

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
*Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique*



**Université de Ghardaïa**

N° d'ordre :  
N° de série :

Faculté des Sciences et Technologie  
Département hydraulique et génie civil

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de**

## **MASTER**

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Hydraulique

Spécialité : Hydraulique urbaine

**PAR : BOUKHETTA Abdessalam.  
SAMMOUNE Mohammed.**

## **Thème**

**Support de décision spatiale pour la gestion des  
ressources en eau de la Vallée de Ghardaïa.**

**Soutenu publiquement le 14/11/2020**

**Devant le jury :**

<b>Mr. CHEBBIHLIL</b>	<b>.MAA</b>	<b>Université Ghardaïa</b>	<b>Président</b>
<b>Mr. ACHOUR .M.</b>	<b>MAA</b>	<b>Université Ghardaïa</b>	<b>Examineur</b>
<b>Mr. BOULMAIZ.T</b>	<b>.Doctorant</b>	<b>Université Ghardaïa</b>	<b>Encadreur</b>

**Année Universitaire : 2019/2020**

## ملخص

الهدف من عملنا هو إنشاء نظام المعلومات الجغرافية لمستجمعات المياه في واد مزاب بحيث يمكن استخدامه لاحقاً في العديد من التطبيقات بما في ذلك إدارة الموارد المائية والتنبؤ بالفيضانات والسيول

QGIS خلال هذا العمل، قمنا بجمع البيانات من مختلف المؤسسات ودمجها في برنامج

تمكنا من بناء قاعدة بيانات لمدينة غرداية و إنشاء خرائط يمكن أن تكون بمثابة دعم للدراسات المستقبلية

## Résumé

Le but de notre travail est la constitution d'un SIG du bassin versant de la vallée de m'Zâb afin qu'il soit utilisé par la suite dans plusieurs applications dont la gestion des ressources en eau, prévision des crues et des inondations,

Au cours de ce travail, nous avons collecté des données auprès de diverses institutions et les avons intégrées au programme QGIS

Nous avons pu construire une base de données pour la ville de Ghardaïa et créer des cartes qui pourraient servir de support pour de futures études.

## summary

The goal of our work is the constitution of a GIS of the watershed of the valley of m'zab so that it can be used subsequently in several applications including the management of water resources, flood forecasting and floods,

During this work, we collected data from various institutions and incorporated it into the QGIS program

We were able to build a database for the city of Ghardaïa and create maps that could serve as a support for future studies.

# Je dédie ce travail

A mes chers parents qui m'ont toujours soutenu

et encouragé à tout moment

À mes chers frères

Pour tous les membres de ma famille

A tous mes enseignants tout au long de mes études

Veillez accepter l'expression de ma profonde gratitude

pour votre soutien, encouragement et affection.

À tous mes amis et mes collègues de l'université.

ABDESSLEM

# Je dédie ce travail

A mes chers parents qui m'ont toujours soutenu

et encouragé à tout moment

À mes chers frères

Pour tous les membres de ma famille

A tous mes enseignants tout au long de mes études

À tous mes amis et mes collègues de l'université ;

A tout le monde.

MOHAMMED

# REMERCIEMENTS

IL EST PARTICULIÈREMENT AGRÉABLE D'EXPRIMER TOUTE NOS GRATITUDE À **DR. BOULMAIZ TAYEB** QUI A BIEN VOULU DIRIGER CE TRAVAIL ET POUR SA BIEN VAILLANCE, SON ATTENTION AINSI QUE POUR SES REMARQUES ET CRITIQUES CONSTRUCTIVES.

LE DOCTORANT **BENGAID YACINE**, POUR SON AIDE ET SES CONSEILS.

TOUS LES MEMBRES DU **CLUB HYDRO GC** ET À TOUT QUI ME DONNE LA MAIN D'AIDE POUR FINIR CE TRAVAIL.

TOUT LE PERSONNEL ADMINISTRATIF DE LA FACULTÉ S.T ET DU DÉPARTEMENT DE HYDRAULIQUE ET GÉNIE CIVIL ET À TOUS NOS ENSEIGNANTS.

ENFIN À TOUS CEUX QUI ONT CONTRIBUÉ DE PRÈS OU DE LOIN À LA RÉALISATION DE CE MÉMOIRE.

## Table des matières

1.1	Introduction.....	5
1.2	Définition de l'information géographique.....	5
1.3	Les composants de l'information géographique.....	5
1.4	La représentation de l'information géographique.....	5
1.4.1	Classification des informations géographiques.....	5
1.4.2	Dualité Raster – Vecteur.....	6
1.5	Caractéristiques de l'information géographique.....	8
1.6	Historique du S.I.G.....	8
1.7	Les composantes d'un SIG.....	9
1.7.1	Matériel : .....	9
1.8	Les fonctionnalités du S.I.G.....	10
1.9	Le rôle des SIG.....	12
1.10	Domaines d'application des SIG.....	12
1.11	Présentation du logiciel QGIS.....	13
2.1	Introduction.....	18
2.2	Situation géographique.....	18
2.3	Climatologie.....	19
2.4	Pluviométrie.....	19
2.5	Température.....	19
2.6	L'humidité.....	20
2.7	Les précipitations.....	20
2.8	Synthèse climatique.....	21
2.9	Géologie.....	23
2.10	Hydrologie et Hydrogéologie.....	24
2.10.1	Nappe phréatique.....	25
a.	L'aquifère alluvionnaire quaternaire.....	25
b.	L'aquifère Cénomano-Turonien.....	25
2.10.2	Nappe du Continental Intercalaire.....	26
3.1	Introduction.....	28
3.2	Nappes souterraines.....	28
a.	Les nappes superficielles (phréatiques).....	28
b.	Piézométrie de la nappe albienne (CI) : .....	29
3.3	Les forages.....	30
3.3.1	Historique de recherche et d'exploitation a Ghardaïa.....	30

3.4	Les digues et les barrages.....	33
3.4.1	Barrage d'EL-Haimeur et Boubrik.....	34
3.4.1.1	Situation géographique .....	33
3.4.1.2	Géométrie de l'ouvrage :.....	34
3.4.1.3	Matériaux de construction .....	35
3.5	Les barrages de captage des eaux dans la ville .....	36
3.5.1	Barrage Bouchéne .....	36
3.5.2	Barrage Touzouz.....	37
4.1	Introduction.....	39
4.2	Implantation des forages au SIG .....	39
4.3	Implémentation des réservoirs au SIG .....	42
4.4	Implémentation des nappes de la région de Ghardaïa .....	42
	CONCLUSION GÉNÉRALE .....	49
	Annexe.....	51
	Bibliographie.....	54

## Liste des figures

N°	Titres	Page
Figure 01	Différenciation entre le mode Raster et Vecteur	<b>7</b>
Figure 02	Représentation des images Raster et Vecteur	<b>7</b>
Figure 03	Schéma des composantes d'un SIG.	<b>10</b>
Figure 04	Les fonctionnalités du S.I.G [NOTTET, 2002].	<b>11</b>
Figure 05	Domaines d'application des SIG	<b>13</b>
Figure 06	Interface standard de Qgis	<b>14</b>
Figure 07	Personnalisation menus	<b>15</b>
Figure 08	Gestion de couches	<b>16</b>
Figure 09	Propriété couche	<b>16</b>
Figure 10	Carte de la géomorphologie de la wilaya de Ghardaïa (ANRH Ghardaïa)	<b>18</b>
Figure 11	Humidité moyenne mensuelle et annuelle de station de Ghardaïa (1990-2014) (ONM, 2014)	<b>20</b>
Figure 12	Histogramme des précipitations (stat. Ghardaïa/ANRH 1990-2001).	<b>21</b>
Figure 13	Diagramme d'Emberger (2006-2016). Source : Station de Ghardaïa	<b>22</b>
Figure 14	Diagramme Pluviothermique de BAGNOULS et GAUSSEN caractéristique de la région de Ghardaïa (2006-2015)	<b>23</b>
Figure 15	Présentation de la forme géologique de la vallée du M'zab	<b>24</b>
Figure 16	Carte piézométrique de la nappe phréatique (ANRH Ghardaïa).	<b>29</b>
Figure 17	Carte piézométrique de la nappe albienne (ANRH Ghardaïa).	<b>30</b>
Figure 18	Exploitation dans la nappe albienne dans la vallée du m'zab par usage (Mansour Achour 2014)	<b>31</b>
Figure 19	Localisation des barrages El haimeur & Bou brik (Ghardaïa)	<b>33</b>
Figure 20	L'entrée du barrage de Bouchéne.	<b>37</b>
Figure 21	Barrage de Touzouz.	<b>37</b>
Figure 22	Extrait du fichier contenant les forages de la région de la vallée de Ghardaïa (DRE)	<b>39</b>
Figure 23	Extrait du fichier contenant les réservoirs de la région de la vallée de Ghardaïa (DRE)	<b>39</b>

Figure24	Capture d'écran de l'ajout d'une couche de type texte	<b>40</b>
Figure25	capture de réglage de référence système	<b>41</b>
Figure 26	Situation géographique des forages sur la map Google	<b>41</b>
Figure27	capture d'écran du tableau attributaire de la couche forage	<b>42</b>
Figure28	les réservoirs de la valeur	<b>42</b>
Figure29	l'image de calque des nappes (a) albienne et (b) phréatique	<b>43</b>
Figure30	capture de la référencer les images	<b>43</b>
Figure31	la fenêtre de géoreference	<b>43</b>
Figure32	Sélection des points pour le géoreferencement	<b>44</b>
Figure33	Paramètre de transparence d'une couche	<b>45</b>
Figure34	fenêtre pour la création d'une nouvelle couche	<b>46</b>
Figure35	La couche de la nappe albienne	<b>46</b>
Figure36	Lacouche de la nappe phréatique	<b>47</b>
Figure 37	Forage de N'tissa	<b>50</b>
Figure 38	Forage de N'tissa	<b>50</b>
Figure 39	Forage de Bab El-gharbi	<b>51</b>
Figure 40	Forage de Hamrayat	<b>51</b>
Figure 41	Forage de zouile	<b>52</b>
Figure 42	Les forages et les réservoirs de la Vallée de m'Zâb	<b>52</b>

## Liste des tableaux

<b>N°</b>	<b>Titres</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau 01</b>	Température moyenne mensuelle et annuelle de station de Ghardaïa (1990-2014) (ONM, 2014).	<b>20</b>
<b>Tableau 02</b>	Formation géologique et perméabilité des aquifères	<b>26</b>
<b>Tableau 03</b>	Caractéristiques géométriques de la section maximale de la digue El-haimeur	<b>34</b>
<b>Tableau 04</b>	Caractéristiques géométriques de la section maximal de la digue Bou brik	<b>35</b>
<b>Tableau 05</b>	La perméabilité et teneur en eau des matériaux de construction barrage d'El-haimeur.	<b>35</b>
<b>Tableau 06</b>	La perméabilité et teneur en eau des matériaux de construction barrage de Bou brik.	<b>36</b>

## Liste d'abréviation

**ADE** : Algérienne de l'eau

**ANRH** : Agence nationale des ressources hydriques

**AEP** : Alimentation en eau potable

**B** : Perte de charge linéaire

**BET** : Bureau d'étude

**C** : Perte de charge quadratique.

**Ci** : Continentale intercalaire

**H** : Humidité

**NNR** : Niveau normal de retenue

**P** : Pluviosité

**PHE** : Plus haute eau

**Q** : Débit

**S** : Rabattement

**T** : Température

**V** : Volume d'eau

# **INTRODUCTION GÉNÉRALE**

### INTRODUCTION GÉNÉRALE

Dans la matière de la gestion des ressources, les Systèmes d'Information Géographiques se présentent comme des technologies efficaces. Ayant un large domaine d'application, ils ont montré une grande efficacité dans la matière de la gestion des ressources grâce à leur performance dans le géoréférencement. Ils offrent des outils appropriés pour la combinaison de données spatiales ainsi que des modèles sur un même support graphiques. Ce ci permettra une communication des informations entre les intervenants afin d'assurer une bonne coordination des activités.

Le SIG conçu pour recueillir, stocker, traiter, analyser, gérer et présenter tous les types de données spatiales et géographiques. L'acronyme SIG est parfois utilisé pour définir les « sciences de l'information géographiques » ou « études sur l'information géo spatiale ». Cela se réfère aux carrières ou aux métiers qui impliquent l'usage de systèmes d'information géographique et, dans une plus large mesure, qui concernent les disciplines de la géoinformatique (ou géomatique). Ce que l'on peut observer au-delà du simple concept de SIG a trait aux données de l'infrastructure spatiale.

Dans un sens plus général, le terme de SIG décrit un système d'information qui intègre, stocke, analyse et affiche l'information géographique. Les applications liées aux SIG sont des outils qui permettent aux utilisateurs de créer des requêtes interactives, d'analyser l'information spatiale, de modifier et d'éditer des données par l'entremise de cartes et d'y répondre cartographiquement. La science de l'information géographique est la science qui sous-tend les applications, les concepts et les systèmes géographiques

Le travail du projet consistait à mettre en place une base de données utilisant le programme Qgis et à prendre des images satellites de la vallée du M'zab pour déterminer les sites de forage d'eau, les réservoirs d'eau et les hauteurs des couches terrestres.

Dans le premier chapitre on doit présenterLes systèmes d'information géographique et ces composantes et ces caractéristiques aussi l'utilisation de programme de Qgis

Dans le deuxième chapitre on doit présenter le site de zone d'étude et faire une étude climatique que la précipitation, la température, pluviométrie , l'humidité, et aussi aspect géologie et hydrogéologie

Dans le troisième chapitre on doit identifier les nappes souterraines et les forages , les digues et les barrages

## **INTRODUCTION GÉNÉRALE**

---

Dans le quatrième chapitre on doit présenter la méthodologie d'analyse des données géospatiales à l'aide du programme QGIS, montrant les différentes étapes nécessaires à ce travail et la source des informations à saisir.

**CHAPITRE 1**

**LES SYSTEMES**

**D'INFORMATION**

**GEOGRAPHIQUE**

## 1.1 Introduction

Les besoins en cartographie dans le quotidien des décideurs ont fait apparaître les systèmes d'information géographique (SIG). L'objectif du SIG est de produire des données géographiques dans le but d'effectuer des traitements sur les informations géolocalisées pour visualiser des cartes et prendre des décisions. C'est une des missions fondamentales du SIG que de fournir aux décideurs l'information pertinente à la prise de décision (Mahdid,2019).

## 1.2 Définition de l'information géographique

L'information géographique peut être définie comme :

- Les aspects qualitatifs déterminent l'essentiel des possibilités d'un système d'information, la quantité des informations se définit au travers de trois critères. Elle peut se formaliser aisément dans le référentiel à trois dimensions. Une fois définis ces critères, il reste à mettre en place une chaîne de collecte, de traitement et de représentation.
- Une information géographique renvoie à un objet localisé sur la surface terrestre et qui comporte plusieurs attributs. On le localise à l'aide d'un système de références dans l'espace, par la localisation relative, on peut comparer cet objet par rapport à d'autres objets (Brocard et al, 1996).

## 1.3 Les composants de l'information géographique

L'information géographique a une double composante :

Une composante graphique : description de la forme de l'objet géographique et sa localisation dans un référentiel cartographique.

Une composante attributaire: caractéristique décrivant l'objet (description géométriques, caractéristiques schématiques).

## 1.4 La représentation de l'information géographique

### 1.4.1 Classification des informations géographiques

Toute tentative de classification des informations nous conduit à une représentation dans un système quadripolaire comprenant :

- Les informations dites « topographiques », comme les cartes de base, les plans cadastraux, ...etc. ;

- Les informations dites « thématiques », comme les plans de secteur, les plans d'aménagement, les cartes pédologiques, géologiques, ...etc.
- Les informations dites « modèle numériques », comme les modèles numériques de terrain (MNT).
- Les informations dites « images », comme les ortho-photos numériques, les données satellitaires fournies par « Landsat » ou « Spot » par exemple.

Dans un environnement informatique graphique, l'unité formelle de ces quatre pôles prend un format bipolaire dite la « Dualité Raster - Vecteur ».

- Le domaine vectoriel recouvre les informations « topographique », « thématique » et « modèles numériques ».
- Le domaine Raster (image numérique) recouvre les informations « topographiques », « thématiques » et « image ». Il comprend à la fois des données à traiter qualitativement (photos, pour certaines applications) et quantitativement (images classées, cartes thématiques). (MAHDID, 2019)

### 1.4.2 Dualité Raster – Vecteur

Le mode Raster représente l'espace étudié par une grille régulière de cellules pour former une image constituée des lignes et des colonnes, le mode Raster que Collet (1992) propose de nommer en français mode image, consiste à poser sur la carte à saisir une grille à mailles petites et carrées puis à enregistrer sous forme matricielle la nature du sol dans chaque surface élémentaire ainsi définie (Legros, 1996).

Les données de ce mode ont l'avantage d'être exhaustives, mais l'inconvénient est de générer des fichiers de taille importante (Zwaenepoel, 2000).

Le mode vecteur utilise les concepts géographiques de point, lignes et polygones pour représenter chacune des entités de l'espace géographique. Ce mode de stockage de l'information est adapté aux données discrètes, comme des positions de silos (points), un réseau hydrographique (lignes) ou encore des limites de parcelles (polygones). L'intérêt particulier de ces données est que l'on réalise ainsi une cartographie thématique en ne choisissant que ce que l'on souhaite avoir dans sa base de données. Mais très vite se pose la question de la structuration plus compliquée de la base de données (Fig 01 et 02).

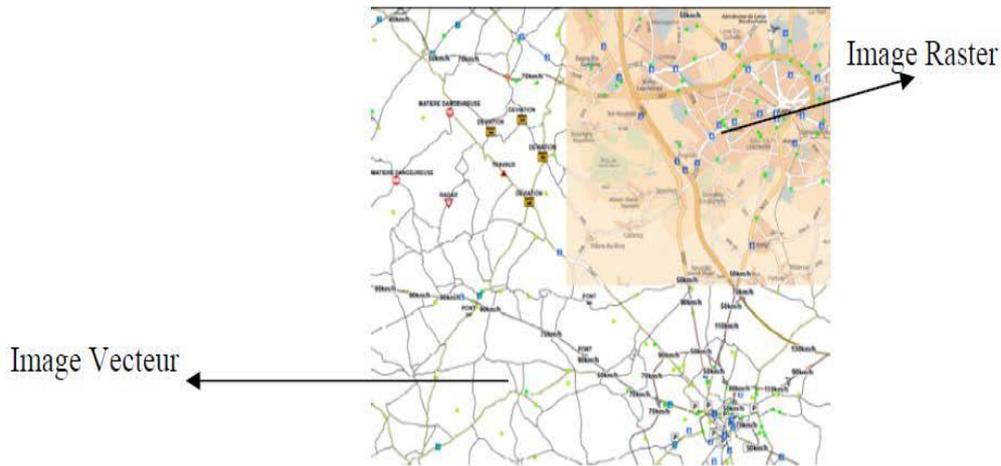


Figure 1. Différenciation entre le mode Raster et Vecteur (Mahdid,2019)

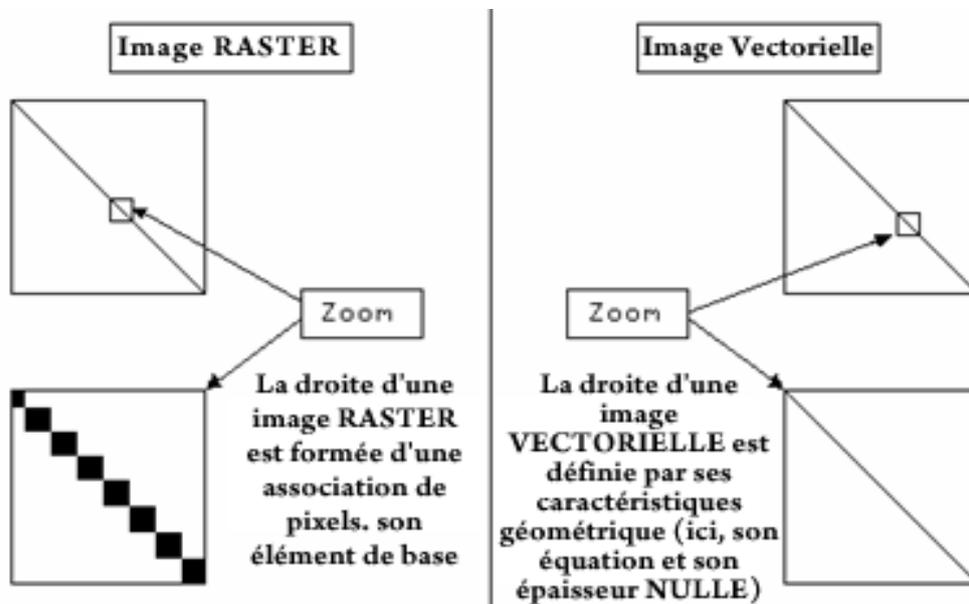


Figure 2. Représentation des images Raster et Vecteur(Mahdid, 2019)

Ces deux représentations exigent des moyens d'acquisition des données bien distincts. On peut citer les moyens suivants :

**\*En vectoriel :**

- Table de numérisation ;
- Restituteurs analytiques ;
- Logiciels de vectorisation d'une image Raster.

**\*En matriciel :**

- Caméras métriques fournissant les photos à numériser ;
- Scanner (multi spectral digital, ...etc.)
- Caméra vidéo à sortie numérique ;

-Logiciels de rastring à partir d'une base vectorielle.

Les domaines « vecteur et Raster », se sont développés séparément. Les données vectorielles possédaient une structuration minimale (possibilité d'identification) complétées ensuite par une structure topologique afin de traiter les données surfaciques et les réseaux donnant naissance aux premiers S.I.G.

Les données Raster sont développées dans l'environnement de la télédétection par les logiciels des corrections géométrique, radiométrique et de classification (Margada, 1988).

### 1.5 Caractéristiques de l'information géographique

L'individu statique en géographie peut être :

- Une unité spatiale provenant du découpage d'un espace continu. Ce découpage spatial peut être administratif, politique ou correspondre à une réalité physique (vallée, plaine, etc.).
- Une entité ou un objet dans l'espace : cela peut être un ménage, une entreprise ou une exploitation agricole ou, à une autre échelle géographique, l'îlot, le quartier, la ville, etc.
- Un flux ou un échange entre deux lieux géographiques. Ce flux peut être un flux migratoire, des flux de marchandises, d'informations, etc. Géométriquement, cette information peut être :

- Ponctuelle : un sujet ou un objet localisé dans l'espace.
- Linéaire : un flux, un réseau entre deux ou plusieurs points (Mahdid, 2019)

### 1.6 Historique du S.I.G

**A.** Période des précurseurs (années 60) :

- Développement "aléatoire" ;
- Travaux pionniers des laboratoires de calcul (USA principalement) (Beltran et Griset, 2007) ;
- Applications pilotes (USA Bureau of the Census, militaires).

**B.** Expérimentation (années 70) :

- Arrivée des unités graphiques, informatique des spécialistes ;
- Apparition des premières compagnies de logiciels de S.I.G ;
- ESRI 1969, Intergraph, Computer Vision, Synercom.

**C.** Mise en œuvre (années 80) :

- Développement des applications ;
- Diffusion des outils (Ex : ArcInfo 1982) ;
- Essor de la recherche, mise en place des programmes d'enseignement ;

- Emergence d'une communauté d'utilisateurs.

D. Maturité (années 90) :

- Généralisation des applications et élargissement des thématiques ;
- Multiplication des outils, apparition du Desktop GIS ;
- Apparition d'un marché commercial ;
- S.I.G sur internet.

E. Diffusion (années 2000) :

- S.I.G Mobile (Geolocationbased services)
- Interopérabilité (RiedoetChetelat, 2001).

### 1.7 Les composantes d'un SIG

Un Système d'Information Géographique est constitué de cinq composants majeurs (Collet, 1994).

#### 1.7.1 Matériel :

Le traitement des données à l'aide des logiciels ne peut se faire sans un ordinateur. Pour cela, les SIG fonctionnent aujourd'hui sur une très large gamme d'ordinateurs.

#### 1.7.2 Logiciels :

Les logiciels de SIG offrent les outils et les fonctions pour l'exécution des 05 fonctionnalités des SIG : (Acquisition, Archivage, Analyse, Affichage, Accès).

Les principaux composants d'un logiciel SIG sont :

- Outils de saisie et de manipulation des informations géographiques ;
- Système de Gestion de Base de Données ;
- Outils géographiques de requête, d'analyse et de visualisation ;
- Interface graphique utilisateur pour une utilisation facile.

#### 1.7.3 Données :

Les données sont la composante la plus importante des SIG (donnéesgraphiquesspatiales, données alphanumériques...). Les données géographiquespeuvent être, soit importées à partir de fichier, soit saisies manuellementpar l'opérateur.

#### 1.7.4 Le savoir-faire :

Tous les éléments décrits précédemment ne peuvent prendre visantune connaissance technique de ces derniers. Un SIG fait appel à de diverssavoir-faire, donc à des divers métiers qui peuvent être effectués par une ou plusieurs personnes. On retiendra notammentla nécessité d'avoir des compétences en analyse des données et des processus, en traitementstatistique, en sémiologie cartographique et en traitement graphique.

### 1.7.5 Les utilisateurs :

Les SIG s'adressent à une très grande communauté d'utilisateurs depuis ceux qui l'ont créé et le maintiennent jusqu'aux utilisateurs ordinaires. (MAHDID, 2019)



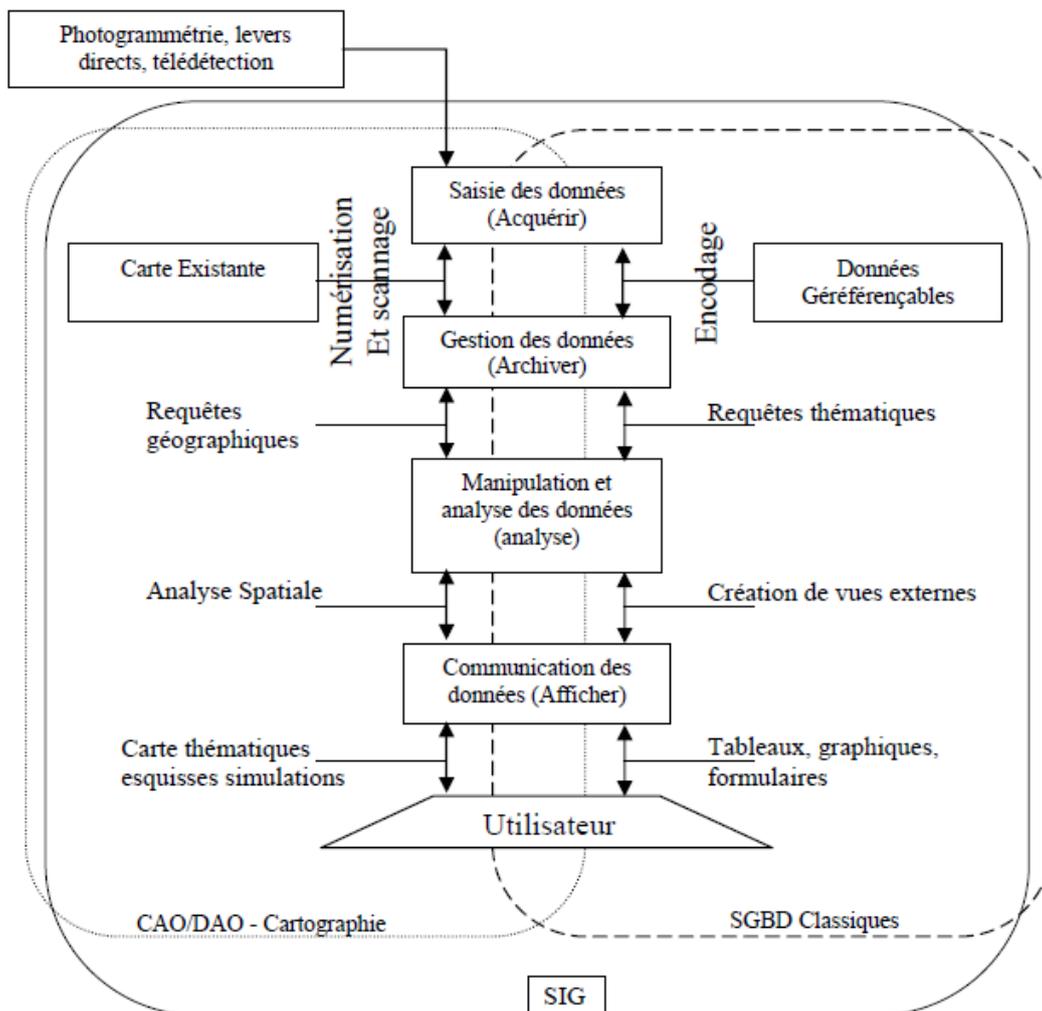
**Figure3.** Schéma des composantes d'un SIG.(Mahdid, 2019)

### 1.8 Les fonctionnalités du S.I.G

Le système d'information est défini par Burrough(1986)en fonction des opérations que permet cet outil informatique :

- La saisie (numération) des données ;
- Le stockage (base de données graphiques et attributaire) ;
- L'analyse (requête, modélisation, simulation) ;
- La sortie (production de cartes, tableaux et graphiques, exportation et transfert de fichiers).

Le S.I.G offre cinq fonctionnalités, plus connues sous le terme des «5A » (Abstraction, Archivage, Analyse, Affichage et Acquisition) (DenegreetSalge, 1996), (Fig. I.6).



**Figure 4.** Les fonctionnalités du S.I.G (Nottet, 2002)

Les fonctionnalités sont :

- L'acquisition des données localisées dans une base d'information géographique ;
- L'archivage des informations sous forme de plans thématiques, permettant un accès rapide ;
- L'accessibilité aisée à l'ensemble des informations par un affichage des couvertures ou par un accès direct aux fichiers informatiques ;
- L'analyse des informations par divers traitements spatiaux basés sur une ou plusieurs couches(s), et conduisant à produire une information inédite ;
- La valorisation des résultats sous différentes formes : tableaux, cartes et consultations à l'écran (Augris, 2004).

### 1.9 Le rôle des SIG

Le rôle du système d'information est de proposer une représentation plus ou moins réaliste de l'environnement spatial en se basant sur des primitives graphiques (vecteur) ou des maillages (raster). À ces primitives sont associées des informations qualitatives telles que la nature (route, voie ferrée, forêt, etc.) ou toute autre information contextuelle (Hamenni, 2011).

\*Acquisition, archivage, analyse, affichage, abstraction.

\*Organisation des données descriptives et des données géométriques (IAAT, 2003) :

\*Acquérir revient à alimenter le SIG en données. Les fonctions d'acquisition consistent à entrer d'une part la forme des objets géographiques et d'autre part leurs attributs et relations;

\*Archiver consiste à transférer les données de l'espace de travail vers l'espace d'archivage (disque dur). Cette fonction dépend de l'architecture du logiciel avec la présence intégrée ou non d'un Système de Gestion de Base de Données (SGBD);

\*Analyser permet de répondre aux questions que l'on se pose;

\*Afficher pour produire des cartes de façon automatique, pour percevoir les relations spatiales entre les objets, pour visualiser les données sur les écrans des ordinateurs;

\*Abstraire revient à concevoir un modèle qui organise les données par composants géométriques et par attributs descriptifs ainsi qu'à établir des relations entre les objets SIG et gestion des ressources en eau.

### 1.10 Domaines d'application des SIG

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

Le SIG doit aussi être un outil d'aide à la décision pour le décideur (directeur, administrateur) qui doit bénéficier de sa puissance et disposer de cartes de synthèses pour prendre les meilleures décisions. C'est cette finalité qui permet d'employer le terme de système d'information et de donner aux SIG les domaines d'applications suivants (figure 5):

#### Pour les grandes échelles

- La gestion foncière et cadastrale (recensement des propriétés, calcul de surfaces)
- La planification urbaine (plan d'occupation des sols et d'aménagement)
- La gestion des transports (voies de circulation, signalisation routière)
- La gestion des réseaux (assainissement, AEP, gaz, électricité, téléphone ...)
- La gestion du patrimoine (espaces verts, parcs, jardins ...)

- Les applications topographiques (travaux publics et génie civil)

### Pour les échelles moyennes et petites

- Les études d'impact (implantation d'un centre commercial ou d'une école)
- Les études d'ingénierie routière (constructions de routes ou d'autoroutes)
- Les applications liées à la sécurité civile (prévention des risques naturels et technologiques).
- La gestion des ressources naturelles (protection de l'environnement, études géologiques, climatologiques ou hydrographiques)(Boukriet Fissa, 2014).

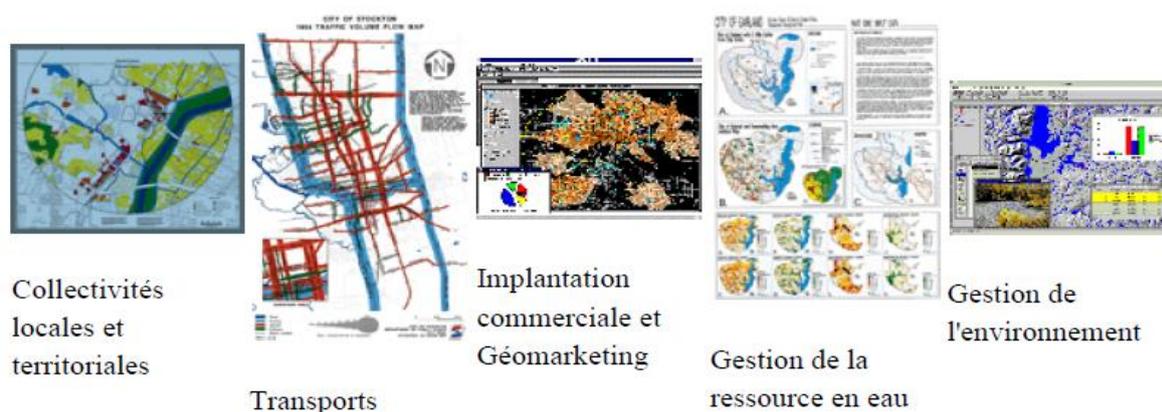


Figure 5. Domaines d'application des SIG(Site web1)

## 1.11 Présentation du logiciel QGIS

### 1.11.1 Définition :

QGIS, est un logiciel « open source », élaboré par une communauté de développeurs et destiné au traitement des données géographiques.

La CCIG (commission de coordination de l'information géographique) du 25 mai 2011 a décidé de faire figurer QGIS parmi les outils proposés par les ministères à leurs services et aux DDT en complément des outils web et de recommander son usage.

La présente formation, qui fait partie du plan d'accompagnement mis en place par les ministères, a été élaborée en partenariat avec l'ENSG (école nationale des sciences géographiques de l'IGN) et est diffusable sous les termes de la licence ouverte ETALAB.

### 1.11.2 Barre des menus, barres outils et barre d'état

L'interface de QGIS affiche de manière standard :

- La barre des menus située en haut de l'écran.

## CHAPITRE 1 LES SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE

- Les barres d'outils contenant des outils regroupés par famille de fonctionnalités, chaque barre d'outils peut être déplacée selon vos besoins.
- Les différentes fenêtres, cartes, aperçu, parcourir et le gestionnaire de couches.
- Une barre d'état située en bas de l'écran, donnant un certain nombre d'informations relatives à l'affichage de la carte et au projet en cours : coordonnées du curseur, système de coordonnées, échelle, etc.

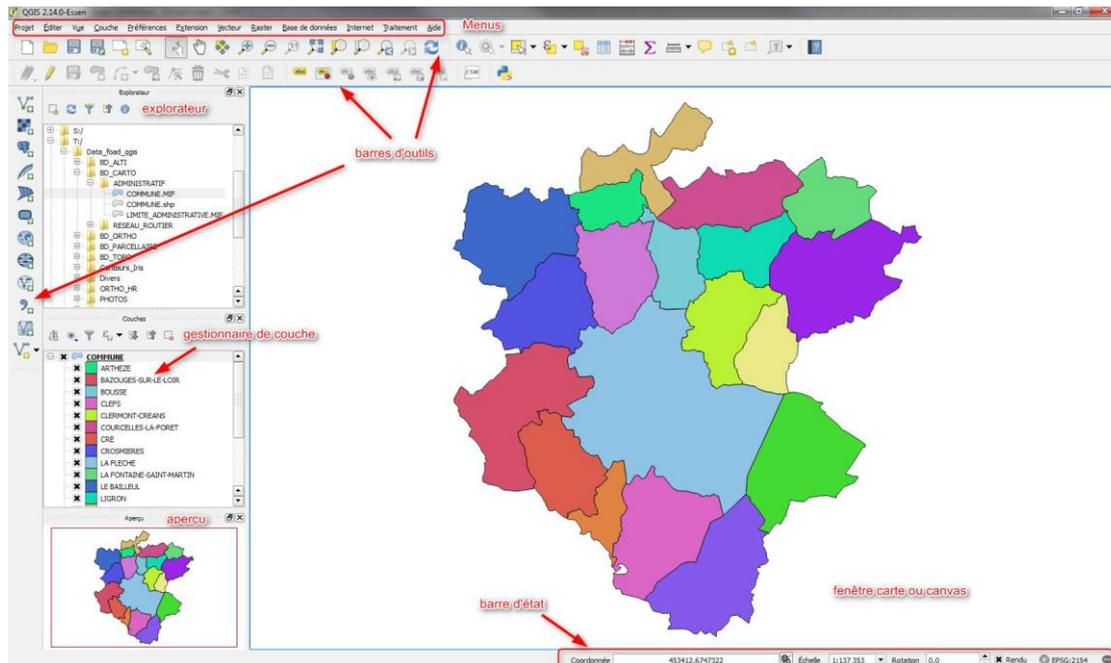


Figure 6. Interface standard de Qgis

### 1.11.3 Complément

Il est possible de paramétrer le nombre et la position des barres d'outils présentes à l'écran, on peut ainsi personnaliser l'interface en fonction des préférences.

Un clic droit avec la souris sur une barre d'outils permet de faire apparaître la liste des fenêtres et des barres d'outils disponibles et de choisir celles que l'on veut afficher.

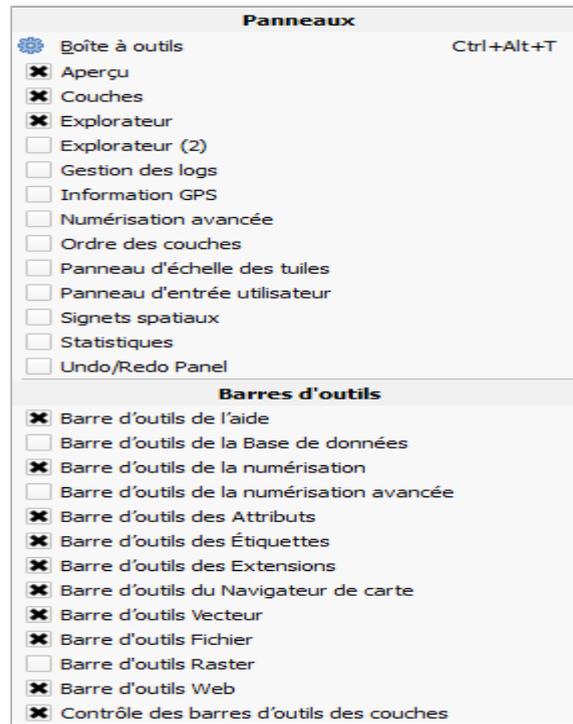


Figure 07. Personnalisation menus

### 1.11.4 Fenêtre "couches"

La fenêtre "couches" liste les couches présentes dans la carte. On peut ainsi :  
Définir la visibilité ou non de chaque couche (cocher ou décocher la case située devant le nom).

- Modifier l'ordre d'empilement des couches (cliquer déplacer le nom de la couche)
- Permettre l'accès aux propriétés de la couche (double-cliquer sur le nom de la couche ou clic droit -> propriétés)
- Décharger une couche.

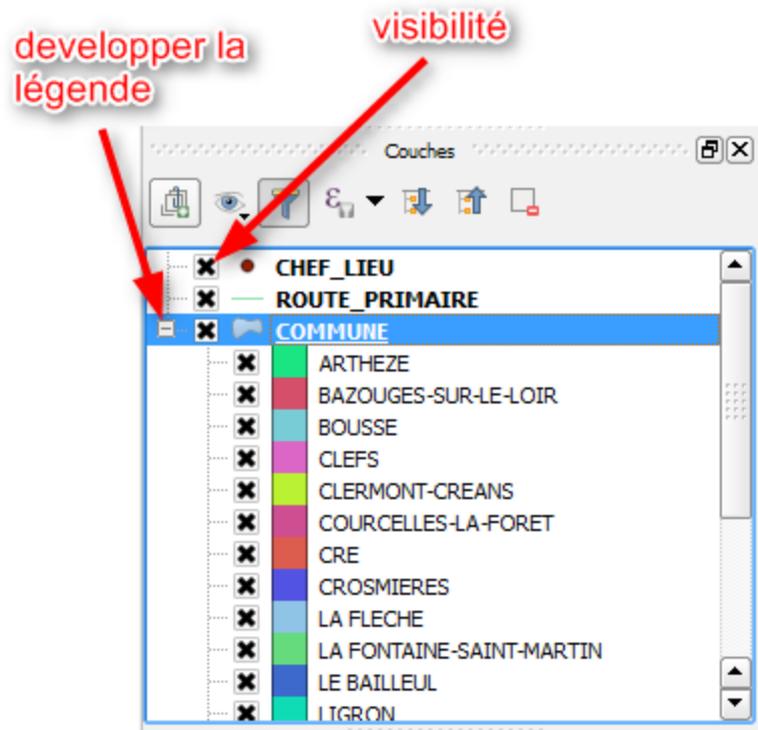


Figure 8. Gestion de couches

Nous verrons plus tard l'utilisation des icônes supérieures du gestionnaire de couches.

**Remarque :**

Par défaut un double clic sur le nom de la couche permet d'accéder aux propriétés.

Le détail de cette fenêtre sera également vu plus loin dans l'information.

**Nb :** l'action du double clic est paramétrable dans *Préférences* -> *Options* onglet *canavas et légendes* (on peut si on le souhaite demander que le double clic ouvre la table attributaire). (**Site web 3**).

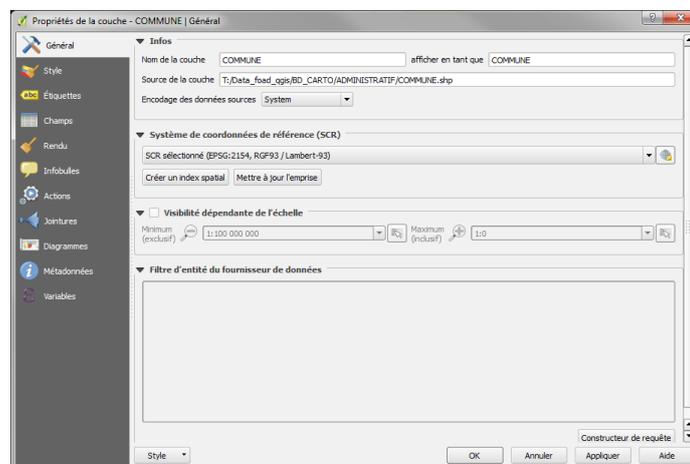


Figure 9. Propriétés couches

# **CHAPITRE 2**

## **ZONE D'ETUDE**

### 2.1 Introduction

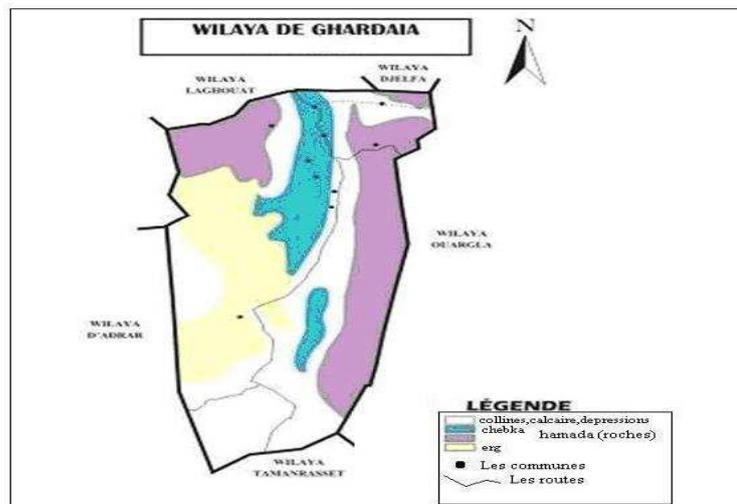
Dans ce chapitre il est traité d'une part la situation géographique et climato logiquement aussi l'hydrologie,hydrogéologie et la géologie de la région de Ghardaïa,vallée de m'Zab

### 2.2 Situation géographique

La wilaya de Ghardaïa se situe au centre de la partie Nord de Sahara Septentrional, à 600 km au sud d'Alger. Elle est issue du découpage administratif du territoire de 1984. Elle est située à l'ouest du bassin secondaire du bas-Sahara, sur un plateau subhorizontal (entre 33° et 31°15' de latitude Nord - 2°30' et 5° de longitude Est), composé de calcaire dolomitique ; appelé couramment "dorsale du M'zab ". Il est jalonné par un réseau ramifié d'oueds de direction générale Ouest-Est., telles que l'Oued M'zab, Metlili, Sebseb, Mansourah, N'saa (Berriane) et Oued Zegrir (Guerrara), (EL-GAROUÏ et ZEGAIT, 2015). Les altitudes varient de 650 à 550 m au Nord et le Nord-Ouest, et de 450 - 330 m au Sud et le Sud-Est.

La wilaya de Ghardaïa est limitée :

- Au nord par la wilaya de Laghouat (200Km),
- Au nord-est par la wilaya de Djelfa (300Km),
- A l'est par la wilaya de Ouargla (200Km),
- Au sud par la wilaya de Tamanrasset (1470Km),
- Au sud-ouest par la wilaya d'Adrar (400Km)
- A l'ouest par la wilaya d'El-Bayad (350Km).



**Figure 10.** Carte de la géomorphologie de la wilaya de Ghardaïa (ANRH Ghardaïa)

### 2.3 Climatologie

Le caractère fondamental du climat Saharien est la sécheresse de l'air, mais l'existence des micros-climats jouent un rôle considérable dans les milieux désertiques. Le relief, la présence d'une végétation abondante peuvent modifier localement les conditions climatiques (microclimat). Au sein d'une palmeraie on peut relever un degré hygrométrique élevé, le degré hygrométrie modifie les effets de la température pour l'homme. (DUBIEF, (1953))

Les éléments qui viennent modifier considérablement les effets de la température par les êtres humains et sur la végétation :

- L'Humidité
- Le Rayonnement
- La composition des sols
- Le relief, .....

Il faut tenir compte également du fait que les moyennes de températures sont relevées à l'ombre et celle-ci est rare au Sahara où la température au sol peut dépasser 60 °C. Le climat Saharien se caractérise par des étés aux chaleurs torrides et des hivers doux, surtout pendant la journée (Dubief, 1953).

### 2.4 Pluviométrie

Les précipitations sont très faibles et irrégulières. A Ghardaïa, elles varient entre 13 et 68 mm sur une durée moyenne de quinze (15) jours par an. A El-Menia, elles varient entre 0,4 mm et 147,5 mm avec une moyenne annuelle de 41,5 mm ; le nombre de jours de pluie ne dépasse pas onze (11) jours (entre les mois de Janvier et Mars). Les pluies sont en général torrentielles et durent peu de temps sauf cas exceptionnels. (O.N.M, 2014).

### 2.5 Température

Elle est marquée par une grande amplitude entre les températures de jour et de nuit, d'été et d'hiver. La période chaude commence au mois de Mai et dure jusqu'au mois de Septembre. La température moyenne enregistrée au mois de Juillet est de 36,3 °C, le maximum absolu de cette période a atteint 47 °C. Pour la période hivernale, la température moyenne enregistrée au mois de Janvier ne dépasse pas 9,2 °C, le minimum absolu de cette période a atteint -1 °C. (Tab.01)

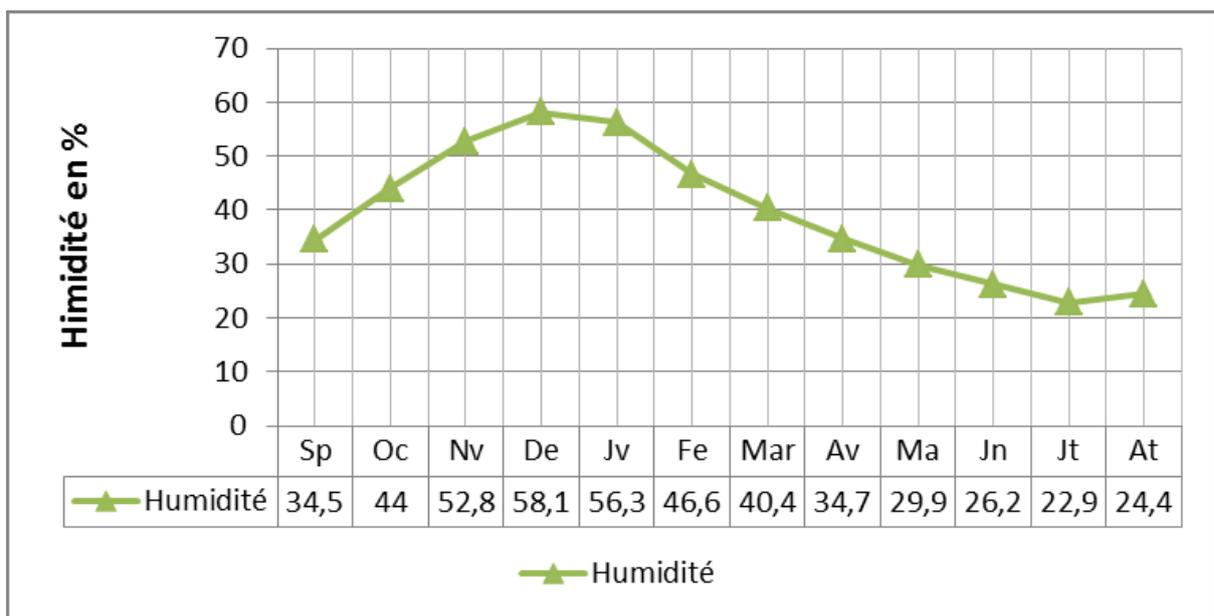
**Tableau 1 :** Température moyenne mensuelle et annuelle de station de Ghardaïa (1990-2014) (ONM, 2014).

T moy (°C)	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Ans
Ghardaïa	28,8	22,9	16,2	11,7	10,7	13,1	16,8	20,6	25,9	31,0	34,4	33,9	22,3

## 2.6 L'humidité

L'humidité relative représente le rapport de la tension de vapeur à la tension maximum correspondant à la même température. Les données recueillies de la station de Ghardaïa donnent une moyenne annuelle de l'ordre de 39,2%. Les moyennes Les vents de sable sont très fréquentes dans la région d'El-Menia surtout pendant le printemps, les mois d'Avril, Mai et Juin. (O.N.M, 2014).

Pour ce qui est du Sirocco, dans la zone de Ghardaïa on note une moyenne annuelle de 11 jours/an pendant la période qui va du mois de Mai à Septembre

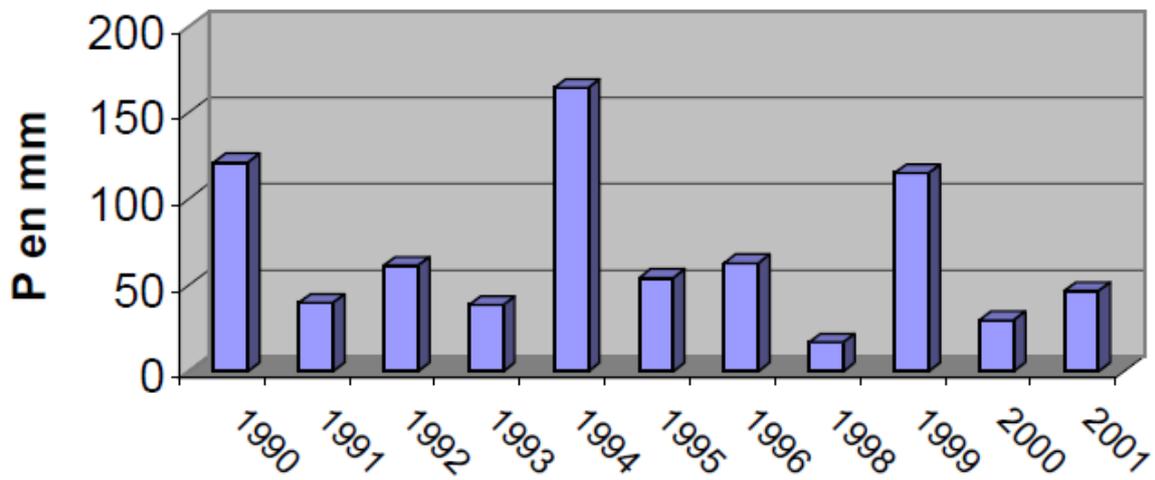


**Figure 11.** Humidité moyenne mensuelle et annuelle de station de Ghardaïa (1990-2014) (ONM, 2014)

## 2.7 Les précipitations

Le climat se présente comme étant Saharien aride et se caractérise par deux saisons. Une saison chaude et sèche allant du mois d'avril au mois de septembre, et une autre saison tempérée allant de d'octobre à mars. Un grand écart est enregistré entre températures de l'été et de l'hiver. On

enregistre une moyenne annuelle de 25°C, avec une évaporation de l'ordre de 2000mm par an, et une faible hauteur de pluie atteignant les 60mm par an.



**Figure 12.** Histogramme des précipitations (stat. Ghardaïa/ANRH 1990-2001).

### 2.8 Synthèse climatique

La température et la précipitation représentent les facteurs les plus importants pour caractériser le climat d'une région donnée (Faurie et al, 1984).

Climagramme d'Emerger

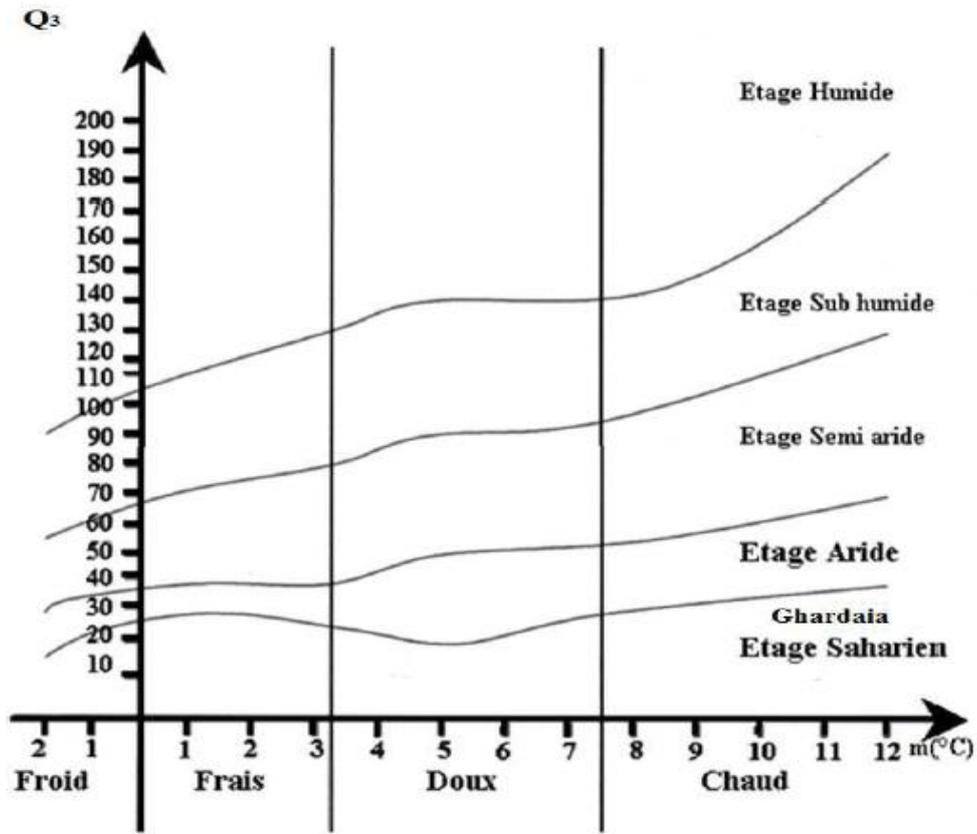


Figure 13. Diagramme d'Emberger (2006-2016). Source : Station de Ghardaïa

Il permet de distinguer les différentes nuances du climat méditerranéen et caractériser l'étage bioclimatique d'une région donnée (DAJOZ, 1980).

Le quotient pluvio-thermique d'Emberger est déterminé selon la formule suivante :

$$Q_3 = (3,43 \times P) / [M - m]$$

où :  $Q_3$  : facteur des précipitations d'Emberger

P : précipitations annuelles (mm)

M : la température du mois le plus chaud (°C)

m : la température minimale du mois le plus froid (°C)

D'après les données de la période de 10 ans on a :  $P=100,39$ ,  $M= 35,21$  °C et  $m =11,29$ °C

Donc :  $Q_3 = 14,39$  mm/°C

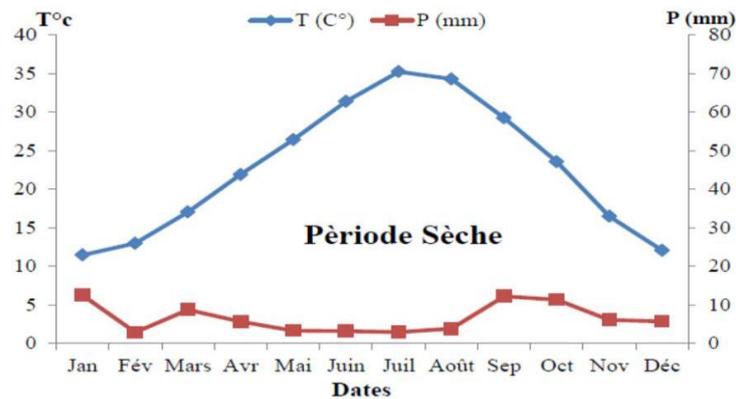
Selon la position sur le Diagramme d'Emberger, la région d'étude est caractérisée par un climat saharien avec un hiver chaud.

### Diagramme Pluvio-thermique de GAUSSEN et BAGNOULS

A l'aide des notations des données de précipitation et de températures mensuelles sur une période de 10 ans, on peut établir la courbe pluviométrique dont le but est de déterminer la période sèche.

Le diagramme Pluviothermique de GAUSSEN et BAGNOULS permet de suivre les variations saisonnières de la réserve hydrique, il est représenté.

- En abscisse par les mois de l'année.
- En ordonnées par les précipitations en mm et les températures moyennes en °C avec une échelle de  $P=2T$ .
- L'aire comprise entre les deux courbes représente le période sèche. En effet, dans la région de Ghardaïa, nous remarquons que cette période s'étale sur toute l'année.



**Figure 14** :Diagramme Pluviothermique de BAGNOULS et GAUSSEN caractéristique de la région de Ghardaïa (2006-2015)

### 2.9 Géologie

Ghardaïa est un plateau rocheux qui date du crétacé supérieur son altitude varie entre 300 et 800 mètres. Il se présente sous la forme d'une vaste étendue pierreuse et de roches brunes et noirâtres. Ses terrains sont calcaires avec des structures plus ou moins horizontales. Les principaux affluents sont en grandes parties attribués aux crétacés supérieurs (fig.15.), les plus répandus sont :

· Argiles verdâtres et bariolées à l'Ouest et au Sud-ouest attribués au Cénomaniens.

En grande partie il est couvert par les dunes du grand erg occidental.

· Calcaires massifs durs ; blanc grisâtre au centre, attribués au Turonien.

· Calcaires marneux et argiles gypseuses à l'Est, attribués au Sénonien.

· Sables rougeâtre consolidés à Est et au Nord-est attribués au Mio-pliocène.

· Alluvions quaternaires tapissant le fond des vallées des oueds.

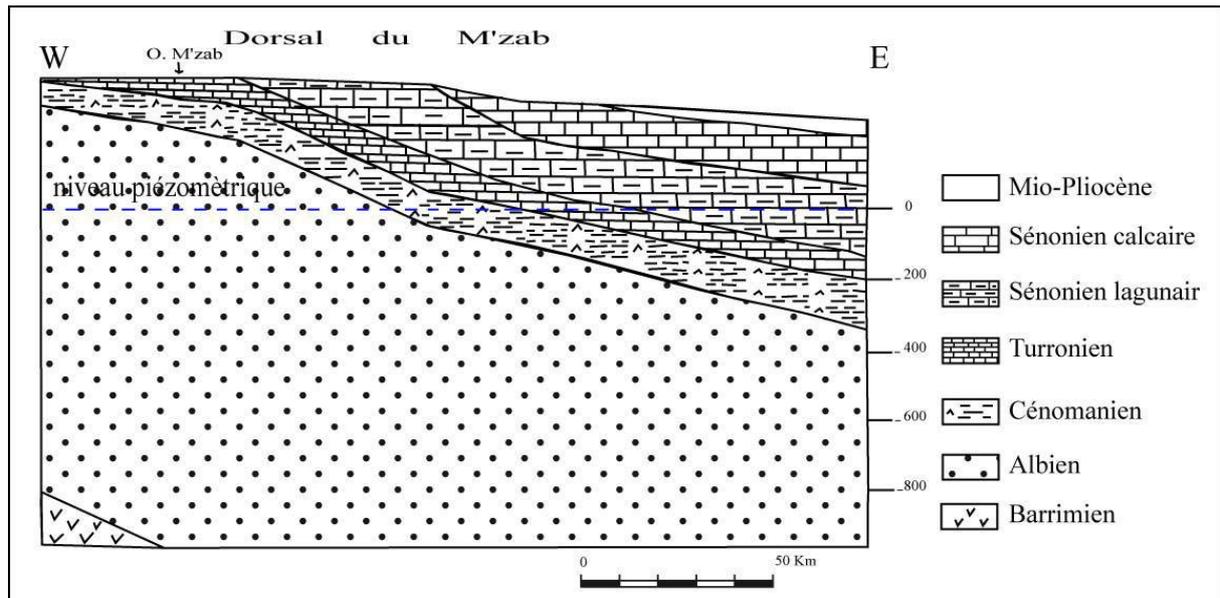


Figure 15 : Présentation de la forme géologique de la vallée du M'zab

**Le Cénomaniien:** environ 260m d'épaisseur, caractérisé par des argiles sableuses à labase, d'une série gypso-argileux au milieu et d'une trentaine de mètres à dominance carbonatée vers le sommet.

**Le Turonien:** essentiellement carbonaté, il est constitué de calcaire dolomitique massif et marne jaune à la base et de calcaire grisâtre à blanc au sommet, d'une épaisseur de 40 à 50 mètres (mesuré dans la vallée du M'zab) (*Mellak . 2007*). Onnote que les premiers mètres de ces assises calcaires présentent des fissures dans lesquelles on peut trouver de l'eau. Ces eaux ont pour origine l'infiltration de la nappe phréatique de l'oued M'zab. La plupart des puits en amont de la vallée (Daya ben dahwa) ont été creusés plus profondément que les alluvions quaternaires. Ils'atteignent les calcaires du Turonien (substratum) de 2 à 4 mètres; expliquant ainsi labaisse du niveau de la nappe qui est provoquée par son exploitation intensive d'unepart et les faibles apports d'eaux d'alimentation par les crues des oueds d'autre part.

**Le Sénonien:** représenté généralement par une série argilo-gypseuse à la base et decalcaire.

## 2.10 Hydrologie et Hydrogéologie

L'alimentation du réseau hydrographique du bassin versant de M'Zab se fait a partir du piedmont de l'Atlas Saharien à plus de 750m d'altitude et déverse à son exutoire après 320 km à Sebkhaf Safione au nord de la ville de Ouargla à une altitude de 107mètres.

La willaya de Ghardaïa comprend deux sources d'eau souterraines, la nappe phréatique superficielle d'inféoflux, et le continental intercalaire, la nappe dite albienne, qui est située à de très grandes profondeurs

### 2.10.1 Nappe phréatique

La localisation des nappes phréatiques de la région du M'zab se trouvent dans les alluvions des vallées des Oueds de la willaya de Ghardaïa. Le comportement hydrologique est intimement lié à la pluviométrie et aux crues qui représentent leur source d'alimentation. Les eaux de ces nappes sont captées par des centaines de pluies traditionnels appelé les ' Hassi', qui sont essentiellement destinés à l'irrigation. Leurs profondeurs varient entre 20 et 30 mètres.

Concernant la qualité chimique, les eaux de cette nappe sont bonnes à la consommation en amont et impropre à l'aval, du à leurs contamination par les eaux urbaines. (ANRH Ouargla)

La nappe phréatique du M'Zab fait face à deux problèmes à savoir :

- Une alimentation faible et irrégulière ;
- Une évaporation intense.

La recharge de la nappe phréatique se fait au niveau des alluvions poreux par les précipitations torrentielles, et les apports d'irrigation par l'albien ainsi que par le biais des fissures de calcaires.

La nappe phréatique, vu sa grande perméabilité et sa faible profondeur, est sujette à la pollution essentiellement au niveau des lits des oueds.

Au niveau de la région du M'Zab, la nappe phréatique comprend deux aquifères superficiels, l'un est alluvionnaire et l'autre est carbonaté fissuré.

#### a. L'aquifère alluvionnaire quaternaire

Il est constitué essentiellement d'alluvions avec du sable fin et grossier et des poudingues, lui donnant une porosité et une perméabilité interstitielles (tableau 1.2.) qui favorise l'infiltration des eaux et l'écoulement souterrain. Ce remplissage de lit des oueds repose en général sur la barre carbonatée cénomano-turonienne avant d'atteindre les argiles, son épaisseur varie de 25 à 45 mètres. (BENDRISSOU et DEDJELL ; 2011)

#### b. L'aquifère Céno-mano-Turonien

Sa nature lithologique est de calcaire dolomitique massif d'une épaisseur de 40 à 100 mètres, grâce à sa perméabilité de fissure, il reçoit les eaux provenant de la surface directement ou par l'intermédiaire de l'aquifère alluvionnaire.

### 2.10.2 Nappe du Continental Intercalaire

L'Albien est déterminé en général par des grès argileux, grès rouges et sables moyens à fins argileux avec une épaisseur de 200 à 300 mètres

La Nappe du continental intercalaire est exploitée à une profondeur allant de 250m à 1000m selon la région. Elle draine d'une façon générale les formations gréseuses et grésos argileuses du Barrémien et de l'albien.

Localement l'écoulement s'effectue d'ouest en est. L'alimentation de la nappe bien qu'elle soit minime provient directement des eaux de pluies au piémont de l'Atlas

Saharien en faveur de l'accident sud atlantique. **(BENDRISSOU et DEDJELL Y. ; 2011)**

L'eau de la nappe albienne est la ressource principale de la région. Elle est exploitée pour l'alimentation en eau potable après traitement, l'irrigation et pour l'industrie.

La qualité physicochimique et bactériologique des eaux de cette nappe tire son profil de la nature lithologique de l'aquifère, composé essentiellement de grès et de sables fins argileux.

**Tableau 02 : Formation géologique et perméabilité des aquifères**

Nom de l'aquifère	Formation géologique	Intérêt hydrogéologie
<b>Nappe phréatique</b>	Quaternaire alluvionnaire	Aquifère (perméabilité d'interstice)
	Cénomano- Turonien	aquifère (Perméabilité fissurée)
Cénomaniens		Substratum
Nappe du continental Intercalaire	Albien	Aquifère (perméabilité d'interstice)
	Aptien	
	Barrémien	

# **CHAPITRE 3**

## **RESSOURCES EN EAU**

### 3.1 Introduction

Dans ce chapitre, on présente les ouvrages de captage des eaux, les nappes souterraines (la nappe phréatique et Albienne), les barrages et digues ainsi que les ouvrages de stockage de la ville de Ghardaïa.

### 3.2 Nappes souterraines

#### a. Les nappes superficielles (phréatiques)

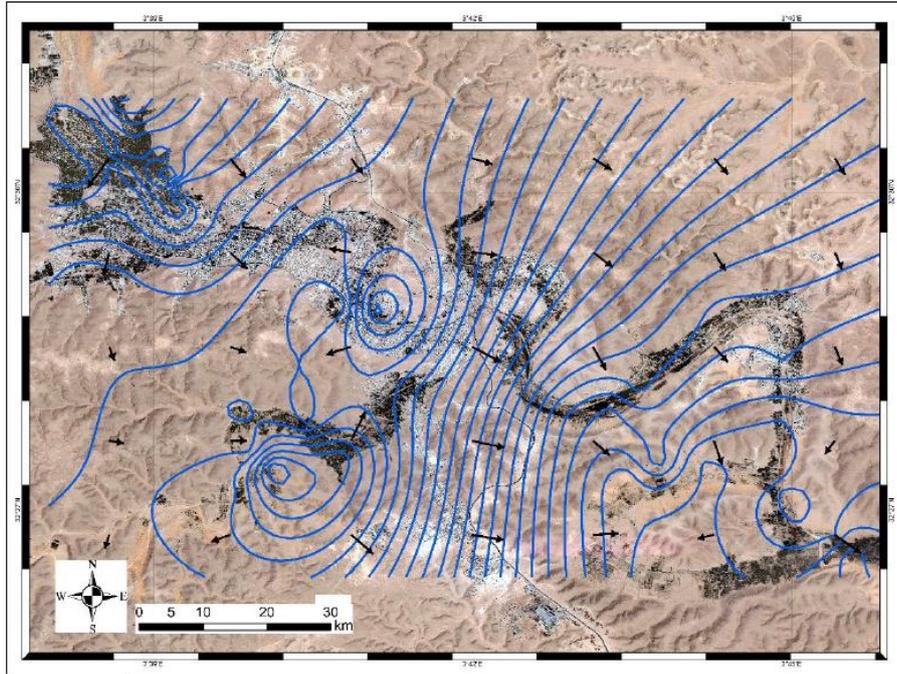
Dans la région de Ghardaïa, trois types de nappes superficielles ont été distinguées :

- La nappe d'eau contenue dans les calcaires du Sénonien carbonate,
- La nappe d'eau contenue dans les calcaires fissures du Turonien
- Les nappes alluvionnaires de l'Inféro-flux (Oueds).

Une campagne de mesure piézométrique s'est effectuée en juin 2000 par l'ANRH sur 107 points d'eau (puits) tout au long de la vallée à partir de la région de Bouchène, qui constitue la zone de confluence de l'oued Touzouz avec l'oued M'Zab, jusqu'en aval de la vallée d'El-Atteuf (Aouleouele).

On constate que les eaux souterraines de la nappe phréatique s'écoulent suivant un sens d'écoulement du nord-ouest de la vallée en amont avec une isopièze de 490 mètres vers le sud-est en aval (435m) en suivant l'inclinaison générale du plateau du M'zab.

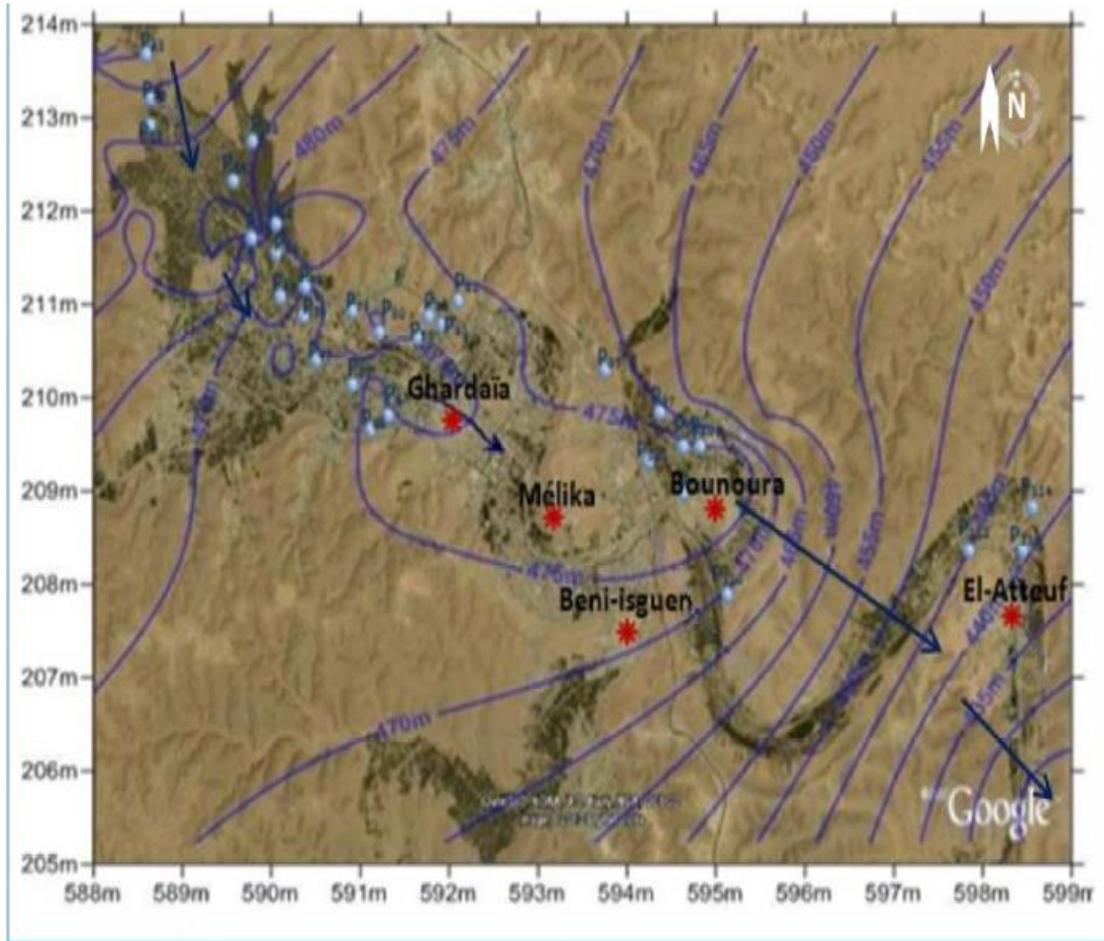
Le gradient hydraulique est de 0,25 en amont et augmente progressivement en aval jusqu'à atteindre 0,35.



**Figure 16 :** Carte piézométrique de la nappe phréatique (ANRH Ghardaïa).

### **b. Piézométrie de la nappe albienne (CI) :**

La nappe du CI est captive dans toute la région, elle peut être exploitée à des profondeurs variant de 0,5 à 140 mètres dans les zones de Ghardaïa, Metlili, Berriane, Sebseb, Mansourah et certaines régions d'El-Ménia. En fonction de l'altitude topographique et les formations postérieures au CI, (ANRH Ghardaïa) le niveau piézométrique peut se situer au-delà de la surface topographique où la nappe devient jaillissante et admet des pressions élevées en tête des ouvrages de captage. Citons les zones de : Zelfana, Guerrara, Hassi-El-Fahel et Hassi-El-Gara.



**Figure 17** : carte piézométrique de la nappe albienne (ANRH Ghardaïa).

On distingue deux directions d'écoulement principales au niveau de la nappe albienne:

- Une qui s'effectue du nord-ouest vers l'est, dans le nord de la région.
- L'autre est situé dans le sud-ouest de la région qui se dirige du nord-ouest vers le sud.

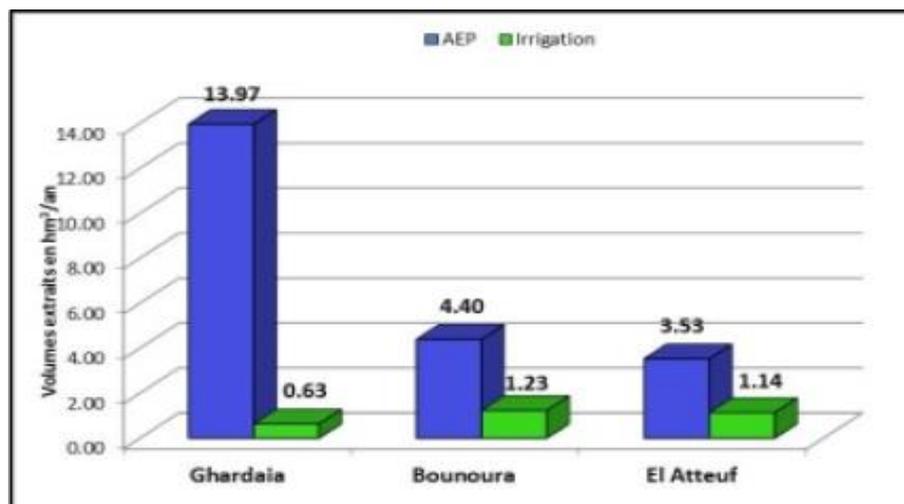
### 3.3 Les forages

#### 3.3.1 Historique de recherche et d'exploitation a Ghardaïa

Les premiers sondages exploitant le CI date entre 1890-1892 , exécutés dans la vallée d'El Golea. Attirés par le jaillissement de ces ouvrages , Ville et Rolland Ingénieurs géologues supposèrent l'existence d'un grande nappe aquifère captive qui devait s'étendre sous le M'zab . C'est ainsi que fut exécuté le premier sondage dans la vallée du M'zab entre 1896 et 1899. Le forage avait 320 mètres de profondeur et le plan d'eau se stabilisa à une profondeur de 47 mètres . Le résultat à cette époque a été considéré comme décevant , car ils attendirent un forage jaillissant identique à ceux d'El Golèa . J. Savornin , à partir du 1926 reprend les travaux de recherche hydraulique sur la région Ghardaïa El Golèa . Les sondages profonds réalisés entre 1927 et 1936 à Touggourt et

Ouargla de 910 et 950 mètres de profondeur , étaient à mi - chemin du toit de la nappe albienne selon les considérations de J. Savornin . En 1938 un autre forage de 440 mètres de profondeur fut exécuté dans la vallée du M'zab , par pompage il donna un débit de 55 l / s avec un rabattement de 6,25 mètres . C'est ainsi que fut créée l'Ain de GéorgeLebeau . Par la suite , d'autres forages ont été réalisés dans la vallée , il s'agit de Melika , El Atteuf en 1938 , et Beni Isguen en 1949 . En outre, deux autres sondages fut exécutés entre 1946 et 1951 à l'Est du M'zab, considérés comme les premiers grands forages jaillissants exploitant la nappe albienne dans le grand Sahara, il s'agit du sondage de - Zelfana(2) en 1948 de 1167 mètres de profondeur avec un débit jaillissant de 360 l/s et une pression en tête du puits de 7,25 bars. Guerrara(3) en 1951 de 1170 mètres avec un débit jaillissant de 238 l/s et une pression de 11 bars. C'est ainsi que la zone de l'Albien jaillissant a pu être tracée avec précision

Exploitation du CI dans la vallée du M'zab Le premier forage profond exécuté dans la vallée du M'zab date de 1938, et depuis le nombre de forages n'a cessé d'augmenter. Selon l'inventaire de ANRH (2011), on compte actuellement plus de 59 forages exploitant la nappe du CI dans la vallée du M'zab avec un débit total de 24,90 hm<sup>3</sup>/an (Tableau 28), dont 88% est destiné pour l'alimentation en eau potable de la population de la vallée, soit un volume d'eau mobilisée de 21,90 millions de m<sup>3</sup> par an par le biais de 39 forages. Le secteur agricole totalise un volume d'eau exploité de 3 millions de m<sup>3</sup> par an, soit 12% du volume total extrait de la nappe du CI dans la vallée (Fig. 18).ACHOUR, M. (2014).



**Figure 18 :** Exploitation dans la nappe albienne dans la vallée du m'zab par usage

ACHOUR, M. (2014).

Dans l'étude de notre projet, nous avons utilisé les puits de la vallée du M'zab. maitre d'ouvrage ayan concède de la Direction des ressources en eau

## CHAPITRE 3 RESSOURCES EN EAU

---

Dans la commune de Ghardaïa le forage plus long est TEM RTA N°2

- Code de l'ouvrage : 372
- X :03 40 25 ; Y : 32 28 46 ; Z : 575 m
- capacité ou volume de production : 22.2 l/s
- Année de réalisation 1996
- Année de mise en service 1996

Dans la commune de Ghardaïa le forage plus court est BOUCHEMDJANE

- Code de l'ouvrage : 265
- X :03 39 12; Y : 32 30 05; Z : 494 m
- capacité ou volume de production : 21.0 l/s
- Année de réalisation 1979
- Année de mise en service 1979

Dans la commune de BOUNOURA le forage plus long est GARAT ATTAM

- Code de l'ouvrage : 410
- X :03 42 00; Y : 32 26 46; Z : 576 m
- capacité ou volume de production : 22.2 l/s
- Année de réalisation 1988
- Année de mise en service 1988

Dans la commune de BOUNOURA le forage plus court est BENI ISGUEN (BAB ELGHARBI)

- Code de l'ouvrage : 315
- X :03 41 37; Y : 32 28 22; Z :412 m
- capacité ou volume de production : 30.6 l/s
- Année de réalisation 1958
- Année de mise en service 1958

Dans la commune de EL-ATTEUF le forage plus long est ZONE D'ACTIVITE NAFTAL

- Code de l'ouvrage : 305
- X :03 43 33; Y : 32 25 28; Z : 557 m
- capacité ou volume de production : 13.1 l/s
- Année de réalisation 1989
- Année de mise en service 1989

Dans la commune de EL-ATTEUF le forage plus court est EL ATTEUF (AOULAOUNE)

- Code de l'ouvrage : 300
- X :03 44 25; Y : 32 26 35; Z : 450 m
- capacité ou volume de production : 20.0 l/s

- Année de réalisation 1986
- Année de mise en service 1986

Dans la commune de DAIA le forage plus long est CHABAATELHAMRA

- Code de l'ouvrage : 405
- X : 03 35 01; Y : 32 34 31; Z : 546 m
- capacité ou volume de production : 20.8 l/s
- Année de réalisation 1989
- Année de mise en service 1989

Dans la commune de DAIA le forage plus court est LAADIRA

- Code de l'ouvrage : 273
- X : 03 37 31; Y : 32 34 24; Z : 513 m
- capacité ou volume de production : 21.9 l/s
- Année de réalisation 1992
- Année de mise en service 1992

### 3.4 Les digues et les barrages

#### 3.4.1 Barrage d'EL-Haimeur et Boubrik

##### 3.4.1.1 Situation géographique

Les barrages d'El-haimeur et Boubrik sont situés à environ 15 Km en amont de la vallée de M'zab, dans la commune de Daya ben dahoua



**Figure 19** : localisation des barrages El haimeur& Bou brik (Ghardaïa) [Google earth 32 32'23.56"N  
3°39'44.92"E]

Le but de construction de ces ouvrages est la Protection de la vallée du M'Zab contre les Inondations, et aussi la recharge de la nappe phréatique. Ces ouvrages réalisés par l'entreprise d'AMENHYD Spa, les travaux ont démarré en 14 Octobre 2008 dans un délai contractuel de 30 mois.

### 3.4.1.2 Géométrie de l'ouvrage :

#### a. Barrage d'El-haimeur :

La digue d'El haimeur est une digue en alluvion drainé situé sur oued LAADIRA, d'une hauteur de 22m et d'une longueur en crête de 430m, elle est destinée à réguler le débit des crues à 20 m/s au maximum.(figure 21).(BET GARDEL2008)

Le tableau ci-dessous présente les Caractéristiques géométriques de la section maximale de la digue El-haimeur.

**Tableau 03** : Caractéristiques géométriques de la section maximale de la digue El-haimeur.(BET GARDEL2008)

Paramètre	Valeur	Paramètre	valeur
Cote Crête	562.6 m	Epaisseur de la protection	0.5 m
Cote PHEE	561.6 m	Profondeur de la clé d'étanchéité	4.0 m
Cote NNR	559.8 m	Largeur de base de la clé d'étanchéité	5.0 m
Cote de terrain naturel	543.5 m	Fruit des talus de la clé d'étanchéité	1/1
Cote du fond	540.5 m	Profondeur de la tranchée drainante	5.0 m
Largeur de crête	8.0 m	Largeur de base de la tranchée drainante	1.5 m
Profondeur des fouilles	3.0 m	Fruit des talus de la tranchée	0.5/1
Epaisseur des drains	1.0 m		

#### b. Barrage Boubrik:

Le barrage de Bou brik est un barrage en terre situé sur oued El Ghrazil, d'une hauteur de 10m et d'une longueur en crête de 878m, il est destiné à réguler le débit de l'oued à 5 m'/s. Les dimensions de la section maximale.(BET GARDEL2008)

Le tableau ci-dessous présente les Caractéristiques géométriques de la section maximal de la digue Bou brik.

**Tableau 04 :Caractéristiques géométriques de la section maximal de la digue Bou brik.(BET GARDEL2008)**

Paramètre	Valeur	Paramètre	Valeur
Cote Crête	555.4 m	Epaisseur des drains	1 m
Cote PHEE	554.7 m	Epaisseur du tapis pseudo-étanche	1 m
Cote NNR	553.5 m	Epaisseur du Rip-Rap	0.8 m
Cote de terrain naturel	548.0 m	Epaisseur de la protection aval	0.5 m
Cote fond clé d'encage	544.0 m	Largeur de la berme aval	3.0 m
Largeur de crête	8.0 m	Fruit des talus de la clé d'étanchéité	1/1
Profondeur des fouilles	3.0 m		

**3.4.1.3 Matériaux de construction**

**a. Barrage El-haimeur:**

La digue El-haimeur sera constituée de quatre matériaux de construction qui sont les suivants

:

- Matériaux 0/50 constituant le tapis pseudo-étanche ainsi que la clé d'encrage
- Matériaux 0/200 qui constituent le corps de la digue
- Matériaux 3/60 qui constituent le drain vertical et le drain tapis, obtenus des alluvions grossiers criblés, qui ont pour rôle l'acheminement des eaux infiltrées dans le corps de la digue vers l'extérieur
- L'enrochement de protection amont et aval, extrait de la roche calcaire, qui protège les talus contre l'érosion.

**Tableau 05 : ci-dessous présente la perméabilité et teneur en eau des matériaux de construction barrage d'El-haimeur.(BET GARDEL2008)**

	K (m/s)	W(m <sup>3</sup> / m <sup>3</sup> )	Matériau
Drain 3/8	0.003	0.01	Gravier
Drain 3/60	0.003	0.01	Gravier
Remblai 0/50	7.7x10 <sup>-7</sup>	0.14	Sable limoneux
Remblai 0/200	1.3x10 <sup>-6</sup>	0.143	Sable limoneux
Rip-rap	0.5	0.1	Roche
Fondation	3.4x10 <sup>-5</sup>	0.143	Sable limoneux

### b. Barrage Boubrik

Le barrage de Bou brik est constitué des 05 matériaux suivants :

- Alluvions de fondation
- Matériaux 0/50 qui constitue le tapis pseudo-étanche ainsi que la clé d'encrage,
- Matériaux 0/200 qui constitue le corps de la digue, il présente une perméabilité de l'ordre de.
- Matériaux 3/60 qui constitue le drain vertical et le drain tapis, qui on pour rôle, l'acheminement des eaux infiltrées dans le corps de la digue vers l'extérieur.
- Rip-rap et protection aval, qui on pour rôle, la protection des talus contre l'érosion

Le tableau ci-dessous présente la perméabilité et teneur en eau des matériaux de construction barrage de Bou brik. (BET GARDEL2008)

**Tableau 06** : présente la perméabilité et teneur en eau des matériaux de construction barrage de Bou brik.

	K (m/s)	W(m <sup>3</sup> / m <sup>3</sup> )	Matériau
Drain 3/8	0.01	0.16	Gravier
Remblai 0/50	9.1x10 <sup>-7</sup>	0.147	Sable limoneux
Remblai 0/200	1.4x10 <sup>-6</sup>	0.158	Sable limoneux
Rip-rap	0.5	0.01	Roche
Fondation	2.6x10 <sup>-5</sup>	0.172	Sable limoneux

### 3.5 Les barrages de captage des eaux dans la ville

Il y a deux (02) grands barrages dans la ville de Ghardaïa;

#### 3.5.1 Barrage Bouchéne

Ce barrage reçoit le surplus des eaux de l'oued **Bouchemdjene**, et alimente aussi la nappe phréatique. (Figure 22).

Après les grandes crues ce barrage se transforme en un grand lac qui peut garder les eaux en surface pendant six (06) mois, malgré le grand taux d'évaporation.

Quand ce barrage est plein, les puits de cette région seront remplis pendant 3 à 4 ans après la crue. (BENMAMAR et al, 2016).



**Photo 20 :** L'entrée du barrage de Bouchéne.

### 3.5.2 Barrage Touzouz

Les habitants de Ghardaïa construisirent le barrage de **Touzouz** après le barrage de **Bouchéne**. Le barrage de **Touzouz** alimente toute la palmeraie du côté Ouest, et le remplissage de ce barrage alimente les puits de cette côté des oasis pendant plus de sept (07) ans. (Photo 23)



**Photo 21 :** Barrage de Touzouz.

# **CHAPITRE 4**

# **METODOLOGIE**

### 4.1 Introduction

Le programme QGIS est considéré comme l'un des meilleurs programmes de systèmes d'information géographique (SIG) gratuits et open source, et il est devenu très populaire récemment en raison de ses multiples avantages dans le domaine des systèmes d'information géographique ainsi que dans le domaine de la télédétection.

Dans cette section, nous vous montrons comment travailler sur le programme QGIS vial'implantation des forages au SIG aussi les réservoir et les nappes existence

### 4.2 Implantation des forages au SIG

Lors de la phase de collecte d'information, on a pu obtenir des services de la Direction des Ressource en Eau (DRE) de la wilaya de Ghardaïa, un fichier Excel contenant les caractéristiques des forages implanté au niveau de la Wilaya (voir Figure 24). Cette base de données nous a servie à introduire tous ces forages avec leurs caractéristiques dans le logiciel QGIS en utilisant les coordonnées spatiales incluses dans le fichier Excel.

COMMUNES	Nom de la chaine / transfert	Noms de l'ouvrage ou de l'installation hydraulique en précisant le type	Code de l'ouvrage	X	Y	Z	capacité ou volume de production L /	Année de réalisation	Année de mise en service	maitre d'ouvrage ayant concédé	cout (10 <sup>3</sup> DA) d'acquisition	Etat	Observations
GHARDAIA	KARKOURA (SALOHA)	Forage	211	03 38 32	32 30 01	529	21.0	1994	1994	DRE		moyen	
	BOUCHEMDJANE	Forage	265	03 39 12	32 30 05	494	21.0	1979	1979	DRE		moyen	
	HADJ MESSAOUD	Forage	282	03 41 17	32 29 31	509	25.0	2003	2003	DRE		moyen	
	BABA SAAD	Forage	278	03 39 53	32 29 12	523	19.0	2010	2012	DRE		moyen	
	CHAABET NICHANE	Forage	291	03 39 12	32 29 03	515	16.0	1997	1997	DRE		moyen	
	BEN GHANEM	Forage	330	03 38 33	32 29 32	513	30.6	1979	1979	DRE		moyen	
	BEN DJABLINE	Forage	440	03 37 59	32 29 51	526	27.8	1979	1979	DRE		moyen	
	TOUZOUZ ( BEN AOUDA)	Forage	285	03 37 47	32 30 30	532	25.0	1979	1979	DRE		moyen	
	TOUZOUZ(COUNETRE)	Forage	340	03 36 20.	32 31 18	533	18.9	1979	1979	DRE		moyen	
	BOUCHENE	Forage	400	03 38 31	32 30 46	520	33.3	1966	1966	DRE		moyen	
	CHAABET TELLI	Forage	193	03 38 46	32 28 51	540	15.0	2003	2003	DRE		moyen	
	Touzouz 03	Forage	284	03 37 51	32 31 11	524	18.1	2017	2017	DRE		moyen	
	Akheikhal	Forage	287	03 37 45	32 30 23	523	16.7	2017	2017	DRE		moyen	
	MELIKA HAUT	Forage	368	03 41 06	32 29 08	519	27.8	1995	1995	DRE		moyen	
	BEN SMARA N°1	Forage	264	03 39 45	32 29 47.	515	19.4	1992	1992	DRE		moyen	
	BEN SMARA N°2	Forage	320	03 39 52	32 30 22	514	23.6	1997	1997	DRE		moyen	
	ZONE (CON (BOUHRAOUA)	Forage	295	03 39 59	32 31 10	576	25.0	1988	1988	DRE		moyen	
	TEM RTA N°2	Forage	372	03 40 25	32 28 46	575	22.2	1996	1996	DRE		moyen	

Figure 22 : Extrait du fichier contenant les forages de la région de la valeur de Ghardaïa (DRE)

communes	Nom de la chaine / transfert	Noms de l'ouvrage ou de l'installation hydraulique en précisant le type	Code de l'ouvrage	X	Y	Z	Capacité ou volume de production M3	Année de réalisation	Année de mise en service	Maitre d'ouvrage ayant concédé	cout (10 <sup>3</sup> DA) d'acquisition	Etat	Observations N° de PV de transfert
GHARDAIA	Ain lebeau	Réservoir	290	03 40 12	32 29 16	521	300	1990	1990	DRE		movaise	
	Karkoura	Réservoir	211	03 38 31	32 30 01	521	750	1995	1995	DRE		moyen	
	Bouchemdjane	Réservoir	265	03 39 14	32 30 08	534	800	1980	1980	DRE		moyen	
	kh	Réservoir	282	03 41 19	32 29 28	522	1500	1993	1993	DRE		bon	
	Baba saad	Réservoir	278	03 39 54	32 29 14	518	1500	1998	1998	DRE		moyen	
	Chaabet nichane	Réservoir	291	03 39 12	32 29 05	533	750	1993	1993	DRE		bon	
	Ben ghanem	Réservoir	330	03 38 26	32 29 32	519	1500	1957	1957	DRE		movaise	
	Ben djebline	Réservoir	440	03 37 56	32 29 48	533	1500	1980	1980	DRE		moyen	
	TOUZOUZ( BEN AOUDA)	Réservoir	285	03 37 47	32 30 30	541	1500	1980	1980	DRE		moyen	
	TOUZOUZ (COUNETRE)	Réservoir	340	03 36 24	32 31 21	541	1500	1991	1991	DRE		moyen	
	Bouchene	Réservoir	400	03 38 35	32 30 44	534	800	1967	1967	DRE		moyen	
	cheabat talli	Château d'eau	193	03 38 48	32 28 54	563	1500	2002	2002	DRE		moyen	
	MELIKA	Réservoir	368	03 41 11	32 29 60	543	350	1993	1993	DRE		bon	
	Ben smara NI	Réservoir	264	03 39 49	32 30 23	530	1400	1961	1961	DRE		bon	
	Ben smara N°2	Réservoir	320	03 39 52	32 30 22	514	1500	1997	1997	DRE		bon	
	Tem rta N°2	Réservoir	372	03 40 25	32 28 46	575	1500	1996	1996	DRE		bon	

Figure 23 : Extrait du fichier contenant lesréservoirs de la région de la valeur de Ghardaïa (DRE)

On clique sur l'icône layer dans la barre d'outils et sélectionner « add » layer et nous choisissons « add delimited text layer » (Figure 27). Le format de fichier Excel doit être converti « CSV » et les coordonnées doivent être en degrés décimaux. Il est important de régler le système de coordonnées selon notre zone d'étude, c'est-à-dire CRS – WGS84 – EPSG4326 (Figure 28).

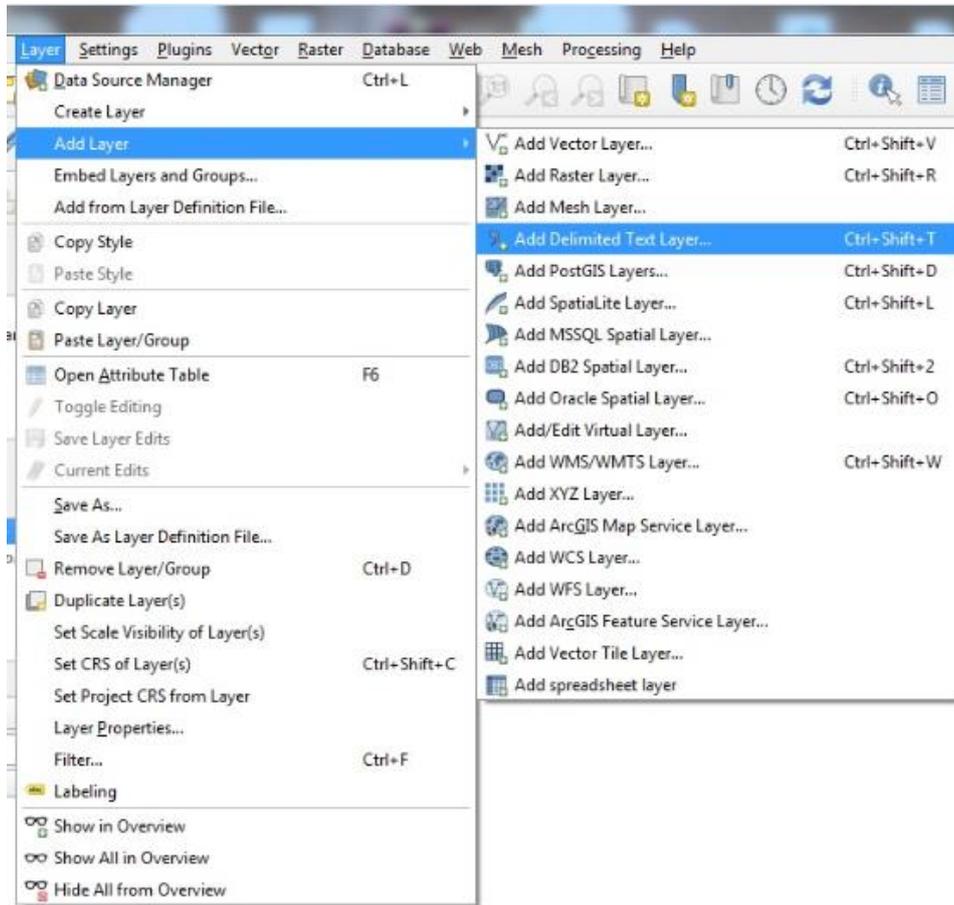


Figure 24 : Capture d'écran de l'ajout d'une couche de type texte

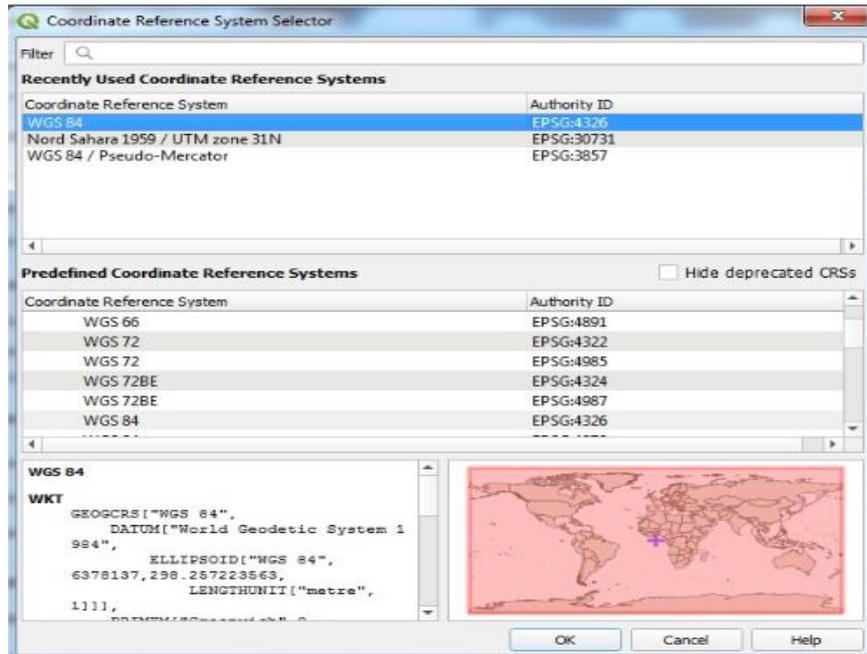


Figure 25 : capture de réglage de référence système

D'autres options doivent être configurées comme les titres des colonnes x et y. En terminant ces étapes, on obtient le résultat montré dans la (Figure 29) ainsi que la table attributive (données) qui concerne les données des forages (Figure 30)

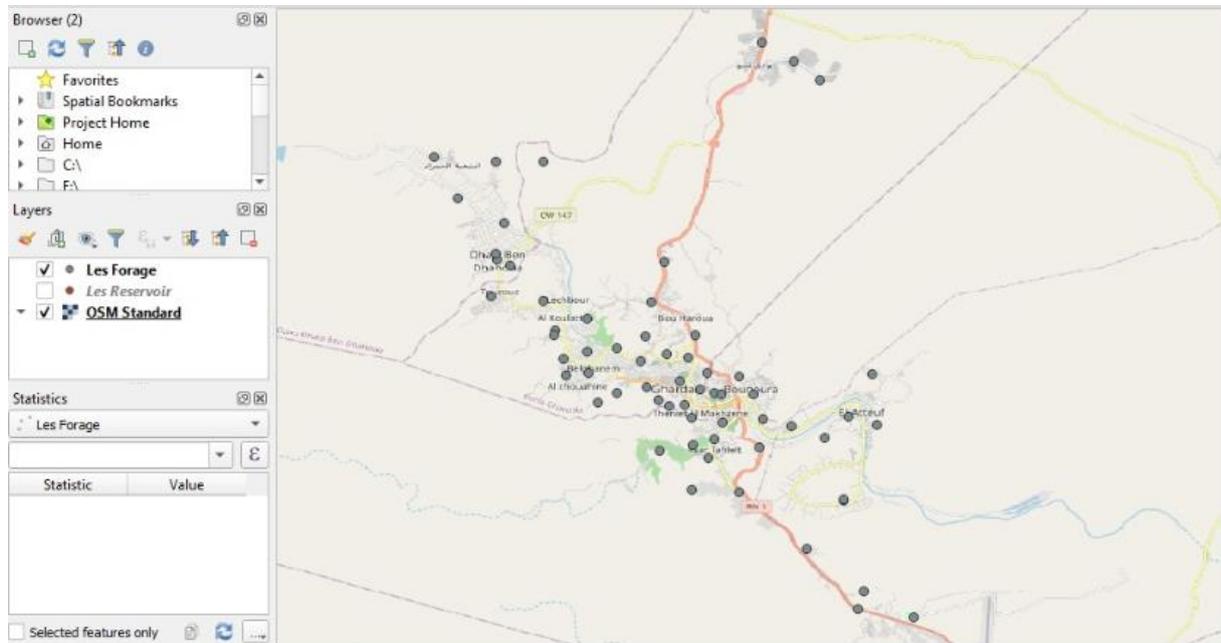


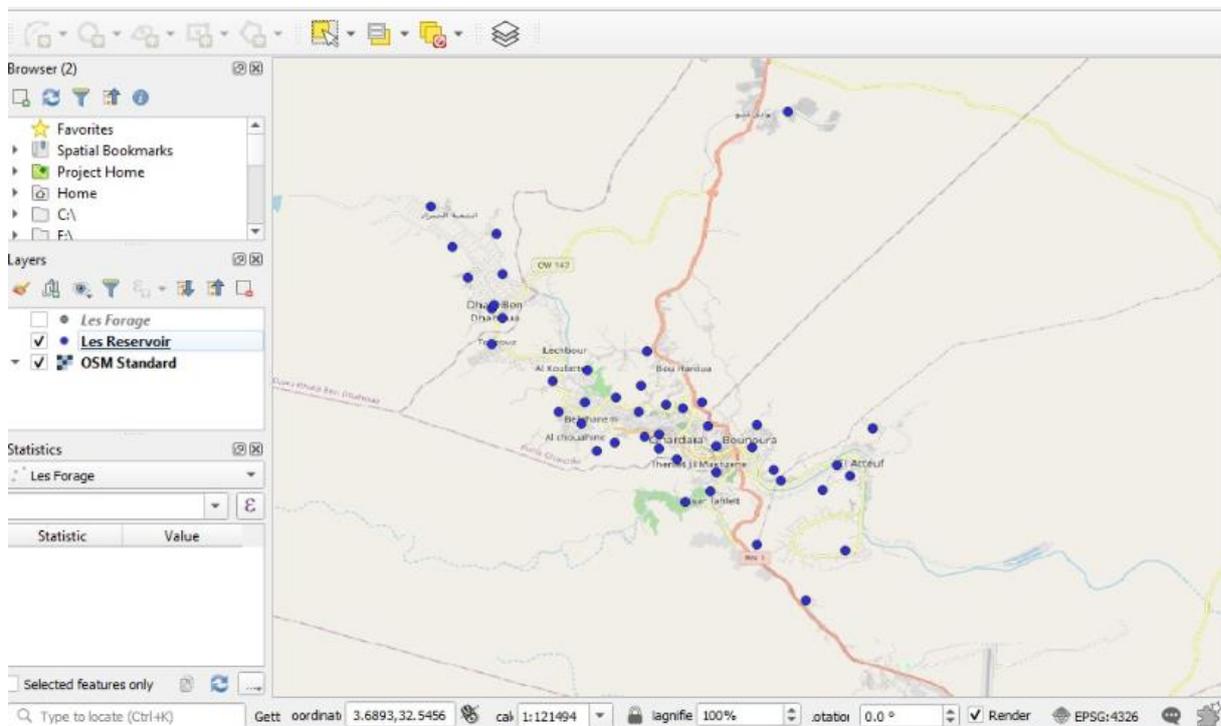
Figure 26: Situation géographique des forages sur la map Google

N°	Commune	Nom du forage	Latitude	Longitude	Alti	AnR	Prof	Dynamique	Qex_L_s
1 F16	Ghardaia	Oued Nichou 2	3,730833333	32,60472222	554	2008	500	Pompage	25
2 F15	Ghardaia	Oued Nichou 3	3,708888889	32,61916667	563	2009	500	Pompage	25
3 F18	Ghardaia	AEP-CNAS	3,677222222	32,48888889	499	2010	500	Pompage	NULL
4 F17	Ghardaia	Laadira Ghardaia	3,633055556	32,52361111	519	2009	500	Pompage	NULL
5 F44	Ghardaia	Ouad Nimal 2	3,009916667	32,6225	NULL	2015	500	Pompage	NULL
6 F43	Ghardaia	Laadira 1	3,630972222	32,5485	NULL	2009	500	Pompage	NULL
7 F46	Ghardaia	Sidi Aabaz Nov	3,692833333	32,49163889	NULL	NULL	500	Pompage	NULL

**Figure 27** : capture d'écran du tableau attributaire de la couche forage

### 4.3 Implémentation des réservoirs au SIG

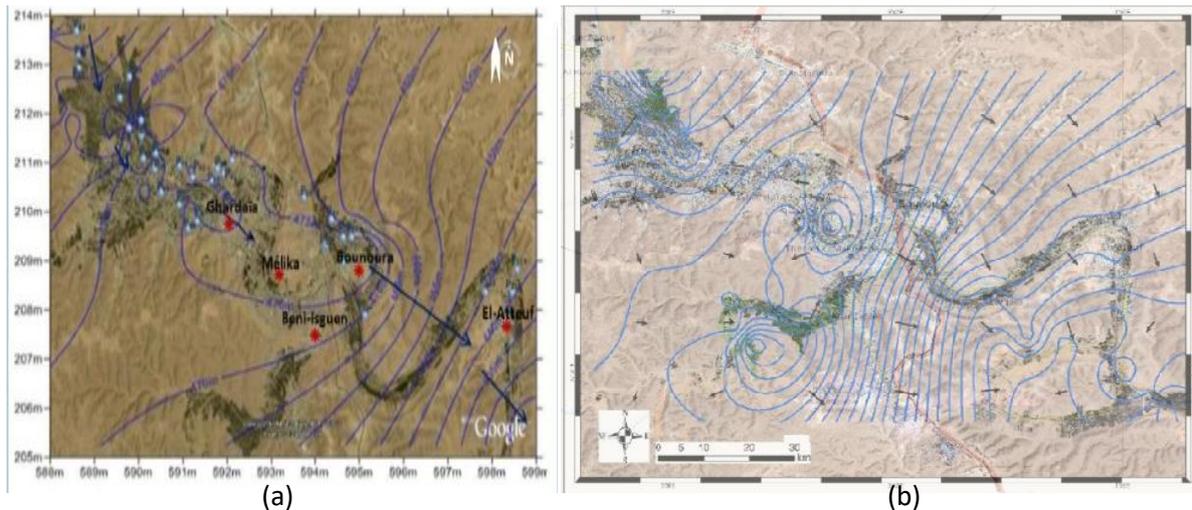
Nous utilisons les mêmes étapes de l'implémentation des forages pour introduire les réservoirs. Le résultat est montré dans la (Figure31)



**Figure 28** : les réservoirs de la value

### 4.4 Implémentation des nappes de la région de Ghardaïa

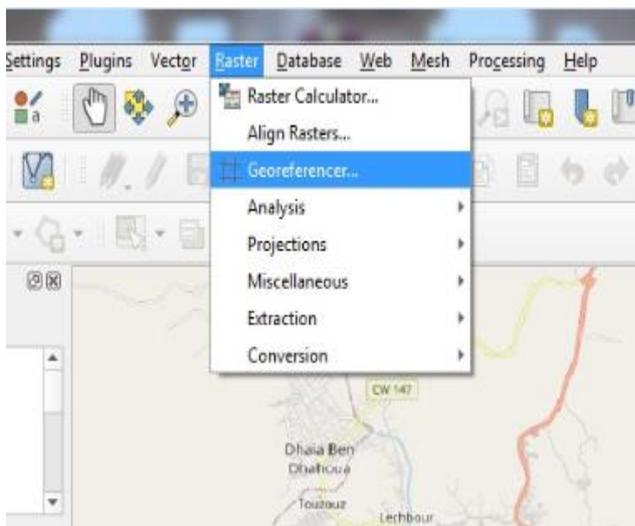
Dans le but d'introduire la délimitation des nappes phréatique et albiennne de la région de Ghardaia ainsi que leurs niveaux piézométriques, nous avons utilisé des images(Figure 29) du (ANRH, 2011). Nous avons par la suite géoréférencer ces images pour créer ces couches



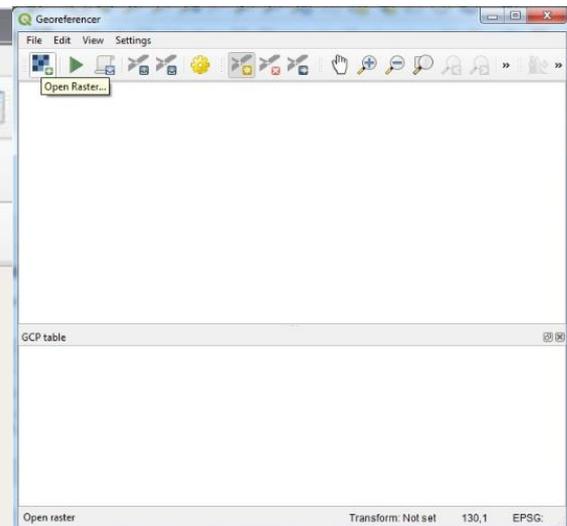
**Figure 29 :** l'image de calque des nappes (a) albiennne et (b) phréatique(ANRH, 2011)

L'opération de géoréférencement s'est faite en calquant le fond des images (satellite) avec la map Google du logiciel QGIS

Dans le barre d'outils on sélectionne Raster – Géoréférence (Figure 30.31). Le programme affiche la fenêtre de géo-référence (Figure 34) nous appuyions Open Raster pour importons l'image.

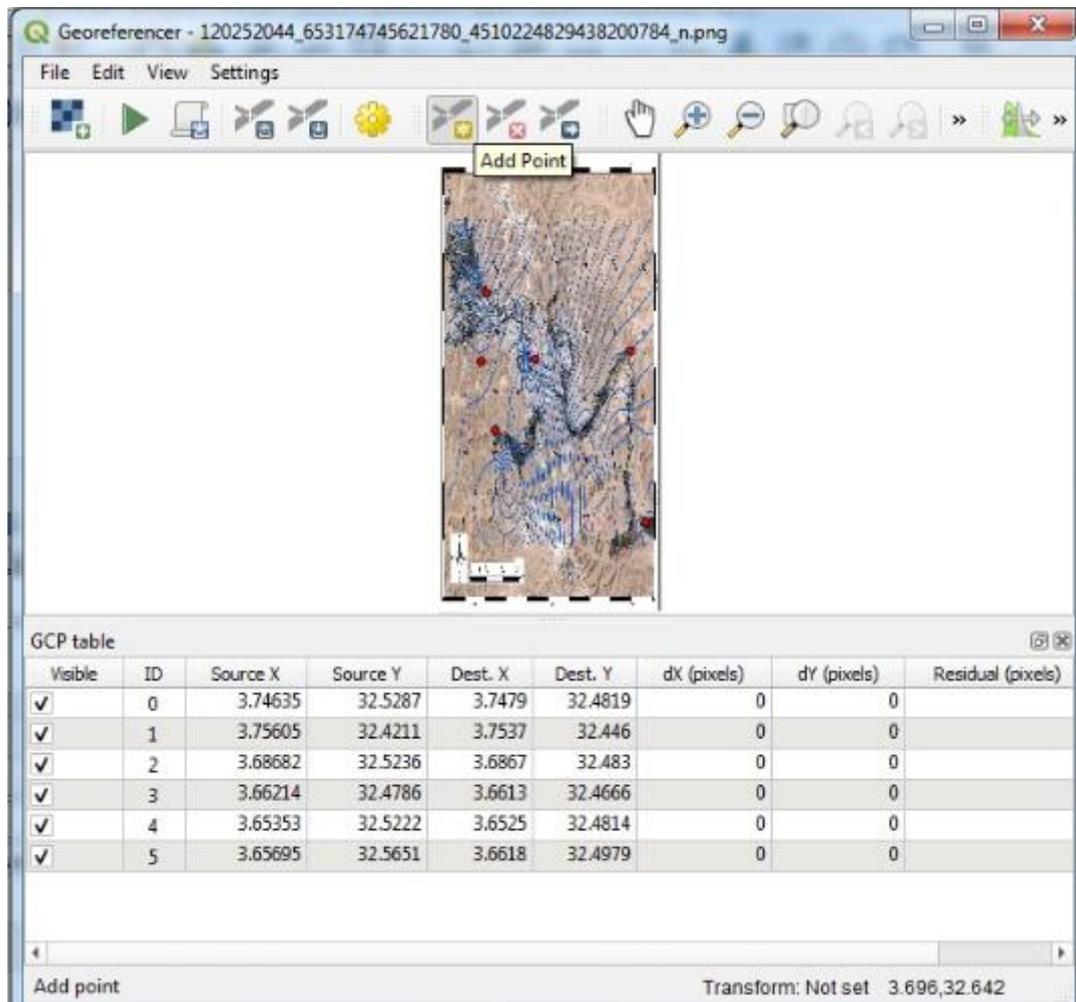


**Figure 30 :** capture de la référencer les images



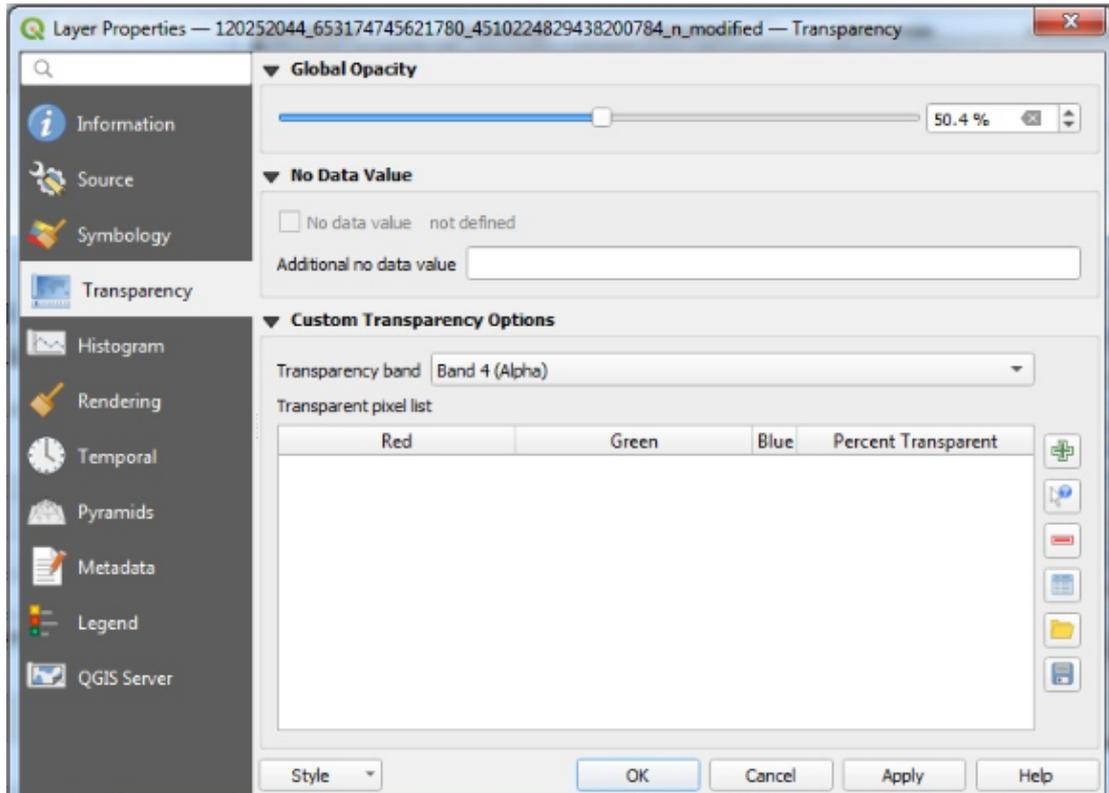
**Figure 31 :** la fenêtre de géoreférence

Nous choisissons par la suite les points pour le géoréférencement de l'image comme montré dans la (figure 32)



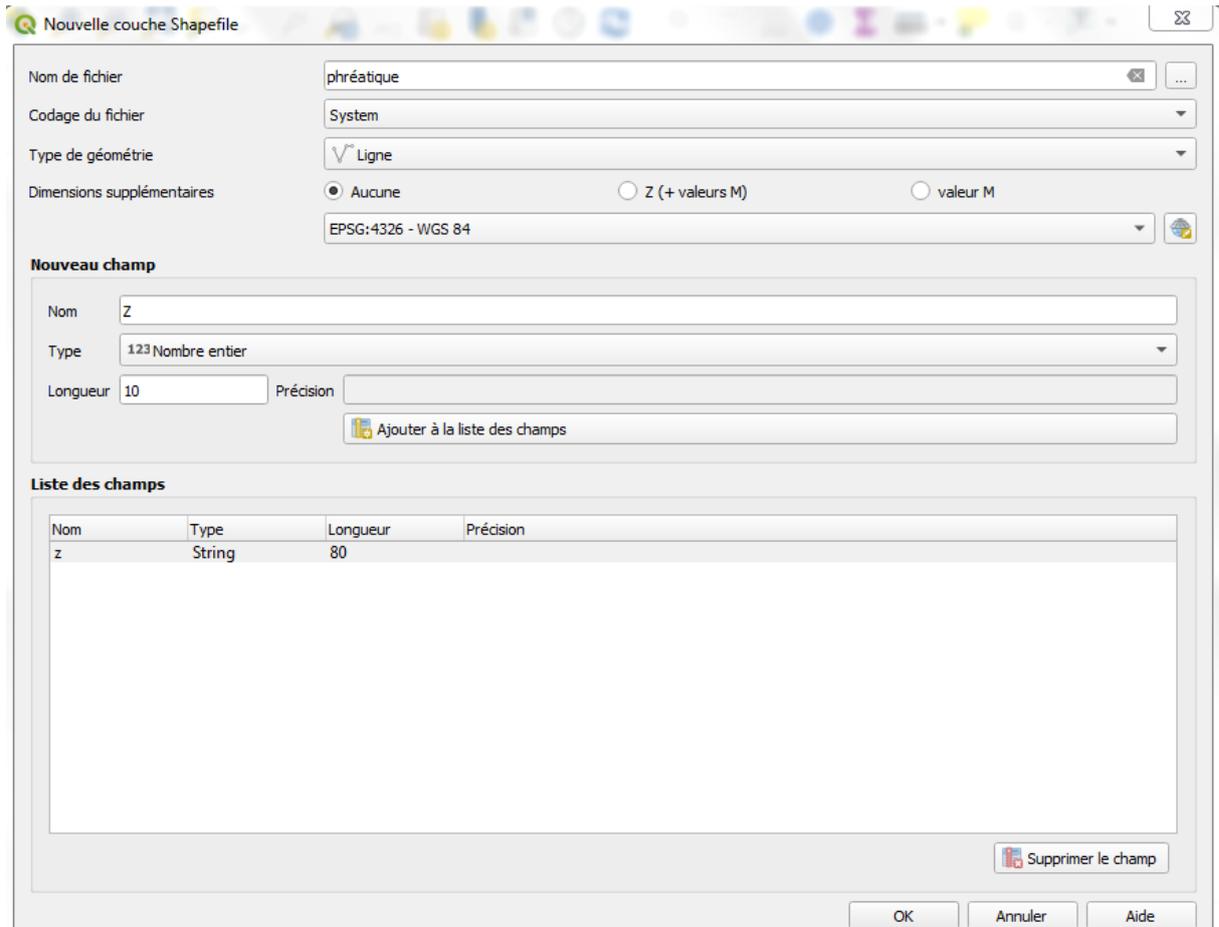
**Figure 32 :** Sélection des points pour le géoréférencement

En appuyant sur le bouton Start, le programme demande le réglage des coordonnées pour afficher le calque de la fenêtre de travail et après on clique OK. Pour vérifier que la carte est bien calée, on applique à la couche de l'image calée une transparence pour la comparer avec l'image Google du logiciel QGIS. En cliquant sur « propriété » de la couche concerné, on obtient la fenêtre montré dans la (Figure 33) et on règle la transparence selon le besoin.



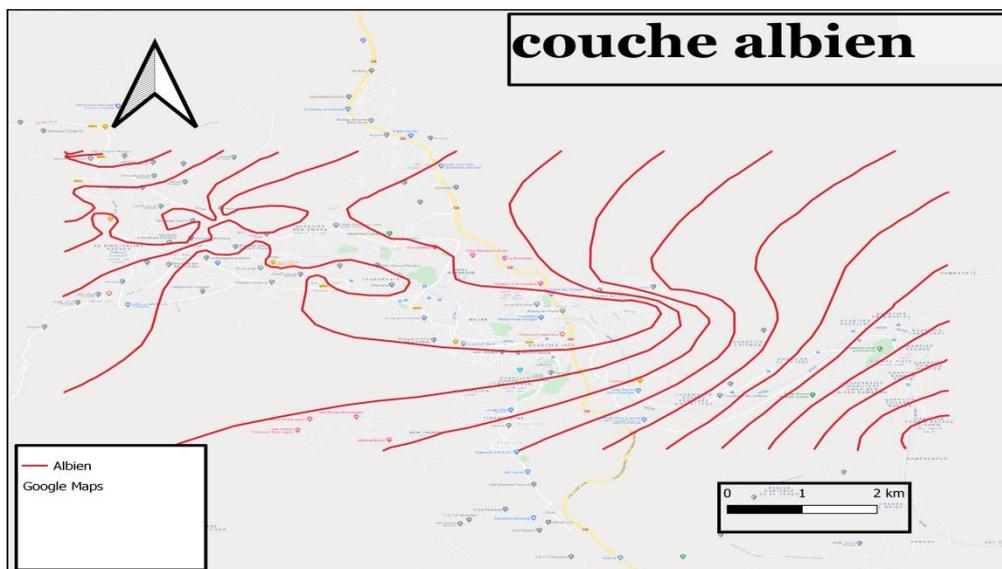
**Figure 33 :** Paramètre de transparence d'une couche

On crée maintenant une couche pour introduire les courbes piézométriques de la nappe. On ouvre « new Shapefile », une fenêtre qui concerne les informations de cette couche s'ouvre. On donne un nom à la couche, le système de coordonnées (EPSG :4326 WGS84), le type (dans notre cas, polyligne) qu'on va créer ainsi que les colonnes dont on a besoin dans le tableau attributaire. Dans notre couche, on a besoin de créer une colonne pour la côte piézométrique qu'on va nommer Z.



**Figure 34** : fenêtre pour la création d'une nouvelle couche

Pour dessiner les lignes piézométriques, on sélectionne le bouton « Switch to edit » mode de la barre de vecteur et après cliquer sur « add line feature » dans la même barre. Enfin, on obtient les couches des lignes piézométriques de chaque nappe : albiennaise (figure 35) et phréatique (figure 36).



**Figure 35** : La couche de la nappe albiennaise

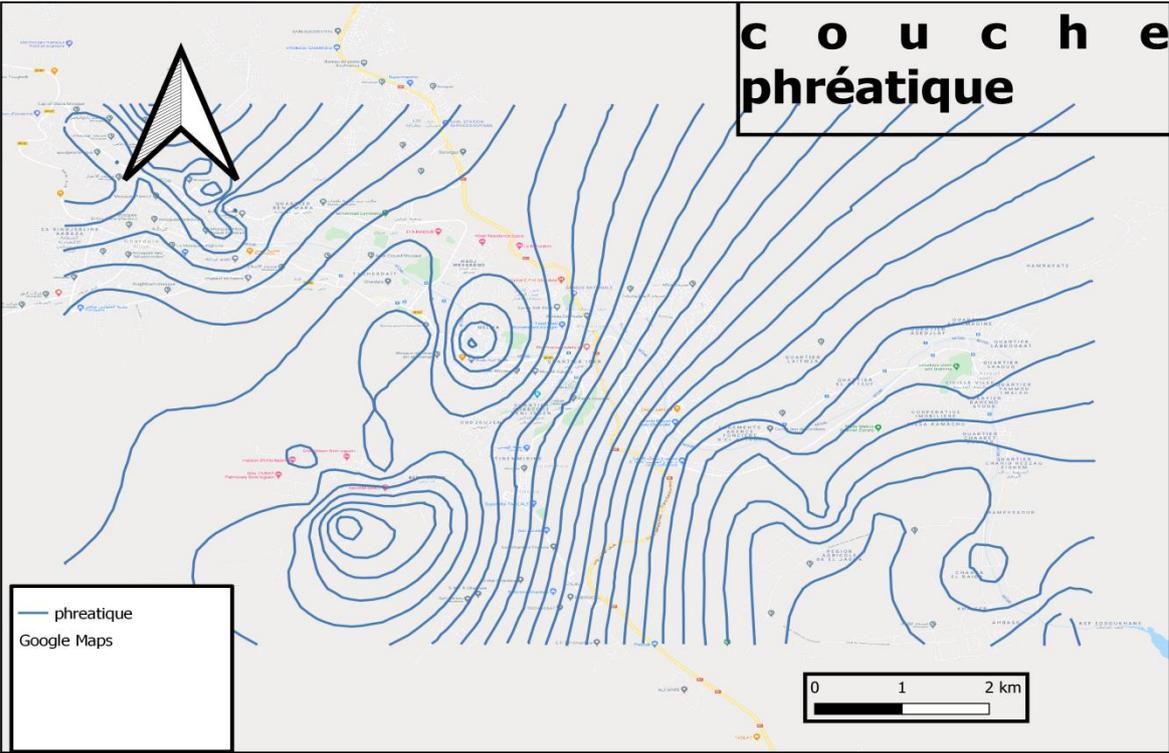


Figure 36 : Lacouche de la nappe phréatique

# **CONCLUSION GÉNÉRALE**

### CONCLUSION GÉNÉRALE

QGIS est l'un des plus importants systèmes d'information géographique gratuits et open source (Foss - SIG), qui est devenu un rôle essentiel dans le domaine de la recherche scientifique et dans le domaine académique, en raison des fonctionnalités qu'il offre comme l'obtention du code du programme et sa modification et la possibilité d'ajouter ces modifications au programme, contrairement à d'autres programmes commerciaux monopolisés. . Ce programme est gratuit, sous licence GNU General Public License

Voici quelques-unes des fonctionnalités de ce programme que nous avons utilisées dans notre projet 1- Retour géographique des images satellites 2- Numériser toutes les formes de l'image et les placer en couches 3- Bien coder les éléments dans l'image 4- Montrez les cartes dans leur forme finale avec tous les éléments qui leur sont associés et préparez-les pour l'impression 5- Faites Par l'édition topologique 6- Traiter les différentes projections et les unifier dans un environnement Grâce à ce travail, les résultats suivants peuvent être obtenus: QGIS peut être adapté aux besoins d'un problème spécifique en utilisant la structure extensible des plugins, et de nouvelles applications peuvent être créées avec le langage C ++ ou PYTHON et QGIS est utilisé par de nombreux utilisateurs de SIG afin d'afficher et d'analyser leurs données

QGIS prend en charge un certain nombre de formats de données matricielles et vectorielles, et il existe également un support pour l'ajout de nouveaux formats. / Le plus important est la possibilité de télécharger le programme sur des ordinateurs avec une grande facilité et de le gérer également sans aucun problème lié à l'installation, et il est disponible pour les systèmes les plus couramment utilisés sur le marché après cette riche conclusion, nous devons recommander d'utiliser le programme QGIS car il sert dans tous les domaines de l'ingénierie Nous vous recommandons de collecter, d'analyser et d'afficher les données radiales et matricielles en raison de sa facilité d'utilisation et des quelques problèmes que nous pouvons rencontrer car il s'agit d'un programme gratuit et open source qui ne nécessite pas de licence payante. En plus de la disponibilité de nombreux sites Web qui fournissent un soutien pour ce programme

## Annexe



**Figure 37 : Forage de intissa**



**Figure 38 : Forage de intissa**

## Annexe



**Figure 39 : Forage de bebgharbi**



**Figure 40 : Forage de hamriat**

# Annexe



Figure 41 : Forage de zouil

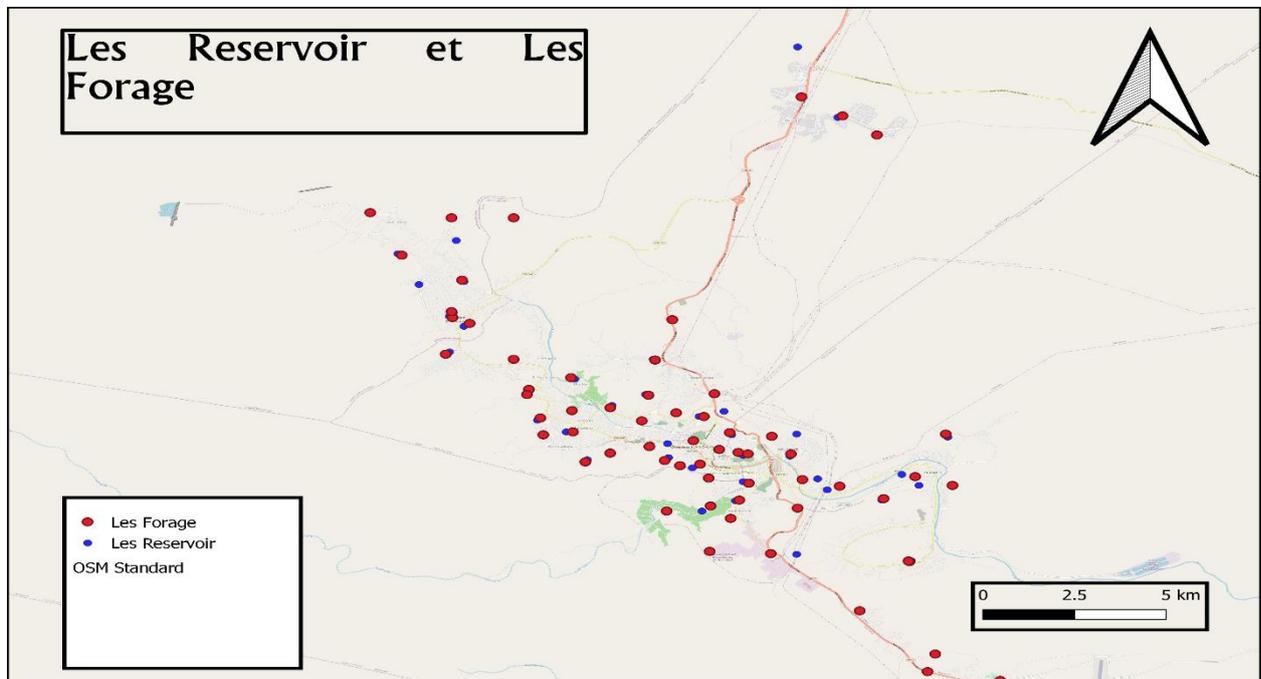


Figure 42 : Les forages et les réservoirs de la Vallée de m'Zâb

## **Bibliographie**

**ACHOUR, M. (2014).** Vulnérabilité et protection des eaux souterraines en zone aride : Cas de la vallée du M'zab (Ghardaïa - Algérie). Département des Sciences de la Terre, Université d'Oran. Magister. Page 88

**A.N.R.H, (2007)** - Notes relatives aux ressources en eau souterraines de la wilaya de Ouargla, Rapport de l'Agence Nati. Res. Hyd., Ouargla, 12P. et prospectives" . 39p.

**AUGRIS, C. (2004).** Évolution morpho-sédimentaire du domaine littoral et marin de la Seine-Maritime, Ifremer collection "Bilans

**BELTRAN, A., GRISET, P. (2007).** Histoire d'un pionnier de l'informatique 40 ans de recherche à l'INRIA .EDP Sciences. coll Sciences & Histoire. Paris.186p.

**BENGUELIA et HADJ BRAHIM** .Etude hydrogéologique de continental Intercalaire dans la région deGhardaia

**BENMAMAR S et POULARD C et BERREKSI A et PAQUIER A et SIOUSSIOU R. (2016).** Du système hydraulique ancestral des M'zabaux techniques alternatives pour la gestion des inondations.

**BOUKLI HACENE et RABAH FISSA. 2014.** Systèmes d'information géographique Cours et travaux pratiques. Page 16.

**BUREAU D'ETUDE GARDEL.(2008).** Note de calcul de la stabilité des pentes des barrages El-haïmeur et Boubrik.

**BURROUGH, P.A. (1986).** Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Oxford University Press.194 p.

**BROCARD, M., MALLET, P., LEVEQUE, L., BESSINETON, C. (1996).** Atlas de l'estuaire de la Seine. Publications des universités de Rouen et du Havre.144p

**Collet, C. (1992).** Système d'information géographique en mode image.Lausanne.Presses polytechniques et universitaires romandes.186p.

**Collet, C. (1994).** Systèmes d'information géographique en mode image. Presses Polytechniques et universitaires Romandes

**DAJOZ R, (2008)** - Précis d'écologie, Ed 8ème DUIVOD, Paris, P 631. DEGREMOT., 1989. Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara. Alger Service des études scientifiques

**DENEGRE, J., SALGE, F. (1996).** Les systèmes d'information géographique. Paris, PUF, Coll. "Que sais-je ?". n° 3122. pp. 127-128.

**DETAY M. (1993).** Le forage d'eau (Réalisation, entretien, réhabilitation), Masson, Paris, P 402.

**DUBIEF J, (1953)** - Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara. Institut de Météorologie et de Physique du Globe de l'Algérie ; Service des Etudes Scientifiques ; Alger, Algérie, pp 451.

**FAURIE C, FERRA C, MEDORI P, (1984)** - Ecologie. Ed. Baillière J. B., Paris, 168 p.  
**HAMENNI, N. (2011)**. Mémoire en vue de l'obtention du mémoire de Magister en Sciences Agronomiques. Etude des ressources en eau du bassin versant de la Soummam par l'utilisation de SIG. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie. 153 p.  
**I.A.A.T. (2003)**. Cahier méthodologique sur la mise en œuvre d'un SIG, 33p.

**LEGROS, J. (1996)**. Cartographies des sols, de l'analyse spatiale à la gestion des territoires. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes (PPUR). 167p.

**Mahdidbenaissa, (2019)**. Hydrologie du bassin du Hodna : Construction d'une base de données à l'aide d'un SIG. page 28- 29.

**MARGADA, P. (1988)**. Cahiers de l'urbanisme, Revue de l'administration wallonne de l'aménagement du territoire N° 4. 62p.

**MELLAK D, (2009)** - Etude de la vulnérabilité de l'aquifère alluvionnaire de la vallée du M'zab. Mémoire D'Ingénieur, Ecole Nationale Supérieure Polytechnique d'Alger. Pp 92.

**NOTTET, A. (2002)**. Analyse et croisement cartographique de la base de données BASIAS et des bases de données de l'IGN. Mémoire de maîtrise d'Aménagement du Territoire. Université Paris XII – Val-de-Marne. 60p

**O.N.M, (2014)** - Données météorologique de la wilaya de Ghardaïa (2000-2014). Office Nationale de Météorologie Station. Numérate de Ghardaïa,

**ZWAENEPOEL, P. (2000)**. Agriculture de précision ,avancées de la recherche technologique et industrielle .Educagri Dijon .pp. 58-59.

### **Sites web**

[1] : <http://www.cairn.info/les-systemes-d-informations-geographique--9782130539230-page-88.html>.

[2] : <http://www.geoinformations.developpement-durable.gouv.fr/qgis-r625.html3>.

[3] : <http://www.geoinformations.developpement-durable.gouv.fr/qgis-r625.html3>