

**UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA**  
**FACULTÉ DES HYDROCARBURES, DES ÉNERGIES RENOUVELABLES**  
**ET DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS**  
**DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE**  
**L'UNIVERS**



## **Mémoire de Master Académique**

**Domaine : Sciences de la Terre et de l'Univers**  
**Filière : Géologie**  
**Spécialité : Hydrogéologie**

### **THEME**

**L'utilisation agricole des nappes**  
**Dans la région d'Ouargla**

Présenté par :

**Smaili Elkhenssa**

Soutenu publiquement : 27/05/2025

Devant le jury :

Président :	<b>Mme. MAABDI Nawel</b>	M.C.B Univ. Ouargla
Promoteur :	<b>Mme. HADJ SAID Samia</b>	Pr. Univ. Ouargla
Examineur :	<b>Mr. GUERRADI Hocine</b>	M. A. A Univ. Ouargla

Année Universitaire : 2024/2025



## **Dédicace**

*À ma mère et à mon père,  
Merci pour votre amour, votre patience et votre  
soutien inconditionnel. Ce travail vous est dédié  
avec tout mon cœur.*

*À mes frères, sœurs, la femme de mon frère et leurs  
enfants,  
Votre présence et vos encouragements ont été  
essentiels. Je vous en suis profondément  
reconnaissante.*

*À ma tante,  
Pour ton attention, ton soutien et ta gentillesse.  
Merci du fond du cœur.*

*À mes amies,  
Pour votre complicité, votre énergie et votre  
présence durant tout ce parcours. Ce mémoire est  
aussi le vôtre.*

*À mes professeurs,  
Merci pour votre encadrement, votre savoir et  
votre accompagnement tout au long de ces années.*

*À mes camarades de promotion,  
Merci pour les moments partagés, l'entraide et les  
souvenirs.*

**Smaili Elkhenssa**



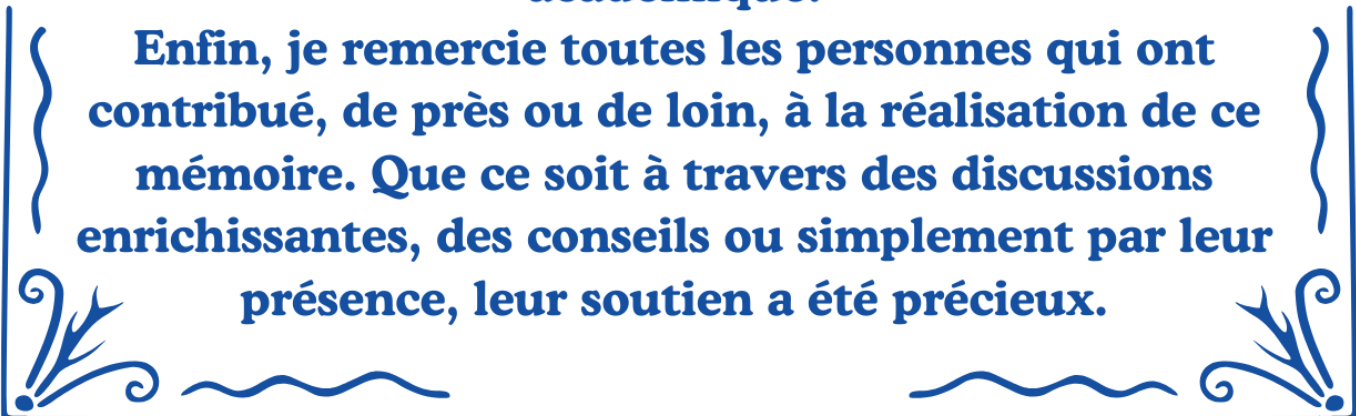


# Remerciement

**Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude à mon Encadreur professeur Hadj Said Samia, pour son encadrement, sa patience et sa confiance tout au long de ce travail de recherche. Ses précieux conseils, son expertise et son soutien inébranlable ont été d'une aide inestimable et ont grandement contribué à l'aboutissement de ce projet.**

**Je remercie également tous les enseignants du département des Sciences de la Terre et de l'Univers pour leur enseignement de qualité et les connaissances qu'ils m'ont transmises pendant mes années d'études. Leur passion et leur dévouement pour la recherche m'ont inspiré à poursuivre mes propres questionnements scientifiques.**

**Je tiens également à remercier ma famille, pour leur soutien constant et leur confiance en moi. Leurs encouragements ont été une source de motivation et de réconfort tout au long de mon parcours académique.**



**Enfin, je remercie toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire. Que ce soit à travers des discussions enrichissantes, des conseils ou simplement par leur présence, leur soutien a été précieux.**

## Résumé :

La région de Ouargla est située au Nord-Est du Sahara algérien. Elle présente une superficie de l'ordre de 149 151 km<sup>2</sup> et un climat hyper aride. L'agriculture repose sur un système d'aquifère : le Complexe Terminal (CT) et le Continental Intercalaire (CI). Les eaux étudiées ne présentent pas de danger d'alcalinisation (SAR<10). Les eaux de l'Albien peuvent être utilisées pour l'irrigation, après refroidissement. Les eaux de CT sont de mauvaise qualité et déconseillées pour l'irrigation sauf dans des conditions exceptionnelles. L'étude révèle une exploitation abusive, souvent non contrôlée, de ces ressources, entraînant une remontée de la nappe, la salinisation des sols et une baisse d'efficacité des systèmes d'irrigation. Les données recueillies montrent une prédominance de l'irrigation gravitaire et des cultures fruitières. L'étude préconise l'adoption de techniques modernes comme l'irrigation localisée ou intelligente, afin de préserver la ressource et d'assurer une agriculture durable

**Mots clés :** Eaux souterraines, agriculture, irrigation, qualité de l'eau, zone aride

## المخلص :

تقع منطقة ورقلة في شمال شرق الصحراء الجزائرية، وتغطي مساحة تقدر بـ 149,151 كم<sup>2</sup>، وتتميز بمناخ جاف. تعتمد الزراعة في المنطقة على نظام مائي جوفي : (CT) و (CI). تُظهر المياه المدروسة عدم وجود خطر القلوية (SAR<10). يمكن استخدام مياه مكمن المتداخل القاري في الري بعد التبريد، بينما تُعد مياه السينونيان والميولبوسان ذات جودة ضعيفة ولا يُنصح بها للري إلا في حالات استثنائية. تكشف الدراسة عن استغلال مفرط وغير مراقب غالبًا لهذه الموارد، مما يؤدي إلى ارتفاع منسوب المياه الجوفية، وتملح التربة، وانخفاض فعالية أنظمة الري. تشير البيانات المجمعة إلى تفوق نظام الري بالجاذبية وزراعة الأشجار المثمرة. وتوصي الدراسة باعتماد تقنيات حديثة مثل الري الموضعي أو الذكي، بهدف الحفاظ على الموارد وضمان استدامة الزراعة.

الكلمات المفتاحية: المياه الجوفية، الزراعة، الري، جودة المياه، المنطقة الجاف

## Abstract:

Ouargla is located in the Northeast of the Algerian Sahara and covers an area of approximately 149,151 km<sup>2</sup>. It is characterized by an hyper-arid climate. Agriculture in the region relies on aquifer system: the Terminal Complex (TC) and the Continental Intercalaire (CI). The studied waters do not pose an alkalization risk (SAR<10). Albian waters can be used for irrigation, after cooling, whereas TC waters are of poor quality and not recommended for irrigation except under exceptional conditions. The study reveals excessive and often uncontrolled exploitation of these resources, leading to rising groundwater levels, soil salinization, and reduced irrigation efficiency. Collected data show a predominance of gravity irrigation and fruit crops. The study recommends adopting modern techniques such as localized or smart irrigation to preserve resources and ensure sustainable agriculture.

**Keywords:** Groundwater, agriculture, irrigation, water quality, arid zone

## Liste de figures

<b>Figure 1 : Schéma de quelques exemples d'aquifères selon le contexte géologique (Bouselsal B. 2020).</b>	<b>5</b>
<b>Figure 2: Schéma conceptuel de principaux types d'aquifères (Bouselsal B. 2020).</b>	<b>6</b>
<b>Figure 3: Carte de situation géographique de la région de Ouargla</b>	<b>8</b>
<b>Figure 4: Délimitation de la cuvette de Ouargla</b>	<b>9</b>
<b>Figure 5: Evolution de la population de Ouargla entre 2018/2023</b>	<b>10</b>
<b>Figure 6: Coupe schématique des formations superficielles de la cuvette de Ouargla (BELLAOUEUR Abdelaziz, 2008)</b>	<b>11</b>
<b>Figure 7: Réseau hydrographique du Sahara Septentrional (Dubief, 1963)</b>	<b>13</b>
<b>Figure 8: Carte géologique régionale de Ouargla (OSS ; 2003).</b>	<b>15</b>
<b>Figure 9: Carte géologique locale (BG, 2004)</b>	<b>16</b>
<b>Figure 10: Carte de localisation des forages</b>	<b>17</b>
<b>Figure 11: Coupe géologique suivant le profil AA'</b>	<b>18</b>
<b>Figure 12: Coupe géologique suivant le profil BB'</b>	<b>19</b>
<b>Figure 13: Températures moyennes mensuelles - période (2014-2024)</b>	<b>22</b>
<b>Figure 14: Précipitations moyennes mensuelles - période (2014-2024)</b>	<b>23</b>
<b>Figure 15: digramme ombrothermique de la région de Ouargla (2014-2024)</b>	<b>23</b>
<b>Figure 16: Insolation moyennes mensuelles - période (2014-2024)</b>	<b>25</b>
<b>Figure 17: Variations de l'humidité (2014/2024)</b>	<b>26</b>
<b>Figure 18 : Système Aquifère du Sahara Septentrional (UNESCO 1972)</b>	<b>29</b>
<b>Figure 19: Coupe hydrogéologique du système aquifère CI et CT (UNESCO, 1972)</b>	<b>30</b>
<b>Figure 20: Récapitulatif des différentes nappes aquifères de la basse Vallée de l'Oued Mya (Nezli, 2004)</b>	<b>32</b>
<b>Figure 21: Carte piézométrique de la nappe phréatique campagne 2017</b>	<b>34</b>
<b>Figure 22: Évolution du nombre de puits et forages utilisés pour l'irrigation entre 2017 et 2024</b>	<b>38</b>
<b>Figure 23: Évolution trimestrielle des débits d'eau captée par puits entre 2017 et 2024 (en l/s)</b>	<b>39</b>
<b>Figure 24: Évolution trimestrielle des débits d'eau captée par forages entre 2017 et 2024 (en l/s)</b>	<b>40</b>

<b>Figure 25: Evolution des débits totaux par trimestre</b>	41
<b>Figure 26:Évolution interannuelle des débits annuels (2017-2024)</b>	41
<b>Figure 27:Les superficies des cultures irriguées (2017/2024)</b>	42
<b>Figure 28: Irrigation par planche</b>	43
<b>Figure 29 : Irrigation Par Bassins (submersion)</b>	44
<b>Figure 30: L'irrigation par aspersion</b>	44
<b>Figure 31:L'irrigation à pivot central</b>	45
<b>Figure 32: L'irrigation au goutte à goutte</b>	45
<b>Figure 33:Evolution des superficies irriguées par mode d'irrigation (2017/ 2024)</b>	46
<b>Figure 34:Classement de la qualité de l'eau en fonction du danger d'alcalinisation du sol (SAR) ; Durand (1982)</b>	48

## Liste des Tableaux

<b>Tableau 1: Population de la région de Ouargla</b>	<b>10</b>
<b>Tableau 2: Coordonnées de la station météo de Ouargla</b>	<b>21</b>
<b>Tableau 3: Températures moyennes mensuelles (2014/2024)</b>	<b>21</b>
<b>Tableau 4 : Précipitations moyennes mensuelles (ONM Ouargla ; 2014-2024)</b>	<b>22</b>
<b>Tableau 5: Vitesses maximales moyennes mensuelles du vent</b>	<b>24</b>
<b>Tableau 6: Insolations moyennes mensuelles (ONM Ouargla 2014/2024)</b>	<b>24</b>
<b>Tableau 7: Composition physico-chimique des nappes Albienne, Mio-Pliocène et du Sénonien ; Source (HAMDI AISSA, 2017)</b>	<b>47</b>

## **Liste des abréviations**

**ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

**APFA** : Accession à la propriété foncière agricole

**CI** : Continental Intercalaire

**CT** : Complexe Terminal

**D.S.A.** : Direction des services agricoles

**DPSB** : Direction de la Programmation et du Suivi Budgétaires

**FAO** : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

**ONM** : Office National de la Météorologie

**OSS** : Observatoire du Sahara et du Sahel

**SAR** : Taux d'Adsorption du Sodium.

**SASS** : Système Aquifère du Sahara Septentrional

# TABLE DE MATIERE

<b>INTRODUCTION GENERALE</b>	<b>1</b>
<b>I. GENERALITES SUR LES NAPPES SOUTERRAINES ET PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE</b>	<b>4</b>
<b>I.1 INTRODUCTION</b>	<b>4</b>
<b>I.2 Définition :</b>	<b>4</b>
<b>I.2.2 Classification selon le critère hydrodynamique</b>	<b>5</b>
<b>I.2.3 IMPORTANCE DES NAPPES POUR L'AGRICULTURE EN ZONES ARIDES ET LES RISQUES LIES A L'EXPLOITATION NON CONTROLEE :</b>	<b>6</b>
<b>I.3 LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DE LA REGION D'ETUDE</b>	<b>7</b>
<b>I.3 POPULATION :</b>	<b>9</b>
<b>I.4 ASPECTS GEOMORPHOLOGIQUES DE OUARGLA :</b>	<b>10</b>
<b>I.4.1 Les plateaux :</b>	<b>11</b>
<b>I.4.2 Les glacis :</b>	<b>11</b>
<b>I.4.3 Les chotts et sebkhas :</b>	<b>12</b>
<b>I.5 RESEAU HYDROGRAPHIQUE :</b>	<b>12</b>
<b>I.6 CONTEXTE GEOLOGIQUE :</b>	<b>13</b>
<b>I.6.1 Cadre géologique régional :</b>	<b>14</b>
<b>I.6.2 Cadre géologique local :</b>	<b>15</b>
<b>Conclusion :</b>	<b>19</b>
<b>II. LES CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES :</b>	<b>21</b>
<b>II.1 INTRODUCTION :</b>	<b>21</b>
<b>II.2 LES CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES :</b>	<b>21</b>
<b>II.2.1 La température :</b>	<b>21</b>
<b>II.2.2 LA PRECIPITATION :</b>	<b>22</b>
<b>II.1.3 DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE :</b>	<b>23</b>
<b>II.2.4 LA FORCE DE VENT :</b>	<b>24</b>
<b>II.2.5 INSOLATION</b>	<b>24</b>
<b>II.2.7 L'HUMIDITE RELATIVE :</b>	<b>25</b>
<b>II.2.7 INDICE D'ARIDITE</b>	<b>26</b>
<b>CONCLUSION :</b>	<b>27</b>

<b>III.HYDROGEOLOGIE DE LA REGION D'ETUDE</b>	<b>29</b>
<b>III.1 INTRODUCTION :</b>	<b>29</b>
<b>III.2 HYDROGEOLOGIE REGIONALE :</b>	<b>29</b>
<b>III.3 HYDROGEOLOGIE LOCALE :</b>	<b>32</b>
<b>III.4 La carte piézométrique :</b>	<b>33</b>
<b>CONCLUSION :</b>	<b>35</b>
<b>IV.L'UTILISATION AGRICOLE DES NAPPES DANS LA REGION D'OUARGLA :</b>	<b>37</b>
<b>IV.1 INTRODUCTION :</b>	<b>37</b>
<b>IV.2 RESSOURCE HYDRIQUES ET SUPERFICIES IRRIGUEES :</b>	<b>37</b>
<b>IV.3 SUPERFICIE DES CULTURES IRRIGUEES :</b>	<b>42</b>
<b>IV.4 LES MODES D'IRRIGATION :</b>	<b>43</b>
<b>IV.5 REPARTITION DES SUPERFICIES DES CULTURES IRRIGUEES PAR MODE D'IRRIGATION :</b>	<b>46</b>
<b>IV.6 L'UTILISATION AGRICOLE DES NAPPES DANS LA REGION D'OUARGLA</b>	<b>46</b>
<b>Conclusion :</b>	<b>49</b>
<b>CONCLUSION GENERALE :</b>	<b>50</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>52</b>

---

# *Introduction Générale*

---

### Introduction Générale

Les nappes souterraines jouent un rôle fondamental dans les régions arides où elles constituent la principale source d'eau pour l'agriculture. Leur exploitation permet de pallier le manque de précipitations et de garantir la viabilité des systèmes agricoles dans des conditions climatiques extrêmes.

À Ouargla, l'irrigation est un moteur essentiel du développement agricole. Grâce aux eaux souterraines, la région a pu développer des oasis et des périmètres agricoles modernes, assurant ainsi une production agricole durable malgré un climat désertique caractérisé par des températures élevées et une forte évaporation **(Ouannas, 2019)**.

Cependant, l'exploitation intensive des nappes soulève plusieurs problématiques majeures. La surexploitation entraîne une baisse des niveaux piézométriques, compromettant la recharge naturelle des nappes. La salinisation des sols, due à l'irrigation prolongée avec des eaux riches en sels, dégrade progressivement la fertilité des terres agricoles. De plus, la remontée de la nappe phréatique accentue ces problèmes en augmentant la salinité et en réduisant la productivité des cultures **(Bellaoueur, 2008)**.

L'objectif principal de ce travail consiste à :

- ✚ Évaluer les pratiques agricoles et leur impact sur les nappes souterraines dans la région d'Ouargla
- ✚ Analyser les effets négatifs associés à une exploitation excessive, notamment la salinisation et l'épuisement des ressources hydriques
- ✚ Proposer des solutions durables pour une meilleure gestion des eaux souterraines et une agriculture plus efficiente %

Pour répondre à ces objectifs, ce travail a été structuré en quatre chapitres :

- ✚ Le premier chapitre : comporte des généralités sur les nappes souterraines et présentation de la région d'étude
- ✚ Le deuxième chapitre : l'étude des principaux paramètres climatiques (pluviométrie ; température ; vitesse de vent ...etc.).
- ✚ Le troisième chapitre : l'étude hydrogéologique de la région d'étude
- ✚ Le quatrième chapitre : L'utilisation agricole des nappes dans la région d'Ouargla par l'interprétation des données liés à l'agriculture dans la région, la

relation entre ces activités agricoles et les eaux souterraines et la qualité de ces eaux à l'utilisation pour l'irrigation

---

# **Chapitre I :**

## **Généralités sur les nappes souterraines et présentation de la région d'étude**

---

### **I. Généralités sur les nappes souterraines et présentation de la région d'étude**

#### **I.1 Introduction**

Les eaux souterraines sont une source vitale, notamment en zones arides, où elles assurent l'irrigation et l'alimentation en eau. Toutefois, leur surexploitation entraîne des risques majeurs comme la baisse des niveaux, l'intrusion saline et la pollution, nécessitant une préservation efficace de ces ressources

#### ***I.2 Définition :***

Une nappe souterraine est l'ensemble de l'eau contenue dans une fraction perméable de la croûte terrestre totalement imbibée, conséquence de l'infiltration de l'eau dans les moindres interstices du sous-sol et de son accumulation au-dessus d'une couche imperméable.

Les nappes d'eaux souterraines ne forment de véritables rivières souterraines que dans les terrains karstiques. Les eaux souterraines correspondant aux eaux infiltrées dans le sol, circulant dans les roches perméables du sous-sol, forment des « réserves ». Différents types de nappes sont distingués selon divers critères qui peuvent être : géologiques ou hydrodynamiques.

#### **I.2.1 Classification selon le critère géologique :**

Cette classification repose sur la nature et la structure des formations aquifères

- ❖ **Aquifères des dépôts fluviaux** : Constitués de sables et graviers déposés par des cours d'eau.
- ❖ **Aquifères des bassins sédimentaires** : Formés dans des formations sédimentaires épaisses (sables, calcaires, grès).
- ❖ **Aquifères karstiques** : Situés dans des formations calcaires fissurées, avec des réseaux de cavités et de conduits.
- ❖ **Aquifères littoraux** : Situés en bord de mer, sensibles aux intrusions salines.
- ❖ **Aquifères de socle cristallin** : Formés dans des roches dures (granites, gneiss) présentant une fracturation permettant la circulation de l'eau.

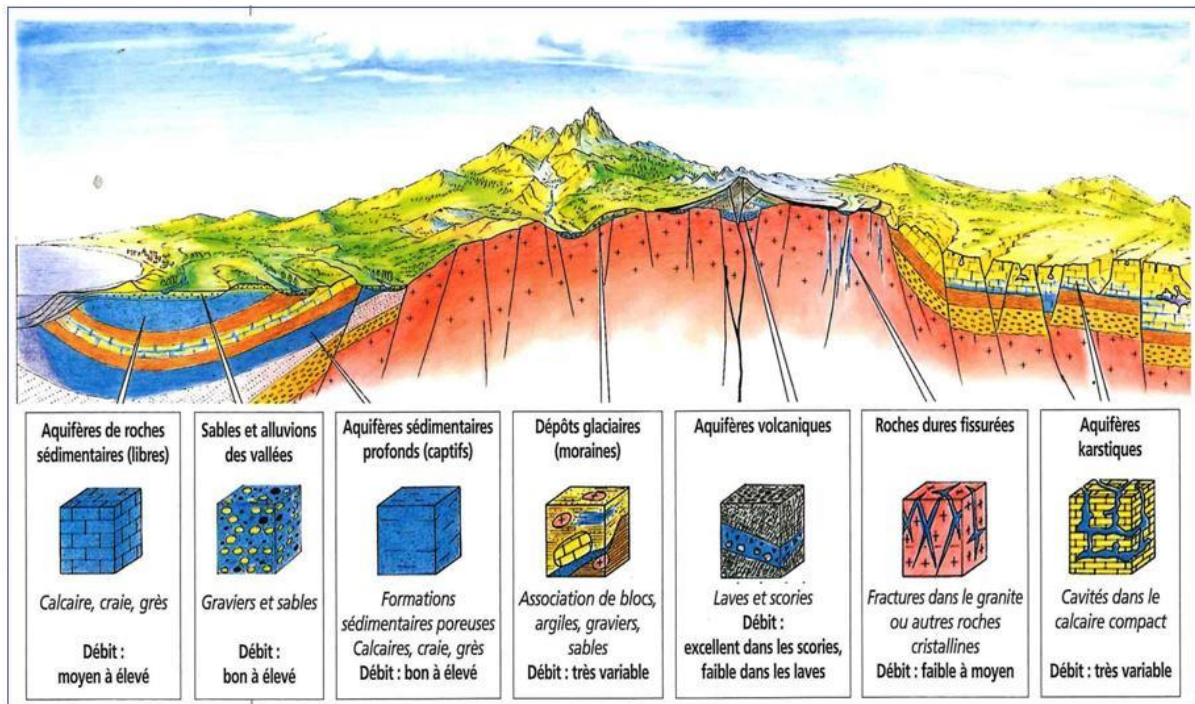


Figure 1 : Schéma de quelques exemples d'aquifères selon le contexte géologique (Bouselsal B. 2020).

### 1.2.2 Classification selon le critère hydrodynamique

Ce critère repose sur la perméabilité des formations limitant l'aquifère et la pression d'eau. On distingue :

- ❖ **Aquifère libre (nappe phréatique)** : La nappe repose sur une couche imperméable, avec une surface libre soumise à la pression atmosphérique.
- ❖ **Aquifère captif** : L'eau est emprisonnée entre deux couches imperméables, ce qui entraîne une pression supérieure à la pression atmosphérique.
- ❖ **Aquifère semi-captif** : Il est partiellement confiné par une couche semi-perméable, ce qui permet des échanges verticaux.
- ❖ **Nappe perchée** : Une petite nappe d'eau libre isolée, reposant sur une lentille imperméable à l'intérieur d'une formation perméable.

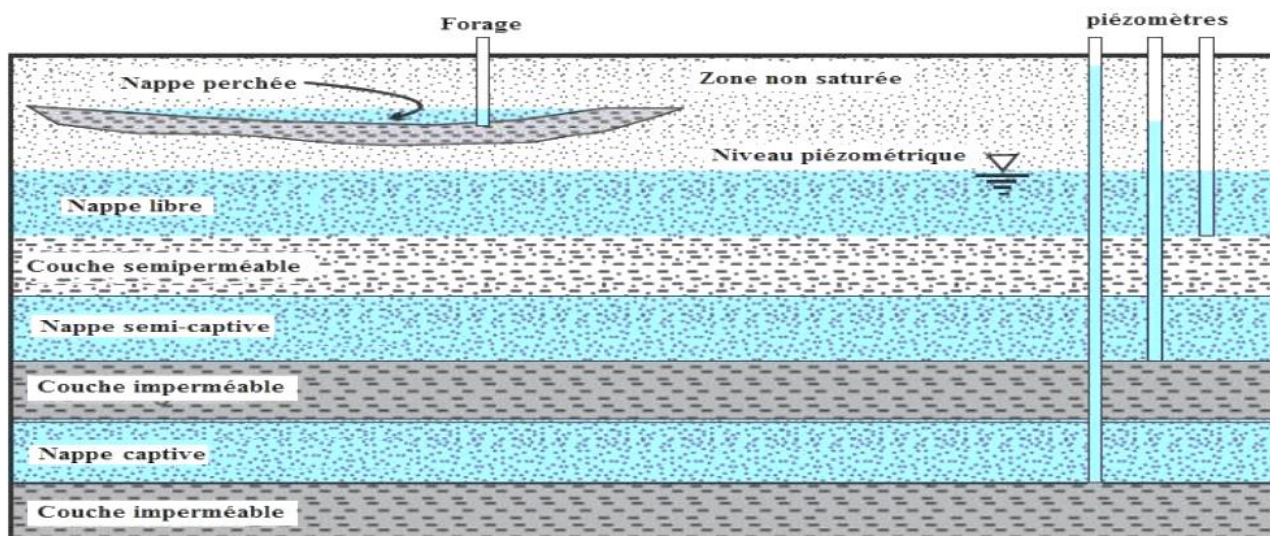


Figure 2: Schéma conceptuel de principaux types d'aquifères (Bouselsal B. 2020).

### I.2.3 Importance des nappes pour l'agriculture en zones arides et les Risques liés à l'exploitation non contrôlée :

Dans les régions arides, les nappes souterraines constituent une source essentielle d'eau pour l'irrigation. Elles permettent de maintenir une activité agricole malgré la faiblesse des précipitations et les longues périodes de sécheresse.

Cependant, leur exploitation excessive peut conduire à une baisse du niveau des nappes et à la détérioration de la qualité de l'eau.

La surexploitation des nappes souterraines constitue un risque majeur pour la durabilité des ressources en eau. Une extraction excessive entraîne une baisse du niveau des nappes, rendant leur recharge naturelle de plus en plus difficile. Dans les zones côtières, cette surexploitation favorise l'intrusion saline, où l'eau de mer s'infiltre dans les aquifères, augmentant leur salinité et rendant l'eau impropre à certains usages.

De plus, la diminution importante du niveau des nappes peut provoquer l'affaissement des sols en raison de la compaction des formations géologiques, entraînant des dommages irréversibles. Enfin, l'utilisation intensive d'engrais et de pesticides en surface contribue à la pollution des nappes, compromettant leur qualité et les rendant inadaptées à la consommation humaine et agricole.

### **I.3 Localisation géographique de la région d'étude**

La wilaya de Ouargla est située au nord-est du Grand Sahara algérien, à environ 850 km au sud de la capitale, Alger. Elle couvre une superficie de 149 151 km<sup>2</sup> (DPSB) et est délimitée par plusieurs wilayas :

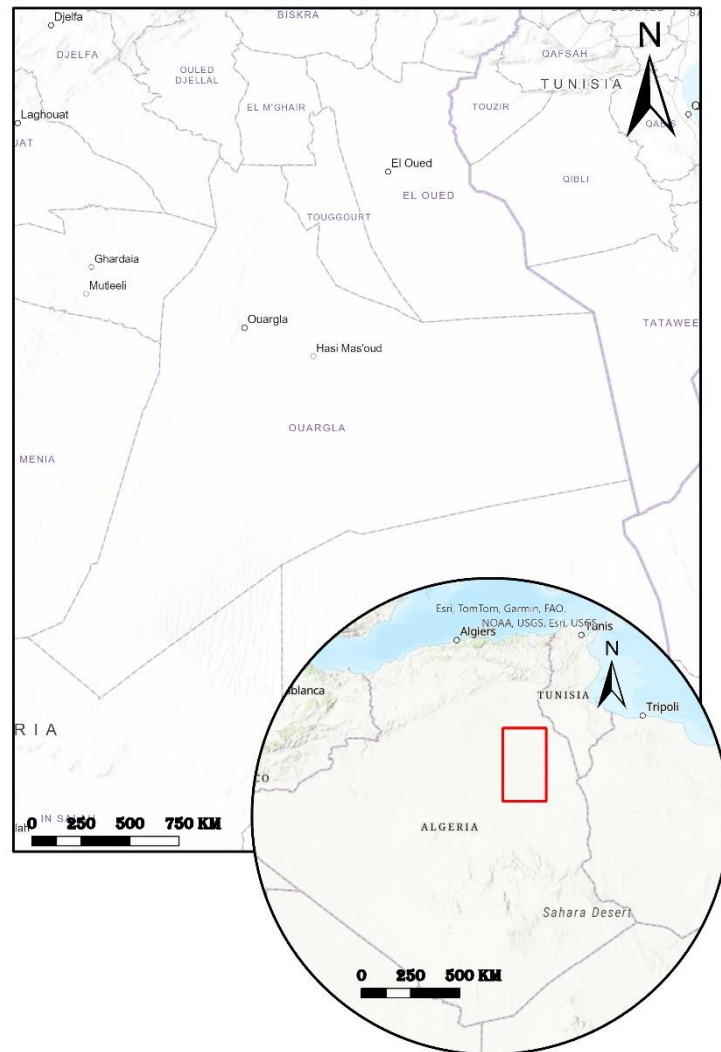
- ❖ Au Nord : Djelfa, El Meghaier, Touggourt et El Oued
- ❖ Au Sud : Illizi et In Saleh
- ❖ A l'Est : la Tunisie.
- ❖ A l'Ouest : Ghardaïa et El Menia.

L'Oasis de Ouargla, considérée comme l'une des plus vastes du Sahara algérien, occupe une dépression fermée connue sous le nom de « Cuvette de Ouargla ». (**Sid et Ben guessoum et Bedoui, 2021**).

Qui s'étale sur une longueur d'environ 55 km orientée sud-ouest / nord-est et limitée :

- ❖ Au Nord par Sebket Safioune ;
- ❖ À l'Est par les ergs de Touil et Arifdji ;
- ❖ Au Sud par les dunes de Sedrata ;
- ❖ À l'Ouest par le versant est de la dorsale du M'Zab

Elle englobe plusieurs agglomérations, notamment Ouargla, N'Goussa, Rouissat, Ain El Beida et Sidi Khoulied.



**Figure 3: Carte de situation géographique de la région de Ouargla**

## Chapitre I : Généralités sur les nappes souterraines et présentation de la région d'étude

Les coordonnées géographiques de Ouargla sont : latitude 31°57' Nord, longitude 5°19' Est, avec une altitude de 157 m.

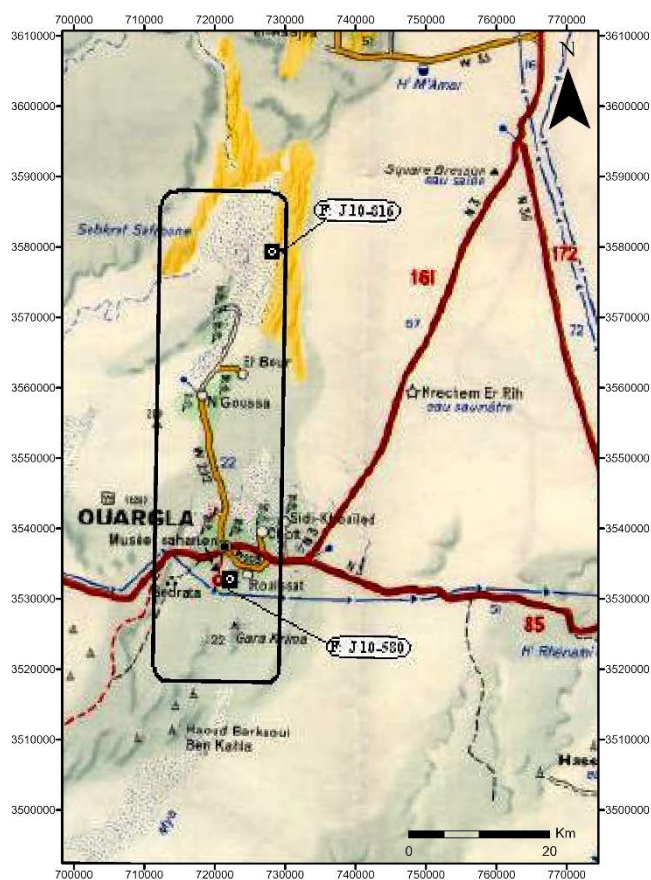


Figure 4: Délimitation de la cuvette de Ouargla

### I.3 Population :

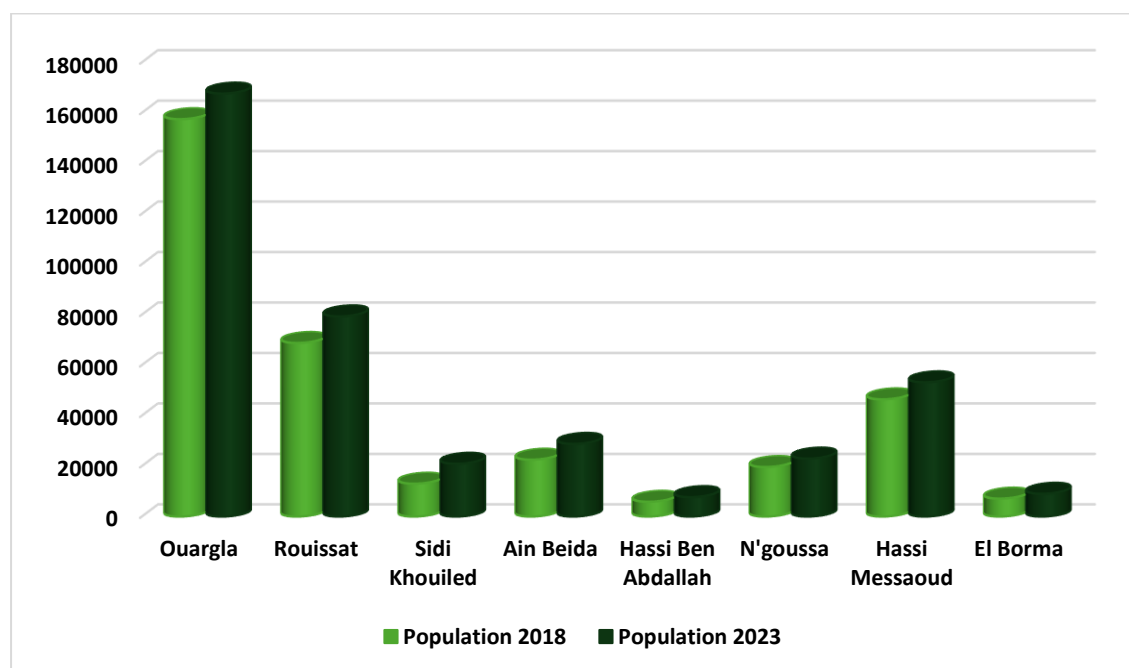
En 2023, la population de Ouargla est estimée à 389 613 habitants avec une densité 2,85 (hab /km).

Les données sur le nombre de la population de Ouargla (Tableau 01), nous ont été attribuées par la Direction de la Programmation et du Suivi Budgétaires (DPSB)

**Tableau 1: Population de la région de Ouargla**

Communes	Superficie Km <sup>2</sup>	Population Total 2018	Population Total 2023	Taux d'accroissement (%)
<b>Ouargla</b>	10218	157477	167625	1.26%
<b>Rouissat</b>	7331	68795	79337	2.88%
<b>Sidi Khouiled</b>	5164	13021	20925	9.93%
<b>Ain Beida</b>	1973	22538	28808	5.04%
<b>Hassi Ben Abdallah</b>	3060	5859	7709	5.62%
<b>N'goussa</b>	2907	19628	22980	3.22%
<b>Hassi Messaoud</b>	71237	46452	53196	2.74%
<b>El Borma</b>	47261	7103	9033	4.92%
<b>Total Wilaya</b>	149151	340873	389613	2.72%

De ce fait, on remarque que la population de Ouargla a augmenté de 340873 habitants en 2018 à 389 613 habitants en 2023 avec un taux d'accroissement de 2.72%.



**Figure 5: Evolution de la population de Ouargla entre 2018/2023**

#### **I.4 Aspects géomorphologiques de Ouargla :**

La région de Ouargla fait partie du sous-bassin saharien, correspondant à l'ancienne vallée fossile de l'oued Mya. Elle se caractérise par une diversité de formes résultant des

processus géologiques et climatiques passés. L'étude géomorphologique de la région fait apparaître les éléments suivants (fig.6) :

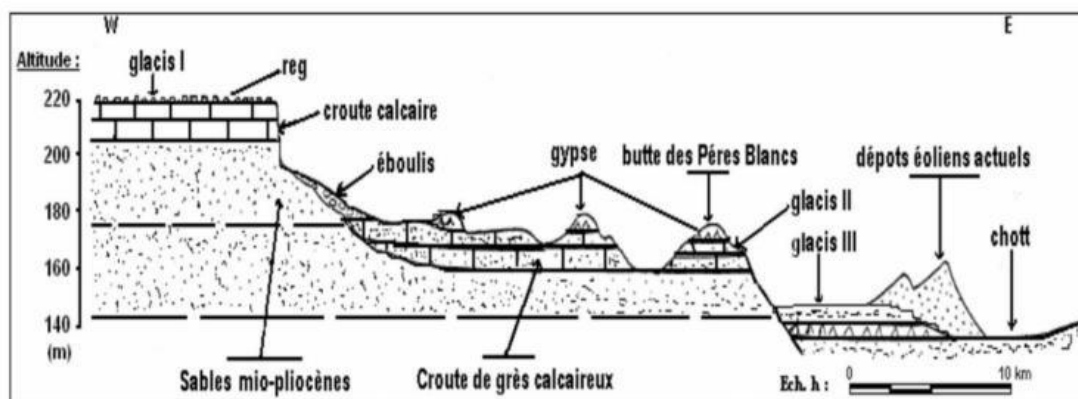


Figure 6: Coupe schématique des formations superficielles de la cuvette de Ouargla (BELLAOUEUR Abdelaziz, 2008)

### I.4.1 Les plateaux :

La région de Ouargla se trouve encaissée au fond d'une cuvette très large de la basse vallée de l'oued Mya. Cette dernière est mise en évidence par une dissymétrie marquée par la présence d'une falaise gréseuse occidentale (le baten) particulièrement nette et continue, avec une pente très abrupte, tandis que la limite orientale est imprécise.

- ✚ A l'Ouest, un plateau calcaire de la Hamada Pliocène, surplombe la cuvette à environ 230 mètres d'altitude, s'abaisse légèrement d'Ouest en Est, il est fortement érodé, laissant dans le paysage une série de buttes témoins appelées localement "Gours" (pluriel de Gara).
- ✚ A l'Est, on constate un plateau avec une altitude ne dépassant pas les 160 mètres et les limites ne sont pas nettes. Les rebords de ce plateau disparaissent souvent sous les sables des Ergs : Touil, Boukhezana et El Arfdji.
- ✚ Au Sud, un massif dunaire recouvre les ruines de Sedrata; Son altitude dépasse 155 mètres et domine de 20 mètres le point le plus bas de la vallée qui à cette altitude se trouve au pied du baten occidental.
- ✚ Au Nord, la vallée reprend une direction SSO-NNE. La Sebket Sefioune occupe le centre, tandis que ses rives sont recouvertes par les massifs dunaires. (Rouillois-Brigol, 1975 ANAT, 1995, Hamdi-Aïssa, 2001)

### I.4.2 Les glacis :

Sur le versant Ouest de Ouargla s'étagent des glacis caractéristiques, du plus ancien au plus récent, d'Ouest en Est sur quatre niveaux de 200 à 140 mètres.

Les glacis de 180 et de 160m très visibles se caractérisent par l'affleurement du substrat gréseux du Mio-Pliocène. La pente de ce substrat est faible et souvent

recouverte de sables et de graviers. L'Est de Ouargla est un vaste glacis alluvial, de 150 mètres d'altitude à sable grossier. (Hamdi Aïssa, 2000)

### ***1.4.3 Les chotts et sebkhas :***

Les formations Quaternaires occupent généralement les points bas des grands bassins sédimentaires et forment des zones appelées en terme arabe "sebkhas" et "chotts". Une sebkha désigne un bas fond fermé et stérilisé par l'accumulation des sels, tandis qu'un chott, est une zone plus étendue entourant une sebkha. Ce sont des surfaces d'évaporation et d'exutoire dans lesquelles aboutissent des cours d'eau. Le niveau le plus bas des vallées de l'Oued Mya est un très vaste glacis, il constitue un chott dans lequel s'encaisse l'immense sebkha de Ouargla en forme de croissant qui entoure la ville. C'est sur le chott que sont implantées les principales oasis de Ouargla.

Les principaux chotts sont : le chott Ain Beida, Oum-Er-Raneb et Sebkhet Safioune, les autres sites sont de moins importance comme les Chotts de Saïd Otba et Bour El-Haicha, les sebkhas de N'Goussa et Bamendil. (Sid Rayane et al., 2021)

### **1.5 Réseau hydrographique :**

Les principaux réseaux hydrographiques de la région d'étude sont représentés par l'oued M'Zab et l'oued N'sa et l'oued M'ya :

- ✚ **Oued N'sa :** Oued N'sa prend naissance dans la région de Tilrempt à Hassi R'mel vers 750m d'altitude et coule sur environ 240Km en direction Ouest puis Sud-Est pour aboutir la Sebkhet Safioune à la côte 110m au Nord de Ouargla.
- ✚ **Oued M'Zab :** Oued M'Zab passe par la ville de Ghardaïa. Il prend naissance suite à la confluence de deux grands affluents ; oued el Haimeur du Nord-Ouest et l'oued Labiod de l'Ouest. L'oued Touzouz de faible importance ; rejoint le M'zab en amont de la palmeraie de Ghardaïa. A une altitude de 745m en amont, l'oued parcourt une distance d'environ 270km de l'Ouest vers l'Est pour atteindre son exutoire Sebkhat Sefioun à 107m d'altitude
- ✚ **Oued M'ya :** Oued Mya draine la partie orientale du plateau de Tadmaït. Le bassin de l'Oued Mya est en forme d'une vaste gouttière relevée du Sud (800 m) avec une inclinaison très faible (0,1 à 0,2 %) vers le Nord-est s'étendant sur 19 800 km<sup>2</sup> (A. HAMMOU ALI, 2014)

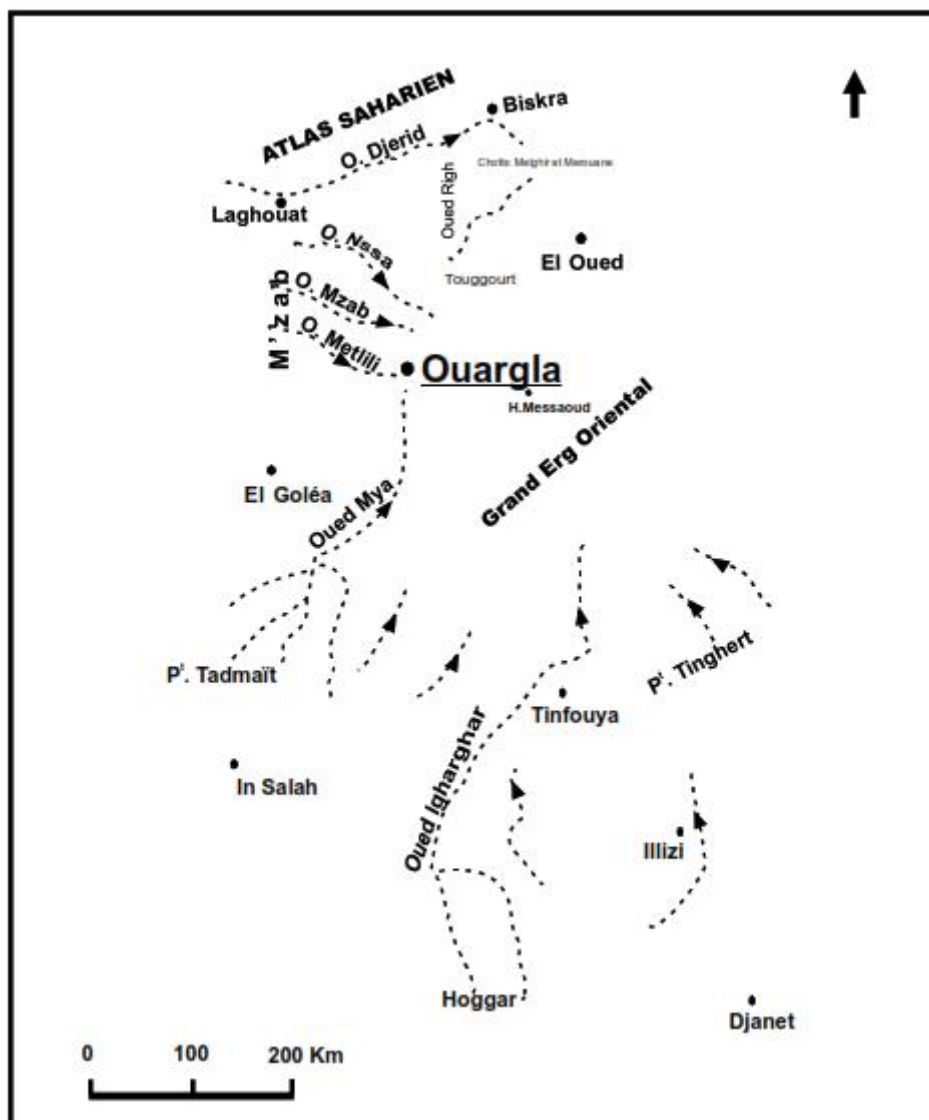


Figure 7: Réseau hydrographique du Sahara Septentrional (Dubief, 1963)

Les travaux des archéologues confirment que la dépression de l'oued Mya n'a été drainée par des cours d'eau qu'à une période très ancienne du Quaternaire et que les sebkhas n'étaient pas fonctionnelles à l'époque néolithique car certains gisements reposent sur elles. Actuellement, les plus grandes crues de l'Oued Mya s'arrêtent à 200 km à l'amont de Ouargla. (BONNARD & GARDEL ; 2004)

## I.6 CONTEXTE GEOLOGIQUE :

Une étude géologique permet d'analyser les caractéristiques lithologiques et stratigraphiques des formations souterraines, ce qui aide à identifier celles qui peuvent présenter des aquifères. La région d'Ouargla fait partie du bassin sédimentaire du Sahara Nord-Est septentrional.

Dans cette partie, nous présenterons un résumé des études et recherches portant sur la géologie du bassin sédimentaire du Sahara septentrional, en mettant l'accent sur

les formations lithologiques, la stratigraphie et l'évolution tectonique, afin de mettre en évidence les principales caractéristiques géologiques de cette région

### ***1.6.1 Cadre géologique régional :***

Ouargla fait partie de la plateforme saharienne constituée d'un bouclier précambrien, surmonté de sédiments dans le Sahara Central, Massif du Hoggar et le Sahara occidental :

Massif des Eglab. Il est constitué de roches éruptives et métamorphiques, aplani par l'érosion, et surmonté par des couches sédimentaires de plusieurs milliers de mètres, allant du Primaire (Cambrien) au Quaternaire. Ces couches sont plus ou moins plissées en forme d'un grand bassin sédimentaire dissymétrique. Ce bassin se subdivise en trois (03) sous domaines :

- Le bassin du Grand Erg Occidental.
- Le bassin du Grand Erg Oriental.
- L'anticlinal du M'Zab.

Le bassin oriental du Sahara à couverture sédimentaire, d'âge Paléozoïque au récent, est nettement mieux connu grâce aux recherches pétrolières. Il est limité à l'Ouest par la dorsale du M'Zab et au Sud par les plateaux du Tadmait et du Tinrhert, se plonge vers l'Est en Tunisie et en Libye. Il comporte à la base des sédiments paléozoïques plissés, et pénéplaines par l'orogénèse hercynienne, surmontés en discordance par des sédiments variés (marins et continentaux) du Secondaire et du Tertiaire sur une épaisseur de 2000 mètres environ. Le bassin oriental se présente également comme un vaste synclinal, ouvert vers le Nord. Dans sa moitié Sud, ce synclinal est traversé par un grand axe anticlinal Nord-Sud, siège de plusieurs gisements pétroliers. C'est le haut-fond d'Amguid-El Biod. Cet axe n'est plus apparent dans les formations du Mio-Pliocène ; il y a même inversion de relief puisque l'axe de l'actuel synclinal Mio-Pliocène se superpose à l'ancien haut-fond. Dans le bassin du Sahara septentrional, une seconde zone haute a existé, du Cénomaniens au Mio-Pliocène, entre Hassi-Messaoud et la frontière tunisienne. Cette structure est orientée Est-Ouest ; elle sépare la fosse des chotts, au nord, du reste du bassin. Il semble que cet axe joue un rôle important dans l'hydrogéologie de cette région. **(NEZLI, 2004).**

La région de Ouargla se trouve ainsi enfoncée dans la dépression de l'Oued Mya. Cette dépression fait partie du Bas Sahara, qui offre une topographie basse (-40m) en dessous du niveau de la mer, au Chott Melrhir (au Nord). Elle est occupée par les formations du bassin oriental, qui renferme les puissants aquifères et les impressionnantes réserves pétrolifères et qui font la richesse du Sahara **(Cornet, 1964).**

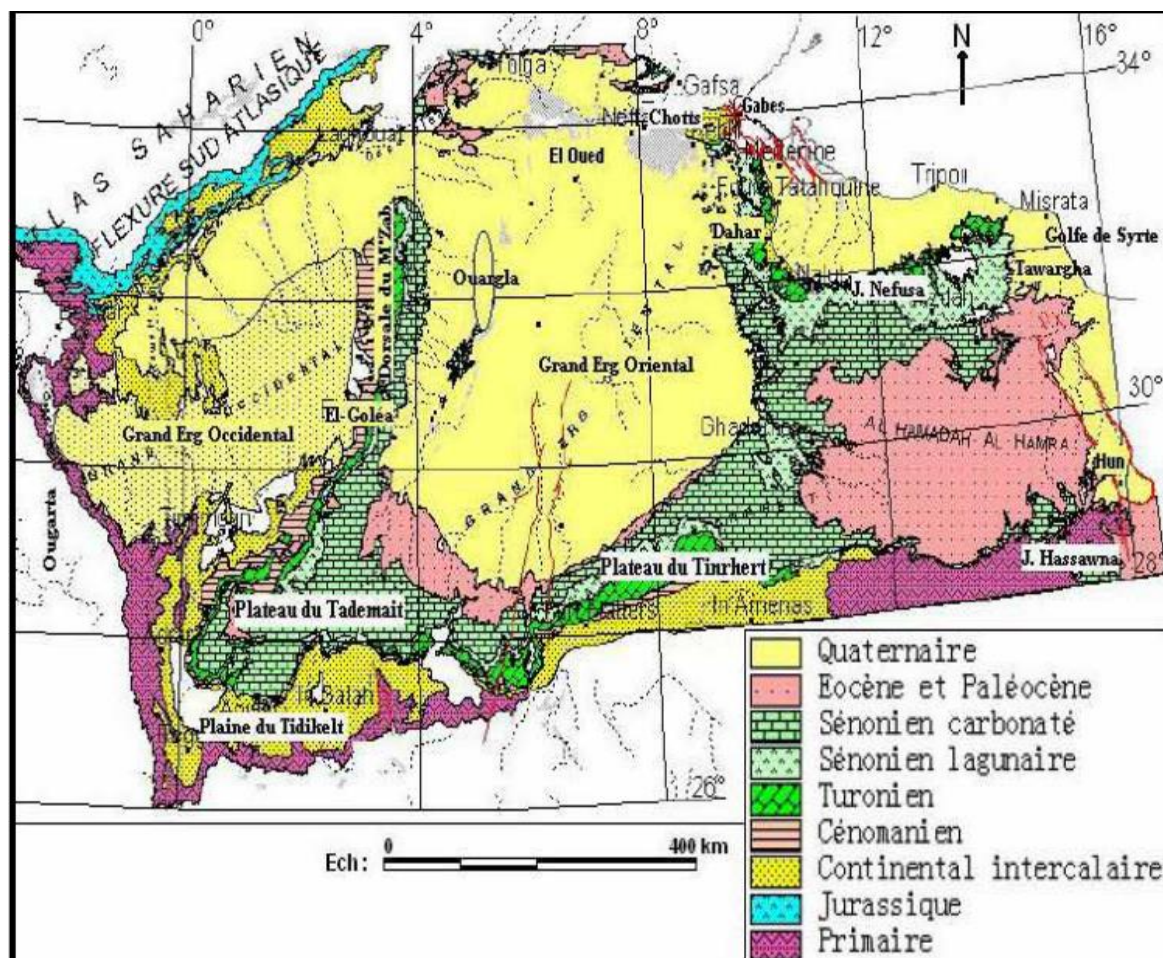


Figure 8: Carte géologique régionale de Ouargla (OSS ; 2003).

### 1.6.2 Cadre géologique local :

Dans la région de Ouargla seuls les terrains du Mio-Pliocène affleurent, recouverts par une faible épaisseur de dépôts quaternaires (Ergs et Dunes). La carte (fig. 9) représente les caractéristiques géomorphologiques et géologiques de la région d'étude. Sur cette carte, on remarque que :

L'Ouest de la région est marqué par des altitudes élevées atteindre 435 m avec la dominance de dunes sableuses et de terrains sénono-éocènes et mio-pliocènes. Le centre de la zone est constitué de plaines à moyenne altitude formée principalement de dépôts quaternaires. L'Est de la région, plus bas en altitude à partir de 58 m, est dominé par des terrains mio-pliocènes, avec la présence ponctuelle de formations plio-quaternaire.

Les oueds principaux, tels que Oued M'zab et Oued N'Sa, traversent la partie Nord-Ouest de la zone.

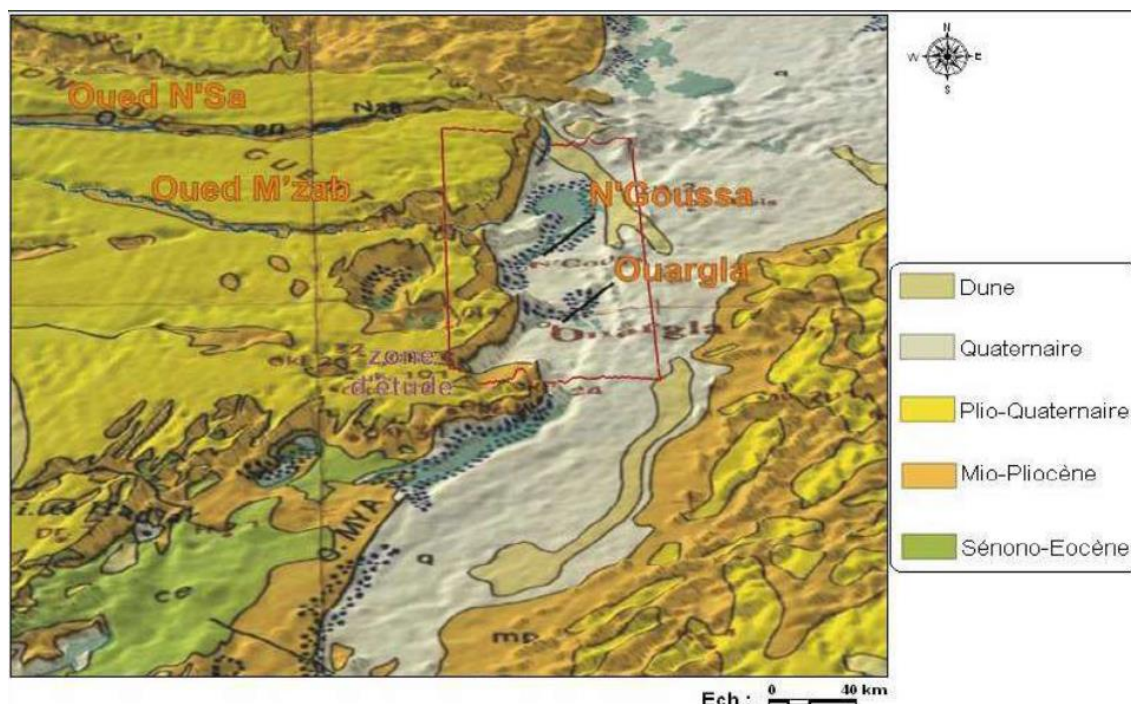
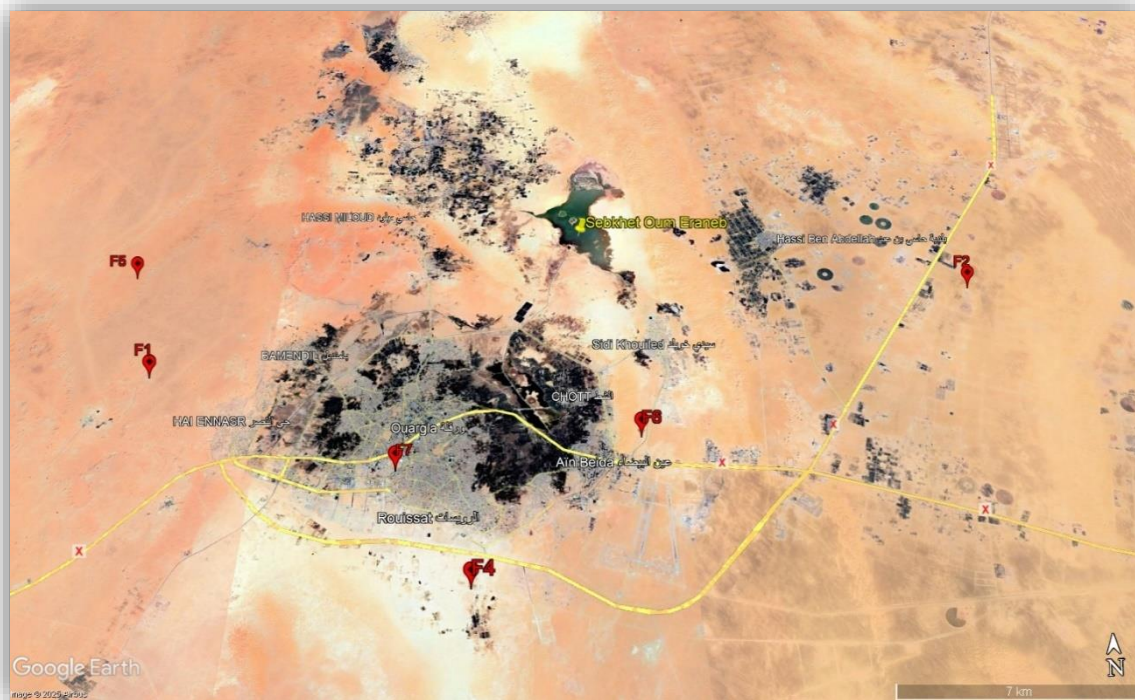


Figure 9: Carte géologique locale (BG, 2004)

Dans le cadre de cette étude, deux coupes géologiques ont été réalisées par le logiciel RockWorks à partir de six forages (fig.11et fig. 12) :

La première coupe a été tracée suivant un profil AA' Nord Ouest-Sud Est par les log des forages : F1 (Haï Nasser), F4 (El Hadeb 2), F7 (Ouargla ORG2), et F5 (Hassi Ben Abdallah).

La deuxième a été tracée suivant un profil BB' Sud Ouest- Nord Est par les log des forages : F2 (HASSI BEN ABDELLAH 3), F4 (El Hadeb 2) et F6 (AINE BIDA).



**Figure 10: Carte de localisation des forages**

### Interprétation de la coupe géologique A–A'

Les formations superficielles : plus récentes sont composées de formations détritiques (sable, gravier) et carbonatées (calcaire éocène), correspondant au Mio-Pliocène et à l'Éocène. Ces unités traduisent un environnement continental à marin peu profond. La profondeur de cette formation est de l'ordre de 75 m en au sud-ouest F4 et atteint les 123 m au nord-ouest F5

- ✚ Crétacé supérieur – Sénonien (300 – 660 m) : L'unité sénonienne est subdivisée en deux étages :
  - ✓ Dépôt Carbonaté : calcaires, calcaires marneux, observé principalement dans F1, F4 et F7.
  - ✓ Dépôt évaporitique : marne, anhydrite, sel, bien représentés dans F1 et F7
- ✚ Turonien – Cénomaniens (660 – 912 m) : Ces étages sont représentés par des formations carbonatées (calcaire, dolomie) et marneuses, témoignant de dépôts marins profonds.
- ✚ Crétacé inférieur (Albien – Aptien – Barrémien >970 m) : Ces formations sont riches en argiles, grès et sables argileux, particulièrement dans F1 et F7. L'Albien, souvent gréseux, constitue un aquifère régional important, tandis que l'Aptien et le Barrémien peuvent également présenter un intérêt hydrogéologique, notamment dans les niveaux gréseux.

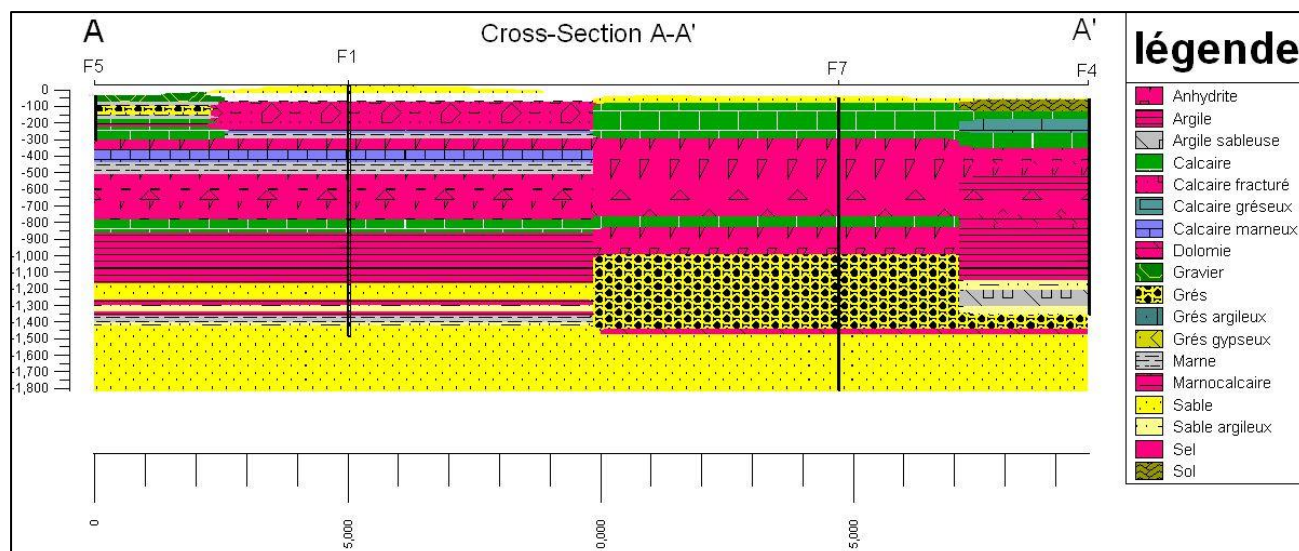
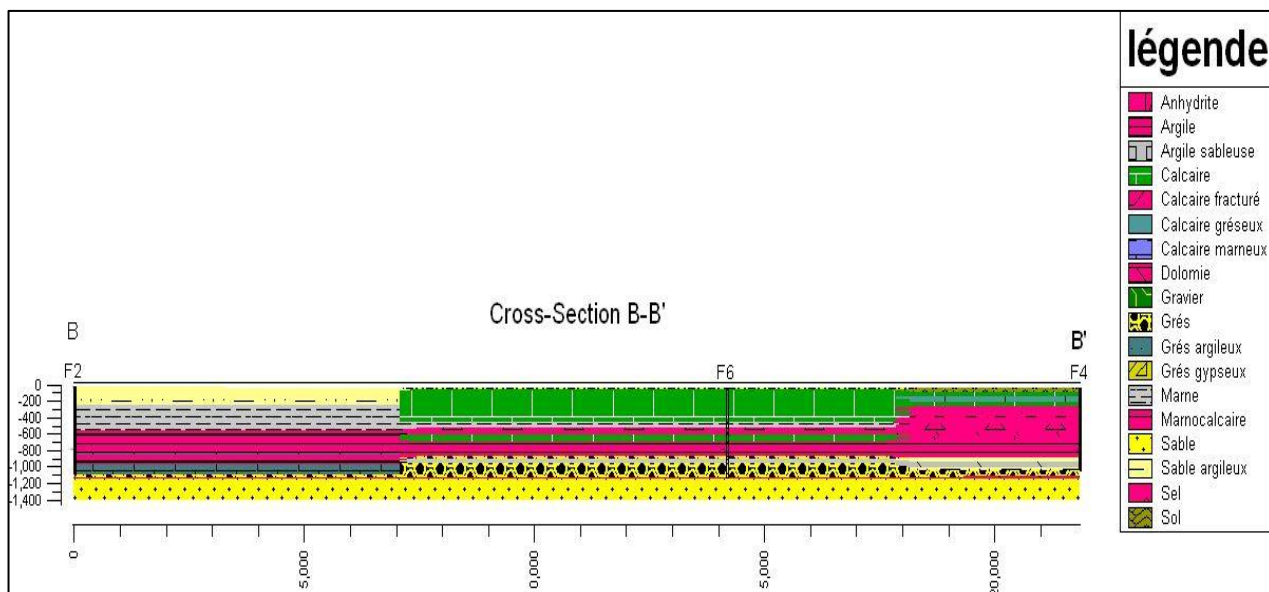


Figure 11: Coupe géologique suivant le profil AA'

### Interprétation de la coupe géologique BB' :

- ✚ Couche superficiels (0 – 300 m) : Ces dépôts, identifiés comme appartenant au Mio-Pliocène et à l'Éocène, sont majoritairement détritiques (sable argileux, grès, calcaire gréseux).
- ✚ Sénonien supérieur et inférieur (300 – 750 m) : Présents dans les trois forages, le Sénonien est représenté par :
  - ✓ Des formations carbonatées et marno-dolomitiques dans la partie supérieure.
  - ✓ Des niveaux évaporitiques dans la partie inférieure (anhydrite, sel),
- ✚ Turonien – Cénomaniens (750 – 1110 m) : Ces étages sont marqués par des alternances de marnes, grès et calcaires. Ils forment des couches semi-perméables ou localement aquifères, selon leur degré de fracturation et leur porosité.
- ✚ Crétacé inférieur (Albien, 1110 – 1455 m) : Bien développé dans F2 et F6, l'Albien se compose principalement de grès, d'argiles et de marnes sableuses. Cette unité est identifiée comme un des réservoirs aquifères majeurs de la région.



### Conclusion :

La cuvette de Ouargla, située au nord-est du Sahara algérien, couvre une superficie d'environ 136 787 km<sup>2</sup> suivant une orientation Sud-Ouest / Nord-Est. Elle correspond à la basse vallée fossile de l'Oued Mya. Sur le plan morphologique, elle se compose de quatre unités géomorphologiques principales : les dépressions fermées (chotts et sebkhas), les regs, les hamadas, les dunes et les oueds.

Sur le plan litho stratigraphique, plusieurs formations se superposent :

- ✚ **Au Secondaire**, on retrouve des formations allant de l'Aptien au Sénonien. Le Turonien y est carbonaté, parfois dolomitique. Le Sénonien se divise en deux faciès : un Sénonien marin, à dominante carbonatée, et un Sénonien lagunaire, constitué d'anhydrite, d'halite, de gypse, avec quelques traces de marne et d'argile.
- ✚ **Au Tertiaire**, les formations vont de l'Éocène inférieur jusqu'au Mio-Pliocène. L'Éocène est principalement carbonaté en profondeur. Ces formations, avec le Sénonien carbonaté, forment l'ensemble du Complexe Terminal, réservoir important pour les eaux souterraines.
- ✚ **Le Quaternaire** est représenté par des formations superficielles constituées de matériaux détritiques (sables, graviers) et de sables éoliens.

---

**Chapitre II :**

**Les caractéristiques  
climatiques**

---

## II. Les caractéristiques climatiques :

### II.1 Introduction :

Le climat de la région de Ouargla est un climat particulièrement contrasté malgré la latitude relativement septentrionale. Son climat désertique, sec caractérisé par une aridité bien exprimée par des précipitations irrégulières et faibles ainsi qu'une évaporation importante due à la sécheresse de l'air. (Fortas et Ghedairi 2023)

L'étude climatologique est essentielle pour caractériser le climat de la zone d'étude et évaluer son impact sur la ressource en eau. Dans cette étude, nous avons analysé les données climatiques de la région sur une période de 10 ans (2014-2024), recueillies auprès de l'Office National de Météorologie (ONM) de Ouargla.

**Tableau 2: Coordonnées de la station météo de Ouargla**

Station	Coordonnées		Altitude en m
	X	Y	
Ouargla	05° 19' 22"	31° 57' 17"	136

### II.2 Les caractéristiques climatiques :

#### II.2.1 La température :

Les températures moyennes mensuelles (°C) de la période (2014-2024) montrent que le climat de la région de Ouargla est de type aride saharien. La température est un facteur fondamental du climat sa variation influe sur la transformation de l'eau en vapeur, que ce soit à la surface ou dans le sous-sol. Elle influe sur le degré d'évapotranspiration et par conséquent, elle agit sur le taux de salinité des eaux.

**Tableau 3: Températures moyennes mensuelles (2014/2024)**

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Moy
<b>T MIN</b> (°C)	24.50	17.90	10.90	6.50	4.35	8.13	10.17	15.50	20.30	25.70	28.50	27.70	16.68
<b>T MAX</b> (°C)	38.70	31.90	25.30	19.80	20.24	21.77	26.25	30.60	36.00	41.40	44.60	43.00	31.63
<b>T moy</b> (°C)	31.96	24.93	17.76	13.09	12.33	14.26	18.17	23.10	28.46	33.72	36.40	35.58	24.15

Les températures à Ouargla sont caractéristiques d'un climat saharien avec des valeurs très élevées en été. La moyenne annuelle des températures est de **24,15°C**. En

été, notamment en juillet, la température moyenne dépasse 36°C, tandis qu'en janvier, le mois le plus froid, la température moyenne est d'environ 12,33°C

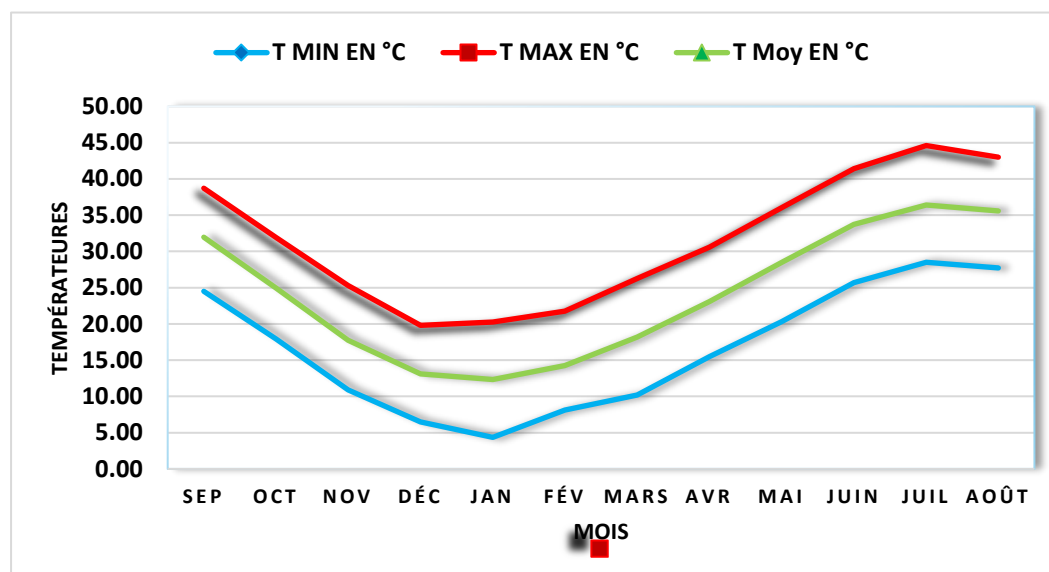


Figure 13: Températures moyennes mensuelles - période (2014-2024)

## II.2.2 La précipitation :

La précipitation représente un paramètre climatique essentiel, influençant fortement les conditions environnementales locales.

Les précipitations à Ouargla sont très faibles, peu fréquentes et extrêmement irrégulières. Elles se concentrent principalement en hiver et au printemps, avec des valeurs maximales atteignant 6,44 mm en avril et 5,05 mm en novembre.

Tableau 4 : Précipitations moyennes mensuelles (ONM Ouargla ; 2014-2024)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Annuel
<b>P (mm)</b>	4.38	2.94	5.05	2.24	0.23	3.05	4.40	6.44	3.29	0.29	0.05	0.73	33.09

Une période sèche tout au long de l'année, avec des précipitations près de nuls en juin (0,29 mm), juillet (0,05 mm) et août (0,73 mm). De manière générale, la précipitation moyenne annuelle est de l'ordre de 33,09 mm

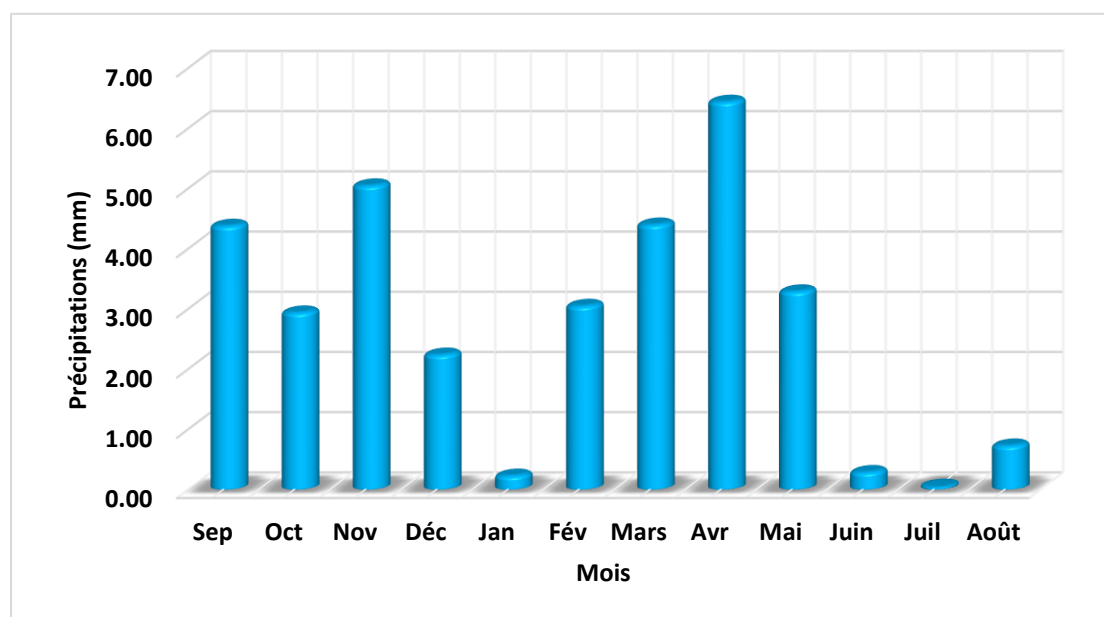


Figure 14: Précipitations moyennes mensuelles - période (2014-2024)

### II.1.3 Diagramme ombrothermique :

Une saison sèche est définie comme la période durant laquelle les précipitations mensuelles (en mm) sont inférieures ou égales au double de la température moyenne mensuelle (en °C), soit  $P \leq 2T$ . (Bagnouls & Gausson, 1953)

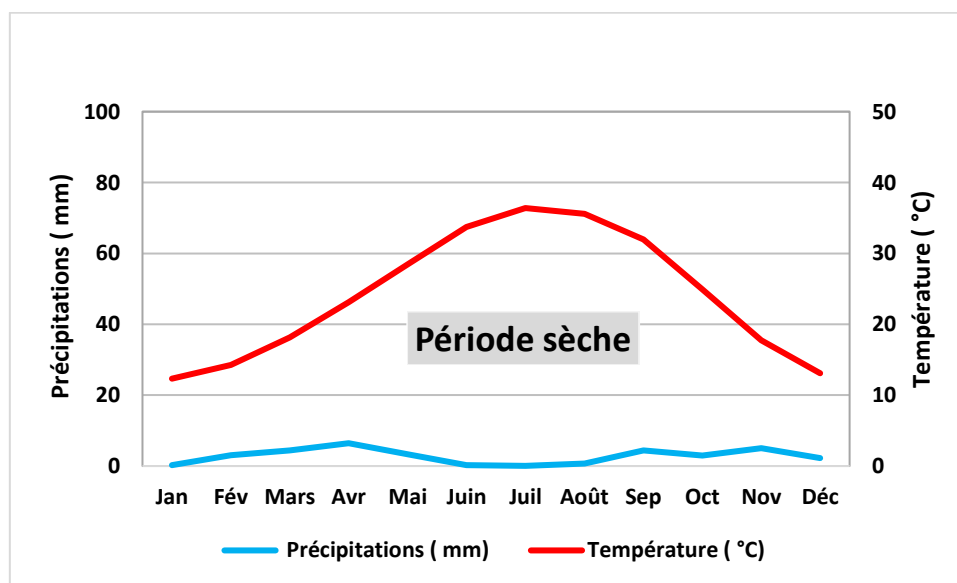


Figure 15: digramme ombrothermique de la région de Ouargla (2014-2024)

Le diagramme ombrothermique présente sur l'axe horizontal les 12 mois de l'année, et sur les axes verticaux, les précipitations mensuelles (en mm) et les températures moyennes (en °C), suivant l'échelle  $P = 2T$ , méthode de Gausson.

Un mois est **sec** lorsque la courbe des températures est au-dessus de celle des précipitations, et **humide** dans le cas inverse. L'amplitude thermique (écart entre température maximale et minimale) permet aussi de caractériser le climat.

Pour la région de Ouargla, le diagramme montre une sécheresse tout au long de l'année : les faibles précipitations et les températures élevées confirment un climat aride saharien.

### **II.2.4 La force de vent :**

Le vent est un phénomène météorologique causé par des différences de pression atmosphérique entre différentes régions de la Terre. Il est généralement causé par la chaleur et les rayonnements solaires qui provoquent des mouvements d'air à la surface de la planète. Au Sahara, il joue un rôle considérable en provoquant une érosion éolienne intense causant le déplacement des particules sableuses. (ABIMILOUD, 2004)

**Tableau 5: Vitesses maximales moyennes mensuelles du vent  
(ONM Ouargla 2014/2024)**

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
<b>Vitesse du vent Max (Km/h)</b>	68.5	59.3	47.75	53.7	63	64.8	109.3	94.5	94.5	79.6	74.1	75.9

Il a été déterminé que le mois de mars était le plus venteux, avec une vitesse de 109.3 km/h. À l'inverse, le mois de novembre connaît le moins de vent, avec une moyenne de 47.75km/h.

### **II.2.5 Insolation**

L'insolation est la quantité d'énergie solaire reçue par une surface donnée de la Terre, la région d'Ouargla reçoit une quantité de lumière solaire très importante.

**Tableau 6: Insolations moyennes mensuelles (ONM Ouargla 2014/2024)**

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Moy
<b>Insolation (heures)</b>	244.20	262.00	239.40	235.20	217.10	218.60	303.10	280.20	349.80	330.00	369.60	311.40	280.05

La durée annuelle moyenne d'exposition au rayonnement solaire pendant la durée de cette étude s'élève à 280.05 heures, avec une valeur maximale de 369.60 heures ayant été enregistrée en juillet et une valeur minimale de 217.10 heures en mois de janvier.

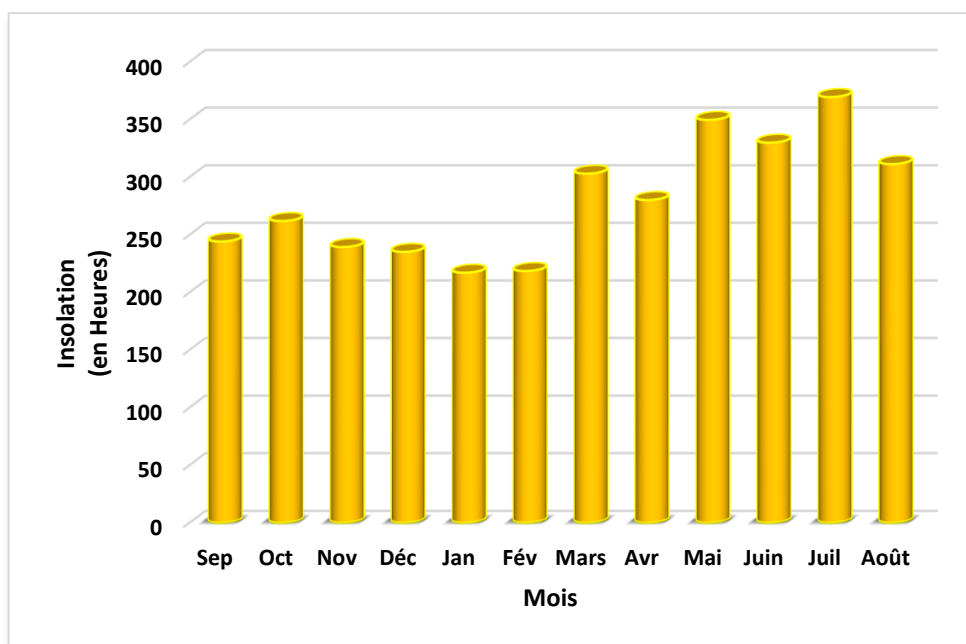


Figure 16:Insolations moyennes mensuelles - période (2014-2024)

### II.2.7 L'humidité relative :

L'humidité relative de l'air est le rapport, exprimé en pourcentage, entre la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air à un moment donné et la quantité maximale que l'air peut contenir à la même température

Table 1: Humidité moyenne mensuelle (2014/2024)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Moy
<b>H (%)</b>	29.59	38.11	46.43	57.82	53.45	46.85	37.44	32.91	27.71	21.27	17.08	21.37	35.83

On remarque que le taux le plus élevée est observé en décembre avec une valeur égale à 57.82%. À l'inverse, la valeur minimale est enregistrée en juillet, avec un taux de 17.08 %. L'humidité moyenne annuelle est de 35.83 %.

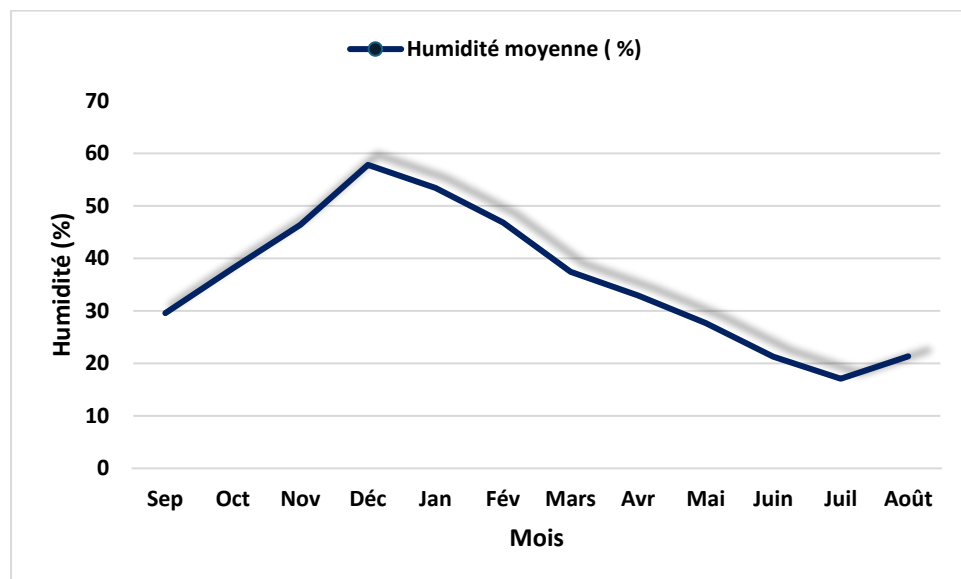


Figure 17: Variations de l'humidité (2014/2024)

### II.2.7 Indice d'aridité

L'aridité, est une expression qualifiant la sécheresse qualitative ou quantitative de la région. (Bellaouar 2008)

L'indice d'aridité est un indicateur climatique permettant de quantifier le degré d'aridité d'une région. Il est défini par la formule de DE MARTONNE :

$$I = P / (T+10)$$

Avec :

**P** : les précipitations annuelles en mm

**T** : la température moyenne annuelle en °C.

En utilisant les données suivantes :

Précipitation annuelle : **33.09 mm**

Température moyenne annuelle : **24.15°C**.

En se basant sur les données climatiques enregistrées durant la période 2014–2024, on obtient :  $I = 33.09 / (24.15 + 10) = 0.96$

**Table 2 : Classification de DE MARTONNE**

Valeur de l'indice	Type de climat
$0 < I < 5$	<b>Hyper-aride</b>
$5 < I < 10$	<b>Aride</b>
$10 < I < 20$	<b>Semi-aride</b>
$20 < I < 30$	<b>Semi-humide</b>
$30 < I < 55$	<b>Humide</b>

L'indice d'aridité obtenu 0.96 est très faible, ce qui reflète un climat hyper aride. Cela confirme que la région de Ouargla connaît un fort déficit hydrique, avec des précipitations rares et des températures élevées tout au long de l'année.

***Conclusion :***

La wilaya de Ouargla sur la période 2014–2024 est caractérisée par un climat désertique aride avec une température moyenne annuelle de 24.15°C et une humidité relative généralement basse et des précipitations faibles avec une quantité annuelle de 33.09 mm se concentrent principalement pendant l'hiver et le printemps. La période sèche s'étend généralement d'avril à octobre, avec des précipitations quasiment nulles enregistrées en juin (0,29 mm), juillet (0,05 mm) et août (0,73 mm).

La vitesse max du mois le plus venteux mars, est de 109.3 km/h.

---

# **Chapitre III : Hydrogéologie de la région d'étude**

---

### III. Hydrogéologie de la région d'étude

#### III.1 Introduction :

Les ressources en eaux souterraines dans le Sahara Septentrional sont représentées par deux Grands systèmes aquifères superposés : le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal (CT) surmontés dans la plupart des régions par des nappes superficielles

#### III.2 Hydrogéologie régionale :

Le domaine du SASS couvre une superficie d'environ 1 000 000 km<sup>2</sup> dont 70 % se trouvent en Algérie, 24 % en Libye et 6 % en Tunisie et s'étend du Nord au Sud, depuis l'Atlas saharien jusqu'aux affleurements du Tidikelt et du rebord méridional du Tinrhert et d'Ouest en Est depuis la vallée du Guir-Saoura jusqu'au Graben de Hun en Libye. Ce bassin se subdivise en trois sous-entités : les deux sous-bassins du Grand Erg Occidental et du Grand Erg Oriental qui sont des cuvettes à écoulement endoréique aboutissant dans des dépressions fermées « chotts et sebkhas » et le plateau de la Hamada El Hamra (**Bellaoueur, 2008**). Sa réserve est estimée à  $31.000 \times 10^9$  m<sup>3</sup> (**Ould Baba Sy, 2005**).

En Algérie, ce système aquifère couvre une surface de 700 000 km<sup>2</sup>, et est d'une épaisseur de 4000 à 5000 mètres environ (**Cornet, 1964**).

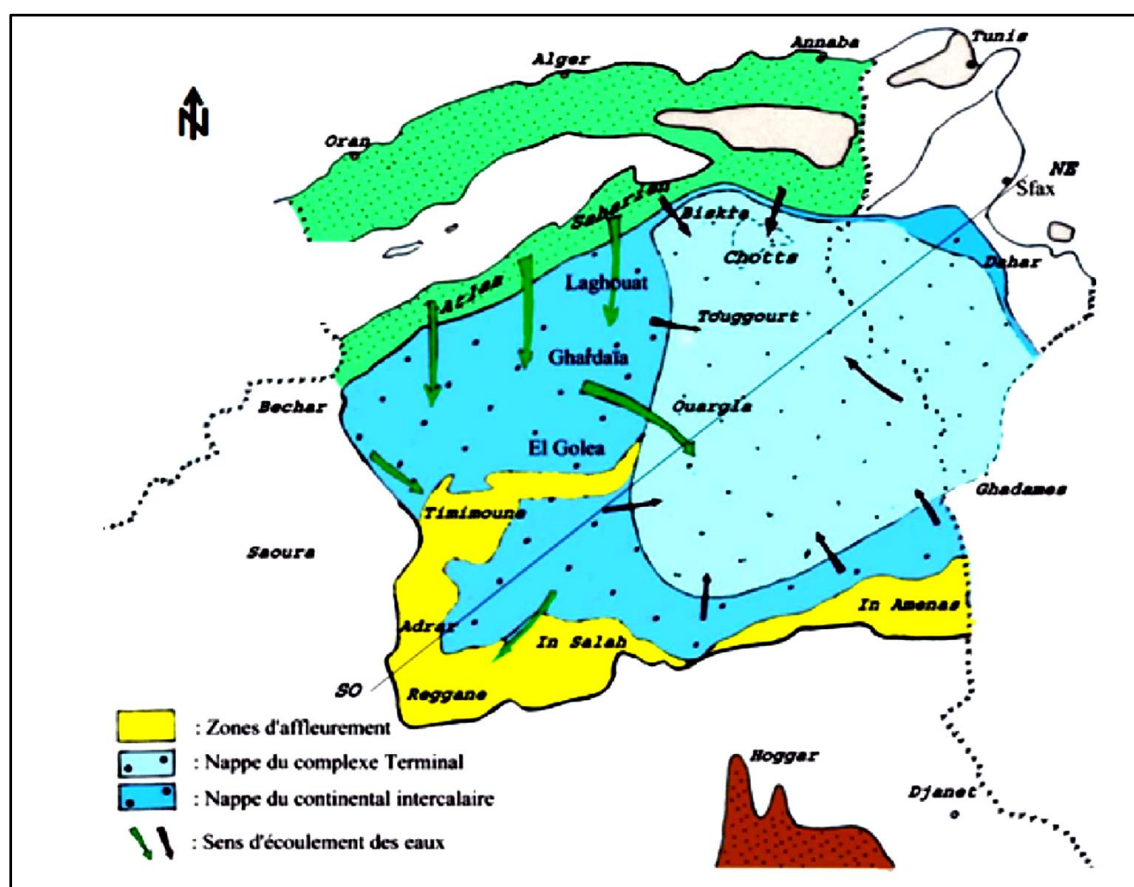


Figure 18 : Système Aquifère du Sahara Septentrional (UNESCO 1972)

L'anticlinal du M'Zab, véritable passerelle structurale entre l'Atlas saharien et le plateau de Tademaït, divise ce réservoir multicouche en deux sous bassins hydrogéologiques (figure 19), l'un occidental de 280 000 km<sup>2</sup>, recouvert partiellement par le grand Erg occidental, et l'autre oriental, le plus étendu avec 500 000 km<sup>2</sup>, occupé en grande partie par le grand erg oriental. (Sid, Ben guessoum, Bedoui 2021).

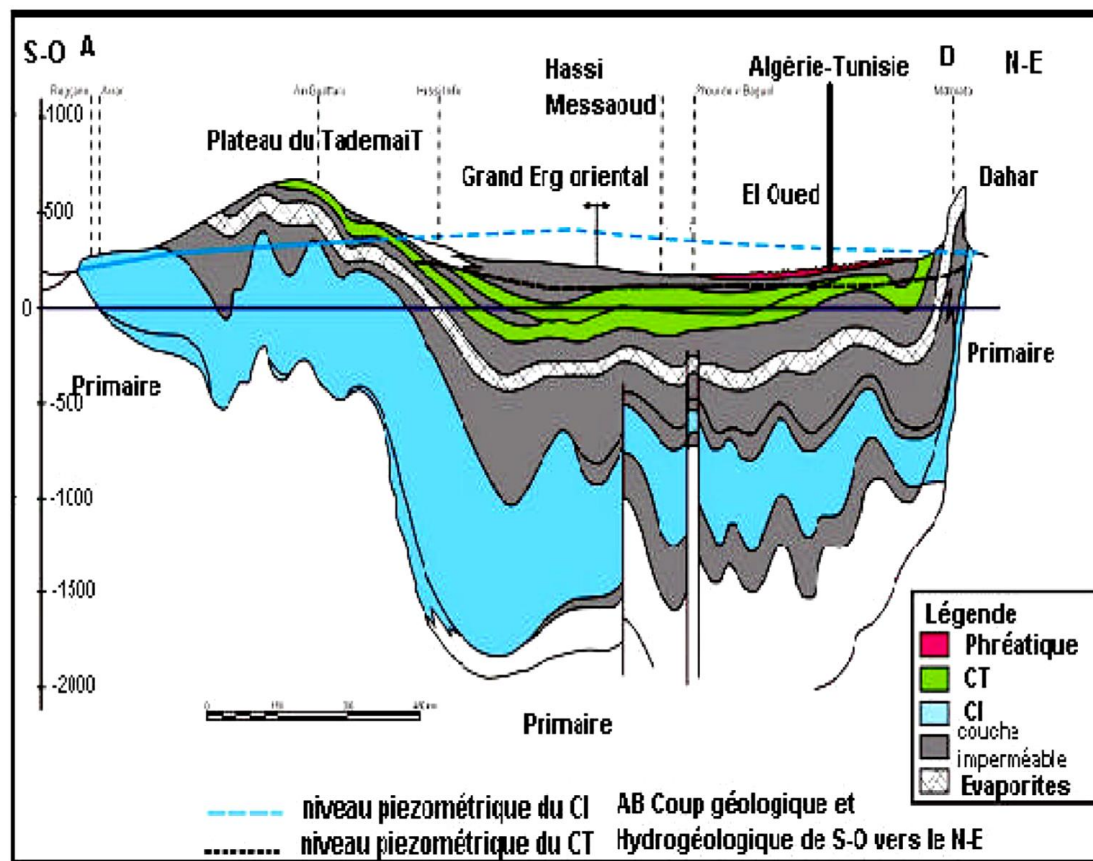


Figure 19: Coupe hydrogéologique du système aquifère CI et CT (UNESCO, 1972)

### *Le Continental Intercalaire (CI) :*

Le terme « Continental Intercalaire » désigne d'après son auteur (C. Kilian, 1932), un épisode continental localisé entre deux cycles sédimentaires marins :

- À la base, le cycle du Paléozoïque qui achève l'orogénèse hercynienne ;
- Au sommet, le cycle du Crétacé supérieur, résultat de la transgression cénomaniennne.

Sa réserve est estimée à 30000 milliards de m<sup>3</sup>. Dans la région de Ouargla, le Continental Intercalaire est situé à plus de 1000 mètres de profondeur. (Sid, Ben guessoum, Bedoui 2021)

Le réservoir du "CI" est composé de dépôts continentaux sablo-gréseux et sablo argileux du Crétacé inférieur. Le CI est un système aquifère dont la profondeur atteint

Localement 2000 m et dont la puissance varie entre 200 et 400 m. A Ouargla, il est exploité entre 1150 m et 1350 m de profondeur. **(Bellaouar 2008)**

La profondeur augmente du Sud au Nord, de 1000 m au bas Sahara, à 2000 m sous les chotts, provoquant ainsi une forte charge de la nappe sur tout le bassin oriental. Le substratum est constitué de formations argilo-sableuses et argileuses ou carbonatées d'âge de plus en plus récent du Sud vers le Nord. **(Bonnard et Gardel, 2003)**

L'alimentation de cet aquifère se fait à travers le piedmont Sud atlasique au Nord-Ouest de Laghouat, au plateau du Tinrhert au Sud et au plateau du Dahar en Tunisie (figure 19) Le CI se décharge au niveau des foggaras du Touat-Gourara et du Tidikelt, au niveau de Ain Tawargha en Libye et à travers l'exutoire tunisien marqué par la faille d'El-Hamma.

### ***Le Complexe Terminal « CT » :***

Il est noté dans l'étude OSS (2003b) que classiquement, et selon la définition de Kilian (1931), le terme « Continental Terminal » désignait les formations continentales, sableuses et argileuses du Mio-Pliocène. Mais d'après Bel et Demargne (1966) : « *La nappe du Continental Terminal contenue dans les sables du Mio-Pliocène est plus ou moins en relation avec les nappes de l'Eocène, du Sénonien et du Turonien, de sorte qu'à l'échelle de l'ensemble du Sahara, on peut considérer que ces différents niveaux forment une seule et même nappe -la nappe du Continental Terminal - par opposition au Continental Intercalaire* ». C'est avec le projet ERESS que l'on verra apparaître la notion de « Complexe Terminal », appellation publiée pour la première fois par Bel et Cuhe (1969). **(Bellaouar 2008)**

Le Complexe Terminal est un ensemble assez peu homogène incluant des formations carbonatées du Crétacé supérieur et des épisodes du Tertiaire, principalement du Miocène. **(Bencheikh et Mansouri 2019)**. Le CT est constitué, par des formations d'âge et de lithologie différents : à la base il y a le Sénonien-Eocène carbonaté et au sommet, on trouve le Mio-Pliocène sablo-argileux.

Le système aquifère du "Complexe Terminal" couvre la majeure partie du bassin oriental du Sahara septentrional sur environ 350 000 km<sup>2</sup>. Sa profondeur est comprise entre 100 et 500 m et sa puissance moyenne est de l'ordre de 300 m.

L'écoulement des eaux souterraines de la nappe du CT s'effectue vers les chotts du Nord du Sahara Oriental : Melrhir et Merouane, en Algérie, Rharsa et Djerid en Tunisie.

Les apports d'eau s'effectuent essentiellement par infiltration des eaux de ruissellement à la périphérie du bassin hydrogéologique, sur les parcours des oueds qui descendent des reliefs, pour s'écouler sur les formations perméables des affleurements.

L'écoulement de la nappe du complexe terminal se fait du Sud au Nord convergeant vers les chotts. **(UNESCO, 1972)**

### III.3 Hydrogéologie locale :

A l'échelle de la région de Ouargla, de bas en haut nous avons (Figure 20) :

- Les grès et argiles sableuses de l'Albien contenant la nappe du Continentale Intercalaire (nappe de l'Albien) ;
- Les calcaires contenant la nappe du Sénono-Eocène carbonatés ;
- L'ensemble détritique (sables et argiles) des formations continentales contenant la nappe du Mio-Piocène ;

Chronostratigraphie	Unités hydrogéologiques		Prof	Lithostratigraphie	Lithologie
Quaternaire	Nappe phréatique		20m		
Tertiaire	Nappe du Complexe Terminal	Nappe des sables	120m	Mio-Pliocène	
		Impermeable		Eocène évaporitique	
		Nappe des calcaires (Sénono-Eocène)	520m	Eocène carbonaté	
Secondaire	Crétacé	Impermeable	700m	Sénonien carbonaté	
		Nappe du turonien		Sénonien lagunaire	
		Impermeable	1100m	Turonien	
				Cénomaniens	
				Vraconien	
	Nappe du Continental Intercalaire	2000m	Albien		
	Nappe de l'Albien		Aptien Barrémien		

**Figure 20: Récapitulatif des différentes nappes aquifères de la basse Vallée de l'Oued Mya (Nezli, 2004)**

Les nappes phréatiques sont partout présentes au Sahara et se situent généralement dans les zones de dépressions ou les vallées. Elles sont alimentées par les pluies, les crues, les eaux de drainage et aussi très souvent par les remontées naturelles (sources) en provenance des aquifères plus profondes ou encore par les fuites dans les ouvrages exploitants ces dernières.

Les profondeurs des nappes libres au Sahara varient généralement entre 1 et 60 m sauf dans la région des Ziban où elle peut atteindre les 150m. À Ouargla, la nappe superficielle présente une épaisseur de 1 à 8 m et repose sur un substratum imperméable. Ce dernier occupe tout le fond de la vallée de Ouargla, assurant ainsi l'isolement de la nappe superficielle par rapport aux nappes artésiennes sous-jacentes.

Les zones dans lesquelles la nappe phréatique est la plus profonde « *au Sud de Ouargla, au Sud-Ouest d'Oum Raneb, à Bour El Haïcha, et sur les versants Nord-Ouest de N'Goussa* », correspondant aux points hauts de la topographie. La nappe est moins profonde dans les zones à proximité des palmeraies irriguées « *Ouargla, N'Goussa* » ou de zone de rejet des eaux « *à proximité de Sebket Oum Raneb* ». Dans des points bas topographiques formant un alignement vers la Sebket Safioune.

Le niveau le plus proche de la surface est observé au Sud de la « *Sebket Safioune* » à 45 Km, au Nord de la ville de Ouargla. (Bellaouar 2008)

### III.4 La carte piézométrique :

Les cartes piézométriques, établies à partir des niveaux d'eau mesurés dans les ouvrages, représentent à une date donnée la distribution spatiale des charges hydrauliques dans un aquifère.

Elles constituent des documents de base pour l'analyse et la schématisation des fonctions capacitive et conductrice du réservoir, ainsi que du comportement hydrodynamique de l'aquifère. La carte de la surface piézométrique d'une nappe constitue un outil essentiel pour l'étude et l'exploitation de cette nappe. Elle permet de définir les conditions d'écoulement des filets liquides à la surface de la nappe, d'analyser la fluctuation temporelle des niveaux piézométriques, et d'évaluer la réserve ainsi que les conditions d'alimentation de l'aquifère.

Dans ce cadre, nous avons réalisé une carte piézométrique de la nappe phréatique de Ouargla correspondant à la campagne 2017, en basant sur les données piézométriques mesurées au niveau de 41 piézomètres implantés captant la nappe.

Cette carte a été élaborée à l'aide du logiciel ArcGIS, permettant ainsi une représentation précise de la répartition des niveaux piézométriques dans la zone d'étude.

Les niveaux piézométriques observés varient d'un maximum de 135 m dans la zone de palmeraies à un minimum de 104m à sebkhet sefioune.

Les courbes isopièzes sont bien espacées au Sud à la ville de Ouargla. Ce qui indique un faible gradient hydraulique. Au Nord, les courbes sont relativement serrées, ce qui montre un fort gradient hydraulique.

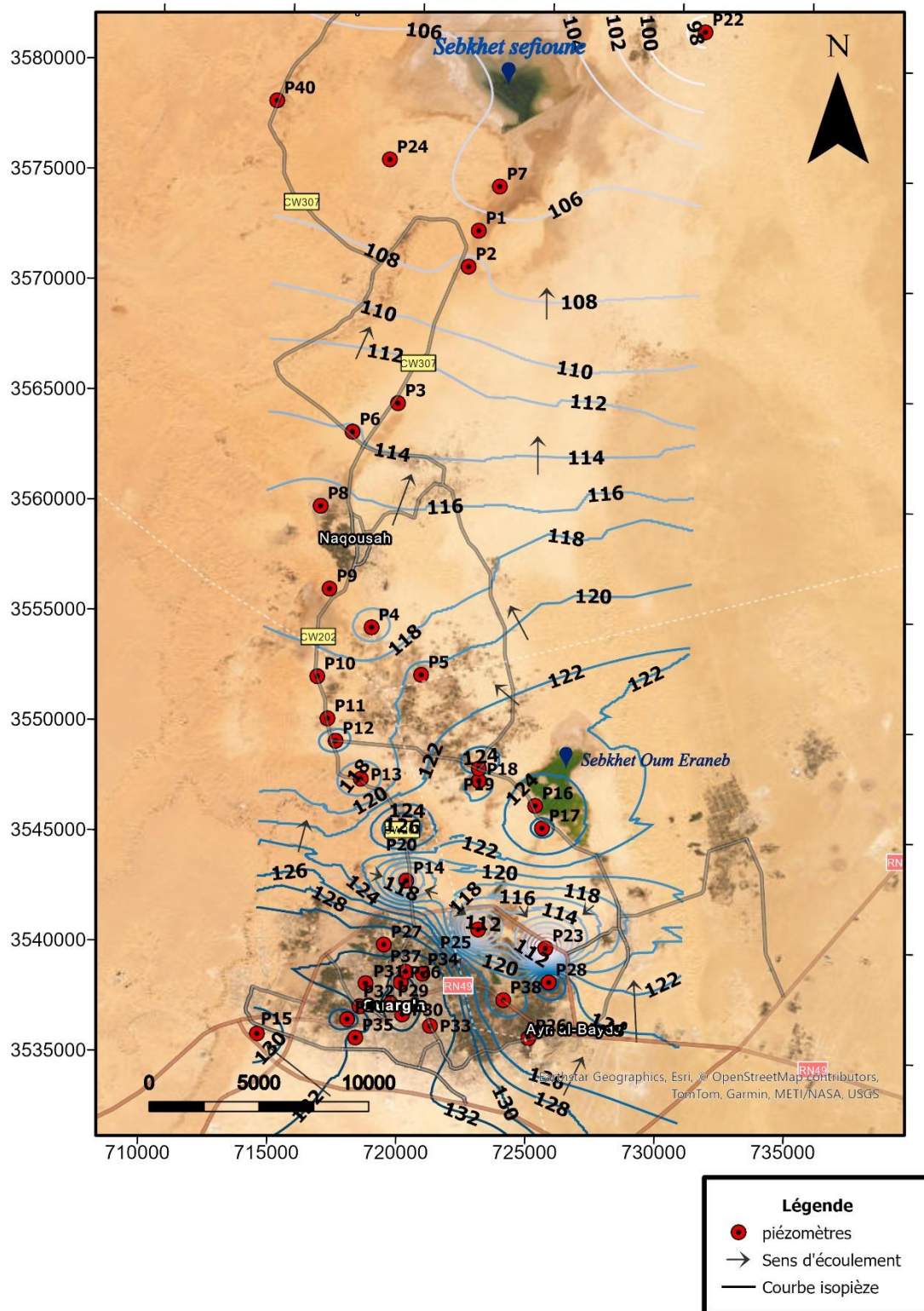


Figure 21: Carte piézométrique de la nappe phréatique campagne 2017

**Conclusion :**

Le Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS) constitue une ressource très importante, regroupant deux réservoirs principaux : le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal (CT), avec un volume total estimé à environ 60000 milliards de m<sup>3</sup> (50000 milliards de m<sup>3</sup> pour le CI et 10000 milliards de m<sup>3</sup> environ pour le CT). Ces réserves, faiblement renouvelées actuellement, se sont accumulées durant les phases humides du Quaternaire. Le CT, couvrant une superficie de 350000 km<sup>2</sup> et présentant une puissance moyenne de 300 m, représente un élément fondamental dans l'architecture hydrogéologique du bassin de Ouargla. **(BENCHEIKH MANSOURI 2019)**. Le sens d'écoulement de la nappe est généralement du Sud vers le Nord. **(BELLAOUER, 2008)**

Ces aquifères se développent dans une série de dépôts sédimentaires alternant entre milieux marins et continentaux, formés au sein d'un vaste bassin sédimentaire. Cette série stratigraphique comprend deux grands ensembles séparés par d'épaisses couches évaporitiques ou argileuses :

- ✚ L'ensemble inférieur, d'âge antécénomanien, est constitué de puissantes formations continentales argilo-gréseuses datant du Crétacé inférieur : c'est l'aquifère du Continental Intercalaire (CI).
- ✚ L'ensemble supérieur, d'âge sénonien inférieur, est composé de formations sableuses d'origine continentale, datées du Mio-Pliocène : il s'agit de l'aquifère du Complexe Terminal (CT). **(KHADRAOUI 2007)**

La nappe phréatique circule dans les sables dunaires et les alluvions de l'Oued Mya, où elle se trouve en moyenne à 2 m de profondeur par rapport au sol. La région de Ouargla souffre d'un problème de remontée de la nappe phréatique, un phénomène observé particulièrement dans les zones de basse altitude. La nappe s'écoule généralement du point le plus haut situé sous la ville de Ouargla vers le point le plus bas situé à Safioune. **(Bellaouar 2008)**.

---

# **Chapitre IV :**

## **L'utilisation agricole des nappes dans la région d'Ouargla**

---

## **IV. L'utilisation agricole des nappes dans la région d'Ouargla :**

### **IV.1 Introduction :**

Les eaux souterraines constituent la principale ressource en eau dans les régions sahariennes marquées par les précipitations rares et irrégulières et des températures élevées. Dans le sud de l'Algérie, elles jouent un rôle vital dans la pérennité des activités humaines, en particulier dans le secteur agricole. Grâce à l'exploitation des eaux souterraines, l'homme a pu aménager des zones agricoles en plein désert, en utilisant aussi bien des techniques traditionnelles telles que les foggaras et les puits que des méthodes modernes comme les forages profonds.

L'agriculture dans le Sahara a toujours été dominée par l'exploitation des oasis, avec une attention particulière portée à la culture du palmier dattier. Cette activité couvre plus de 60 000 hectares et comprend plus de 8 millions de palmiers, principalement concentrés dans le sud-est du Sahara (KHADRAOUI, 2007).

Dans la région de Ouargla, la phœniciculture représente la clef de voûte de l'agriculture saharienne. Elle reste pour une large mesure la principale source de revenus pour la population à travers les étendues sahariennes des espaces oasiens phœnicicoles (SENOUSSI, 2000).

Le palmier dattier est le plus souvent l'axe principal de la structure d'une oasis et il forme la végétation caractéristique de cette dernière, il est aussi un micro-climat privilégié de végétation perdue dans l'immensité désertique (MUNIER, 1973).

### **IV.2 Ressource hydriques et superficies irriguées :**

La nappe phréatique est peu profonde, elle varie de 0 à 20 m d'épaisseur. Jadis exploitée pour l'irrigation, elle est aujourd'hui inexploitable à cause de sa salinité extrêmement élevée, mais aussi à cause des rejets d'eaux agricoles qu'elle accumule. (AMRANI, 2021).

En plus de la nappe phréatique, deux grands ensembles de formations aquifères : le Complexe Terminal le Continental Intercalaire à la base

Au but de répondre aux attentes de la population et de stimuler la croissance économique, les types de sources d'eau utilisées pour l'irrigation sont variés, allant des barrages, des retenues collinaires et des CEDS mais dans la région de Ouargla, l'eau est captée par des nombres de puits et de forages. La région dépend entièrement d'eux

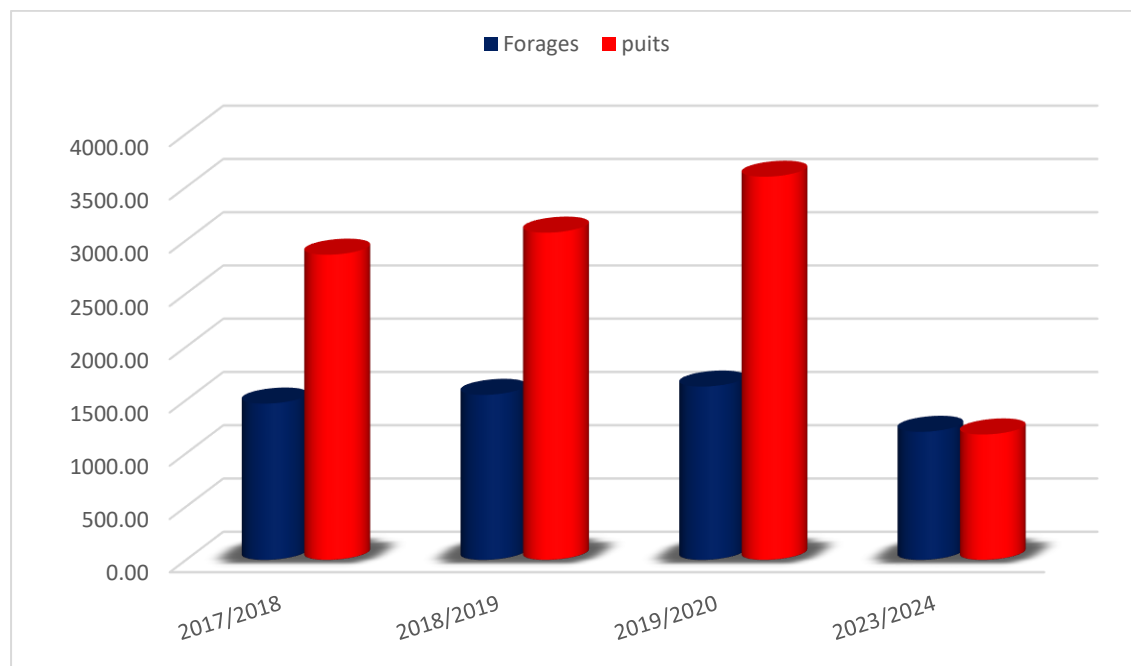
La (figure 22) montre l'évolution de l'exploitation des eaux souterraines dans le bassin de Ouargla entre 2017 et 2024. On observe :

Le nombre de forages en 2017/2018 est de 1468, et celle des puits est de 2866.

En 2018/2019, une légère augmentation est enregistrée avec 1550 forages et 3073 puits.

En 2019/2020, les valeurs continuent d'augmenter pour atteindre 1628 forages et 3598 puits.

En 2023/2024, une baisse significative est observée, avec une valeur de 1203 forages et 1178 puits



**Figure 22: Évolution du nombre de puits et forages utilisés pour l'irrigation entre 2017 et 2024**

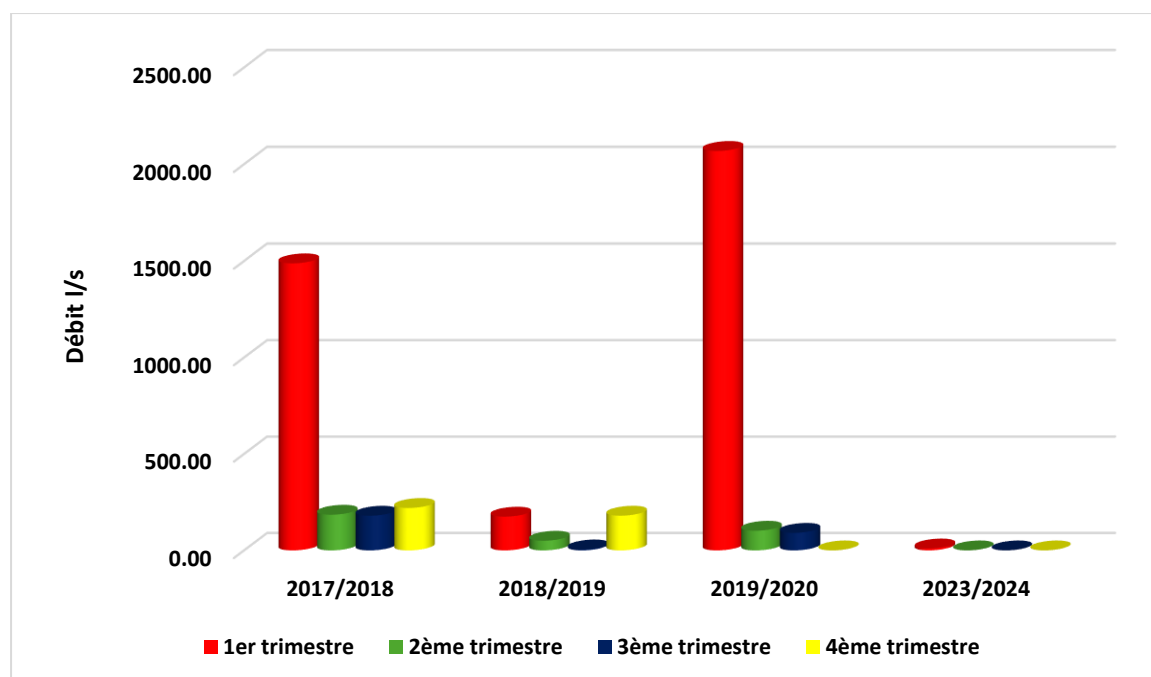
La figure ci-dessous représente des histogrammes de l'évolution de débit de puits en l/s au cours d'une période de 2017 jusqu'à 2024. On remarque que :

Durant l'année 2017/2018, le 1<sup>er</sup> trimestre s'est distingué par un débit élevé atteignant 1488 l/s, alors que la valeur la plus basse, estimée à 180 l/s, a été relevée au 3<sup>ème</sup> trimestre.

Pour la période 2018/2019, les données indiquent un pic modéré au 4<sup>ème</sup> trimestre avec 180 l/s, tandis que le 3<sup>ème</sup> trimestre a enregistré le niveau le plus bas avec seulement 5 l/s.

En 2019/2020, un fort débit est observé dès le 1<sup>er</sup> trimestre, avec un débit culminant à 2068.60 l/s. Le minimum, a été observé au 3<sup>ème</sup> trimestre et au 4<sup>ème</sup> trimestre, il n'y a pas eu d'irrigation par les puits

En 2023/2024, la valeur maximale des débits de puits est de 10 l/s au 1<sup>er</sup> trimestre, tandis qu'il n'y a pas eu d'irrigation par les puits aux 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> trimestre



**Figure 23:Évolution trimestrielle des débits d’eau captée par puits entre 2017 et 2024 (en l/s)**

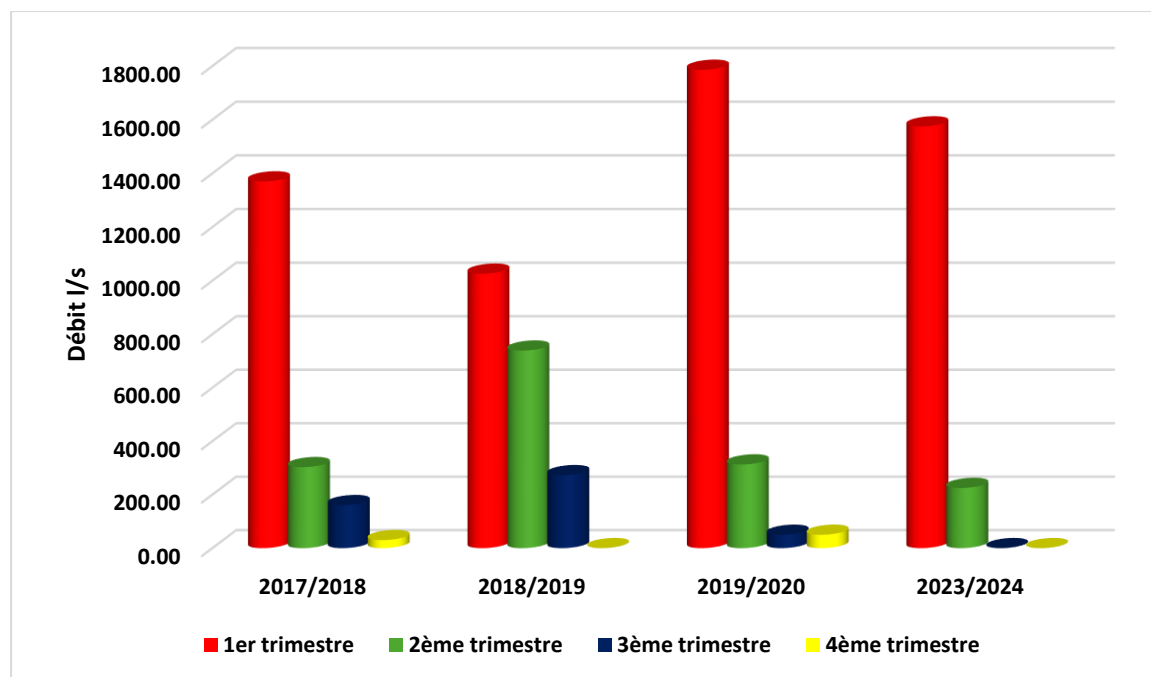
La figure ci-dessous représente l’évolution de débit de forages en l/s entre 2017 et 2024, On remarque que :

Pour l’année 2017/2018, les forages ont été principalement exploités au 1<sup>er</sup> trimestre, où le débit a atteint 1370 l/s. À l’inverse, le 4<sup>ème</sup> trimestre a connu une chute notable, avec un minimum de 30 l/s.

Au cours de 2018/2019, les valeurs restent relativement stables au début de l’année, atteignant 1026 l/s au 1<sup>er</sup> trimestre, avant de diminuer progressivement, atteignant 0 l/s au 4<sup>ème</sup> trimestre.

En 2019/2020, les forages ont été fortement mobilisés en début de cycle (1<sup>er</sup> trimestre) avec un débit de 1786 l/s, mais cette dynamique s’est essoufflée vers la fin de l’année, enregistrant seulement 50 l/s au 4<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> trimestre

En 2023/2024, le débit maximal est de 1585 l/s au 1er trimestre et minimal de 0 l/s au cours des deux trimestres : le 3ème et le 4ème



**Figure 24: Évolution trimestrielle des débits d'eau captée par forages entre 2017 et 2024 (en l/s)**

En ce qui concerne le débit total (figure 25) des puits et des forages, nous constatons que :

En 2017/2018, une valeur maximale exceptionnelle de plus de 2858 l/s est relevée au 1<sup>er</sup> trimestre, ce qui contraste nettement avec les trois autres trimestres où les débits demeurent nettement inférieurs, avoisinant les 500 l/s.

En 2018/2019, les débits sont plus équilibrés, avec un pic au 1<sup>er</sup> trimestre estimé à environ 1201 l/s, suivi du 2<sup>ème</sup> trimestre 789 l/s. Les 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> trimestres affichent des valeurs plus réduites, 278 l/s et 180 l/s.

En 2019/2020, on note une hausse marquée du débit au 1<sup>er</sup> trimestre, 3854 l/s, ce qui constitue le plus haut débit observé sur l'ensemble de la période. Le débit minimal de 50 l/s est observé au 4<sup>ème</sup> trimestre.

En 2023/2024, le débit total maximal de 1585 l/s est observé au 1<sup>er</sup> trimestre et le débit minimal de 0 l/s est observé aux 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> trimestres.

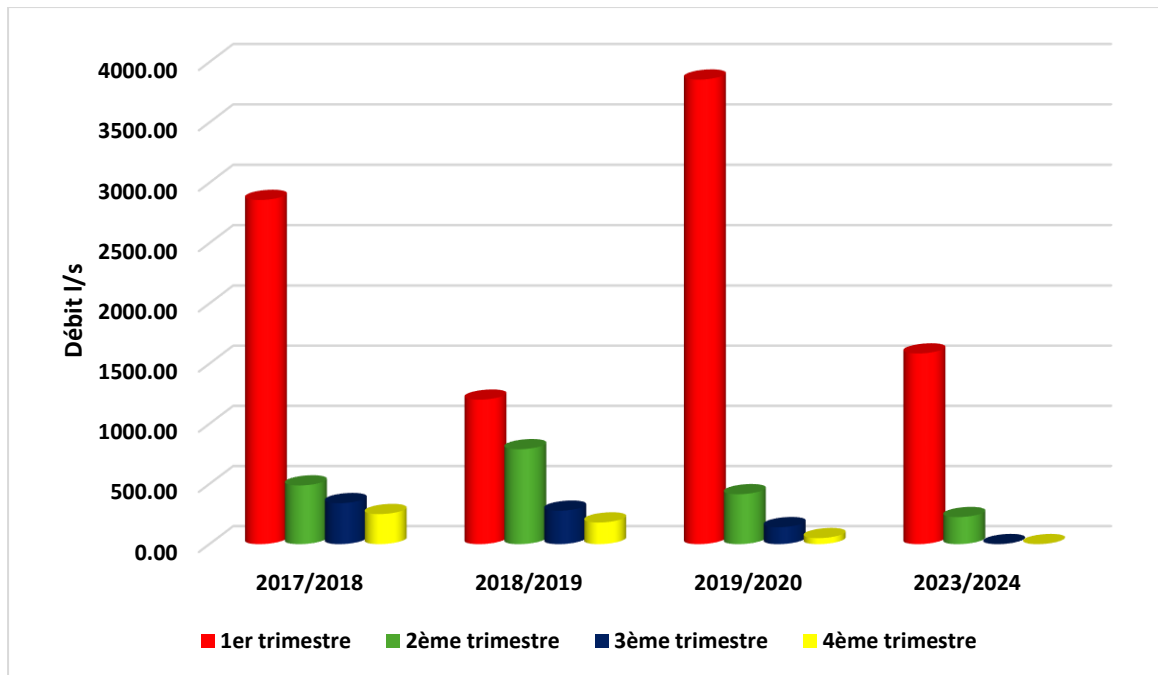


Figure 25: Evolution des débits totaux par trimestre

Le graphique ci-après (figure 26) illustre l’analyse comparative des débits annuels entre 2017–2024. On remarque que le débit total augmente pour atteindre une valeur de 51549,83l/s en 2020.

La valeur la plus faible qui est de 35605.50 l/s est observé pour la période de 2024. Cette baisse du débit est dû à l'adoption de systèmes d'irrigation économiques modernes.

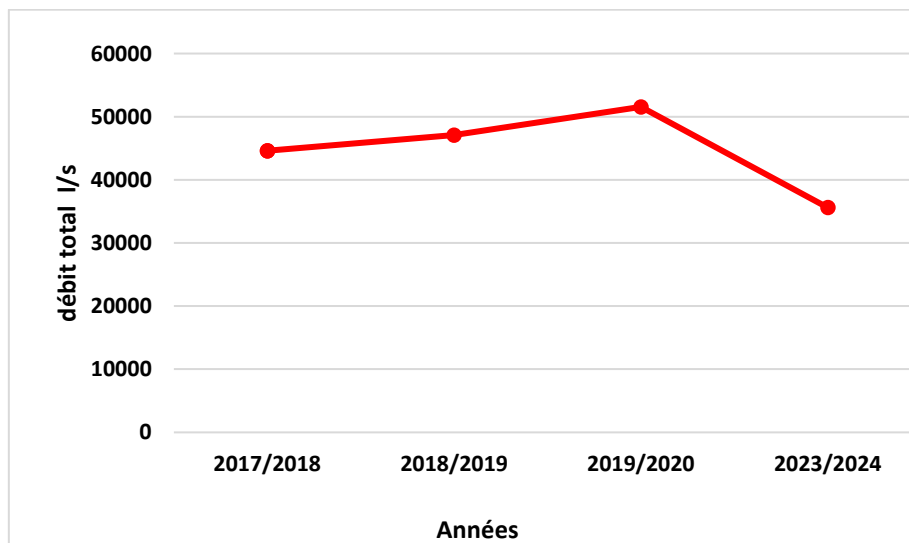


Figure 26:Évolution interannuelle des débits annuels (2017-2024)

### IV.3 Superficie des cultures irriguées :

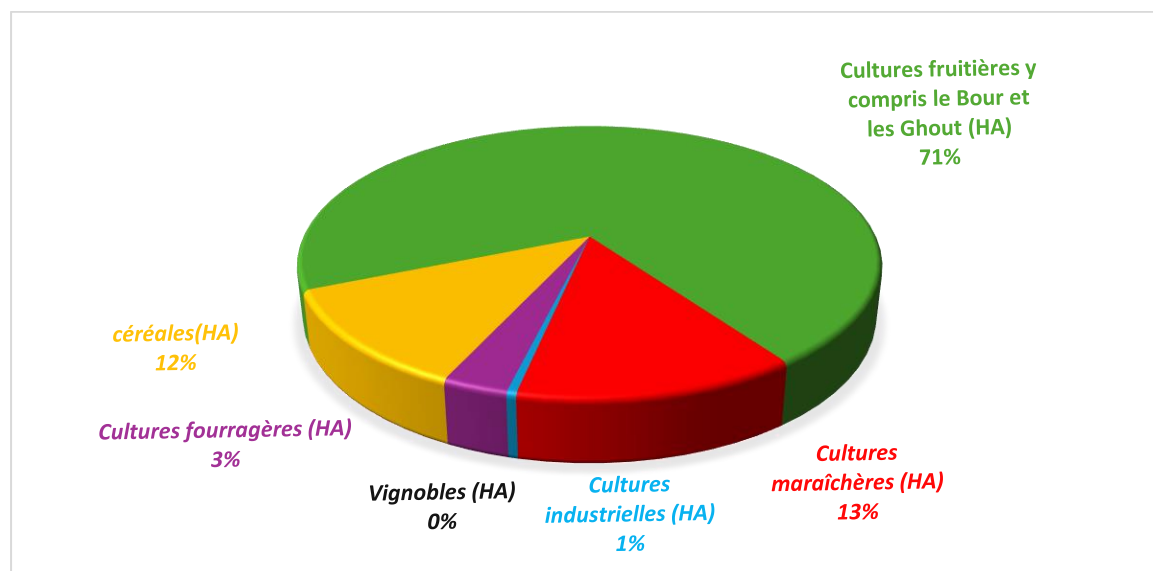
La surface réellement cultivée n'est pas toujours égale à la surface attribuée, car elle dépend de plusieurs facteurs, notamment les quantités et la fréquence d'irrigation, ce qui peut limiter la diversification des cultures.

Notre enquête a montré que l'agriculture dans la région repose surtout sur des cultures exigeantes comme le maraîchage en plein champ ou sous serre.

Ce type de culture demande une bonne organisation, le respect de techniques agricoles précises et une gestion financière rigoureuse.

A Ouargla, la superficie agricole utile (SAU) est passée de 31549.58 ha en 2017 à 40445.73 ha en 2024.

Les données, les superficies des cultures irriguées à Ouargla (fig. 27), nous ont été attribuées par (DSA).



**Figure 27: Les superficies des cultures irriguées (2017/2024)**

On remarque que les superficies irriguées ont connu une augmentation modérée entre 2017 et 2024, notamment dans les cultures fruitières, y compris le Bour et les Ghouts,

La plus grande superficie irriguée reste celle des cultures fruitières, y compris le Bour et les Ghouts, passant de 23588.20 ha en 2017/2018 à 24265,26 ha en 2019/2020 et 11978,58 en 2023/2024.

Les cultures céréalières d'hiver ont enregistré une progression notable, passant de 2519.5 ha en 2017/2018 à 5816.5 ha en 2023/2024.

Les cultures maraîchères ont également connu une baisse significative, passant de 4942,63 en 2017/2018 ha à 2016,57 ha en 2023/2024,

Les cultures industrielles connaissent une hausse remarquable en 2023/2024, atteignant 353 ha, contre seulement 49 ha en 2017/2018

Les cultures fourragères affichent une évolution irrégulière après une augmentation de 436,5 ha à 521,5 ha entre 2017/2018 et 2018/2019. Elles chutent à 312 ha en 2019/2020, avant de remonter fortement à 2301,5 ha en 2023/2024

Les cultures vignobles, restent toujours très limitées en superficie, enregistrant 16,91 ha en 2023/2024

#### IV.4 Les modes d'irrigation :

L'irrigation est l'apport d'eau à une parcelle agricole. Il s'agit de remplacer l'incertitude et les aléas des précipitations par un contrôle humain sur l'un des éléments fondamentaux de la croissance des végétaux, l'eau. Surtout dans les régions arides comme Ouargla, où l'agriculture dépend fortement des eaux souterraines

Depuis l'avènement de la loi 83/18 portant accession à la propriété foncière agricole (APFA), de nouvelles exploitations céréalières dites modernes, de tailles assez importantes et utilisant la technique d'irrigation par centre pivot, ont été implantées au niveau principalement de la commune de HASSI MESSAOUD (Gassi Touil), HASSI BEN ABDELLAH et AIN BEIDA. (DADAMOUSA 2007)

##### IV.4.1 L'irrigation de surface (Gravitaire) :

L'irrigation de surface consiste à amener l'eau au point le plus haut du terrain et à la laisser s'écouler par gravité. L'eau est ensuite distribuée au champ, soit par submersion (irrigation par bassins), soit dans des sillons en terre (irrigation par sillons) ou bien par ruissellement à la surface d'une planche d'arrosage (irrigation par planches).

##### ✚ Irrigation par planche :

Cette méthode est de loin la plus difficile. Les planches sont des bandes de terrain, aménagées en pente douce et séparées par des diguettes. Elles sont aussi appelées calants ou planches d'arrosage. L'alimentation en eau des planches est faite de plusieurs façons : soit à l'aide de prises d'eau aménagées sur le canal d'amenée et équipées d'une vannette, soit par des siphons, ou bien par des tuyaux d'alimentation passant à travers les berges du canal d'amenée. La lame d'eau introduite ruisselle en descendant la pente de la planche, guidée par les diguettes des deux côtés de celle-ci



Figure 28: Irrigation par planche

##### ✚ Irrigation Par Bassins (submersion) :

Les bassins sont constitués de cuvettes en terre, à fond à peu près plat, entourées de diguettes de faible hauteur ou levées. Ces levées sont conçues pour empêcher le passage de l'eau aux champs adjacents. Cette technique est utilisée, pour l'irrigation des arbres fruitiers ; dans ce cas une petite cuvette (bassin) est aménagée autour de chaque arbre. En général, cette technique d'irrigation s'applique à toutes les cultures qui peuvent tolérer la submersion par les eaux pour une longue durée. (FAO 1990)



**Figure 29 : Irrigation Par Bassins (submersion)**

#### **✚ Irrigations par rigoles d'infiltration :**

L'eau ne ruisselle que sur une partie du sol, dans des sillons préalablement aménagés, et s'infiltrate latéralement et verticalement. Dans ce cas l'eau s'infiltrate beaucoup plus latéralement qu'on profondeur. (Temim D)

#### **IV.4.2 L'irrigation par aspersion :**

La technique d'irrigation par aspersion est conçue sur le modèle de la pluie naturelle. L'eau est refoulée sous pression dans un réseau de conduites, ensuite elle est diffusée par des asperseurs rotatifs sous la forme d'une pluie artificielle. (FAO 1990)



**Figure 30: L'irrigation par aspersion**

#### IV.4.3 L'irrigation à pivot central :

Le pivot est un système d'irrigation par aspersion sa pression de service est de type moyenne pression. Une surface circulaire centrée sur le pivot est alors irriguée, créant sur les vues aériennes un motif circulaire caractéristique.



Figure 31:L'irrigation à pivot central

#### IV.4.4 L'irrigation au goutte à goutte :

L'irrigation au goutte à goutte consiste à amener l'eau sous pression dans un système de canalisations, généralement en PEHD ; cette eau est ensuite distribuée en gouttes au champ par un grand nombre de goutteurs répartis tout le long des rangées des plantations.

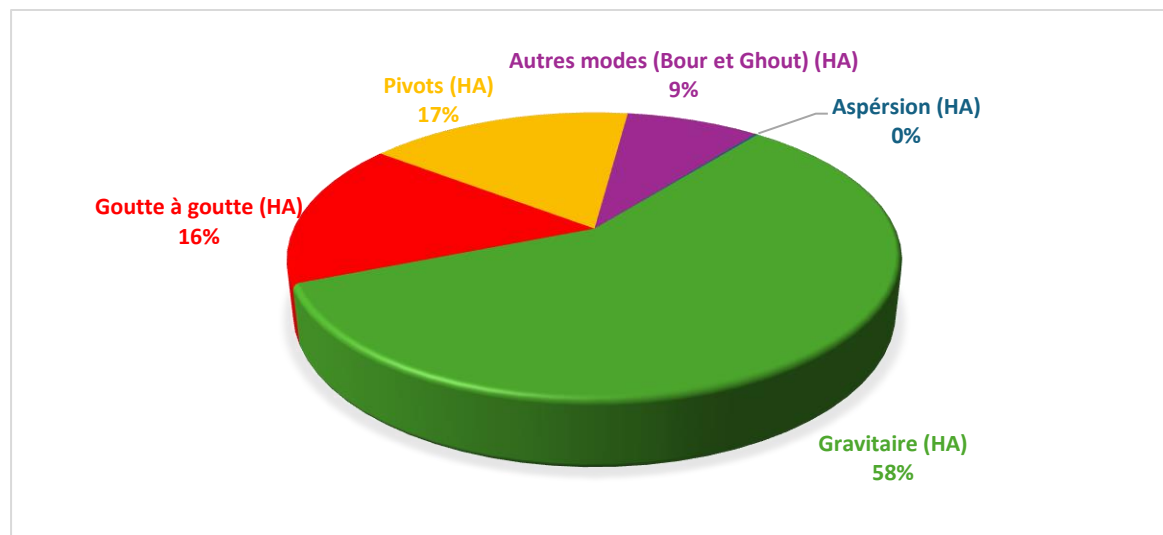
La zone humidifiée du sol est celle située au voisinage immédiat des racines des plantes. Par conséquent, cette méthode d'irrigation a un haut degré d'efficacité de distribution d'eau. L'irrigation au goutte à goutte est aussi appelée micro-irrigation.



Figure 32: L'irrigation au goutte à goutte

### IV.5 Répartition des superficies des cultures irriguées par mode d'irrigation :

La figure ci-dessous représente l'évolution des superficies irriguées par mode d'irrigation à Ouargla, On remarque que :



**Figure 33: Evolution des superficies irriguées par mode d'irrigation (2017/ 2024)**

Entre 2017 et 2024, le mode d'irrigation le plus utilisé est l'irrigation gravitaire 58%, suivie par le pivot à 17% et le goutte-à-goutte 16%. En revanche, l'irrigation par aspersion demeure la moins pratiquée.

### IV.6 L'utilisation agricole des nappes dans la région d'Ouargla

L'utilisation de l'eau pour l'irrigation joue un rôle crucial dans la salinisation des sols. L'évaluation de la qualité de l'eau d'irrigation est réalisée en évaluant son influence sur les caractéristiques du sol et en tenant compte de la tolérance des cultures à la salinité. La détermination de l'impact de l'eau d'irrigation sur le sol est évaluée à partir de la concentration totale de sels solubles et du rapport de sodium adsorbable (SAR) (LEONE et al., 2007).

La présence d'une quantité importante d'ions sodium dans l'eau a un impact sur la perméabilité du sol et peut entraîner des problèmes d'infiltration (SUAREZ et al., 2006). En effet, lorsque le sodium est introduit dans le sol par irrigation sous une forme échangeable, il remplace le calcium et le magnésium qui sont adsorbés sur les agrégats du sol, ce qui entraîne la dispersion de particules d'argile. Cela entraîne la désagrégation du sol, ce qui peut rendre le sol dur et compact lorsqu'il est sec. La porosité du sol est alors bloquée, ce qui réduit les taux d'infiltration d'eau et d'air, affectant finalement sa structure (HALLIWELL et al., 2001 ; LEONE et al., 2007).

Le degré auquel l'eau d'irrigation a tendance à entrer dans la réaction d'échange de cations dans le sol peut être indiquée par le rapport d'adsorption de sodium (Richards 1954). Puisque le sodium remplace le calcium adsorbé et le magnésium dans le sol, il est donc exprimé comme suit :

$$SAR = \frac{[Na^+]}{\sqrt{[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] / 2}}$$




Avec : Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> et Mg<sup>2+</sup> sont en méq/l.

L'excès de sodium dans les eaux souterraines s'adsorbe sur les particules du sol, modifiant ainsi les propriétés du sol et réduisant également la perméabilité du sol (Ayers et Bronson, 1975).

Dans la région de Ouargla, le recours à l'irrigation est indispensable pour une éventuelle mise en valeur des terres ; avec un tel climat dont les précipitations sont rares. La principale ressource disponible dans cette zone sont les eaux souterraines des deux aquifères (CT) et (CI). Pour un bon développement des végétaux, l'eau d'irrigation doit être sans danger pour le végétal lui-même et aussi pour le sol.

L'objectif est de caractériser la qualité physicochimique des eaux de quelques forages exploitant les deux nappes de (CT) et la nappe profonde de (CI) et par la suite évaluer leur aptitude à l'irrigation.

Le tableau suivant que représente trois (3) forages :

-  Forage de la nappe Albienne
-  Forage de la nappe sénonien
-  Forage de la Mio-Pliocène

**Tableau 7: Composition physico-chimique des nappes Albienne, Mio-Pliocène et du Sénonien ; Source (HAMDI AISSA, 2017)**

Forages		Nappe Albienne	Nappe Sénonien	Nappe Mio-Pliocène
Paramètres physico-chimiques	T (°C)	50°	27	26
	pH	7.43	7.48	7.5
	CE (mS/cm)	2.42	4.01	4.27
Eléments dissous	Cations	Mg/l	Mg/l	Mg/l
	Ca <sup>++</sup>	180	216.6	227.6
	Mg <sup>++</sup>	63.19	104.51	158.43
	Na <sup>+</sup>	300	450	580
	K <sup>+</sup>	18	14	27
	Anions	Mg/l	Mg/l	Mg/l
	Cl <sup>-</sup>	830.28	879.8	1113.20
	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	232	600	772.06
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	126.1	138.3	204
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	7.3	22.5	23	
Dureté totale (°F)	TH	86.5	85.35	108.8
	SAR	6.9	8.8	10.2

Les analyses physico-chimiques des eaux des trois nappes exploitées pour l'alimentation en eau potable et en irrigation dans la région de Ouargla .Elle a permis d'obtenir le SAR (rapport d'adsorption de sodium).

Nom de la classe	Classe	Interpretation
<b>Classe S1</b>	0 < SAR ≤10 <b>bas taux de sodium</b>	Eaux utilisables pour l'irrigation de presque tous les sols. Danger d'alcalinisation réduit, bien que certaines cultures sensibles au sodium puissent être gênées.
<b>Classe S2 :</b>	10 < SAR ≤18 <b>taux moyen de sodium</b>	Le danger d'alcalinisation des sols est appréciable dans les sols à textures fine et à forte capacité d'échange, surtout dans la condition de faible lessivage. Eau utilisable sur les sols de texture grossière, ou sur les sols organiques ayant une bonne perméabilité.
<b>Classe S3</b>	18 < SAR ≤26 <b>haut taux de sodium</b>	Eaux pouvant provoquer l'apparition d'une alcalinité dangereuse dans la plupart des sols, à l'exception des sols pauvres en argile. Emploi exigeant la mise en œuvre d'un aménagement spécial assurant un bon drainage et fort lessivage. L'addition de matière organique, d'amendements chimiques est souvent nécessaire.
<b>Classe S4</b>	SAR > 26 <b>très haut taux de sodium</b>	Eaux souvent inutilisables pour l'irrigation, présentant un fort danger d'alcalinisation. Ces eaux sont utilisées pour l'irrigation, seulement si leur salinité permet l'addition de calcium ou si le sol en contient suffisamment.

**Figure 34: Classement de la qualité de l'eau en fonction du danger d'alcalinisation du sol (SAR) ; Durand (1982)**

Afin d'évaluer la qualité des eaux d'irrigation. La concentration moyenne du sodium adsorbable déterminée à partir du (SAR) est égale :

- ✓ SAR = 10.2 ; Nappe Mio-pliocène
- ✓ SAR= 8.8 ; Nappe du Sénonien
- ✓ SAR= 6.9 ; Nappe de l'Albien

Donc selon la classification de **DURNARD,1982** les nappes du Sénonien et de l'Albien appartiennent à la classe **S1**. Ce sont des eaux utilisables pour l'irrigation de presque tous les sols. Le danger d'alcalinisation est réduit, bien que certaines cultures sensibles au sodium puissent être gênées et la nappe Mio-pliocène, appartient à la classe **S2**. Ce sont des eaux utilisables sur les sols de texture grossière ou sur les sols organiques ayant une bonne perméabilité

***Conclusion :***

La croissance démographique a exercé une pression considérable sur les ressources en eaux souterraines, notamment en raison de l'utilisation agricole qui représente une part importante de la consommation, à la suite de l'expansion agricole remarquable observée dans la région.

Cette pression accrue conjuguée à un pompage intensif et prolongé des nappes, dépassant largement la capacité de recharge naturelle des aquifères, a conduit à un déséquilibre hydrodynamique à l'origine de la situation hydrique actuelle dans la zone d'étude.

Le déséquilibre observé provoque une remontée des eaux, ce qui peut entraîner plusieurs impacts négatifs, tels que le noyage des Ghouts et la perte des palmeraies dattiers, ainsi qu'une augmentation de la pollution bactériologique et de la contamination des nappes par les nitrates issus des activités domestiques et agricoles.

Les eaux de l'Albien peuvent être utilisées pour l'irrigation, après refroidissement. Les eaux de CT sont de mauvaise qualité et déconseillées pour l'irrigation sauf dans des conditions exceptionnelles.

Afin de préserver l'environnement dans la région de Ouargla, nous proposons certaines mesures.

- Réhabiliter et moderniser les réseaux d'adduction d'eau potable afin de minimiser les pertes,
- Promouvoir des techniques d'irrigation économes et adaptées pour réduire le gaspillage d'eau dans le secteur agricole,
- Interdire le forage anarchique des puits par les particuliers et mettre un terme au pompage abusif des réservoirs souterrains.
- Se diriger vers les eaux non conventionnelles (eaux usées épurées) si ces dernières présentent une qualité plus intéressante en matière d'irrigation
- Renforcer la sensibilisation environnementale

## Conclusion générale :

---

### CONCLUSION GENERALE :

La wilaya de Ouargla est située au nord-est du Grand Sahara algérien. Elle couvre une superficie de 149151 km<sup>2</sup>. La population est estimée à 389 613 habitants en 2023. Elle est délimitée par plusieurs wilayas :

- ❖ Au Nord : Djelfa, El Meghaier, Touggourt et El Oued
- ❖ Au Sud : Illizi et In Saleh
- ❖ A l'Est : la Tunisie.
- ❖ A l'Ouest : Ghardaïa et El Menia.

L'analyse géomorphologique et hydrographique de la région de Ouargla met en évidence une cuvette d'effondrement saharienne héritée de l'ancienne vallée fossile de l'oued Mya, structurée par des formations différenciées : plateaux dissymétriques, glacis polycycliques, unités dunaires et dépressions salines ; chotts et sebkhas. Le réseau hydrographique est constitué des oueds M'ya, M'zab et N'sa

Géologiquement, la région de Ouargla s'inscrit dans une cuvette d'effondrement façonnée au sein de la vallée fossile de l'oued Mya. Elle repose sur une série litho stratigraphique allant de l'Aptien au Quaternaire. Le Secondaire comprend des formations carbonatées et évaporitiques alors que le Tertiaire dominé par des couches carbonatées profondes, constitue avec le Sénonien une partie du Complexe Terminal, aquifère majeur de la région. Le Quaternaire est marqué par des dépôts détritiques de surface (sables, graviers, dunes). Cette configuration géologique témoigne d'une stabilité tectonique relative.

La région de Ouargla connaît un climat désertique hyper aride et d'une sécheresse permanente, une faible humidité relative et des précipitations très limitées (33,09 mm/an) ; la température moyenne annuelle est de 25,48°C

Les ressources en eau souterraines du Sahara septentrional sont contenues dans deux grands aquifères, qui s'étendent au-delà des frontières algériennes : ceux du Continental Intercalaire (CI) et du Complexe Terminal (CT) qui alimentent en grande partie la région de Ouargla.

Le Complexe Terminal (CT) est un aquifère superficiel sableux du Mio-Pliocène, bien perméable. Le Continental Intercalaire (CI) est un aquifère profond argilo-gréseux du Crétacé inférieur, à grande capacité mais peu renouvelable

La nappe phréatique circule dans les sables dunaires et les alluvions de l'Oued Mya. La nappe s'écoule généralement du point le plus haut situé sous la ville de Ouargla vers le point le plus bas situé à Safioune.

L'agriculture dans la région constitue la deuxième activité après le secteur de l'administration et des services. La superficie agricole utile (SAU) est passée de 31549.58 ha en 2017 à 40445.73 ha en 2024.

Le débit total augmente pour atteindre une valeur de 51549,831/s en 2019/2020. Cependant, une diminution a été enregistrée en 2024, avec un débit de 35605,50 l/s.

## Conclusion générale :

---

Les cultures fruitières occupent la première place en termes de superficie, avec une valeur de 11978.58 ha, tandis que les vignobles représentent la plus faible superficie 16.91 ha en 2024.

Les principaux modes d'irrigation utilisés à Ouargla : Irrigation de surface (gravitaire) :

- ✚ Par planches
- ✚ Par bassins (submersion)
- ✚ Par rigoles d'infiltration,

Au plus, l'irrigation par aspersion, Irrigation par pivot central et l'irrigation au goutte-à-goutte. Le mode d'irrigation le plus utilisé est l'irrigation gravitaire.

L'irrigation par submersion cause des pertes importantes d'eau, d'où l'importance d'adopter des systèmes modernes comme l'irrigation par aspersion, goutte-à-goutte ou intelligente, qui optimisent l'utilisation de l'eau grâce à des capteurs d'humidité et des technologies de gestion adaptées aux besoins des cultures.

### Bibliographie

- A.N.R.H. (2004).** *L'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques de la Wilaya d'Ouargla.* Ouargla.
- ABIMOULOUD, Y. (2004).** *Contribution à l'analyse de l'effet du type et durée de cure sur la qualité de béton en climat chaud.* Mémoire de Magister, Université Hassiba Ben Bouali – Chlef, Faculté des sciences et sciences de l'ingénieur.
- BEL, D. & CUCHE, D. (1968 et 1971).** *Étude des nappes du Complexe Terminal du Bas Sahara. Données géologiques et hydrogéologiques pour la construction du modèle mathématique.* DHW, Ouargla.
- BELLAOUEUR (2008).** *Étude hydrogéologique des eaux souterraines de la région de Ouargla soumise à la remontée des eaux de la nappe phréatique et perspectives de solutions palliatives.* Mémoire de magister, Université de Batna, 146 p.
- BENCHEIKH, A. & MANSOURI, B. (2019).** *Caractéristiques et évolution de la piézométrie de la nappe du Complexe Terminal de la cuvette de Ouargla.* Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah Ouargla, 51 p.
- BONNARD & GARDEL (2003).** *La vallée de Ouargla : Études d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation. Mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique. Estimation du rôle des palmeraies à la remontée de la nappe dans la cuvette de Ouargla. Mission IV - autres investigations, volet agro-pédologie.* 26 p.
- BONNARD & GARDEL (2004).** *Étude d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation. Mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique. Mission II - rapport final.* 110 p.
- CORNET, A. (1964).** *Introduction à l'hydrogéologie saharienne.* Géographie Physique et Géologie Dynamique, vol. VI, fasc. 1, pp. 5–72.
- DADAMOUSA (2007).** *Les effets induits des différents programmes de développement agricole sur la préservation de l'écosystème saharien : cas de la région de Ouargla.* Mémoire de Magister, Université Kasdi Merbah Ouargla, 144 p.
- DPSB (2023).** *Annuaire des statistiques 2023 de la wilaya de Ouargla.*
- FAO (1990).** *Gestion des eaux d'irrigation.* Manuel de formation N°5, pp. 2–4.
- FORTAS, M. & GHEDAIRI, N. (2019).** *L'effet de l'utilisation des eaux usées traitées en irrigation sur certaines propriétés physico-chimiques du sol dans la cuvette d'Ouargla.* Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah Ouargla,

## Bibliographie

---

- HAMDI-AÏSSA, B. & GIRARD, M.C. (2000).** *Utilisation de la télédétection en régions sahariennes pour l'analyse et l'extrapolation spatiale des pédopaysages.* Sécheresse, vol. 3, pp. 179–188.
- HAMDI-AÏSSA, B. (2001).** *Le fonctionnement actuel et passé de sols du Nord-Sahara (Cuvette de Ouargla). Approches micromorphologique, géochimique, minéralogique et organisation spatiale.* Thèse de Doctorat, Institut National Agronomique Paris-Grignon. 283 p.
- HAMMOU ALI, A. (2014).** *Géochimie des eaux de la nappe superficielle de la basse vallée de l'oued M'ya (Ouargla).* Mémoire de Master en Hydrogéologie, Université de Ouargla.
- KHADRAOUI, A. (2007).** *Eau et impact environnemental dans le Sahara algérien.* OPU, Algérie.
- KHALED, A. (2021,24 juin).** *Gestion de l'eau d'irrigation dans le Bas-Sahara algérien : cas de la palmeraie de Ouargla.* Journée d'étude « Eau et agriculture dans le monde arabe », CAREP Paris.
- KILIAN, C. (1931).** *Les principaux complexes continentaux du Sahara.* Comptes Rendus de la Société Géologique de France, Paris.
- LEONE, A.P., MENENTI, M., BUONDONNO, A., LETIZIA, A., MAFFEI, C., & SORRENTINO, G. (2007).** *A field experiment on spectrometry of crop response to soil salinity.* Agricultural Water Management, 89(1-2), pp. 39–48.
- MUNIER, P. (1973).** *Le palmier dattier.* Éditions G.P. Maisonneuve et Larose, Paris, pp. 145–147.
- NEZLI, I. (2004).** *Mécanismes d'acquisition de la salinité et de la fluoruration des eaux de la nappe phréatique de la basse vallée de l'Oued M'ya (Ouargla).* Mémoire de Magister, Université de Badji Mokhtar -Annaba, 110 p.
- OUANNAS, A. (2019).** *Étude de la qualité des eaux souterraines et leur aptitude à l'irrigation au niveau de la région d'Ouargla.* Mémoire de master, Université Kasdi Merbah Ouargla, 98 p.
- OULD BABA SY, M. (2005).** *Recharge et paléorecharge du Système Aquifère du Sahara Septentrional.* Thèse de Doctorat, Université Tunis El Manar. 271 p.
- SENOUSSI, A. (1999).** *Gestion de l'espace saharien en Algérie : symbiose ou confrontation entre systèmes productifs en milieu agricole et pastoral.* Thèse de Doctorat, France. 406 p.
- SID, M., BEN GUESSOUM, A. & BEDOUI, A. (2021).** *Impact des activités agricoles sur la nappe phréatique de Ouargla.* Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah Ouargla, 72 p.

## **Bibliographie**

---

**Temim D.** *Les techniques d'irrigation (Systèmes d'irrigation)*. Université de M'sila, Faculté de Technologie, Département Hydraulique, Niveau 3 LMD

**UNESCO (1972).** *Étude des ressources en eau du Sahara Septentrional. Rapport sur les résultats du Projet REG-100*. UNESCO, Paris