



REPUBLIQUE ALGERIENNE  
DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



**UNIVERSITE Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued**  
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
DEPARTEMENT DE LA BIOLOGIE

**Mémoire**

PRESENTE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER ACADEMIQUE EN  
SCIENCES BIOLOGIQUES  
Spécialité : Biodiversité et Environnement

**Présente par :**

Melle: KEDDAM YOUSRA  
Melle: BEN DJEDDOU MARWA  
Melle : DEBILI NIHAD

**THEME :**

*Contribution à l'étude de la problématique de  
remontée des eaux de la nappe phréatique dans  
la région de Ouargla (Théorique)*

**Devant le jury d'examen :**

<b>ZAID Alia</b>	<b>MCA Univ. de El Oued</b>	<b>Présidente</b>
<b>MERABET Soumia</b>	<b>MAA Univ. de El Oued</b>	<b>Encadreur</b>
<b>LAABED Soumya</b>	<b>MAA Univ. de EL Oued</b>	<b>Examinatrice</b>

## **Remerciements**

Au terme de cette étude, nous remercions avant tout, Dieu tout puissant de nos avoir année de formation et nous avoir permis la réalisation de ce présent travail.

En premier lieu, nous remercions a notre promoteur de mémoire ; Mlle MERABET Soumia, Maitre-Assistant A à l'université Echahid Hamma Lakhdar El Oued et pour leur aide, encouragements et diriger ce travail qu'elle trouve ici l'expression de notre profond respect.

Nous remercions vivement les membres du jury pour avoir accepté de juger du notre travail de mémoire :

Mr. ALIA Zaid, Maitre Conférence B à l'université Echahid Hamma Lakhdar El Oued pour l'honneur qu'elle nous fait en acceptant de présider le jury.

Mme. LAABED Soumya, Maitre-Assistant A à l'université Echahid Hamma Lakhdar El Oued qui ont bien voulu faire part de jury pour examiner ce travail.

Les derniers remerciements vont à tous ceux que nous aimons côtoyés, de père ou de lion, et qui nous ont soutenu tout au long de ces études dans la bonne humeur.

# *Dédicace*

*A mes parents*

*En témoignage de leur amour*

*et soutien*

*Que ALLAH les préserve en bonne santé*

*Et leur accorde longue vie*

*A toute ma famille et mes amis*

*A tous ceux que j'aurai oublié de citer*

*mais qui existent au*

*fond de mon cœur et de ma pensée.*

*Nihad*

*Marwa*

*yousra*

## *La liste d'abréviation :*

**A.N.R.H** : Agence National des Ressources Hydriques

**AEP** : Alimentation en eau potable

**BG** : Bonnard & Gardel (Bureau d'études suisse)

**CI** : Continental Intercalaire

**CT**: Complexe Terminale

**CE** : Conductivité électrique

**D.G.F** : Direction Générale des Forêts

**D.P.A.T** : Direction de Planification et de l'Aménagement du Territoire

**ONA**: Office National de l'Assainissement

**pH**: potentiel d'Hydrogène

**SASS** : Système Aquifère du Sahara Septentrional

**S.C.D.T**: Centre de développement des techniques nucléaires

**U.N.E.S.C.O**: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organ

**STEP**: station de traitement et d'Épuration

**LTPS** : Laboratoire des travaux publics de sud

**ENAGEO** : Entreprise nationale de géophysique

## *La liste des figures :*

N°	TITRE	Page
01	Nappes alluviales	04
02	Schéma d'une remontée de nappe	05
03	Localisation de zone d'étude	10
04	Coupe géomorphologique schématique Ouest-Est de la cuvette de Ouargla	11
05	Situation géographique de sebkha Oum Erranebe.	13
06	Situation géographique de Sebkha Safioune	14
07	Situation géographique de chott Aïn El-Beida	15
08	Réseau hydrographique de la vallée de Ouargla	17
09	Coupe hydrogéologique de SASS	19
10	Coupe hydrogéologique dans l'aquifère du complexe terminal	19
11	Le Diagramme Ombrothermique de la région d'Ouargla	24
12	Coupe hydrogéologique passant par la ville de Ouargla (en 1968)	29
13	Carte piézométrique de la nappe phréatique en avril-mai 1968	31
14	Coupe hydrogéologique au travers de la palmeraie 1968	31
15	Bilan des phénomènes de migration d'eau dans le sous-sol de Ouargla	33
16	Carte piézométrique de la nappe phréatique en novembre 2003	35
17	Carte piézométrique de la nappe phréatique d'Ouargla (campagne 2010)	36
18	Carte piézométrique de la nappe phréatique d'Ouargla (campagne 2015)	37

## *La liste des Tableaux :*

N°	TITRE	Page
01	<b>Données climatique de la région de Ouargla (2007-2016)</b>	21

# Sommaire

Introduction générale.....	01
----------------------------	----

## CHAPITRE I: Remontées des nappes d'eau souterraine en général

1. Définition.....	03
2. Classification (est un type d'inondation qui est parmi les risques naturels).....	03
3. Causes.....	05
3.1. Remontée de nappe due à des causes naturelles.....	05
3.2. Remontée de nappe dû à l'activité humaine.....	05
4. Conséquences.....	06
5. Remèdes et préventions .....	08
5.1. Les remèdes actifs.....	08
5.2. Les remèdes passifs.....	09
5.3. Prévention du risque.....	09

## CHAPITRE II : La cuvette de Ouargla

1. Situation géographique.....	10
2. Géomorphologie.....	11
2.1. Les plateaux ou Hamadas.....	11
2.2. Les glacis.....	12
2.3. Les chotts et sebkhas.....	12
2.3.1. Sebkhât Oum Erranebe.....	12
2.3.2. Sebkhât Safioune.....	13
2.3.3. Chott Ain Beida.....	14
2.4. Les dunes .....	15
3. hydrologie Réseaux hydrographiques .....	15
3.1. Oued M'ya.....	16
3.2. Oued N'sa et Oued M'Zab .....	16
4. Hydrogéologie.....	17
4.1. Nappe du Continental intercalaire (CI).....	17
4.2. Nappe Complexe terminal (CT).....	18

4.3. Nappe phréatique .....	18
5 .Caractères géologiques .....	20
6. pédologie.....	20
7. Caractéristiques climatiques.....	21
7.1. Température.....	22
7.2. Pluviométrie.....	22
7.3. Vents .....	22
7.4. Humidité relative de l'aire.....	22
7.5. Évaporation.....	23
7.6. Insolation.....	23
7.7. Synthèse bioclimatique .....	23
7.7.1. Diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS.....	23
7.7.2 : Climagramme d'EMBERGER.....	24
8. Démographie .....	25
9. Activités agricoles.....	25

### **CHAPITRE III : Etude de la remontée des eaux dans la région de Ouargla**

1. Notion historique sur la remontée de la nappe phréatique .....	28
1.1. La nappe phréatique avant 1956.....	28
1.2.La nappe phréatique après 1956.....	28
1.3. La nappe phréatique en 1968.....	29
2. Principales causes de la remontée dans cette région .....	32
3. Niveau piézométrique .....	33
4. Les conséquences de la remontée de la nappe phréatique.....	38
5. Les solutions proposées .....	39
5.1.Actions pour limiter les apports d'eau.....	39
5.2.Actions pour augmenter les évacuations d'eau .....	40
Conclusion générale	
Références bibliographiques	

# INTRODUCTION

L'eau est un élément biologique important en tant que support de vie et facteur du développement des pays. Elle est considérée comme un vecteur privilégié de l'activité humaine (TELALI, 2016), Où elle existe sous deux formes : les eaux de surface et les eaux souterraines. Les eaux souterraines constituent des réserves d'eaux stockées dans les roches poreuses et perméables du sous-sol. Loin d'être isolées du cycle de l'eau, elles communiquent avec les milieux aquatiques de surface (BEN CHIKH et al ...,2021).

Elle est une ressource vitale et l'un des principaux facteurs de production agricole dans les régions sahariennes. Elle est une ressource naturelle très limitée dans les régions arides et semi-arides. Elle est également indispensable pour les activités industrielles, touristiques et environnementales (FORTAS et al..., 2019).

L'eau souterraine présente souvent des avantages de qualité, d'accessibilité et de fiabilité par rapport à l'eau de surface (VINCENT W al ... 2009). Cela les a fait utiliser l'eau souterraine présente une large gamme d'applications, y compris l'alimentation des villages, villes et zones urbaines en eau potable ; l'alimentation des établissements institutionnels, des exploitations agricoles pour de multiples usages ; l'utilisation industrielle à petite échelle et l'adduction d'eau d'urgence pour les réfugiés. Dans le monde, de nombreuses bourgades, villes villages et collectivités locales éloignées, dépendent des eaux souterraines qui constituent leur principale source d'adduction d'eau (VINCENT W al ... 2009).

Devant le développement agricole et industriel d'une part, et la croissance démographique d'autre part, les besoins en eau au Sahara algérien ont augmenté d'une manière très rapide. Ceci a conduit les gestionnaires des ressources en eau à prospecter et réaliser plus de forages, de puits et d'ouvrages hydrauliques (CHINE et al...,2017).Ce développement rapide a entraîné des problèmes énormes ces dernières années, relatifs principalement à la remontée et l'évacuation des eaux des nappes phréatiques, aux eaux d'assainissement, et à l'abaissement de l'artésianisme des nappes profondes.

Ouargla est un exemple parfait des zones sahariennes touchée directement par ce problème (BELLAOUR,2008).

Cette région souffre depuis longtemps du phénomène de la remontée des eaux de la nappe phréatique. De nombreuses études ont été initiées par les pouvoirs publics et les universitaires pour mieux appréhender ce phénomène. Mais, la question consiste à proposer des solutions appropriées.



Notre étude est une contribution à l'étude de ce phénomène complexe, elle se compose de :

- ✓ Un premier chapitre ; consacré au phénomène de la remontée des nappes phréatiques en général.
- ✓ Deuxième chapitre sur les conditions écologiques et anthropiques du bassin de la cuvette d'Ouargla.
- ✓ Troisième chapitre, a étudié la remontée des eaux dans la cuvette d'Ouargla.

## Chapitre I : Remontée des nappes d'eau souterraine

### 1. Définition de la remontée de la nappe des eaux souterraines :

La notion de remontée de nappe, comparable d'ailleurs à celle de dépression de nappe, implique, au-delà des fluctuations de niveaux d'eau engendrées par les variations naturelles des apports de pluie efficace, l'examen des comportements et des impacts de l'activité humaine. Un ensemble de prélèvements groupés et permanents entraîne la création d'un cône de dépression dans la surface de la nappe ; tout arrêt de ces prélèvements se manifeste par le « comblement » de ce cône de dépression (BRGM, 1993).

### 2. Classification de la remontée de la nappe des eaux souterraines :

Selon la **direction régionale et interdépartementale de l'Environnement et de l'Énergie (DRIEE) (2020)**, la remontée de la nappe phréatique est classée comme un type d'inondation qui se traduit par la montée lente des eaux en région de plaine :

- ❖ La **montée lente des eaux en région de plaine** : qui se traduit soit par une inondation de plaine, lorsque la rivière sort lentement de son lit mineur et inonde la plaine pendant une période relativement longue ; soit par une inondation par remontée de nappe phréatique, après une ou plusieurs années pluvieuses.
- ❖ La **formation rapide de crues torrentielles** : Lorsque des précipitations intenses, telles des averses violentes, tombent sur tout un bassin versant, les eaux ruissellent et se concentrent rapidement dans le cours d'eau, engendrant des crues torrentielles brutales et violentes.
- ❖ Le **ruissellement** : L'imperméabilisation du sol par les aménagements et par les pratiques culturales limite l'infiltration des précipitations et accentue le ruissellement.

Selon **Mardhelet al (2006)**, ce sont des grandes nappes libres à forte capacité de stockage d'eau souterraine dont l'écoulement est lent (plus la décrue est lente, plus le phénomène d'inondation est long).

Ces aquifères sont généralement de type calcaire ou crayeux présentant une double porosité :

« Porosité de fissure » (infiltration rapide) et « porosité de matrice » (stockage important et frein au déstockage) Plus une roche à une forte granulométrie plus l'eau n'y circulera vite (exemple aquifère sableux). A l'inverse, un aquifère ayant un faible pourcentage d'interstices (ex : aquifères calcaires ou crayeux) se mettra en charge plus rapidement car la capacité de saturation y est plus faible : il faudra moins d'eau pour faire s'élever le niveau de la nappe d'une même hauteur.

### ➤ Cas des nappes alluviales :

L'inondation par remontée de nappe peut survenir par transmission de l'onde de crue du fleuve à la nappe alluviale, en lien hydraulique avec le cours d'eau. L'inondation se produit alors au niveau des points topographiques les plus bas de la plaine alluviale.

De plus, lors des épisodes longs de fortes précipitations, la recharge directe de la nappe peut contribuer aux débordements du cours d'eau principal drainant la nappe (Fig.01) (Mardhel et al, 2006).

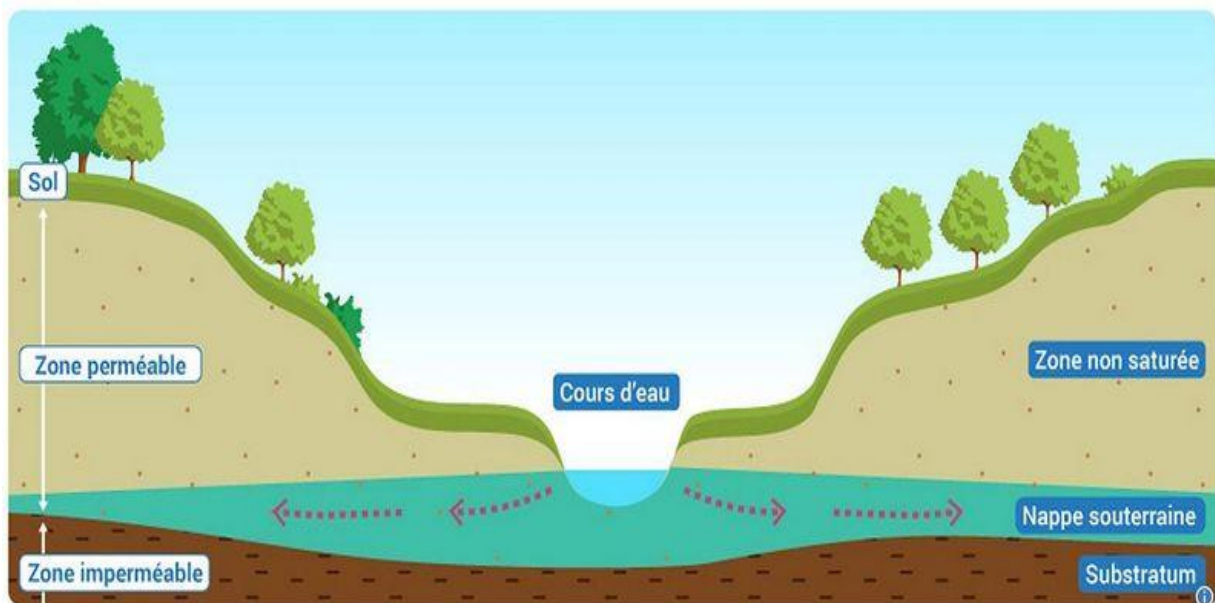


Fig.01 : nappes alluviales (Mardhel et al, 2006).

### ➤ Cas des zones de socle

Dans ces formations, les nappes sont très peu développées si ce n'est dans une frange d'altération dont les caractéristiques hydrodynamiques restent médiocres (perméabilités et

emmagasinements faibles). Lors des épisodes de précipitations hivernales la majorité des eaux ruisselle dans l'horizon « altéré ». Les niveaux piézométriques « montent » rapidement et les eaux sortent pour rejoindre le réseau hydrographique (Mardhel et al, 2006),

### ➤ Cas des aquifères locaux de faible étendue

Ces aquifères ne sont généralement pas pourvus d'un réseau d'observation des niveaux d'eau. Ainsi les buttes tertiaires du Bassin Parisien peuvent receler des niveaux aquifères calcaires ou même sableux, perchés sur des niveaux imperméables. Lors d'épisodes pluvieux exceptionnels ces petits aquifères peuvent déterminer des inondations par remontées et débordement. Cependant, la trop faible densité du réseau d'observation des niveaux d'eau ne permet pas de les mettre en évidence autrement que par observation directe (Mardhel et al, 2006).

## 3. Causes de la remontée de la nappe des eaux souterraines :

### 3.1. Remontée de nappe due à des causes naturelles :

Ces causes naturelles sont essentiellement représentées par des précipitations dont la hauteur-évaluée en pluie efficace- est très supérieure à une valeur « moyenne » pour laquelle de tels désordres n'apparaissent pas : il s'agit d'alimentation exceptionnelle des nappes (Fig.02) (Bergeron al...1983).

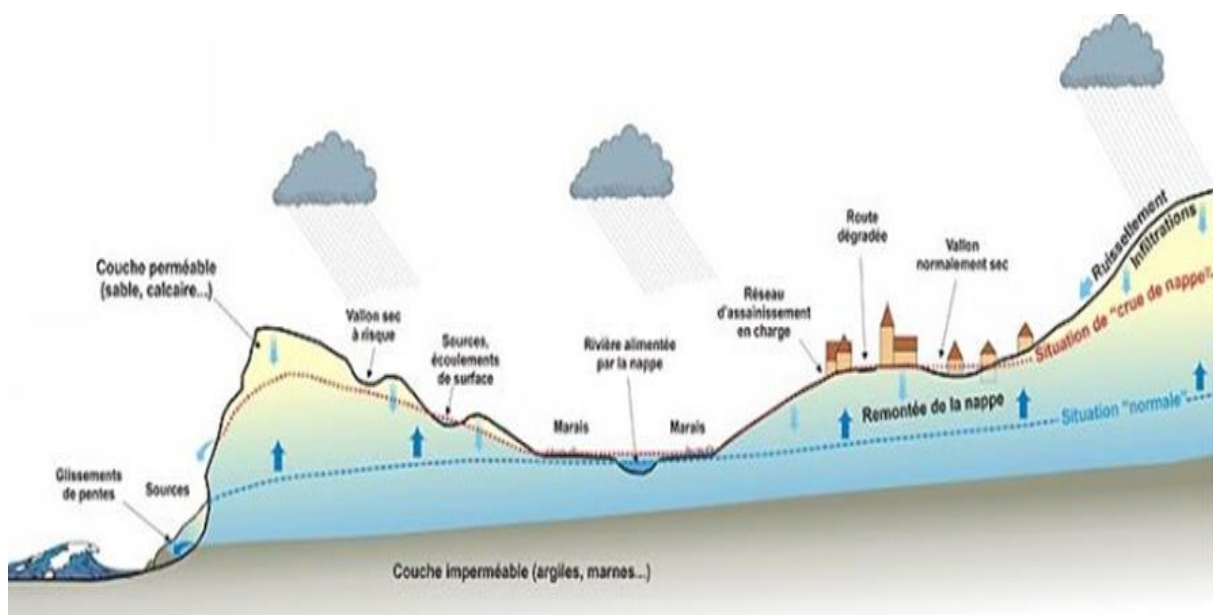


Figure 02 : Schéma d'une remontée de nappe (Mardhel et al, 2006).

### 3.2. Remontée de nappe dû à l'activité humaine :

Le développement économique implique une intervention sans cesse croissante de l'homme sur le milieu souterrain celui-ci est en effet sollicité pour l'extraction des ressources minérales et énergétiques, et pour l'exploitation de l'eau qu'il renferme. de plus, l'espace souterrain est de zone d'habitat si bien aujourd'hui on évoque volontiers le concept d'urbanisme souterrain, et le sous-sol est plus encombré. Les aménagements de surface tout comme les activités touchant au sous-sol et en particulier à l'eau souterraine, peuvent occasionnellement avoir des répercussions néfastes sous la forme de remontées de nappe (BERGERON al..., 1983).

### 5. conséquences de la remontées de la nappes des eaux souterraines :

Selon les secteurs GEORISQUES (2020), le phénomène d'inondation par remontée de nappes a permis d'observer :

- **Une inondation généralisée dans les vallées majeures**, par contribution exceptionnelle de la nappe. C'est le cas typique de la Somme.
- **La réactivation par des cours d'eau temporaires de certaines vallées sèches** (vallées de Normandie, de Grande Terre en Guadeloupe), où habituellement les cours d'eau ne coulent plus en surface mais uniquement dans les fissures souterraines de la roche ou dans le réseau karstique sous-jacent.
- **L'apparition d'étangs et de mares temporaires** sur certains plateaux dans des zones de dépressions (dolines de décalcification ou anciennes carrières).
- **L'apparition de lignes de sources dans les thalwegs**, bien en amont des sources habituelles.
- **Des inondations par des causes secondaires** : c'est en particulier le cas lorsque des ouvrages de génie-civil sous-dimensionnés ont été exécutés pour permettre le passage de voies d'accès pour le franchissement de vallées sèches ou de vallons qui ne coulent habituellement pas. Lors des remontées de nappes, ces ouvrages forment barrage et provoquent inondations des terrains situés en amont.
- **Des mouvements de terrains** notamment sur des sites à pente importante. La remontée de l'eau déstabilisant la couche la plus meuble du sol et de la zone altérée de

la roche. Toutefois il est difficile de les distinguer des mouvements de terrain dus à une saturation excessive et directe des sols par la pluie.

Les dommages recensés sont liés soit à l'inondation elle-même, soit à la décrue de la nappe qui la suit. Les dégâts le plus souvent causés par ces remontées sont les suivants :

➤ **Inondations de sous-sols, de garages semi-enterrés ou de caves :**

Ce type de désordres peut se limiter à de faibles infiltrations et à quelques suintements, mais l'humidité en remontant dans les murs peut arriver à la longue à désagréger les mortiers, d'autant plus si le phénomène est fréquent.

➤ **Fissuration d'immeubles :**

Ce type de désordre a été remarqué en région parisienne, en particulier dans les immeubles qui comportent plusieurs niveaux de sous-sols ou de garages. Il faut noter qu'en région parisienne, nombre de sous-sols se trouvent inondés par un retour de la nappe à son niveau initial. En effet, en raison de la diminution d'une partie important de l'activité industrielle à Paris -consommatrice d'eau- la nappe retrouve progressivement son niveau d'antan.

➤ **Remontées de cuves enterrées ou semi-enterrées et de piscines voire des canalisations :**

Sous la poussée de l'eau, des cuves étanches, ou des canalisations enterrées qui contiennent ordinairement une partie importante de vides, peuvent être soulevées par la pression d'Archimède. C'est en particulier le cas de cuves contenant des fluides moins denses que l'eau (produits pétroliers de stations-essence ou de dépôts pétroliers), ou même de cuves à usage agricoles ou de piscines partiellement ou totalement vidées. (Pour les piscines la meilleure mesure sera de les maintenir totalement remplies).

➤ **Dommages aux réseaux routiers et de chemins de fer :**

Par phénomène de sous-pression consécutive à l'envahissement de l'eau dans le sol, les couches de granulats utilisées dans la fabrication des routes et le ballast des voies ferrées se trouvent désorganisées. Des tassements différentiels mènent à des désordres importants.

➤ **Désordres aux ouvrages de génie civil après l'inondation :**

Après que l'inondation ait cessé, il peut se produire des contraintes mécaniques dans le sol en relation avec les processus de ressuie ment, qui déstabilisent un ouvrage. C'est le cas des argiles qui en séchant et en se rétractant provoquent des défauts de verticalité de piliers en béton enfoncés dans le sol (cas de serres illustré près de Reims).

➤ **Pollutions :**

Les désordres dus aux pollutions causées par des inondations sont communs à tous les types d'inondation. On situera la dispersion des déchets de décharge publique, le transport et la dispersion de produits dangereux soit dissous, soit entraîné par l'eau (produits pétroliers, peintures, vernis et solvants, produits phytosanitaires et engrais, produits de piscine (chlore en particulier), de déchets d'origine animale ou humaine (lisiers, fosses septiques).

➤ **Effondrement de marnières, effondrement de souterrains ou d'anciens abris datant des dernières guerres :**

Ces effets sont dus à une modification de l'équilibre des parois sous l'effet de l'eau, et en particulier probablement davantage à la décrue de l'inondation.

➤ **Coûts induits :**

Mis à part les coûts de nettoyage, de remise en état ou de reconstruction du bâti et des biens, au départ supportés par les assurances à certaines conditions (déclaration de catastrophe naturelle par les préfetures en particulier) et à terme par la collectivité, ces inondations ont induit des coûts parfois importants ayant trait :

- aux itinéraires routiers de déviation, pour le contournement des zones sinistrées, nécessitant une importante signalisation supplémentaire (cas du contournement de Caen).
- aux opérations de pompage et de nettoyage sur la voie publique, les ouvrages normaux d'évacuation des eaux se révélant insuffisants et inappropriés.

## **5. Les remèdes et les préventions de la remontée de la nappe des eaux souterraines :**

### **5.1. Les remèdes actifs :**

Ils consistent à abaisser le niveau de la nappe au moyen d'ouvrages de captage en fonction du mode d'exhaure, les ouvrages de captage peuvent être classés en deux groupes :

- \* puits et forages avec exhaure par pompage.
- \* drains et galeries avec exhaure par écoulement gravitaire.

Le rôle de ces différents équipements est de créer un abaissement de la surface de la nappe.

## **5.2. Les remèdes passifs :**

Pour des raisons techniques ou financières il arrive que la solution du rabattement par pompage ou drainage ne convienne par même dans le cas où des édifices souterrains sont soumis aux effets de la remontée de la nappe. La protection des ouvrages passe alors par une reprise en sous-œuvre des bâtiments conçus pour être hors d'eau afin de les doter des équipements indispensables qui éviteront les nuisances et les dégradations occasionnées habituellement par ce phénomène. L'intervention ne se fait plus sur la nappe mais sur l'infrastructure du bâtiment. En général les désordres observés dans de telles situations se manifestent le plus souvent par des inondations et posent donc des questions d'étanchéité et de flottabilité donc de stabilité (**BERGERON al..., 1983**).

## **5.3. Prévention du risque:**

Lorsque les conditions sont réunies pour que le phénomène se produise, celui-ci ne peut être évité. En revanche certaines précautions doivent être prises pour éviter les dégâts les plus importants :

- éviter la construction d'habitation dans les vallées sèches, ainsi que dans les dépressions des plateaux calcaires.
- Déconseiller la réalisation de sous-sol dans les secteurs sensibles, ou réglementer leur conception (préconiser que le sous-sol soit non étanche, que le circuit électrique soit muni de coupe-circuit sur l'ensemble des phases d'alimentation, y réglementer l'installation des chaudières et des cuves de combustible, y réglementer le stockage des produits chimiques, des phytosanitaires et des produits potentiellement polluants ...).
- Ne pas prévoir d'aménagements de type collectifs (routes, voies ferrées, trams, édifices publics, etc...) dans ces secteurs.



- Mettre en place un système de prévision du phénomène. Dans les zones sensibles à de tels phénomènes, un tel système doit être basé sur l'observation méthodique des niveaux de l'eau des nappes superficielles. **(GEORISQUES, 2020).**

## Chapitre II : La cuvette de Ouargla

### 1. Situation géographique:

La ville de Ouargla est située dans une Cuvette d'une superficie de 99 000 hectares. Elle inclut les agglomérations de Ouargla, N'Goussa, Rouissat, Aïn El Beida et Sidi Khouiled (BG, 2003). Elle est située dans le lit de la basse vallée fossile de l'oued M'ya qui prend origine du plateau de Tademaït (région d'In Salah, Tamanrasset) au Sud jusqu'à Sebkhia Safioune de 40 kms au Nord de la ville d'Ouargla. Oued Mya converge avec Oued Igharghar venant d'une source éloignée au sud (Ahaggar) pour constituer la vallée de l'Oued Righ qui s'aboutit au Chott Melrhir (Fig.3) (BALLAIS, 2010).

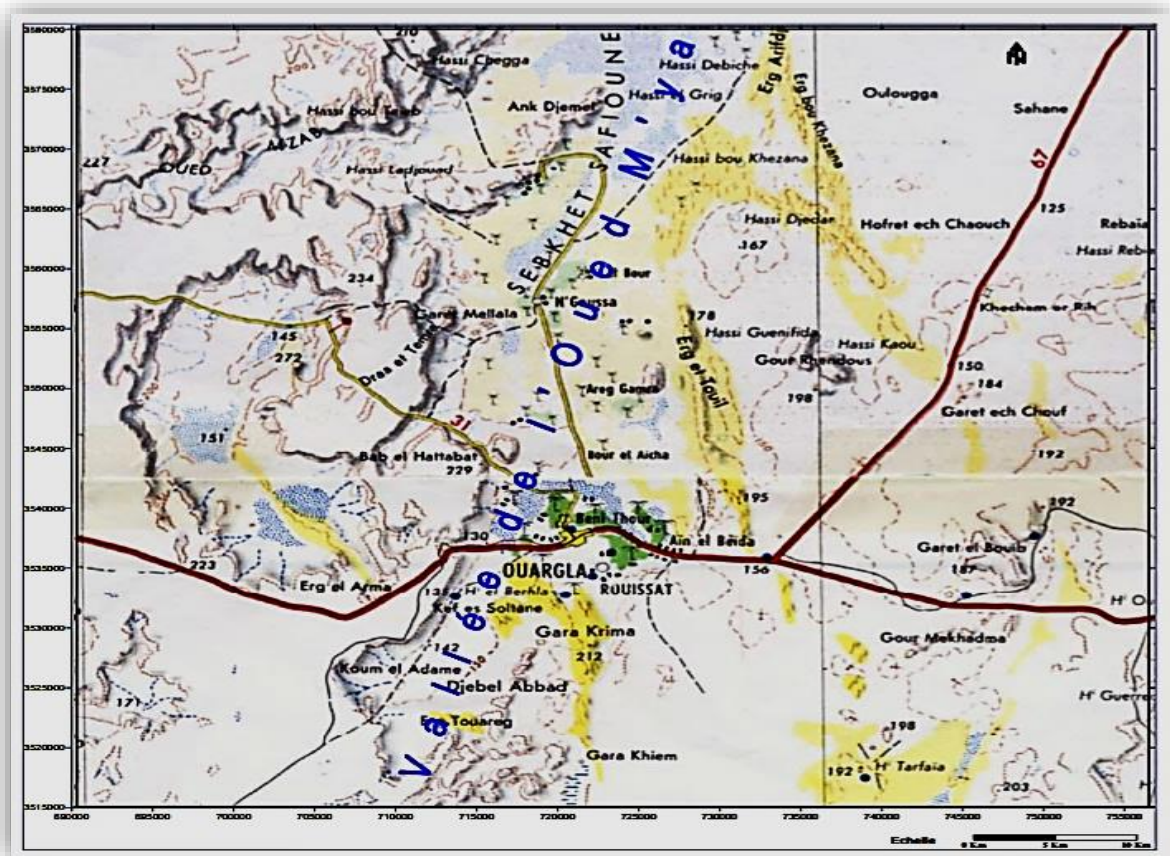


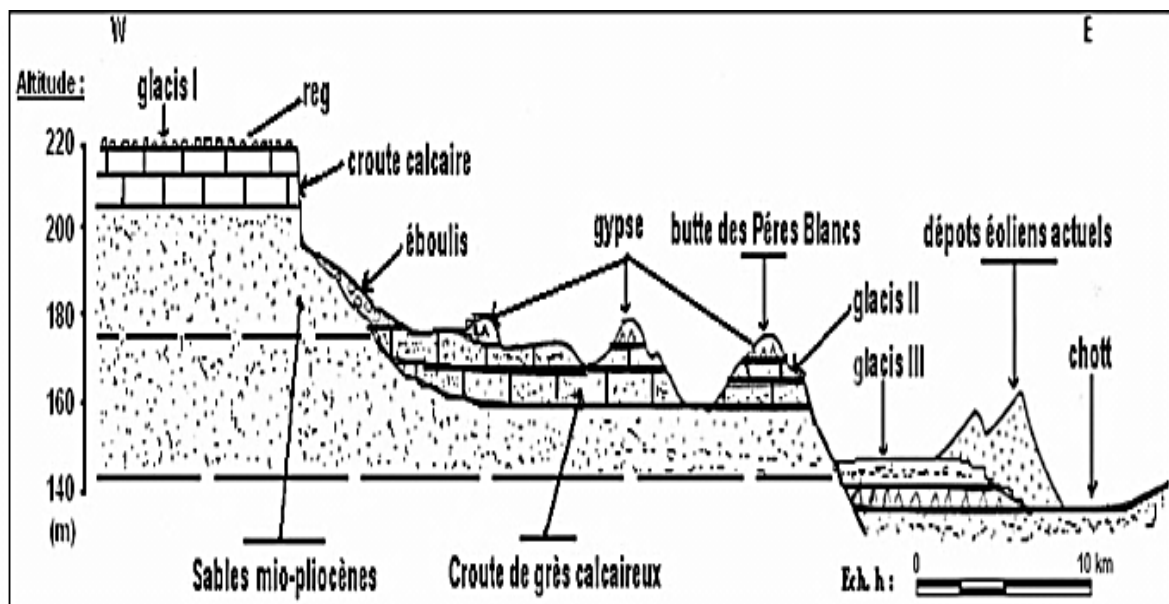
Fig. 03 : Localisation de zone d'étude (INC, 1960 in OUKBA KOUNTA, 2021)

Elle s'étend sur une longueur de 45 km dans la direction sud-ouest, et une largeur de 2 à 5 km dans la direction nord-est. Les coordonnées géographiques de la cuvette de Ouargla sont comprises entre :

- Les longitudes 5°15' et 5°25' Est.
- Les latitudes 31°55' et 32°00' Nord (A.N.R.H, 2010)

## 2. Géomorphologie :

Sur le plan morphologique la cuvette d'Ouargla correspond à la basse vallée fossile de l'Oued Mya qui descend en pente douce (1%) du plateau de Tademaït et se termine à 20Km au nord d'Ouargla (HAMDI-AISSA et GIRARD, 2000), Les principaux ensembles paysagés de la cuvette de Ouargla sont les hamadas, les glacis, les Sebkhass et chotts, et les dunes de sable (Fig.4) (BUSSON, 1969).



**Fig.04 : Coupe géomorphologique schématique Ouest-Est de la cuvette de Ouargla (LELIEVRE, 1969 in HAMDI-AISSA ,2001)**

### 2.1. Les plateaux ou Hamadas :

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)(**NAZLI, 2004**)

## **2.2. Les glacis:**

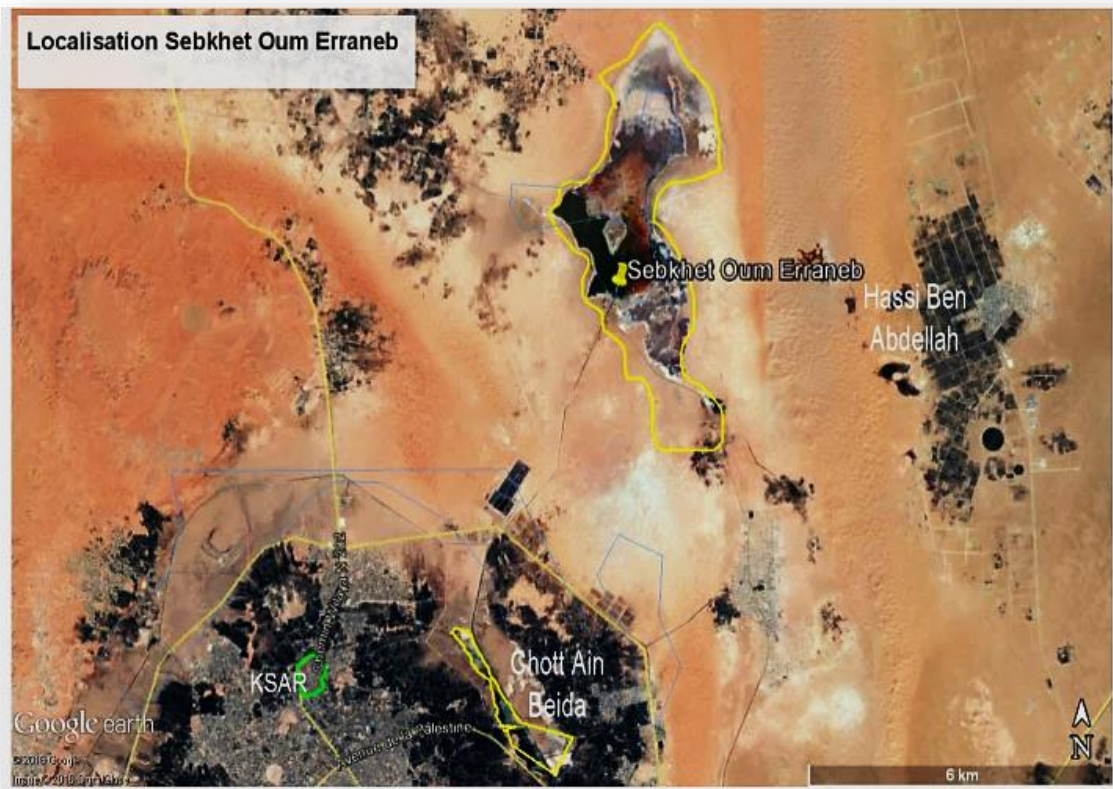
Sur le versant Ouest de la cuvette, les glacis s'étagent du plus ancien au plus récent, d'Ouest en Est sur quatre niveaux de 200 à 140 m d'altitude. Les glacis de 180 et de 160 m d'altitude se caractérisent par des affleurements du substrat gréseux. L'Est de la cuvette est un vaste glacis alluvial à sable grossier de 150 m d'altitude (**BONNARD et GARDELI, 2003**).

## **2.3. Les chotts et sebkhas:**

D'après **Bonnard et Gardel (2003)**, le chott et la sebkha constituent les points les plus bas du paysage de la région. Le chott ou sebkha est constitué de sable siliceux et/ou gypseux à croûte gypseuse de surface et de subsurface. Le bas fond se caractérise par une nappe phréatique permanente très peu profonde. En aval de Ouargla, diverses sebkhas alternent avec des massifs dunaires jusqu'à sebkhet Safioune qui est à 103 m d'altitude point le plus bas de la région

### **2.3.1. Sebkha Oum Erranebe :**

C'est une zone humide d'une surface totale d'ordre (1085.99ha), située loin de 12 km à la ville d'Ouargla. Elle est même classée comme zone humide d'importance internationale par la convention de Ramsar (**COSTA et al.,1996**). Elle faible profondeur doit sa permanence aux rejets provenant des eaux d'assainissement à travers une canalisation ouverte ramenant les eaux d'assainissement provenant de la wilaya d'Ouargla. Il est limité par un cordon dunaire appelé Erg Touil, une route de wilaya qui traverse et divise le site en 2 parties. La majeure partie des eaux d'assainissement de la région de Ouargla (5 communes) sont déversées dans ce site (Fig. 5) (D.G.F, 2004).



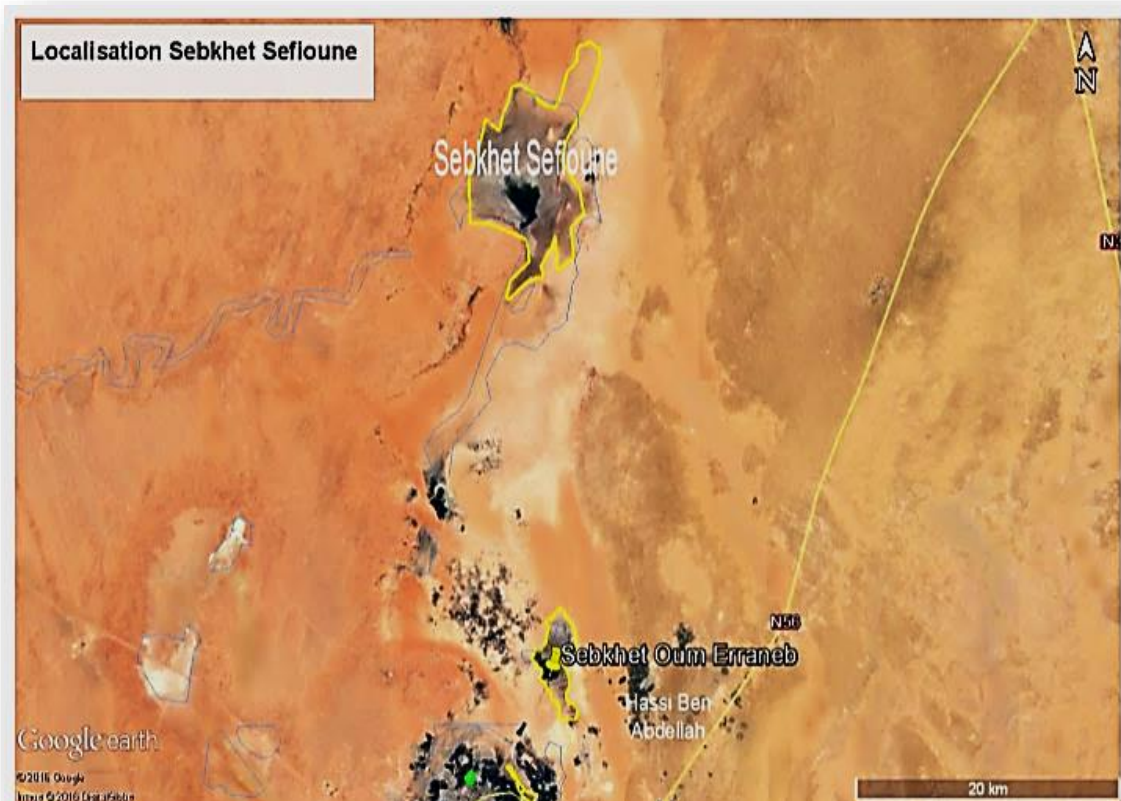
**Fig. 05 : Situation géographique de sebka Oum Erranebe.**

**(Source: Google Earth, in Salhi, 2019)**

### **2.3.2. Sebkat Safioune:**

Sebket Safioune constitue le point le plus bas de la cuvette de Ouargla. Elle s'étend sur une superficie totale de près de 8000 hectares et constitue L'exutoire naturel des crues des oueds N'sa et M'Zab.

Cette Sebka est limitée en bordure Est et Nord-est par une zone à topographie un peu plus élevée occupée par une végétation clairsemée de tamaris, et de salicorne. Ces deux espèces sont inféodées aux milieux salés voire très salés. A l'Ouest et au Sud, elle est bordée par des dunes de sable. Les contraintes du milieu sont telles que toute végétation et vie animale est quasi inexistante (Fig.6) (BOUTELLI, 2011).



**Fig.06: Situation géographique de Sebkheta Sefloune**  
(Source: Google Earth, in Salhi, 2019)

### 2.3.3. Chott Ain Beida:

Le chott de Aïn Beïda constitue le point bas de la ville de Ouargla, il a pu il y a de nombreuses années constituer l'exutoire des eaux de oued M'ya (BOUTELLI, 2011). Elle est une dépression qui s'étend sur une surface de 1000 hectares avec une longueur de 5.3 Km sur 1.5Km de large. Il se situe entre la palmeraie d'Ouargla à l'Ouest et au Sud et la palmeraie de Aïn Beïda à l'Est. Il s'ouvre sur des formations dunaires sur la côte Nord. Son altitude est de 138 à 140 m (ANONYME, 2002).

Le chott représente un biotope humide. Cette zone est fortement productive par la présence de chaînes alimentaires et héberge des oiseaux d'eaux remarquables qui utilisent cet habitat comme lieu de repos, de reproduction, et d'hivernage. On compte 84 espèces d'oiseaux dont deux sont d'un intérêt écologique important : le flamant rose (*phoenicopterus*

ruber roseus) de la famille Phoenicopteridae et tadorne casarca (*Tadorna ferruginea*) de la famille des Anatidae. Ces deux oiseaux sont protégés en Algérie par le décret n°83-509, et également dans le cadre de la convention africaine sur la conservation de la nature et de ses ressources naturelles (Fig.7) (IDDER et al..., 2006)



**Fig.07 : Situation géographique de chott Aïn El-Beida**  
(Source: Google Earth, in Salhi, 2019).

#### 2.4. Les dunes :

Formation éoliennes récentes en petit cordes, d'environ 150m d'altitude, elles occupent l'Est et le Nord-est de Ouargla et bordent les sebkhas le long de la vallée de Oued M'ya (HAMDI AISSA, 2001).

### 3. Réseau hydrographique :

Les réseaux hydrographiques constituent les eaux de surface. Selon HAMDI- AISSA (2001), différents bassins versants (M'ya, M'Zab et N'sa) forment le réseau hydrographique

qui aboutit à la Sebkha Sefioune, au Nord de la cuvette de Ouargla (**Fig.8**):

### 3.1. Oued M'ya:

Oued M'ya draine le versant Nord-Est du plateau de Tademaït (**BG, 2003**). Le bassin de Oued M'ya est en forme d'une vaste gouttière relevée du Sud (800m) avec une inclinaison très faible (0,1 à 0,2%) vers le Nord-Est, il s'étend sur 19800 Km<sup>2</sup>(**DUBIEF, 1953**). Son lit est d'une largeur très variable, à 11Km au sud de l'agglomération, cette largeur d'environ 4 Kms pour atteindre ensuite 12 Km, au niveau de l'oasis, et à 7 Km au nord, elle se rétrécit et varie entre 6 et 7 Km. Elle dont la source se situe au sud dans les massifs montagneux de Tadmaït, traversant, autrefois Ouargla (**IDDER, 2005**).

Oued M'ya est à l'origine de la création de toutes les sebkhas et chotts de la région. Son lit est asséché et comblé par des dépôts sédimentaires (**ANRH, 2005**). Les crues de l'Oued M'ya se perdent à 200 km en amont de la ville d'Ouargla (**BG, 2003**).

### 3.2. Oued N'sa et Oued M'Zab :

A l'inverse de Oued M'ya qui est considéré comme fossile ; ces deux Oueds sont fonctionnels, ils peuvent avoir une ou deux crues par an. Ils s'atteignent la cuvette de Ouargla que lorsque la crue est importante. (**HAMDI- AISSA, 2001**).

\* Oued N'sa Il couvre une superficie de 7800km<sup>2</sup>. Il débute dans la région de Tilrhemt (wilaya de Laghouat) pour aboutir à Sebkhat Safioune (**ANRH, 2005**).

\* Oued M'Zab coule d'ouest en est sur environ 320 kilomètres de la région de Botma Rouila à 750 mètres d'altitude jusqu'à Sebkhat Safioune à 107 mètres située au nord de la cuvette de Ouargla. La surface du bassin versant est de 5 000 km<sup>2</sup> (**BG, 2003**).

Oued Mya reçoit au niveau de sebkhat safioun, les apports de Oued M'Zab et de Oued N'ssa. Plus au Nord, aux environs de Touggourt, la vallée de Oued Mya converge avec celle de Oued Igharghar pour constituer la vallée de Oued Righ qui aboutit au chott Melrir (**IDDER, 2005**).





Actuellement il existe 5 forages albien dans la cuvette de Ouargla réparties comme suite ; 3 forages à Rouissait, 1 à Ain Beida et 1 à N'Goussa, les débits exploités sont 245 l/s fin 2012(D.P.A.T., 2012). Le premier forage à l'Albien exécuté à Ouargla remonte à l'année 1957 creusé à El Hadba à l'Est de la région, actuellement, il est non exploité (Fig.9) (GUERRE, 1975).

#### **4.2. Nappes du Complexe terminal :**

L'aquifère du complexe terminal constitué de deux nappes ; la nappe de calcaire d'âge Sénonien carbonatée et la nappe de sable d'âge Mio-Pliocène(Fig.9.10) (ZEDDOURI.2008).

##### **\* Nappe du Mio-Pliocène (nappe des sables) :**

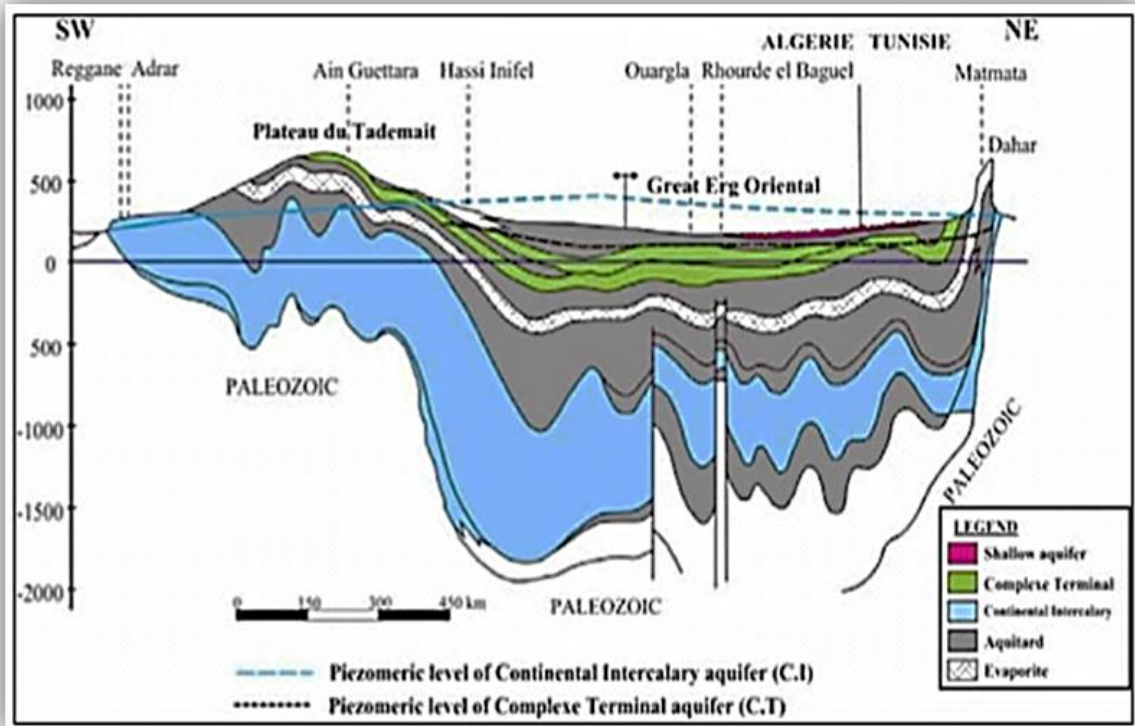
Nappe contenue dans les sables grossiers atteinte vers 30 à 60 m de profondeur (BONNARD et GARDAL, 2004). Elle s'écoule du sud-sud-ouest vers le nord-nord-est en direction du Chott Melghir. Sa salinité est très variable, variant de 2 à 7 g/l. Elle est utilisée surtout pour l'irrigation (AMMOUR et TOUIL, 2007).

##### **\*Le Sénonien (nappe des calcaires) :**

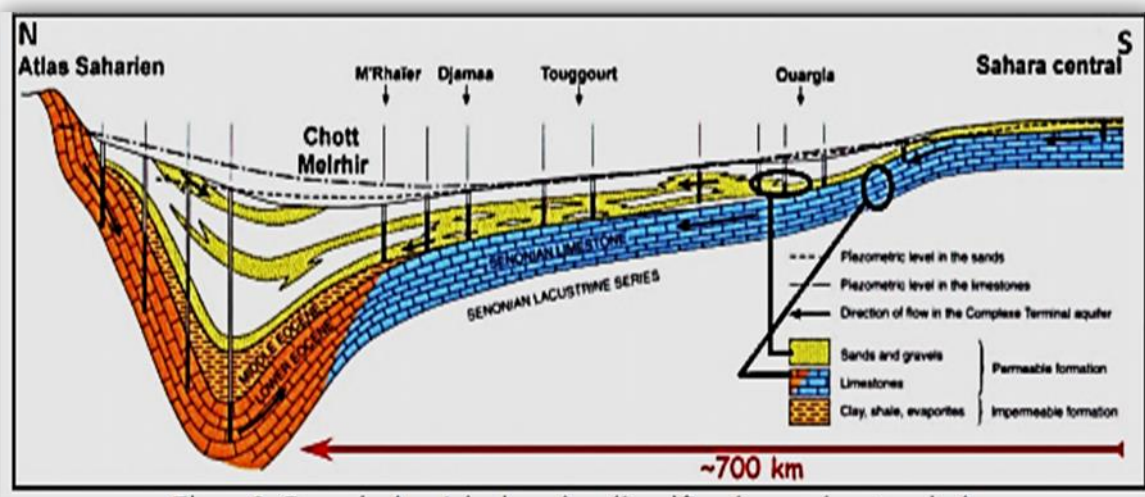
Le sénonien: cet aquifère est mal con, elle est exploitée à des profondeurs allant de 20 à 40 environ. Malgré la bonne qualité de ses eaux, son faible débit limite son utilisation. Les eaux de la nappe sénonienne sont moins chargées, leur conductivité ne dépassant généralement pas la valeur de  $3\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Les profils ioniques montrent que les eaux de la première nappe sont à dominance chlorurée sodique et ceux de la deuxième sont à dominance sulfato-sodique (IDDER., 2007).

#### **4.3 : La nappe phréatique :**

La nappe phréatique est dite aussi nappe libre. Cette nappe est contenue dans les alluvions de la vallée d'Oued Mya (A.N.R.H., 1994). Sa profondeur varie de 1 à 3m dans les zones urbaines et de 0,5 à 0,9m dans les zones agricoles. Elle affeure dans les zones des chotts et peut atteindre 15m de profondeur (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975). La qualité des eaux de cette nappe est très dégradée. La conductivité est très forte, elle augmente en allant du Sud vers le Nord. A Sebkhet Safioune, la conductivité varie de 199 à 214 m.s/cm à 25°C, ce qui correspond à environ 250-300 g/l de sel (BONNARD et GARDEL, 2003).



**Fig.09 : Coupe hydrogéologique de SASS (UNESCO, 1972)**



**Fig. 10 : Coupe hydrogéologique dans l'aquifère du complexe terminal (RODIER, 1984 in CHIBANI, 2020)**

**5. Caractères géologiques :**

La région d'étude fait partie du Bas Sahara qui se présente en cuvette synclinale

Dissymétrique, il est caractérisé par un remplissage sédimentaire constitué d'une alternance de terrains perméables et imperméables (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975). On peut distinguer dans la région d'Ouargla :

- **Le Quaternaire** : formé de dépôts sableux de 15 m d'épaisseur, en moyenne.
- **MioplIOCène** : Il est formé d'une alternance de sables et d'argiles et repose en discordance sur le Sénonien. Son épaisseur moyenne est de l'ordre de 150 m.
- **Sénonien-Eocène** : Formé de dolomies, de calcaires dolomitiques avec des intercalations de marnes et d'argiles, reconnu sur une épaisseur de 360 mètres et repose sur la série imperméable du Sénonien lagunaire.
- **Turonien** : Formé de calcaires fissurés et constitue un aquifère captif dans la région de Hassi Messaoud. Son épaisseur moyenne est de l'ordre de 60 m et repose sur un substratum imperméable du Cénomaniien anhydritique et argileux.
- **Albien** : Il correspond à la série supérieure du Continental Intercalaire, il est essentiellement gréseux formant un important aquifère captif reconnu sur une épaisseur de 400 m, reposant sur substratum imperméable (Aptien).
- **Barrémien** : Il est essentiellement sablo gréseux (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975).

## 6. pédologie :

Les sols de la zone aride de l'Algérie présentent une grande hétérogénéité et ils se composent essentiellement des sols minéraux bruts, des sols peu évolués, des sols halomorphes et des sols hydro-morphes (HALITIM, 1988).

La région de Ouargla se caractérise par des sols légers, à prédominance sableuse et une structure particulière. Ils sont caractérisés par un faible taux de matière organique, un pH alcalin, une bonne aération et une forte salinité (HALILAT, 1993). Le paysage pédologique de la cuvette d'Ouargla est dominé principalement par l'halomorphie. Cela n'est en effet pas surprenant dans la mesure où celui-ci est presque toujours associé, en milieu continental, aux zones endoréiques (FLORET et PONTANIER, 1982). Le second caractère qui prédomine à Ouargla est celui de l'hydromorphie. Notons que ces deux caractères sont souvent très présents dans toutes les oasis du bas Sahara. La manifestation saline la plus visible dans la

cuvette est celle de la Sebkhia, mais les sols irrigués de la palmeraie ne sont pas non plus épargnés (DADDI BOUHOUN, 2010).

### 7. Caractéristique climatique :

Selon ROUVILLOIS BRIGOL (1975), le climat d'Ouargla est particulièrement contrasté malgré la latitude relativement septentrionale. L'aridité s'exprime non seulement par des températures élevées en été et par la faiblesse des précipitations, mais surtout par l'importance de l'évaporation due à la sécheresse de l'air.

L'étude du climat de la région d'Ouargla, a été faite sur une période entre (2007-2016), les paramètres utilisés pour cette étude proviennent des données recueillies auprès de l'Office National de la Météorologie (ONM) d'Ouargla.

**Tableau 1 : Données climatique de la région de Ouargla (2007-2016)**

Mois	Température (C°)			Précipitation (mm)	Vitesse (Km /h)	Evaporation (mm)	Humidité (%)	Insolation (h)
	Min moy	Max Moy	Moy					
Janvier	4.7	20.5	12.6	8.5	56	91.8	59	248.2
Février	6.4	21.8	14.1	3.2	49	123.7	50	242.8
Mars	9.8	26.3	18.0	3.1	56	184.0	45	268.6
Avril	14.4	31.7	23.0	1.8	66	234.3	39	281.8
Mai	19.4	36.0	27.7	1.6	63	302.8	33	303.4
Juin	24.3	41.1	32.7	0.8	51	373.1	29	240.8
Juillet	27.5	44.1	35.8	0.4	58	429.8	25	323.9
Aout	27.2	43.2	35.2	0.6	53	392.3	29	335.2
Septembre	23.3	39.1	31.2	3.9	51	284.0	37	264.5
Octobre	16.9	32.9	24.9	4.1	47	212.6	44	264.1
Novembre	9.8	25.1	17.5	1.2	43	121.6	53	253.4
Décembre	5.6	20.1	12.8	4.2	42	86.3	60	229.6
Moyenne	15.76	31.8	23.8	33.2	53	236.4	42	3256.2*

\*cumul

La Source :(ONM, 2016)

### **7.1. Température :**

La région de Ouargla est caractérisée par des températures très élevées qui peuvent dépasser les 40°C. Les températures moyennes enregistrées sur dix ans pour la période (2007-2016) (Tab.1) permettent de constater que la température moyenne annuelle est de 23,8°C. Le mois le plus chaud est le mois de juillet avec un maximum de 35,8°C et le mois le plus froid est celui de janvier avec minimum de 12,6°C.

### **7.2. Pluviométrie (ou Précipitations) :**

Selon **DUBIEF (1953)**, les précipitations sahariennes sont caractérisées par leur faible importance quantitative et les pluies torrentielles sont rares.

La répartition annuelle des pluies est caractérisée par une période d'absence presque totale de précipitations qui s'étend du mois de mai au mois de septembre et pendant laquelle la moyenne des précipitations est de l'ordre 1,46 mm, ce qui représente moins de 21% du total annuel.

La moyenne annuelle des précipitations est de 33,2 mm, avec un maximum de 8,5 mm en janvier et un minimum de 0,4 mm en juillet(Tab.1).

### **7.3. Vents :**

Dans la région d'Ouargla, les vents sont fréquents durant toute l'année. Les vents soufflent du Nord-Sud ou Nord-est /Sud-ouest. D'après les données de l'ONM, dans la période d'observation (2007-2016) la vitesse moyenne annuelle des vents est de 53 km/h. La valeur maximale est enregistrée au mois d'avril avec 66km/h(Tab.1). La vitesse de vent peut contribuer notamment en été à transporté les accumulations salines à la surface des sols

### **7.4. Humidité relative de l'aire :**

Le taux d'humidité relative est variable en fonction des saisons, il atteint son maximum au mois de décembre avec un taux de 60%, et une valeur minimal au mois de juillet avec un taux de 25% avec une moyenne annuelle de 42% (Tab.1).Le niveau d'humidité faible notamment en été contribué à augmenter le potentiel de l'évapotranspiration.

### **7.5. Evaporation :**

L'évaporation est un paramètre climatique important à connaître dans la mesure où elle permet d'apprécier les pertes en eau dans l'atmosphère. Elle atteint des valeurs très importantes, cela s'explique par les fortes températures et le fort pouvoir évaporant de l'air et des vents desséchants au mois de juillet notamment. Elle atteint 429,8mm, ce qui correspond à 13 mm par jour. Elle est de l'ordre de 236,4mm/an (Tab.1).

### **7.6. Insolation :**

La région d'Ouargla est caractérisée par une forte insolation. L'insolation correspond à la durée d'éclairement du sol par le soleil. La durée moyenne d'insolation dans la cuvette d'Ouargla est de 325,2h/mois, avec un maximum de 335,2 heures en août et un minimum de 229,6 heures en décembre (Tab.1).

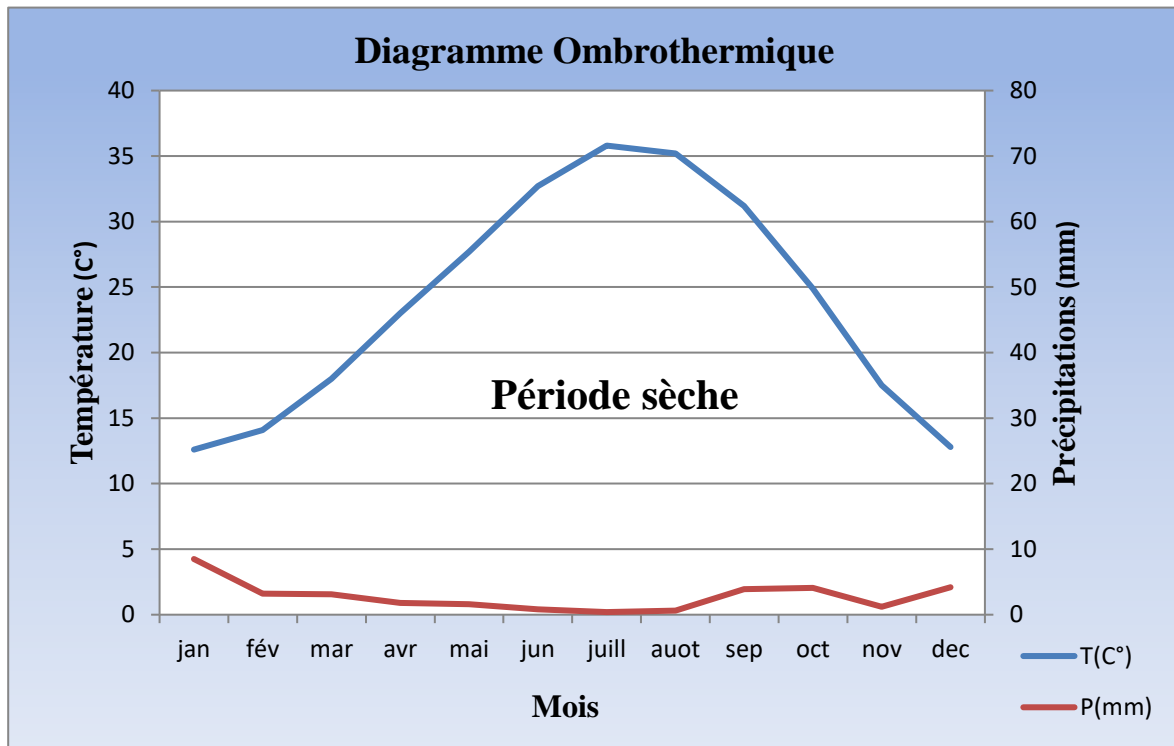
### **7.7. Synthèse bioclimatique :**

La synthèse des données climatiques peut se faire par plusieurs indices climatiques notamment l'indice d'aridité de DEMARTONNE, l'indice des pluies (i) de THORNWAITE, le diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN, le Climagramme d'EMBERGER et d'autres indices (DAJOZ, 1971). Il est important d'utiliser ces facteurs pour élaborer d'une part le diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN et d'autre part le Climagramme d'EMBERGER

#### **7.7.1. Diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS**

Selon DAJOZ(1974), le diagramme ombrothermique est un mode de présentation classique du climat d'une région, Il fait intervenir deux facteurs, les températures et la précipitation. D'après BAGNOULS et GAUSSEN(1953), la sécheresse s'établit lorsque la courbe des précipitations descend au-dessous de celle des températures. En d'autres termes, le climat est sec quand la courbe des températures descend au-dessous de celle des précipitations (DREUX, 1980). Il est à mentionner que la sécheresse augmente du nord vers le sud (DAJOZ, 1982).

Le Diagramme Ombrothermique de la région de Ouargla établit à partir des données pluviométriques et thermiques moyennes mensuelles calculées sur une période (2007-2016).



**Fig.11 :Le Diagramme Ombrothermique de la région d'Ouargla (2007-2016)**

Selon la définition de Gaussen, une période sèche est une période pendant laquelle les précipitations totales du mois sont inférieures ou égales au double de la température du même mois. Ce diagramme montre que, il n'y a pas de période humide, (déficitaire), et que la période sèche s'étale presque durant toute l'année.

### 7.7.2 : Climagramme d'EMBERGER :

Le système d'Emberger permet la classification des différents climats méditerranéens (Dajoz, 2006). Cette classification fait intervenir deux facteurs essentiels, d'une part la sécheresse représentée par le quotient pluviothermique ( $Q_2$ ) en ordonnées et d'autre part la moyenne des minima du mois le plus froid en abscisses. Il est déterminé selon la formule de STEWART (1969) cité par Lehouerou (1995) adapté pour l'Algérie :



L'indice est égal au quotient pluviométrique d'Emberger, il peut s'écrire :

$$Q_2 = 3,43 \frac{P}{(M-m)}$$

P= Pluviométrie moyenne en (mm)

M= Moyenne des Maxima du mois le plus chaud en (°C)

m= Moyenne des minima du mois le plus froid en (°C)

Le quotient pluviothermique est d'autant plus élevé que le climat est plus humide (**Dajoz, 1985**). Après application de la formule, nous obtenons la valeur de  $Q_2$  égale à 2,9 ce dernier situe Ouargla dans l'étage saharien à hiver doux.

## 8. Démographie :

Ouargla a l'avantage se situé au centre de Nord du Sahara ainsi que sa proximité des gisements pétroliers, De ce fait, elle est devenue progressivement un pôle administratif et industriel pour le Sahara. La ville est aussi une ville de garnison, siège de la 4ème région militaire (**DPAT, 2012**). La population de la région de Ouargla a augmenté de 47 000 habitant en 1977 à 254 411 habitants en 2004. Cet accroissement démographique élevé trouve son explication, d'abord dans une très forte sédentarisation des nomades. L'une des premières conséquences de Cette sédentarisation est la transformation de certains espaces en douars et terrains agricoles, d'autre part, par l'exode continue des populations des autres wilayas du pays et agglomérations proches de la région. Il s'explique aussi par un taux de natalité encore élevé. (**DADAMOUSA, 2007**). Une grande partie de la population est concentrée dans les communes de Ouargla et Rouissat (**IDDER, 2005**).

L'expansion rapide de la ville d'Ouargla ainsi que les accroissements démographiques se traduisent par des augmentations considérables des besoins en eaux pour les activités vitales quotidiennes de la population. Selon la **D.P.A.T. (2012)**, les ressources mobilisées sont estimés à 195 696 m<sup>3</sup> /jours dans la cuvette. La dotation moyenne est estimée à 449L/j/H. Les débits exploités ont atteindre les 1 275 litres/seconde pour les eaux AEP et l'industrie.

La caractéristique principale de la région, est la jeunesse de la population, car la majorité de la population à moins de 25 ans avec un taux d'accroissement naturel de l'ordre de 2,15% (**IDDER, 2005**).

## 9. Activités agricoles :

L'agriculture dans la wilaya d'Ouargla constitue la deuxième activité après le secteur de l'administration et des services. En effet, l'agriculture emploie 16,54% de la population occupée (20180 occupés) derrière le secteur de l'administration et des services qui emploie 53,35% environ (DPAT ,2006). Basée essentiellement sur la phoeniciculture intercalée dans l'espace par un autre groupe de cultures, grâce au microclimat favorable qu'offre la palmeraie (OUSSMAN ,1994).

L'espace agricole oasien de la région de Ouargla regroupe plusieurs régions homogènes caractérisées essentiellement par deux systèmes agricoles :

- **Ancien système**

C'est un système qui est représenté dans l'ancienne palmeraie. Dans cette palmeraie, il y a une très faible diversité des exploitations en termes de tailles et de systèmes de cultures. Très souvent, les situations des exploitations se ressemblent.

Les anciennes palmeraies sont localisées à El Ksar, Mkhadma, Bamendil, Ruissat, Ain Baida, Chott, et Ngoussa. Les zones de mise en valeur agricole se situent au niveau de Hassi ben Abdallah et Ngoussa essentiellement (BOUAMMAR, 2010).

Dans ce système, on peut trouver essentiellement le palmier dattier avec des cultures sous-jacentes associées à un élevage de type familial (BENMAHCEN et al...,1994).

Environ, la moitié des exploitations cultivent des cultures fourragères (en général la luzerne). Ceci témoigne de la présence d'un élevage familial que l'agriculteur approvisionne et le reste est destiné au marché. Ces fourrages sont aussi destinés à l'alimentation des animaux qu'on utilise comme moyen de transport, et que l'on observe souvent dans la palmeraie et un peu partout dans la ville et sa périphérie. D'autres cultures sont pratiquées : les cultures maraîchères (carottes, oignons, navets, fèves, laitues ...) et des cultures condimentaires (menthe, persil, coriandre, le céleri, l'épinard, etc) (BOUAMMAR, 2010).

- **Nouveau système**

C'est un système issu de la nouvelle dynamique agricole dans les régions sahariennes suite à l'application de la loi 83/18, portant APFA et la loi de mise en valeur agricole par le biais de la concession. Toutes les communes de la région de Ouargla ont bénéficié de ces programmes à des niveaux différents (**BOUAMMAR ,2000**).

La région de Ouargla avec près d'un million de palmiers serait classée troisième région agro-écologique derrière les Ziban et Oued Righ. Dans cette région Deglet Nour représente environ 35% des palmiers productifs alors qu'elle est de 51% dans la wilaya. Ceci est dû à la domination de cette variété dans la région de Oued Righ qui est rattachée administrativement à cette wilaya (**BOUAMMAR, 2010**).

## Chapitre III : Etude de la remontée des eaux dans la région de Ouargla

Depuis longtemps, la cuvette du Ouargla a souffert du problème de la remontée des eaux de la nappe phréatique, ce qui a provoqué plusieurs débats entre les chercheurs, C'est ce que nous allons discuter dans ce chapitre selon l'ordre suivant :

- Notion historique sur la remontée de la nappe phréatique.
- Principales causes de la remontée de la nappe phréatique.
- Niveau piézométrique.
- Conséquences de la remontée de la nappe phréatique.
- Solutions proposées.

### 1. Notion historique sur la remontée de la nappe phréatique :

L'une des études les plus importantes qui a expliqué l'histoire du problème de la remontée des eaux à Ouargla, a été l'étude réalisée par **BONARD & GARDEL** en **2004**. Ils l'ont divisé en trois étapes ;

#### 1.1. La nappe phréatique avant 1956 :

Les chroniques rapportent qu'en 1881, Les fossés entourant le ksar sont comblés afin de lutter contre le paludisme, ce qui indique qu'à cette époque ils étaient remplis d'eau stagnante et que la nappe phréatique était plus proche de la surface du sol.

En 1949, le réseau de drainage est rénové, 20 km de drains nouveaux sont réalisés ainsi que 5 grands collecteurs. Ces travaux se poursuivent en 1950 et fin 1951, grâce à 30km de drainages nouveaux, le niveau de la nappe phréatique a baissé de plus de 1 mètre (**BONARD & GARDEL, 2004 in SAOULI et KORICHI, 2017**).

#### 1.2. La nappe phréatique après 1956 :

En 1956, le forage Albien I au sud-est du Ksar a servi à la revivification des palmeraies anciennes et à la création de nouvelles plantations. Parallèlement, l'exploitation de la nappe du Mio-Pliocène est développée, le réseau de drainage étendu et rénové. Les eaux de drainage qui se déversent dans le Chott provoquent une élévation sensible du niveau de l'eau en saison

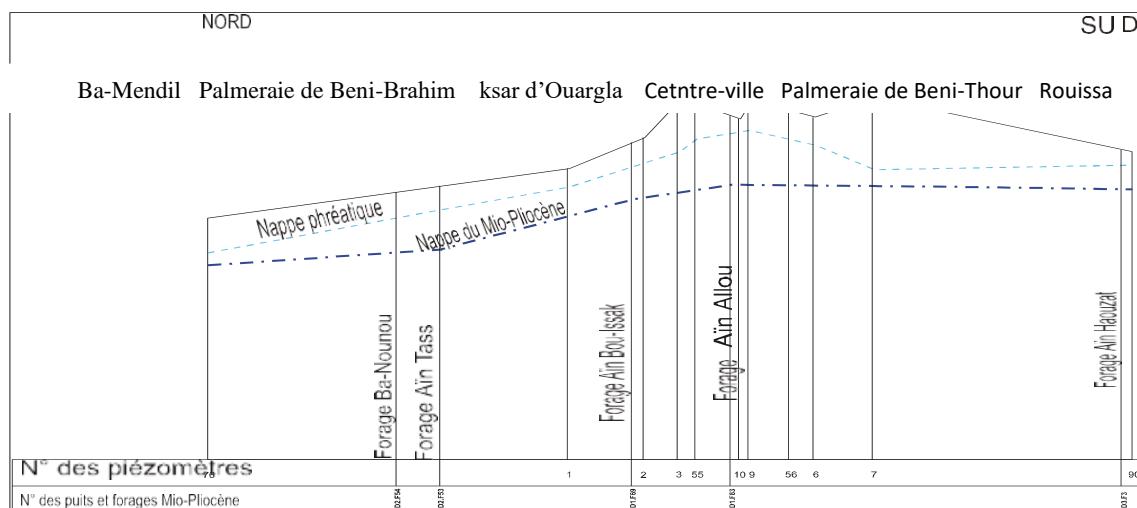
froide. En même temps, le développement de la ville et l'évacuation des eaux urbaines provoquent une augmentation du niveau de la nappe phréatique.

Le problème est d'abaisser le niveau du Chott et celui de la nappe phréatique de façon à mieux drainer les palmeraies tout en permettant la mise en place d'un réseau d'assainissement efficace.

On a commencé par installer, en 1956, une éolienne d'exhaure qui permettait d'évacuer l'eau dans la sebkha d'Oum er Raneb. Le débit de 120 m<sup>3</sup>/h s'est révélé insuffisant et deux groupes motopompes ont été adjoints à l'éolienne portant le débit total à 255 m<sup>3</sup>/h. Ce débit étant toujours insuffisant, d'autres solutions sont envisagées : bassin évaporatoire dans le Chott et les sebkhas, pompage et évacuation vers la sebkha d'Oum er Raneb et déjà vers la Sebkhet Safioune.

### 1.3. La nappe phréatique en 1968 :

Une carte piézométrique est réalisée par le bureau d'Hydraulique en avril-mai 1968 la surface de la nappe forme un dôme culminant à la cote de 134,5 m sur le quartier Duperez avec une pente régulière en direction des chotts ou n'atteint plus que la cote 128 m et 127 m tout au nord (fig. 12 et 13).



**Fig.12 : Coupe hydrogéologique passant par la ville de Ouargla (en 1968) (BG, 2004).**

### Chapitre III : Etude de la remontée des eaux dans la région de Ouargla

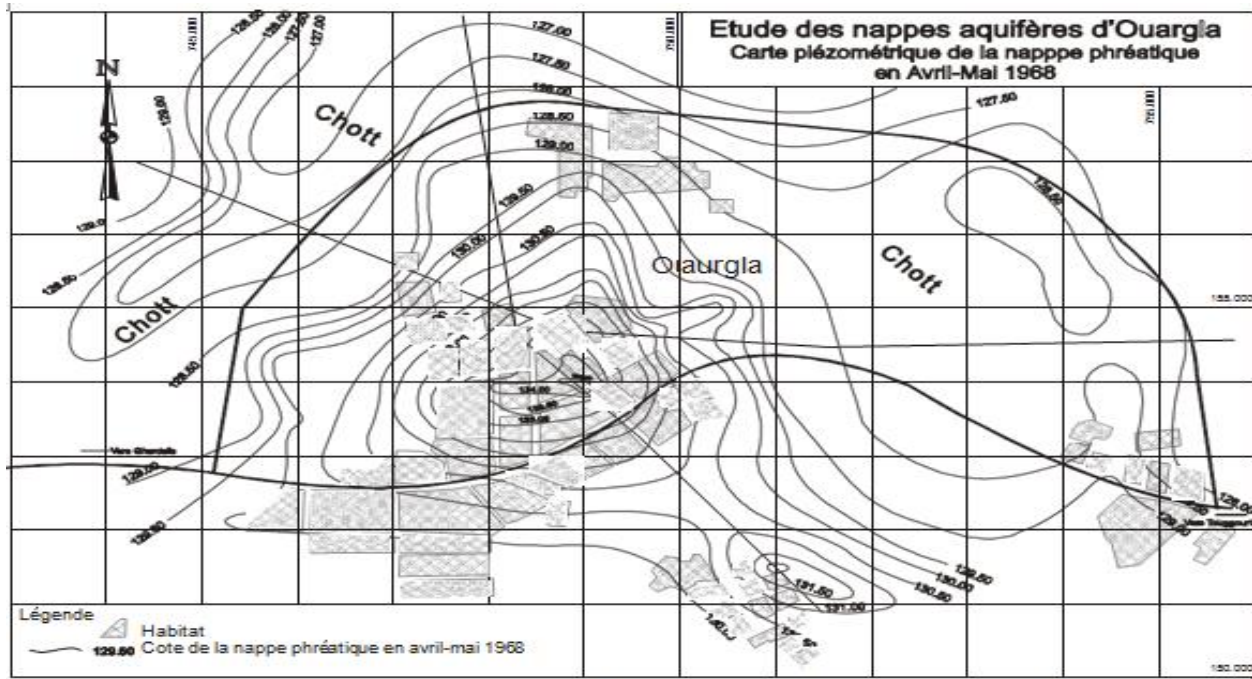
---

La nappe phréatique dessine nettement un dôme sous la ville. Sa cote est plus élevée que celle de la nappe du Mio-Pliocène (**BG, 2004**).

D'ailleurs, l'écoulement radial a une relation avec les lignes de courant et les perpendiculaires aux isopièzes depuis ce point des canaux de drainage ceinturant la ville au nord et zones sableuses au sud on peut dire que cette phénomène liée avec l'alimentation de la nappe phréatique à partir de son point haut sous les immeubles du quartier Duprez et un drainage par le Chott.

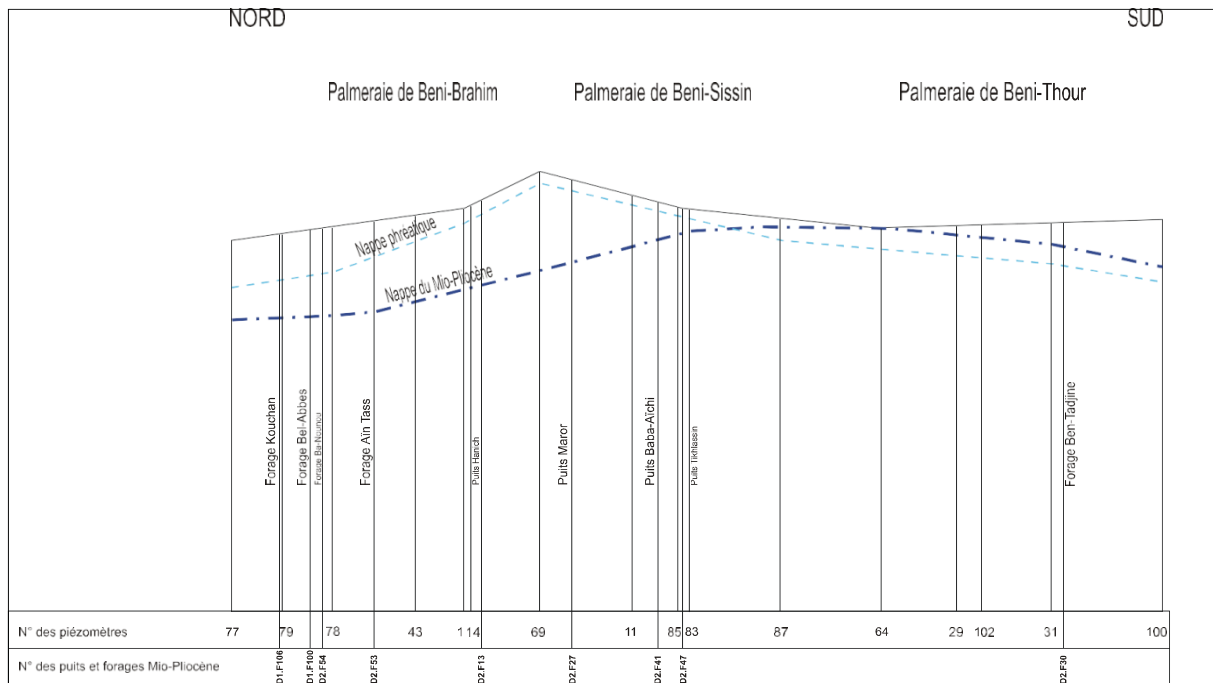
En plus, cette alimentation se fait naturellement à partir des nappes profondes. La nappe du moi-Pliocène présente un niveau piézométrique inférieur à la nappe phréatique on peut conclure que la nappe du CI présente un niveau piézométrique plus élevé d'environ 200 mètres, mais pour alimenter la nappe phréatique, les eaux doivent être traversé les nappes du CT. La cause anthropique est totalement l'irrigation des palmeraies et eaux urbaines en relation avec l'alimentation de la nappe phréatique.

La nappe phréatique est à une profondeur de 0,75 m à 2 m sous la ville avec une variation faible, en 1968 inférieure à 0,5 m sous la palmeraie de Beni-Sissin et d'une partie de celle de Beni Brahim. D'un autre past, elle était insuffisante pour les cultures dont le rendement optimum dépend d'un long lessivage et d'un d'irrigation suffisant (**Fig. 14**) (**BG, 2004**).



**Fig. 13 : Carte piézométrique de la nappe phréatique en avril-mai 1968 (BG, 2004).**

Les isopièzes dessinent un dôme centré sous les immeubles récents (BG, 2004).



**Fig.14 : Coupe hydrogéologique au travers de la palmeraieen 1968 (BG, 2004).**

## 2. Principales causes de la remontée de la nappe phréatique :

La plupart des travaux réalisés ont montré que les causes principales de ce problème sont des causes naturelles :

Selon l'étude réalisée par **HAROUNA** en **2001**, Une des causes principales de la remontée des eaux dans la région de Ouargla est d'ordre morphologique (cuvette), une topographie très plane conjuguée à un manqué d'exutoire naturel.

**BONNARD et GARDEL (2004)**, ont ajouté une autre cause naturelle ; la présence de la nappe phréatique, dont la profondeur du niveau statique est très proche du sol.

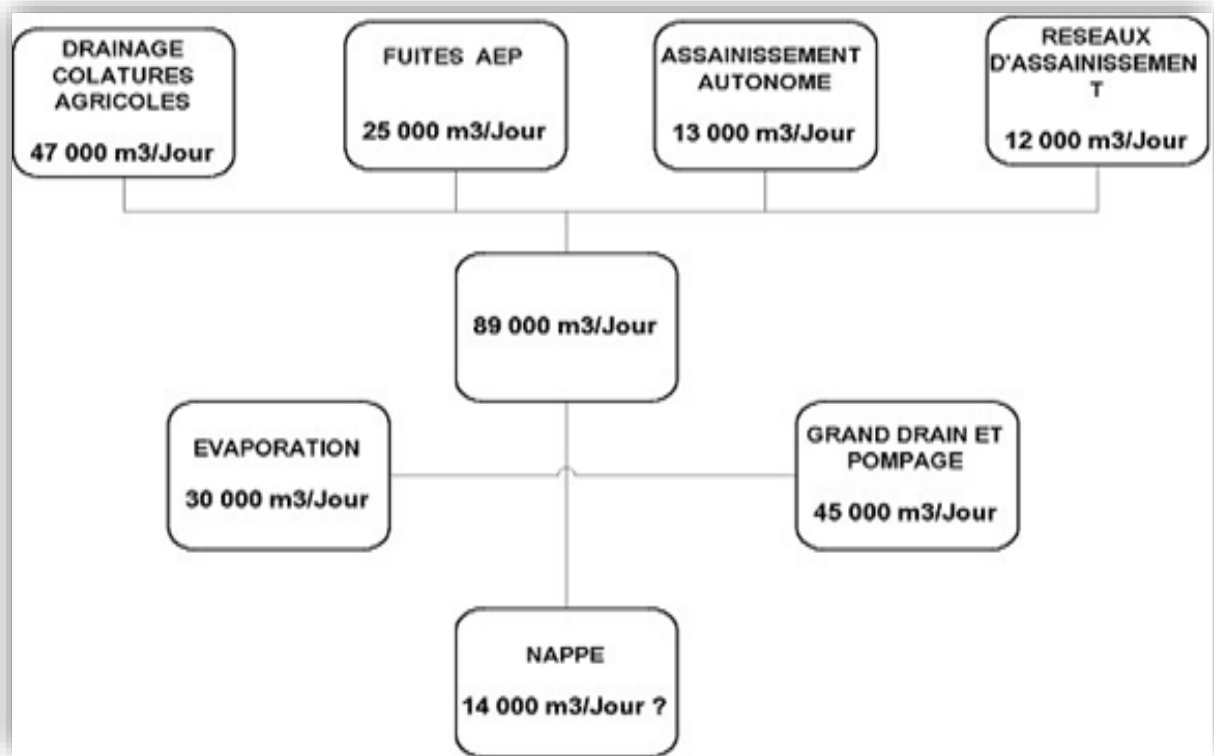
Alors que, le recours aux eaux souterraines plus profondes par la multiplication des forages d'exploitation captant les aquifères du CI et du CT destinés aux besoins d'irrigation et d'alimentation en eau potable a accéléré la remontée des niveaux hydrostatiques des nappes phréatiques (**HAMMOU, 2014**).

L'alimentation de la nappe phréatique provient essentiellement :

- ✚ Des rejets d'eaux usées d'origine domestique.
- ✚ L'eau excédentaire liée à une irrigation irrationnelle des palmeraies.
- ✚ Les fuites d'eau dans les réseaux de distribution.
- ✚ L'apport des eaux des anciens forages dont les tubages sont détériorés.
- ✚ Les forages pétroliers reconvertis en forages d'eau.
- ✚ L'inefficacité des réseaux de drainage.
- ✚ Les eaux de ruissellement venant des parties hautes et des apports de crues des trois Oueds dans la cuvette (Mya, N'sa, M'Zab).

Un bilan hydrique a été tenté pour chiffrer l'ensemble des phénomènes de migration d'eau dans le sous-sol, quels soient d'origine agricole, d'assainissement ou d'AEP (Fig. 04). (**HAROUNA, 2001**)





**Fig.15 : Bilan des phénomènes de migration d'eau dans le sous-sol de Ouargla (BONNARD et GARDEL, 2004).**

### 3. Niveau piézométrique :

Niveau piézométrique est l'altitude ou la profondeur (par rapport à la surface du sol) de l'interface entre la zone saturée et la zone non saturée dans un aquifère. Ce niveau varie en fonction de l'état de la recharge de l'aquifère ou des prélèvements exercés (pompages)(ZABR, 2005).

La nappe phréatique a été étudiée depuis des années, pour déterminer l'évolution du niveau piézométrique et connaître la variation piézométrique avec les temps(BEN CHIKH, 2021).

Parmi ces études, les travaux réalisés par **BONNARD et GARDEL** ; où la nappe phréatique a été étudiée en quatre campagnes de mesures, en octobre 2001, avril 2002, octobre 2002 et novembre 2003. Une équipe de topographes a nivelé 72 piézomètres opérationnels pour la campagne d'avril 2002. Le niveau piézométrique est ainsi connu avec

### Chapitre III : Etude de la remontée des eaux dans la région de Ouargla

---

précision depuis le P413 dans une plantation de Karima, 8km au sud de Ouargla, jusqu'à la Sebkheth Safioune, 40 km au nord.

En octobre 2002, la surface libre de la nappe se situait à la cote 135,08 m au PL31 en ville de Ouargla, dans l'enceinte du Centre et 134,65 m au P413, tout au sud, pour les points les plus élevés. La cote était de 127,95 m au P068 entre le Chott et la Sebkheth Safioune de Ouargla, 7 m plus bas que ces points. Les points les plus bas sont situés dans la Sebkheth Safioune, tout au nord, avec des cotes comprises entre 102,95 m, inférieures de 32 m à celles des points les hauts et 25 m plus bas qu'au Chott. La nappe s'écoule librement des points hauts vers les points bas, perpendiculairement aux isopièzes et n'a aucune possibilité de remonter de la Sebkheth Safioune vers le Chott de Ouargla ou la Sebkheth d'Oum Raneb.

Les parties hautes de la nappe phréatique sont situées au sud et sous la ville de Ouargla. Elles sont représentées en vert sur la carte. Les parties basses de la nappe phréatique sont représentées en bleu. Elles sont situées au nord dans la Sebkheth Safioune pour les plus basses (fig.16) (BG, 2004).

#### **La piézométrie en 2010 :**

D'après la carte piézométrique réalisée à partir des données de la campagne 2010 par l'ANRH (Fig.17), on remarque que le niveau piézométrique passe de 137 m d'environ au Sud à 103 m au Nord, suivant la pente de la vallée. Cette carte montre qu'il y a des écoulements secondaires orientés vers les sebkhas qui entourent la ville d'Ouargla (Ain El Beida, Oum Eraneb, et Sefioune). Le gradient hydraulique dans cette zone est estimé à 0,005. Les eaux en provenance de sebkhat Oum Eraneb s'écoulent vers N'goussa à un gradient hydraulique de l'ordre de 0,0004, au Nord. L'écoulement de la nappe vers Sebkhat Sefioune se fait à faible pente de 0,0006 (SAOULI et KORICHI, 2017).

#### **La piézométrie en 2015 :**

La carte piézométrique de la campagne des mesures du niveau de la nappe réalisées en 2015 par l'ANRH (Fig.18), fait ressortir que le niveau piézométrique varie entre 134 m au Sud et 103 m au Nord. Au Nord de Chott Ain Baida le gradient est fort il est de 0,01. Dans

Chapitre III : Etude de la remontée des eaux dans la région de Ouargla

cette partie à l'est la nappe est à une cote faible de 99 m au niveau du piézomètre P419 (SAOULI et KORICHI, 2017).

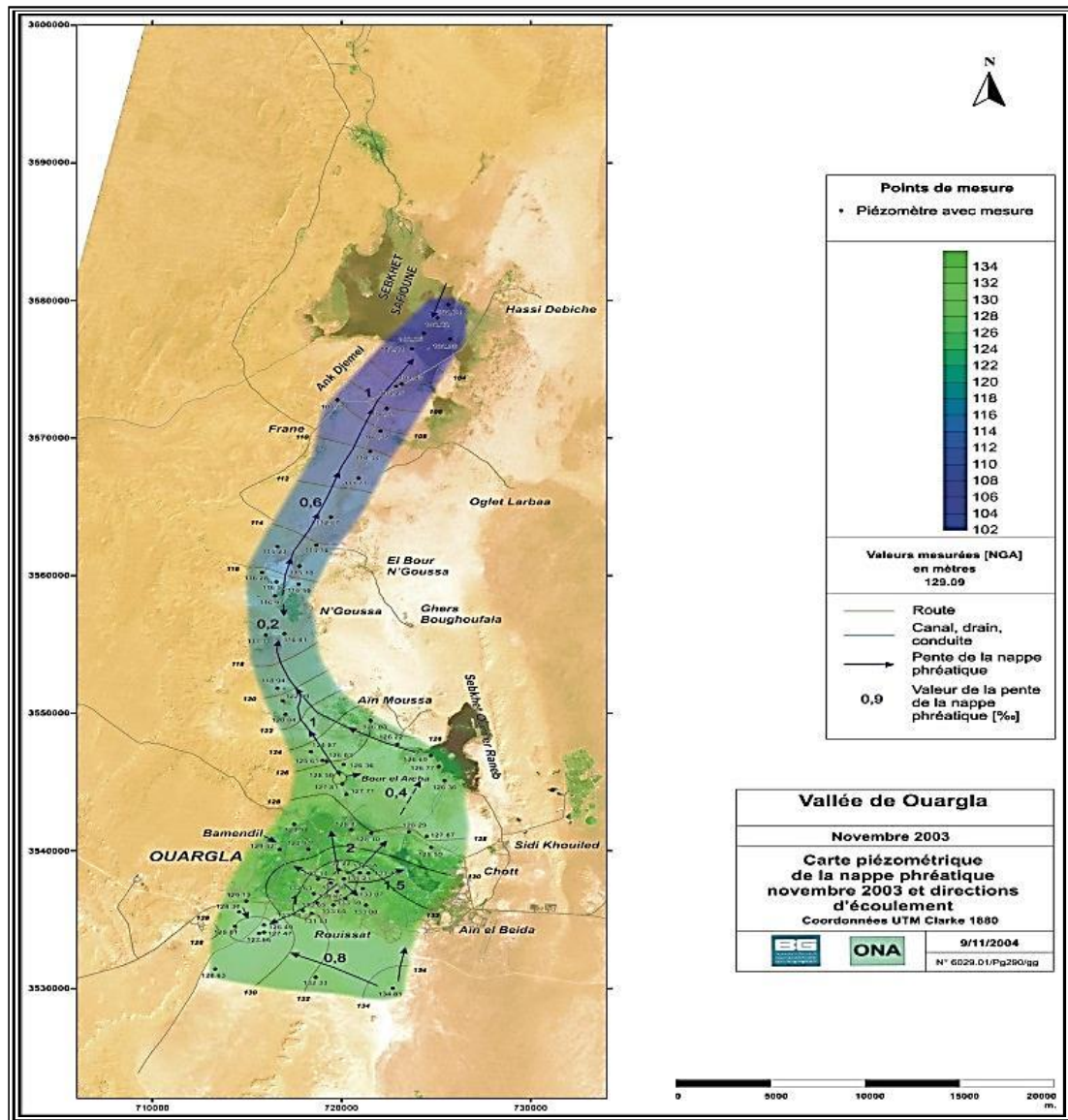
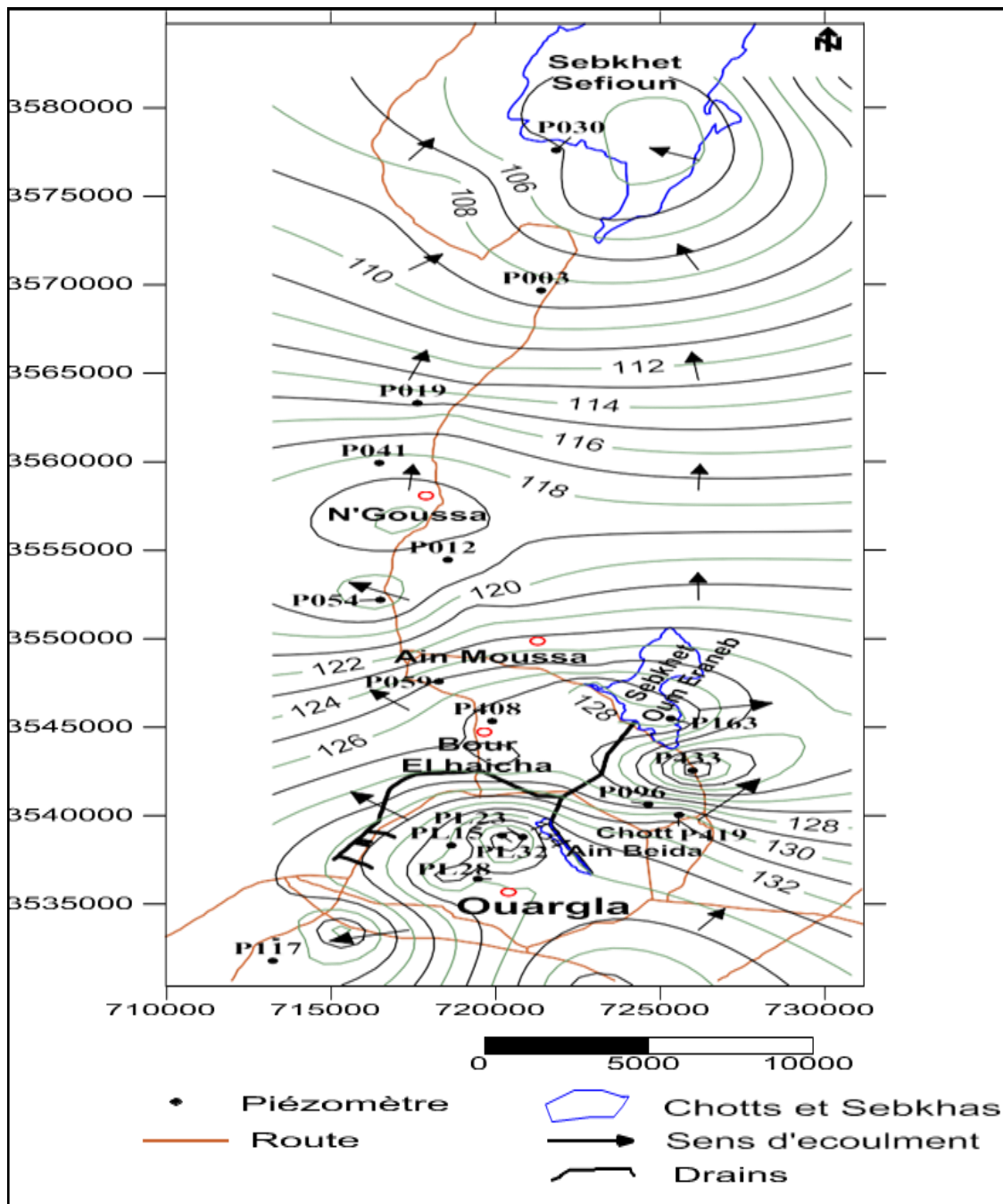
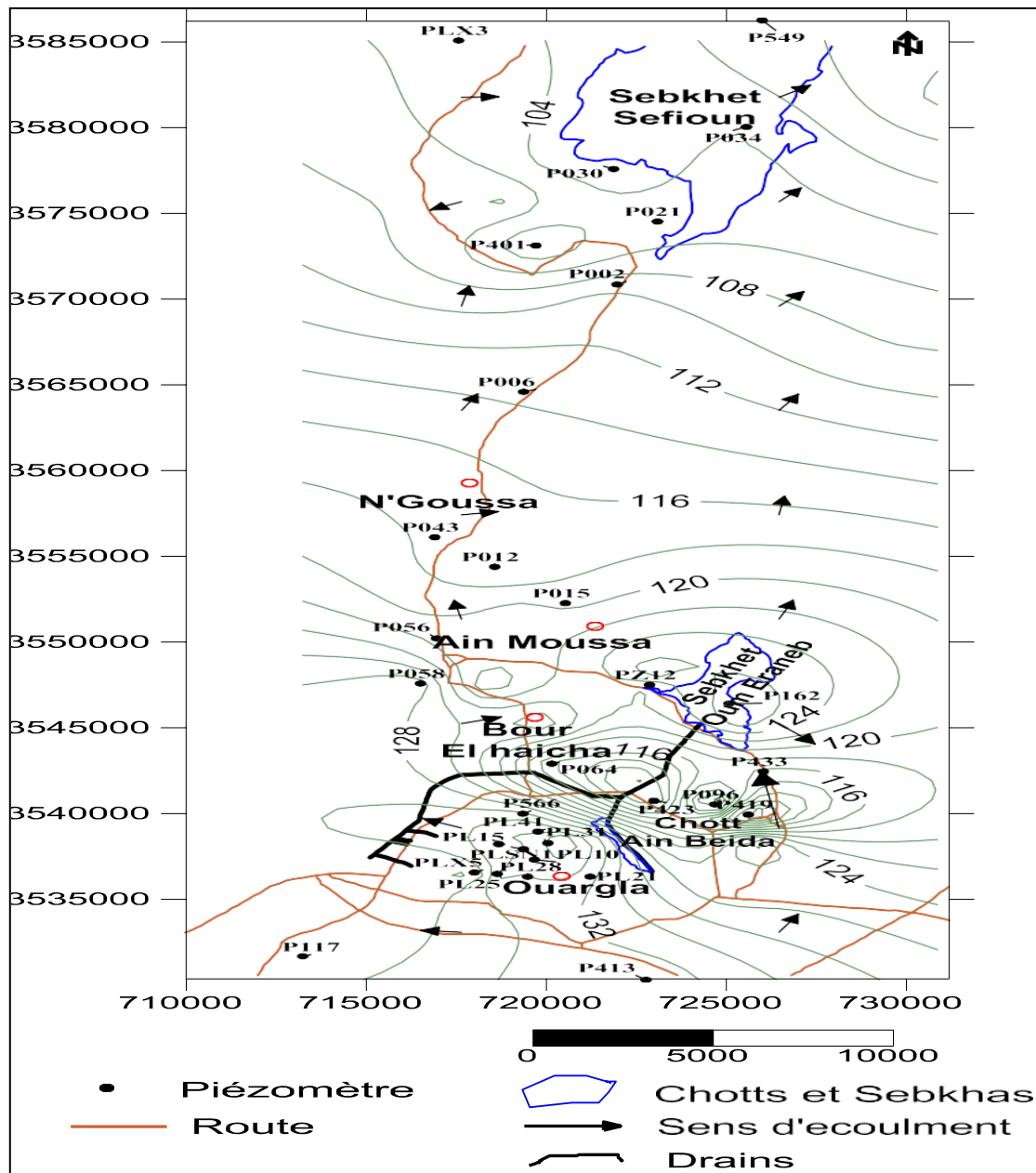


Fig.16 : Carte piézométrique de la nappe phréatique en novembre 2003 (BG, 2004).



**Fig.17 : Carte piézométrique de la nappe phréatique d’Ouargla (campagne 2010)(SAOULI et KORICHI, 2017).**



**Fig. 18 : Carte piézométrique de la nappe phréatique d’Ouargla (compagne 2015)(SAOULI et KORICHI, 2017).**

**Synthèse :**

On constate que, entre 2002 et 2010, le niveau piézométrique est élevé dans les régions (134 m au nord ; 135 m en ville de Ouargla ; 128 m au Chott et à la sebkhet ; 127 m à la sebkhet d’Oum Raneb), et faible dans régions (117 m à N’Goussa et 102 m à la Sebkhet Safioune). Alors que entre 2010 et 2015, il y a une diminution du niveau des nappe phréatique

jusqu'à 2,5 m du sud au nord au niveau de la ville, et une élévation du niveau au sud de Sebket Safioune et Ain Moussa est de 2,9 m.

#### 4. Conséquences de remontée de la nappe phréatique :

La problématique de l'eau dans la cuvette de Ouargla relève par un excès d'eau et une remontée de la nappe, avec toutes les conséquences engendrent.

Par ailleurs, dans l'ancienne palmeraie de Ouargla, principalement dans le bas fond de la cuvette (Chott et Mekhadma et Bamendil et même récemment la localité de Sidi Amrane), l'agriculture souffre de la remontée de la nappe et par conséquent de la remontée des sels.

Dans certaines zones, l'insuffisance d'eau est le résultat de pertes importantes suite à un réseau d'irrigation défectueux, non entretenu et envahi par les mauvaises herbes, des sols filtrants et un pouvoir d'évaporation élevé. (MASMOUDI, 2005).

Dans l'agglomération, d'énormes mares d'eaux usées stagnent en permanence dans les quartiers populaires. En saison chaude, ces mares se transforment en de véritables nids à moustiques et autres insectes nuisibles. Dans les palmeraies, la situation n'est guère meilleure, car les drains sont mal organisés et leur hiérarchie est souvent aléatoire. À cette mauvaise organisation s'ajoute un manque flagrant d'entretien. Le réseau est souvent délaissé. Les mauvaises herbes prolifèrent, gênent obstruent, parfois totalement, les écoulements. Les eaux stagnantes qui en découlent provoquent l'engorgement et le dépérissement de ces palmeraies.

Au début des années 1990, un drain collecteur traversant la sebkha a été mis en place. Le but était d'évacuer les eaux de drainage vers la sebkha d'Oum er Raneb, une dépression de 800 hectares située à l'est de la cuvette. Ce site de rejet recevait également les eaux usées urbaines de la ville. Cette solution avait permis une amélioration de la situation. Un rabattement important de la nappe phréatique a été obtenu autour des zones traversées par le drain. Malheureusement, la partie de la cuvette recevant la quasi-totalité des eaux drainées s'est totalement engorgée. Le site de rejet pose d'importantes nuisances. L'ampleur est devenue sans commune mesure, du fait de l'accroissement considérable des effluents. Cet exutoire constitue une véritable menace écologique pour l'oasis de Ouargla. Entre autres nuisances observées, il y a:

- + Le retour des eaux vers les palmeraies ;
- + La formation d'efflorescences salines sur les sols les rendant impropres aux usages agricoles ;
- + Les débordements des eaux sur la voie publique ;
- + Les mauvaises odeurs ;
- + La prolifération des anophèles, agents vecteurs du paludisme (S.C.D.T, 1965).

## 5. Les solutions proposées :

Pour contrôler le niveau de la nappe phréatique, il faut limiter les apports et augmenter les sorties (BELLAOUEUR, 2008).

### 5.1. Actions pour limiter les apports d'eau :

#### a- Réduction de fuites (AEP) :

Dans les cinq dernières années, un taux de fuites AEP de l'ordre de 50% est estimé (EDEMIAO-Ouargla, 2007), ce qu'est énorme.

Pour faire descendre ce pourcentage de fuites, il faut procéder un programme de recherche diagnostiquer le réseau AEP et contrôler (ex : pose de compteurs) la distribution et les projets de réparation des fuites (BELLAOUEUR, 2008).

#### b- Réduction de la consommation :

La consommation est relativement importante. L'arrosage des zones vertes et jardins dans les zones urbanisées se fait régulièrement avec l'eau de l'AEP. Elle serait plus judicieuse avec une irrigation à partir des eaux de la nappe phréatique dont la qualité est généralement acceptable sous agglomération. De même, il faut:

- + Sensibiliser la population ;
- + Interdire l'irrigation à partir du réseau AEP, ou instaurer une tarification progressive.

#### c- Limitation des palmeraies :

Certaines palmeraies sont peut-être sur irriguées, pour tenter de lutter contre une salinisation due à un mauvais drainage. Cette procédure est mal orientée, pour cela, il faut:

- ✚ Sensibiliser les irriguant ;
- ✚ Créer un organisme d'irrigation ;
- ✚ Réfléchir sur la dimension souhaitable de la palmeraie dans les zones urbanisées (Ouargla et N'goussa).

## **5.2. Actions pour augmenter les évacuations d'eau :**

### **a- Réseau d'eaux usées :**

Les systèmes de fosses septiques et puits perdus réinfiltrent l'eau usée localement et participent à la remontée de la nappe phréatique. De plus, le réseau de collecte et d'évacuation des eaux usées est mal fonctionné, donc il faut :

- ✚ Optimiser et assurer le bon fonctionnement de ce réseau.

### **b- Réseaux de drainage urbain et d'irrigation :**

En l'absence de pente, seul un réseau de drainage permet de déplacer l'eau infiltrée dans la nappe et ainsi de contrôler sa hauteur.

Avec les faibles transmissives au niveau de l'agglomération de Ouargla, seul des drains horizontaux sont envisageables. Donc, il faut réaliser un réseau de drainage urbain et améliorer le réseau de drainage agricole.

### **c-Développement d'espaces verts irrigués à partir de la nappe phréatique :**

L'arrosage de ces espaces verts ne doit pas être réalisé à partir du réseau d'AEP mais à partir de puits captant la nappe phréatique.

Si la nappe phréatique se trouve à moins de 5 m de profondeur les racines puiseront directement dans la nappe, lorsque les plantations seront suffisamment développées.

### **d- Maintien de zones d'évaporation :**

Pour éviter que le chott ne se transforme en cloaque, il est important que seule l'eau de drainage y entre et pour éviter une sur salinisation il faut qu'il y ait un renouvellement de l'eau.



Pour que l'évaporation reste importante, il faut que la profondeur de l'eau soit faible. Donc, une réflexion sur le rôle des chotts et sebkhas (Ba-Mendil, Oum Raneb et Safioune) doit être nécessaire.

### e- Conduite d'évacuation vers Sebkhet Safioune :

Le surplus d'eau dans la zone de Ouargla doit être évacué. Sebkhet Oum Raneb située à proximité de la ville de Ouargla étant de superficie insuffisante et de rôle environnemental dégradé, donc il faut chercher d'un autre site favorable pour les rejets.

Les critères suivants rendent Sebkhet Safioune de constituer le site le mieux adopté pour évacuer ces rejets :

- ✚ Superficie disponible d'environ 8 000 ha ;
- ✚ Pas de zone urbanisée à proximité ;
- ✚ Absence de potentiel agricole développé ;
- ✚ Milieu très pauvre sur le plan de la biodiversité (**BELLAOUEUR, 2008**).

Pour tenter d'enrayer le problème du phénomène de montée de la nappe phréatique, le bureau d'études BG présenté quelques suggestions de solutions :

Le bureau d'études BG met en avant le rôle de l'actuelle station de pompage principale (située à chott) comme réceptacle des eaux : les grands drains évacueront les eaux de drainage agricole d'une part et la STEP juste à proximité d'autre part.

L'évacuation des eaux depuis ce site jusqu'à Oum Raneb pourrait s'effectuer au moyen ouvrages suivants :

- \* Mise en place d'une station de pompage (1.2 m<sup>3</sup>/s) refoulant les eaux vers un point haut, situé près de Bour El Haicha ;
- \* équipement par un brise charge de 300 m<sup>3</sup> en ce point haut ;
- \* 41 Km d'émissaire en 1200 mm, fonctionnant pour partie en charge et pour partie en gravitaire en charge, ainsi que les organes hydromécaniques associés ;
- \* un ouvrage de déversement à l'exutoire de Safioune : le choix du milieu récepteur a été défini par le bureau d'études. Il correspond à la cuvette terminale de la vallée de Ouargla,

### Chapitre III : Etude de la remontée des eaux dans la région de Ouargla

---

occupée par la Sebkhet Safioune, point bas vers lequel convergent les eaux de la région, aussi bien les eaux des crues des oueds M'Zab et N'sa que les eaux de la nappe phréatique.

Le maintien, après réhabilitation, de l'actuelle évacuation permettrait de valoriser les installations existantes. Le principe de fonctionnement de l'ensemble, serait de transférer à Oum Raneb uniquement les volumes acceptables, tant en quantité qu'en qualité (les eaux usées seront épurées). Quant à la régulation hydraulique, elle consistera à basculer les eaux excédentaires sur Sebkhet Safioune (NADHIRA, 2006).

## *Conclusion générale*

Dans ce mémoire On s'intéresse à l'étude du problème de remontée des eaux souterraines dans la région de Ouargla. Pour identifier ce phénomène, nous avons recueilli des informations On cherchant sur diverses sources : mémoires, d'articles et d'études antérieures.

Avant de clarifier le problème des excédents hydriques et ses causes et effets, nous avons d'abord abordé l'identification de ce problème et les conditions écologiques et anthropiques de la région afin d'avoir une compréhension précise de la situation. Les aménagements proposés pour améliorer la situation sont : la réutilisation agricole des eaux drainées, augmentation du pouvoir épurateur du sol et le maintien écologique et sanitaire du site de rejets. Où nous obtenons les informations suivantes;

La remontée de la nappe phréatique est classée comme un type d'inondation qui se traduit par la montée lente des eaux en région de plaine.

- ❖ Dans la cuvette de Ouargla, elle forme un phénomène ancien ; en raison des conditions géomorphologiques de la région, accéléré par l'effet anthropique principalement la croissance démographique et l'agriculture intensive.
- ❖ Les aménagements proposés pour améliorer la situation sont : l'épuration des eaux usées et leur la réutilisation agricole, le maintien écologique et sanitaire du site de rejets.
- ❖ Sur la base de la synthèse réalisée, le contrôle et l'évaluation continuel de l'état des eaux de la nappe phréatique dans les différentes zones touchées forment les actions à entreprendre pour la préservation de l'environnement.

Les aménagements proposés pour améliorer la situation sont : la réutilisation agricole des eaux drainées, augmentation du pouvoir épurateur du sol et le maintien écologique et sanitaire du site de rejets. Sur la base de la synthèse réalisée, le contrôle et l'évaluation continuel de l'état des eaux de la nappe phréatique dans les différentes zones du bas Sahara forment les actions à entreprendre pour la préservation de l'environnement.

## ***Références bibliographiques***

---

1. **A.N.R.H., 1994.** Les ressources en eaux de la wilaya de Ouargla. Rapports techniques, agence nationale des ressources hydriques, Ouargla.
2. **AMMOUR F et TOUIL Y, 2007 ;** Études des possibilités de la réutilisation des eaux de drainage dans la cuvette de Ouargla. Journées scientifiques de traitement et réutilisation des eaux. 3 avril 2007, MVRE/ENSH
3. **ANONYME, 2002 ;** Etude d'un plan de gestion de la zone humide de Aïn Beida, phase 1 : données générales du milieu .ANRH, Ouargla, p14
4. **ANRH, 2005 ;** Inventaire des forages et enquête sur les débits extraits de la wilaya de Ouargla.
5. **BAGNOULSF., et GAUSSEN G., 1953 ;** Période de sècheresse et végétation .les comptes rendus de l'Académie des sciences, 236 :1076-7.
6. **BALLAIS J.L, 2010 ;** Des oueds mythiques aux rivières artificielles : l'hydrographie du Bas-Sahara algérien », Physio-Géo [En ligne], Volume 4 | 2010, mis en ligne le 20 avril 2010, consulté le 22 avril 2012. URL : <http://physio-geo.revues.org/1173> ; DOI : 10.4000/physio-geo.1173.
7. **BEKKOUCHA B, 2002;** inventaire qualitatif de l'avifaune dans la région de Ouargla .Thèse .Ing.Agro.Sah. Université de Ouargla : 19-30.
8. **BELKIRA CH, 2008 ;** Contribution à l'étude de la remontée des eaux de la nappe de la nappe phréatique dans la région de Ouargla modélisation hydrodynamique de la remontée», thèse de Master, Université KASDI MERBAH-Ouargla
9. **BELLAOUEUR A, 2008 ;** Etude hydrogéologique des eaux souterraines de la région de Ouargla Soumise à la remontée des eaux de la nappe phréatique et Perspectives de solutions palliatives, Thèse de Master, Université EI-Hadj Lakhdar-Batna.
10. **BEN CHIKH EL H.KH et BOUHENNACH F, 2021 ;** Gestion de phénomène de la remontée des eaux souterraines dans la ville d'oued Souf (se algérien). Mémoire de Master hydraulique urbaine. Université Abdelhafid Boussouf-Mila, 66p.
11. **BENMAHCEN S., DJERROUDI ET OUELD EL HADJ A, 1994 ;** l'évolution de l'agriculture dans le pays de Ouargla Rapport poste grad INFS/AS 48P.
12. **BERGERON C, DEHAYS H, & POINTET T, 1983 ;** Remontée des nappes d'eau souterraine, causes et effets. Documents-BRGM, (60).

## ***Références bibliographiques***

---

13. **BG, 2003** ; Études d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation: Mesures de lutte contre la remontée de la nappe phréatique. Volet étude d'impact sur l'environnement mission IIB : caractérisation environnementale de la situation actuelle. Lausanne
14. **BONNARD & GARDEL, 2004**; La Vallée d'Ouargla. Etudes d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation Mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique. Investigations, essais de pompage et bilans d'eau, établissement des cartes piézométriques, diagnostic des captages d'eau et mesures de réhabilitation, de protection des ressources en eau. Mission II, Rapport final, 110 p.
15. **BONNARD et GARDAL, 2004** ; Études d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation, Mesures de lutte contre la remontée de la nappe phréatique. Mission II. lausanne.
16. **BONNARD et GARDEL, 2003** ; Vallée de Ouargla .Etude d'assainissement des eaux résiduaires , pluviales et d'irrigation .Mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique .Volet d'étude d'impact sur l'environnement .Mission IIIA : collecte et analyse des donnée .Lausanne .26p
17. **BONNARD et GARDEL, 2003** ; Etudes d'assainissement des eaux résiduaires pluviales et d'irrigation. Mesures de lutte contre la remontée de la nappe phréatique. Volet étude d'impact sur l'environnement mission B: Caractérisation environnementale de la situation actuelle. N°6029.01-RN058. Dist. ONA et BG.
18. **BOUAMMAR B, 2010** ; Le développement agricole dans les régions sahariennes. Etude de cas de la région d'Ouargla et la région de Biskra. Thèse de doctorat. Université Kasdi Merbah Ouargla. p .105.106.108.164.
19. **BOUAMMAR B., 2000** ; Les changements dans l'environnement économique depuis 1994 et leur effet sur la rentabilité économique et financière des Neo-exploitations de la région de Ouargla .Thèse de Mag., INA, Alger p124.
20. **BOUHOUN M, 2000** ; Gestion de l'eau pour une agriculture durable au Sahara algérien. In: colloque international «Eaux Souterraines en Région Agricole». (ed. Banton, O. & Porel, G), pp. S3-63-66, INRS Québec, Univ. Poitiers, Poitiers.
21. **BOUTELLI H ,2011** ; Salinité des eaux et des sols au niveau de la sebkha de Bamendil, caractérisation et conséquences sur l'environnement.

## ***Références bibliographiques***

---

22. **BUSSON G, 1969** ; Sédimentation, transgression et paléogéographie sur les grandes plates-formes du Mésozoïque.
23. **CHINE B.MESSAOUDI A. BELAOUDMOU Y, 2017** ;Contributions a l'étude géologiques et hydrodynamiques du Complexe Terminal de la région de N'GOUSSA,Mémoire master académique, Sciences de la Terre et de l'Univers, Géologie, Spécialité Hydrogéologie,université Kasdi Merbah Ouargla.
24. **CHIBANI N I, 2020** ;Contribution à la Caractérisation Litho stratigraphique Des Formations Géologiques de la Cuvette d'Ouargla,diplôme de Master en Géologie,Option Bassin Sédimentaire,Université Larbi ben m'hidi Oum bouaghi.
25. **COSTA L.T, FARINHA, J.C, HECHER N. et TOMAS VIVES, P, 1996**; Méditerranéen wetlands. Inventory: A Reference Manual. MedWet / Instituto da Conservac.o da Natureza / wetlands International Publication, Volume I, 102 p.
26. **D.P.A.T, 2012** ; Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire, 2012, annuaire statistique de la wilaya de Ouargla. 197p
27. **DADDI BOUHOUN M, 2010** ; Contribution à l'étude de l'impact de la nappe phréatique et des accumulations gypso-salines sur l'enracinement et la nutrition du palmier dattier dans la cuvette de Ouargla (sud-est algérien). Thèse doctorat en science écophysiologie végétale, université Badji Mokhtar Annaba, 365p.
28. **DAJOZ R, 1974** ; Dynamique des populations. Ed. Masson et Cie, Paris, 434 p.
29. **DAJOZ R, 1982** ; Précis d'écologie. Ed. Bordas, Paris, 495p.
30. **DAJOZ R, 1971** ; Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 434p.
31. **DAJOZ R, 1985** ; Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris. 505 p.
32. **DAJOZ R, 2006** ; Précis d'écologie. Ed. Dunod .Paris.621p
33. **DEBUISSON J, MICHALSKI E, RAMPON G, 1993** ; La remonté des nappes d'eau souterraine en site urbain – Aspects techniques, socio-économiques, réglementaires et juridiques. Rapport de synthèse. BRGM/RR-30288-FR
34. **DGF, 2004**; Atlas des zones humides d'importances internationales, Wilaya de Ouargla, chott Ain El Beida. Direction générale des forêts. Alger. pp33.402.
35. **DPAT de OUARGLA, 2006** ; Direction de la planification et de l'aménagement du territoire. annuaire statistique 2007 de la wilaya de Ouargla. P 38.
36. **DREUX P, 1980** ; Précis d'écologie. Ed. Presses universitaires de France, Paris, 231 p.

## ***Références bibliographiques***

---

37. **DUBIEF J, 1953** ; Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara. Service des études scientifiques, Alger, 457p.
38. **FLORET, C. PONTANIER, R. 1982.** L'aridité en Tunisie pré saharienne : Climat, sol, végétation et aménagement. Trav. et doc. de l'O.R.S.T.O.M. n° 150, Paris, 544 p.
39. **FORTAS A. GHEDAIRI H, 2019** ;L'effet d'utilisation des eaux usées traitées en irrigation sur certaines propriétés physico-chimique de sol dans la cuvette d'Ouargla,Mémoire master académique,Science de la Nature et de la Vie, protection des ressources Sol, Eau et Environnement,université Kasdi Merbah Ouargla.
40. **GÉORISQUES, 2020** ; Les inondations par remontée de nappe | consulter le 15 May 2022, sur <https://web.archive.org/web/20210304024035/https://www.georisques.gouv.fr/articles-risques/les-inondations-par-remontee-de-nappe>.
41. **GUERRE, G. 1975.** Bouchage de l'Albien de Ouargla I. Observations personnelles et renseignements recueillis sur chantier. Archives de la direction de l'hydraulique, Ouargla. 8 p.
42. **HALILAT. M. T, 1993.** Étude de la fertilisation azotée et potassique sur le blé dur (variété al dura) en zones sahariennes (région de Ouargla).Thèse magistère. Université Batna.
43. **HALITIM A., 1988** ; Les sols des régions arides d'Algérie. Edition ITOPU. Alger.
44. **Hamdi – Aïssa, B. 2001.** Le fonctionnement actuel et passé des sols du Nord – Sahara (Cuvette de Ouargla). Approches micro morphologiques, géochimique, minéralogique et organisation spatiale. Thèse de Doctorat. Institut Nationale Agronomique, Paris – GRINON. 283,310 p.
45. **HAMDI-AISSA B., GIRARD M.C, 2000** ; Utilisation de la télédétection en régions sahariennes, pour l'analyse et l'extrapolation spatiale des pédopaysage. Sécheresse.
46. **HAMDI-AISSA, B, HALITIM, A, BENSAAD, A., HALILAT, M.T. & DADDI-**
47. **HAMMOU ALI A, 2014** ; géochimie des eaux de la nappe superficielle de la basse vallée de L'Oued M'ya (Ouargla), Université d'Ouargla.
48. **HAROUNA S, 2001** ; Etude de l'impact de la remontée de la nappe phréatique sur la salinisation des sols sous palmeraie à Ouargla (cas de l'exploitation de I.T.A.S), 91p.

## ***Références bibliographiques***

---

49. **IDDER et al, 2013** ; La surexploitation des ressources hydriques au Sahara algérien et ses conséquences sur l'environnement, l'oasis de Ouargla (Sahara septentrional), numéro 5, 2013, 33, 34p
50. **IDDER IGHILI H. IDDER M.T. HEBBAZ D .BAOUIA A, 2006**; caractérisation physico-chimique et biologique des eaux du chott de Aïn Beïda de la (Sahara septentrion est algérien) cuvette de Ouargla, Annales de la Faculté des Sciences et Sciences de l'Ingénieur Vol. 1 N° 1/2006, Laboratoire de protection des écosystèmes en zones Ardaïes et semi arides(ECOSYS), Université Kasdi Merbah, Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) Ouargla, BP 511 Email : hakima<sup>l</sup>[lghili@yahoo.fr](mailto:hakimalghili@yahoo.fr), Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) Ouargla.
51. **IDDER T, 2007** ; Le problème des excédents hydriques à Ouargla : situation actuelle et perspectives d'amélioration. Sécheresse vol. 18, n° 3. pp161-167
52. **IDDER T, 1998**: La dégradation de l'environnement urbain liée aux excédents hydriques au Sahara algérien. Impact des rejets d'origine agricole et urbain et techniques de rémiadation proposée. L'exemple de Ouargla. Thèse de doctorat, Université d'Angers
53. **IDDER M T, 2005** ; Contribution à l'étude des principaux facteurs de dégradation de l'oasis du Ksar de Ouargla. Mémoire de fin d'étude. Diplôme d'ingénieur d'état en agronomie saharienne. Production Végétale. Université Ouargla.
54. **KHADRAOUI A, 2006** ; Eaux et sols en Algérie, gestion et impact sur l'environnement.236p.
55. **KHADRAOUI A., 2006**. Eaux et sols en Algérie, gestion et impact sur l'environnement. 236p.
56. **LEGER C,2003** ; Etude d'assainissement des eaux usées résiduaires ,pluviales et d'irrigation .Mesures de la lutte contre la remontée de la nappe phréatique .Mission III A – Etude d' impact sur l'environnement, collecte et analyse des données . Agence nationale de l'eau potable, industrielle et de l'assainissement (BG), p32.
57. **LEHOUEIROU, 1995**; The Sahara from the bioclimatic view point. Definition and Limites.Annal of Arid Zone. 1-16p
58. **MARDHEL V, MACHARD DE GRAMONT H , AVEC LA COLLABORATION DE CAOUS J. Y ,ARNAUD L. CHARTART M ,LAMOTTE C ,MARTIN J. C,**



## ***Références bibliographiques***

---

- NGUYEN -THE D, NOEL Y, SEGUIN J.J., VERNOUX J.F, 2006 ; Atlas des remontées de nappes en France métropolitaine.
59. MASMUDI R .PATUREL R ,2005 ; Les structures d'appui à la création d'entreprise, contribution en vue de l'évaluation de leurs performances », in Actes de l'Académie de l'entrepreneuriat.
60. MENSOUS M, 2011 ; Etude du système de gestion des eaux usées dans la cuvette de Ouargla. Mémoire. Magister.Université Kasdi Merbah-Ouargla. 149p.
61. NADHIRA A, 2006 ; Evolution de la salinité des eaux nappes du Complexe Terminal de la région de M'ya-Ouargla, Thèse de Master, Université Houari Boumediene.
62. NEZLI I E, 2004 ;Mécanismes d'acquisition de la salinité et de la fluoruration des eaux de la nappe phréatique de la basse Vallée de l'Oued Mya (Ouargla),Mémoire de Magister en Géologie, Hydrogéologie, Hydrochimie, université Badji Mokhtar –Annaba.
63. OUKBA KOUNTA H, 2021 ;Étude hydrogéologique des ressources en eau en zones arides du monde Arabe Application à la région de Ouargla en Algérie et Al-Qassim en Arabie Saoudite,Thèse doctorat 3ème Cycle Sciences de la Terre et de l'Univers,Hydrogéologie,Université Kasdi Merbah-Ouargla.
64. ONM., 2016 - Données climatiques de la période (2007-2016) région d'Ouargla.
65. OUSSMAN, S 1994 ; Contribution à l'étude de la rentabilité de la céréaliculture sous pivot en zones arides : Cas de quelques périmètres céréaliers de la région de Ouargla. Mémoire d'Ingénieur, I.N.F.S./A.S, Ouargla (Algérie), 98p
66. ROUVILLOIS-BRIGOL M, 1975 ., Le pays de Ouargla (Sahara algérien). Variations et organisation d'un espace rural en milieu désertique. Thèse pour le Doctorat de Géographie. Publication n°2 de Département de Géographie. Université Paris-Sorbonne, p 316,389.
67. SALHI ABDELKADER, 2017 ; Transformations spatiales et dynamiques socio environnementales de l'oasis de Ouargla (Sahara algérien). Une analyse des perspectives de Développement .Thèse de Doctorat en Géographie, Géographie. Aix-Marseille Université, 2017.Français, HAL Id:tel-02279906 <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-02279906>Submitted on5Sep2019.

## ***Références bibliographiques***

---

68. **SAOULI et KORICHI, 2017** ; Mise en évidence de l'évolution piézométrique de la nappe phréatique de Ouargla , Thèse de Master, Université Kasdi Merbah-Ouargla, 40p, 41p.
69. **SOCIETE CENTRALE D'QUIPEMENT DU TERRITOIRE, 1965** ; étude préliminaire de l'assainissement de la cuvette de Ouargla et de la vallée de l'oued Rhir, Rapport technique, Ministère des Travaux publics, Alger, 117p.
70. **TELALI Y, 2016** ;Contribution à l'étude hydrogéologique et hydrochimique de la plaine de Tamlouka (Nord-Est Algérien),Mémoire master académique, Science de la Terre et de l'Univers, Hydrogéologie, université Kasdi Merbah Ouargla.
71. **U.N.E.S.C.O, 1972** ; Projet Reg 100. Etude des ressources en eau du Sahara septentrional. Rapport sur les résultats du projet. Paris
72. **VINCENT W. UHL, JACLYN A. BARON, WILLIAM W. DAVIS, DENNIS B. WARNER ET CHRISTOPHER C. SEREMET, 2009**; Exploitation des eaux souterraines, document techniqueConcepts de base pour l'élargissement des Programmes d'hydraulique du CRS (Catholic relief services),Qualité du programme eau et assainissement. Volume 11, Numéro 3, 179-88.
73. **ZABR, 2005** ;Zone Atelier Bassin du Rhône, Le Rhône en 100 questions, les eaux souterraines, Ouvrage collectif sous la direction de Jean-Paul Bravard et Anne Clémens
74. **ZEDDOURI A, 2008** ; Caractérisation hydrogéologique et hydrochimique des nappes du complexe terminal de la région de Ouargla. Th. Doctorat, Univ. Annaba.

## ملخص:

في هذه المذكرة نحن مهتمون بدراسة مشكلة إرتفاع المياه الجوفية في منطقة ورقلة حيث تحصلنا على المعلومات التالية: يصنف إرتفاع المياه الجوفية كنوع من الفيضانات التي تؤدي إلى إرتفاع الباطن للمياه في منطقة الأراضي المنخفضة, إنها تشكل ظاهرة قديمة بسبب تسارع التأثير البشري. الحلول المقترحة لتحسين الوضع هي: تنقية مياه الصرف الصحي وإعادة إستخدامها الزراعي, والصيانة البيئية والصحية لموقع التصريف. الكلمات المفتاحية: إرتفاع منسوب المياه الجوفية, ورقلة, فيضانات, التأثير البشري, مياه الصرف الصحي.

## Résumé :

Dans ce mémoire On s'intéresse à l'étude du problème de remontée des eaux souterraines dans la région de Ouargla. On a pu obtenir que les informations suivantes; La remontée de la nappe phréatique est classée comme un type d'inondation qui se traduit par la montée lente des eaux en région de plaine, elle forme un phénomène ancien ; en raison accéléré par l'effet anthropique. Les aménagements proposés pour améliorer la situation sont : l'épuration des eaux usées et leur réutilisation agricole, le maintien écologique et sanitaire du site de rejets.

**Les mots clés :** La remontée de la nappe phréatique, Ouargla, inondation, l'effet anthropique, Eaux usées.

## Abstract :

In this thesis we are interested in the study of the problem of groundwater upwelling in the Ouargla region. Where we get the following information: The rise of the water table is classified as a type of flood that results in the slow rise of waters in lowland region, it forms an ancient phenomenon; due accelerated by the anthropogenic effect. The proposed improve the situation are: the purification of wastewater and its agricultural reuse, the ecological and sanitary maintenance of the discharge site.

**Key words:** The rise of the water table, Ouargla, flood, the anthropogenic effect, wastewater.

---