s'avère être une solution intéressante pour résoudre les discordances. De manière plus précise, le DD est un répertoire structuré et exhaustif, développé en vue d'identifier les données et de leur attribuer une définition propre conforme aux normes majoritaires préétablies. Il inclut les différents schémas, règles et descriptions des données du Modèle Conceptuel de Données des réseaux d'AEP. Le DD favorise l'utilisation optimale des données et complète la documentation des manuels du système en vue d'une connaissance parfaite de ses différentes composantes. Le DD peut être lui-même implanté dans le système comme une base de données. Il constitue alors une méta - base, c'est à dire une base décrivant les autres bases (Mojeron, 1991 ; Chikh et al, 1997 ; Abdelbaki et al, 2012). Le dictionnaire de données du réseau d'AEP est donné en **annexe 1**.

### 5.3. Modèle logique de données (MLD)

Le MLD est un outil formel utilisé pour comprendre et interpréter le monde réel. Il permet de regrouper les objets en classes d'objets de nature identique et de décrire les associations entre classes d'entités. Il a pour objectifs :

- Traduire dans un formalisme plus proche du langage de l'ordinateur.
- Définir l'organisation logique des données traduisant le modèle conceptuel.

Le modèle le plus utilisé pour le niveau logique est le modèle relationnel. Il est une manière d'organiser les données sous forme de tables à deux dimensions, dans lesquelles les lignes sont des enregistrements et les colonnes des attributs.

Une grande souplesse caractérise son adaptabilité et son évolutivité (il possède des opérateurs de joins relationnels et des capacités d'interrogation très importantes) Les concepts de base du modèle relationnel (Laurini, 1993 ; Mojeron, 1991) sont :

❖ **Domaine** : Un domaine D est un ensemble de valeurs atomiques, où chaque domaine est spécifié par un type de données (entier, réel, caractère...) dans lesquels ces dernières prennent leurs valeurs.

Par exemple : Tronçon est un nom du réseau d'AEP sur 10 caractères, Rugosité est un ensemble de valeurs numériques sur 05 chiffres.

❖ **Attribut** : On appelle attribut le nom d'un rôle joué par un domaine D dans une relation. Il prend ses valeurs le dans domaine qui lui correspond. Il est caractérisé par un nom pour le distinguer du domaine.

❖ **Schéma de relation** : Un schéma de relation R, noté R (A1, A2, A3, ... An), est un ensemble d'attributs R= (A1, A2, A3,...) qui correspond à une table.

Par exemple : Tronçon (ID\_Tronçon, Numéro, Diamètre, Matériaux...) est le schéma de la relation dans lequel Tronçon est le nom de la relation, ID\_Tronçon qui représente sa clé, Numéro, Diamètre, Matériaux sont les attributs issus chacun d'un domaine.

❖ **n-uplets** : On appelle n-uplet (tuple en anglais) une suite ordonnée de n valeurs correspondant chacun à un attribut. L'ensemble des n-uplets représente l'extension de la relation R.

❖ **Clés ou identifiants** : Dans chaque relation, un ou plusieurs attributs deviennent des clés ou des identifiants. Le modèle logique du réseau d'AEP est présenté en notation littérale en **annexe 2**.

#### 5.4. Modèle physique de données (MPD)

Le MPD correspond à la structure de stockage supportant les données. Il permet de décrire les données telles qu'elles sont stockées dans la machine. Il a pour objectif de proposer une solution technique optimale pour l'implantation physique des données et décrire celles-ci, ainsi que leurs liens dans le langage spécifique du système utilisé.

Les Systèmes de Gestion des Bases de Données (SGBD) proposent généralement deux types de langages : le Langage de Description de Données (LDD) et le Langage de Manipulation de Données (LMD). Ils permettent une déconnexion complète de la programmation.

Le LDD permet d'exprimer la traduction du Modèle Logique de Données en Modèle Physique de Données ainsi que la communication de certains paramètres concernant l'implantation physique des données.

Le LMD permet quant à lui de naviguer dans la base afin de retrouver des éléments de données en vue de satisfaire une requête, de modifier ou supprimer ces données. Le LMD offre la possibilité d'accéder aux différentes données de la base sans qu'il soit nécessaire de spécifier les chemins physiques à suivre, cette tâche étant prise en compte automatiquement par le système (Laurini, 1993 ; Mojeron, 1991). Le modèle physique du réseau d'AEP est présenté en **annexe 3**.

**5.5. Passage du modèle conceptuel au modèle logique de données**

Le passage du modèle conceptuel (Entité–Associations) au Modèle Logique (modèle relationnel) est une des étapes primordiales dans la conception des bases de données. Les principales règles de passage sont :

- Toute entité ou relation du modèle conceptuel de données se transforme en une table relationnelle.
- L'identifiant de l'entité ou de la relation devient la clé principale de la table.
- Les autres propriétés deviennent des attributs de la table.

Le tableau de conversion ci dessous permet le passage du MCD au MLD

**Tableau II.6 : Méthode de passage du MCD au MLD**

MCD	MLD
Entité	Table
Propriété de l'entité	Colonne ou attribut de la table
Identifiant de l'entité	Clé primaire de la table
Relation plusieurs (0,1 ou 1,n) à plusieurs (0,n ou 1,n)	Table
Relation binaire (1(0,1) ou 1,1) à plusieurs (0,n ou 1,n)	Exportation clé étrangère et attributs Portés

Les figures II.9 et II.10 illustrent le passage du modèle conceptuel au modèle logique.

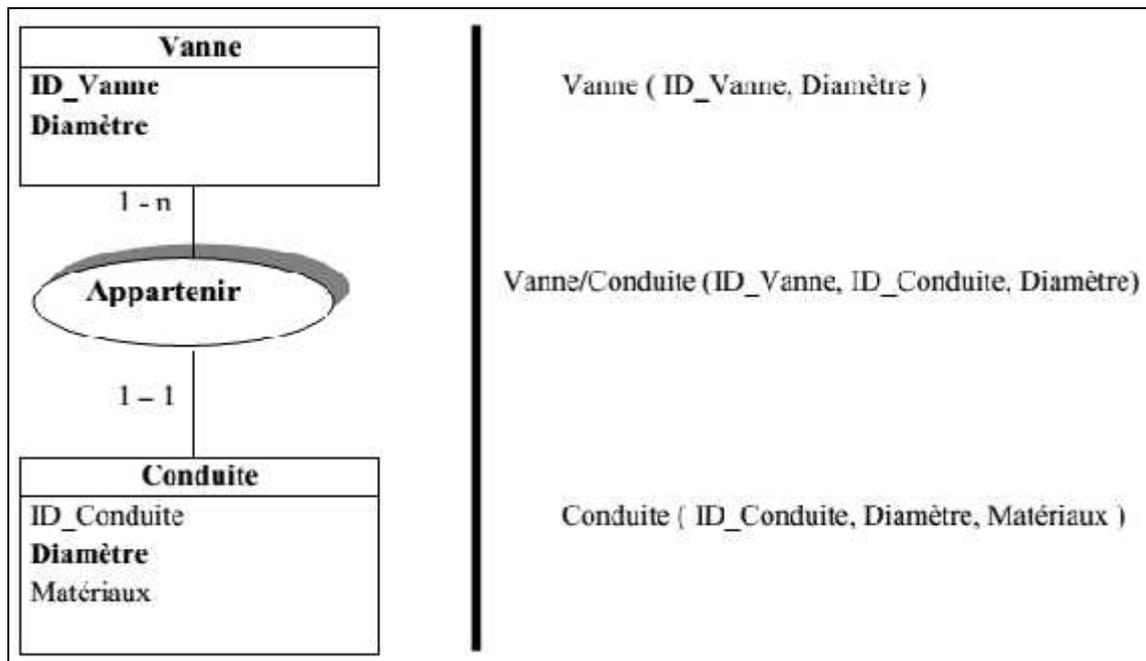


Figure II.9 : Passage du schéma conceptuel au schéma relationnel

Vanne ( ID_Vanne, Diamètre )	Vanne	ID_Vanne	Diamètre
Vanne/ Conduite (ID_Vanne, ID_Conduite, Diamètre )	Vanne / Conduite	ID_Vanne	ID_Conduite
Tronçon (ID_Conduite, Diamètre, Matériaux	Conduite	ID_Conduite	Diamètre

Figure II.10 : Passage du schéma relationnel à la table relationnelle

## 6. Conclusion

L'objectif de la modélisation est de fournir une représentation de données à la fois simplifiée et complète dans le but d'avoir une meilleure compréhension des enjeux liés à ces données. Cette modélisation comprend trois phases importantes qui sont: le modèle conceptuel de données (MCD), le model logique de données (MLD) et le modèle physique de données (MPD).

## *CHAPITRE III*

### *Mise en place d'un SIG pour le réseau d'AEP du GUC*

**Chapitre 03 : Mise en place d'un SIG pour le réseau d'AEP du Groupement Urbain de Constantine****1. Introduction**

Ce chapitre décrit les démarches qui ont permis de concevoir un SIG pour le réseau d'AEP du Groupement Urbain de Constantine. Les paragraphes suivants illustrent le type de données utilisées, leur acquisition et les possibilités offertes par les SIG pour faciliter leur traitement, permettant ainsi une connaissance fiable de l'hétérogénéité spatiale de l'état structurel du réseau.

**2. Conception du SIG d'Eau Potable :**

Le but de cette partie est d'exposer la démarche de travail, c'est-à-dire les différentes étapes suivies pour la conception d'un SIG pour le réseau d'eau potable. Cette démarche constitue en quelque sorte « le fil conducteur » du travail.

Pour créer un SIG d'eau potable (cartographie des réseaux d'AEP de la ville de Constantine à l'aide d'un SIG) il est indispensable de voir les outils de travail suivants :

Un **GPS**, un **ordinateur** et un **logiciel** de cartographie.

**2.1. Acquisition des données**

C'est la phase la plus importante pour la réalisation d'un SIG. Le volume important d'informations à collecter, la grande quantité de documents à inventorier représente une grande difficulté dans le processus d'élaboration d'une base de données.

Les données sont acquises sous forme de : plans, rapports, des coordonnées, données statistiques, ..., de plusieurs sources, citons :

- **DREW** de Constantine : Direction des Ressources en Eaux de la Wilaya de Constantine.
- **SEACO** : Société d'Eau et Assainissement de Constantine.

Les données recueillies sont des données cartographiques et statistiques :

- Le plan cadastral avec une couverture de courbes de niveau de la ville de Constantine développé sur un logiciel du SIG (ArcGIS) avec le système de coordonnées UTM 32N.
- Des plans de différentes échelles représentant le réseau d'alimentation en eau potable du Groupement Urbain de Constantine.
- Données statistiques (débits, capacités, volumes, longueurs...).
- La collecte des données techniques : diamètres, matériau, débit, coordonnées...



**2.2. Choix du SIG**

Confrontés aux nombreux Systèmes d'Information Géographique adaptés au monde de la micro-informatique, Le choix s'est porté sur les Systèmes d'Information Géographique ArcView, MapInfo et ArcGis pour cette phase pour bénéficier d'un ensemble de produits performants et évolutifs. Ces produits permettent de créer, d'afficher, de modifier, de faire la mise à jour de toutes formes d'informations géographiquement référencées.

On peut résumer leurs principales caractéristiques comme suit :

- Opérations de superpositions : superposition de couches thématiques.
- Traitements statistique.
- Types de sortie : représentations cartographiques, valeurs numériques ou textuelles, histogrammes, graphiques, ...
- Disponibilité d'une bibliothèque de symboles, de traits, de trames et de légendes modifiables de façon interactive.
- Echange de données avec les logiciels de CAO et DAO (tel que : AutoCad) doté d'un langage SQL étendu pour la gestion des données descriptives.

Parmi leurs fonctionnalités, on peut citer :

- ✓ Efficacité dans la gestion des bases de données.
- ✓ Fonctionnalités graphiques sont importantes.
- ✓ Puissant langage de requêtes permet de mixer les entrées graphiques et non graphiques.
- ✓ Indépendance vis à vis du choix du matériel.
- ✓ Capacité à intégrer de données externes et à exporter des données vers d'autres systèmes.

Dans notre cas on utilise le logiciel de cartographie : **ArcGIS**.

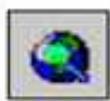
**\* Qu'est-ce que ArcGIS ?**

ArcGIS est :

- ❖ Un Système d'Information Géographique (SIG).
- ❖ Contenant 03 parties principales :
  - ArcGIS Desktop : suite intégrée d'applications SIG avancées pour concevoir et gérer des informations géographiques. C'est la partie la plus importante dans le logiciel.
  - Passerelle ArcSDE : interface permettant de gérer les géodatabases dans un SGBD.
  - Le logiciel ArcIMS : SIG sur Internet permettant la circulation des données et des services.

**\* Qu'est-ce que ArcGIS Desktop ?**

- **ArcGIS Desktop** : Comprend une suite d'applications intégrées :
  - **ArcMap** : Est utilisé pour toutes les tâches de cartographie et de mise à jour ainsi que pour les analyses associées aux cartes.
  - **ArcCatalog** : Permet de gérer les fichiers de données et l'organisation des bases de données ainsi que d'enregistrer et de visualiser les métadonnées.
  - **ArcToolbox** : Est une boîte à outils permettant d'effectuer des conversions et de transferts de format et aussi de projection.



ArcMap



ArcCatalog



ArcToolbox

A l'aide de ces trois applications, vous pouvez effectuer toutes les tâches SIG, de la plus simple à la plus avancée, y compris la cartographie, la gestion des données, l'analyse géographique, la mise à jour des données et le géotraitement, ..., etc.

**➔ Assemblage des applications :**

- ArcMap, ArcCatalog et ArcToolbox sont conçus afin de fonctionner ensemble pour effectuer les tâches SIG.
- Vous pouvez rechercher un document ArcMap dans ArcCatalog puis double-cliquer dessus pour l'ouvrir dans ArcMap.
- Vous pouvez faire glisser les données d'ArcCatalog dans ArcMap et les utiliser en tant que couche.
- Vous pouvez également faire glisser les données d'ArcCatalog dans les outils d'ArcToolbox.
- Une fois de nouvelles informations géographiques créées, vous pouvez enregistrer les métadonnées des jeux de données en résultant à l'aide d'ArcCatalog.

**2.3. Gestion des données**

Après avoir acquis les données, il est question de les organiser, les agencer (les structurer), les contrôler, pour se faire, les données sont classées par couches qui sont les suivants:

- Tronçons (conduites).
- Branchements (conduites).
- Ouvrages d'alimentation (réservoir, station de pompage, forages, citernes, bête d'eau, sources).
- Equipements spéciales (plaque pleine, vidange, cône, réducteur pression, clapet, ventouse).
- Equipements public (poteau d'incendie, bouche d'incendie)
- Vannes.
- Abonnées.

Cette classification en couches s'est faite suite à une observation minutieuse du réseau d'AEP du Groupement Urbain de Constantine.

Les composantes (entités) de chaque couche sont choisies suivant le but visé par le SIG, c'est-à-dire, les informations qu'on souhaite livrer à la fin du travail.

**3. Application**

L'étape suivante consiste à **la création** d'un projet, dans notre cas c'est le réseau d'AEP du Groupement Urbain de Constantine, dans **ArcMap** qui se fait couche par couche.

Prenons l'exemple de **la couche tronçon (Conduites)** pour expliquer la procédure de création du SIG.

**3.1. Création de la couche tronçon**

- a. Après avoir lancé ArcMap, la fenêtre d'accueil apparaît.
- b. On clique sur l'application ArcCatalog.
- c. On clique droit, puis sur nouveau, puis clique sur fichier de forme et on a la boîte de dialogue du choix du type d'objet (polygone pour les objets surfaciques, polyligne pour les objets linéaires ou point pour les objets ponctuels).
- d. Choisir polyligne puis valider.
- e. Les étapes de la création de **la couche tronçon** est en **figure III.3** et **figure III.4**.

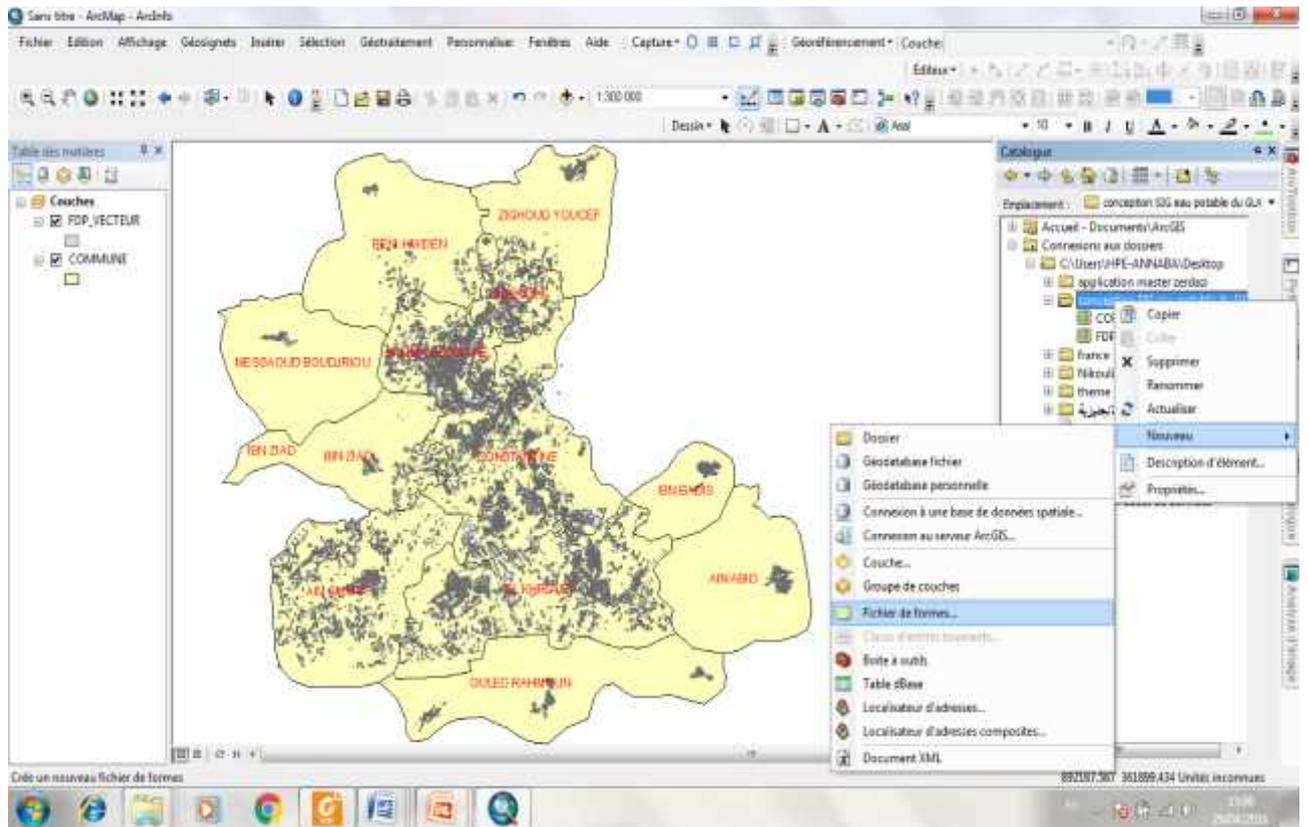


Figure III.3 : Etapes de la création de la couche Tronçon, dans le logiciel ArcGIS

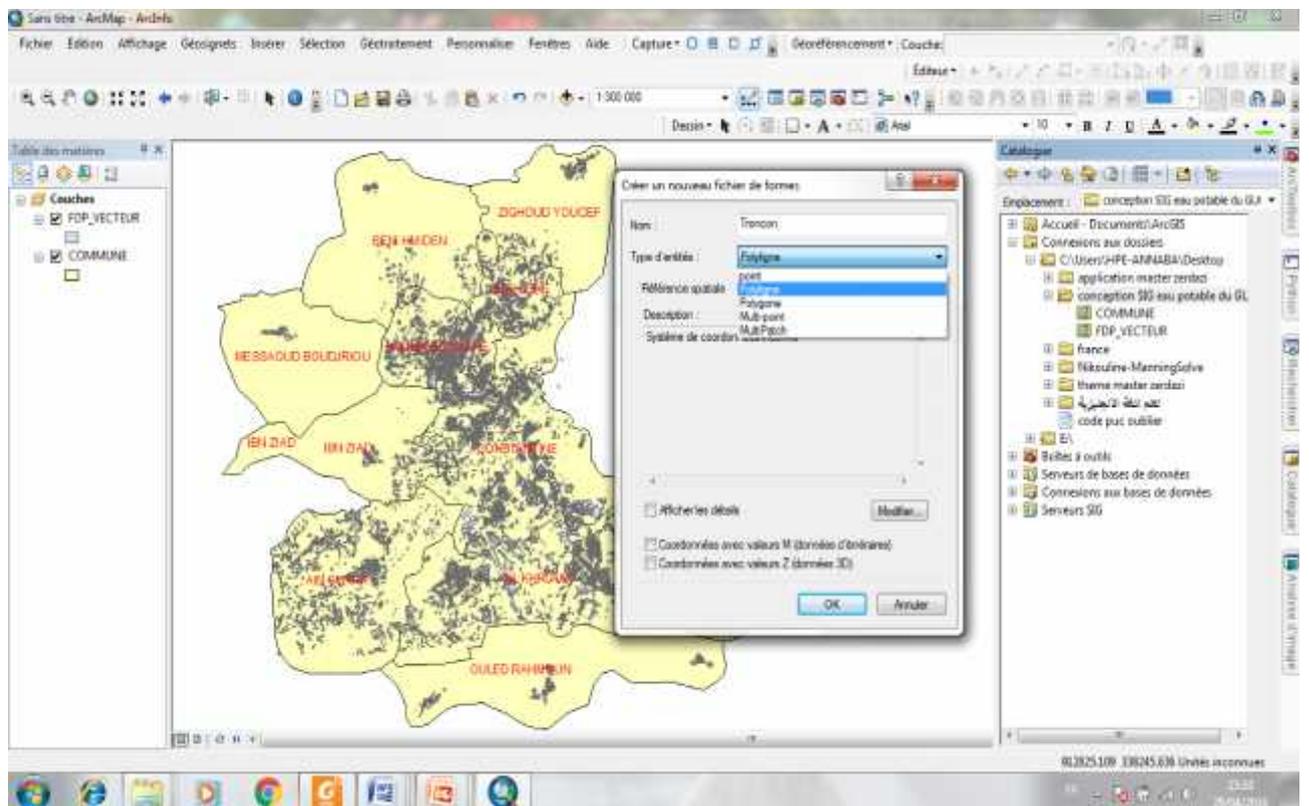


Figure III.4 : Etapes de la création de la couche Tronçon, dans le logiciel ArcGIS

3.2. Structuration de la table

- a. Enregistrer la couche sous le nom de **tronçon** (conduites).
- b. Puis aller sur le menu déroulant «couche» et cliquer droit sur **la couche Tronçon**, puis sur « ouvrir la table attributaire » pour structurer la table qui doit contenir toutes les informations sur les Tronçons.
- c. Après, la collecte des données concernant les caractéristiques et les coordonnées géographique des Tronçons (conduites).
- d. Revenir sur la vue prendre l'icône « Dessin ligne », faire le dessin de chaque conduite (étape de la numérisation) et en même temps remplir la table de base de données.
- e. La **couche Tronçon** du système d'AEP du GUC et leurs différentes propriétés est représentée par la **figure III.5** et la **figure III.6**.

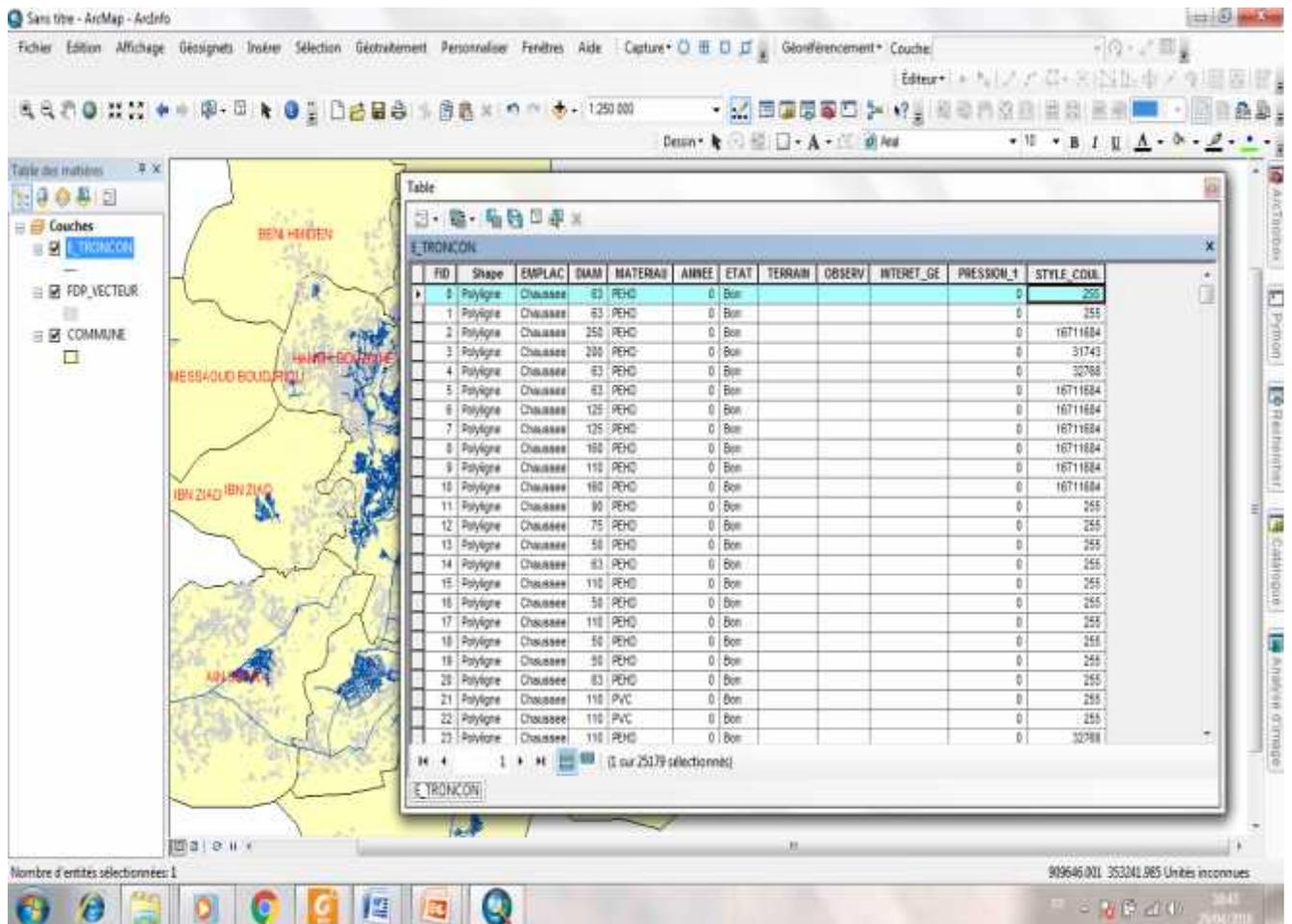


Figure III.5 : Structure de la table Tronçon (conduites), dans le logiciel ArcGis



\* Branchements

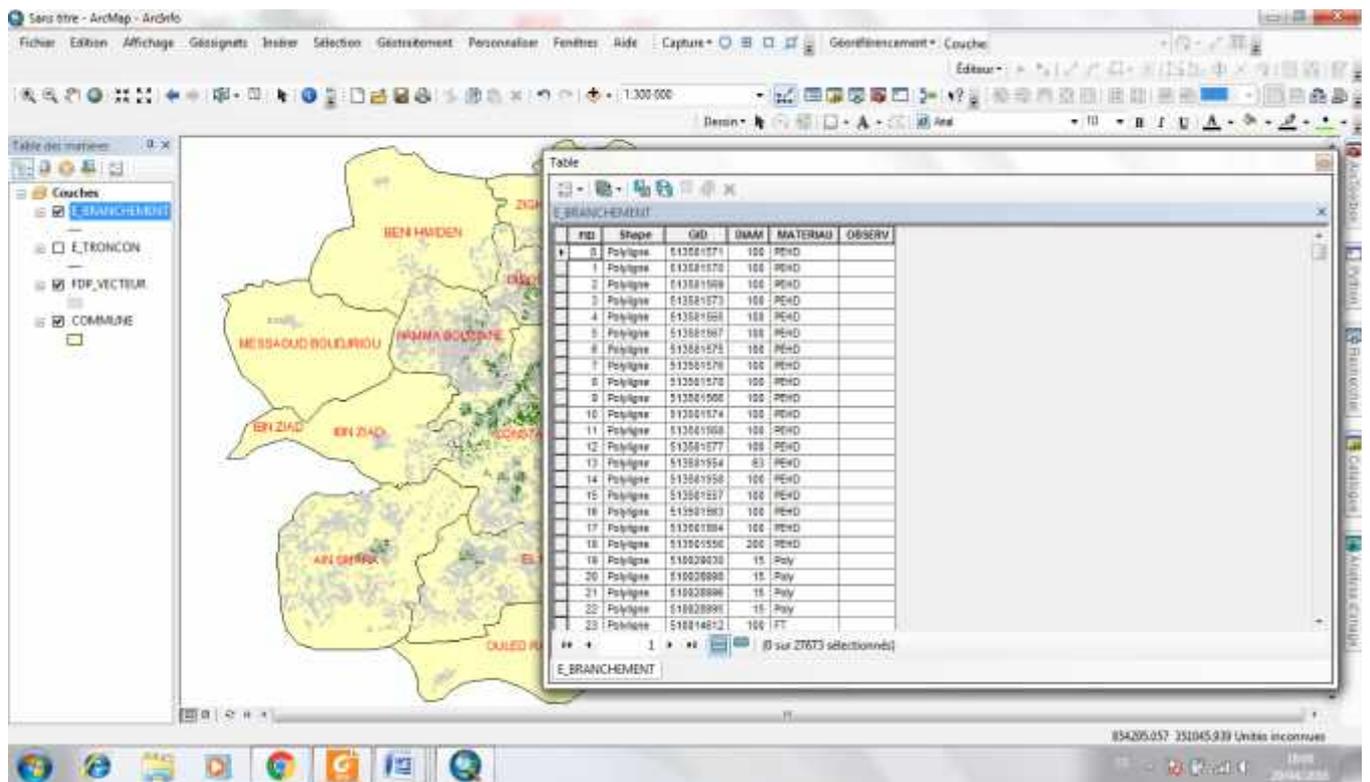


Figure III.7 : Structure de la table branchements, dans le logiciel ArcGis

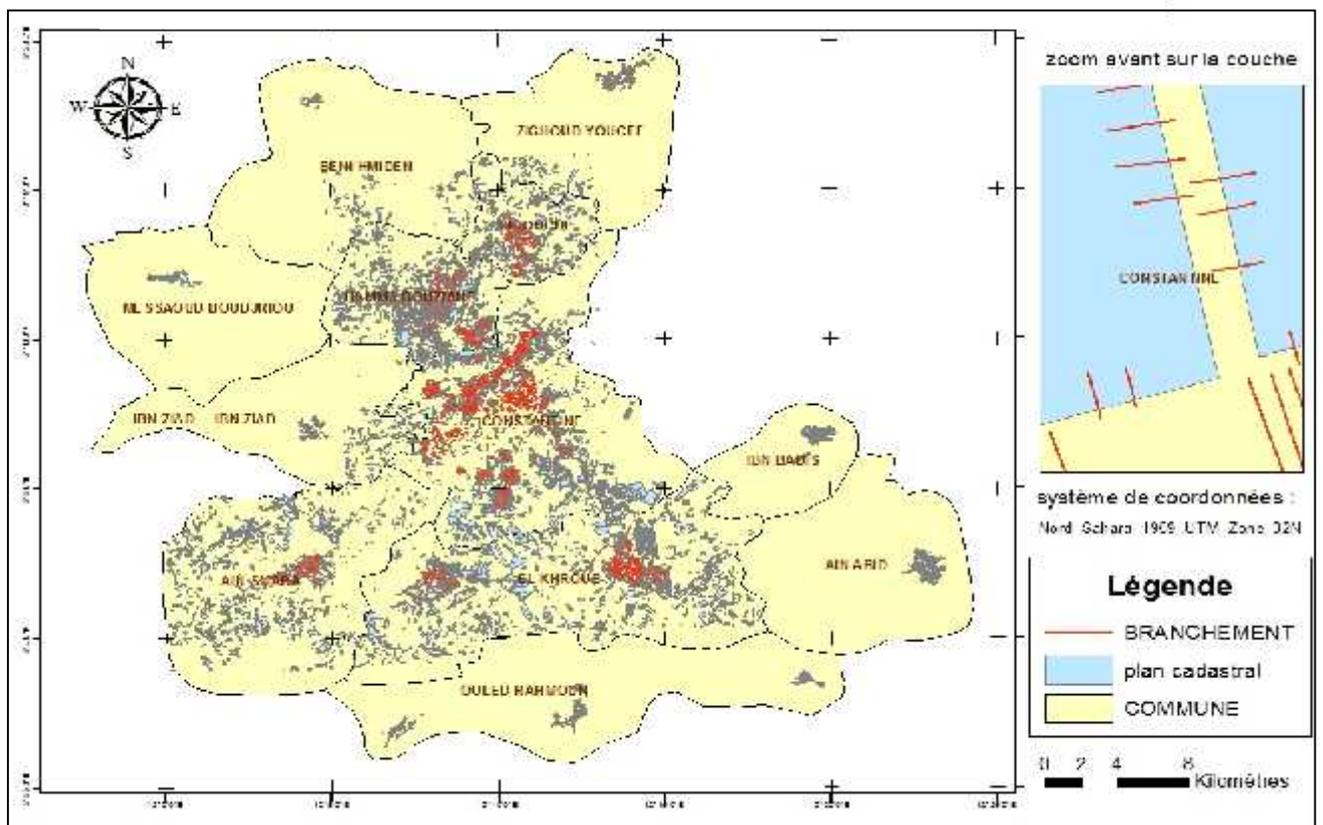


Figure III.8 : Carte représentative de la couche branchements

Ouvrages d'alimentation

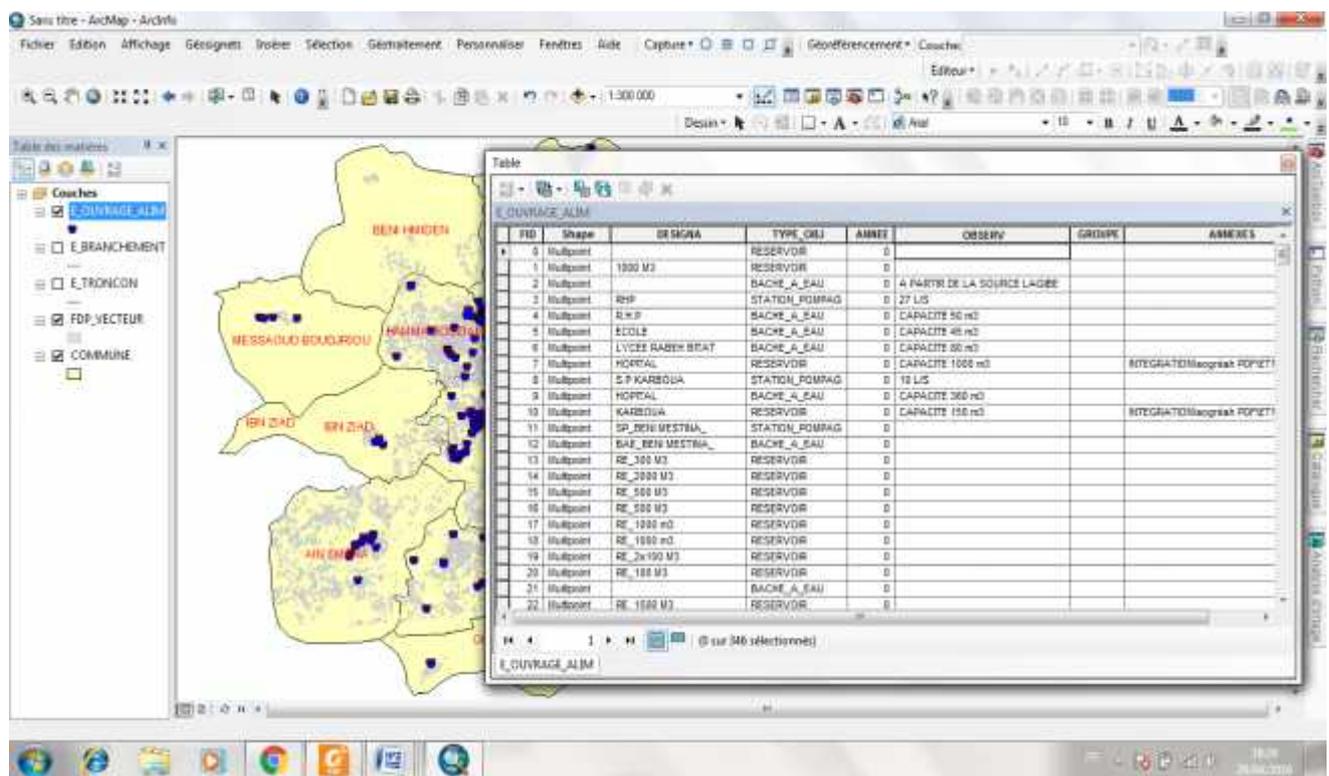


Figure III.9 : Structure de la table Ouvrages d'alimentation, dans le logiciel ArcGIS

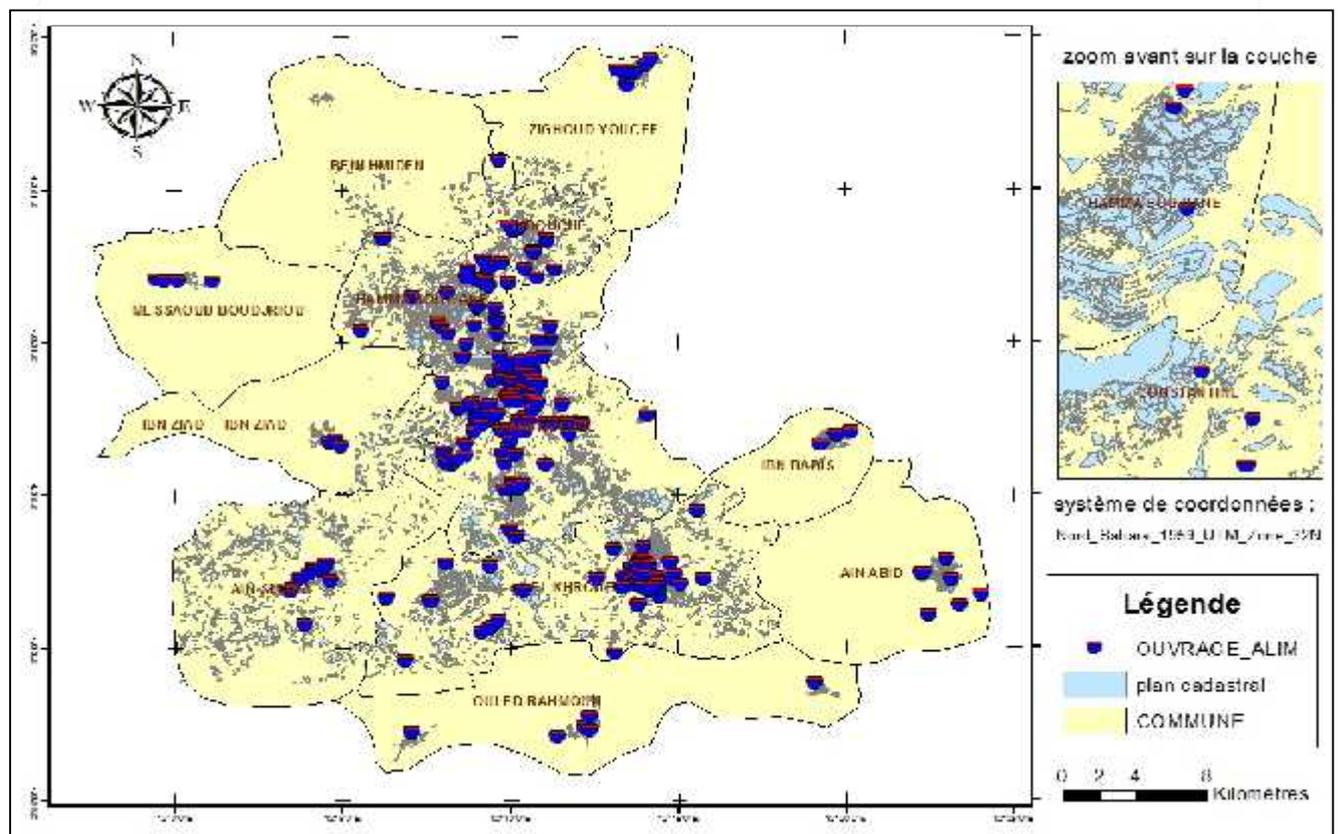


Figure III.10 : Carte représentative de la couche Ouvrages d'alimentation

*\* Equipements spéciales*

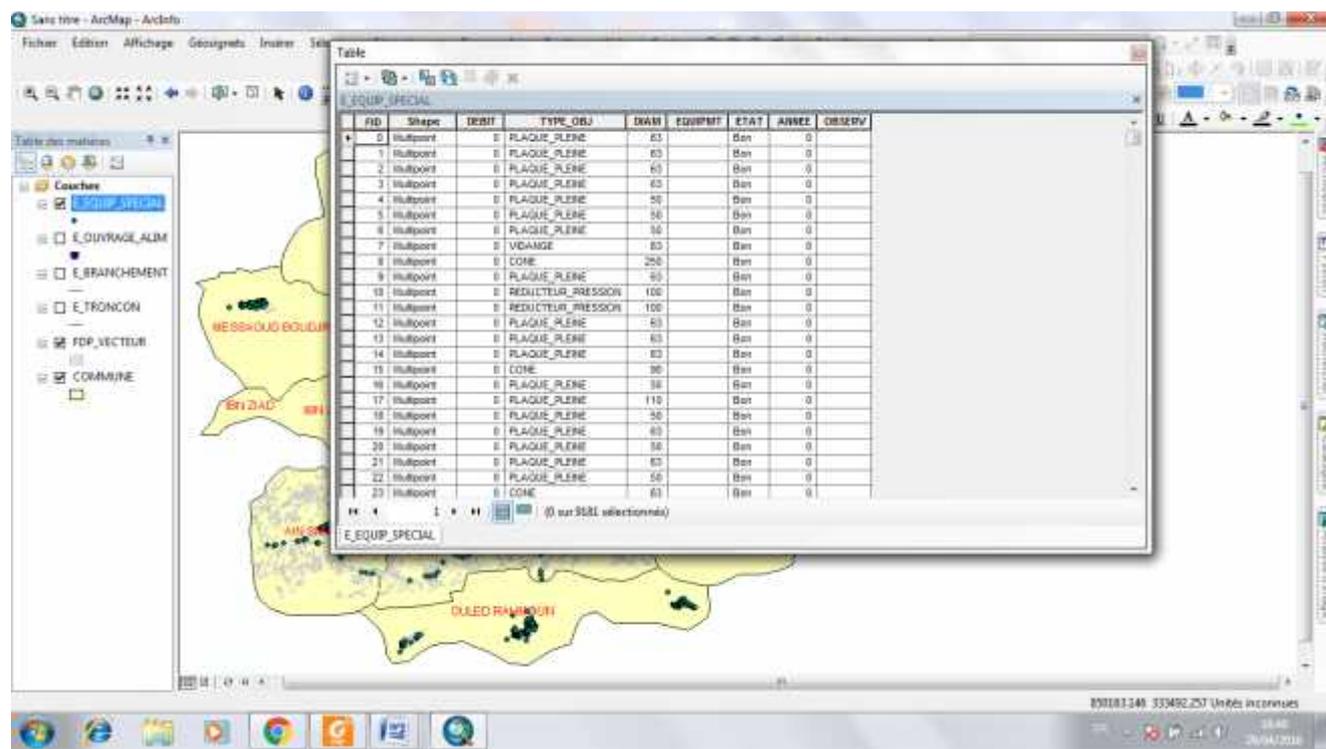


Figure III.11 : Structure de la table Equipements spéciales, dans le logiciel ArcGIS

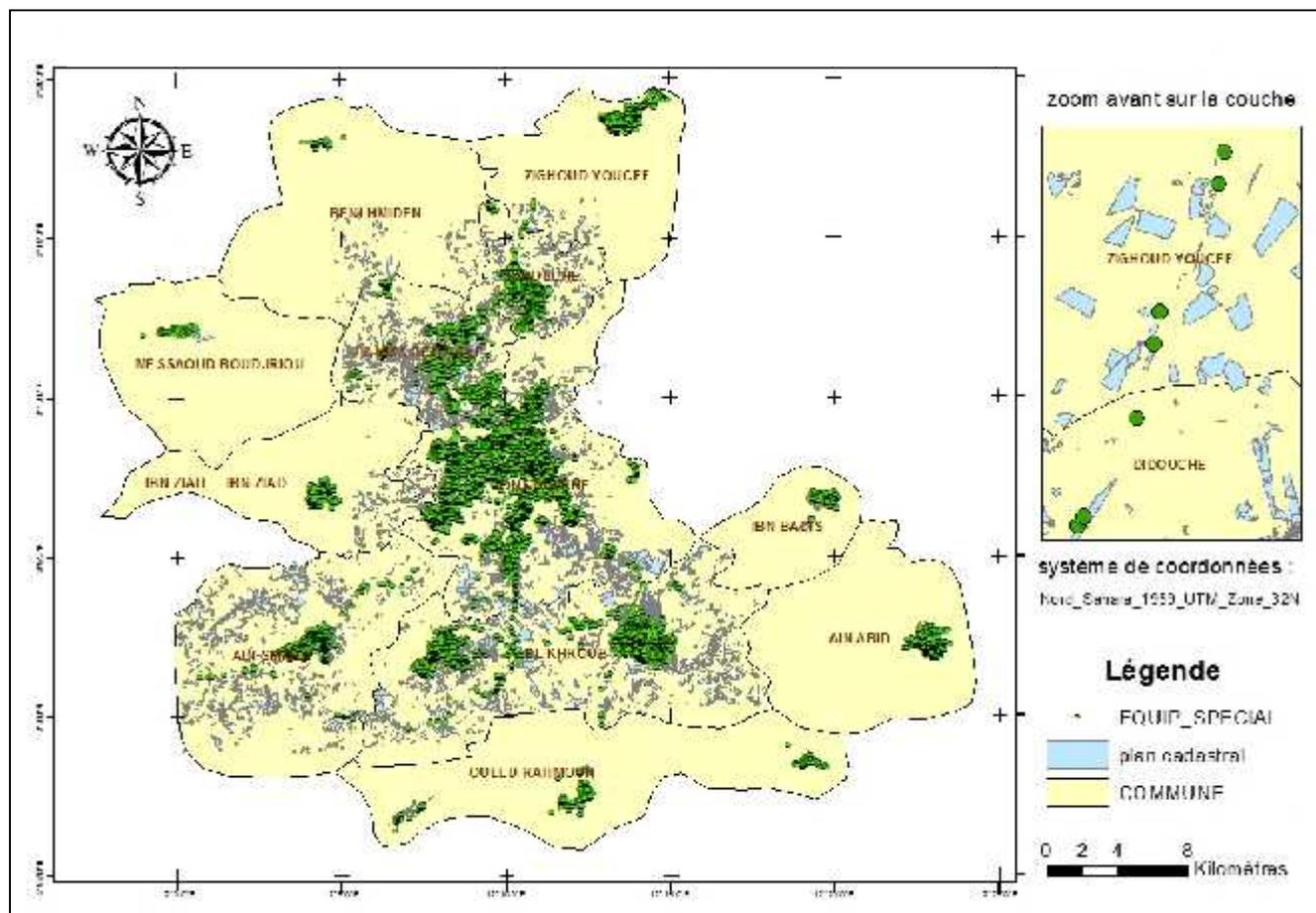


Figure III.12 : Carte représentative de la couche Equipements spéciales

\* Equipements public

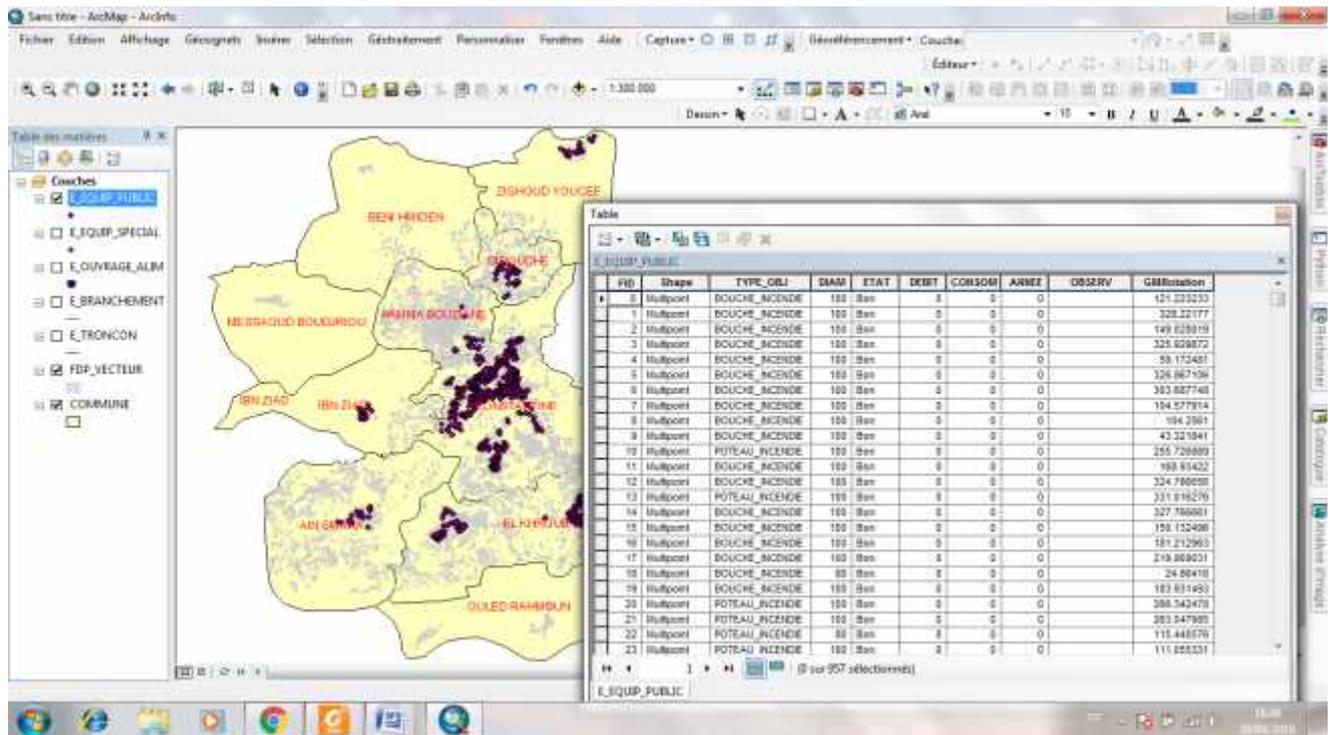


Figure III.13 : Structure de la table Equipements public, dans le logiciel ArcGis

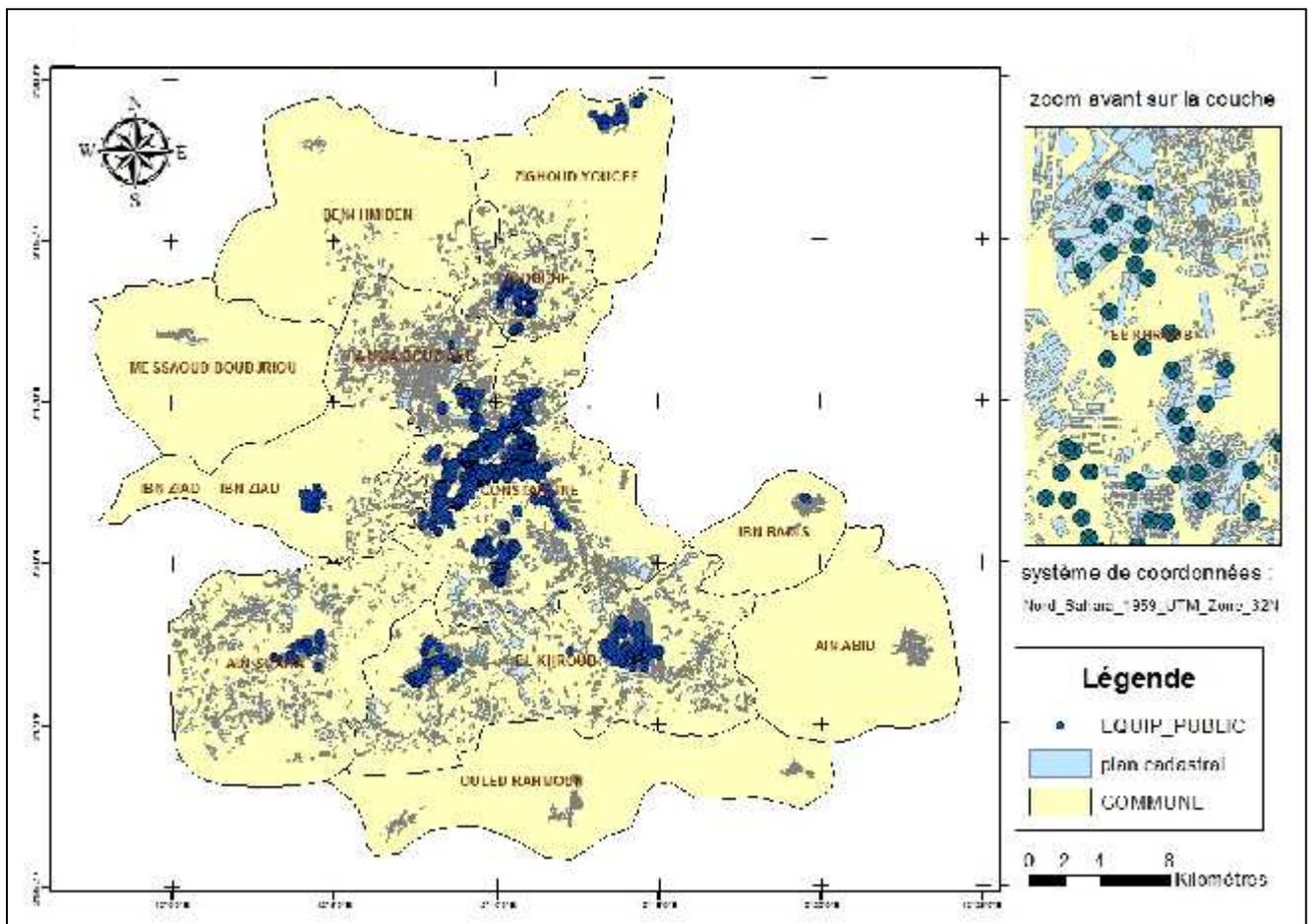


Figure III.14 : Carte représentative de la couche Equipements public

\* Vannes

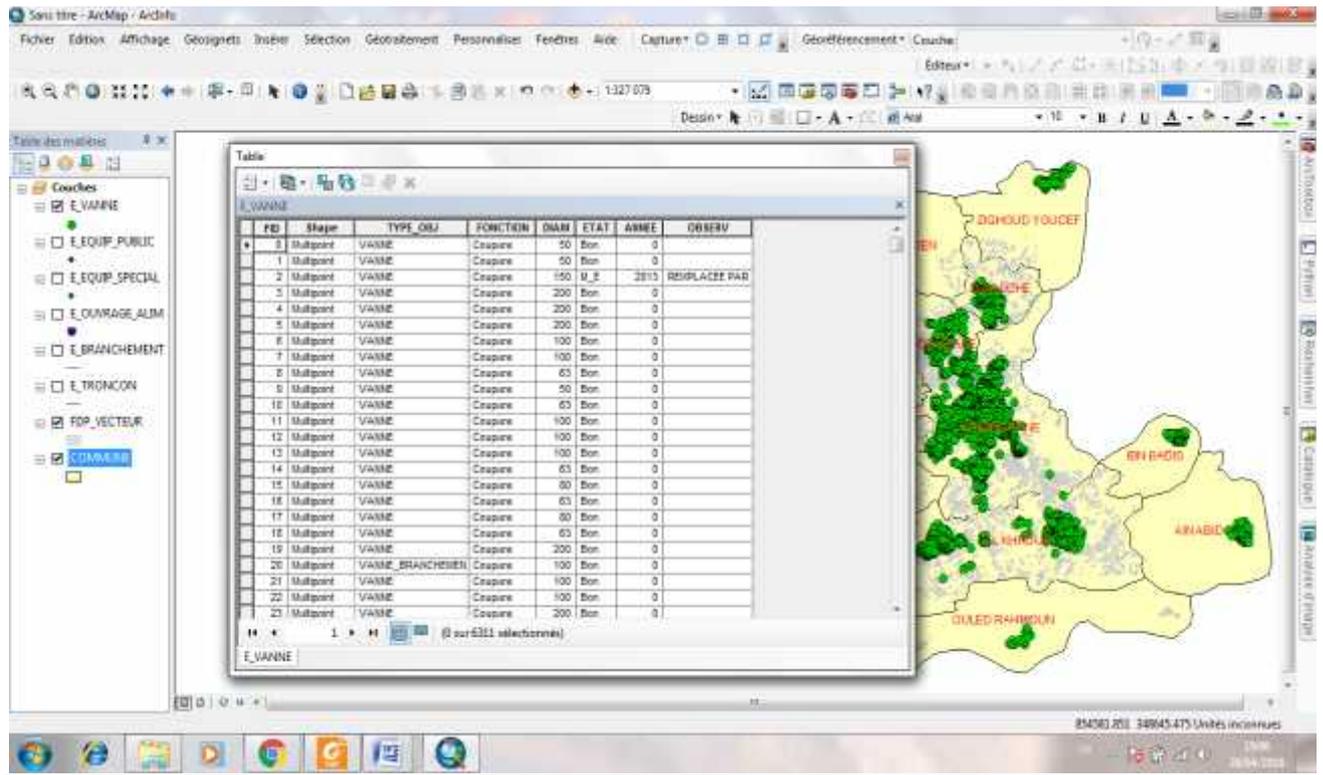


Figure III.15 : Structure de la table vannes, dans le logiciel ArcGis

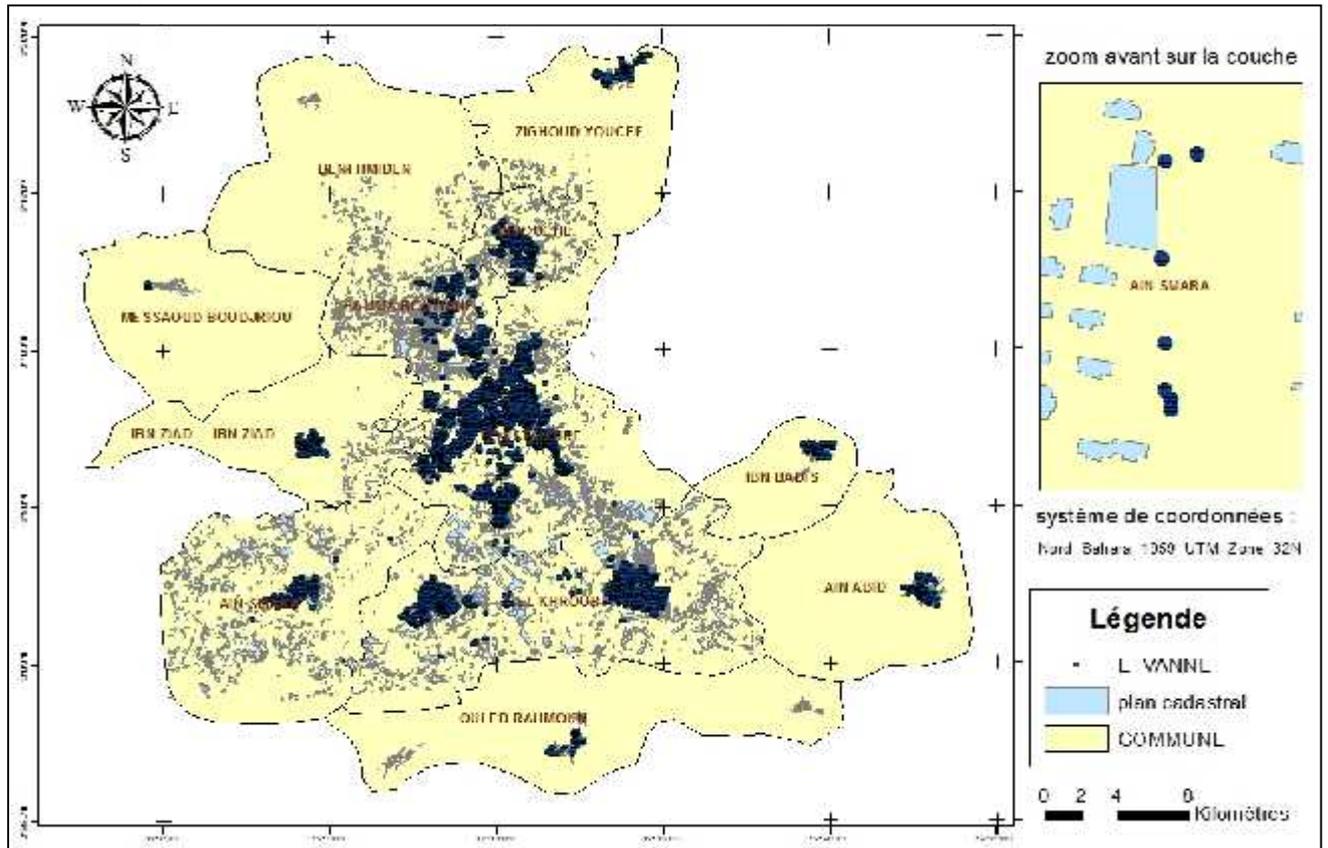


Figure III.16 : Carte représentative de la couche des vannes

\* Abonnées

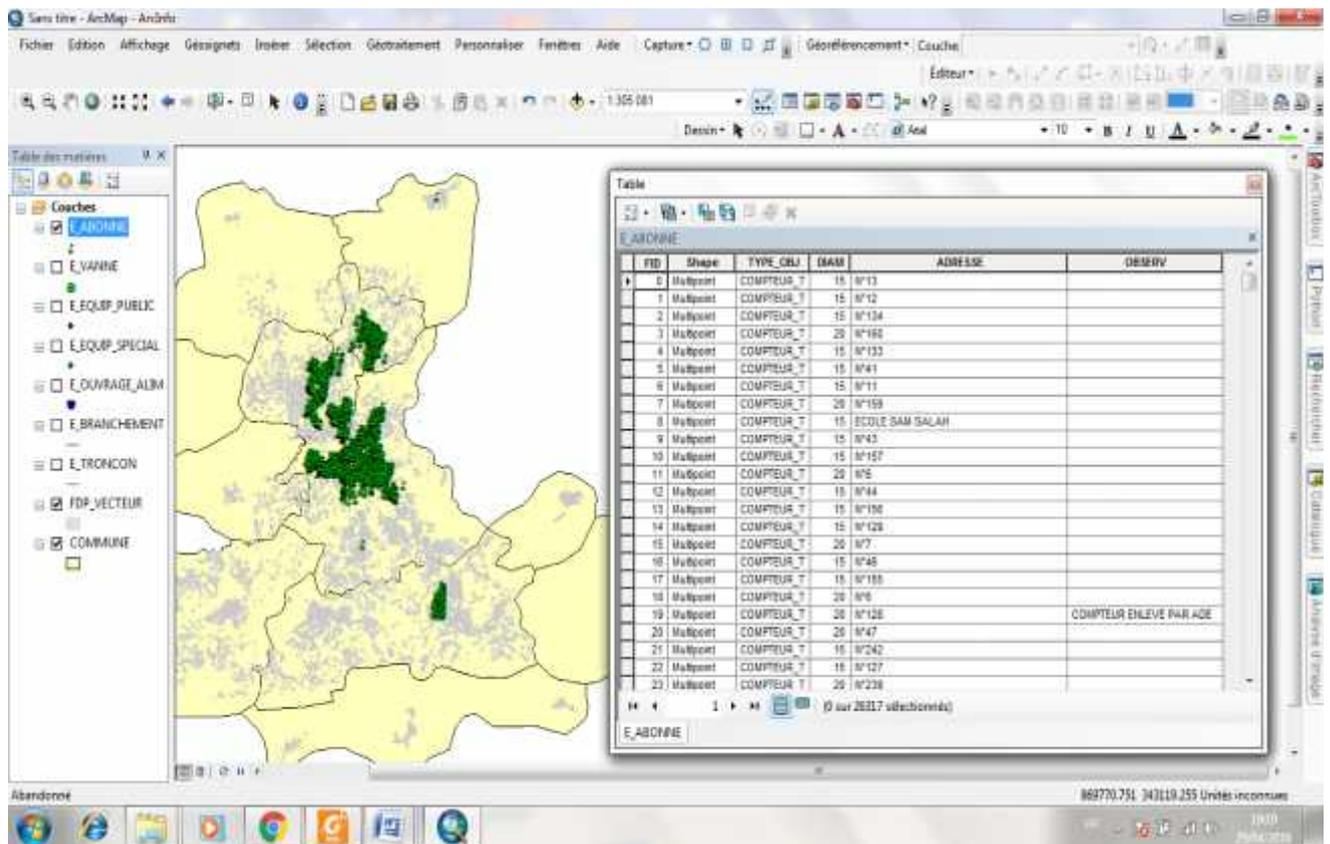


Figure III.17 : Structure de la table Abonnées dans le logiciel ArcGis

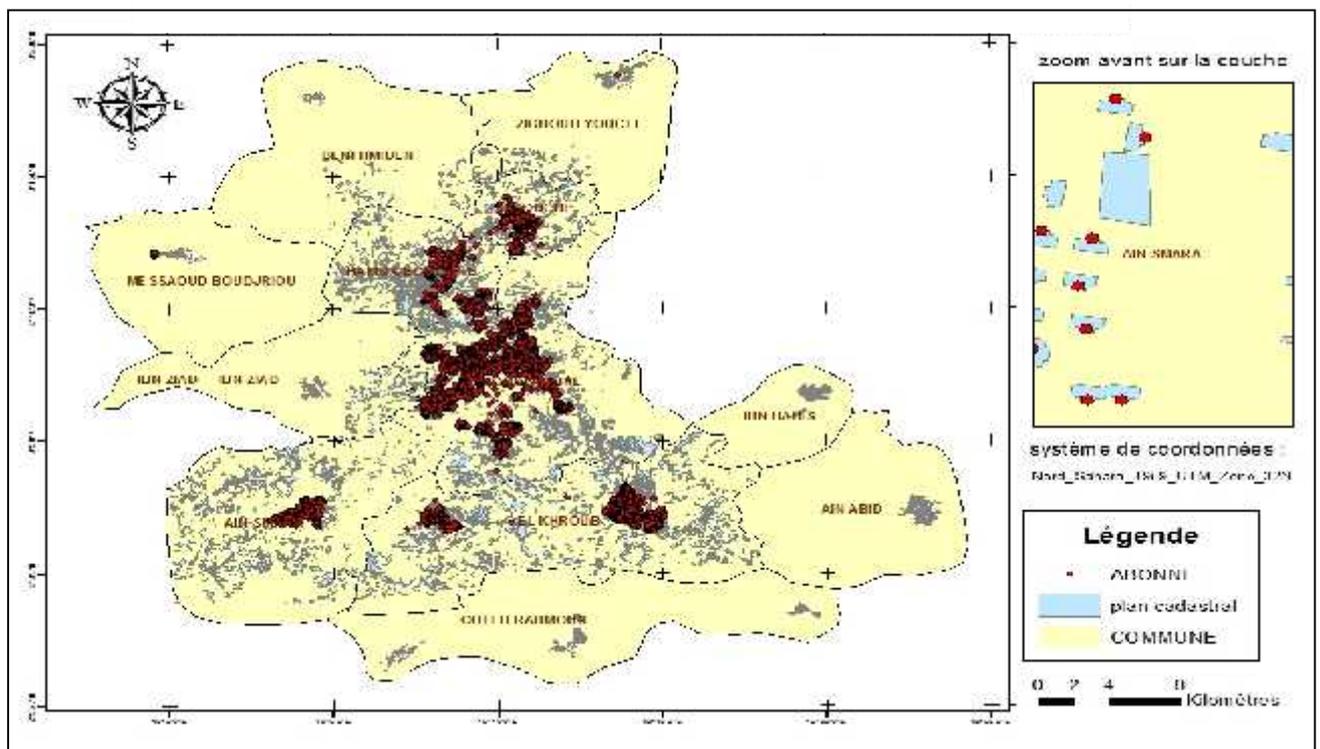


Figure III.18 : Carte représentative de la couche Information des Abonnés

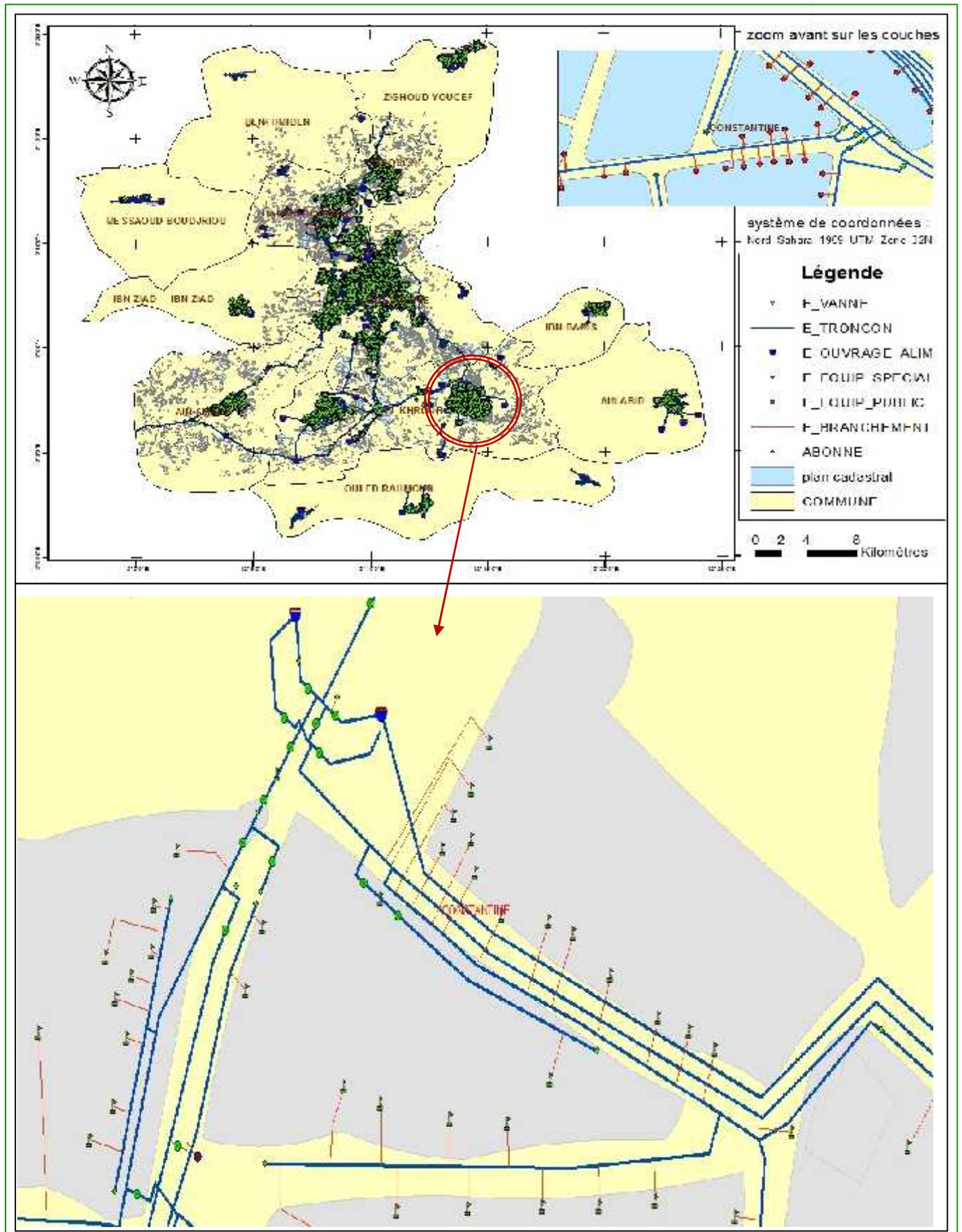


Figure III.19 : Carte représentative de la totalité des couches

**4. Discussion des résultats obtenus :**

Les résultats présentés ci-dessus démontrent quelques-unes des capacités des SIG dans la manipulation et la gestion des données relatives à la distribution de l'eau potable.

Avec les SIG, on peut manipuler et exécuter des tâches qui sont capitales dans la gestion de la distribution de l'eau pour des résultats efficaces et précis. Si toutes les facilités sont disponibles, la base de données et les autres composantes graphiques du SIG peuvent être facilement mises à jour pour y ajouter les nouveaux éléments. De plus, la révision et la mise à jour des cartes deviennent plus faciles dans l'environnement des SIG.

En plus de tout cela, les résultats obtenus peuvent également fournir des informations aux autres professionnels, comme par exemple, les planificateurs urbains, les maîtres d'ouvrages, les ingénieurs du génie civil, etc. Connaître la distribution spatiale des éléments du réseau permettra d'éviter ou réduira les dommages causés à ces éléments pendant les travaux de construction. Les planificateurs urbains pourront faire de meilleures planifications.

En cas de dommage, les SIG permettront une intervention plus rapide, mais également de trouver la solution adéquate. Les opérations de superposition de couches peuvent être utilisées lors de la révision des cartes, la mise à jour de l'environnement du SIG et à l'identification des risques liés au temps dans un secteur donné.

L'utilisation des SIG pour la gestion des réseaux d'eau potable offre beaucoup d'avantages. Les informations fiables se trouvent désormais à un clic de souris. Les risques de pertes sont limités et les interventions plus rapides. Un établissement dans le domaine de l'hydraulique (par exemple : SEACO ou DREW de Constantine) pourra donc améliorer ses prestations pour fournir des performances plus satisfaisantes à sa clientèle.

Mais tous ces avantages ne camouflent pas toutes les insuffisances et les difficultés qui vont avec la mise en place d'un SIG.

Au niveau de la mise en place même d'un SIG, plusieurs pré-requis sont exigés et ne sont pas forcément à la portée de tous les services.

Il faut d'abord que les données à intégrer à la base de données ne sont pas toujours disponibles. De plus celles existant sont difficiles à collecter. Or il faut, pour la mise en place d'une base de données efficace, support d'un SIG optimum, des données extrêmement précises et d'une fiabilité irréprochable. Dans le cas du SIG présenté ici, des données telles que les coordonnées des tuyaux seront difficiles (mais pas impossible) à acquérir, le réseau étant en grande partie souterrain. Alors que de telles données sont nécessaires au bon fonctionnement du SIG.

Une fois toutes ces données collectées et le SIG mis en place il s'agira de le mettre à jour régulièrement. Or la maintenance et la mise à jour d'une base de données requiert une abondance de données actualisées, détaillées, facilement accessibles et compréhensibles par tous les utilisateurs. De plus, il faut que la base de données soit hébergée sur un serveur sécurisé pour prévenir au maximum les risques de perte et d'éventuelles détériorations.

Par, la cartographie numérique, qui constitue en général la plus grosse partie du travail lors de la création d'un SIG, il faut le matériel et les logiciels adéquats mais aussi des cartes analogiques en assez bon état, lorsqu'elles existent. Sinon, un travail de terrain sera à faire.

Il en découle que l'établissement d'un SIG nécessite un travail herculéen à accomplir. Ce travail s'accompagne aussi de moyens plutôt importants. Le passage à une gestion via un SIG nécessite donc d'importants moyens en matière de finance et de personnel.

Enfin, il requiert une étroite collaboration entre les différents services publics et les municipalités.

## **5. CONCLUSION :**

Ce chapitre a consisté à décrire le développement d'une carte numérique avec une base de données géographique indispensable pour la zone d'étude. A partir des différentes données concernant le réseau (diamètre, matériaux, ...) et son environnement et à l'aide de SIG.

SIG a numérisé la totalité de ses plans de réseaux pour en faire un Système d'Information Géographique (cadastre des réseaux). Accessible aux professionnels et aux particuliers, ce plan constitue un état des lieux constamment actualisé. Il permet de localiser avec précision tous les éléments liés au transport et à la distribution de SIG du réseau d'eau potable.

Pour les professionnels, c'est un outil indispensable au quotidien, par exemple pour les études de réparation, la recherche de défauts, les études d'urbanisme, ..., etc.

C'est aussi un moyen qui permet d'assurer la sécurité des personnes sur le chantier.

# *CONCLUSION GENERALE*

## CONCLUSION GENERALE

Aujourd'hui, les SIG représentent un marché de plusieurs milliards d'euros dans le monde et emploient plusieurs centaines de milliers de personnes.

Ce travail a consisté à mettre en place un outil méthodologique, capable de gérer le réseau d'alimentation en eau potable du Groupement Urbain de Constantine à l'aide d'un Système d'Information Géographique. Il offre aux exploitants du réseau un outil performant de gestion, disposant d'une base de données relationnelle, pouvant être interrogée en tout instant. Pour toute analyse de dysfonctionnement, une réponse instantanée est donnée. Aussi, il facilite la programmation de l'intervention pouvant être effectuée en tout point du réseau. Il reste un outil d'exploitation permettant au gestionnaire d'effectuer le diagnostic de son réseau, d'étudier les solutions aux problèmes rencontrés et de prévoir les situations futures.

Les données attributaires du réseau d'alimentation en eau potable du Groupement Urbain de Constantine, qui sont actuellement acquises, gérées, stockées et présentées sous une forme analogique, ont été numérisées, digitalisées et intégrées dans une base de données. Les données spatiales peuvent être numérisées et ramenées à un format cartographique. Ces cartes liées à la base de données constituent le SIG capable d'améliorer la gestion quotidienne de la distribution de l'eau dans le GUC (ville de Constantine).

Ce travail constitue une première étape d'un processus global dont le but est de développer des techniques d'aide à la gestion des réseaux urbains en général, et les réseaux d'AEP en particulier, au moyen d'un système d'information géographique

En conclusion, les suggestions suivantes sont formulées :

- Il faut une plus grande conscience collective à tous les niveaux de décision. Depuis le niveau national, en passant par le niveau municipal, jusqu'au manager individuel, chacun doit connaître les avantages des SIG et ce qui est requis pour sa mise en place.
- Les services de l'eau de la wilaya de Constantine (DEW Constantine, SAECO, ...) qui doivent exploiter des données spatiales devraient mettre en place les systèmes numériques pour conserver et gérer ces données.

Ajoutons pour finir que, le présent travail de recherche, de montrer que chaque jour dans les services d'exploitation, l'outil de SIG permet une gestion plus rapide, efficace et performante qu'avec les documents traditionnels réalisés manuellement sur papier tels que les plans, les procédures et les rapports.

## *Références bibliographiques*

### **A**

- **ABDELBAKI CHERIFA**, décembre 2014, Modélisation d'un réseau d'alimentation en eau potable et contribution à sa gestion à l'aide d'un SIG – Cas du groupement urbain de Tlemcen.
- **ABDELBAKI CHERIFA**, 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, 100 p.

### **B**

- **BRIERE F.G.** « Distribution et collecte des eaux » Ecole polytechnique, Montréal, 2000
- **B.SALAH** « polycopie d'Alimentation en Eau Potable».
- **BONNIN J. (1982)**. Aide mémoire d'hydraulique urbaine. Édition Eyrolles. France.
- **BENBLIDIA M., THIVET G. (2010)**.Gestion des ressources en eau : les limites d'une politique de l'offre. La note d'analyse du centre international de hautes études agronomiques méditerranéennes (CIHEM). CE.

### **C**

- **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.

### **D**

- **DUPOND A. (1981)**. Hydraulique urbaine Tome2 – Editions Eyrolles. France.
- **DIDIER POIDEVIN.** « manuel de cartographie », Edition Hermes , 95 p.

## **J**

- **JOLIVEAU T.**, 1996 - Gérer l'environnement avec les SIG. Mais qu'est-ce qu'un S.I.G.?, Revue de Géographie. Lyon, 71/2: 101-110.

## **G**

- **GOLAY, F**, 1992, Modélisation des systèmes d'information à référence spatiale et de leurs domaines d'utilisation spécialisés; aspects méthodologiques, organisationnels et technologiques, thèse de doctorat de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne.

## **L**

- **LAURINI R**, 1993, Les bases de données en Géomatique, Edition Hermes, 339 p.

## **M**

- **MOJERON J.**, Merise par l'exemple, Les éditions d'organisation, 1991, 247 p.
- **MERZOUK N. (2005)**. Méthodologie de détection et de localisation des fuites dans Un réseau d'eau potable dans les petites et les moyennes collectivités. Proposition de deux modèles de localisation. Thèse de Doctorat de l'université d'Artois en collaboration avec l'école des mines de Douai. France.

## **P**

- **POULIOT, J.** 1999. Définition d'un cadre géosémantique 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, 171 p.
- **PRELAZ DROUX R**, 1995, Système d'information et gestion du territoire, Approche systématique et procédure de réalisation, Presses polytechniques et universitaires romandes
- **PORNON H**, 1996, La notion de précision dans les SIG : Données précises ou données de qualité, le géomètre 6, pp. 30 – 33.

- **POULIOT, J.** 1999. Définition d'un cadre géosémantique 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, 171 p.

## R

- **ROUET P,** 1993, Les données dans les Systèmes d'Information Géographique, Edition Hermes.
- **REPETTI A., PRÉLAZ-DROUX R,** 2003, an urban monitor as support for a participative management of developing cities, Habitat International, Volume 27, Issue 4, December 2003, Pages 653–667, Governance and the Use of GIS in Developing Countries

## V

- **Valiron F.** Mémento du gestionnaire de l'alimentation en eau potable et de l'assainissement, Tome 1, 2, 3, Edition Lavoisier, 1994, 1262 p.

### Sites web :

- <http://www.ArcGis.com>
- <http://www.cartographie.com>
- <http://www.sig.com>
- <http://www.articque.com>
- <http://www.wikipedia.com>
- <http://www.cnrs.com>

## *Nomenclature*

D.A.O : Dessin Assisté par Ordinateur

S.I.G : systèmes d'informations géographiques

AEP : Alimentation en eau potable

SGBD : Système de gestion de base de données

PDAU : plans directeurs d'aménagement et d'urbanisme

INCT : Institut National de Cartographie et de Télédétection

ONS : Office nationale des statistiques

SEACO: Société d'Eau et Assainissement de Constantine

GUC : groupement urbain de Constantine

MCD : Modèle Conceptuel de Données

MLD : Modèle Logique de Données

MPD : Modèle Physique de Données

DD : Dictionnaire de données

DRE : Direction des Ressources en Eaux.

CAO : Conception Assistée par Ordinateur

**Attribut** : Caractéristique d'une entité cartographique

**Base de données SIG** : Ensemble de couches cartographiques (comprenant leurs entités et les informations qui les décrivent)

**Champ** : Colonne d'une table. Chaque champ contient les valeurs d'un attribut unique.

**Classe d'entité (feature class)** : Représentation conceptuelle d'une entité géographique : points, lignes, polygones. Dans une géodatabase, classe d'objets stockant des entités et possédant un champ de type géométrie.

**Coordonnées géographiques** : Position à la surface de la Terre, exprimée en degrés de latitude et de longitude.

**Coordonnées projetées** : Mesure de positions sur la surface du globe, exprimée en un système à deux dimensions : un axe horizontal X représentant la direction Est-Ouest et un axe vertical Y représentant la direction Nord-Sud. Une projection cartographique transforme la latitude et la longitude en coordonnées x,y dans un système de coordonnées projetées.

**Couche (layer)** : Ensemble d'entités géographiques semblables. Une couche référence des données géographiques enregistrées dans une source de données, telles que les fichiers de formes, les couvertures, les classes d'entités des géodatabases, les images. Une couche définit leur affichage.

**Données géographiques** : Informations décrivant des objets à la surface de la Terre, notamment leur position géographique, leur forme. Les données géographiques peuvent se présenter sous forme de données localisées, données tabulaires ou données image.

**Echelle** : Relation entre les dimensions des entités d'une carte et celles des objets géographiques réels qu'elles représentent, généralement exprimée sous forme de fraction ou de rapport

**Entité ou entité cartographique** : Représentation d'un objet du monde réel sur une couche d'une carte

**Table (attributaire)** : Informations relatives aux entités figurant sur une carte, stockées sous forme de lignes et colonnes. Chaque ligne correspond à une seule entité (enregistrement) et chaque colonne (champ) contient les valeurs correspondant à une seule caractéristique.

# **ANNEXES**

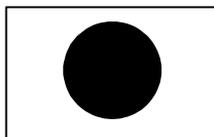
## ANNEXE I

### DICTIONNAIRE DES DONNEES DU RESEAU D'AEP

**ENTITE** : ANTI BELIER

**DEFINITION** : Moyen de protection des installations d'AEP contre les phénomènes transitoires (surpression et dépression).

**TYPE DE REFERENCE** :



**PT**

**ATTRIBUTS** :

**Bélier\_ID** : Identifiant unique.

Domaine variable : Type Entier

**Numéro** : Numéro de l'anti bélier.

Domaine variable : Type Caractère

**Type** : Type de l'anti bélier ( ballon anti bélier – soupape de décharge – volant d'inertie – cheminée d'équilibre ).

Domaine variable : Type Caractère

**Capacité\_L** : Capacité de l'anti bélier exprimée en litres.

Domaine variable : Type Flottant

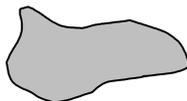
**RELATIONS** :

**Protège** : Conduite

**ENTITE** : BATI                      STRUCTURE                      FRAME WORK

**DEFINITION** : Ensemble de constructions telles que : maisons, immeubles, hangars, monument, bâtiments...

**TYPE DE REFERENCE** :



**SUR**

**ATTRIBUTS** :

**Bâti\_ID** : Identifiant unique.

Domaine variable : Type Entier

**Numéro** : Numéro du bâti.

Domaine variable : Type Caractère

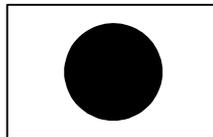
**RELATIONS** :

**Appartenir\_8** : Ilot

**ENTITE** : BOUCHE D'INCENDIE

**DEFINITION** : Elle est utilisée par les pompiers dans leurs interventions contre les incendies.

**TYPE DE REFERENCE** :



**PT**

**ATTRIBUTS** :

**Bouche\_ID** : Identifiant unique.

Domaine variable : Type Entier

**Numéro** : Numéro de la bouche d'incendie.

Domaine variable : Type Caractère

**Diamètre\_mm** : Diamètre exprimé en mm.

Domaine variable : Type Entier

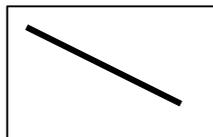
**RELATIONS** :

**Appartenir\_1** : Conduite

**ENTITE** : CONDUITE

**DEFINITION** : Ensemble de tronçons connexes du réseau d'AEP, spécialisé dans le transport de l'eau potable. Elle est caractérisée par une section constante et un même sens d'écoulement.

**TYPE DE REFERENCE** :



**LIN**

**ATTRIBUTS** :

**Conduite\_ID** : Identifiant unique.

Domaine variable : Type Entier

**Numéro** : Numéro de la conduite.

Domaine variable : Type Caractère

**Longueur\_m** : Longueur de la conduite exprimée en mètres.

Domaine variable : Type Flottant

**Diamètre\_mm** : Diamètre de la conduite exprimé en millimètres

Domaine variable : Type Entier

**Débit\_l/s** : Débit des eaux qui transitent par la conduite en litres par secondes.

Domaine variable : Type Numérique ( Virgule Fixe )

**Rugosité\_mm** : Rugosité de la conduite exprimée en mm.

Domaine variable : Type Flottant

**Nature** : Nature du matériau de la conduite ( Fonte, Acier, Amiante - Ciment ).

Domaine variable : Type Caractère

**Date\_de\_pose** : Date de pose de la conduite indiquant l'année de la réalisation ou du changement de la conduite.

Domaine variable : Type Caractère

**Etat\_d\_entretien** : Etat d'entretien de la conduite ( Bon, Moyen, Mauvais, Inconnu ).

Domaine variable : Type Caractère

**Côte\_du\_sol\_m** : Côte du sol exprimée en mètres.

Domaine variable : Type Flottant

**Disposition** : Disposition de la conduite ( Principale, secondaire ).

Domaine variable : Type Caractère

**Type\_d\_Alimentation** : Type d'Alimentation de la conduite (Distribution, Refoulement).  
Domaine variable : Type Caractère

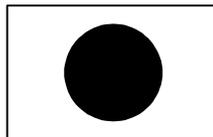
**RELATIONS :**

**Alimente\_3** : Forage  
**Alimente\_4** : Station de Pompage  
**Alimente\_5** : Réservoir  
**Alimente\_6** : Ilot  
**Appartenir\_1** : Bouche d'incendie  
**Appartenir\_2** : Cône  
**Appartenir\_3** : Coude  
**Appartenir\_4** : Té  
**Appartenir\_5** : Vanne  
**Appartenir\_6** : Ventouse  
**Appartenir\_7** : Vidange  
**Compose** : Tronçon  
**Protège** : Anti Bélièr

**ENTITE** : CONE

**DEFINITION** : Elément du réseau utilisé pour raccorder deux tronçons contigus de diamètres différents.

**TYPE DE REFERENCE :**



**PT**

**ATTRIBUTS :**

**Cône\_ID** :Identifiant unique.  
Domaine variable : Type Entier  
**Numéro** : Numéro du cône.  
Domaine variable : Type Caractère  
**Diamètre\_E\_mm** : Diamètre d'entrée exprimé en mm.  
Domaine variable : Type Entier  
**Diamètre\_S\_mm** : Diamètre de sortie exprimé en mm.  
Domaine variable : Type Entier

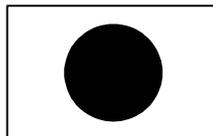
**RELATIONS :**

**Appartenir\_2** : Conduite

**ENTITE** : COUDE

**DEFINITION** : Elément du réseau utilisé pour raccorder deux tronçons contigus dans un changement de direction.

**TYPE DE REFERENCE :**



**PT**

**ATTRIBUTS :**

**Coude\_ID** :Identifiant unique.  
Domaine variable : Type Entier  
**Numéro** : Numéro du coude.  
Domaine variable : Type Caractère  
**Diamètre\_mm** : Diamètre exprimé en mm.  
Domaine variable : Type Entier

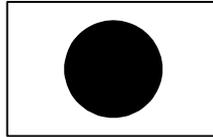
**RELATIONS :**

**Appartenir\_3 :** Conduite

**ENTITE : FORAGE**

**DEFINITION :** Sondage en profondeur qui permet l'exploitation des eaux souterraines.

**TYPE DE REFERENCE :**



**PT**

**ATTRIBUTS :**

**Forage\_ID :** Identifiant unique.

Domaine variable : Type Entier

**Nom :** Nom du forage.

Domaine variable : Type Caractère

**Coordonnées :** Coordonnées de forage en Longitude – Latitude.

Domaine variable : Type Flottant

**Altitude :** Valeur de l'altitude en mètres.

Domaine variable : Type Flottant

**Profondeur :** Valeur de la profondeur en mètres.

Domaine variable : Type Flottant

**Débit :** Débit d'exploitation exprimé en litres par secondes.

Domaine variable : Type Flottant

**Date de réalisation :** Année de réalisation du forage.

Domaine variable : Type Caractère

**RELATIONS :**

**Alimente\_1 :** Réservoir

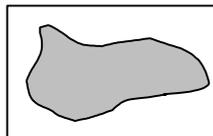
**Alimente\_3 :** Conduite

**Relier :** Station de Pompage

**ENTITE : ILOT**

**DEFINITION :** Partie issue du découpage de la ville de Birtouta pour la gestion du réseau d'AEP.

**TYPE DE REFERENCE :**



**SUR**

**ATTRIBUTS :**

**Ilot\_ID :** Identifiant unique.

Domaine variable : Type Entier

**Numéro :** Numéro de l'îlot.

Domaine variable : Type Caractère

**Nom :** Nom de l'îlot.

Domaine variable : Type Caractère

**RELATIONS :**

**Alimente\_6 :** Conduite

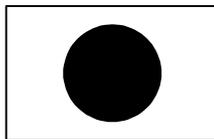
**Appartenir\_8 :** Bâti

**Limite :** Rue

**ENTITE : RESERVOIR**

**DEFINITION :** Ouvrage de stockage et de distribution de l'eau potable.

**TYPE DE REFERENCE :**



**PT**

**ATTRIBUTS :**

**Réservoir\_ID :**Identifiant unique.

Domaine variable : Type Entier

**Numéro :** Numéro du réservoir.

Domaine variable : Type Caractère

**Type :** Type de réservoir ( surélevé, enterré ou semi - enterré.).

Domaine variable : Type Caractère

**Côte\_du\_radier\_m :** Côte radier exprimée en mètres.

Domaine variable : Type Flottant

**Côte\_Tampon\_m :** Côte tampon exprimée en mètres.

Domaine variable : Type Flottant

**Capacité :** Capacité du réservoir en mètres cubes.

Domaine variable : Type Flottant

**RELATIONS :**

**Alimente\_1 :** Forage

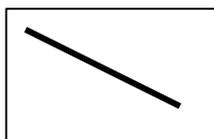
**Alimente\_2 :** Station de pompage

**Alimente\_5 :** Conduite

**ENTITE : RUE**

**DEFINITION :** Voie servant à la circulation telle que délimitée par des îlots ( rue, ruelle, avenue... ).

**TYPE DE REFERENCE :**



**LIN**

**ATTRIBUTS :**

**Rue\_ID :**Identifiant unique.

Domaine variable : Type Entier

**Numéro :** Numéro de la rue.

Domaine variable : Type Caractère

**Nom\_de\_la\_rue :** Nom de la rue

Domaine variable : Type Caractère

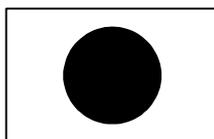
**RELATIONS :**

**Limite :** Ilot

**ENTITE : STATION DE POMPAGE**

**DEFINITION :** Elle est destinée à élever les eaux d'un niveau à un autre.

**TYPE DE REFERENCE :**



**PT**

**ATTRIBUTS :**

**Station\_ID** :Identifiant unique.

Domaine variable : Type Entier

**Numéro** : Numéro de la station de pompage.

Domaine variable : Type Caractère

**Nbre\_Pompes** : Nombre de pompes dans la station de pompage.

Domaine variable : Type Entier

**Type\_de\_Montage**: Montage en parallèle ou en série des pompes.

Domaine variable : Type Caractère

**Type\_de\_Pompes**: Type de pompes dans la station de pompage

Domaine variable : Type Caractère

**Débit\_l/s** : Débit refoulé exprimé en litres par secondes.

Domaine variable : Type Flottant

**HMT** : Hauteur Manométrique Totale exprimée en mètres.

Domaine variable : Type Flottant

**Situation\_P**: Situation des Pompes ( immergées ou non ).

Domaine variable : Type Caractère

**Marque\_P**: Marque des pompes.

Domaine variable : Type Caractère

**Date\_de\_pose**: Date d'installation des pompes.

Domaine variable : Type Caractère

#### RELATIONS :

**Alimente\_2** : Réservoir

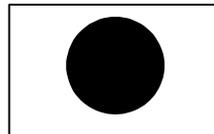
**Alimente\_4** : Conduite

**Relier** : Forage

#### ENTITE : TE

**DEFINITION** : Elément du réseau utilisé pour raccorder trois tronçons contigus et de directions différentes.

**TYPE DE REFERENCE** :



**PT**

#### ATTRIBUTS :

**Té\_ID** :Identifiant unique.

Domaine variable : Type Entier

**Numéro** : Numéro du té.

Domaine variable : Type Caractère

**Diamètre\_mm** : Diamètre exprimé en mm.

Domaine variable : Type Entier

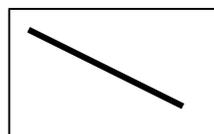
#### RELATIONS :

**Appartenir\_4** : Conduite

#### ENTITE : TRONÇON AEP

**DEFINITION** : Une portion de la conduite d'AEP, spécialisé dans le transport de l'eau potable. Il est considéré comme portion de la conduite ayant une section constante et un même sens d'écoulement.

**TYPE DE REFERENCE** :



**LIN**

**ATTRIBUTS :**

**Tronçon\_ID** : Identifiant unique.

Domaine variable : Type Entier

**Numéro** : Numéro du tronçon.

Domaine variable : Type Caractère

**Longueur\_m** : Longueur du tronçon exprimée en mètres.

Domaine variable : Type Flottant

**Diamètre\_mm** : Diamètre de la conduite exprimé en millimètres

Domaine variable : Type Entier

**Débit\_l/s** : Débit des eaux qui transitent par la conduite en litres par secondes.

Domaine variable : Type Numérique ( Virgule Fixe )

**Rugosité\_mm** : Rugosité de la conduite exprimée en mm.

Domaine variable : Type Flottant

**Nature** : Nature du matériau de la conduite ( Fonte, Acier, Amiante - Ciment ).

Domaine variable : Type Caractère

**Date\_de\_pose** : Date de pose de la conduite indiquant l'année de la réalisation ou du changement de la conduite.

Domaine variable : Type Caractère

**Etat\_d\_entretien** : Etat d'entretien de la conduite ( Bon, Moyen, Mauvais, Inconnu ).

Domaine variable : Type Caractère

**Côte\_du\_sol\_m** : Côte du sol exprimée en mètres.

Domaine variable : Type Flottant

**Disposition** : Disposition de la conduite ( Principale, secondaire ).

Domaine variable : Type Caractère

**Type\_d\_Alimentation** : Type d'Alimentation de la conduite ( Distribution, refoulement ).

Domaine variable : Type Caractère

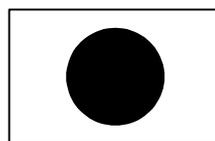
**RELATIONS :**

**Compose** : Conduite

**ENTITE : VANNE**

**DEFINITION** : Elle est utilisée pour isoler une partie du réseau d'AEP, en cas de panne ou pour réguler la distribution d'eau.

**TYPE DE REFERENCE :**



**PT**

**ATTRIBUTS :**

**Vanne\_ID** : Identifiant unique.

Domaine variable : Type Entier

**Numéro** : Numéro de la vanne.

Domaine variable : Type Caractère

**Diamètre\_mm** : Diamètre exprimé en mm.

Domaine variable : Type Entier

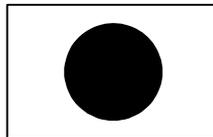
**RELATIONS :**

**Appartenir\_5** : Conduite

**ENTITE : VENTOUSE**

**DEFINITION :** Elle est utilisée pour chasser l'air des conduites en cas de distribution en contre pente.

**TYPE DE REFERENCE :**



**PT**

**ATTRIBUTS :**

**Ventouse\_ID :**Identifiant unique.

Domaine variable : Type Entier

**Numéro :** Numéro de la ventouse.

Domaine variable : Type Caractère

**Diamètre\_mm :** Diamètre exprimé en mm.

Domaine variable : Type Entier

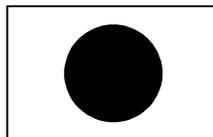
**RELATIONS :**

**Appartenir\_6 :** Conduite

**ENTITE : VIDANGE**

**DEFINITION :** Elle est utilisée pour établir une vidange du réseau d'AEP en cas de pollution.

**TYPE DE REFERENCE :**



**PT**

**ATTRIBUTS :**

**Vidange\_ID :**Identifiant unique.

Domaine variable : Type Entier

**Numéro :** Numéro de la vidange.

Domaine variable : Type Caractère

**Diamètre\_mm :** Diamètre exprimé en mm.

Domaine variable : Type Entier

**RELATIONS :**

**Appartenir\_7 :** Conduite

## ANNEXE II

### MODELE LOGIQUE DE DONNEES DU RESEAU D'AEP

<b>ANTI BELIER</b>	(Bélier_ID, Numéro, Type, Capacité_L)
<b>BATI</b>	(Bâti_ID, Numéro)
<b>BOUCHE D'INCENDIE</b>	(Bouche_ID, Numéro, Diamètre_mm)
<b>CONDUITE</b>	(Conduite_ID, Numéro, Longueur_m, Diamètre_mm, Débit_l/s, Rugosité_mm, Nature, Date_de_pose, Etat_d_entretien, Côte_du_sol_m, Disposition, Type_d_Alimentation)
<b>CONE</b>	(Cône_ID, Numéro, Diamètre_E_mm, Diamètre_S_mm)
<b>COUDE</b>	(Coude_ID, Numéro, Diamètre_mm)
<b>FORAGE</b>	(Forage_ID, Nom, Coordonnées, Altitude, Profondeur, Débit, Date de réalisation)
<b>ILOT</b>	(Ilot_ID, Numéro, Nom)
<b>RESERVOIR</b>	(Réservoir_ID, Numéro, Type, Côte_du_radier_m, Côte_Tampon_m, Capacité)
<b>RUE</b>	(Rue_ID, Numéro, Nom_de_la_rue)
<b>STATION DE POMPAGE</b>	(Station_ID, Numéro, Nbre_Pompes, Type_de_Montage, Type_de_Pompes, Débit_l/s, HMT, Situation_P, Marque_P, Date_de_pose)
<b>TE</b>	(Té_ID, Numéro, Diamètre_mm)

<b>VANNE</b>	(Vanne_ID, Numéro, Diamètre_mm)
<b>VENTOUSE</b>	(Ventouse_ID, Numéro, Diamètre_mm)
<b>VIDANGE</b>	(Vidange_ID, Numéro, Diamètre_mm)
<b>ALIMENTE_1</b>	(Forage_ID, Réservoir_ID)
<b>ALIMENTE_2</b>	(Station_ID, Réservoir_ID)
<b>ALIMENTE_3</b>	(Forage_ID, Conduite_ID)
<b>ALIMENTE_4</b>	(Station_ID, Conduite_ID)
<b>ALIMENTE_5</b>	(Réservoir_ID, Conduite_ID)
<b>ALIMENTE_6</b>	(Conduite_ID, Ilot_ID)
<b>APPARTENIR_1</b>	(Bouche_ID, Conduite_ID)
<b>APPARTENIR_2</b>	(Cône_ID, Conduite_ID)
<b>APPARTENIR_3</b>	(Coude_ID, Conduite_ID)
<b>APPARTENIR_4</b>	(Té_ID, Conduite_ID)

**APPARTENIR\_5**

(Vanne\_ID, Conduite\_ID)

**APPARTENIR\_6**

(Ventouse\_ID, Conduite\_ID)

**APPARTENIR\_7**

(Vidange\_ID, Conduite\_ID)

**APPARTENIR\_8**

(Bâti\_ID, Ilot\_ID)

**COMPOSE**

(Tronçon\_ID, Conduite\_ID)

**LIMITE**

(Rue\_ID, Ilot\_ID)

**PROTEGE**

(Bélier\_ID, Conduite\_ID)

**RELIER**

(Station\_ID, Forage\_ID)

### ANNEXE 3

#### MODELE PHYSIQUE DE DONNEES DU RESEAU D'AEP

**Nom de la table :** ANTI BELIER

**Indexée sur :** ANTI BELIER, CONDUITE

**Par l'attribut :** Béliier\_ID

CHAMPS	TYPE	LARGEUR	NOMBRE DECIMAL
Béliier_ID	Entier		
Numéro	Caractère	10	
Type	Caractère		
Capacité_L	Flottant		

**Nom de la table :** BATI

**Indexée sur :** BATI, ILOT

**Par l'attribut :** Bâti\_ID

CHAMPS	TYPE	LARGEUR	NOMBRE DECIMAL
Bâti_ID	Entier		
Numéro	Caractère	10	

**Nom de la table :** BOUCHE D'INCENDIE

**Indexée sur :** BOUCHE D'INCENDIE ,CONDUITE

**Par l'attribut :** Bouche\_ID

CHAMPS	TYPE	LARGEUR	NOMBRE DECIMAL
Bouche_ID	Entier		
Numéro	Caractère	10	
Diamètre_mm	Entier		

**Nom de la table :** CONE

**Indexée sur :** CONE ,CONDUITE

**Par l'attribut :** Cône\_ID

CHAMPS	TYPE	LARGEUR	NOMBRE DECIMAL
Cône_ID	Entier		
Numéro	Caractère	10	
Diamètre_E_mm	Entier		
Diamètre_S_mm	Entier		

**Nom de la table :** COUDE

**Indexée sur :** COUDE ,CONDUITE

**Par l'attribut :** Coude\_ID

CHAMPS	TYPE	LARGEUR	NOMBRE DECIMAL
Coude_ID	Entier		
Numéro	Caractère	10	
Diamètre_mm	Entier		

**Nom de la table :** CONDUITE

**Indexée sur :** CONDUITE, ANTI BELIER, COUDE, CONE, FORAGE, BOUCHE D'INCENDIE, VANNE, VENTOUSE, VIDANGE, TE, RESERVOIR, STATION DE POMPAGE, ILOT

**Par l'attribut :** Conduite\_ID

CHAMPS	TYPE	LARGEUR	NOMBRE DECIMAL
Conduite_ID	Entier		
Numéro	Caractère	10	
Longueur_m	Entier		
Diamètre_mm	Entier		
Débit_l/s	Virgule fixe	8	3
Rugosité_mm	Flottant		
Nature	Caractère	16	
Date_de_pose	Caractère	10	
Etat_d_Entretien	Caractère	10	
Cote_du_sol_m	Virgule fixe	8	3
Disposition	Caractère	16	
Type_d_Alimentation	Caractère	16	

**Nom de la table :** FORAGE

**Indexée sur :** FORAGE, CONDUITE, RESERVOIR, STATION DE POMPAGE

**Par l'attribut :** Forage\_ID

CHAMPS	TYPE	LARGEUR	NOMBRE DECIMAL
Forage_ID	Entier		
Numéro	Caractère	10	
Nom	Caractère	16	
Coordonnées	Flottant		
Altitude	Flottant		
Profondeur	Flottant		
Débit	Flottant		
Date_de_réalisation	Caractère	10	

**Nom de la table :** ILOT

**Indexée sur :** ILOT, BATI, CONDUITE, RUE

**Par l'attribut :** Ilot\_ID

CHAMPS	TYPE	LARGEUR	NOMBRE DECIMAL
Ilot_ID	Entier		
Numéro	Caractère	10	
Nom	Caractère	16	

**Nom de la table :** RESERVOIR

**Indexée sur :** RESERVOIR, FORAGE, CONDUITE, STATION DE POMPAGE, ILOT

**Par l'attribut :** Réservoir\_ID

CHAMPS	TYPE	LARGEUR	NOMBRE DECIMAL
Réservoir_ID	Entier		
Numéro	Caractère	10	
Type	Caractère	20	
Cote_du_radier	Flottant		
Cote_Tampon_m	Flottant		
Capacité	Flottant		

**Nom de la table :** RUE

**Indexée sur :** RUE, ILOT

**Par l'attribut :** Rue\_ID

CHAMPS	TYPE	LARGEUR	NOMBRE DECIMAL
Rue_ID	Entier		
Numéro	Caractère	10	
Nom_de_la_rue	Caractère	80	

**Nom de la table :** STATION DE POMPAGE

**Indexée sur :** STATION DE POMPAGE, RESERVOIR, FORAGE, CONDUITE

**Par l'attribut :** Station\_ID

CHAMPS	TYPE	LARGEUR	NOMBRE DECIMAL
Station_ID	Entier		
Numéro	Caractère	10	
Nbre_Pompes	Entier		
Type_de_Montage	Caractère	20	
Type_de_Pompes	Caractère	20	
Débit_l/s	Flottant		
HMT	Flottant		
Situation_P	Caractère	20	
Marque_P	Caractère	40	
Date_de_Pose	Caractère	20	

**Nom de la table :** TE  
**Indexée sur :** TE, CONDUITE  
**Par l'attribut :** Té\_ID

CHAMPS	TYPE	LARGEUR	NOMBRE DECIMAL
Té_ID	Entier		
Numéro	Caractère	10	
Diamètre_mm	Entier		

**Nom de la table :** VANNE  
**Indexée sur :** VANNE ,CONDUITE  
**Par l'attribut :** Vanne\_ID

CHAMPS	TYPE	LARGEUR	NOMBRE DECIMAL
Vanne_ID	Entier		
Numéro	Caractère	10	
Diamètre_mm	Entier		

**Nom de la table :** VENTOUSE  
**Indexée sur :** VENTOUSE ,CONDUITE  
**Par l'attribut :** Ventouse\_ID

CHAMPS	TYPE	LARGEUR	NOMBRE DECIMAL
Ventouse_ID	Entier		
Numéro	Caractère	10	
Diamètre_mm	Entier		

**Nom de la table :** VIDANGE  
**Indexée sur :** VIDANGE ,CONDUITE  
**Par l'attribut :** Vidange\_ID

CHAMPS	TYPE	LARGEUR	NOMBRE DECIMAL
Vidange_ID	Entier		
Numéro	Caractère	10	
Diamètre_mm	Entier		

