



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE D'ORAN 2 Mohamed Ben Ahmed  
FACULTE DES SCIENCES DE LA TERRE, DE LA GEOGRAPHIE ET D'AMENAGEMENT DU  
TERRITOIRE  
DEPARTEMENT : GEOGRAPHIE ET AMENAGEMENT DU TERRITOIRE  
MÉMOIRE DE FIN D'ETUDES  
Pour l'Obtention du Diplôme de Master en géomatique  
Présenté par :  
**HAMIDI Mohammed Islem**

THÈME :

Apport de la géomatique sur la gestion des réseaux  
d'AEP « Cas d'étude : la ville de Mascara »

Devant le jury composé de :

Mr. SEGHIRI Hichem, MAA à l'Université d'Oran2,	Président
Mr. ALLEL El Ouassini Nadir, MAA à l'Université d'Oran2,	Examineur
Mr. SMAHI Zakaria, MCA à l'USTOMB,	Encadrant
Mme SIDI YEKHLEF Soraya, MAA à l'Université d'Oran2,	Co-Encadrante

**Année Universitaire 2023-2024**

## **Remerciements :**

**Je remercie, en premier lieu, le bon dieu de m'avoir donné la force et le courage de mener ce travail à terme.**

**Je tiens à remercier mes parents qui m'ont soutenu et encouragé dans ma vie**

**Je remercie Mr SMAHI Zakaria, Maitre de Conférence "A" à l'université USTOMB, de ses encouragements permanents et ses orientations judicieuses.**

**Aussi, je remercie également Mme SIDI YEKHLEF Soraya, Maitre Assistante "A" à l'université d'Oran2, pour ces conseils et son aide dont J'ai bénéficié**

**Je n'oublie pas de remercier tous les professeurs de département de Géographie et d'Aménagement du Territoire qui m'ont enseigné et contribué à ma formation dans ce domaine.**

**Dédicace :**

**Il m'est très agréable de dédier ce modeste travail à mes chers parents et mes petites sœurs, toute la famille HAMIDI et surtout du côté maternelle FARI BOUANANI et KOUIDER BENHAMED ainsi que mes collègues.**

**Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin dans l'élaboration de ce mémoire.**

*HAMIDI MOHAMMED ISLEM*

## Liste des figures :

Figure 1. Les disciplines de la géomatique(webographie : Rando quebec ).....	13
Figure 2. Structure d'un Système d'Information Géographique (Laurini et al, 1993).....	15
Figure 3 . Spectre des constituants et de l'action du SIG (Pouliot, 1999).....	18
Figure 4. Les composants d'un SIG (carte ong ).....	21
Figure 5 . La structure de fonctionnalités d'un SIG.....	22
Figure 6. Les mode de représentations de données (T. Libourel).....	23
Figure 7. Schéma d'alimentation en eau potable (Valiron, 1994).....	27
Figure 08.a .Carte de la situation géographique de la ville de mascara.....	37
Figure 08.b. Cadre topographique de Mascara (US Army 1930 révisée 1946).....	38
Figure 09. Carte climatique de la wilaya de Mascara ( DRE ).....	40
Figure 10. Le tracé de la conduite de SDEM vers Mascara.....	43
Figure 11. Questionnaire adressé au abonnés de l'ADE Mascara.....	45
Figure 12. Programme de distribution d'eau.....	46
Figure 13 . Satisfaction de la population par rapport au programme distribution.....	46
Figure 14. La durée de distribution d'eau.....	47
Figure 15. Satisfaction de la population par rapport à la durée de distribution d'eau.....	47
Figure 16. Information de la population en cas de coupure d'eau.....	48
Figure 17. Satisfaction de la population par rapport à la qualité d'eau.....	48
Figure 18. Satisfaction de la population par rapport à la pression d'eau .....	49
Figure 19. Satisfaction de la population par rapport au volume d'eau facturé.....	49
Figure 20.a. La classe d'entité : Conduite.....	61
Figure 20.b. Exemple de relation.....	61
Figure 20.c. Exemple d'association selon les cardinalités entre les entités.....	62
Figure 20 d. Model conceptuel de données.....	63
Figure 21. Interface de programme développée.....	67
Figure 22. Exemple de programme pour la création de fichier Excel.....	67
Figure 23. Exemple de fonctionnement de programme.....	68
Figure 24 . Résultat de exemple de fonctionnement de programme.....	69
Figure 25. Saisie du tableau attributaire (longitude et latitude).....	70
Figure 26. Numérisation des ilots.....	70
Figure 27. Numérisation du réseau AEP.....	71
Figure 28a. Création de la base de données.....	72
Figure 28 b. Création de jeux de données de chaque entité.....	72
Figure 28 c. Introduction du système de projection.....	72

Figure 28 d. Importation des couches de QGIS.....	73
Figure 29. Couche des routes.....	74
Figure 30. Couche des ilots .....	74
Figure 31.a. Couche des conduites .....	75
Figure 31.b. Structure de la table (conduite).....	75
Figure 32.a. Requête pour afficher les conduites qui on égale ou moins de 250 mm.....	76
Figure 32.b. Résultat de requête (diamètre moins de 250).....	77
Figure 33.a. Requête pour afficher les conduites de type PVC.....	77
Figure 33.b. Résultat de requête (PVC).....	78
Figure 34. Interface de programme EPANET .....	80
Figure 35.a. Maitre en place le fond du réseau AEP dans EPANET.....	82
Figure 35.b. Extrait de placement les nœuds.....	82
Figure 35.c. Saisie des paramètres pour chaque nœud.....	83
Figure 35.d. Extrait de raccordement de les conduites.....	83
Figure 36.a. Résultat de simulation EPANET.....	84
Figure 36.b. Extrait de résultat de simulation EPANET.....	84
Figure 36.c. Extrait de résultat sous forme de tableau (les nœuds).....	85
Figure 37.a. Choix de paramètre d'un tronçon de réseau.....	85
Figure 37.b. Extrait de profile pression des nœuds confondue.....	86
Figure 38.a. Requête pour afficher les conduites en diamètre moins de 120mm .....	87
Figure 38.b. Emplacement des conduites en diamètre moins de 120 mm.....	87
Figure 39.a. Requête pour afficher les conduites en diamètre plus de 120.....	88
Figure 39.b. Emplacement des conduites en diamètres plus de 120 mm.....	88
Figure 40. La répartitions des différents diamètres des conduites.....	89
Figure 41.a. Requête pour afficher les conduites en type PEHD.....	90
Figure 41.b. Emplacement des conduites en type PEHD.....	90
Figure 41.c. Requête pour afficher les conduites en type FONTE.....	91
Figure 41.d. Emplacement des conduites en type FONTE.....	91
Figure 41.e. Requête pour afficher les conduites en type PVC.....	92
Figure 41.f. Emplacement des conduites en type PVC .....	92
Figure 42. Les types de matériaux des conduites .....	93
Figure 43. Carte de la répartition spatiale de débit de la zone d'étude.....	94

## Liste des tableaux

Tableau 01. Les ressources en eaux souterraines(DRE).....	41
Tableau 02. Le régime deau transmis(ADE)pour la commune de Mascara.....	44
Tableau 03. Référentiel d'appréciation du rendement primaire (BENCHAIB, 2012).....	50
Tableau 04. Référentiel du Laboratoire GEA pour l'ILP (BENCHAIB, 2012).....	50
Tableau 05. Rendement primaire de la ville de Mascara .....	50
Tableau 06. Indice linéaire de pertes.....	51
Tableau 07. La population de la ville de Mascara (ADE).....	51
Tableau 08. Taux d'accroissement de la population.....	52
Tableau 09. Estimation des futures populations de la commune de Mascara.....	53
Tableau 10. La dotation journalière selon le nombre d'habitants.....	53
Tableau 11. Estimation des besoins domestiques d'eau.....	54
Tableau 12. Démarche MERISE.....	59

## Abréviations :

DRE : Direction des Ressources d'Eau

ADE : Algérienne Des Eaux

DUC : Direction de l'Urbanisme et de Construction

URBOR : Centre d'étude et de réalisation en urbanisme

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrographiques

SHP : Shapefile

AEP : Alimentation Eau Potable

SDEM : Station dessalement

MAO : Mostaganem, Arzew, Oran

## Résumé :

L'exploitant d'un réseau d'alimentation en eau potable (AEP) est souvent confronté à plusieurs défis, principalement dus à une connaissance imparfaite de son réseau en raison de son étendue et de sa diversité. Le réseau se compose généralement de multiples sections réalisées avec différentes techniques et sur plusieurs années. Parmi les problèmes quotidiens à résoudre, on trouve les ruptures de conduites, les fuites et les branchements illicites. Avec les progrès des outils informatiques, la modélisation des réseaux est devenue indispensable pour la conception et la gestion des systèmes d'AEP. Ce travail vise à représenter le réseau d'AEP de la ville de MASCARA sous forme d'une base de données SIG (ArcGIS) et à améliorer sa gestion à l'aide du modèle de calcul EPANET. Cette approche permettra de bénéficier d'un environnement de travail performant, facilitant l'analyse du réseau d'alimentation de la zone étudiée

**Mots clés :** Modélisation, SIG, Base de données, EPANET, Réseau d'AEP

## Abstract:

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

**Keywords:** Modeling, GIS, Database, EPANET, DWS Network

## ملخص ::

يقع مسير شبكة الامداد بالمياه الصالحة للشرب عادة في مواجهة عدة صعوبات و التي أهمها عدم معرفة للشبكة بشكل جيد بأخذ الاعتبار لمداهها و تنوعها , عموما تعدد دفعات الاعمال المنجزة حسب تقنيات مختلفة و على مدى السنوات علاوة على ذلك يجد المسير نفسه يوميا في مواجهة العديد من المشاكل مثل الترسبات و تمزقات في الشبكة بالإضافة الى التوصيلات الغير القانونية . مع تقدم أدوات تكنولوجيا المعلومات أصبحت نمذجة الشبكات جزئى أساسى في تصميم و إدارة نظم الامدادات بالمياه , في هذا الصدد العمل الحاضر ينص على نمذجة شبكة المياه الصالحة للشرب لمدينة معسكر في شكل و المساهمة بنمذجة الشبكة بواسطة (ArcGIS) قاعدة بيانات خاصة بنظم المعلومات الجغرافية من نوع

لتسهيل تحليل عمل الشبكة المدروسة EPANET

**كلمات مفتاحية :** نمذجة , نظم المعلومات الجغرافية , قاعدة البيانات , شبكة الامدادات بالمياه , EPANET

## SOMMAIRE

Résumé .....	7
Introduction générale.....	11
<b>Chapitre 01 : Etat de l'art et notions générales dans la géomatique et AEP .....</b>	<b>12</b>
1.Géomatique :.....	13
1.1.Définition.....	13
2.Systèmes d'information géographique.....	14
2.1.Définitions.....	14
2.2.L'information géographique.....	15
2.3.Les systèmes d'information (SI).....	16
2.3.1 Les principales composantes d'un système d'information .....	16
2.4. Les composantes d'un SIG.....	18
2.4.1. Matériels .....	18
2.4.2. Logiciels .....	19
2.4.3.Données.....	19
2.4.4. Utilisateurs.....	20
2.4.5.Méthodes.....	20
2.5. Structure et fonctionnalités d'un SIG.....	21
2.6.Les données dans les SIG.....	22
2.7. Les bases de données.....	23
2.8. Le SGBD :.....	24
2.9.Les modèles de SGBD :.....	25
2.9.1. Hiérarchique.....	25
2.9.2. Réseaux.....	25
2.9.3. Orienté objet.....	26
2.9.4. Relationnel.....	26
3. Alimentation eau potable (AEP) :.....	26
3.1.Définition :.....	26
3.2.Démonstration des réseaux AEP : .....	27
3.2.1. Captage.....	27
3.2.2. Adduction.....	28
3.2.2.1. Station de pompage.....	28
3.2.2.2. Dispositif d'adduction.....	28
3.2.3. Traitement.....	29

3.2.4. Stockage.....	29
4. Classification du réseau :.....	30
5. Gestion du réseau.....	30
6. La gestion informatisée :.....	31
7. Cartographie du réseau.....	32
8. Apport des SIG dans la modélisation des réseaux :.....	33
9. Les principaux logiciels de modélisation réseau AEP :.....	34
<b>CHAPITRE 02 : Présentation de zone d'étude et situation d'AEP et estimation des besoins</b>	<b>35</b>
1. Présentation de la wilaya :.....	36
1.1. La commune de Mascara.....	37
1.2. Milieu physique.....	37
1.3. Climat de la zone d'étude.....	39
1.3.1. Vents.....	39
1.3.2. Temperature.....	39
1.3.3. Précipitation.....	39
2. Ressource d'eaux :.....	40
2.1. Les ressources en eaux superficielles.....	40
2.2. Les ressources souterraines.....	41
3. Assainissement en eau potable ( AEP).....	41
3.1. Mobilisation et Mode d'Alimentation.....	41
3.2. Situation des forages :.....	41
3.3. Transfert à partir de la SDEM/ Magtaa/MAO :.....	42
3.4. Description du réseau :.....	43
4. Etude de l'état de distribution :.....	44
4.1. Résultat :.....	45
4.2. Rendement du réseau :.....	49
a. Le rendement primaire :.....	50
b. L'indice linéaire des pertes :.....	50
4.3. Estimation des besoins :.....	51
4.3.1. Taux d'accroissement :.....	52
4.3.2. Estimation de population future :.....	52
4.3.3. Estimation des besoins domestiques d'eau :.....	53
5. Analyse et recommandations :.....	54

<b>Chapitre 03 : Conception et Modélisation de données</b> .....	<b>56</b>
1. Modelisation conceptuelle du systeme d'AEP de la ville :.....	58
2. La méthode MERISE :.....	59
3. Dictionnaire de données :.....	60
4. Modèle conceptuel de données(MCD) : .....	60
4.1. Entité.....	60
4.2. Attributs(identifiant).....	61
4.3. Association(relation).....	61
4.4. Cardinalités.....	62
5. Modèle conceptuel de données (schéma :MCD) .....	62
6. Modèle logique de données ( MLD).....	63
Conclusion.....	64
<b>Chapitre 04 : Réalisation d'un SIG</b> .....	<b>66</b>
1. Réalisation d'une application SIG et requêtes.....	66
1.1. Inventaire de données.....	65
1.2 Exemple de fonctionnement (aléatoire).....	68
2. Numérisation des données :.....	69
3. Choix du SIG :.....	71
4. Création de la base de données :.....	71
5. Requetes SQL :.....	75
5.1. Exemples de requêtes .....	76
5.2. Utilité de requêtes.....	78
<b>Chapitre 05: Simulation EPANET et interprétation de résultats</b> .....	<b>79</b>
1. Simulation EPANET et analyse :.....	80
1.1. Logiciel de modélisation :.....	80
1.2. Utilisation d'EPANET :.....	81
1.3 Simulation du réseau sous EPANET.....	81
1.4. Le passage vers EPANET :.....	82
2. Requetes et analyse par ArcGIS .....	86
2.1 Répartition des diamètres des conduites :.....	86
2.2. Répartition des types de matériaux des conduites :.....	89
3. Conclusion.....	95
<b>Conclusion générale</b> :.....	<b>96</b>
<b>Bibliographie</b> :.....	<b>97</b>

# ***Introduction générale :***

La gestion efficace de l'alimentation en eau potable constitue un défi majeur pour les autorités avec l'augmentation de la population qu'on a et les pressions croissantes sur les ressources d'eau, on est obligé d'intégrer des nouvelles techniques et des approches innovantes pour assurer la disponibilité et la qualité d'eau potable pour tous.

Dans ce contexte, la géomatique offre plusieurs outils et l'accès à l'information géographique pour la gestion intégrée des ressources d'eau.

Dans ce sens, le travail consiste à récolter les données du réseau d'AEP de la ville de Mascara (quartier centre-ville) et à modéliser le réseau, à élaborer un système d'information géographique SIG sur ArcGIS pour mieux anticiper dans le contrôle du réseau AEP et son fonctionnement optimal pour les besoins de la population. Donc, l'objectif général de ce travail est la constitution d'une base de données à référence spatiale sur le réseau AEP pour aider les hydrauliciens dans leur travail technique concernant le réseau.

Ce travail se compose de cinq chapitres :

Le premier chapitre décrira l'état de l'art, les notions générales dans la géomatique et l'AEP.

Le deuxième chapitre de mon travail présentera globalement la zone d'étude et l'État de AEP et aussi la distribution actuelle et les besoins

Dans le troisième chapitre, la conception et la modélisation de données (MCD) sont présentées.

Quant au quatrième chapitre, il comportera la réalisation d'un SIG

Et enfin la simulation EPANET et l'interprétation des résultats seront présentés dans le cinquième chapitre.

***Chapitre 01 :***  
***Etat de l'art***  
***et***  
***Notions générales dans***  
***la géomatique et l'AEP.***

---

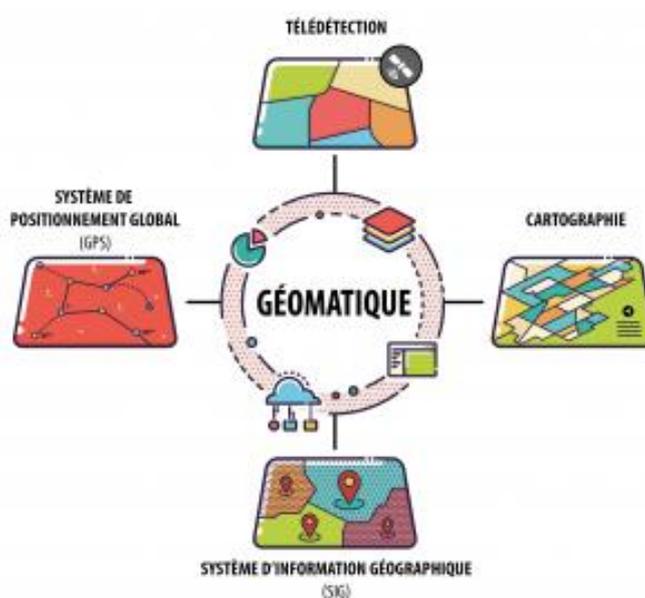
# 1. Géomatique :

---

## 1.1-Définitions :

La géomatique englobe un ensemble de techniques géographiques, souvent existantes depuis longtemps et développées de manière indépendante, mais qui sont désormais intégrées dans un environnement informatisé grâce à leur mise en œuvre numérique. Les principales disciplines de la géomatique sont des outils au service de la géographie, partageant comme fondement la géométrie. On peut citer parmi elles la géodésie, la topographie, la photogrammétrie, la télédétection, la géostatistique, et enfin les Systèmes d'Information Géographique (SIG).

« La géomatique se résume à l'acquisition, la production, la gestion et la diffusion d'informations géoréférencées. Elle couvre un ensemble de techniques telles que la géodésie, la cartographie topographique et thématique, les levés cadastraux, l'hydrographie, la télédétection, le traitement d'images et les systèmes d'information géographique (SIG) » (Paegelow , 2004),



**Figure 1.** Les disciplines de la géomatique (webographie : Rando Québec )

---

## *2. Les systèmes d'informations géographiques (SIG) :*

---

Le concept de système d'information géographique (SIG) a émergé dans les années 1960-1970 avec Tomlinson (1967) comme pionnier. Depuis lors, plusieurs définitions similaires et cohérentes ont été proposées par différents chercheurs (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, dans Pouliot 1999).

Pour mieux comprendre le rôle et l'utilisation des SIG dans ce travail, nous clarifierons également leur définition.

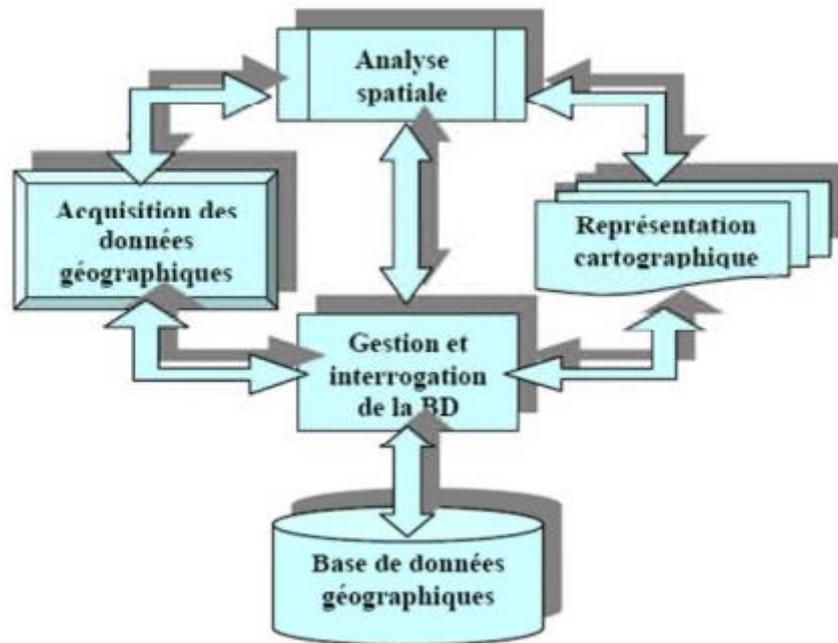
### **2.1. Définitions :**

Selon le comité fédéral de coordination inter-agences pour cartographie numérique (1988), un SIG est définie comme suit :

« Systèmes d'information de matériels, de logiciels et de processus conçus pour la manipulation, l'analyse, la modélisation et l'affichage de données à référence spatiale afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion. »

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 système informatique permettant à partir de diverses sources, de rassembler et organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement contribuant notamment à la gestion de l'espace (Dimitri S. et al., 2007).



**Figure 2.** Structure d'un Système d'Information Géographique (Laurini, 1993).

## 2.2. L'information géographique :

Elle se définit comme la représentation d'un objet ou d'un phénomène, réel ou fictif, existant dans l'espace à un moment précis. Elle se compose de trois éléments principaux :

- Les détails concernant l'objet, tels que sa nature ou ses caractéristiques (par exemple : le numéro d'une parcelle cadastrale, le nom d'une route, le diamètre d'une canalisation, sa longueur, etc.) : cela correspond au niveau sémantique.
- La forme et la position de l'objet sur la surface terrestre, décrites dans un système de coordonnées explicite : c'est ce que l'on appelle le niveau géométrique.
- Ou bien une carte qui intègre à la fois des données sémantiques et géométriques.

### **2.3. Les systèmes d'information (SI) :**

Les systèmes d'information jouent un rôle crucial au sein de toute entreprise moderne. Ils peuvent être définis comme un ensemble de composants interconnectés dont le but est de recueillir, stocker, traiter et diffuser l'information au sein de l'organisation. Leurs objectifs englobent divers aspects, de la facilitation de la prise de décision à l'optimisation des processus internes, en passant par l'amélioration de la communication et de la collaboration. Il est important de noter que le système d'information ne se confond pas avec le système informatique, qui se réfère aux outils et aux technologies utilisés pour traiter l'information, tels que les logiciels, les ordinateurs ou les réseaux.

#### **2.3.1. Principaux composants d'un SI :**

Les principaux éléments constitutifs d'un système d'information reposent sur plusieurs composants essentiels qui collaborent pour garantir son bon fonctionnement. Ces éléments incluent :

- Le matériel informatique : comprenant les ordinateurs, les serveurs, les périphériques, et autres équipements similaires.
- Les logiciels : englobant les systèmes d'exploitation, les applications, les bases de données, les progiciels, et autres programmes nécessaires au traitement de l'information.
- Les données : désignant les informations stockées et traitées par le système d'information, constituant ainsi sa matière première.
- Les réseaux : facilitant la communication et le partage de données entre les différents composants du système d'information.

- Les ressources humaines : regroupant les individus essentiels au fonctionnement du système d'information, tels que les gestionnaires de systèmes d'information, les développeurs, les analystes, ainsi que les utilisateurs finaux.

Historiquement, les systèmes d'information ont été mis en œuvre pour gérer des informations de type documentaire ou de gestion. Les informations utilisées dans ces systèmes ne portaient pas d'informations sur la localisation des objets autres que des renseignements tels qu'une adresse et exceptionnellement un couple de coordonnées dans des champs attributaires.

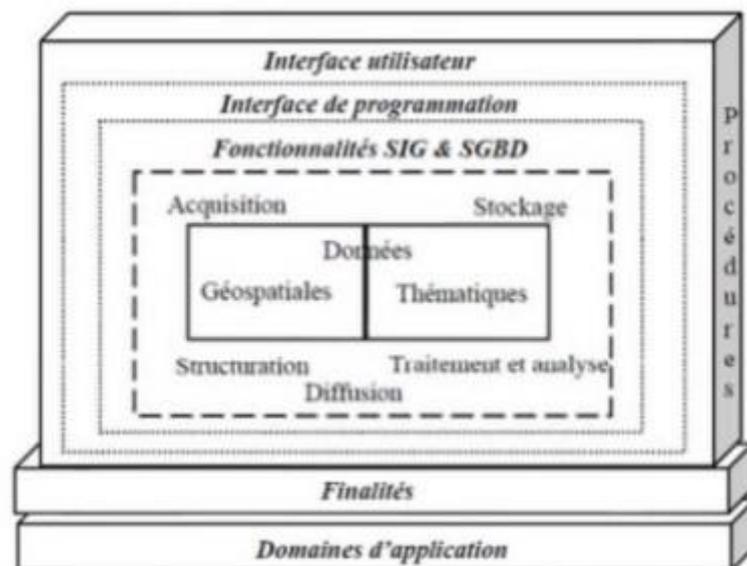
Les informations localisées disposant d'une composante géographique étaient représentées de manière visuelle sur des cartes ou sur des plans.

Les systèmes d'information utilisent les possibilités de traitements sur des éléments informatiques telles que chaînes de caractères ou valeurs numériques pour permettre des recherches ou des traitements sur des textes ou des valeurs. L'emploi des propriétés géographiques (intersection, distance proximité, forme, etc.) demande une approche globale dans laquelle les propriétés sémantiques (traduites par des valeurs) sont utilisées conjointement avec des caractéristiques liées à la forme ou à la position des objets (Marmonier, 2002).

Avant l'apparition de Systèmes d'Information Géographique (SIG), les opérations nécessitant l'utilisation des fonctions de rapprochement géométrique ou de superposition de données étaient faites sur des supports papier : cartes ou plans par des opérateurs qui devaient en premier lieu interpréter la carte pour identifier les éléments utiles. Ces supports contiennent en général l'ensemble des éléments nécessaires à une approche correcte des problèmes. Mais, la quantité d'informations, disponibles sur un support papier, est limitée par la

nécessaire lisibilité du résultat et les fonctions de rapprochement topologique ou géométrique ne sont pas faciles à mettre en œuvre (Marmonier, 2002).

Donc, les SIG se distinguent par leurs capacités de collecte, de conservation, de traitement, d'analyse et de diffusion d'informations géolocalisées, soutenant ainsi une variété d'activités telles que la gestion, la recherche et la planification. Pour mieux cerner les fonctions et le champ d'action des SIG, le spectre de leurs composants et de leurs actions est succinctement résumé dans (Figure 3).



**Figure 3.** Spectre des constituants et de l'action du SIG (Pouliot, 1999).

## 2.4. Les composantes d'un SIG :

Le SIG est composé essentiellement de cinq majeures composantes à savoir : Matériels – Logiciels -Données – Utilisateurs – Méthodes

### 2.4.1. Matériels :

Les équipements utilisés dans les systèmes d'information géographique (SIG) comprennent généralement des ordinateurs (y compris des stations de travail et des serveurs), des périphériques d'entrée-sortie tels que des scanners,

des imprimantes et des traceurs, ainsi que des périphériques de saisie de données spécifiques tels que des GPS (Système de Positionnement Global) ou des outils de télédétection. En outre, des équipements de stockage de données, tels que des disques durs et des dispositifs de sauvegarde, sont également nécessaires pour stocker les données géographiques collectées et traitées. Enfin, des équipements de communication, tels que des modems ou des routeurs, peuvent être utilisés pour échanger des données entre différents systèmes SIG ou avec des utilisateurs externes.

#### **2.4.2. Logiciels :**

Les logiciels de système d'information géographique (SIG) fournissent les moyens nécessaires pour stocker, analyser et présenter toutes les données géographiques. Les principaux éléments logiciels d'un SIG comprennent :

- Des outils permettant la saisie et la manipulation des données géographiques.
- Un système de gestion de base de données pour stocker et organiser les informations.
- Des outils géographiques pour effectuer des requêtes, des analyses et des visualisations.
- Une interface graphique utilisateur intuitive pour une utilisation conviviale.

#### **2.4.3. Données :**

Les données représentent sans aucun doute les éléments les plus fondamentaux des systèmes d'information géographique (SIG). Ces données comprennent à la fois des informations géographiques et des données tabulaires associées. Elles peuvent être générées en interne par l'organisation utilisatrice

du SIG, ou acquises auprès de fournisseurs spécialisés dans la collecte et la distribution de données géographiques.

#### **2.4.4. Utilisateurs :**

Un SIG étant avant tout un outil, c'est son utilisation (et donc, son ou ses utilisateurs) qui permet d'en exploiter la quintessence. Les S.I.G s'adressent à une très grande communauté d'utilisateurs depuis ceux qui créent et maintiennent les systèmes, jusqu'aux personnes utilisant dans leur travail quotidien la dimension géographique. Avec l'avènement des S.I.G sur Internet, la communauté des utilisateurs de SIG s'agrandit de façon importante chaque jour et il est raisonnable de penser qu'à brève échéance, nous serons tous à des niveaux différents des utilisateurs de S.I.G.

#### **2.4.5. Méthodes :**

Les méthodes dans les systèmes d'information géographique (SIG) englobent les approches, les techniques et les procédures utilisées pour collecter, traiter, analyser et interpréter les données géographiques.

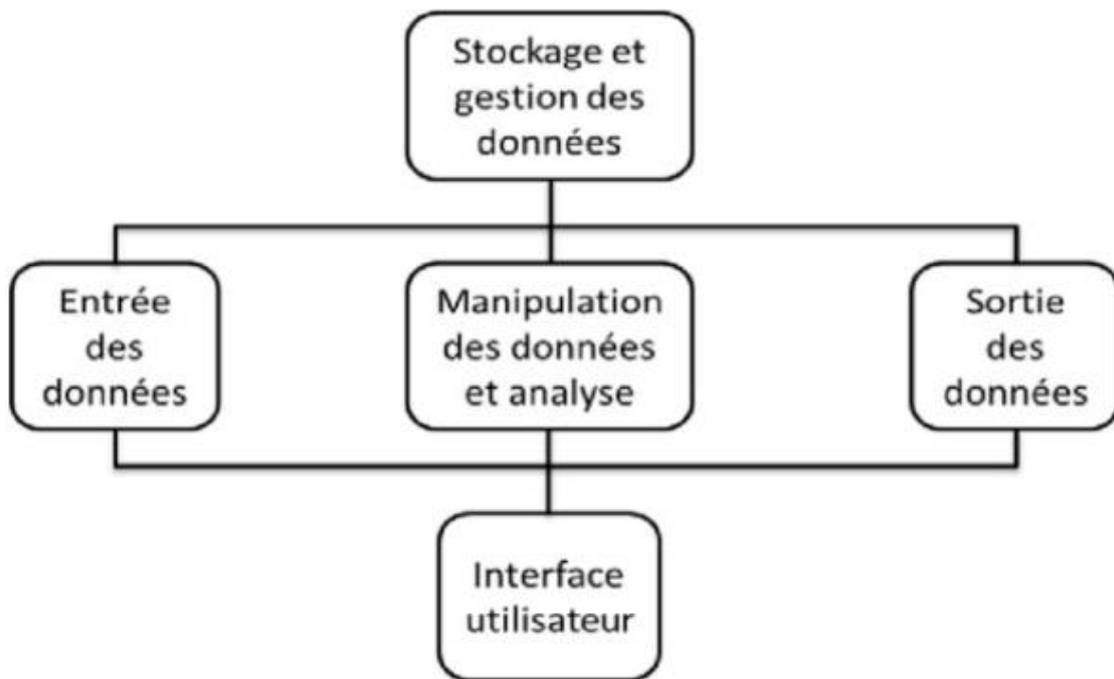


**Figure 4.** Les composantes d'un SIG.

## 2.5. Structure et fonctionnalités d'un SIG :

Un système d'information géographique est un système de gestion de base de données conçu pour capturer, manipuler, stocker, extraire, interroger, analyser et afficher des données géolocalisées. Cette définition met en évidence quatre groupes de fonctionnalités distinctes :

- Acquisition de données géographiques provenant de diverses sources ;
- Gestion pour le stockage et la recherche des données ;
- Analyse spatiale pour le traitement et l'exploitation des données ;
- Présentation des résultats sous forme de cartes et de représentations cartographiques.



**Figure 5.** La structure de fonctionnalités d'un SIG.

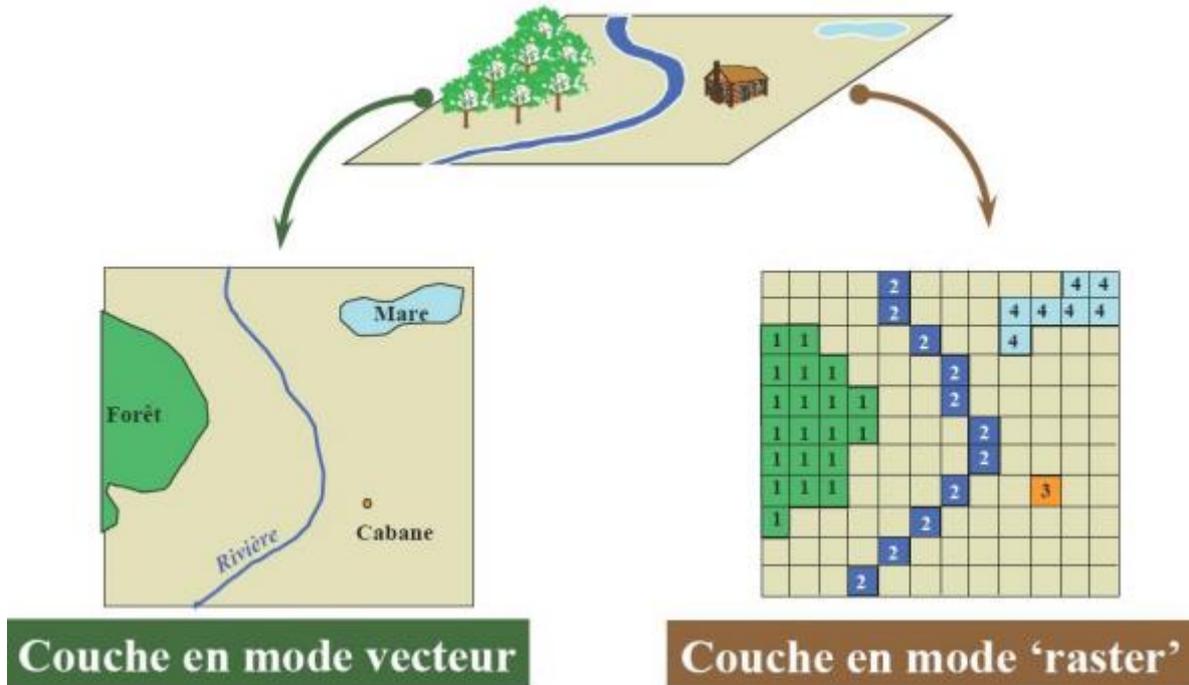
## 2.6. Les données dans les SIG :

Les données géographiques peuvent être représentées en fonction de trois caractéristiques principales :

1. Position : Cela implique la localisation des objets par rapport à la surface terrestre.
2. Relations spatiales : Il s'agit des interactions spatiales entre les objets, telles que la proximité ou la connexion avec d'autres objets.
3. Attributs : Ce sont les caractéristiques descriptives non graphiques des objets.

Quelle que soit la structure de données adoptée dans un SIG, elle doit pouvoir prendre en compte ces trois types de propriétés de manière précise. Étant donné que les attributs d'un objet peuvent évoluer dans le temps sans modifier sa position ou sa forme, il est recommandé de séparer la représentation des données graphiques et non graphiques. De même, la modification d'une limite entre deux unités spatiales ne devrait pas altérer les attributs de ces unités.

Il y a deux modes de représentation des données : le mode raster et le mode vecteur.



**Figure 6.** Les modes de représentations de données

### 2.7. Les bases de données :

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-relié et exploité 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 (Abdelbaki, 2014)

## **2.8. Le SGBD :**

Un système de gestion de base de données (SGBD) est un environnement spécialement conçu pour administrer les bases de données, symbolisant à la fois l'accumulateur de données, l'agent fidèle et le juge compétent. Il interroge et met à jour les données, coordonnant les accès des programmes et assurant la cohérence de leur circulation. Il agit comme un technicien expérimenté œuvrant pour optimiser toutes les ressources disponibles (Laurini, 1993). Les actions spécifiques des SGBD incluent la description, la mémorisation, la manipulation, le traitement, la sécurité, la confidentialité et l'intégrité des données (Rouet, 1993).

Les SIG disposent de leurs propres SGBD, qui se distinguent par leur capacité à gérer la composante spatiale des données. Ces SGBD géographiques combinent un module de gestion de bases de données relationnelles avec un système de fichiers dédié aux données spatiales. L'identification unique assure la correspondance entre ces deux composants.

De plus, les SIG disposent également de leurs propres outils de visualisation, permettant la représentation des données sous forme de cartes, de graphiques ou d'autres types d'images.

## **2.9. Les modèles de SGBD :**

Les modèles utilisés dans les systèmes de gestion de base de données se différencient par la manière dont ils représentent les relations entre les données. Bien que la plupart des modèles traitent de manière similaire les relations d'attributs, leur distinction réside dans le traitement des associations. Voici les modèles existants :

### **2.9.1. Le modèle hiérarchique :**

Les données sont organisées sous forme d'arbre, avec des enregistrements logiques reliés. Cette structure arborescente présente plusieurs niveaux d'informations de manière hiérarchique, nécessitant un chemin d'accès unique. Les nœuds pères peuvent avoir plusieurs fils, mais un fils ne peut exister indépendamment de son père. Bien que ce modèle offre une représentation directe des liens et une rapidité dans la recherche des données lorsque la hiérarchie est bien définie, il présente des inconvénients tels que la redondance et la dissymétrie (Laurini, 1993).

### **2.9.2. Le modèle réseau :**

Ce modèle est conçu pour remédier aux inconvénients du modèle hiérarchique, ce modèle organise les données en enregistrements et utilise des liens multiples pour représenter les associations entre les ensembles d'entités. Contrairement au modèle hiérarchique, l'accès aux données n'est pas limité aux chemins descendants ou ascendants, permettant ainsi une plus grande variété de relations. Cependant, la recherche des données peut être plus lente et dépend fortement de la structure de la base de données (Rouet, 1993).

### **2.9.3. Le modèle orienté objet :**

Il est conçu plus récemment, ce modèle vise à garantir la cohérence, la sécurité, l'intégrité et la fiabilité des données géographiquement regroupées dans un contexte unique d'objet (Laurini, 1993).

### **2.9.4. Le modèle relationnel :**

Ce modèle organise les données sous forme de tables à deux dimensions, où les lignes représentent les enregistrements et les colonnes les attributs. Ses objectifs incluent la proposition de schémas de données faciles à utiliser, l'amélioration de l'indépendance logique et physique, l'optimisation des accès à la base de données, l'amélioration de l'intégrité et de la confidentialité, ainsi que la prise en compte d'une variété d'applications. Le système de gestion de base de données relationnel s'est imposé comme un système et un modèle informatique majeur (Rouet, 1993).

---

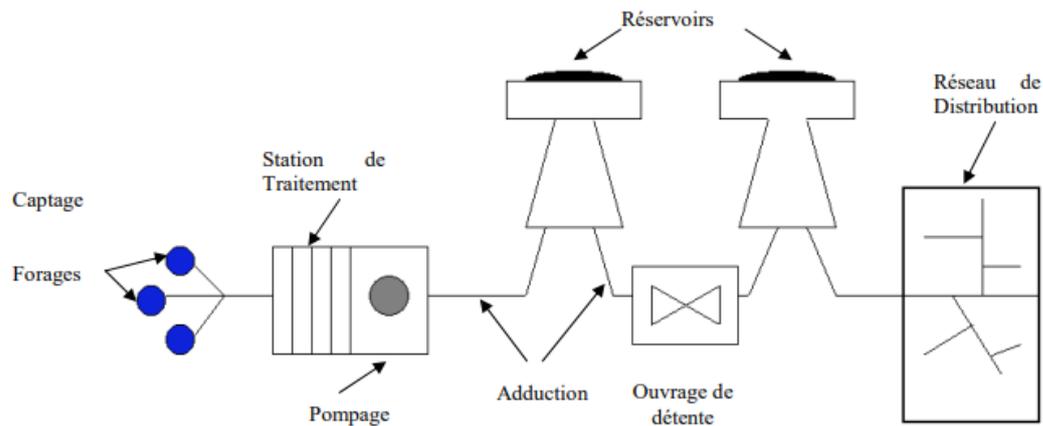
## ***3. Alimentation eau potable (AEP) :***

---

### **3.1. Définition :**

L'alimentation en Eau Potable comprend l'ensemble de toutes les opérations d'approvisionnement, de la population, en eau potable ; depuis le prélèvement de cette dernière d'un milieu naturel jusqu'à l'utilisateur. L'AEP cherche à répondre à deux objectifs :

- Production d'une eau de qualité (traitement)
- Distribution de l'eau produite, à travers un ensemble d'installations et de réseaux afin de répondre aux besoins des consommateurs de manière satisfaisante.



**Figure 7.** Schéma d'alimentation en eau potable (Valiron, 1994).

### 3.2. Démonstration des réseaux AEP :

Un réseau alimentation en eau potable représente l'ensemble des moyens et infrastructures à la disposition de l'ingénieur pour acheminer l'eau depuis sa source jusqu'au consommateur.

L'objectif principal d'un tel réseau est d'assurer la fiabilité et la durabilité, répondant ainsi aux besoins des consommateurs en termes de quantité et de qualité d'eau, tout en minimisant les dysfonctionnements.

Le processus de transport de l'eau depuis sa source jusqu'au point de distribution s'effectue à travers quatre étapes principales : la capture des ressources, la production par adduction, le stockage dans des réservoirs, et enfin la distribution. Le traitement de l'eau, quant à lui, dépend de la qualité de la ressource en eau.

#### 3.2.1. Captage :

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 à

travers des sources, soit encore celle que l'on trouve à la surface du sol, dans les rivières ou dans des étangs naturels ou artificiels (Azzi, 2016)

La ressource constitue une infrastructure essentielle pour capter l'eau. Généralement, l'eau est prélevée à partir de sources de surface telles que les rivières, les lacs ou les barrages. Si une telle source n'est pas disponible ou si l'eau de surface est contaminée, on recourt alors au captage des eaux souterraines, par le biais de forages, de puits, de galeries ou de sources.

### **3.2.2. Adduction :**

#### **3.2.2.1. La station de pompage :**

La station de pompage constitue l'élément de production essentiel. Sa capacité dépend du ou des réservoirs de stockage. Elle est composée des infrastructures et équipements suivants :

- Une bêche d'aspiration,
- Une chambre de télé-contrôle et d'automatisation,
- Des groupes électropompes,
- Divers équipements en amont et en aval des pompes, tels que des vannes, des clapets, des manomètres, etc.

La présence de plusieurs pompes permet d'optimiser la consommation d'énergie, car le débit produit est réparti entre toutes les pompes. De plus, cela garantit la continuité du service en cas de panne de l'une d'entre elles.

#### **3.2.2.2. Le dispositif d'adduction :**

La conduite d'adduction relie la prise d'eau au réservoir de stockage. Il s'agit d'une conduite de gros diamètre conçue pour transporter un débit très important.

Pour répondre aux contraintes liées au terrain et au relief, divers ouvrages accompagnent la conduite d'adduction :

- Des ventouses situées aux points les plus élevés du tracé pour évacuer l'air,
- Des vidanges aux points les plus bas du tracé,
- Des brises-charge destinés à prévenir la surpression et la sous-pression dans la conduite. Plusieurs types de dispositifs sont utilisés, notamment des volants d'inertie, des soupapes de décharge, des réservoirs d'air et des cheminées d'équilibre.
- Des ouvrages de protection contre la corrosion de la conduite.

### **3.2.3. Le traitement :**

L'eau brute captée en milieu naturel n'est pas toujours potable. Un traitement préalable est indispensable avant sa consommation (BONVIN, 2005).

Le processus de traitement de l'eau brute se déroule généralement en trois phases distinctes :

- La clarification : Cette étape vise à éliminer les particules colloïdales de l'eau en utilisant un système de filtration.
- La stérilisation : Son but est de garantir la pureté bactériologique de l'eau. Pour cela, des agents oxydants tels que le chlore et l'ozone sont utilisés.
- L'affinage : Cette phase a pour objectif de retirer les micropolluants présents dans l'eau sous forme de corps dissous.

### **3.2.4. Le stockage :**

L'eau est acheminée vers des zones de stockage afin de réguler le débit dans le réseau et prévenir une pénurie d'eau, en cas de défaillance ou de forte demande. Lorsqu'un réseau d'alimentation d'eau potable contient un ou plusieurs réservoirs, la conception du réseau dépend essentiellement des décisions prises sur les réservoirs telles que leur nombre, leur taille ou leur

emplacement. Une mauvaise conception de ces réservoirs dans les réseaux entraîne alors des conséquences globales néfastes sur les performances et voire même sur le coût de l'ensemble du réseau (Batchabani, 2014). L'altitude du réservoir, plus précisément du radier doit se situer à un niveau supérieur à la plus haute cote piézométrique exigée sur le réseau (Bonvin, 2005).

#### **4. Classification de réseau :**

Différents types de réseaux sont identifiés, notamment les réseaux maillés, ramifiés, étagés et les réseaux à alimentation distincte. Le choix entre ces configurations dépend principalement de la topographie du terrain et de l'utilisation du sol. Ces réseaux peuvent être alimentés par un ou plusieurs réservoirs. Le réseau étagé permet la création de réseaux indépendants avec une pression limitée à environ 40 mètres d'eau (soit 4 bars). Quant aux réseaux à alimentation distincte, ils fournissent de l'eau potable pour les besoins domestiques d'une part, et de l'eau non potable réservée aux usages industriels, à l'irrigation des plantes et au nettoyage des rues d'autre part. Ces derniers ne sont justifiés que dans les installations d'une importance extrême (DUPONT, 1979).

#### **5. La gestion des réseaux :**

La gestion d'un réseau d'approvisionnement en eau potable vise principalement à assurer les fonctions de production, de stockage, de distribution et de maintenance. Pour une gestion efficace des réseaux d'eau potable, il est essentiel de disposer d'une base de données constamment mise à jour.

La méthode traditionnelle de gestion des réseaux présente plusieurs inconvénients. Les informations concernant les réseaux et les infrastructures d'eau potable sont souvent disponibles à des échelles non concordantes et sur

différents supports, avec une organisation souvent aléatoire. De plus, ces informations sont généralement intégrées aux objets graphiques sur un même support, ce qui peut entraîner une surcharge de celui-ci (Abdelbaki, 2014)

Cette approche de gestion rencontre les difficultés suivantes :

- L'archivage des documents cartographiques et des fiches techniques du réseau.
- La perte de temps lors de la recherche d'une information spécifique.
- Les défis liés à la mise à jour des données.
- Le risque de perte d'informations en raison de la complexité de la mémorisation et de l'archivage.

#### **6. La gestion informatisée :**

La gestion informatisée des réseaux d'eau potable est devenue une nécessité en raison de la complexité de ces réseaux et des défis rencontrés par les gestionnaires pour anticiper les phénomènes hydrauliques qui s'y déroulent. Les avancées de l'informatique ont rendu cette opération possible (Choux, 1990; Valiron, 1994).

Cette approche permet notamment :

- D'améliorer la connaissance des réseaux étudiés.
- De détecter et de comprendre les anomalies éventuelles sur le réseau. Par exemple, il est possible de localiser les zones présentant une pression anormale, ce qui peut indiquer des fuites ou la présence d'éléments inconnus. De plus, elle permet de comparer les temps de fonctionnement théoriques des pompes avec les temps mesurés, ainsi que d'identifier d'autres signes de dysfonctionnement.

- De simuler le comportement du réseau sur une période d'au moins une journée afin d'optimiser les ressources, les capacités de stockage et les pompages.
- D'étudier l'impact de nouvelles consommations ou d'éventuels incidents, et de planifier et adapter les installations en conséquence pour faire face à de nouvelles contraintes ou à des situations de crise.
- De dimensionner les extensions, les renforcements ou les aménagements nécessaires pour répondre aux nouveaux besoins.

### **7. Cartographie des réseaux :**

L'ensemble des études et des opérations liées à une compréhension approfondie des réseaux (observations, exploitation, etc.) et à l'établissement de cartes, de plans et d'autres moyens de représentation, ainsi que leur utilisation, constitue un domaine d'activité essentiel

Les plans de réseaux sont des outils indispensables pour assurer le bon fonctionnement d'un service d'approvisionnement en eau potable. Ils sont utilisés par divers intervenants tels que les agences d'urbanisme ou d'autres services publics. Ces plans se déclinent en plusieurs échelles en fonction de leur utilisation spécifique.

- Les plans à petite échelle (environ 1/10 000) offrent une vision 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 également couramment employée dans les zones rurales où les réseaux sont étendus avec une faible densité de branchements et d'équipements (Valiron, 1994).
- Les plans à échelle moyenne (de 1/5000 à 1/1000) sont utilisés sur le terrain par les exploitants. Ils présentent les fonds de plan ainsi que les

réseaux accompagnés des informations essentielles pour les exploitants (Valiron, 1994).

- Les plans à grande échelle (de 1/500 à 1/100) permettent une localisation précise des ouvrages existants. Ils sont généralement réalisés rue par rue et montrent la position des canalisations, des branchements et des équipements, ainsi que les cotes exactes du réseau. Ces plans sont particulièrement utiles en raison de la quantité d'informations qu'ils contiennent (Valiron, 1994).
- Les plans de recollement, généralement réalisés à l'échelle de 1/500, répertorient tous les réseaux nouvellement construits avec leurs caractéristiques (diamètre, type, nature), ainsi que les ouvrages annexes, les vannes et les cotes de radier. Ils incluent également les profils en long, les ouvrages spéciaux et le carnet de branchement, chaque élément étant numéroté rue par rue.

#### **8. Apport des SIG dans la modélisation des réseaux :**

L'utilisation de ces outils permet :

- La génération de plans numériques à l'échelle souhaitée.
- La création de cartographies numériques détaillées.
- L'acquisition d'une connaissance descriptive et fiable du réseau.
- La visualisation des réseaux d'eau potable avec différentes configurations et à différentes échelles.
- La géolocalisation facile des différents ouvrages constituant le réseau.
- La réalisation d'analyses spatiales en croisant différentes couches d'informations.
- La conduite d'études statistiques en effectuant diverses requêtes.

- La programmation de la distribution d'eau potable en fonction des résultats de calcul et des différents scénarios de distribution.
- La mise en place d'un véritable système d'aide à la décision pour l'implantation d'ouvrages, les interventions sur les réseaux, etc.

### **9. Les principaux logiciels de modélisation réseau AEP :**

L'utilisation d'outils de modélisation est devenue essentielle dans la gestion des réseaux d'eau potable. De plus en plus, les responsables de ces réseaux se munissent de ces outils pour améliorer encore davantage la conception, la gestion et la prévision de l'évolution des infrastructures hydrauliques et de la qualité de l'eau distribuée. Il existe actuellement plusieurs logiciels dédiés à la modélisation et à la gestion des réseaux d'approvisionnement en eau potable. Parmi ces logiciels, on peut citer : PORTEAU, PICCOLO, RESODO, StruMAP, EPANET, et celui sélectionné pour cette étude : EPANET

**CHAPITRE 02 :**

***Présentation de la zone d'étude,  
situation d'AEP et estimation  
des besoins***

## **1. Présentation de la wilaya :**

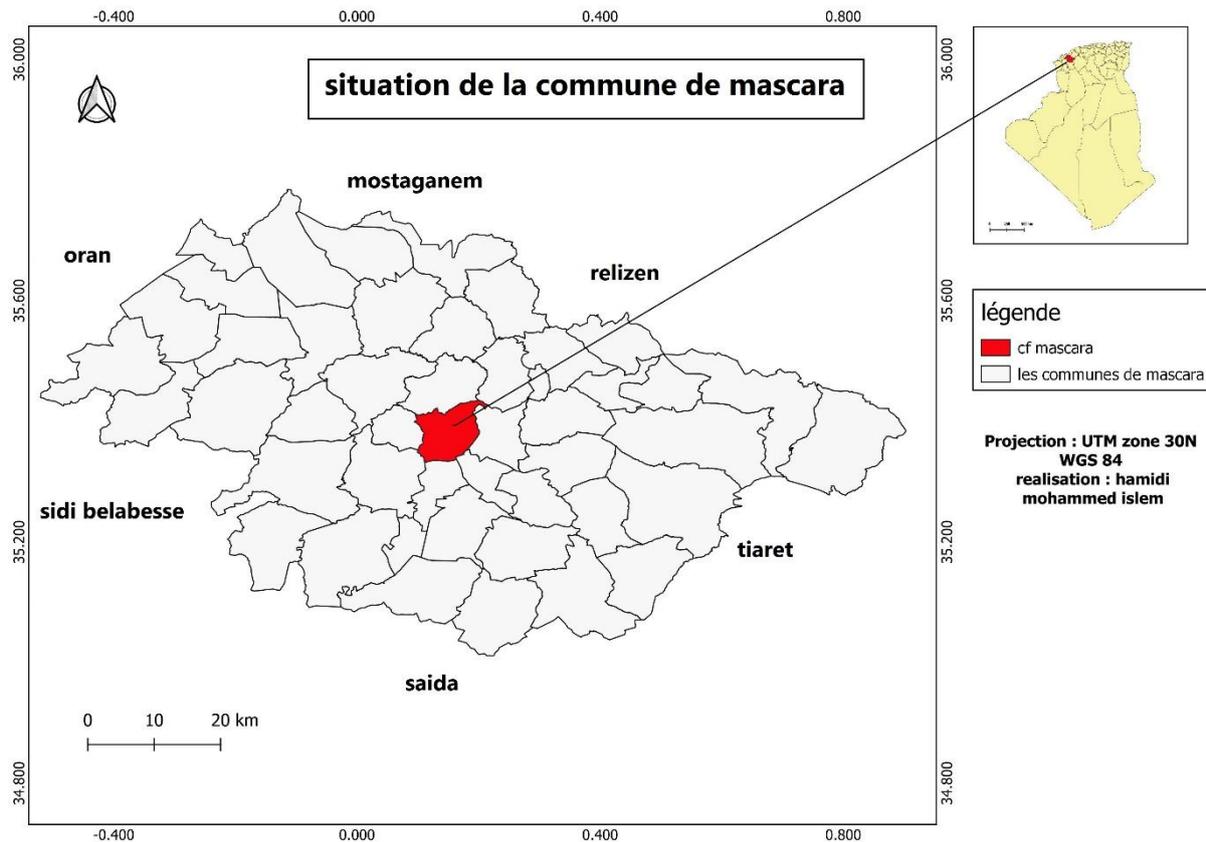
La Wilaya de Mascara est parmi les wilayas qui occupent une position stratégique sur le plan économique et commercial faisant d'elle un carrefour dans l'ensemble régional Ouest et le Sud-ouest.

Première vocation de la Wilaya de Mascara est l'agriculture qui est renommée pour l'abondance et la qualité de ses produits. Elle recèle d'importantes ressources naturelles et sa couverture forestière occupe une superficie de 95687 Ha.

En effet, 71 % du territoire communal est composé de terres agricoles, soit 55 km<sup>2</sup> dont 35 km<sup>2</sup> dans la plaine de Ghriss. Il s'agit principalement de culture maraîchère, de pomme de terre mais aussi de l'arboriculture.

La Wilaya de Mascara est limitée à l'Est par les Wilayas de Tiaret et Relizane, à l'Ouest par la Wilaya de Sidi Belabbès, au Nord par les Wilayas d'Oran et Mostaganem et au Sud par la Wilaya de Saida (Figure 08).

La wilaya de Mascara s'étend sur une superficie de 5941 Km<sup>2</sup>. Administrativement, elle est subdivisée en 47 communes et composée de 16 daïras (Figure 8.a).



**Figure 08.a.** Carte de la situation géographique de la commune de Mascara.

### 1.1 La commune de Mascara :

La commune de Mascara occupe la partie centrale de la wilaya, et à égale distance des principales villes de l'Ouest. Cet espace qui s'étend sur une superficie totale de 209 km<sup>2</sup> concentre 116 200 habitants soit 15% de la population totale de la wilaya. Cette concentration représente 4% seulement de la superficie totale de la wilaya avec une forte densité de 491 habits/ km<sup>2</sup> soit plus de trois (03) fois la densité de la wilaya qui est de 149 habits / km<sup>2</sup>.

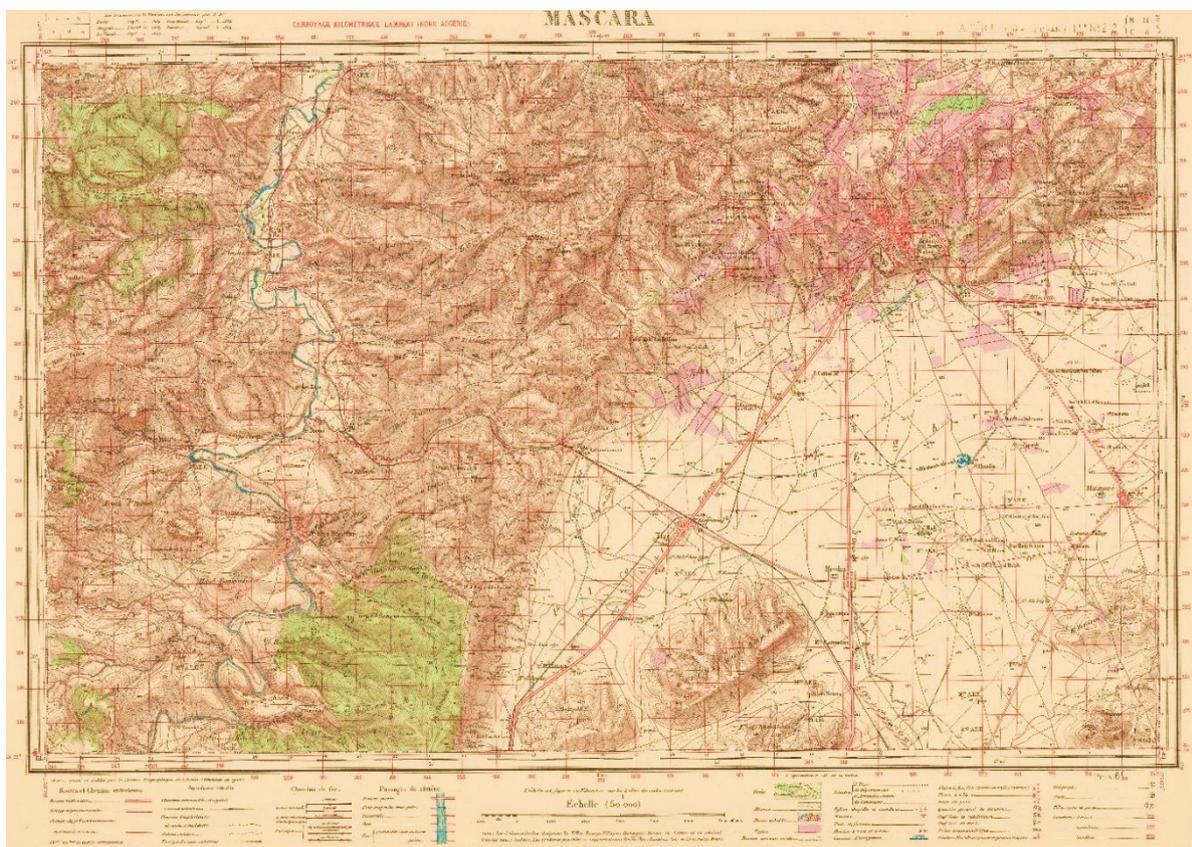
### 1.2. Milieu physique : *Un milieu naturel diversifié*

Le groupement est caractérisé par un relief montagneux et de plaines :

- La zone de montagne correspondant aux monts de Beni Chougrane : Ils culminent à 910 m au niveau de Djebel Sidi Belkacem dans la commune d'El Bordj. Ils sont couverts par des forêts et des maquis qui subissent des dégradations liées

à l'érosion des sols et l'intensité de l'activité humaine de la région. Cette érosion est favorisée d'une part, par la nature géologique des sols qui attestent de la prédominance de roches tendres, marnes et calcaires marneuses, fragiles aux effets des eaux et des vents.

- La plaine de Mascara - Ghriss est sous forme de cuvette, reconnue par la fertilité de ses sols, dont l'altitude moyenne est de 500m, de formation récente, elle est confrontée au problème d'inondation. Elle est entourée au Nord par les monts de Beni Chougrane et au Sud par les monts de Saïda et les piémonts de Daya (Figure 08.b).



**Figure 08.b.** Cadre topographique de Mascara (US Army 1930 révisée 1946).

Depuis l'époque coloniale, la plaine a connu d'importants travaux de mise en valeur portant sur le défrichement des sols et l'amélioration du drainage pour l'épuisement et l'écoulement des eaux superficielles et excédentaires dans la plaine.

### **1.3. Climat de la zone d'étude :**

Dans l'ensemble de l'Algérie, le Tell oranais offre des aspects qui frappent par leur originalité. Cette région s'inscrit, d'une part entre le Maroc et le Tell algérois, de l'autre entre la méditerranée et les hautes plaines steppiques.

L'aridité est, sans contredit, son caractère dominant. Elle s'impose au voyageur comme à l'habitant avec la sécheresse, ou tout au moins la pluviométrie déficiente de son climat, l'adaptation xérophile de sa végétation, l'âpreté de son relief dénudé et sauvage. Cette aridité est fonction du relief, ainsi que des conditions actuelles et paléogéographique de l'hydrographie.

#### **1.3.1. Vents :**

Certaines régions sont partiellement éventées : notamment les monts Beni Chograne (910 m) grâce à leur altitude. Le printemps est généralement la saison la plus venteuse.

#### **1.3.2. Température :**

La variation des moyennes mensuelles ne permet de distinguer que deux saisons : un hiver et un été, sans saisons intermédiaires. La variation diurne s'élève à 16° et s'abaisse à 7° à cause de la fragmentation du relief qui favorise la pénétration des influences marines atténuées. Les gelées blanches, sévissent sur les basses plaines au plus fort de l'hiver, et atteignent jusqu'à 50 jours par ans. Particulièrement néfastes à la culture, elles entraînent un retard sensible de la végétation.

#### **1.3.3. Précipitations :**

L'originalité du climat réside plus dans la répartition des précipitations dans l'espace et le temps, que dans celle des températures. Cette constatation est naturelle dans un pays à climat tempéré sans hivers notable, variété à dégradation steppique du climat méditerranéen classique.

La variation annuelle des moyennes mensuelles des précipitations (Entre 400-600 mm, figure 09), fonction de celle des pressions et des vents, permet de distinguer deux périodes dans l'année : une saison humide et froide, de la deuxième quinzaine de septembre à fin mai et une saison sèche et chaude de juin à septembre.

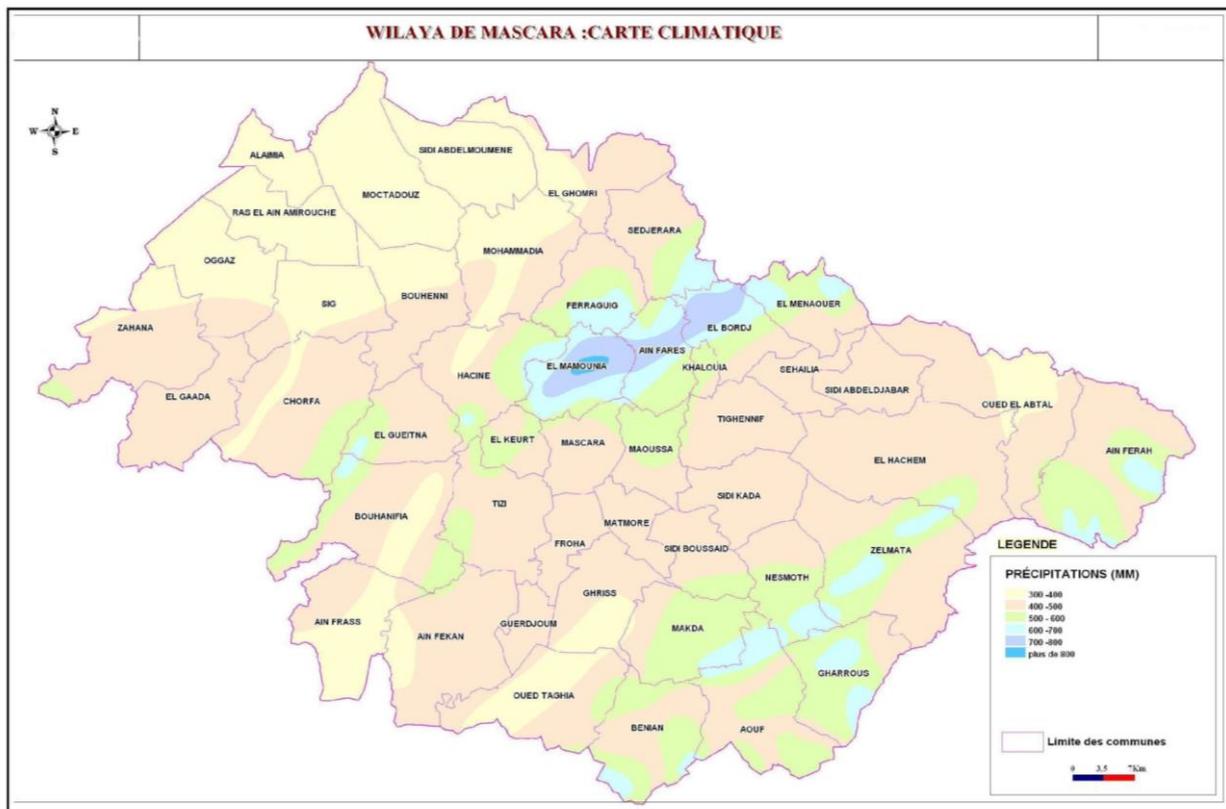


Figure 09. Carte climatique de la wilaya de Mascara ( DRE ).

## 2. Ressources d'eaux

### 2.1. Les ressources en eaux superficielles :

Les eaux superficielles du bassin versant Habra sont régularisées par quatre barrages dont les capacités initiales sont pour Ouizert de 100 Hm<sup>3</sup>, Bouhanifia 72 Hm<sup>3</sup>, Fergoug 17 Hm<sup>3</sup> et Chorfa 83 Hm<sup>3</sup>. Les eaux superficielles du sous bassin versant Habra sont mobilisées par trois (03) barrages (Triplex : Ouizert, Bouhanifia et Fergoug). Le barrage de Chorfa régularise, quant à lui les eaux du sous bassin de la Mekerra (Oued Mebtouh). Le réseau hydrographique de la zone se

trouve dans le bassin versant de la Macta. Il s'agit d'un réseau comprenant beaucoup d'affluents. Tout en long de l'Oued El Hammam, 03 barrages ont été aménagés de l'amont à l'aval. Il s'agit des barrages de Fergoug, Bouhanifia et Ouizert.

## 2.2. Les ressources souterraines :

Les ressources souterraines sont mobilisées principalement par la nappe de Mascara à partir des aquifères suivants :

- Aquifère alluvionnaire (phréatique): Apports 33,8 Hm<sup>3</sup> /an
- Aquifère des calcaires dolomitiques : Apports 24,7 Hm<sup>3</sup> /an - Aquifères calcaires lacustres : Apports 5,2 Hm<sup>3</sup> /an.

S'ajoutent à celles-ci quelques nappes identifiées dont les contours hydrogéologiques sont définis. Cependant les bilans d'exploitation ne sont pas évalués pour:

- la nappe de Oggaz, Bougirat (Ghomri), - la nappe des calcaires de Zahana et - la nappe des calcaires des Monts de Menaouer (Tableau 01).

Nappes	Potentialités (Hm <sup>3</sup> )	Prélèvements (Hm <sup>3</sup> /an)
Nappes de Ghriss	63.7 * Evaluation effectuée par étude sourisseau en 1970 ANRH (nécessité actualisation)	58.1
Nappe de Ogaz	Non évalués	4.415
Nappe synclinal de Bougirat Ghomri	Non évalués	4.043
Nappe de calcaire de Menouar	Non évalués	0.946
Nappe de calcaire de Zahana	Non évalués	1.419

**Tableau 01.** Les ressources en eaux souterraines (DRE).

## 3.Assainissement en eau potable (AEP) :

### 3.1. Mobilisation et Mode d'Alimentation

L'AEP des 47 communes gérées par l'ADE est assurée par :

1. Les eaux de surface des barrages avec un volume total de 25400 m<sup>3</sup>/j (13% à partir du barrage Bouhanifia : 17320 m<sup>3</sup>/j),

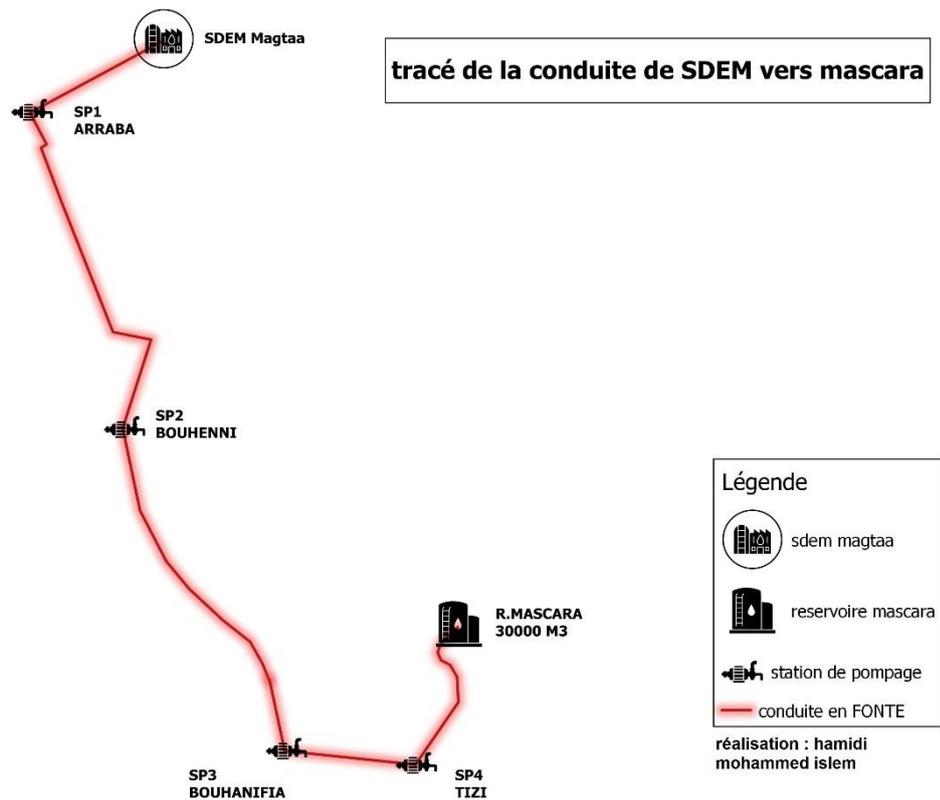
2. Les eaux souterraines par un volume de 75 000 m<sup>3</sup>/j (39%) (les eaux souterraines comprennent 189 captages : (178 forages, 05 puits et 6 sources) soit un débit de 980 l/s
3. Les eaux dessalées par un volume de 92 000 m<sup>3</sup>/j (57%). Soit un global de 192400 m<sup>3</sup>/j
4. D'une station de traitement de capacité totale de 35 000 m<sup>3</sup>/j

### **3.2. Situation des forages :**

La wilaya de Mascara dispose en total de 178 forages avec un débit total de 960 l/s dont 158 sont *en service* et 20 sont à l'arrêt.

### **3.3. Transfert à partir de la SDEM/ Magtaa/MAO :**

Le transfert s'effectue via le réservoir Araba d'une capacité de 50 000 m<sup>3</sup>, qui dessert onze (24) communes à savoir : *Mascara, Tizi, Ghriss, Froha, Matemore, Mamounia, Aîn Fares, Feraguig, Bordj, Khalouia Mohammadia, El Ghomri, S/Abdelmoumen, Sedjerrara, Mocta Douz, Sig, Bouhenni, Oggaz, Alaimia et Ras Ain Amirouche, Zahana, Gaada, Chorfa, Elkeurt* .



**Figure 10.** Le tracé de la conduite de SDEM vers Mascara.

### 3.4. Description du réseau :

En 2016, Le réseau de la ville de Mascara est composé de trois étages de distribution : haut, moyen et bas.

**a-** L'étage haut : l'étage haut (Baba Ali, Medber, 272 lots et 200 lots) est alimente par le complexe forage source de Sidi DAHOU par une adduction composée de trois tronçons de diamètre différents

**b-** L'étage bas : Cet étage est alimente à partir d'une batterie des forages à TIZI par une conduite en fonte comprenant un premier tronçon de départ de 6km en diamètre 600mm et un deuxième tronçon de 7.2km en diamètre 500 mm.

**c-** L'étage Moyen : cet étage (centre-ville, 614 lots, Gare) est alimenté à partir d'une batterie des forages à TIZI.

Et aujourd'hui le réseau eu renforcement sur l'alimentation par les eaux dessalées qui présente 80% de taux d'alimentation plus les forages et barrages qui ont servir beaucoup plus dans l'été car la haute charge sur la station de Magtaa qui serve la région.

<i>Pop total</i>	<i>Pop desservie</i>	<i>Volume produit (m<sup>3</sup>/j)</i>	<i>Dot (l/j /hab.)</i>	<i>1j/2</i>		<i>1j/3 et</i>	
				<i>Nbre</i>	<i>Taux</i>	<i>Nbre</i>	<i>Taux</i>
				<i>(Hab.)</i>	<i>(%)</i>	<i>(Hab.)</i>	<i>(%)</i>
<b>141 459</b>	<b>141 459</b>	<b>35054</b>	<b>248</b>			<b>141459</b>	<b>60%</b>

**Tableau 02.** Le régime d'eau transmise (ADE) pour la commune de Mascara.

#### **4. Etude de l'état de distribution :**

Pour mieux étudier le régime d'eau transmis et le programme de distribution, nous avons proposé un questionnaire détaillé contenant toutes les informations nécessaires pour une étude pareille qui est adressé aux abonnés de l'ADE de la ville de Mascara (Figure 11).

**Questionnaire pour l'étude de distribution d'eau a mascara**

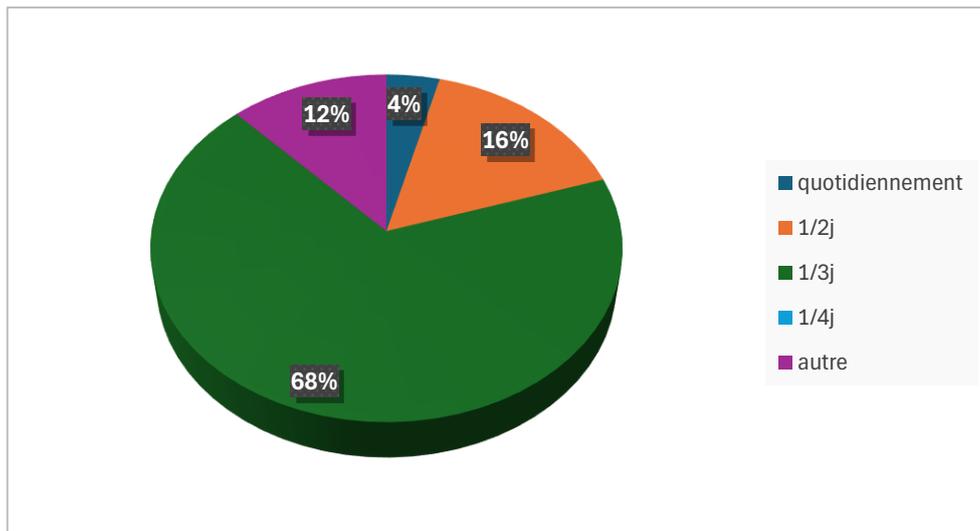
HAMIDI Mohammed islem		date :	
Master 2 Géomatique			
FSTU oran 2 mohamed ben ahmed			
<b>comment faite la distrubution ?</b>		1-2-	<b>etes vous satisfait ?</b>
<input type="checkbox"/>	1/2j	<input type="checkbox"/>	oui
<input type="checkbox"/>	1/3j	<input type="checkbox"/>	non
<input type="checkbox"/>	1/4j		
<input type="checkbox"/>	cotidiennement		
<input type="checkbox"/>	autre		
<b>la durée de distribution ?</b>		2-2-	<b>etes vous satisfait ?</b>
<input type="checkbox"/>	1-2h	<input type="checkbox"/>	oui
<input type="checkbox"/>	2-4h	<input type="checkbox"/>	non
<input type="checkbox"/>	tout la journée		
<input type="checkbox"/>	autre		
<b>etes vous informé en cas de coupures ?</b>			
<input type="checkbox"/>	oui		
<input type="checkbox"/>	non		
<b>etes vous satisfait de qualité d'eau de robinet ?</b>			
<input type="checkbox"/>	oui		
<input type="checkbox"/>	non		
<b>voire avis au pression d'eau !</b>			
<input type="checkbox"/>	acceptable		
<input type="checkbox"/>	faible		
<b>est-ce que le montant facturé représente le volume consommé ?</b>			
<input type="checkbox"/>	oui		
<input type="checkbox"/>	non		

**Figure 11.** Questionnaire adressé aux abonnés de l'ADE Mascara.

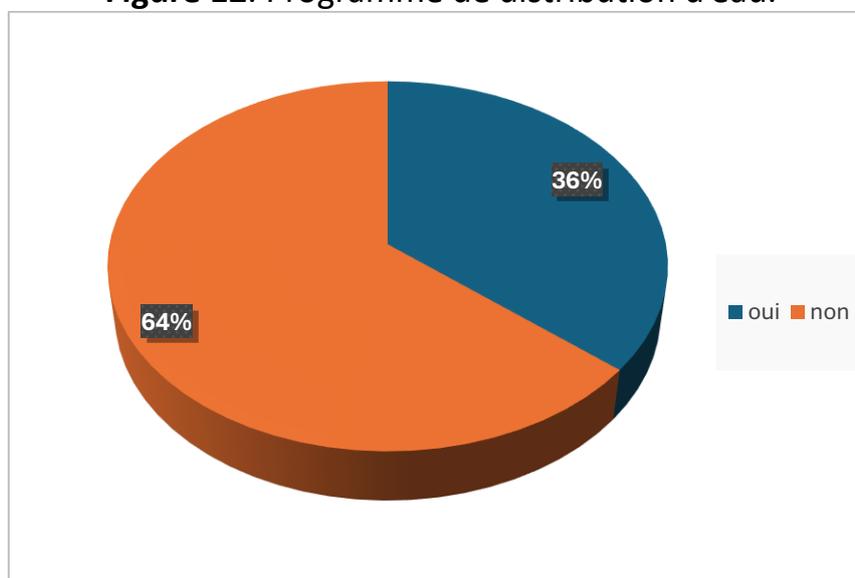
**4.1. Résultat :**

A partir du questionnaire établi, une série de résultats sous formes de graphes ont été représentés à savoir :

- Programme de distribution d'eau
- Satisfaction de la population par rapport au programme de distribution d'eau
- Durée de la distribution d'eau à la population
- Satisfaction de la population par rapport à la durée de distribution
- Information de la population en cas de coupure d'eau
- Satisfaction de la population par rapport à la qualité d'eau
- Satisfaction de la population par rapport aux volumes d'eau distribués
- Satisfaction de la population par rapport à la pression d'eau distribuée

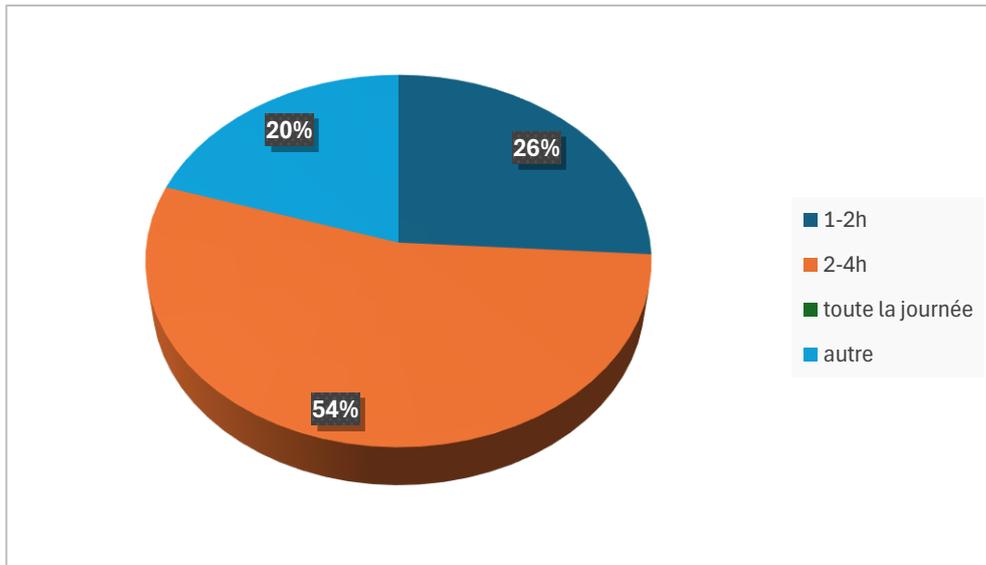


**Figure 12.** Programme de distribution d'eau.

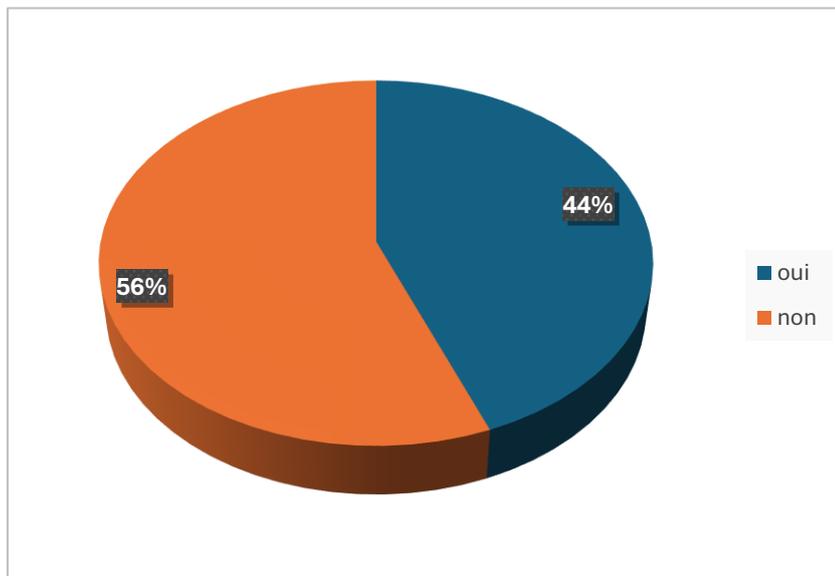


**Figure 13.** Satisfaction de la population par rapport au programme distribution.

D'après les gens qui ont répondu au questionnaire, il y a un peu de différence par rapport au programme de distribution donné par ADE mais la plupart confirme que le programme est établi à base d'une fois chaque trois jours ce qui est très logique (Figure 12). On observe que la majorité des personnes ne sont pas satisfaits à ce programme et préfèrent que la distribution soit quotidiennement (Figure 13).

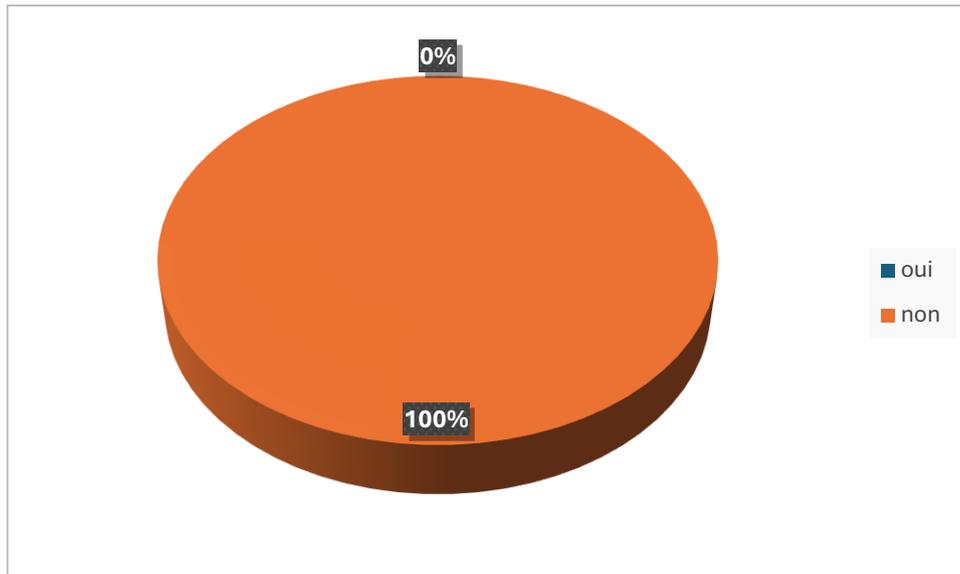


**Figure 14.** La durée de distribution d'eau.

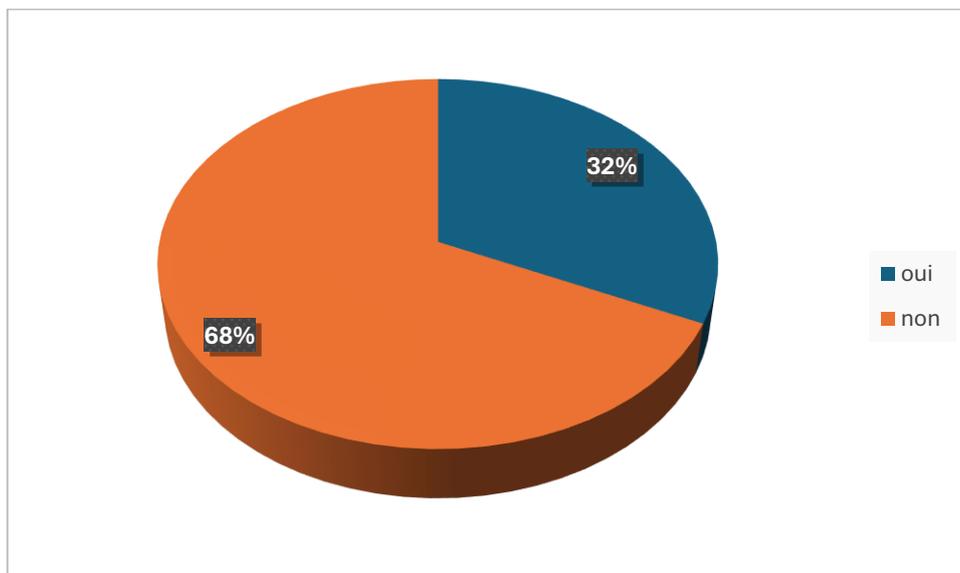


**Figure 15.** Satisfaction de la population par rapport à la durée de distribution d'eau.

Concernant la durée de distribution, on remarque que la majorité des personnes interrogées affirme la durée 2-4h (Figure 14). Donc à travers les abonnés de l'ADE, il faut que la société donne un peu plus de temps durant la distribution surtout quelle est 1/3j.



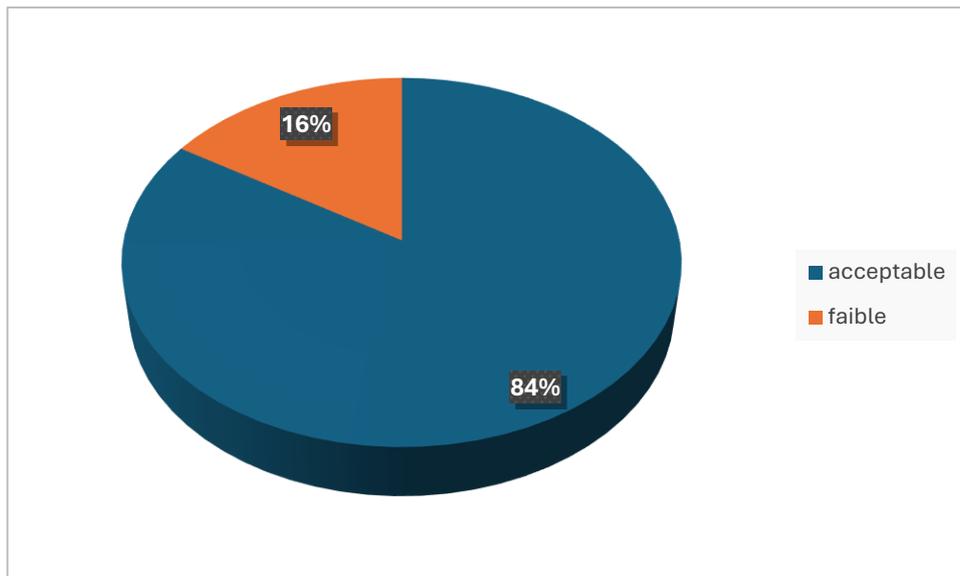
**Figure 16.** Information de la population en cas de coupure d'eau.



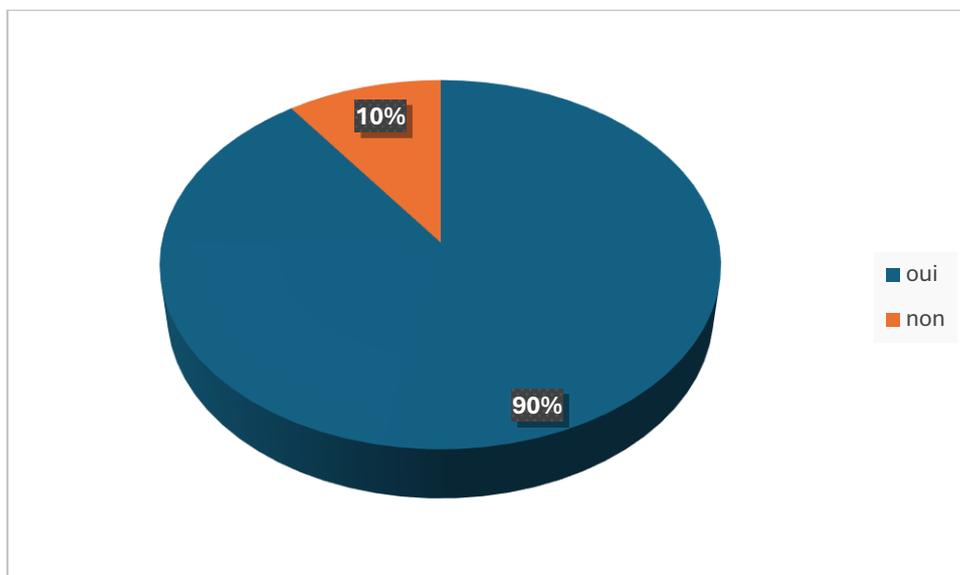
**Figure 17.** Satisfaction de la population par rapport à la qualité d'eau.

Dans le cadre des coupures, on observe une absence totale qu'il peut régler facilement à travers des moyens simples et efficace tell que : radio – les réseaux sociaux

Et du coté satisfaction d'eau, on distingue que l'eau distribue conçue pour l'utilisation générale domestique et pas pour la consommation humaine contrairement aux forages qui ont des sources souterraines donc on peut régler ce problème avec un jour supplémentaire de distribution d'eau de source forage.



**Figure 18.** Satisfaction de la population par rapport à la pression d'eau.



**Figure 19.** Satisfaction de la population par rapport au volume d'eau facturé.

On observe que la pression d'eau est acceptable (Figure 18) et aussi le volume facturée représente le volume d'eau consommé (Figure 19).

#### **4.2. Rendement du réseau :**

Le rendement du réseau ainsi que l'indice linéaire de perte sont les deux facteurs caractérisant la performance d'un réseau.

Rendement primaire	Appréciation
Supérieur à 75%	Très bon
Entre 65% et 75%	Bon
Entre 55% et 65%	Moyen
Entre 45% et 55%	Mauvais
Inférieur à 45%	Très mauvais

**Tableau 03.** Référentiel d'appréciation du rendement primaire (**BENCHAIB, 2012**)

catégorie du réseau	rural	semi-rural	urbain
bon	< 1.5	< 3	< 7
acceptables	> 2.5	< 5	< 10
médiocre	< 4	< 8	< 15
mauvais	> 4	> 8	> 15

**Tableau 04.** Référentiel du Laboratoire GEA pour l'ILP (**BENCHAIB, 2012.**)

**a. Le rendement primaire :**

C'est le rendement le plus simple à calculer, il ne tient pas compte des volumes utilisés non comptabilisés.

$$Rp = \frac{\text{Volume comptabilisé}(Vc)}{\text{volume mis en distribution}(Vd)}$$

Volume comptabilisé (Vc)	135640
Volume mise en distribution (Vd)	350540
<b>RP</b>	0,3869

**Tableau 05.** Rendement primaire de la ville de Mascara.

Ainsi, le rendement du réseau représente seulement 38.69 % par rapport au volume d'eau comptabilisé.

**b. L'indice linéaire des pertes :**

L'ILP permet de connaître par km de réseau la part des volumes mis en distribution qui ne sont pas consommés avec autorisation sur le périmètre du service. Il s'agit du ratio entre le volume de pertes, qui est la différence entre le

volume mis en distribution et le volume consomme autorise, et le linéaire de réseau de desserte. Il représente le volume journalier d'eau perdu par longueur de réseau.

$$ILP = \frac{Vd - Vc}{\text{Longueur totale du réseau}}$$

Vd – Vc	21,4900 m <sup>3</sup>
Longueur totale	118 Km
<b>ILP</b>	5 (m <sup>3</sup> /km,j)

**Tableau 06.** Indice linéaire de pertes.

#### 4.3. Estimation des besoins :

Cette section de l'étude vise à évaluer la consommation d'eau potable de l'agglomération de la zone d'étude, et son estimation sur une période de 30 ans. L'estimation des besoins en eau de la population est réalisée en prônant on considération les différents régimes de consommation, tels que la consommation moyenne quotidienne, la consommation maximale quotidienne et la consommation maximale horaire.

Année	2008	2024
<b>Mascara</b>	108578	141459

**Tableau 07.** La population de la ville de Mascara (ADE).

#### 4.3.1. Taux d'accroissement :

Le taux d'accroissement de la population sert à faire le bilan de changements démographiques passés. Il fournit ainsi l'information qui contribue notamment à mettre certaines données en contexte, à planifier les services et les programmes et à ajuster les ressources si nécessaire. Cet indicateur donne la mesure de la variation de la population au cours d'une période donnée. Son interprétation se complète avec les données sur la variation de la population dans les tableaux Coup d'Oeil, qui présente les projections de démographiques pour les périodes à venir

$$\text{Taux} = (((P_0 - P_1) / n) / (P_0 + P_1) / 2) * 100$$

$P_0$  : population ancienne

$P_1$  : population actuelle

$n$  : Intervalle d'année séparant  $P_0$  et  $P_1$

Année	2008	2024
<b>Mascara</b>	108578	141459
Taux	1,64	

**Tableau 08.** Taux d'accroissement de la population.

#### 4.3.2. Estimation de la population future :

Les principales sources d'informations qui sont à notre disposition pour mener cette analyse sont les données transmises ADE, les données de l'année référence 2008 et actuel à l'aide desquels on pourra calculer toutes les prévisions d'accroissement de la population actuelle et moyen et long terme. L'estimation de nombre d'habitants à long terme se fait à partir de la formule qui suit :

$$P_n = P_0(1 + \tau)^n$$

Avec :

- $P_n$  : Population futur à l'horizon (habitant) ;
- $P_0$  : Population actuelle (référence) (habitants) ;
- $\tau$  : Taux d'accroissement (%) ;
- $n$  : Intervalle d'année séparant  $P_0$  et  $P_n$ .

	Année				
Taux	2008	2024	2034	2044	2054
1,64	108578	141459	166448	195851	230448

**Tableau 09.** Estimation des futures populations de la commune de Mascara

#### 4.3.3. Estimation des besoins domestiques d'eau :

Pour l'élaboration des besoins en eau potable de la zone d'étude aux différents horizons de l'étude, on utilise les normes dotations selon les nombres d'habitants :

Nombre d'habitants	Demande en eau
> 50 000 habitants	180 l/j/hab
De 20 000 à 50 000 habitants	160 l/j/hab
De 10 000 à 20 000 habitants	100 l/j/hab
< 10 000 habitants	85 l/j/hab

**Tableau 10.** La dotation journalière selon le nombre d'habitants

Le débit moyen journalier domestique  $Q_{moyj} = Dot \times P \text{ 1000 (m}^3 \text{ /j)}$

Avec :

- $Q_{moyenj}$  : Le débit moyen journalier (m<sup>3</sup> /j) ;
- $Dot$  : La dotation (l/j/hab.) ;
- $P$  : La population (habitant)

	<b>Qmoy j (m<sup>3</sup>/j) domestique</b>	<b>dot(j/hab)</b>
2034	29961(m <sup>3</sup> /j)	180
2044	35253(m <sup>3</sup> /j)	180
2054	41481(m <sup>3</sup> /j)	180

**Tableau 11.** Estimation des besoins domestiques d'eau.

## 5. Analyse et recommandations :

Les résultats obtenus indiquent que le rendement primaire de la ville de Mascara est significativement plus bas que les normes généralement acceptées. Ces rendements inférieurs sont attribuables à plusieurs facteurs, notamment :

- Des pressions de service dépassant les normes requises ;
- Un manque de matériel adéquat pour la détection et la réparation des fuites d'eau ;
- Des branchements non contrôlés et la réalisation de tronçons sans étude préalable ;
- Une absence de politique de maintenance préventive du système.

Pour améliorer les résultats obtenus et pour optimiser la gestion du réseau de distribution de la ville il faut :

- Étude des volumes d'eau comptabilisés et facturés au cours des dernières années pour projeter l'évolution future des volumes consommés et du nombre d'abonnés ;
- Amélioration de la pression de service pour réduire efficacement les risques de fuites sur le réseau. De plus, selon les conditions de pression sur le réseau, l'installation de nouveaux appareils peut devenir indispensable ;

- Suivi régulier des volumes distribués pour prévenir les dérives et limiter l'augmentation du volume des fuites.

Les opérations liées à l'exploitation du réseau de la ville sont diverses et impliquent une grande quantité de données et de variables provenant de différentes sources et présentant différentes qualités, selon leurs objectifs (diagnostic, interprétation, prédiction, planification de réhabilitation, etc.) et leur horizon temporel (court, moyen ou long terme).

Les responsables de la gestion et les décideurs sont souvent amenés à prendre des décisions fondées et pertinentes, ce qui nécessite une stratégie d'étude efficace reposant à la fois sur une compréhension du comportement du système de distribution d'eau potable et sur l'utilisation d'indicateurs appropriés pour évaluer les performances opérationnelles du système.

***Chapitre 03 :***

***Conception***  
***et***  
***Modélisation de données***  
***(MCD)***

L'approche systémique offre un cadre plus complet pour appréhender la complexité d'un système, même si elle reconnaît que la totalité de sa richesse puisse échapper à une compréhension complète (Desthieux, 2005). Cette approche est applicable à tous les types de systèmes, y compris les réseaux urbains tels que l'Approvisionnement en Eau Potable (AEP) et l'assainissement. En effet, les systèmes urbains se caractérisent par des interactions complexes entre différents phénomènes, et les indicateurs conceptuels ou non peinent à rendre compte de ces interrelations. En prenant en considération ces interdépendances, il devient possible de mieux comprendre la dynamique complexe des processus qui se déroulent dans les zones urbaines (Repetti, 2004).

Les représentations conceptuelles des phénomènes urbains doivent donc être modélisées de manière systémique. Cette modélisation facilite la mise en pratique de l'approche systémique, ce qui contribue à rendre la complexité du système urbain, notamment des réseaux d'AEP, plus compréhensible (Miralles, 2006). Cette modélisation implique une organisation double des éléments du système, à la fois structurelle et dynamique.

La principale mission d'un réseau d'Approvisionnement en Eau Potable (AEP) est de garantir les opérations de production, de stockage et de distribution, tout en répondant aux attentes d'une clientèle exigeante en termes de qualité et de quantité d'eau fournie. Ces trois fonctions essentielles sont modélisées en prenant en considération des mesures techniques spécifiques qui influent à la fois sur les données d'entrée et sur les résultats de sortie pour chaque fonction examinée.

## **1. Modélisation Conceptuelle du système d'AEP de la ville :**

La modélisation conceptuelle des données vient enrichir la structure organisationnelle du système d'Approvisionnement en Eau Potable (AEP) étudié. C'est une étape essentielle dans la conception des bases de données, car elle permet de traduire le monde réel avec toute sa complexité en structures de données. Son objectif est de simplifier la réalité en mettant l'accent sur les phénomènes d'intérêt et en éliminant ce qui n'est pas pertinent pour l'objectif poursuivi.

Pour concevoir et mettre en œuvre les systèmes d'informations du système d'AEP de ville, on utilise des modèles conceptuels. Ces modèles sont assimilables à des schémas respectant certains formalismes, ce qui facilite la compréhension entre plusieurs concepteurs travaillant sur un même projet. Les méthodes de développement logiciel sur le marché ont émergé en se basant sur ces modèles, parmi lesquelles MERISE occupe une place importante. Le résultat de la modélisation conceptuelle se concrétise par un modèle conceptuel de données (MCD), un modèle logique de données (MLD).

Le MCD schématise la réalité en représentant de manière non redondante les entités à inclure dans la base de données, ainsi que leurs propriétés, leurs relations et les cardinalités de ces relations. C'est un outil précieux pour encourager la discussion et le dialogue entre les utilisateurs, et il est essentiel qu'un bon modèle conceptuel soit compréhensible et approuvé par les différents utilisateurs impliqués dans la conception de la future base de données.

## 2. La méthode MERISE :

La méthode MERISE ne se limite pas à être simplement une méthode d'analyse ; c'est également une approche complète pour la conception et le développement des systèmes d'information. En tant que méthode, MERISE se distingue par une double approche, à la fois par étapes et par niveaux .

L'approche par étapes vise à rendre le travail efficace et rigoureux en prenant en compte les divers paramètres qui garantissent le développement d'un système d'information selon les meilleures pratiques.

L'approche par niveaux a pour objectif de formaliser le futur système sous différents aspects. Cette démarche constitue l'un des points forts de la méthode MERISE, en se basant sur la modélisation des données, ce qui se traduit par trois niveaux distincts :

- Le niveau conceptuel, qui donne naissance à un modèle conceptuel de données (MCD).
- Le niveau organisationnel, qui aboutit à un modèle logique de données (MLD).
- Le niveau opérationnel, qui se concrétise par un modèle physique de données (MPD).

La méthode MERISE utilise le modèle entité – association comme un outil conceptuel de la structuration des données (Mojeron, 1991). 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.

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

**Tableau 12.** Démarche Merise.

### **3. Dictionnaire de données :**

C'est une ressource essentielle pour comprendre la signification, la structure, et l'utilisation des données dans un contexte donné, inclure définition générale de chaque élément de la base de données

#### **Exemple :**

**Ilots :** Ensemble de constructions telles que : maisons, immeubles, hangars, monument, bâtiments... de type polygone et relation (Appartenir)

### **4. Modèle conceptuel de données (MCD) :**

Le modèle conceptuel de données (MCD) représente la réalité en identifiant de manière non redondante les entités à intégrer dans la base de données, leurs caractéristiques ainsi que leurs interrelations et les quantités de ces dernières. Cet outil favorise la discussion et le dialogue entre les utilisateurs, soulignant ainsi l'importance qu'un bon modèle conceptuel soit accessible et approuvé par les différentes parties concernées par la conception de la future base de données.

Le formalisme le plus couramment utilisé pour le niveau conceptuel est le modèle entité-association. Les concepts de ce modèle sont facilement compréhensibles car ils reflètent étroitement le monde réel.

#### **4.1. 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 ...) Exemple : Vanne.PT

**Ligne :** LIN (Conduite, Cours d'eau...) Exemple : Conduite.LIN

**Surface :** SUR (Ilot, Bâti ...) Exemple : Ilot.SUR

## 4.2. Attributs (Identifiants)

Les entités d'une même classe sont décrites par des informations appelées propriétés, attributs ou encore rubriques. Chaque entité de la classe 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.



Figure 20 a. La classe d'entité : Conduite.

## 4.3. 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 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.

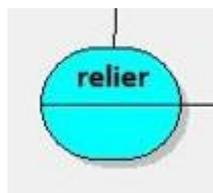


Figure 20 b. Exemple de relation

#### 4.4. 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 )



**Figure 20 c.** Exemple d'association selon les cardinalités entre les entités.

#### 5.Le Modèle conceptuel de donnée : MCD

Le modèle conceptuel de données (MCD) se compose d'un schéma conceptuel qui montre l'ensemble de données relatives aux réseaux d'AEP 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 (Figure 20.d)

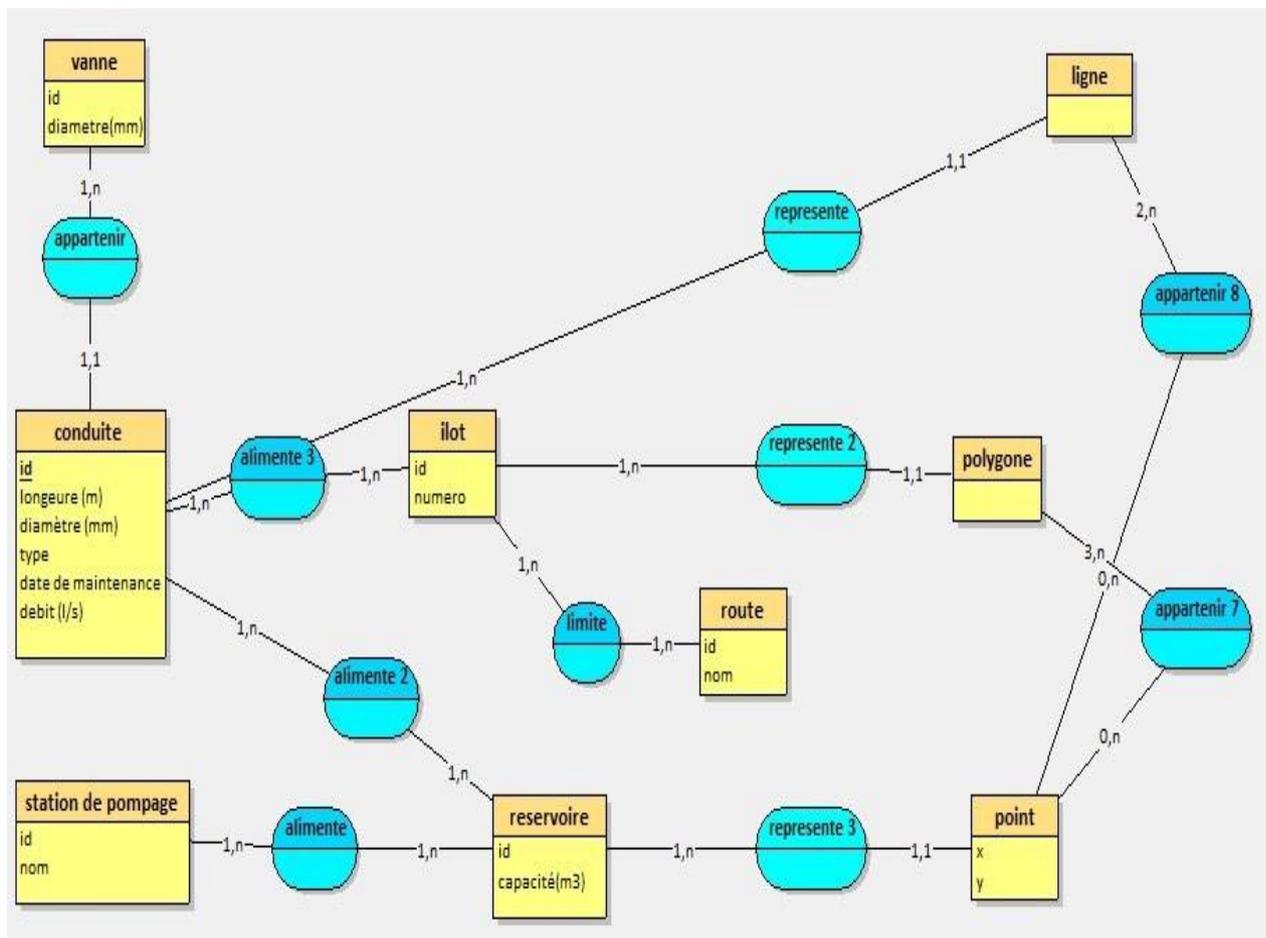


Figure 20 d. Model conceptuel de données.

## 6. Le Modèle logique de donnée : 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 : données, attributs, schéma de relation ; identifiants

### **Exemple du MLD:**

Conduite : (**Conduite\_ID**, longueur, diametre, debit, type, date)

Vanne : ( **Vanne\_ID**, diamètre)

Ilots : ( **Ilots\_ID**, numéro )

Route : ( **Route\_ID**, type)

Station de pompage : (**Station\_de\_pompage\_ID**, capacité)

## **7. CONCLUSION**

Mettre en œuvre un système d'information, dans un cadre systémique, est une action coûteuse en moyens matériels et logiciels, en données et en personnels. Une réflexion importante doit être menée pour évaluer les besoins du concepteur et/ou utilisateur (TenaChollet et al., 2010). Pour ce faire, une démarche a été adoptée de manière à définir un modèle conceptuel de données (MCD) qui constitue la base du système d'information géographique (SIG) développé dans le chapitre 4. En parallèle à cette réflexion, il est bien souvent nécessaire de sélectionner des solutions logicielles et informatiques qui seront nécessaires à la réalisation de ce travail

# ***Chapitre 04:*** ***Réalisation d'un SIG***

## **1. Réalisation d'une application SIG et requêtes :**

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

### **1.1. Inventaire de données :**

L'opération d'inventaire consiste à identifier, décrire et localiser les données relatives au réseau d'Alimentation en eau potable de la ville de Mascara et un grand effort donné. Ceci a permis de recueillir diverses informations et documentations (plans, rapports, données statistiques ...) , citons :

DRE : direction des ressources d'eau

ADE : algérienne des eaux

DUC : direction de l'urbanisme et de construction

URBOR : centre d'étude et de réalisation en urbanisme

ANRH : Agence nationale des ressources hydrographiques

Nous avons eu beaucoup de difficultés concernant les plans qui ne sont pas souvent au format (shp ) ou Autocad (dwg) où nous avons trouvé un seul plan qui est était capture d'écran de réseau actuel sur un fond de carte ancienne. Cela, nous a causé plaine de difficultés dans la numérisation vu l'absence de mentions relatives aux caractéristiques géométriques de certains tronçons du réseau, la date d'établissement et la date de mise à jour des plans non mentionnés.

En absence totale de données concernant les conduites, juste des papiers qui ne sont pas bien structurés, nous avons développé un programme PYTHON qui permet d'introduire direct des données vers un fichier de format Excel. Ainsi, ce programme facilite aux utilisateurs (ou techniciens) au moment des maintenance ou bien des changements ce qui minimisera la perte des données et aussi la sauvegarde de toutes les données (Figure 21).

conduite données

saisir les données de trançon

id de trançon

type

diamètre

X1  Y1

X2  Y2

adresse

entrer      suppr

**Figure 21.** Interface du programme développé.

A partir de cette interface, les données sont saisies où elles seront automatiquement sauvegardées dans un fichier Excel (Figure 21).

```
# check si il ya pas le fichier il va le créer
file=pathlib.Path('conduite_données.xlsx')
if file.exists():
    pass
else:
    file= Workbook()
    sheet=file.active
    sheet['A1']=" id de trançon "
    sheet['B1']=" TYPE "
    sheet['C1']=" diamètre "
    sheet['D1']=" X1 "
    sheet['E1']=" Y1 "
    sheet['F1']=" X2 "
    sheet['G1']=" Y2 "
    sheet['H1']=" adresse "

    file.save('conduite_données.xlsx')
```

**Figure 22.** Exemple de programme pour la création de fichier Excel.

## 1.2. Exemple de fonctionnement : (Aléatoire)

Le programme développé dispose d'une interface pour la saisie des données des trançons (Figure 23) pour les disposer dans un fichier Excel (Figure 24) et delà les introduire dans l'outil SIG.

The figure displays two screenshots of a software interface for data entry, titled "conduite données". The interface is light blue and contains the following fields and buttons:

- id de trançon**: 1
- type**: pvc
- diamètre**: 60
- X1**: 3236527
- Y1**: 0.132365
- X2**: 3225366
- Y2**: 0.136958
- adresse**: rue dr khaled mascara
- Buttons: **entrer** and **suppr**

The second screenshot shows the same interface with the following data entered:

- id de trançon**: 2
- type**: pehd
- diamètre**: 60
- X1**: 3265952
- Y1**: 0.256321
- X2**: 3236566
- Y2**: 0.223631
- adresse**: rue aek mascara
- Buttons: **entrer** and **suppr**

**Figure 23.** Exemple de la saisie des données dans de programme développé.

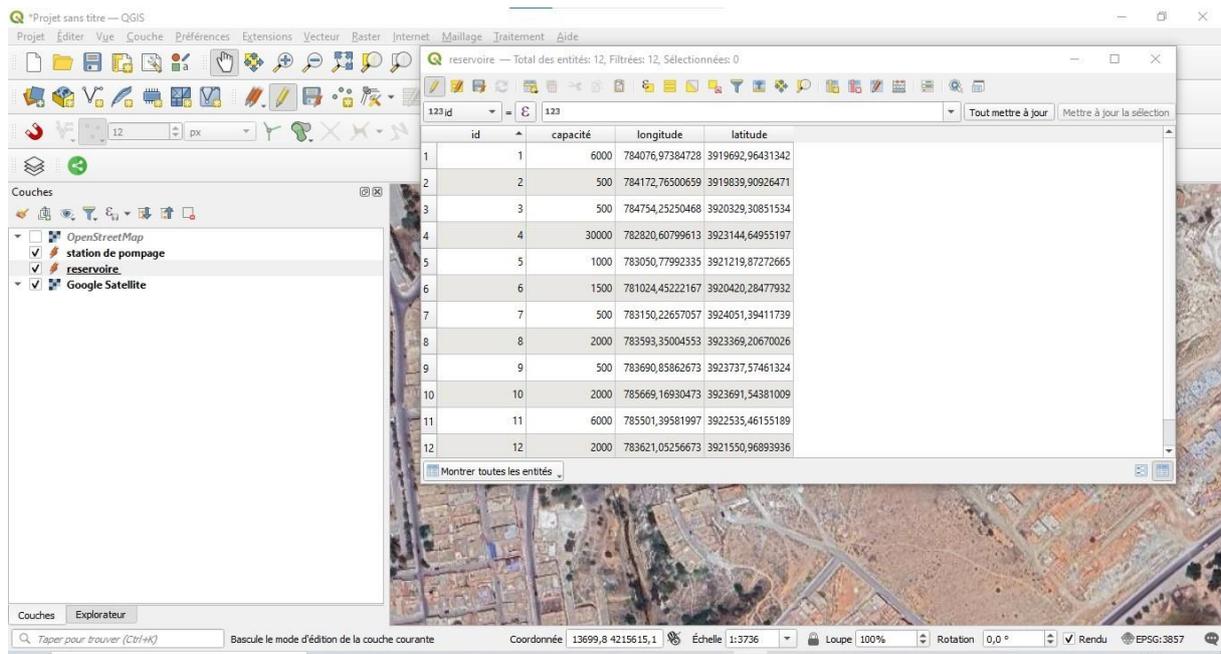
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	id de trançon	TYPE	diamètre	X1	Y1	X2	Y2	adresse					
2	1	pvc	60	3236527	0.132365	3225366	0.136958	rue dr khaled mascara					
3	2	pehd	60	3265952	0.256321	3236566	0.223631	rue aek mascara					

**Figure 24.** Résultat de l'exemple de fonctionnement de programme.

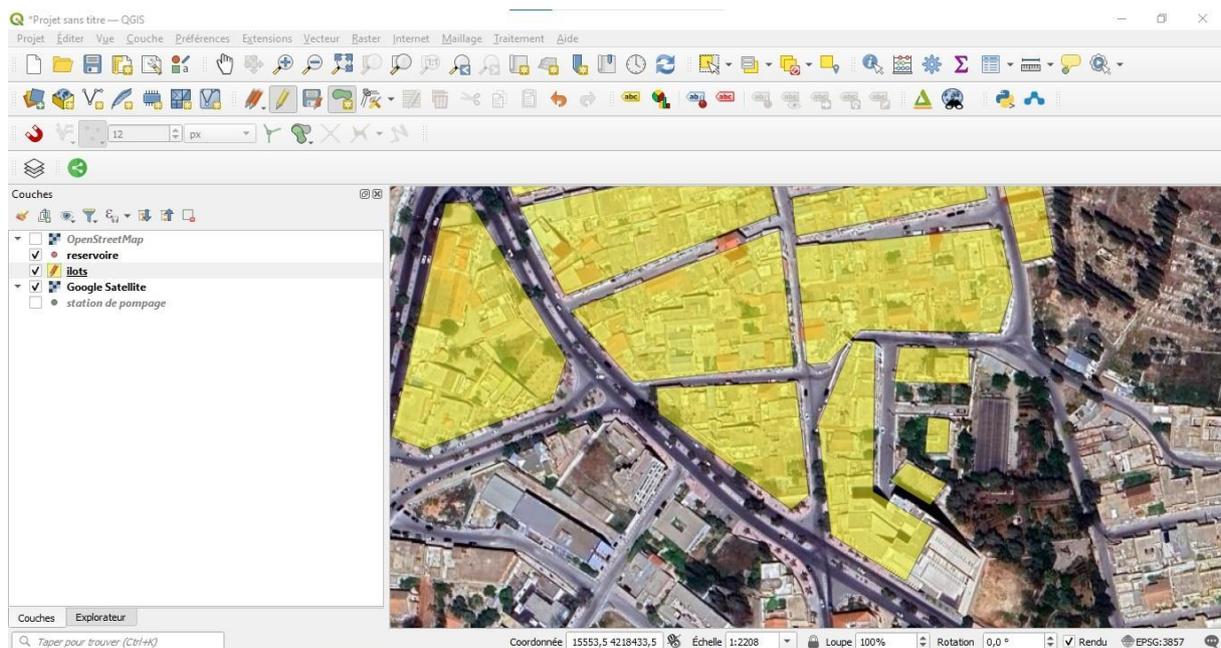
## 2. Numérisation des données :

Dans cette étape, nous avons procédé à numériser toutes les données de la zone d'étude (centre-ville de Mascara) et les éléments nécessaires dans notre base de données (station de pompage, vannes, ilots ...etc ). Toutes les données numérisées ont été établies dans un système de géoréférencement géographique WGS 1984 UTM Zone 30 N.

En utilisant le logiciel QGIS qui est open source et fluide dans le travail, cette méthode se révèle la mieux adaptée aux nécessités de ce travail car elle permet de saisir la géométrie des objets graphiques élémentaires : Point, Ligne ou Polygone.



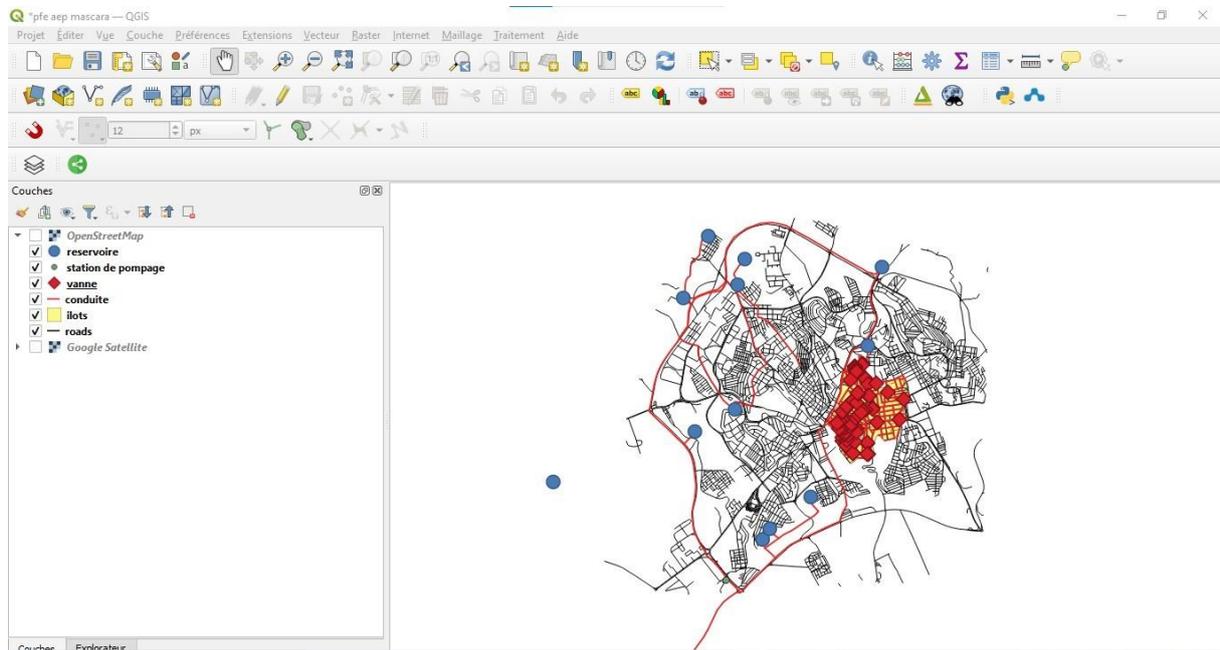
**Figure 25.** Saisie du tableau attributaire (longitude et latitude).



**Figure 26.** Numérisation des ilots.

La procédure de numérisation consiste tout d'abord à créer des couches vectorielles de chaque entité et aussi à compléter le tableau attributaire (Figure 25) correspondant par des données nécessaires telles que la longueur, le diamètre...etc ; Ensuite, toutes les entités du réseau d'AEP sont numérisées

(Figure 25) telles que : les conduites, vannes ...etc ) selon le plan disponible (Figure 26).



**Figure 27.** Numérisation de réseau AEP.

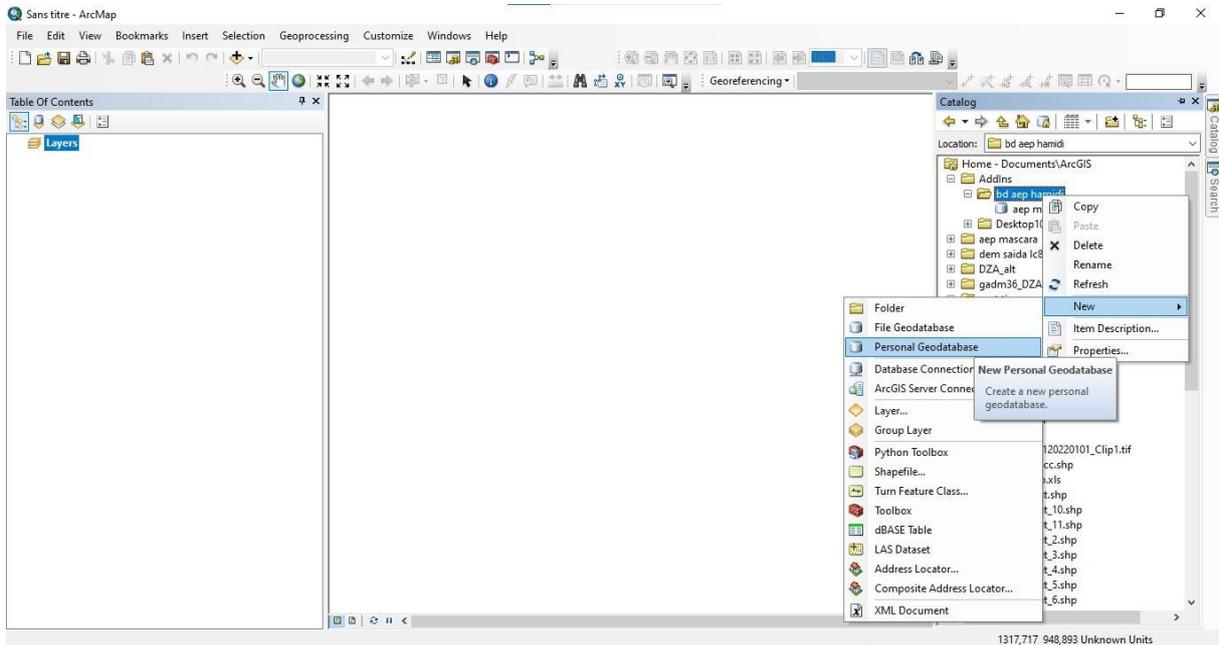
### **3. Choix du SIG :**

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 QGIS 3.28.0 et ARGIS 10.8 pour cette phase pour bénéficier d'un ensemble de produits performants et évolutifs. Ces produits permettent de créer, d'afficher, de modifier toutes formes d'informations géographiquement référencées.

### **4. Création de la base de données :**

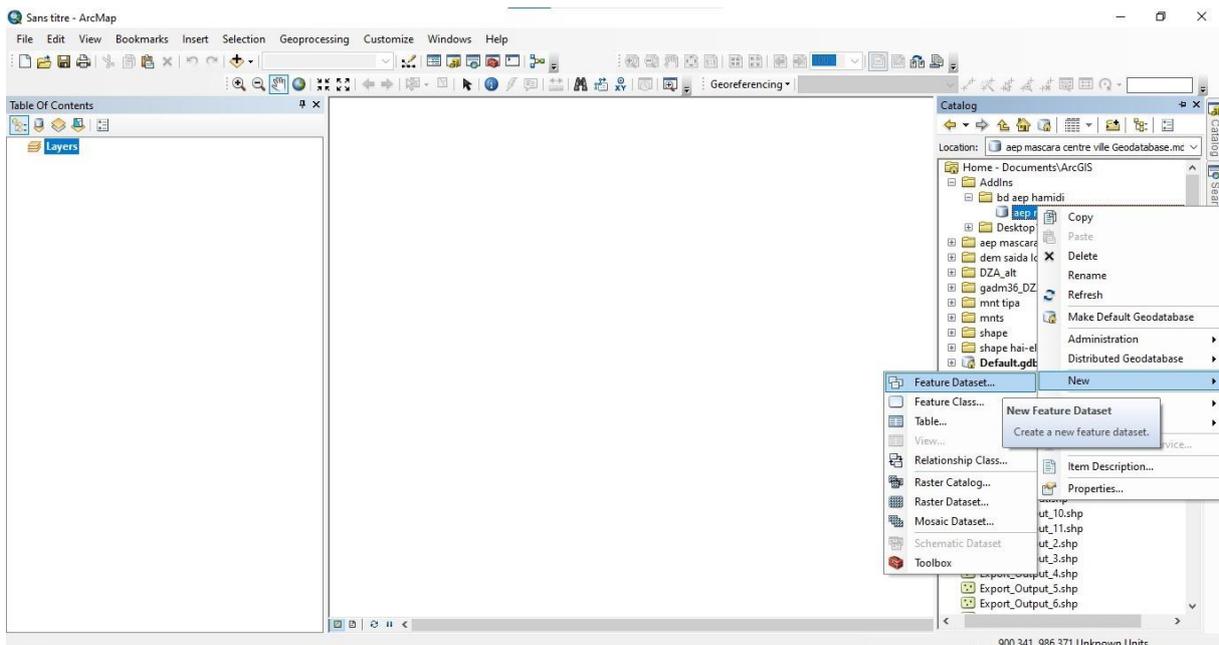
Après la numérisation de toutes les entités, on passe à la création de la base de données qui nous permettra de faire des requêtes à l'aide de langage SQL. Pour cette étape, nous avons utilisé le logiciel ARCGIS qui nous a permis de regrouper toutes les nombreuses et différentes données du réseau. Ainsi, cet

outil SIG qui est considéré comme étant fiable et aussi d'avoir l'avantage pour sa facilité par l'accès rapide (Figure 28a).



**Figure 28.a.** Création de la base de données.

Ainsi, la création de jeux de données de chaque entité s'effectue à travers l'outil ARC-CATALOGUE d'ARCGIS (Figure 28.b) en mentionnant le système de projection qui est dans notre cas WGS1984 UTM zone 30N (Figure 28.c).



**Figure 28.b.** Création de jeux de données de chaque entité.

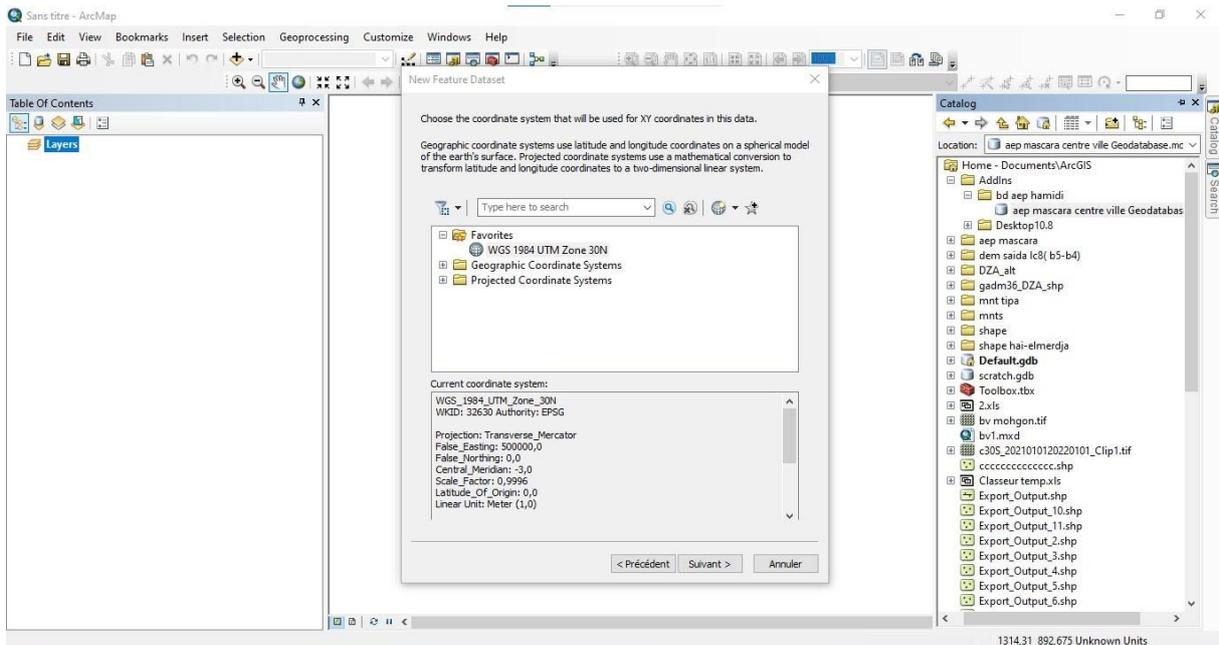


Figure 28.c. Introduction du système de projection.

Par la suite, toutes les couches de format SHP qui ont été numérisées dans QGIS sont importées dans l'outil ARMAP (Figure 28.d) créant ainsi pour chaque entité sa couche correspondante (Figure 28 :a,b,c,d).

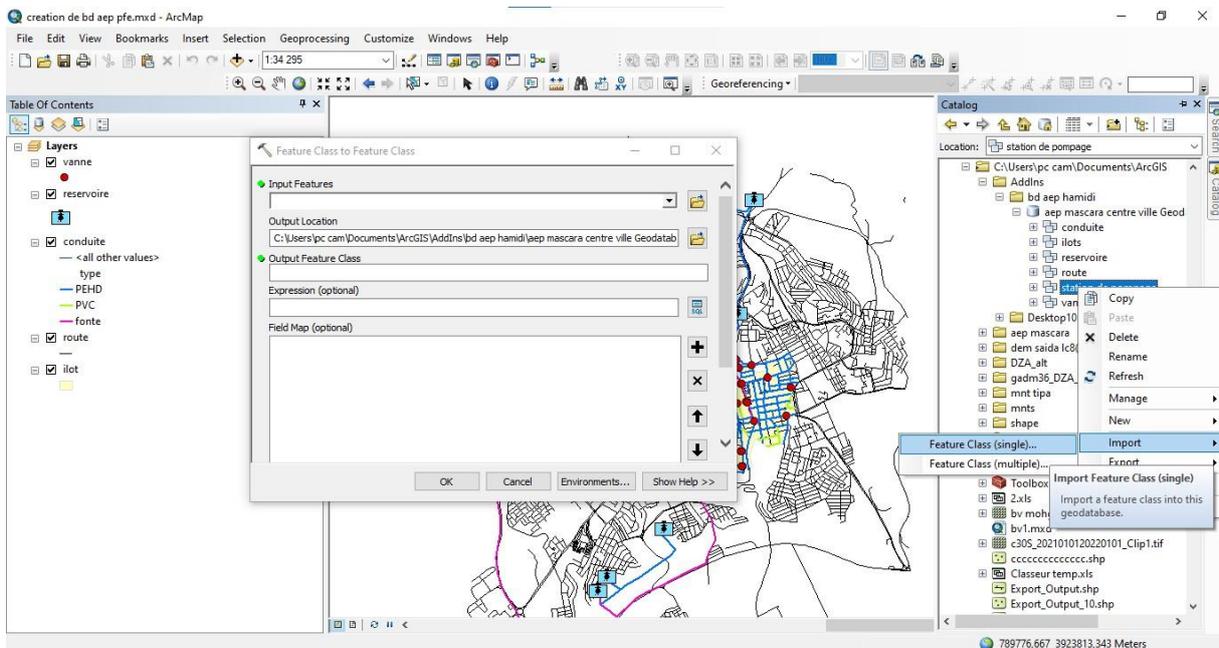
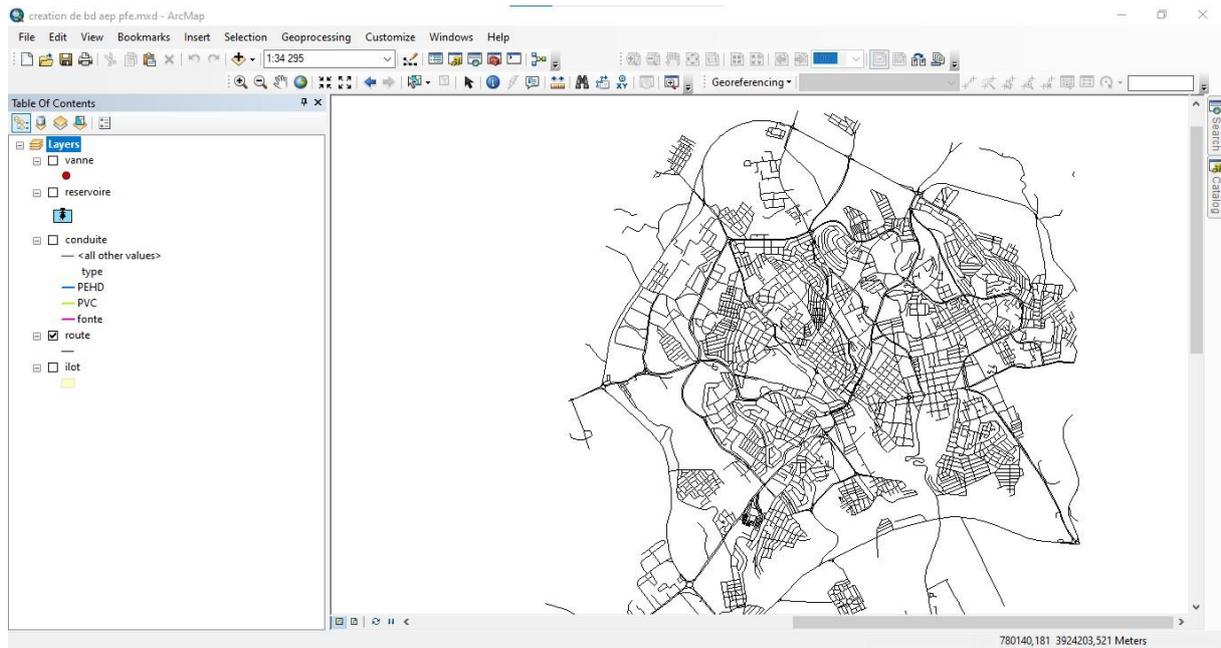
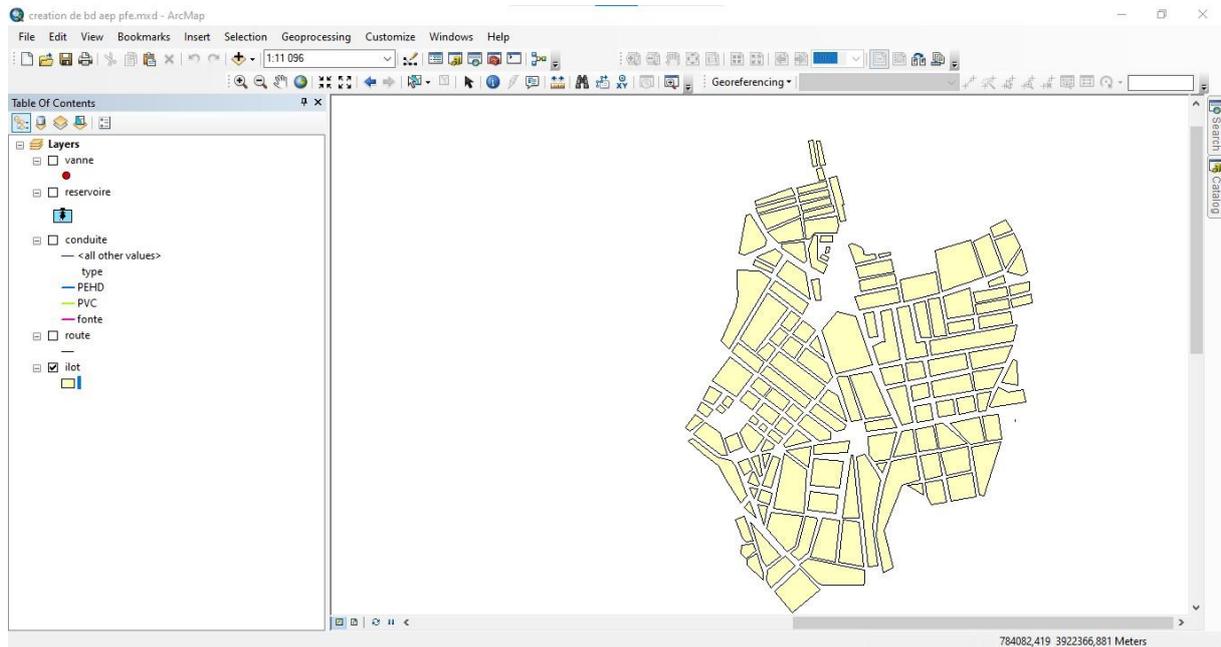


Figure 28.d. Importation des couches de QGIS.



**Figure 29.** Couche des routes.



**Figure 30.** Couche des ilots.

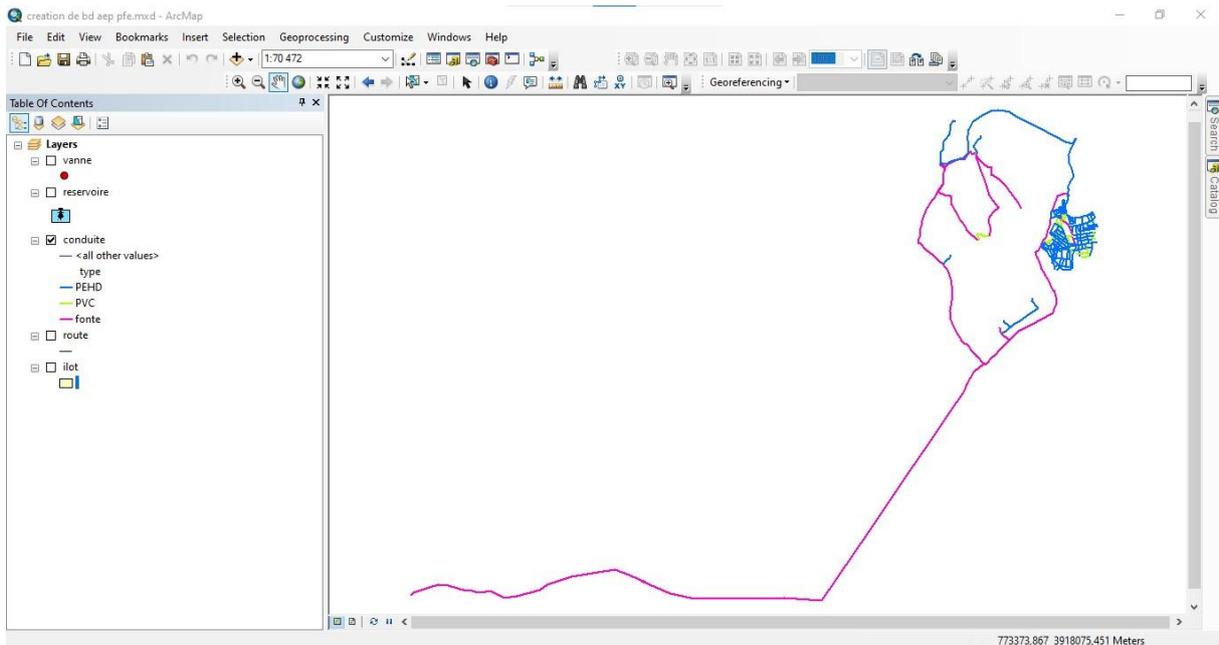


Figure 31.a. Couche des conduites.

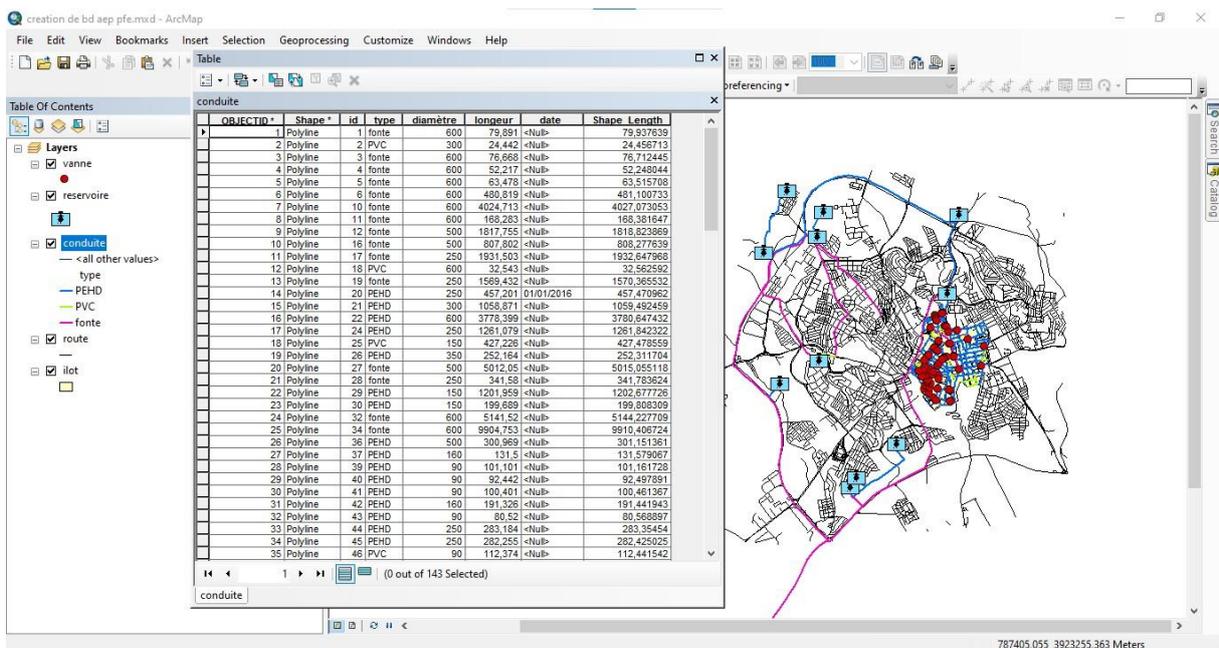


Figure 31.b. Structure de la table (conduite).

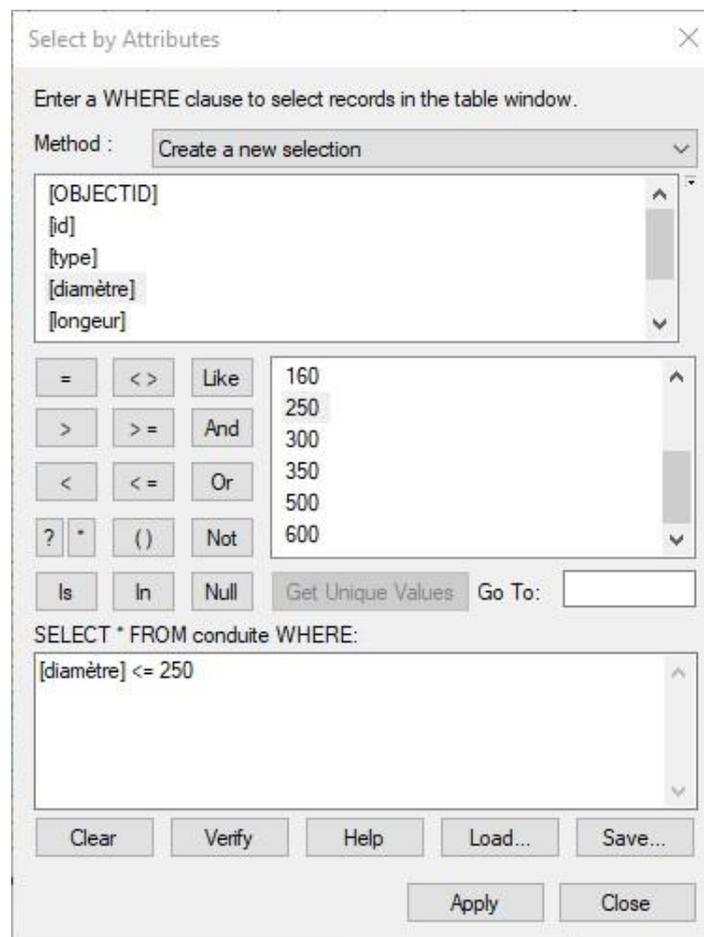
## 5. Requêtes SQL :

Le langage SQL ( Structured Query Language ) permet de formuler des requêtes sur une base de données en s'appuyant sur les opérateurs de l'algèbre relationnelle. La commande SQL la plus importante et la plus riche

sémantiquement est l'ordre SELECT dont la forme la plus simple comprend les clauses : SELECT, FROM et WHERE : SELECT (liste d'attributs) FROM (liste des tables) WHERE (condition). La clause SELECT permet d'exprimer la projection sur la liste d'attributs que l'on désire conserver, la clause FROM permet de citer la liste des tables concernées par la requête SQL. Et la clause WHERE regroupe un ensemble de conditions et permet aussi d'exprimer l'objet de la restriction (Laurini, 1993).

### 5.1. Exemple de requêtes :

Les figures (32.a et 32.b) montrent une sélection des conduites qui ont moins ou égale à 250 mm.



**Figure 32.a.** Requête pour afficher les conduites qui sont égales ou moins de 250 mm.

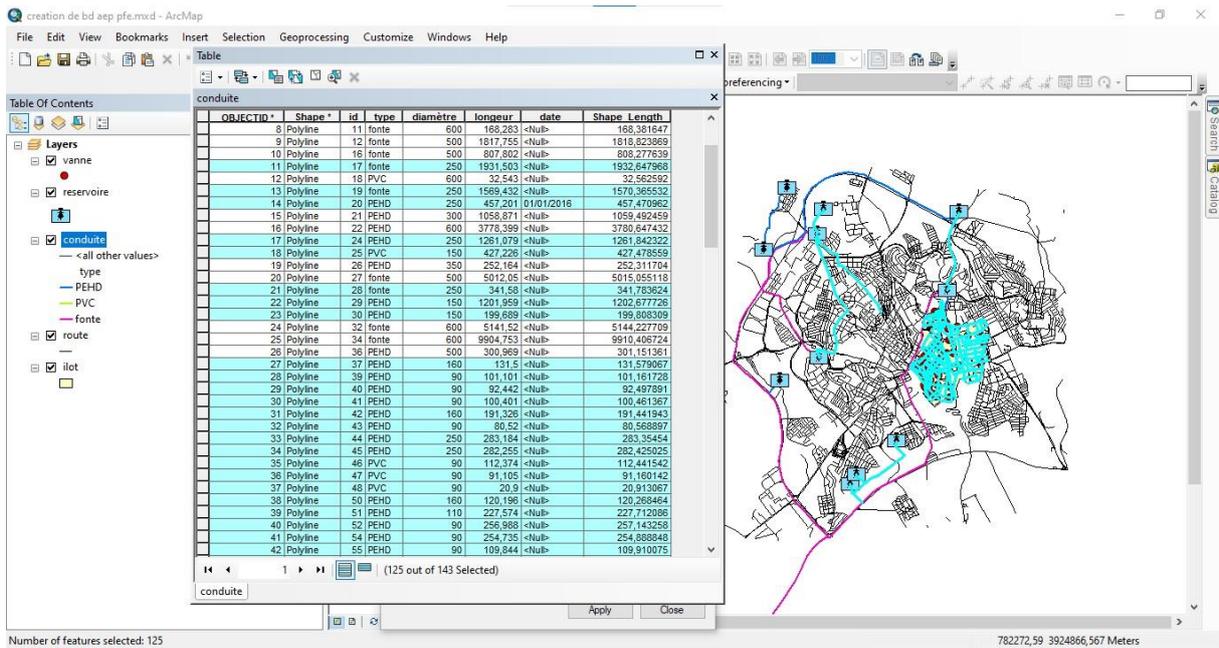


Figure 32.b. Résultat de requête (diamètre moins de 250).

Les figures (33.a et 33.b) montrent une sélection des conduites de type PVC.

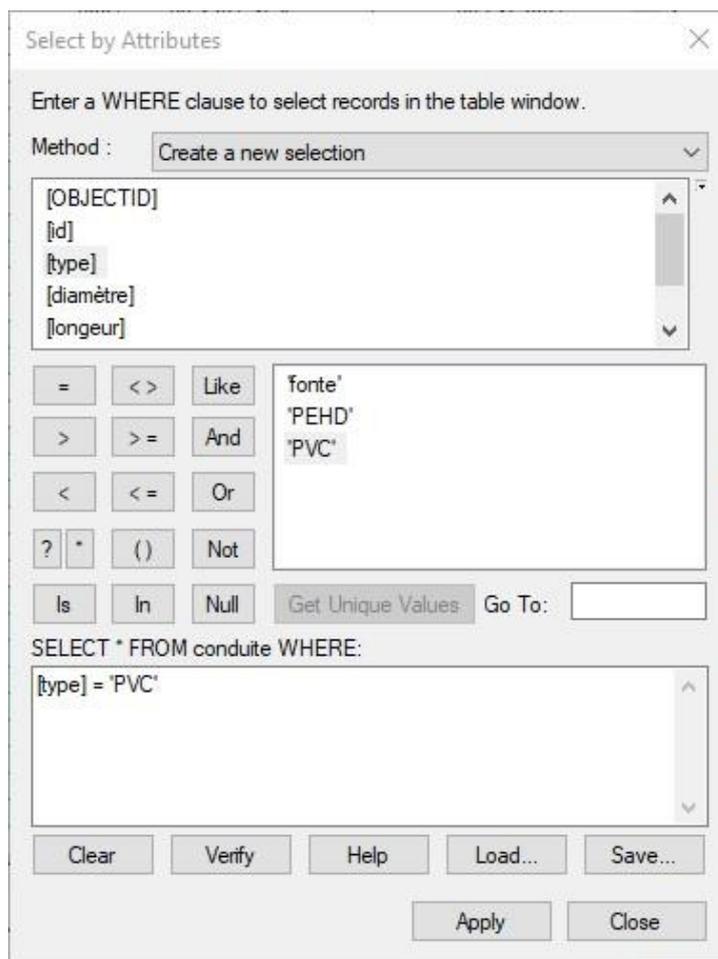


Figure 33.a. Requête pour afficher les conduites de type PVC.

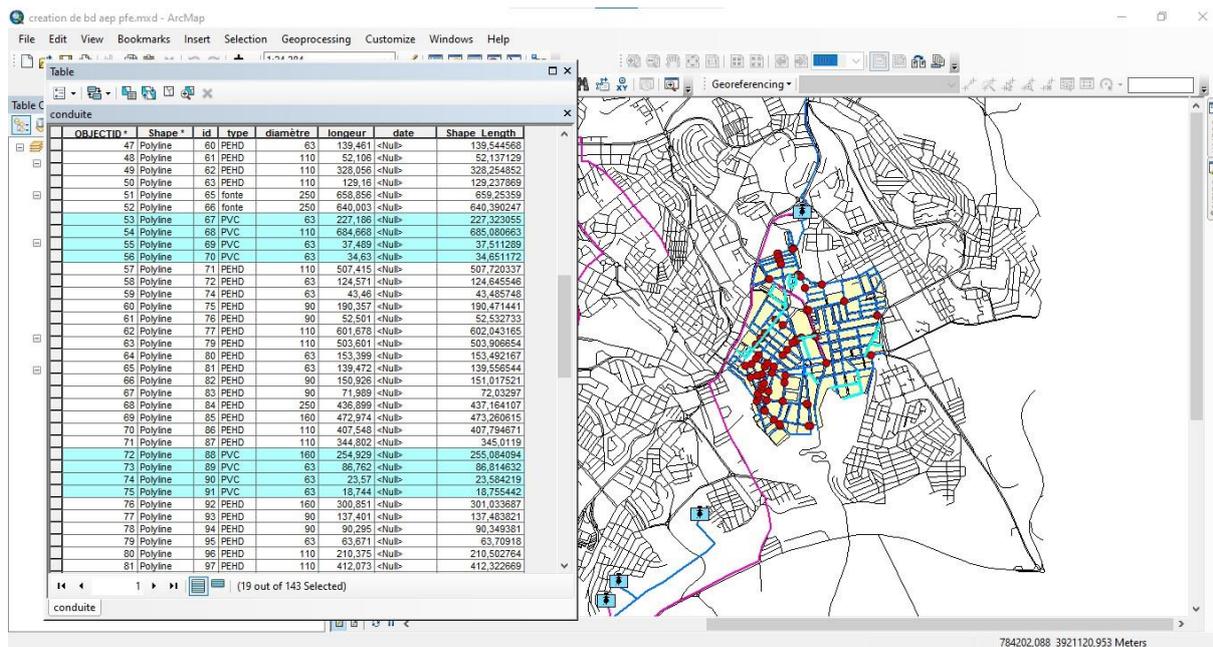


Figure 33.b. Résultat de requête (PVC).

## 5.2. Utilité des requêtes SQL:

Ces requêtes permettent de visualiser et de gérer les conduites d'eau. Cela facilite la planification et la maintenance de ces infrastructures. En plus en associant les données tabulaires avec leur représentation spatiale, les techniciens peuvent identifier des tendances, des anomalies ou des besoins de mise à jour.

Les gestionnaires peuvent utiliser ces informations pour prendre des décisions éclairées sur les réparations, les remplacements ou les extensions des conduites.

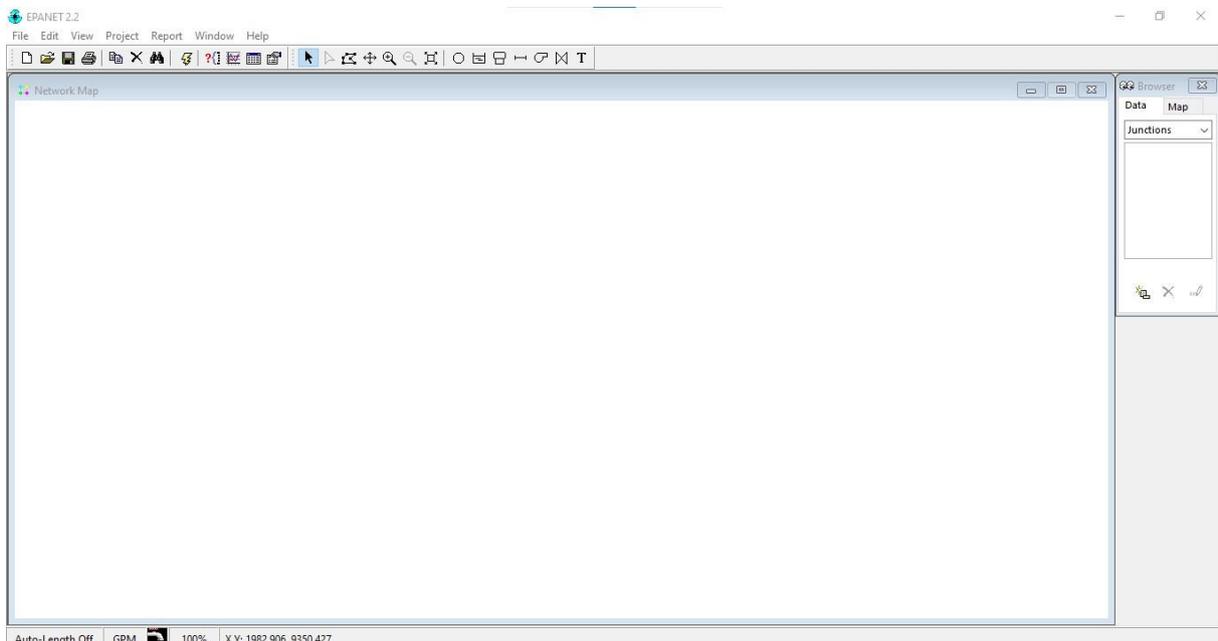
***Chapitre 05 :***  
***Simulation EPANET***  
***et***  
***Interprétation des***  
***Résultats***

## 1. Simulation EPANET et analyse :

Les analyses détaillées fournies par EPANET permettent aux décideurs de baser leurs décisions sur des données précises et des simulations réalistes. Les résultats des simulations peuvent être utilisés pour communiquer efficacement avec les parties prenantes, les autorités locales, et le public.

### 1.1. Logiciel de modélisation de l'AEP :

Pour tout ce qui est calculs de simulations et modélisation de l'AEP, on a opté pour le logiciel EPANET qui permet le traitement de réseaux sous pression (systèmes de distribution). Ce logiciel donne accès à la simulation hydraulique d'un réseau d'AEP représenté par le type de ses éléments : lignes (tronçons de tuyaux), points (nœuds de consommation, réservoirs, pompes, vannes de régulation, bouches d'incendie, etc.). De même, le logiciel offre plusieurs options pour visualiser les résultats tels que les rapports sous formes de tables, les annotations et le codage couleur, etc (Figure 34).



**Figure 34.** Interface du programme EPANET.

## **1.2. Utilisation d'EPANET :**

Les étapes classiques de l'utilisation d'EPANET pour modéliser un système de distribution d'eau sont les suivantes :

- Dessiner un réseau représentant le système de distribution ou importer une description de base du réseau enregistrée dans un fichier au format texte ;
- Saisir les propriétés des éléments du réseau ;
- Décrire le fonctionnement système ;
- Sélectionner un ensemble d'options de simulation ;
- Lancer une simulation hydraulique ou une analyse de la qualité d'eau ;
- Visualiser les résultats d'une simulation.

## **1.3. Simulation du réseau sous EPANET :**

La première étape consiste à la saisie du réseau. C'est le passage du SIG vers EPANET afin d'effectuer de la simulation hydraulique à partir de données SIG au sein d'EPANET. Un géotraitement sous forme de script qui permet de générer un fichier « inp » (fichier texte) pouvant être traité par EPANET pour les conduites composant le réseau uniquement (les autres ouvrages devront être ajoutés manuellement par la suite). Il est nécessaire de contrôler la topologie du réseau avant de lancer le géotraitement. En effet, EPANET ne tolère pas d'erreur topologique pour effectuer de la simulation hydraulique. Par topologie, le mot « propre » indique les points suivants :

- Interruption des conduites au droit de chaque intersection (pas de connexion sur un sommet de polyligne ;
- Pas de superposition d'objet conduites ;
- Pas d'objets conduits multi-parties ou de longueur nulle ;
- Vérification de la connectivité des conduites les unes aux autres

#### 1.4. Le passage vers EPANET :

Pour faire le passage vers le programme EPANET et lancer la simulation nécessite la numérisation à nouveau du réseau AEP dans EPANET (Figure 35.a) sur le plan fourni par QGIS et ensuite remplir les paramètres pour lancer la simulation qui va nous donner la pression et le débit.

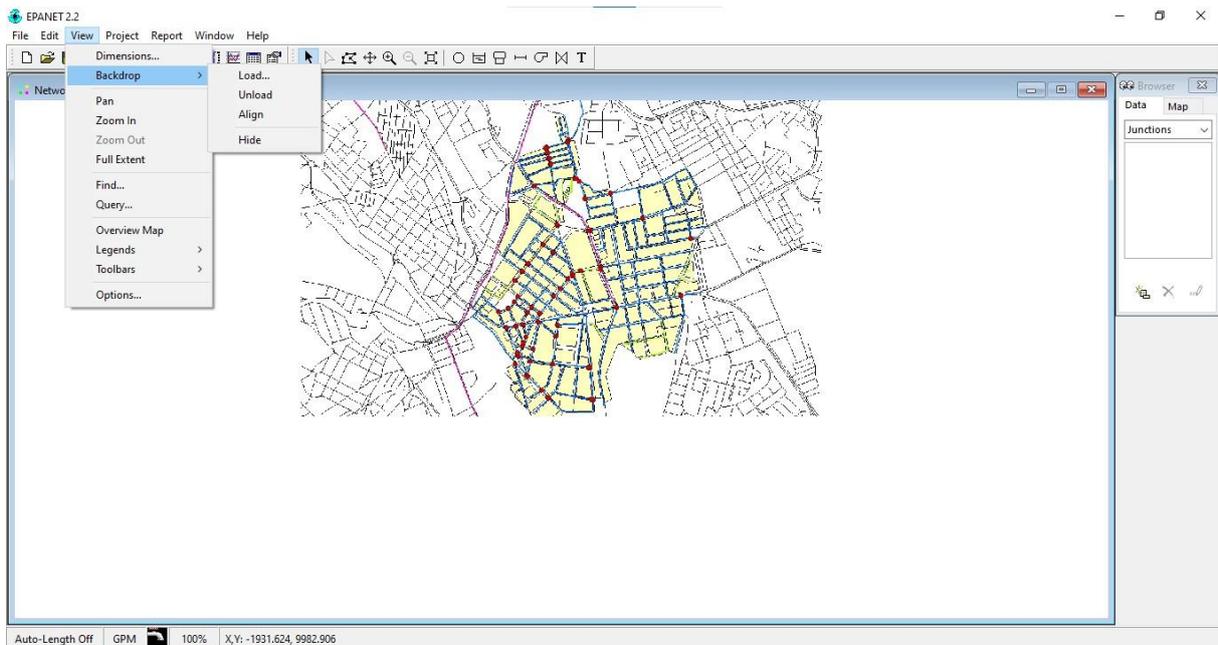


Figure 35.a. Mise en place le fond du réseau AEP dans EPANET.

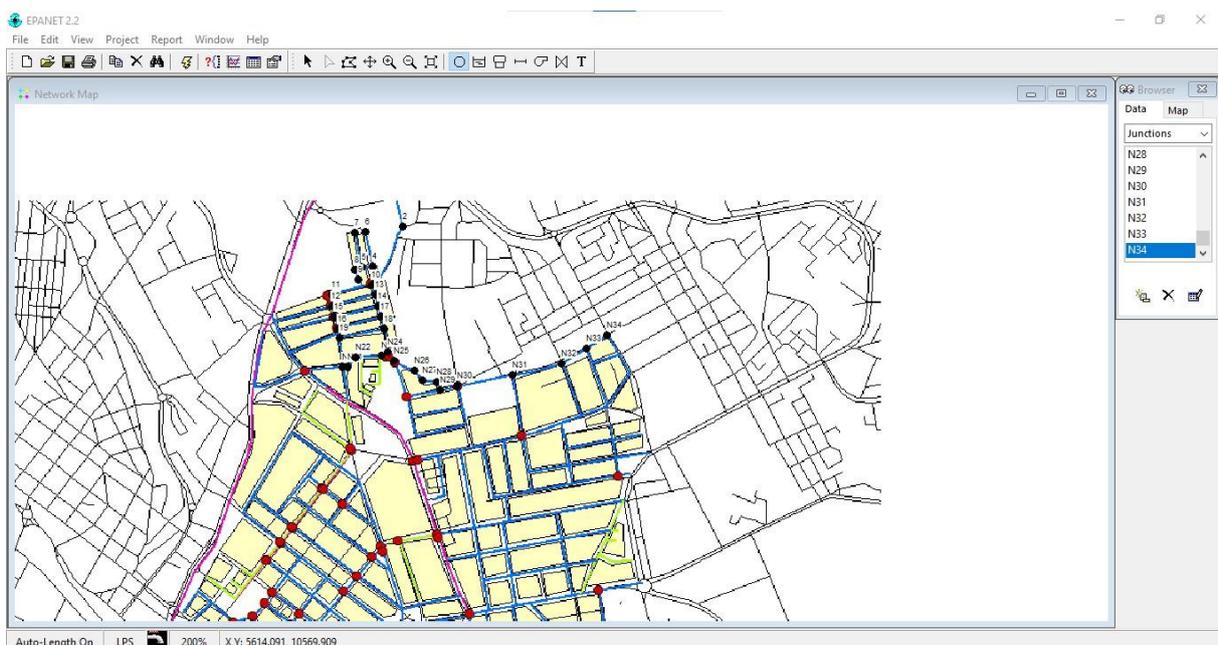
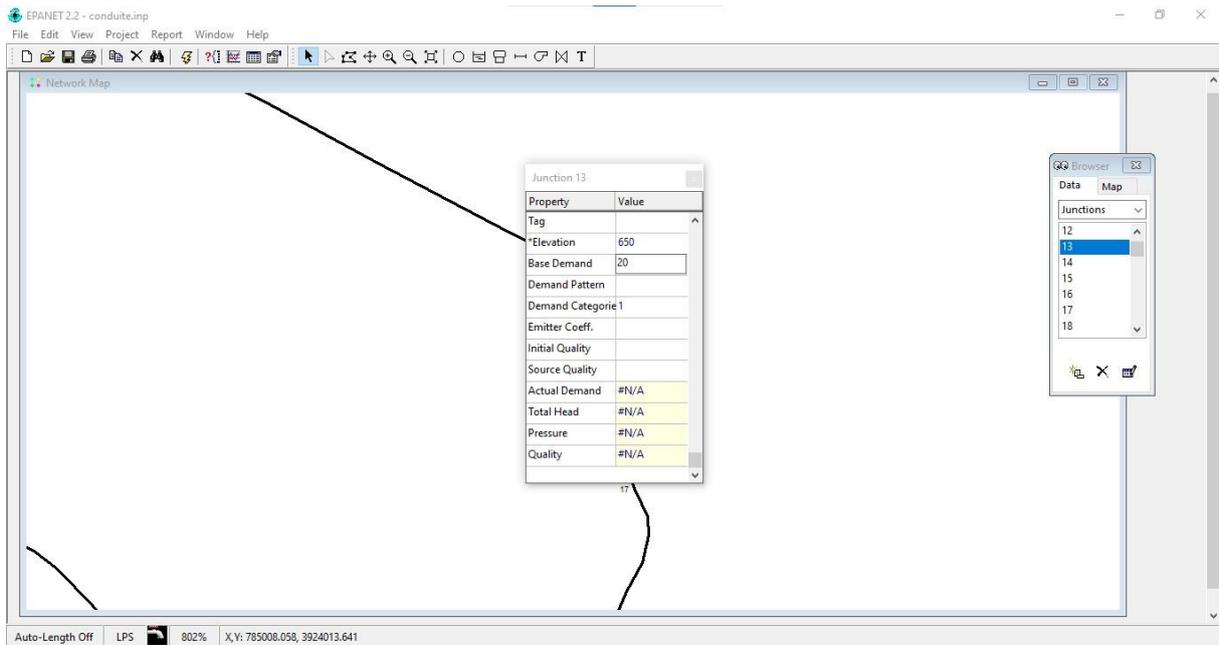
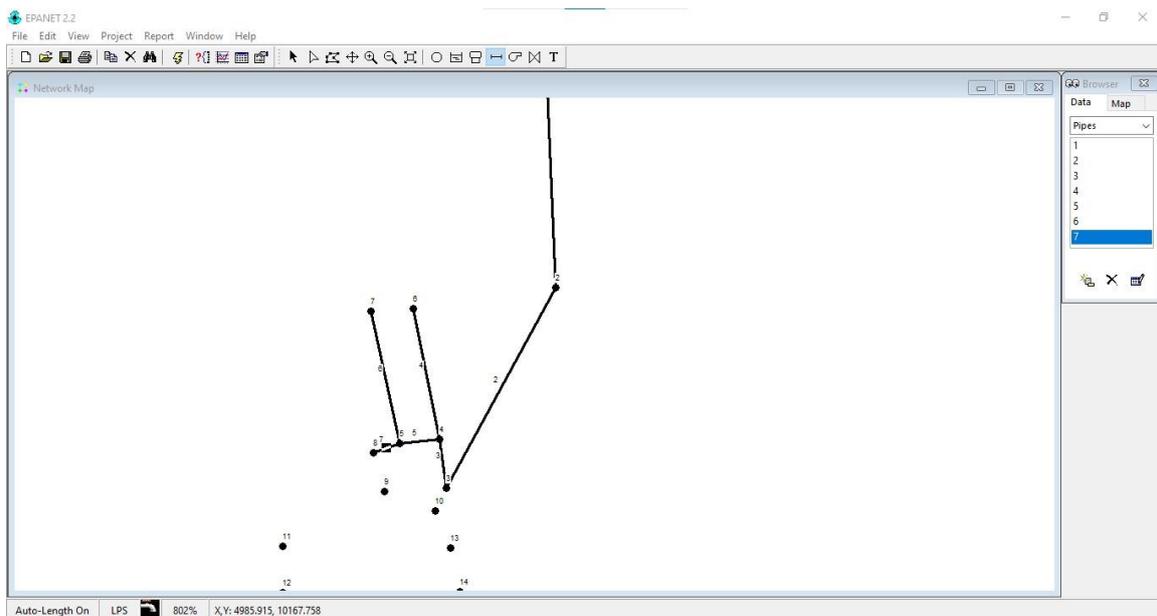


Figure 35.b. Extrait de placement des nœuds.



**Figure 35.c.** Saisie des paramètres pour chaque nœud.

La procédure consiste, premièrement à saisir les élévations de tous les nœuds (286 nœuds) par rapport au niveau de la mer et la demande base de chaque nœud (Figure 35.b, 35.c). Généralement, la demande plus basse est de 0.11 l/s. Ensuite, le même travail est exécuté sur les conduites où les nœuds sont raccordés (Figure 35.d) en remplissant les paramètres de chaque trançon de conduite avec le diamètre correspondant.



**Figure 35.d.** Extrait de raccordement des conduites.

Une fois le raccordement est terminé, la simulation est lancée pour donner la pression et le débit (l/s) (Figure 36.a/36.b).

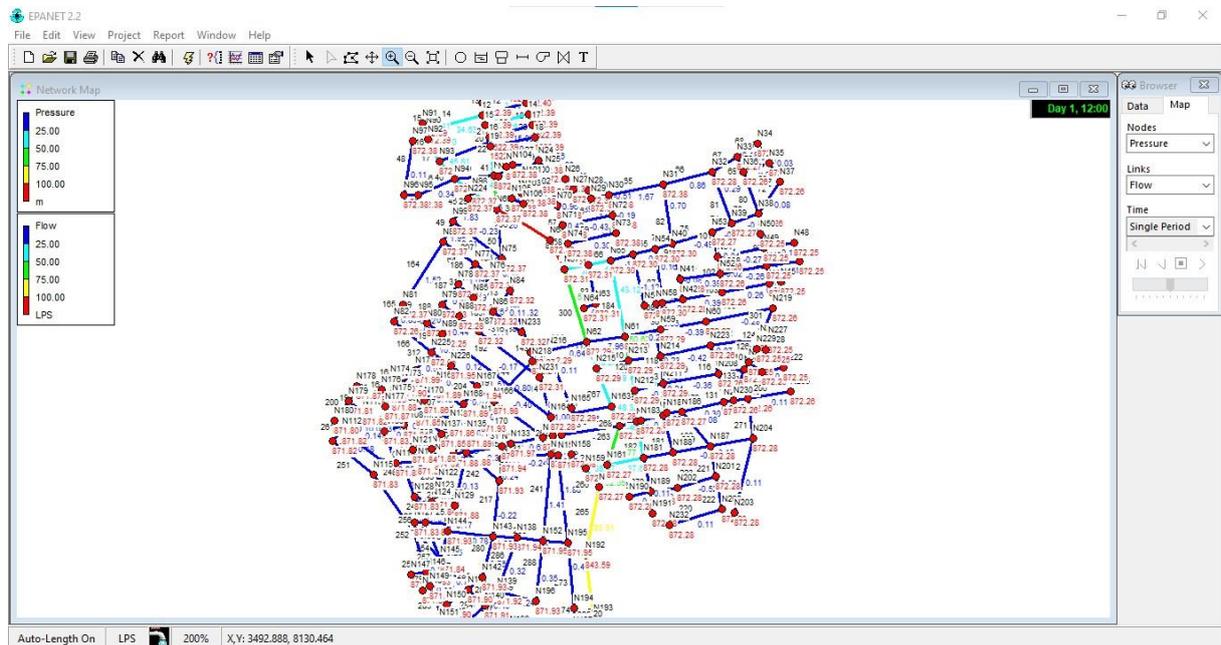


Figure 36.a. Résultat de simulation EPANET.

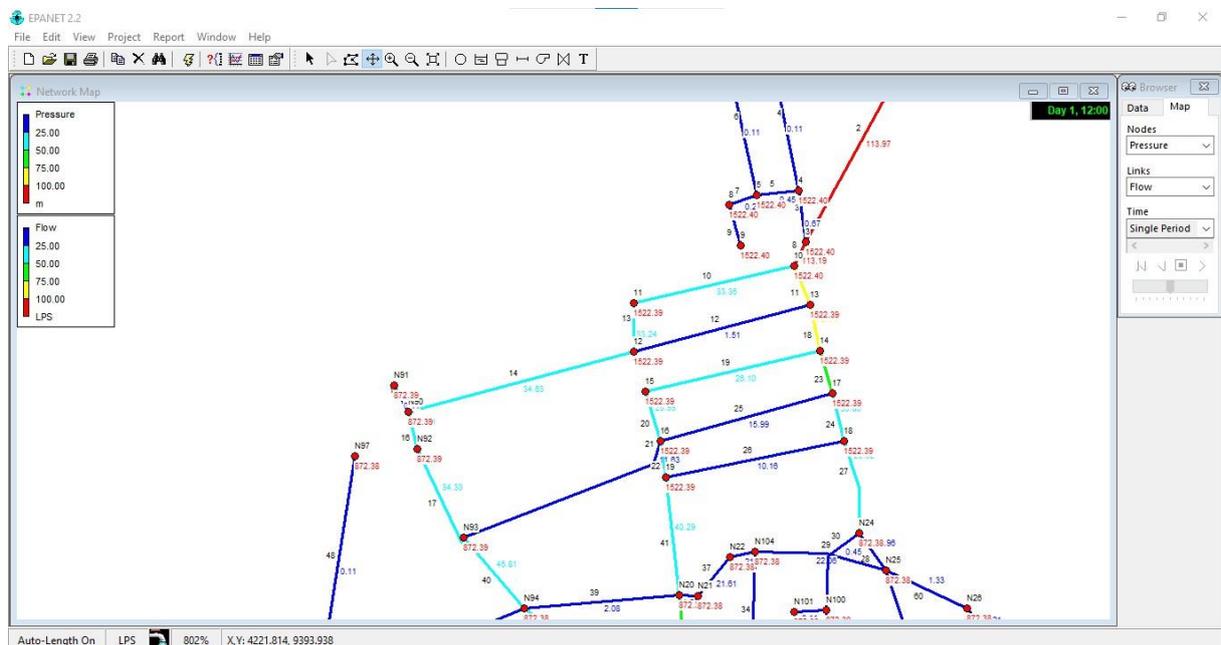


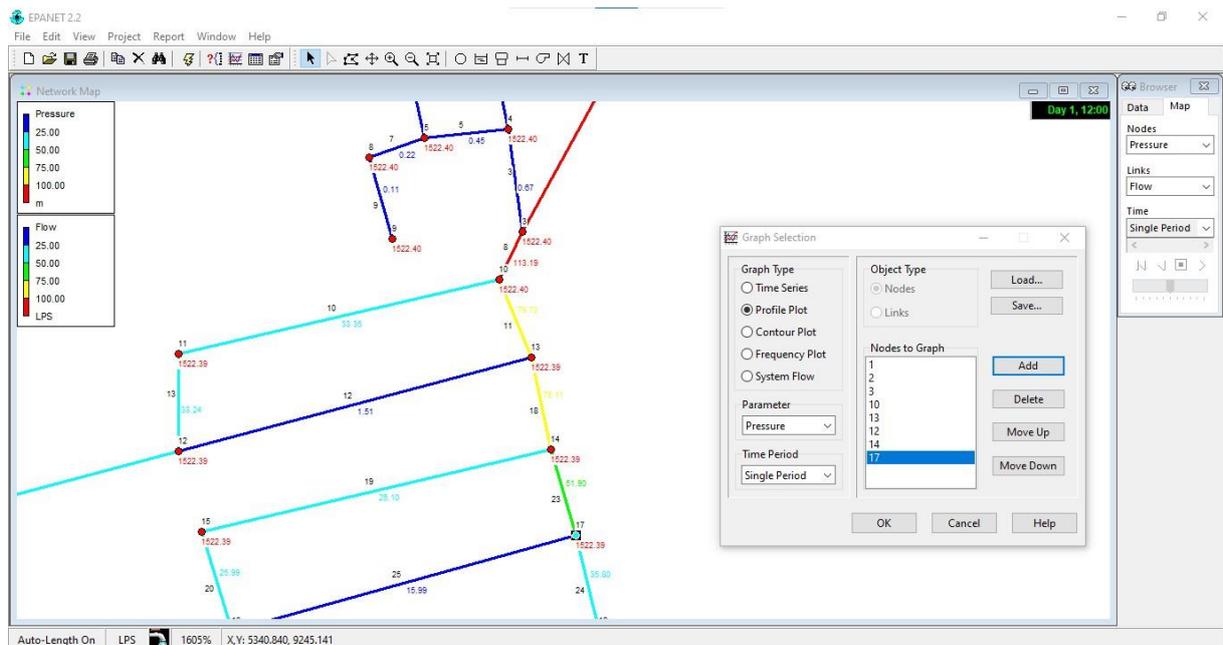
Figure 36.b. Extrait de résultat de simulation EPANET

On peut aussi distinguer des graphes de simulation ou bien des tableaux résultats des nœuds selon notre requête choisie (Figure 36.c).

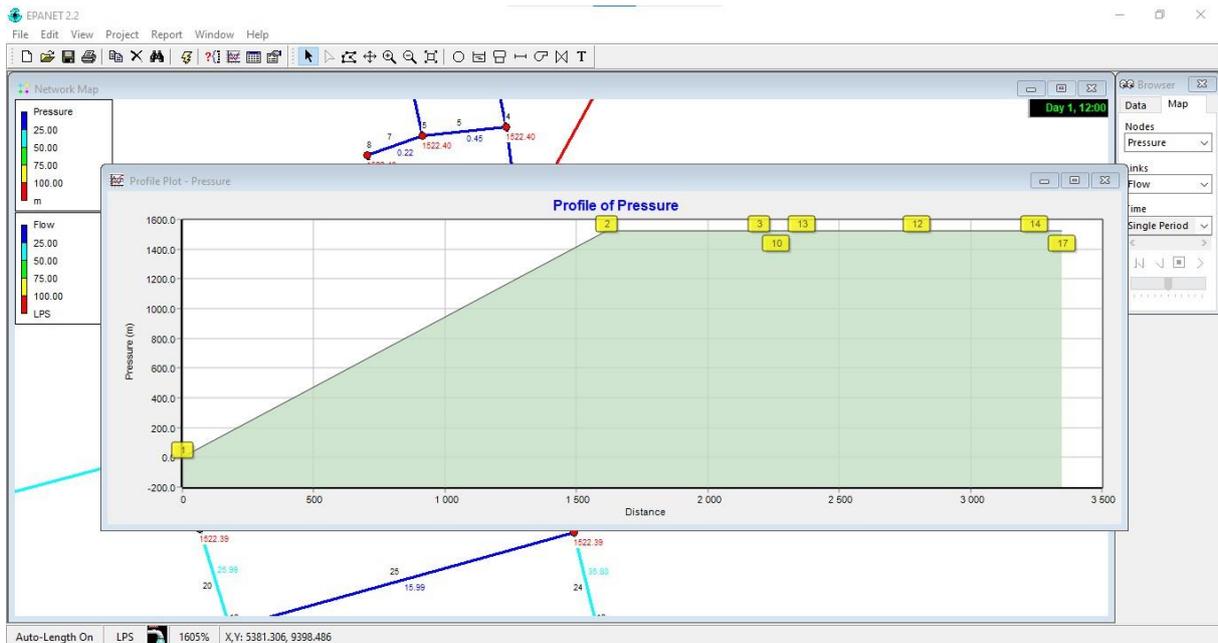
Node ID	Elevation m	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc 13	0	0.11	1522.39	1522.39
Junc 14	0	0.11	1522.39	1522.39
Junc 15	0	0.11	1522.39	1522.39
Junc 16	0	0.11	1522.39	1522.39
Junc 17	0	0.11	1522.39	1522.39
Junc 18	0	0.11	1522.39	1522.39
Junc 19	0	0.11	1522.39	1522.39
Junc N20	650	0.11	1522.38	872.38
Junc N21	650	0.11	1522.38	872.38
Junc N22	650	0.11	1522.38	872.38
Junc N24	650	0.11	1522.38	872.38
Junc N25	650	0.11	1522.38	872.38
Junc N26	650	0.11	1522.38	872.38
Junc N27	650	0.11	1522.38	872.38
Junc N28	650	0.11	1522.38	872.38
Junc N29	650	0.11	1522.38	872.38
Junc N30	650	0.11	1522.38	872.38
Junc N31	650	0.11	1522.38	872.38
Junc N32	650	0.11	1522.28	872.28
Junc N33	650	0.11	1522.27	872.27
Junc N34	650	0.11	1522.26	872.26
Junc N35	650	0.11	1522.26	872.26
Junc N36	650	0.11	1522.26	872.26
Junc N37	650	0.11	1522.26	872.26

**Figure 36.c.** Extrait de résultat sous forme de tableau (les nœuds).

Un autre résultat sous forme d'un graphe d'un tronçon de réseau (Figure 37.a) où on peut choisir les paramètres, le tronçon et le facteur qu'on veut étudier à fin d'extraire un extrait de profil de pression des nœuds (Figure 37.b).



**Figure 37.a.** Choix des paramètres d'un tronçon de réseau.



**Figure 37.b.** Extrait de profile pression des nœuds confondue.

Ainsi, la modélisation du réseau d'alimentation par l'outil EPANET nous permettra de bien comprendre le fonctionnement ainsi que la localisation des points noirs de ce dernier.

## 2. Requête et analyse par ARCGIS :

La mise en œuvre d'un SIG pour le réseau d'alimentation en eau potable de la ville de Mascara a permis d'analyser le réseau selon différents critères : matériaux, diamètre, type...

### 2.1 Répartition des diamètres des conduites :

Les figures 38(a.b),39(a.b) montrent les requêtes établies et les résultats pour la sélection des conduites de diamètre inférieur et supérieur de 120 mm respectivement.

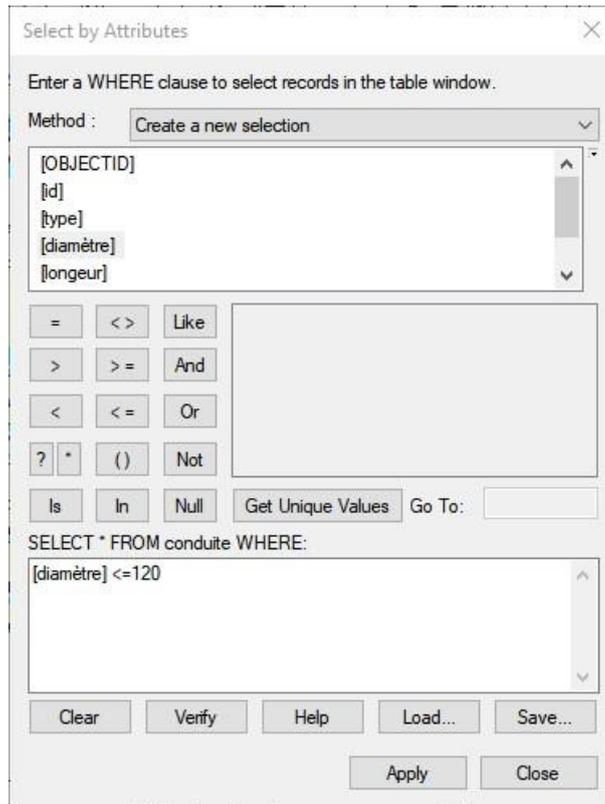


Figure 38.a. Requête pour afficher les conduites en diamètre moins de 120 mm.

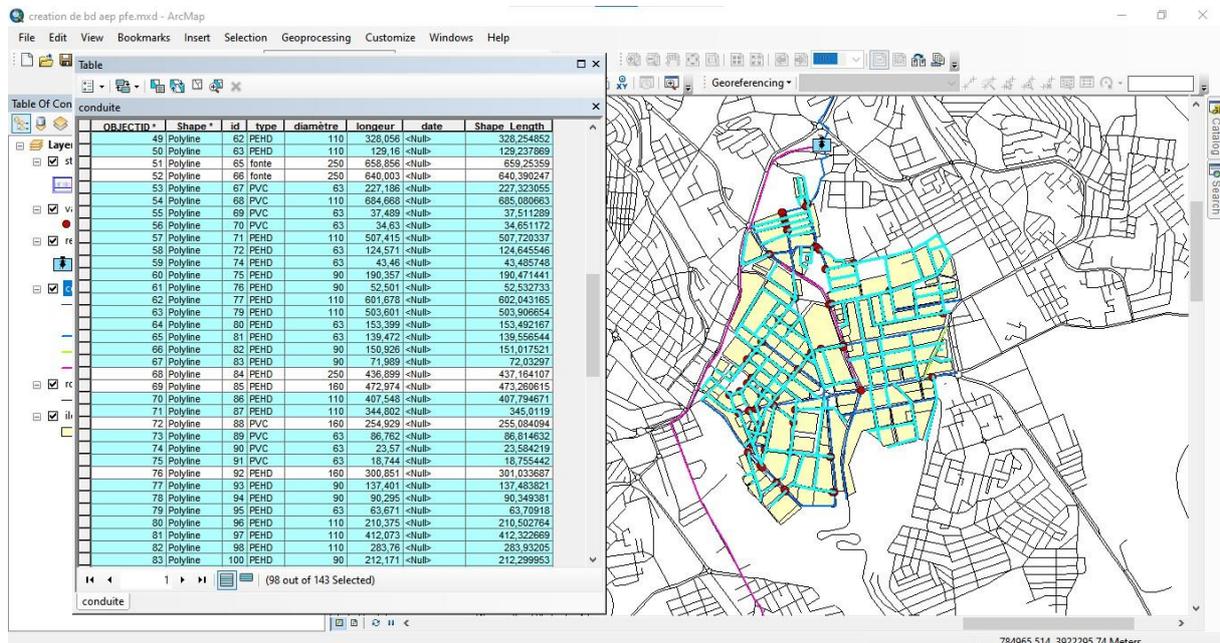


Figure 38.b. Emplacement des conduites en diamètre moins de 120 mm.

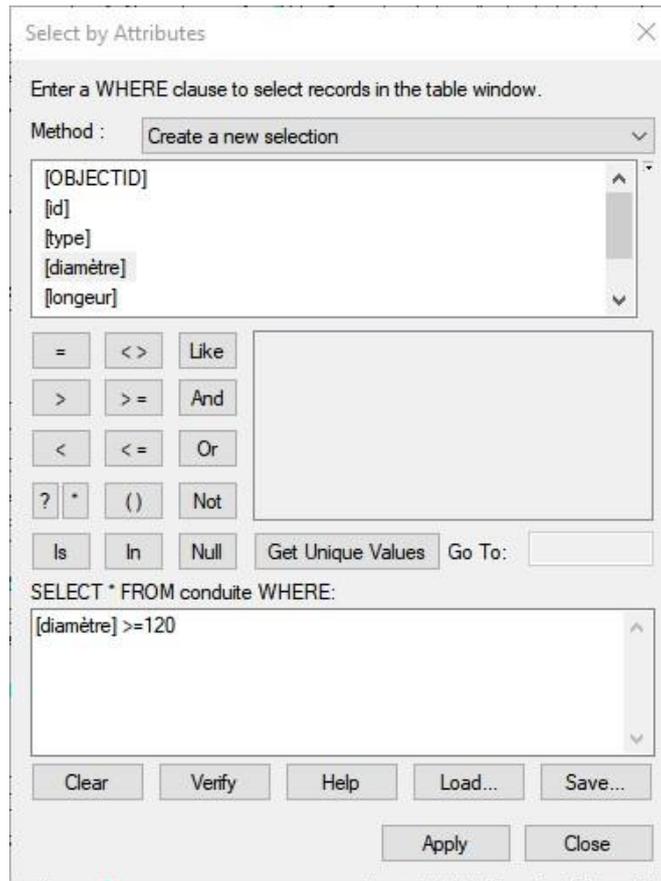


Figure 39.a. Requête pour afficher les conduites en diamètre plus de 120 mm.

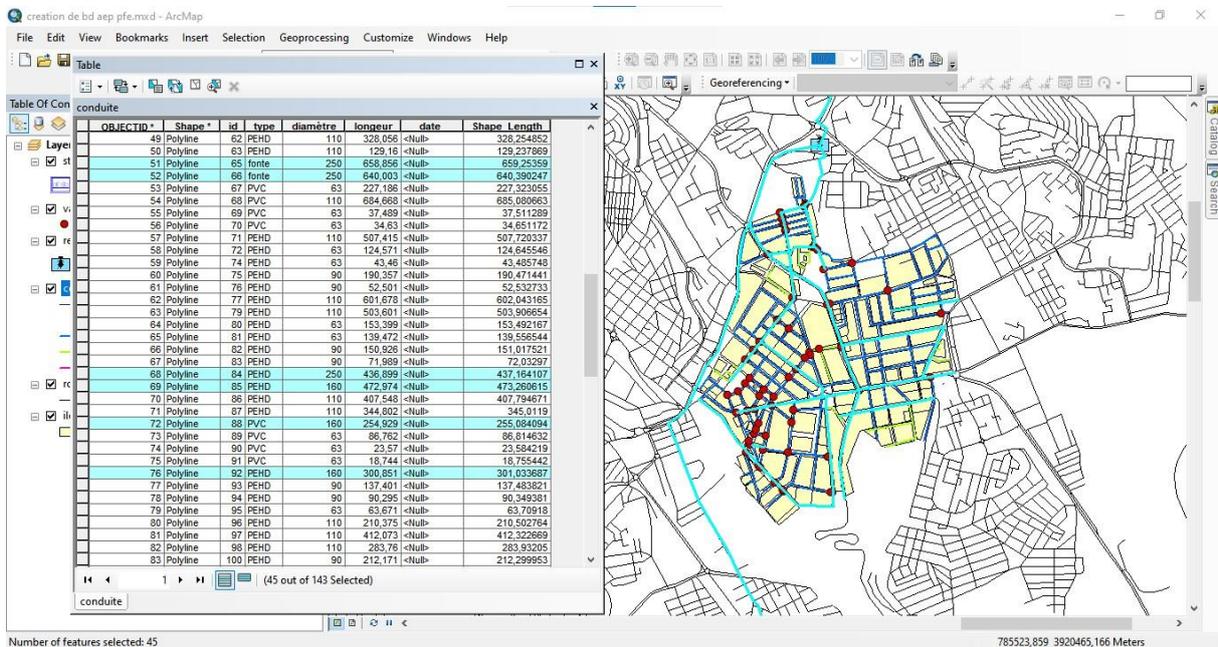
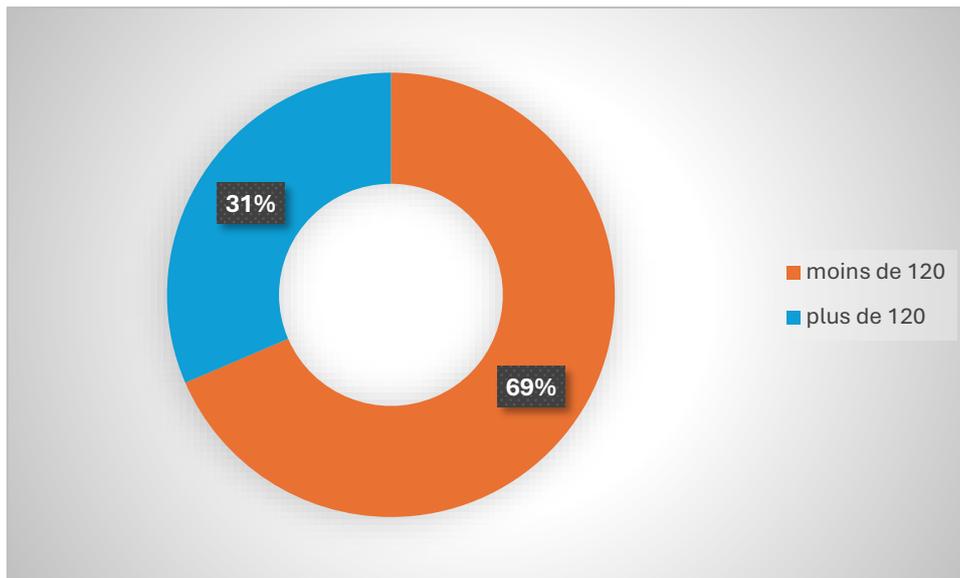


Figure 39.b. Emplacement des conduites en diamètres plus de 120 mm.



**Figure 40.** La répartition des différents diamètres des conduites.

Ce graphe résultat illustre la répartition des diamètres des conduites. Les données sont segmentées en deux catégories : les conduites de diamètre "moins de 120" et celles de "plus de 120" :

- Moins de 120 : représenté en orange, constitue 69% du total.
- Plus de 120 : représenté en bleu, constitue 31% du total.

L'analyse du graphe montre qu'une majorité significative des conduites (69%) ont un diamètre inférieur à 120, tandis que les conduites de diamètre supérieur à 120 représentent moins d'un tiers soit 31%(Figure 40). Cela peut suggérer que les conduites de plus petit diamètre sont plus couramment utilisées, probablement en raison de leur adéquation pour des applications spécifiques, coûts inférieurs, facilité d'installation, ou les besoins du réseau en question.

## 2.2 Répartition des types de matériaux des conduites :

Les figures 41(a.b.c.d.e.f) montrent les requêtes exécutées et leurs résultats pour la sélection des conduites de différents types PEHD / PVC / FONTE.

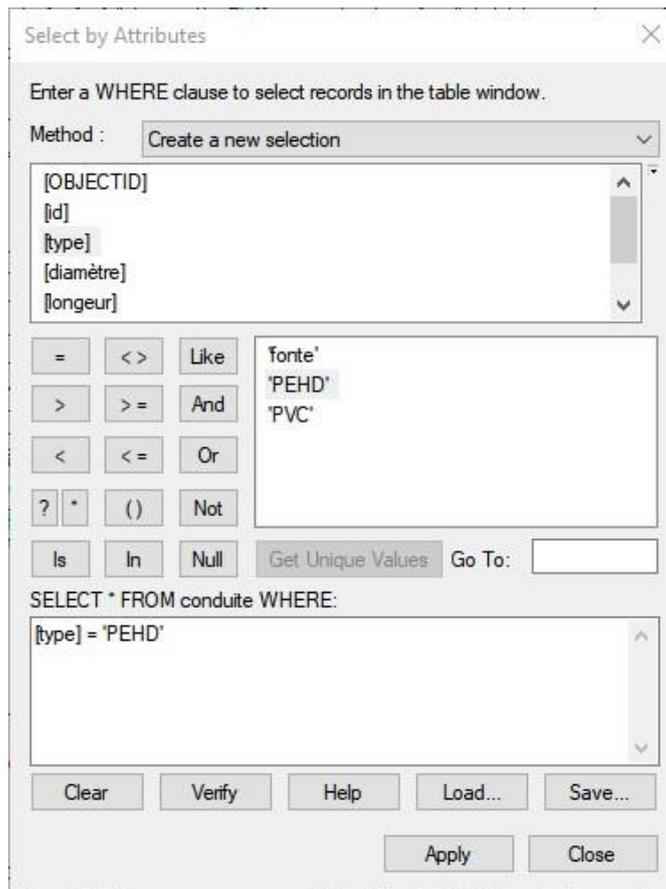


Figure 41.a. Requête pour afficher les conduites en type PEHD.

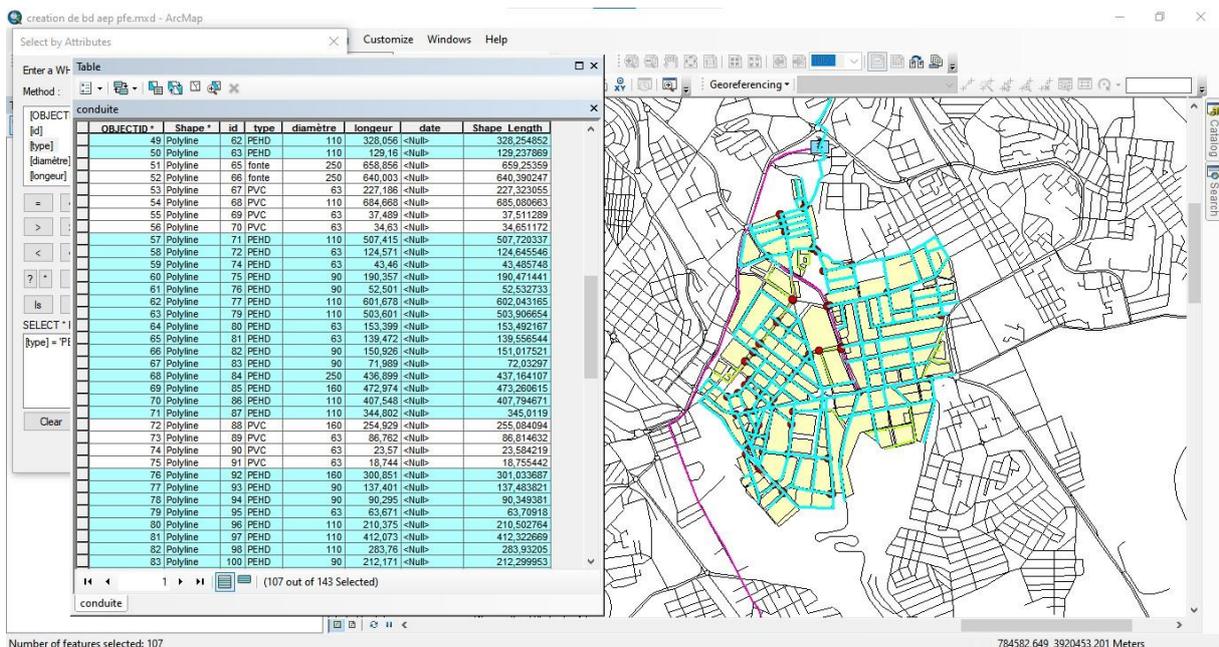


Figure 41.b. Emplacement des conduites en type PEHD.

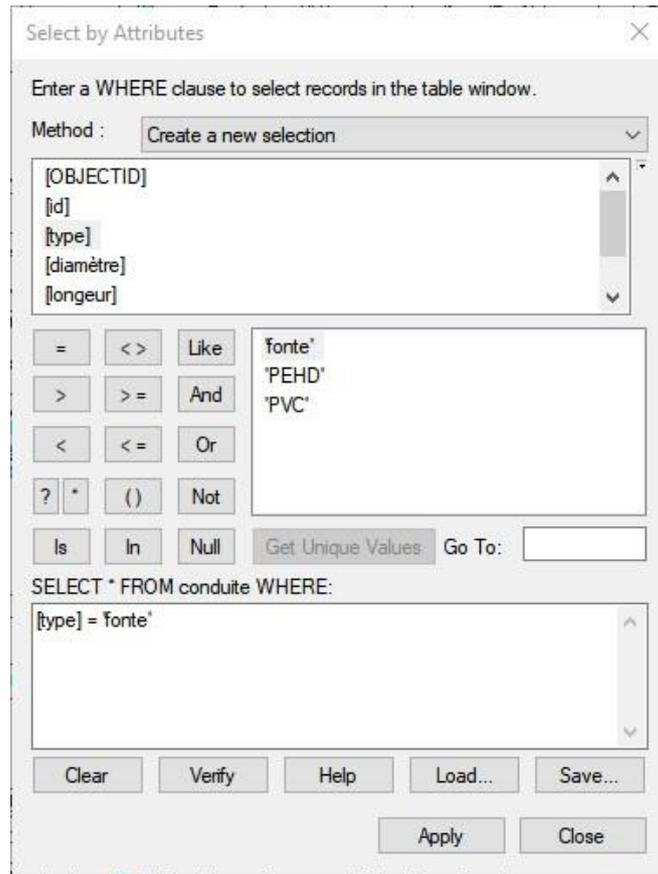


Figure 41.c. Requête pour afficher les conduites en type FONTE.

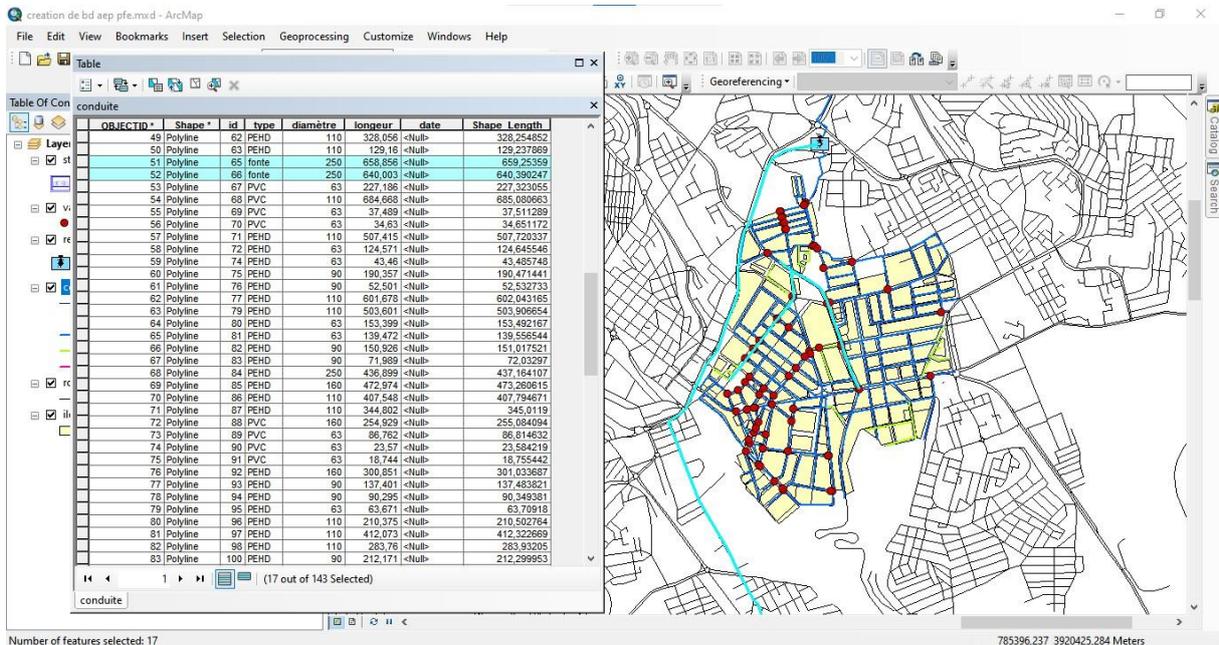


Figure 41.d. Emplacement des conduites en type FONTE.

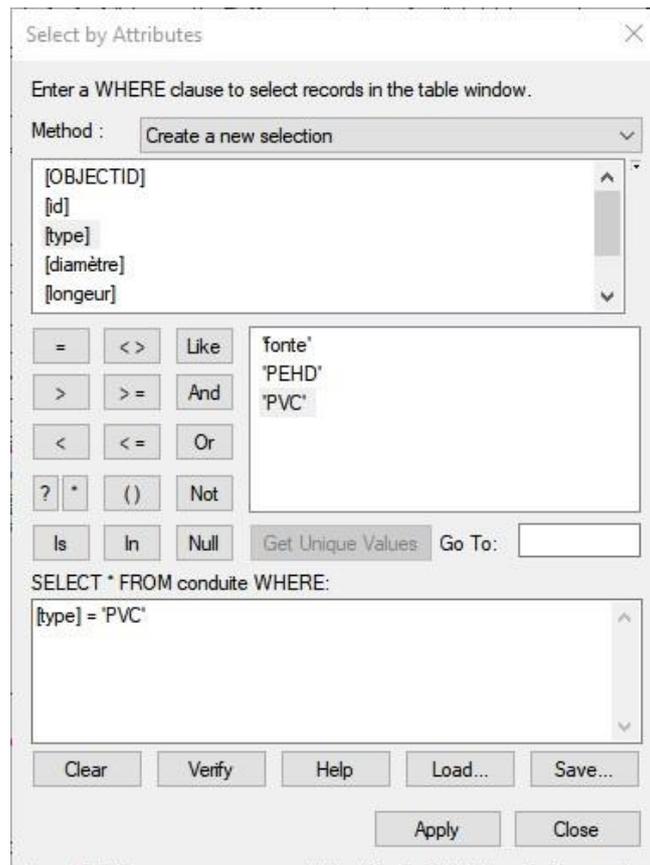


Figure 41.e. Requête pour afficher les conduites en type PVC.

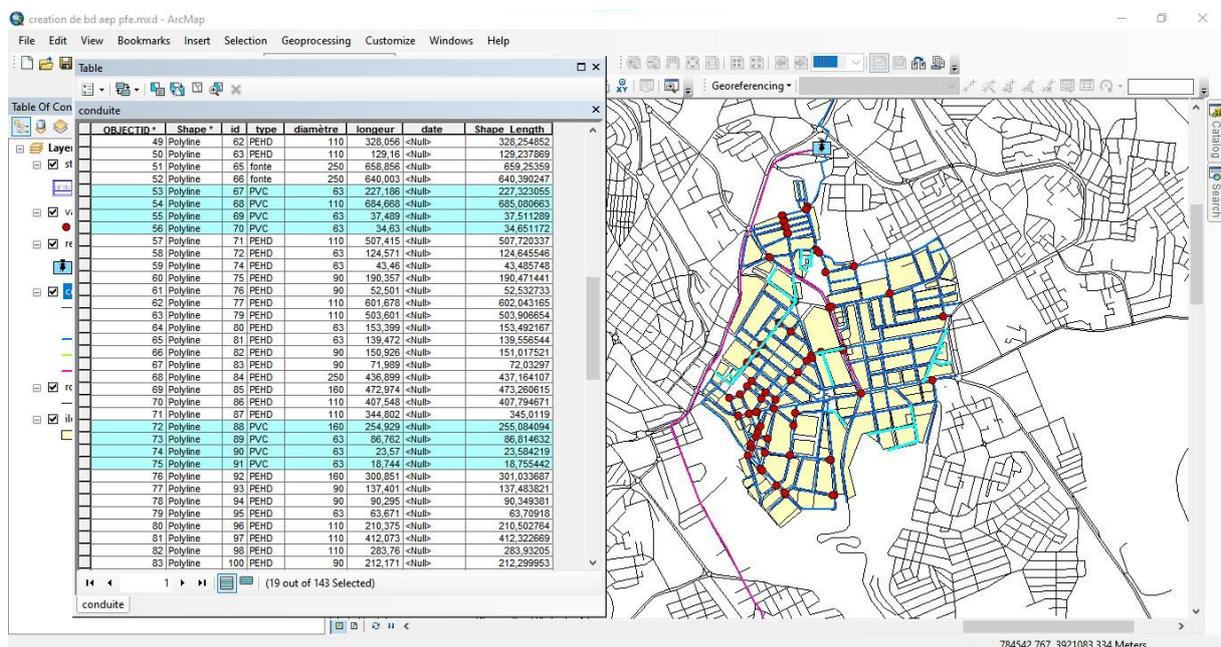
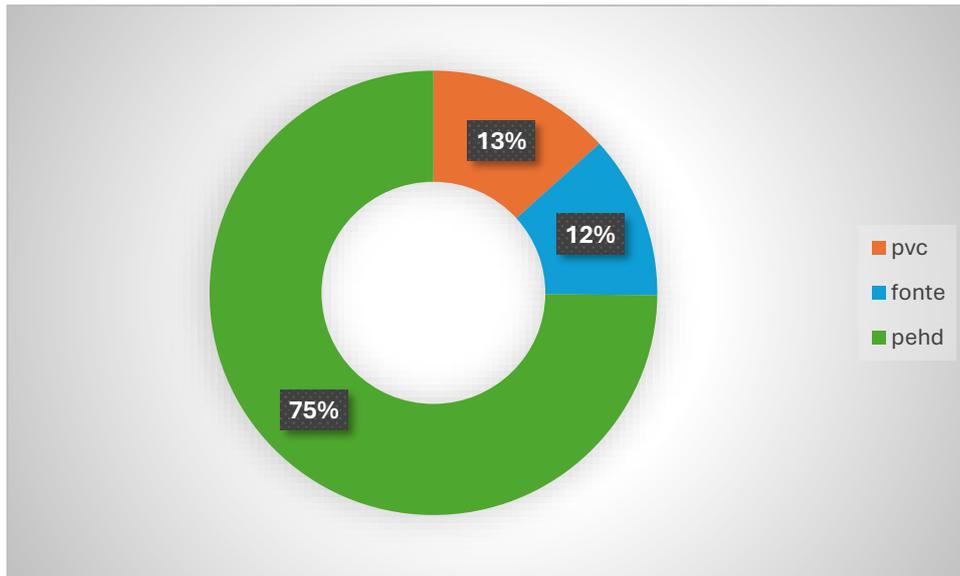


Figure 41.f. Emplacement des conduites en type PVC.



**Figure 42.** Les types de matériaux des conduites

Ce graphe en anneau représente la répartition des types de matériaux de conduite. Les pourcentages des différents matériaux sont indiqués directement sur le graphique (Figure 42) dont :

- PEHD (polyéthylène haute densité) : représenté en vert, constitue la majorité avec 75%.
- PVC (polychlorure de vinyle) : représenté en orange, représente 13%.
- Fonte : de couleur bleu, représente 12%.

L'analyse de ce graphe résultat montre que le PEHD est largement préféré pour les conduites, représentant les trois quarts de la totalité, tandis que le PVC et la fonte sont beaucoup moins utilisés où chacun représente un peu plus d'un dixième de l'ensemble. Cette répartition peut être due à divers facteurs comme la durabilité, le coût, la facilité d'installation ou les propriétés spécifiques des matériaux en question.

Une requête spatiale établie par le SIG ARCGIS nous permet d'avoir la répartition spatiale du débit de la zone d'étude montrant les différentes catégories de conduites selon le débit (Figure 43).



**Figure 43.** Carte de la répartition spatiale de débit de la zone d'étude.

Cette carte offre une visualisation claire de la répartition des débits dans le réseau de conduites de la zone d'étude, mettant en évidence les sections avec différents niveaux de débit. Cela peut être utile pour identifier les zones nécessitant des améliorations, la gestion de la pression dans le réseau, ou pour planifier des extensions futures du réseau de distribution.

- Répartition des Conduites : La majorité des conduites en couleur verte (débit moyen), indiquant que la zone d'étude est majoritairement desservie par des conduites avec un débit compris entre 30 et 60.

- Conduites à Débit Élevé : Les conduites rouges, avec des débits supérieurs à 60, sont situées le long des limites extérieures de la zone d'étude. Cela pourrait indiquer des zones de distribution principale ou des points de jonction importants pour la distribution d'eau à haute capacité.
- Conduites à Débit Faible : Les conduites bleues sont dispersées et semblent concentrées dans des zones spécifiques, probablement des zones résidentielles ou des branches finales du réseau de distribution où les besoins en débit sont moindres.

### **3. Conclusion**

A travers ce chapitre, nous avons abordé une première démarche comme contribution à la mise en place d'un système information géographique pour le réseau d'alimentation en eau potable du centre-ville de Mascara. Nous avons utilisé l'outil ARC-GIS qui est un logiciel plus performant dans le domaine permettant un accès rapide aux données et une analyse plus efficace de ces derniers. Il représente aussi un outil d'aide à la décision aux décideurs et plus particulier les responsables des ressources en eau, ce qui permet une gestion intégrer du réseau d'alimentation en eau potable et de satisfaire les différents besoins en eau de la population concernée.

## **CONCLUSION GENERALE**

La gestion de réseaux d'AEP a pour principal objectif de livrer aux consommateurs une eau répondant aux normes de qualité avec une continuité de service sans défaut. Une bonne connaissance du fonctionnement hydraulique et de l'état des réseaux sont les garants d'une gestion efficace. Compte tenu des difficultés liées à ce genre d'études et des contraintes de distribution et de maintenance, il est nécessaire d'adopter une méthodologie moderne basée sur des outils efficaces de gestion de l'information géographique. Dans ce sens, l'apport de la géomatique est la solution idéale, en l'occurrence les SIG, qui constituent un bon outil et support pour la réalisation, la gestion, l'analyse et le diagnostic du réseau d'AEP. La base de données ainsi constituée grâce à cet outil permet à n'importe quel hydraulicien d'intervenir et l'utiliser dans la rénovation et maintenance du réseaux.

Enfin, on peut dire que le réseau étudié du centre-ville de Mascara, doit être restructuré. En d'autres termes, on conseille d'entamer des opérations de réhabilitation indispensables de certains tronçons pour corriger les problèmes de pressions. Aussi, on propose la rénovation des conduites en PVC.

## **BIBLIOGRAPHIE**

**ABDELBAKI C., 2014.** Modélisation d'un réseau d'AEP et contribution à sa gestion à l'aide d'un SIG. Cas du Groupement Urbain de Tlemcen. Thèse de doctorat. Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen (Algérie), département d'hydraulique. Laboratoire de recherche : Mobilisation et valorisation des ressources en eau – ENSH, 197 p.

**AYARI K. et CHABAANE Z., 2015.** Conception d'un modèle de données pour les réseaux d'eau potable de la SONEDE : validation sur le réseau d'Amilcar (Tunis), Proceedings of the Spatial Analysis and GEOmatics conference, SAGEO, 15 p.

**AZZI L., 2016.** Modélisation d'un réseau d'AEP et contribution à sa gestion à l'aide d'un système d'information géographique. Etude de la rive gauche de la ville de SIDI AICHE. Mémoire de Magister. Université Mohamed Khider -Biskra (Algérie). Faculté des Sciences et de la technologie. Département de Génie civil et d'Hydraulique, 135 P.

**BATCHABANI E., 2014.** Nouvelle approche pour le dimensionnement et l'optimisation de la gestion des réservoirs et de la qualité de l'eau potable dans les réseaux de distribution. Thèse de doctorat. Département des génies civil, géologique et des mines. École polytechnique de Montréal, 162 p

**BENCHAIB M. M., 2012.** Modélisation d'un réseau d'AEP et la contribution à sa gestion à l'aide d'un système d'information géographique : mémoire fin d'études Master :page 17-18.

**BLINDU I., 2004.** Outil d'aide au diagnostic du réseau d'eau potable pour la ville de Chisinau par analyse spatiale et temporelle des dysfonctionnements hydrauliques. Thèse de doctorat. Sciences de l'environnement. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne ; Université Jean Monnet- Saint-Etienne, 304 p.

**BONVIN J., 2005.** Hydraulique urbaine I. Ecole d'ingénieurs du Canton de Vaud. Département Environnement Construit et Géoinformation.,(Suisse), 110 p.

**DESTHIEUX G., 2005.** Approche systémique et participative du diagnostic urbain: Processus de représentation cognitive du système urbain en vue de l'élaboration d'indicateurs géographiques, Thèse de doctorat de l'école polytechnique fédérale de Lausanne, Suisse.

**DIMITRI S., BAKARY D., 2007.** L'utilisation des systèmes d'information géographiques dans les Instituts/Bureaux nationaux de statistique africains, African Statistical Journal Vol 5, pp.161-181

**DUPONT A., 1979.** Hydraulique urbaine, Tome 2,. Edition Eyrolles, 484 p.

**IAAT, 2003.** Cahier méthodologique sur la mise en œuvre d'un SIG, 34 p.

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

**MARMONIER P., 2002.** Information géographique. Ecole Nationale des Sciences Géographiques, CERSIG, Paris, France, 46 p.

**MIRALLES A., 2006.** Ingénierie des modèles pour les applications environnementales, Thèse de doctorat en informatique, Université de Montpellier II, 344p.

**MOJERON J., 1991.**Merise par l'exemple, Les éditions d'organisation, 247 p.

**PAEGELOW M., 2004.** Géomatique et géographie de l'environnement. De l'analyse spatiale à la modélisation prospective. Tome 1. Département de Géographie et Aménagement. Université de Toulouse le Mirail.Toulouse II, 211 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, 171p.

**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 Countrie.

**ROUET P., 1993.** Les données dans les Systèmes d'Information Géographique, Edition Hermes.

**SEDDI A., 2019.** Mémoire fin d'études Master : Application au réseau d'AEP de l'agglomération de Rebahia (saida) : page 10-21.

**Tena-Chollet F., Sauvagnargues-Lesage S., Thierion V. et Ayrat P. A.,** Systèmes d'information géographique : mise en œuvre, Techniques de l'ingénieur, 2010, Référence H7416.

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

**Webographie :**

<https://www.randoquebec.ca/geomatique/departement/>