UNIVERSITE KASDI MERBAH, OUARGLA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
****
DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES

Mémoire
En vue de l'obtention du diplôme de
MASTER Académique
Domaine : Sciences de la nature et de la vie
Filière : Ecologie et Environnement
Spécialité : Ecologie végétale et Environnement

Présenté par :
DIF Soumia

Thème

Contribution à l'étude de l'impact des rejets des eaux usées dans les palmeraies sur la qualité des eaux phréatiques: cas du Ksar de Ouargla

Soutenu publiquement
Le : **30/05/2017**

Devant le jury :

Président	**M .HAMDI AISSA**	**Professeur**	**UKM Ouargla**
Promoteur	**M. DADDI BOUHOUN**	**Professeur**	**UKM Ouargla**
Co- Promoteur	**M. SIBOUKEUR**	**Doctorant**	**UKM Ouargla**
Examinateur	**M. LADJICI**	**M.A.A**	**UKM Ouargla**

Année Universitaire : 2016 /2017

Remerciements

Je tiens avant tout à remercier Le miséricordieux tout puissant, car sans son aide et sa bienveillance, rien de cela n'aura pu être possible

Je tiens aussi, à exprimer ma gratitude, à Mr. DADDI BOUHOUN Mustapha, Maitre de Conférences A, du Département des Sciences Agronomiques, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Kasdi Merbah Ouargla, pour avoir accepté de diriger ce travail, pour ses précieux conseils, et surtout pour son soutien tout le long de mon travail.

A mon Co-promoteur, Mr SIBOUKEUR ABDELLAH, Doctorant, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Kasdi Merbah Ouargla, pour sa disponibilité et ses nombreux conseils tout au long de mon travail.

Je remercie également, Mr.HAMDI AISSA de m'avoir fait l'honneur de présider mon jury.

Je remercie aussi, Mr, LAADJICI pour avoir accepté d'examiner mon travail, et de faire partie de mon jury.

Un grand remerciement à mon père et ma mère et Mr BRADJI, qui m'ont beaucoup aidé dans ce travail

Mes remerciements vont aussi à l'ensemble du personnel du groupe de l'ADE

Je tiens enfin à remercier plus personnellement mes proches pour leur aide et leur soutien permanent

Introduction

INTRODUCTION

Les régions du Sud Est saharien en Algérie soufrent depuis plusieurs années des problèmes environnementaux et écologiques causés par la remontée des eaux de la nappe phréatique. L'impact néfaste de ce phénomène se manifeste par :

- la dégradation des palmeraies.
- La dégradation des réseaux routiers, des structures voir leurs fondations.
- Le risque de pollution des eaux phréatique **(DHW Ouargla)**.

La réception du grand projet de lutte contre le phénomène de la remontée des eaux dans la cuvette de Ouargla s'effectue de façon graduelle, selon la direction générale de l'Office national de l'assainissement **(ONA)**. Soucieuses d'impulser l'activité agricole dans la région, les autorités locales entendent exploiter une partie des eaux traitées dans l'irrigation agricole pour les périmètres à réaliser à proximité du projet. A titre d'information, 22 stations de pompage et de relevage, sur un total de 31 stations retenues dans le cadre de ce projet avec un ensemble d'équipements utilisés au niveau des différentes stations qui fait l'objet de contrôle et d'entretien continus.

Vu la capacité de ce projet, nous avons soulevé un point à discuter concernant ces réseaux hydrauliques et d'assainissement quant à leur impact sur les eaux phréatiques donc leur impact sur la palmeraie.

C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude sur la région de Ouargla, en particulier la zone du Ksar faisant état de l'impact de la pollution sur ces nappes phréatiques. Par sa géomorphologie (cuvette), son climat hyperaride et la présence de chotts**(IDDER et al., 2011)**, la région est soumise à un degré de vulnérabilité assez important, encouragé par les rejets des eaux usées (domestique et d'irrigation) **(SIBOUKEUR,2015)**. Ces facteurs exposent les eaux de la nappe phréatique à une pollution sévère. Afin d'évaluer cette pollution, une recherche sur la qualité physico-chimique des eaux phréatique a été réalisée.

L'approche méthodologique adoptée consiste à établir dans un premier temps, une enquête qui comprend la localisation du terrain à diagnostiquer suivie par une enquête auprès des citoyens et la collecte des données auprès des administrations et établir un questionnaire sur la gestion des eaux usée. En deuxième temps une étude analytique du paramètre physico-chimique des eaux phréatiques a été entamée.

1. Synthèse bibliographique : Elle présente des généralités sur les eaux usées et les eaux phréatiques en générale et a Ouargla

2. Matériel et méthodes : Elle expose les motifs de choix de la cuvette de Ouargla et de la palmeraie du Ksar et des sites expérimentaux ainsi que l'approche méthodologie adoptée.

3. Résultats et discussion : Elle dévoile et interprète les résultats sur la gestion des eaux usées et évalue la pollution des eaux phréatique dans la palmeraie du au Ksar.

Chapitre I

Généralité sur les eaux usées

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées

En parlant de l'eau usée il semble important d'avoir une idée sur sa définition, son origine et ses caractéristiques.

1-Définition

Selon **REJSEK (2002)**, les eaux résiduaires urbaines (ERU), ou eaux usées, sont des eaux chargées de polluants, solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine. Une eau usée est généralement un mélange de matières polluantes répondant à ces catégories, dispersées ou dissoutes dans l'eau qui a servi aux besoins domestiques ou industriels. **(GROSCLAUDE, 1999).** Donc sous la terminologie d'eau résiduaire, on groupe des eaux d'origines très diverses qui ont perdu leurs puretés ; c'est-à-dire leurs propriétés naturelles par l'effet des polluants après avoir été utilisées dans des activités humaines (domestiques, industrielles ou agricoles).

2-Origine des eaux usées

D'après **RODIER** et al **(2005**), On peut classer comme eaux usées, les eaux d'origine urbaines constituées par des eaux ménagères (lavage corporel et du linge, lavage des locaux, eaux de cuisine) et les eaux vannes chargées de fèces et d'urines ; toute cette masse d'effluents est plus ou moins diluée par les eaux de lavage de la voirie et les eaux pluviales. Peuvent s'y ajouter suivant les cas les eaux d'origine industrielle et agricole. L'eau, ainsi collectée dans un réseau d'égout, apparaît comme un liquide trouble, généralement grisâtre, contenant des matières en suspension d'origine minérale et organique à des teneurs extrêmement variables. En plus des eaux de pluies, les eaux résiduaires urbaines sont principalement d'origine domestique mais peuvent contenir des eaux résiduaires d'origine industrielle d'extrême diversité. Donc les eaux résiduaires urbaines (ERU) sont constituées par :

- Des eaux résiduaires ou eaux usées d'origine domestique, industrielle et/ou agricole
- Des eaux pluviales ou de ruissellement urbain.

2-1-Origine industrielle

Les déchets et les effluents industriels définissent largement la qualité et le taux de pollution de ces eaux usées. Les établissements industrieux utilisent une quantité importante d'eau qui tout en restant nécessaire à leur bonne marche, n'est réellement consommée qu'en très faible partie le reste est rejeté. On peut néanmoins, faire un classement des principaux rejets industriels suivant la nature des inconvénients qu'ils déversent :

- Pollution due aux matières en suspension minérales (Lavage de charbon, carrière, tamisage du sable et gravier, industries productrices d'engrais phosphatés….)

- Pollution due aux matières en solution minérales (usine de décapage, galvanisation…)

- Pollution due aux matières organiques et graisses (industries agroalimentaires, équarrissages, pâte à papier…)

- Pollution due aux rejets hydrocarbonés et chimiques divers (raffineries de pétrole, porcherie, produits pharmaceutiques…..)

- Pollution due aux rejets toxiques (déchets radioactifs non traités, effluents radioactifs des industrie nucléaires….).

Les eaux résiduaires d'origine industrielle ont généralement une composition plus spécifique et directement liée au type d'industrie considérée. Indépendamment de la charge de la pollution organique ou minérale, de leur caractère putrescible ou non, elles peuvent présenter des caractéristiques de toxicité propres liées aux produits chimiques transportés. **(RODIER, 2005).**

2-2-Origine domestique

Les effluents domestiques sont un mélange d'eaux contenant des déjections humaines : urines, fèces (eaux vannes) et eaux de toilette et de nettoyage des sols et des aliments (eaux ménagères). Ces eaux sont généralement constituées de matières organiques dégradables et de matières minérales, ces substances sont sous forme dissoute ou en suspension. Elles se composent essentiellement par des eaux de vanne d'évacuation de toilette. Et des eaux ménagères d'évacuation des cuisines, salles de bains.

- Des eaux de cuisine qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires à base de matières organiques (glucides, lipides, protides) et des produits détergents utilisés pour le lavage de la vaisselle et ayant pour effet la solubilisation des graisses

- Des eaux de buanderie contenant principalement des détergents

- Des eaux de salle de bain chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle, généralement des matières grasses hydrocarbonées

- Des eaux de vannes qui proviennent des sanitaires (w.c), très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphatés et microorganisme. **(REJSEK, 2002)**

2-3-Origine agricole

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent ou peuvent présenter, des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux. Il s'agit principalement :

- des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation)

- des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides,…). **(GROSCLAUDE, 1999).** Donc ces eaux sont l'issus :

- des apports directs dus aux traitements des milieux aquatiques et semi-aquatiques tels que le désherbage des plans d'eau, des zones inondables (faucardage chimique) et des fossés, ainsi que la démoustication des plans d'eau et des zones inondables (étangs et marais).

- Des apports indirects dus en particulier à l'entraînement par ruissellement, aux eaux de rinçage des appareils de traitement, aux résidus présents dans des emballages non correctement rincés ou détruits, aux eaux résiduaires des usines de fabrication et de conditionnement. **(GROSCLAUDE ;1999).**

3-Caractéristiques des eaux usées

Dans ce sous chapitre nous passerons en revue les principaux paramètres physicochimiques analysés au cours de la partie expérimentale ainsi que les paramètres bactériologiques les plus rencontrés dans les eaux usées.

3-1-La température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels,…etc. **(RODIER et AL, 2005).**

3-2-La matière en suspension (MES)

Selon **REJSEK (2002),** la pollution particulaire est due à la présence de particules de grande taille, supérieure à 10µm, en suspension dans l'eau, et que l'on peut assimiler aux matières en suspension (MES). En fait, les matières en suspension ne sont des particules solides véritablement en suspension que dans des conditions moyenne d'écoulement des effluents correspondant à une vitesse minimale de 0,5 m/s. En fonction de la taille des particules, on distingue les matières grossières ou décantables (diamètre supérieur à 100 µm) et les matières en suspension. On peut également prendre en compte une partie des matières colloïdales, de dimension inferieure, qui constituent la limite entre la phase solide et la phase dissoute (entre 1 et 10^{-2}µm).

3-3-Paramètres Organoleptiques 3-3-1-

La Turbidité

Selon **REJSEK (2002**), la turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les limons, les grains de silice et les microorganismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale. Les unités utilisées pour exprimer la turbidité proviennent de la normalisation ASTM (American Society for Testing Material) qui considère que les trois unités suivantes sont Une eau pure observée sous une lumière transmise sur une profondeur de plusieurs mètres émet une couleur bleu clair car les longueurs d'ondes courtes sont peu absorbées alors que les

comparables : Unité JTU (Jackson Turbidity Unit) = unité FTU (Formazine Turbidity Unit) = unité NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

3-3-2-La couleur

Une eau pure observée sous une lumière transmise sur une profondeur de plusieurs mètres émet une couleur bleu clair car les longueurs d'ondes courtes sont peu absorbées alors que les grandes longueurs d'onde (rouge) sont absorbées très rapidement. **(REJESK, 2002).** La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. **(RODIER et Al, 2005).**

3-4-Paramètres Chimiques

3-4-1-Le potentiel Hydrogène (pH):

L'acidité, la neutralité ou l'alcalinité d'une solution aqueuse peut s'exprimer par la concentration en H3O + (noté H+ pour simplifier). De manière à faciliter cette expression ; on utilise le logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ion H+ : c'est le pH. **(MATHIEU et PIELTAIN, 2003).**

$$pH = \log 1/[H+]$$

3-4-2-La Conductivité électrique

La conductivité électrique est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations. **(HADE. A, 2002).** La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm2.

L'unité de conductivité est le siemens par mètre (S/m). 1 S/m = 10^4 µS/cm = 10^3mS/m. **(RODIER, 2005).**

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau et oxydables dans des conditions opératoires définies. En fait la mesure correspond à une estimation des matières oxydables présentes dans l'eau quel que soit leur origine organique ou minérale.

3-4-3-L'Oxygène Dissous

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu. La concentration en oxygène dissous est exprimée en mg O2 l -**1 (REJSEK, 2002**).

3-4-4-La Demande Chimique en Oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau et oxydables dans des conditions opératoires définies. En fait la mesure correspond à une estimation des matières oxydables présentes dans l'eau quel que soit leur origine organique ou minérale.

La DCO étant fonction des caractéristiques des matières présentes, de leurs proportions respectives, des possibilités de l'oxydation. **(RODIER, 2005).**

La DCO est la concentration, exprimée en mg.L-1, d'oxygène équivalente à la quantité de dichromates consommée par les matières dissoutes et en suspension lorsqu'on traite un échantillon d'eau avec cet oxydant dans des conditions définies par la norme. **(REJSEK, 2002).**

3-4-5-La Demande Biochimique en Oxygène (DBO)

Pratiquement, la demande biochimique en oxygène devrait permettre d'apprécier la charge du milieu considéré en substances putrescibles, son pouvoir auto-épurateur et d'en déduire la charge maximale acceptable, principalement au niveau des traitements primaires des stations d'épuration. **(RODIER, 2005).** Selon **REJSEK (2002**), la demande biochimique en oxygène après 5 jours (DBO5) d'un échantillon est la quantité d'oxygène consommé par les microorganismes aérobies présents dans cet échantillon pour l'oxydation biochimique des composés organiques et/ou inorganiques.

3-4-6-L'azote

L'azote présent dans l'eau peut avoir un caractère organique ou minéral. L'azote organique est principalement constitué par des composés tels que des protéines, des polypeptides, des acides aminés, de l'urée. Le plus souvent ces produits ne se trouvent qu'à de très faibles concentrations. Quant à l'azote minéral (ammoniaque, nitrate, nitrite), il constitue la majeur partie de l'azote total. **(RODIER, 2005).**

3-4-7-Les nitrates

Les nitrates se trouvant naturellement dans les eaux provenant en grande partie de l'action de l'écoulement des eaux sur le sol constituant le bassin versant. Leurs concentrations naturelles ne dépassent pas 3 mg /L dans les eaux superficielles et quelques mg/L dans les eaux souterraines. La nature des zones de drainage joue donc un rôle essentiel dans leur présence et l'activité humaine accélère le processus d'enrichissement des eaux en nitrates. La teneur en nitrates est en augmentation ces dernières années, de l'ordre de 0,5 à1 mg/l/an, voire 2 mg/l/an dans certaines régions. Cette augmentation a plusieurs origines :

- **Agricole :** agriculture intensive avec utilisation massive d'engrais azoté ainsi que rejets d'effluents d'élevage. Cette source représente les 2/3 de l'apport en nitrates dans le milieu naturel Urbaine : rejet des eaux épurées des stations d'épuration où l'élimination de l'azote n'est pas total et qui peuvent rejeter des nitrates ou des ions ammonium qui se transformeront en nitrates dans le milieu naturel. Cette source représente les 2/9 des apports

- **Industrielle** : rejet des industries minérales, en particulier de fabrication des engrais azotés. Cette source représente 1/9 des apports. **(REJSEK, 2002)**

3-4-8-L'azote ammoniacal

Pour désigner l'azote ammoniacal, on utilise souvent le terme d'ammoniaque qui correspond au formes ionisées (NH_4^+) et non ionisées (NH_3) de cette forme d'azote. L'ammoniaque constitue un des maillons du cycle de l'azote. Dans son état primitif, l'ammoniac (NH_3) est un gaz soluble dans l'eau, mais, suivant les conditions de pH, il se transforme soit en un composé non combiné, soit sous forme ionisée (NH_4^+). Les réactions réversibles avec l'eau sont fonction également de la température et sont les suivantes : $NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4OH \rightarrow NH_4^+ + OH^-$ **(REJSEK,2002).**

3-4-9-Le Phosphore

Le phosphore peut exister dans les eaux en solution ou en suspension, à l'état minéral ou organique. Les composés phosphorés qui, sans hydrolyse ou minéralisation, répondent au test spectrophotométrique sont considérés comme étant des ortho phosphates. L'hydrolyse en milieu acide fait apparaître le phosphore hydrolysable et minéralisation, le phosphore organique. Chaque fraction (phosphore en solution ou en suspension) peut être séparée analytiquement en ortho phosphates, phosphore hydrolysable et phosphore organique. Suivant les cas, la teneur en phosphates peut être exprimée en mg/L de PO4 ou de P2O5 1mg/L PO4 = 0,747 mg/L P2O5 = 0,326 mg/L P **(RODIER,2005)**.

3-4-10-Le sulfate

La concentration en ion sulfate des eaux naturelles est très variable. Dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de sulfates minéraux, elle peut atteindre 30 à 50 mg/L, mais ce chiffre peut être très largement dépassé (jusqu'à 300 mg/L) dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est élevé. La teneur en sulfates des eaux doit être reliée aux éléments alcalins et alcalinoterreux de la minéralisation. Leur présence dans l'eau est généralement due à des rejets en provenance d'ateliers de blanchiment (laine, soie, etc.), d'usines de fabrication de cellulose (pâte à papier, etc.) et d'unités de déchloration. Sont utilisées, par ailleurs, les propriétés réductrices des sulfites dans les eaux de chaudières pour éviter la corrosion liée à la présence d'oxygène dissous ; l'injection dans le circuit se fait habituellement en continu à la concentration de 20 mg/L. Cependant un excès d'ions sulfites dans les eaux de chaudières peut avoir des effets néfastes car il abaisse le pH et peut alors développer la corrosion. En cas de rejet dans l'environnement, les sulfites se combinent à l'oxygène en donnant des sulfates. **(RODIER, 2005).**

3-5-Paramètres Bactériologiques :

Ils proviennent essentiellement des matières fécales qui contiennent majoritairement une flore anaérobie (109 -1010 bactéries /g fèces) détruite à l'air, et une flore aérobie – anaérobie facultative (106 – 107 bactéries / g fèces). La présence de ces microorganismes dans les eaux usées et les boues résiduaires nécessite des règles sanitaires lors de leur traitement et de leur élimination. En particulier, lorsque le rejet se fait à proximité d'une zone conchylicole, d'une zone de baignade ou d'une prise d'eau potable, il est nécessaire d'effectuer une désinfection**. (REJSEK, 2002)**.

3-5-1-Les germes totaux

Ce paramètre permet de mesuré les conditions sanitaires de la distribution et résiduel de désinfection, une concentration très importante en germes totaux peut entrainer des problèmes d'ordre organoleptique, par contre une faible valeur est le témoin de l'efficacité du traitement et de l'intégrité du système de distribution **(REJSEK, 2002).**

3-5-2-Coliformes totaux

Les bactéries coliformes existent dans les matières fécales mais se développent également dans les milieux naturels, les eaux traités ne doivent pas contenir de coliformes, cependant l'absence de ces derniers ne signifie pas nécessairement, que l'eau présente pas un risque pathogène **(Archibald.F,2000).**

3-5-3-Coliformes fécaux

Ils sont capables de se développer à 44°C, et permettent d'estimer le risque épidémiologique dans l'eau et devrait en tout logique tenir compte de la présence plus aux moins important de germes pathogènes. La principale bactérie fécale est Escherichia coli **(Robertson, 1995).**

3-5-4-Streptocoques fécaux

Ce groupe n'est généralement pas considérer comme pathogène, tout fois leur recherche associée celle des coliformes fécaux consiste un bon indice de contamination fécale car les streptocoques étaient un meilleur témoin que les coliformes fécaux pour des pathologies infectieuse. **(POTELON et ZYSMAN, 1998)**

4-Normes des rejets dans un milieu récepteur

Les eaux traitées sont rejetées dans l'environnement, généralement dans un milieu récepteur précis : rivière, lac, mer, Sebkha, chott, etc. Il est institué des contrôles périodiques et inopinés des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des rejets **(THOMAS,1995).**

Paramètres	**Normes**
T° C°	**30**
pH	**6.5-8.5**
O2 mg/l	**5**
DBO5 mg/l	**30**
DCO mg/l	**90**
MES mg/l	**30**
Zinc mg/l	**2**
Azote total mg/l	**50**
Phosphate mg/l	**2**
Huiles et graisse mg/l	**20**
Hydrocarbure mg/l	**10**
Détergent mg/l	**1**

Tableau I : Normes physico-chimiques de rejets de l'OMS appliquées en Algérie (LADJEL,2006).

Chapitre II

Généralité sur la nappe phréatique

Chapitre II : Généralité sur la nappe phréatique

1-Définition de la nappe phréatique

Une nappe phréatique est une étendue d'eau souterraine, circulant parmi les interstices du substrat, et accessible depuis la surface par des puits, dont le toit(niveau supérieur) est à faible profondeur.

La nappe phréatique est aussi appelée aquifère souterraine, c'est-à-dire une formation géologique contenant de façon temporaire ou permanente de l'eau et des roches perméables capables de restituer l'eau naturellement ou par exploitation ; cette nappe est donc la plus exposée à la pollution de la surface **(Foster et Chilton,2004)**.

2-Définition des eaux phréatiques

L'eau souterraine est l'eau qui existe dans les pores, les fissures des roches et dans les sédiments sous la terre. Elle est issue des précipitations ou de la neige et puis, infiltre les sols dans les systèmes d'eaux souterraines. Par la suite, elle peut éventuellement remonter à la surface, ou rejoindre des lacs ou des océans. Elle est naturellement alimentée par la surface, grâce aux précipitations, aux cours d'eau et aux infiltrations d'eaux provenant des rivières **(Freeze et Cherry, 1979)**.

3-Les différents types de la nappe phréatique

En fonction des couches qui la structurent, Il est important de distinguer deux types de nappes phréatiques :

- Celles qui se rechargent régulièrement en eau, par exemple avec la pluie
- D'autres, plus anciennes et plus profondes, dites « fossiles » ou encore « paléohybriques » qui ne se renouvellent plus. **(Vries et Simmers, 2002).**

4-Pollution de la nappe phréatique

4-1-La pollution urbaine

Les quartiers précaires en raison du manque d'infrastructures en assainissement collectif ne peuvent être que des foyers où les risques de pollution sont élevés. Il s'agit surtout de la pollution de la nappe phréatique par infiltration des eaux vannes et excréta et eaux usées. Ainsi, **GROSS.P (1999**) a évalué le degré de pollution des nappes et recherché les mécanismes de la pollution. La question qu'il s'était posée était de savoir si l'origine de la pollution si elle était liée aux modes d'exploitation de l'eau ou elle découle de la gestion de l'assainissement.

4-2-La pollution agricole

L'agriculture représente une double menace pour les nappes phréatiques :

- elle entraîne une multiplication des pompages pour répondre à ses besoins en eau toujours grandissants.
- elle utilise de nombreux engrais et pesticides que les eaux de pluie vont emmener dans les réservoirs souterrains. L'eau peut mettre beaucoup de temps à se renouveler à cause d'une pollution persistante. Ce genre de traitement peut entraîner l'abandon des nappes **(**KATERJI **et al, 2002)**.

4-3-La pollution industrielle

Bien que la pollution soit en grande partie d'origine agricole, elle provient aussi des industries.Les nappes phréatiques doivent en effet parfois supporter les fuites d'ordures industrielles, la contamination des sols, les retombées atmosphériques des fumées **(Demlie et Wohnlich, 2006).**

4-4-La pollution saline

Parler d'excédents d'eau en milieu désertique est une réalité qui est vécue. Ce problème est devenu aujourd'hui une véritable menace pour l'environnement entraînant des remontées importantes des eaux des nappes superficielles fragilisées par des conditions climatiques extrêmes et par des caractéristiques topographiques qui ne facilitent pas l'évacuation des eaux excédentaires causant ainsi la minéralisation relativement élevée des eaux associée à des conditions climatiques et morphologiques défavorables, peut générer, à

plus ou moins long terme, des problèmes de salinisation importants qui pourraient être irréversibles.

L'influence du contexte géologique

Au cours des divers épisodes tectoniques qu'a connus la région, ces formations ont imprégné de sel et de gypse les terrains avec lesquels elles se sont trouvées en contact et ont provoqué une diffusion importante de sels **(GAUCHER et BURDIN, 1974)**.

L'influence du climat facteurs climatiques qui vont entraîner le transfert et le stockage des éléments solubles dans le sol. La distribution des sels en solution dans le sol résulte, d'une part, de l'évaporation qui aura pour effet la concentration et l'accumulation des sels et, d'autre part, des précipitations qui vont favoriser le phénomène de lessivage **(SERVANT, 1978).**

L'influence de la nappe phréatique joue un rôle très important dans le phénomène de salinisation des sols **(HAMDI-AISSA, 2001; IDDER, 2066).**

4-5-La pollution ménagère

La surexploitation ou l'utilisation intensive, dépassant les capacités de renouvellement de l'eau peut entraîner un assèchement progressif et à terme, un abandon des captages **(Boukari et al., 1995).**

5-Généralités sur la nappe phréatique de la région de Ouargla

Au niveau de la cuvette de Ouargla la nappe superficielle n'est pas exploitée à cause du taux de sels que contiennent ses eaux. Elle est épaisse de 1 à 8m et repose sur un niveau imperméable étanche, qui occupe tout le fond de la vallée de Ouargla et l'isole des nappes artésiennes sous-jacentes **(MOUDJAHED N.,2011).**

Les zones dans lesquelles la nappe phréatique est la plus profonde sont situées à des points hauts de la topographie (Sud- ouest d'Ouargla, Sud de Oum Raneb et versants Nord-est de N'Goussa). La nappe est moins profonde dans les zones à proximité des palmeraies irriguées (Ouargla, N'Goussa) **(Bonnard et Gardel, 200).**

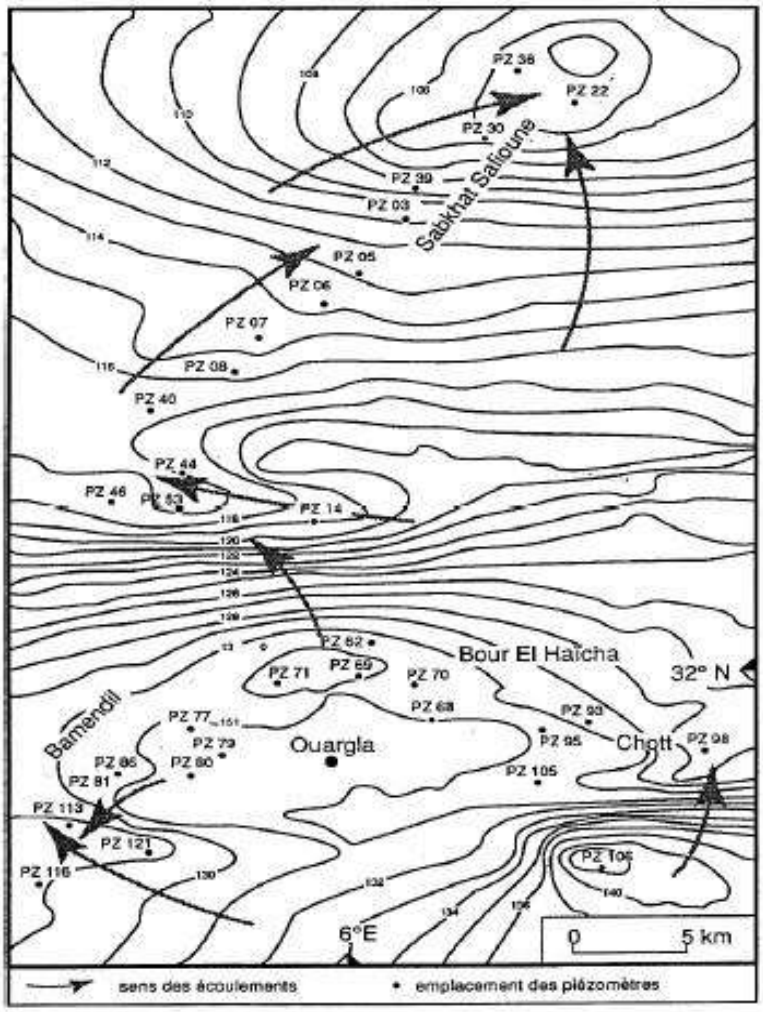
Le point où la nappe se trouve le plus près du sol est au Sud de la Sebkha Safioune à 45 km au nord de la ville d'Ouargla (fig)). Cette nappe a connu une remontée du niveau d'eau ayant provoqué de graves problèmes d'écologie dans les zones urbaines et agricoles. Ce phénomène a engendré des affaissements de terrain et la création d'un milieu anaérobique néfaste pour les cultures et le palmier **(MOUDJAHED N., 2011)**.

La salinité des eaux varie d'une zone à une autre, elle est de moins de 50g/l dans la ville de Ouargla et ses environs, la concentration en sel augmente dans le sens des écoulements des eaux où elle peut atteindre plus de 190 g/l dans les zones proches des chotts **(DJEBAILI, 1978; FLORET et PONTANIER, 1982).**

La forte salinité est due essentiellement au lessivage des formations gypseuses et argileuses par les eaux de la nappe, tandis que la faible minéralisation est due à la dilution par les eaux d'irrigation provenant des nappes sous-jacentes et à l'absence de niveaux gypseux dans la formation sableuse qui caractérise la nappe phréatique **(IDDER, 1998 in IDDER, 2006)**.

Une des causes principales de la remontée des eaux de la nappe phréatique dans la cuvette de Ouargla est d'ordre morphologique, une topographie très plane conjuguée à un manque d'exutoire naturel. L'alimentation de la nappe provient essentiellement :

- Des rejets d'eaux usées d'origine domestique
- De l'eau excédentaire liée à une irrigation irrationnelle des palmeraies
- Des eaux de ruissellement venant des parties hautes et des apports de crues des trois Oueds dans la cuvette (N'sa, M'Zab et M'ya). **(Bonnard & Gardel,2003)**



Fi 01. Carte isopièze de la nappe phréatique de la cuvette de Ouargla, (d'après **l'ENAGEO cité par Guendouz et *al.*, 1992)**.in **SLIMANI(2006)**

Chapitre III

Matériel et Méthodes

Présentation de la cuvette de Ouargla

1- Situation géographique

La cuvette de Ouargla est située dans la wilaya de Ouargla. Elle inclut les agglomérations de Ouargla, N'Goussa, Rouissat, Aïn El Beïda et Sidi Khouiled **(Fig. 1).**

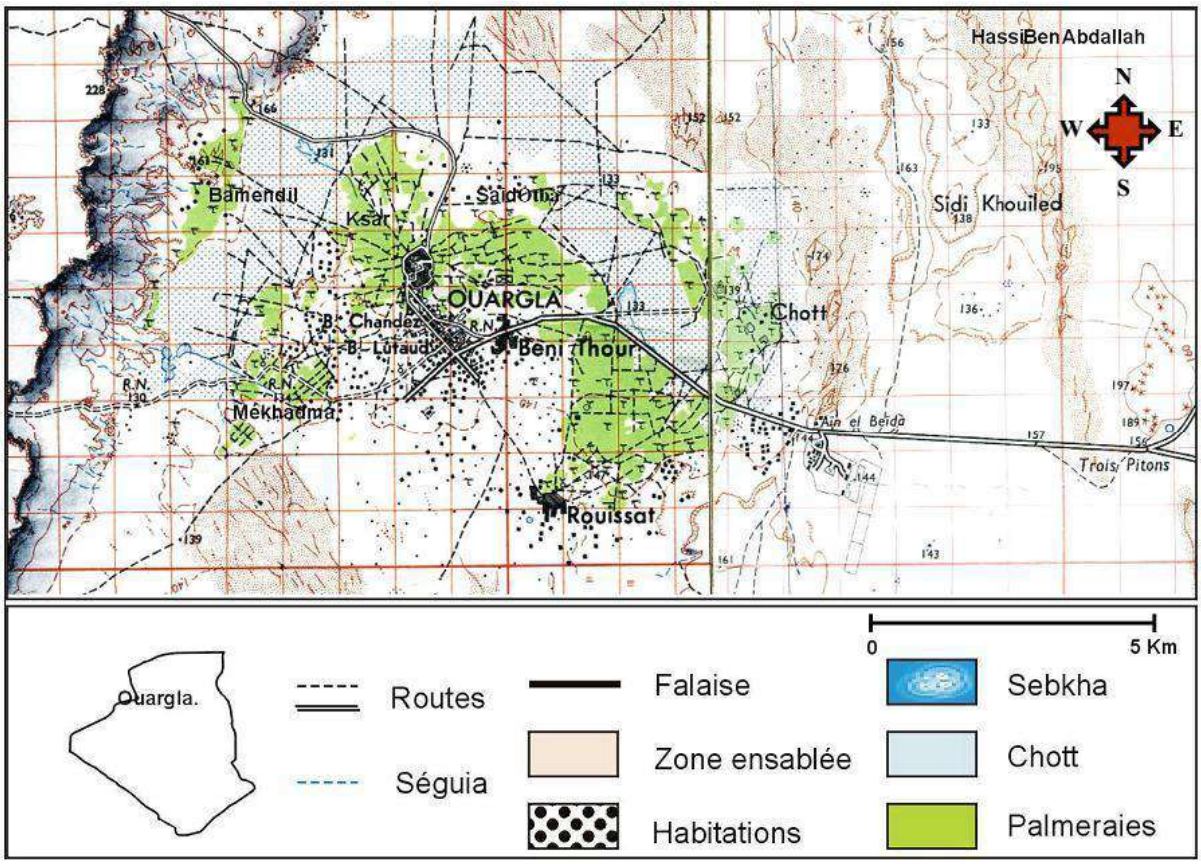


Figure 02. Carte topographique de la cuvette de Ouargla **(I.G.N., 1960 in DADDI BOUHOUN, 2010)**

La cuvette de Ouargla s'étale sur une longueur d'environ 55 km, orientée Sud-Ouest / Nord-Est. Elle est limitée :

- Au Nord par Sebkhet 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 présente une superficie totale de l'ordre de 95000 ha qui s'étend entre les coordonnées UTM de Clarke 1880 suivantes:

1. X = 710'000 ; Y = 3'530'000

2. X = 730'000 ; Y = 3'600'000 **(BONNARD et GARDEL, 2002)**

2- Climat

La région de Ouargla se caractérise comme l'ensemble du bas Sahara par un climat de type désertique, dont les amplitudes thermiques entre les minima et les maxima sont importantes, et par une pluviométrie très faible ***(KHADRAOUI*, 2007)**.

Tableau II : Données climatiques de la région de Ouargla (2007- 2016).

(O.N.M. Ouargla, 2017)

Paramètres / Mois	Température			Précipitation (mm)	Evaporation (mm)	Insolation (heure)	Vent ($m.s^{-1}$)	Humidité%		
	T_{min}° C	T_{max}° C	T_{moy}° C							
Janvier	**4,7**	**20,5**	**12,6**	**9,4**	**91,8**	**248,2**	**56**	H_{min}	H_{max}	H_{moy}
Février	**6,4**	**21,8**	**14,1**	**3,2**	**123,7**	**242,8**	**49,4**	**34,6**	**82,4**	**58,5**
Mars	**9,8**	**26,3**	**18,05**	**3,1**	**184**	**268,6**	**55,6**	**27,3**	**73,4**	**50,35**
Avril	**14,4**	**31,7**	**23,05**	**1,8**	**234,3**	**281,8**	**65,9**	**23,2**	**66,6**	**44,9**
Mai	**19,4**	**36,0**	**27,7**	**1,6**	**302,8**	**303,4**	**63,1**	**19,6**	**57,8**	**38,7**
Juin	**24,3**	**41,1**	**32,7**	**0,8**	**373,1**	**240,8**	**50,8**	**16,5**	**50,1**	**33,3**
Juillet	**27,5**	**44,1**	**35,8**	**0,4**	**429,8**	**323,9**	**58**	**14,5**	**43,1**	**28,8**
Août	**27,2**	**43,2**	**35,2**	**0,6**	**392,3**	**335,2**	**53,1**	**12,8**	**38,1**	**25,45**
Septembre	**23,3**	**39,1**	**31,2**	**3,9**	**284**	**264,5**	**51,1**	**14,1**	**43**	**28,55**
Octobre	**16,9**	**32,9**	**24,9**	**4,1**	**212,6**	**264,1**	**46,5**	**19,1**	**55,1**	**37,1**
Novembre	**9,8**	**25,1**	**17,45**	**1,2**	**121,6**	**253,4**	**42,6**	**23,6**	**63,6**	**43,6**
Décembre	**5,6**	**20,1**	**12,85**	**4,2**	**86,3**	**229,6**	**41,9**	**30,1**	**75,7**	**52,9**
Moyenne	**15 ,7**	**31,8**	**23,8**	**2,8**	**236,3**	**271,3**	**52,8**	**21,4**	**58,9**	**40,1**

2-1-Températures

La température moyenne annuelle est de 23.8°C, avec un maximum au juillet de 35,8°C (maxima moyen 44,1°C), et un minimum en Décembre de 12,85°C (minima moyen 5,6°C) (Tableau II).

2-2-Précipitations

Les précipitations sont très faibles et irrégulières, la moyenne annuelle est de 2,8 mm/an (Tableau II). Elles se produisent essentiellement en hiver et en automne après une période sèche généralement entre avril et septembre.

Cette insuffisance de pluies est accompagnée d'une irrégularité très marquée du régime pluviométrique et d'une variabilité interannuelle considérable, ce qui accentue la sécheresse **(Ozenda, 1983).**

2-3-Evaporation potentielle (ETP)

La région de Ouargla est caractérisée par une évaporation importante avec une moyenne annuelle de 236,4 mm, et un maximum mensuel de 429,8mm en juillet et un minimum mensuel de 86,3mm en décembre (Tableau II).

2-4-L'insolation

La durée moyenne annuelle de l'insolation (I) est de 271,3 heures avec un maximum de 335,2 heures en août et un minimum de 229,6 heures en décembre (Tableau II).

2-5-Vent

Selon le tableau I, nous remarquons que les vents sont fréquents durant toute l'année. avec des vitesses variables, allant de 41,9km/h en décembre à 65,9km/h en avril (Tableau II). Les vents de la région de Ouargla peuvent produire une érosion éolienne.

2-6-Humidité relative de l'air

L'humidité moyenne annuelle est de **40,1**%, avec un maximum en février de **82,4**%(maxima moyen **58,9%**), et un minimum en **aout** de **12,8** %(minima moyen **21,4%**) (Tableau II).

2-7-Synthèse climatique

Une caractérisation globale du climat peut être réalisée par l'emploi d'indices ou des diagrammes climatiques. Pour caractériser le climat de Ouargla, nous utiliserons les indices de Demartonne et d'Emberger, ainsi que le diagramme Ombrothermique de Gaussen.

Le diagramme Ombrothermique de Gaussen (figure 3) montrent que la durée de la saison sèche est de 12 mois (sécheresse permanente).

Pour classer le bioclimat, nous avons utilisé le quotient pluviométrique d'Emberger spécifique au climat méditerranéen (**Claudin et *al.*, 1979**). Dont la formule est :

$Q = 2000\ P / M^2 - m^2$

Et de fait que M et m, les températures maxima et minima exprimées en degrés absolus (°K), **Stewart (1969)** cité par **LE Houerou (1995)** a montré que pour l'Algérie et le Maroc la dernière formule pouvait être simplifiée pour s'écrire:

$Q3 = 3{,}43P / M-m$

P : Pluviosité moyenne annuelle en mm.

M : Moyenne des températures maximales quotidiennes du mois le plus chaud en °C.

m : Moyenne des températures minimales quotidiennes du mois le plus froid en °C.

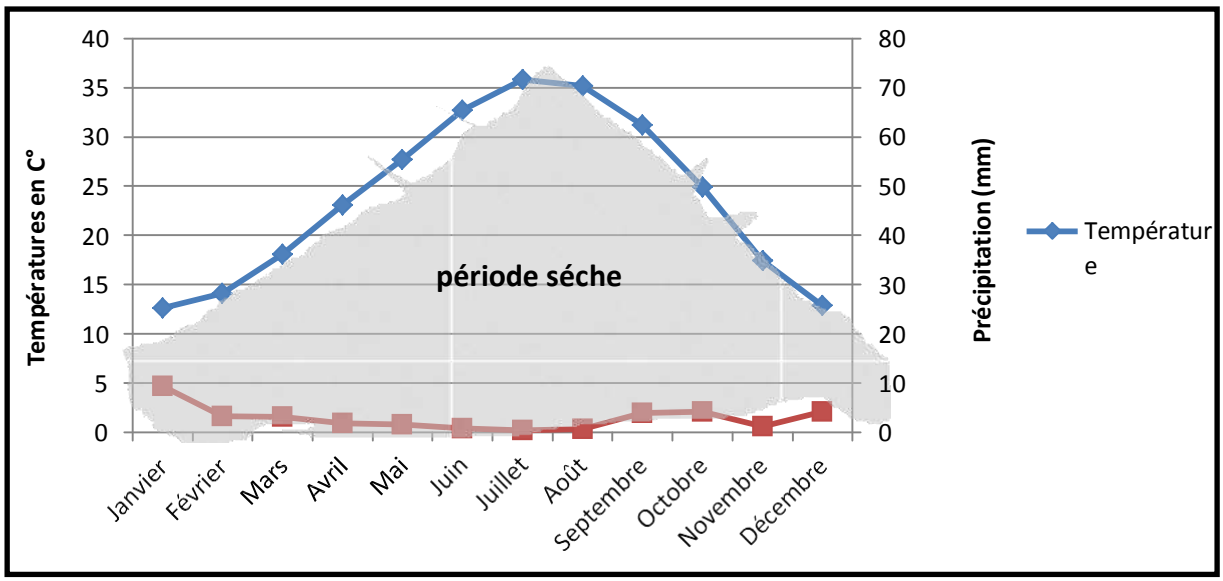


Figure 03. Diagramme ombrothermique de **GAUSSEN de Ouargla (2007-2016).**

Le quotient thermique (Q3) est de 3,89, donc Ouargla est caractérisé par un bioclimat hyperaride (saharien) à hivers doux (Fig.3).

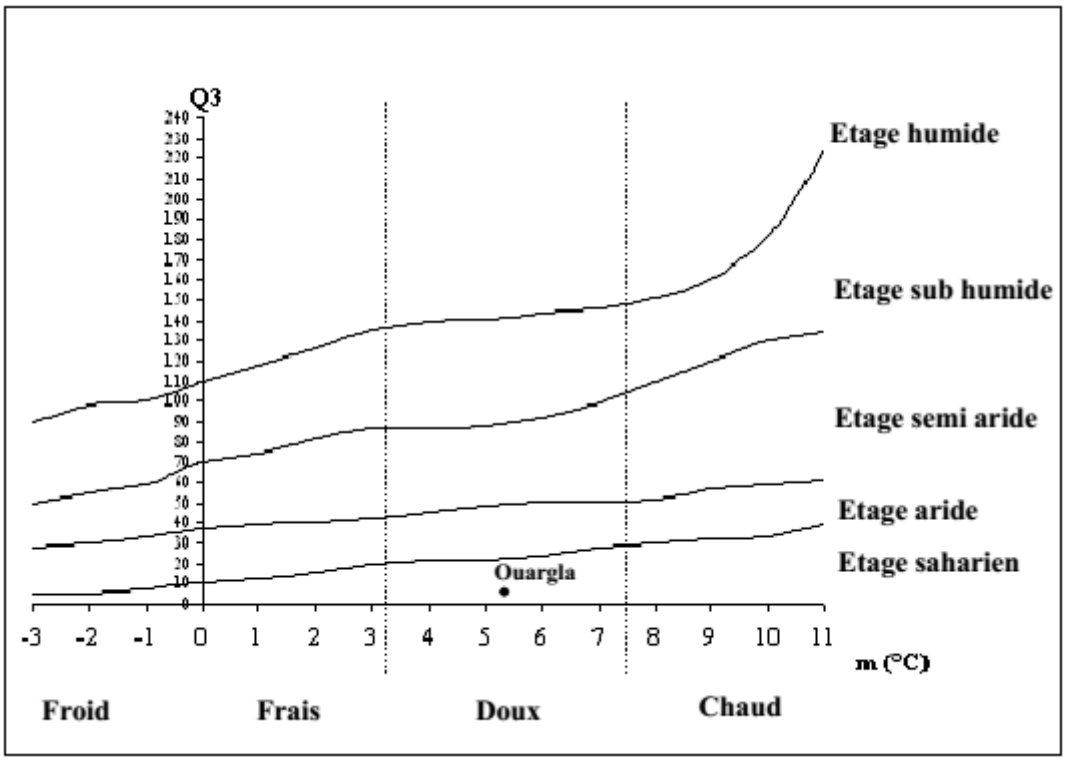


Figure 04. Climagramme d'EMBERGER pour la région de Ouargla.

3. Géomorphologie

La géomorphologie de la région est constituée des éléments suivants :

3-1-Plateau

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 **(NEZLI, 2004)**. A l'Ouest, la vallée est limitée par le plateau de la Hamada Pliocène de 200 à 250m d'altitude, appelé localement « plateau des Ganntra ». Il s'abaisse dans le paysage une série de buttes témoins **(HAMDI AISSA, 2001).**

3-2-Glacis

Le versant ouest de la cuvette présente quatre niveaux étagés de glacis caractéristiques, dont le plus ancien recoupe le sommet de la bordure du plateau en buttes ; sa couverture très caractéristique est une croûte gypso-calcaire épaisse de 1,5 m ; son altitude s'abaisse de 225m à l'Ouest jusqu'à 200m environ à l'Est **(HAMDI AISSA, 2001).**

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 est souvent recouverte de sables et de graviers **(CÔTE, 1998 in HAMDI AISSA, 2001)(HAMDI AISSA *et al,* 2000 in HAMDI AISSA, 2001**) **(NEZLI, 2004).**

3-3-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 donc des surfaces d'évaporation et d'exutoire dans lesquelles aboutissent des cours d'eau **(NEZLI, 2004).**

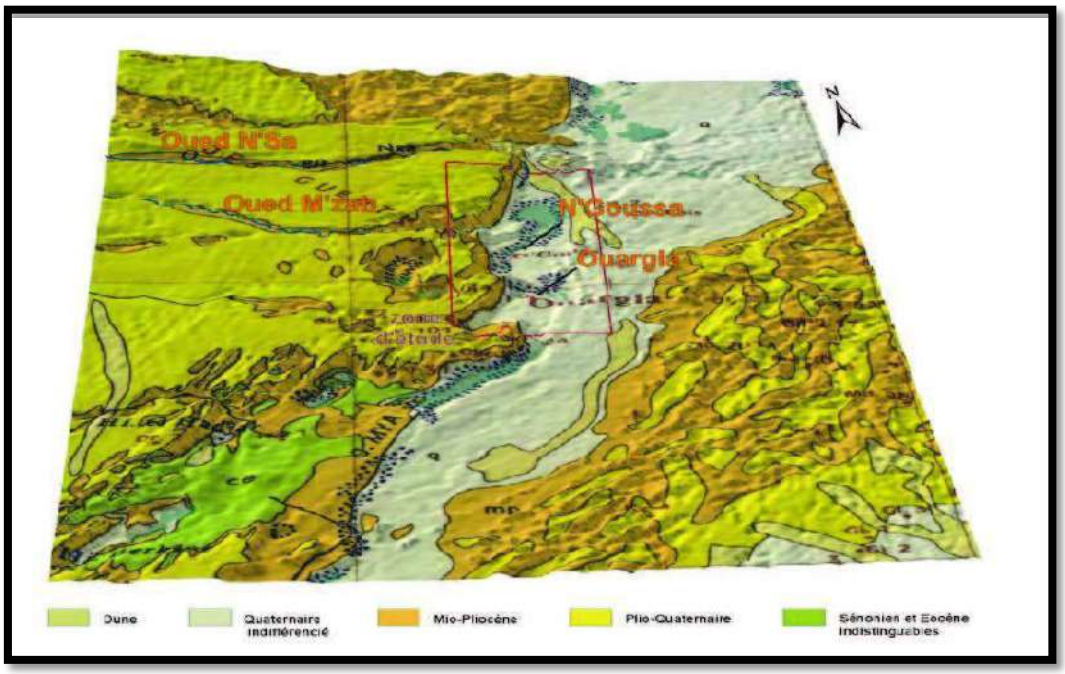


Fig05. Relief géologique de la région de Ouargla (B.J suisse,2002)

4-Réseaux hydrographiques

L'hydrographie de la cuvette de Ouargla se caractérise par son endoréisme. Le réseau hydrographique traversant la région est composé des oueds suivants:

- Au Nord-ouest : Oued N'sa qui selon les fréquences peut présenter des crues considérables. Le bassin versant de oued N'sa couvre une superficie de 7800 Km2, il reçoit divers affluents dont les plus importants sont le Ballouh et le Soudou qui rrosent l'oasis de Beriane.
- Au Sud : 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.

Il s'étend sur 19 800 km2, le paléo-lit de l'oued M'ya inférieur est jalonné par de vastes sebkhas jusqu'à Ouargla, distant de 200 km environ du point externe atteint par les dernières crues. Si l'on admet cependant que l'oued M'ya quaternaire se jetait dans le chott Melrhir actuel, sa longueur devrait atteindre 900 km.

- A l'Ouest : Ouest M'Zab, dont la superficie du bassin est d'environ 5000 km2, prend la direction Ouest-est sur une distance de 350 Km de la région de Batna Rouilla à une altitude de 750 m jusqu'à Sebkhet Safioune d'une altitude de 104 m. Les crues peuvent atteindre Sebkhet Safioune .
- A l'Ouest : Oued Metlili et oued El Menia, dont le cheminement des eaux se fait par infiltration vers la cuvette durant les périodes de crues. Le bassin de Metlili, limite de l'oasis du même nom ne dépasse pas 400 km2. D'une longueur totale de 210 Km, l'oued Metlili est barré à 134 Km de son origine par le cordon dunaire de l'Erg Rhanem où plus en aval une grande partie des eaux de ruissellement est absorbée **(MOUDJAHED, 2011)**

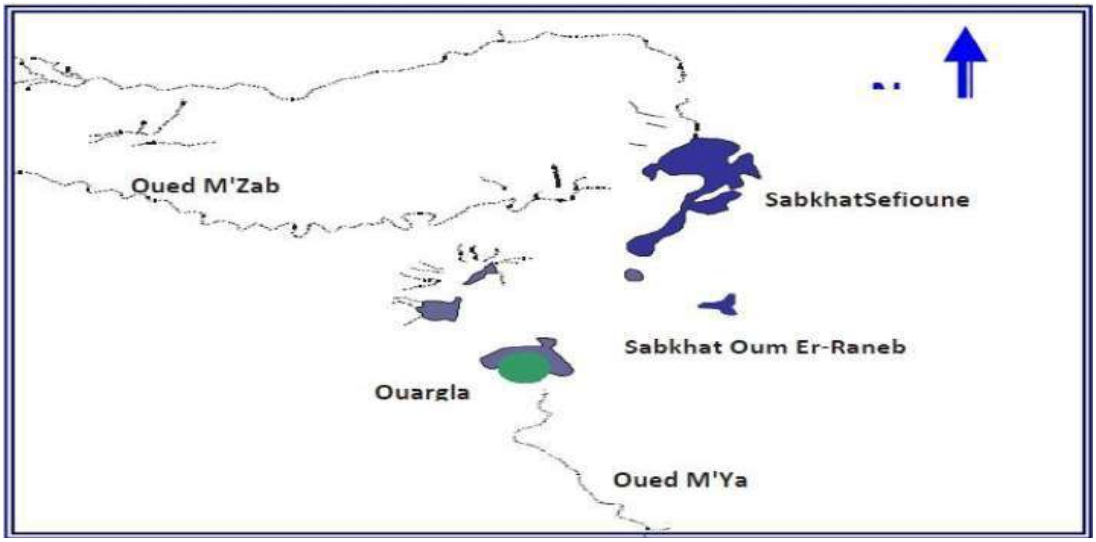


Fig06 *:* Réseau hydrographique de la cuvette de Ouargla (B.J suisse,2002)

5-Hydrogéologie

Les eaux souterraines constituent un facteur important, influant sur le comportement géotechnique des sols et l'utilisation des terrains. Ce facteur n'est pas indépendant des autres, puisque les caractéristiques des eaux souterraines dépendent de la perméabilité des roches dans lesquelles elle se trouve, donc de leur texture, de leur structure et de leur fissuration ainsi que de leur composition chimique, c'est-à-dire de leur nature et de leur état. Les eaux souterraines jouent, de plus, un rôle primordial dans le développement de certains phénomènes géologiques:

Instabilité de pente, phénomènes de dissolution, de tassement et de gonflement de certaines roches. Il n'est pas étonnant que les conditions hydrogéologiques puissent être étudiées indirectement à partir de l'étude d'autres facteurs en particulier de la géomorphologie **(NESSON,1978)**

Les terrains du Bas-Sahara assurant l'infiltration et la circulation souterraine des eaux sont essentiellement représentés par les formations sablo-gréseuses du Continental intercalaire, les bancs de calcaires marins du Cénomano-Turonien et du Sénonien-Eocène, les accumulations sableuses fluvio-lacustres du Tertiaire continental. Le banc Cénomano-turonien contient une nappe dont les zones d'alimentation se situent à la périphérie du bassin, dans les régions où affleure la formation. Les eaux circulent dans les calcaires, en direction des parties basses de la cuvette, sous le toit imperméable des argiles du Sénonien inférieur qui peut atteindre une épaisseur de 300 mètres. Malgré cette disposition favorisant une mise en

charge des eaux, les calcaires du Cénomano-Turonien ne sont pas exploités dans le Bas-Sahara, car leurs couches plongeantes ne peuvent être atteintes qu'après la traversée de 500 à 600 mètres de morts-terrains au moins et leur fissuration faible ou inexistante, s'opposant à une bonne circulation des eaux, n'assure qu'une productivité très aléatoire **(NEZLI,2004)**

Généralement on peut dire que le grand bassin sédimentaire du Sahara septentrional contient trois principaux aquifères:

- A la base la nappe du continental intercalaire: l'un des plus grands réservoirs captifs du monde.
- Au milieu la nappe du complexe terminal.
- Au sommet Les nappes phréatiques.

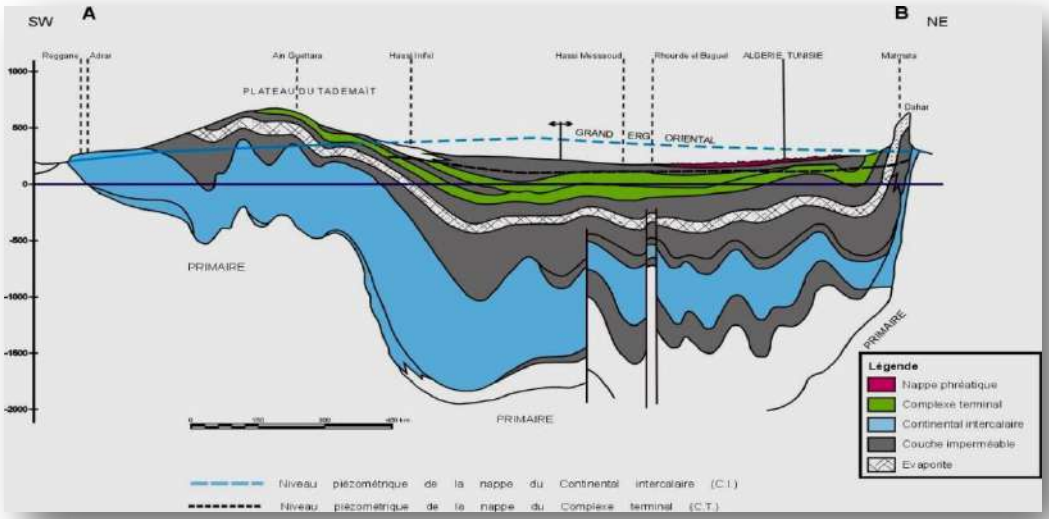


Fig07: Coupe hydrogéologique à travers le Sahara (d'après UNESCO 1972) 5-1-

Nappe du Continental Intercalaire (C. I.)

Le réservoir du C.I. est contenu dans les formations continentales du crétacé inférieur (Barrémien et Albien), Composé essentiellement de grès, sables et argiles. Le réservoir s'étend sur environ 600 000 km², il est continu du Nord au Sud depuis l'Atlas Saharien jusqu'au Tassili et le Hoggar, d'Ouest en Est depuis la vallée de la Saoura jusqu'au désert libyen. Au Nord-est de la dorsale du M'Zab, le toit de l'aquifère, constitué d'argiles et d'évaporites du Cénomanien, est continu sur tout le bassin.

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 **(MOUDJAHED,2011)**

5-2-Nappe du complexe terminal (C. T.)

Le système aquifère du complexe terminal couvre la majeure partie du bassin oriental du Sahara septentrional sur environ 350 000 Km². Le terme "nappe du complexe terminal" regroupe sous une même dénomination plusieurs aquifères situés dans des formations géologiques différentes. Cette nappe peut circuler dans l'une ou encore dans les deux formations lithostratigraphiques suivantes:

- Le Sénonien et l'Eocène carbonatés.
- Le Mio-Pliocène sableux.

La première carte piézométrique de la nappe du complexe terminal a été établie et publiée par **CORNET A. (1961) in SLIMANI (2006).** Elle a été reprise et complétée par J.AILAIRE à l'aide des renseignements fournis par les forages pétroliers lors de l'étude de **l'UNESCO(1972).**

Cette même carte a été révisée et complétée grâce à la densité des forages pétroliers et hydrauliques. Les axes et les directions d'écoulement sont indiqués sur cette carte piézométrique.

L'allure des isopièzes montre que la nappe peut être alimentée par les zones de bordures suivantes :

Alimentation à partir de l'Atlas saharien :

Entre Biskra et la frontière tunisienne, les courbes isopièzes sont parallèles à l'Atlas, l'alimentation peut avoir deux origines :

- A travers la flexure Sud-atlasique.
- Par infiltration des crues des Oueds à l'aval de l'accident atlasique.

Alimentation par le plateau du Tademaït et Tinhert :

Les eaux qui s'infiltrent sur le plateau de Tademaït et du Tinrhert, s'écoulent vers le Nord et convergent vers l'exutoire principal : la zone des chotts Merouane et Melrhir.

Alimentation par les monts du M'Zab :

Le réseau très dense des Oueds du versant oriental du M'Zab joue un rôle important dans l'alimentation de la nappe des sables Mio-Pliocène lors des crues exceptionnelles (crues de Oued N'sa et M'Zab qui atteignent SebkhetSafioune au Nord de la cuvette).

Les exutoires sont constitués principalement par les grandes cuvettes d'évaporation : chotts Melrhir et Merouane **(OSS,2003)**

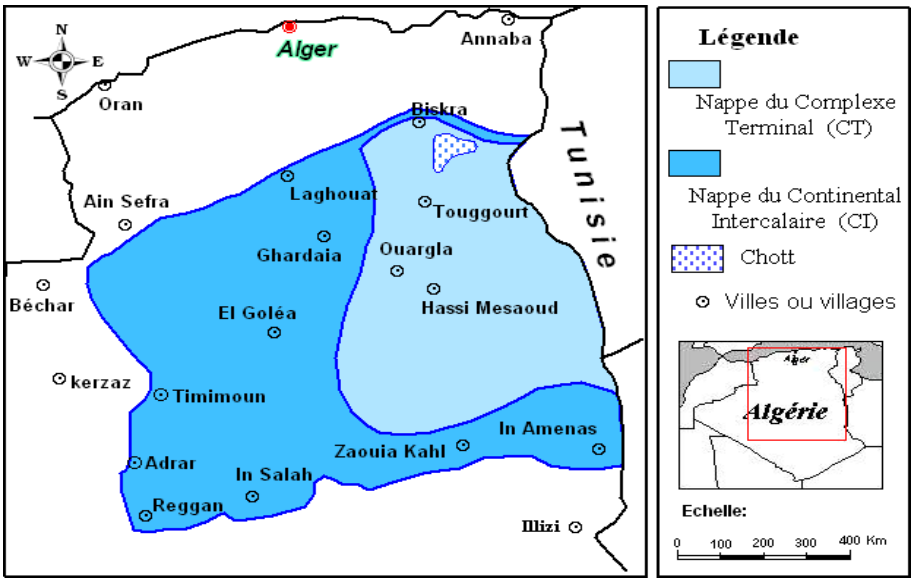


Fig08: Carte des ressources en eau souterraines (CI et CT), extrait de recueil des communications, 2002.

5-3-Nappe superficielle (phréatique)

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 profonds ou encore par les fuites dans les ouvrages exploitants ces derniers.

Ces ressources superficielles sont importantes dans tout le Sahara, elles permettent d'irriguer les petites palmeraies, les jardins légumiers et d'abreuver les troupeaux et leurs propriétaires.

Le recours aux eaux souterraines plus profondes par la multiplication des foragesd'exploitation captant les aquifères du CI et du CT destinés aux besoins d'irrigation et

Les profondeurs des nappes dites libres au Sahara varient entre 1 et 60 m, sauf dans la région des Ziban ou elles peuvent atteindre les 150m.Le résidu sec est très variable selon les zones.

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. Cette situation d'excès d'eau a perturbé l'écosystème oasien et a engendré des problèmes environnementaux nuisibles notamment pour l'agriculture (salinité des sols, dégradation des palmeraies par asphyxie, inondation des ghouts,…).

En outre, l'extension de l'urbanisation dans certaines agglomérations suralimentées en eau (plus de 450 l/j/ habitant) mais insuffisamment couvertes par des réseaux d'assainissement est à l'origine de la formation de lagunes et de la remontée des eaux. Des parties des villes de Ouargla et d'El Oued subissent depuis plusieurs années les conséquences néfastes de la remontée des nappes phréatiques.

La nappe phréatique est exploitée seulement à l'ouest, au nord d'Ouargla et aussi au sud de l'erg occidental par la technique similaire au ghout (creusement de cratère dans le sable) **(SIMLER. R,2009).**

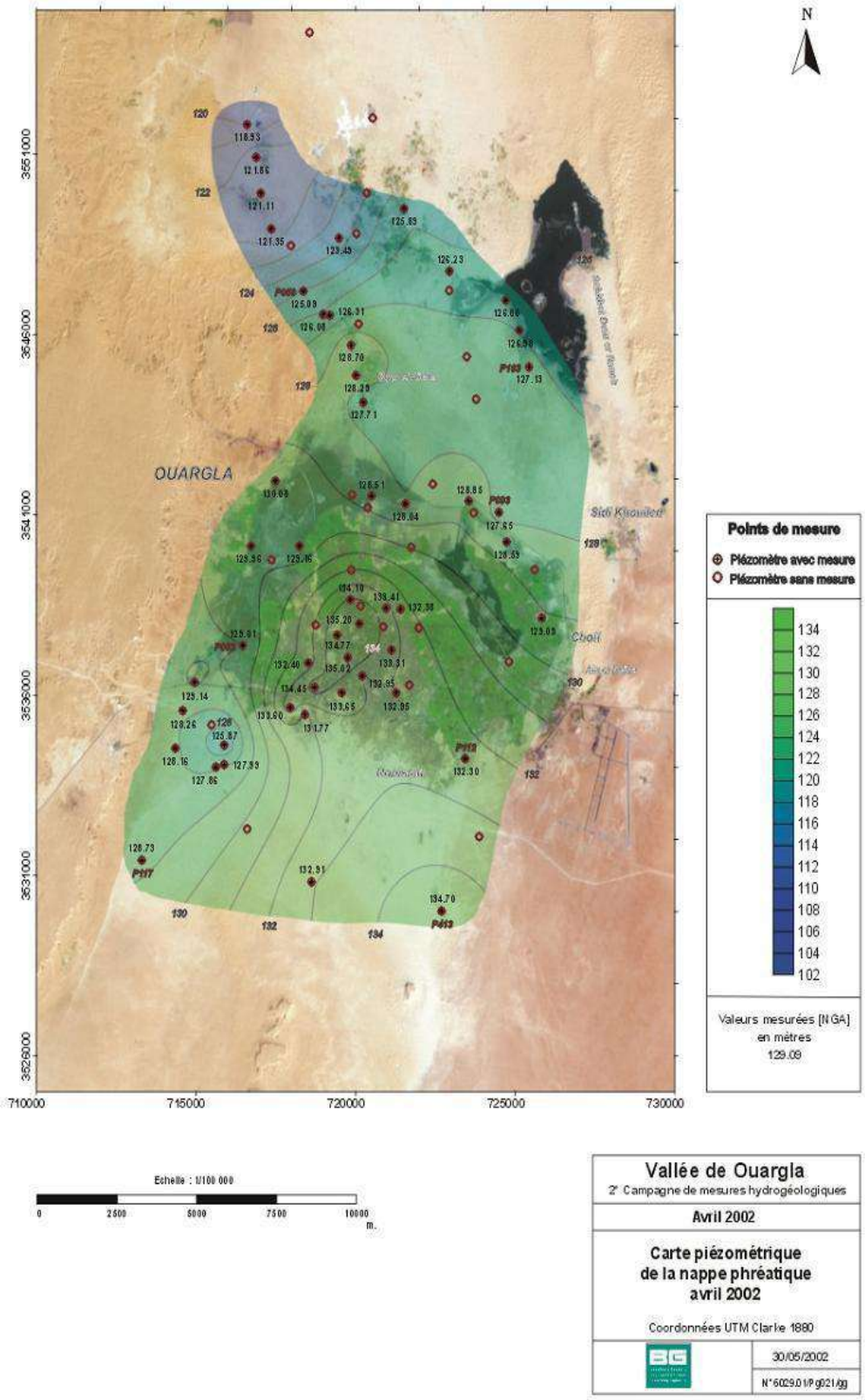


Figure09. Carte piézométrique de la nappe phréatique en avril 2002 **(BONNARD et GARDEL, 2005).**

Matériels d'étude

1-Choix de la région

Pour notre travail on a choisi la région de Ouargla pour ces potentialités hydriques notamment sa richesse en eaux souterraines qui nécessite une valorisation dans le cadre d'une bonne gestion des ressources hydriques. Les critères de cette région s'adaptent bien à l'objectif qui va nous permettre de préserver les palmeraie du Ksar .

2- Choix de la palmeraie

La palmeraie choisie est celle du Ksar parce que c'est la plus ancienne palmeraie de la cuvette de Ouargla située à proximité d'une région urbaine, vulnérable à la pollution par les eaux usée et le niveau de la nappe phréatique est élevée.

3-Présentation de la palmeraie

La palmeraie du Ksar est divisée en trois parties :
La palmeraie de Beni Brahim, la palmeraie de Beni Ouagguine et celle de Beni Sissine. Chacune de ces palmeraies se situe en face d'un quartier qui est cohabité par le propriétaire de ces dernières (**Fig10**).

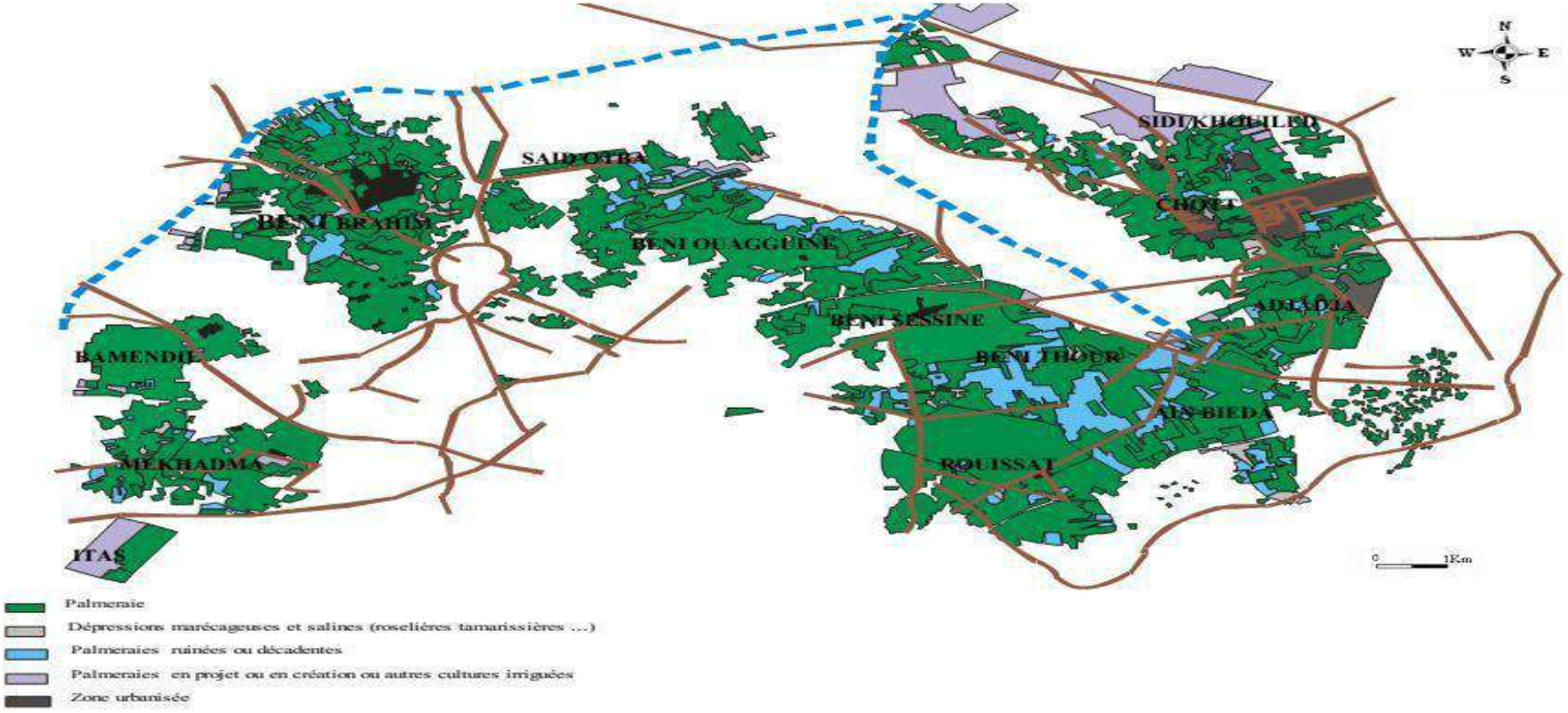


FIG 10. Répartition des palmeraies de la cuvette de Ouargla, **(BONNARD et GARDEL, 2003 in SLIMANI 2006)**.

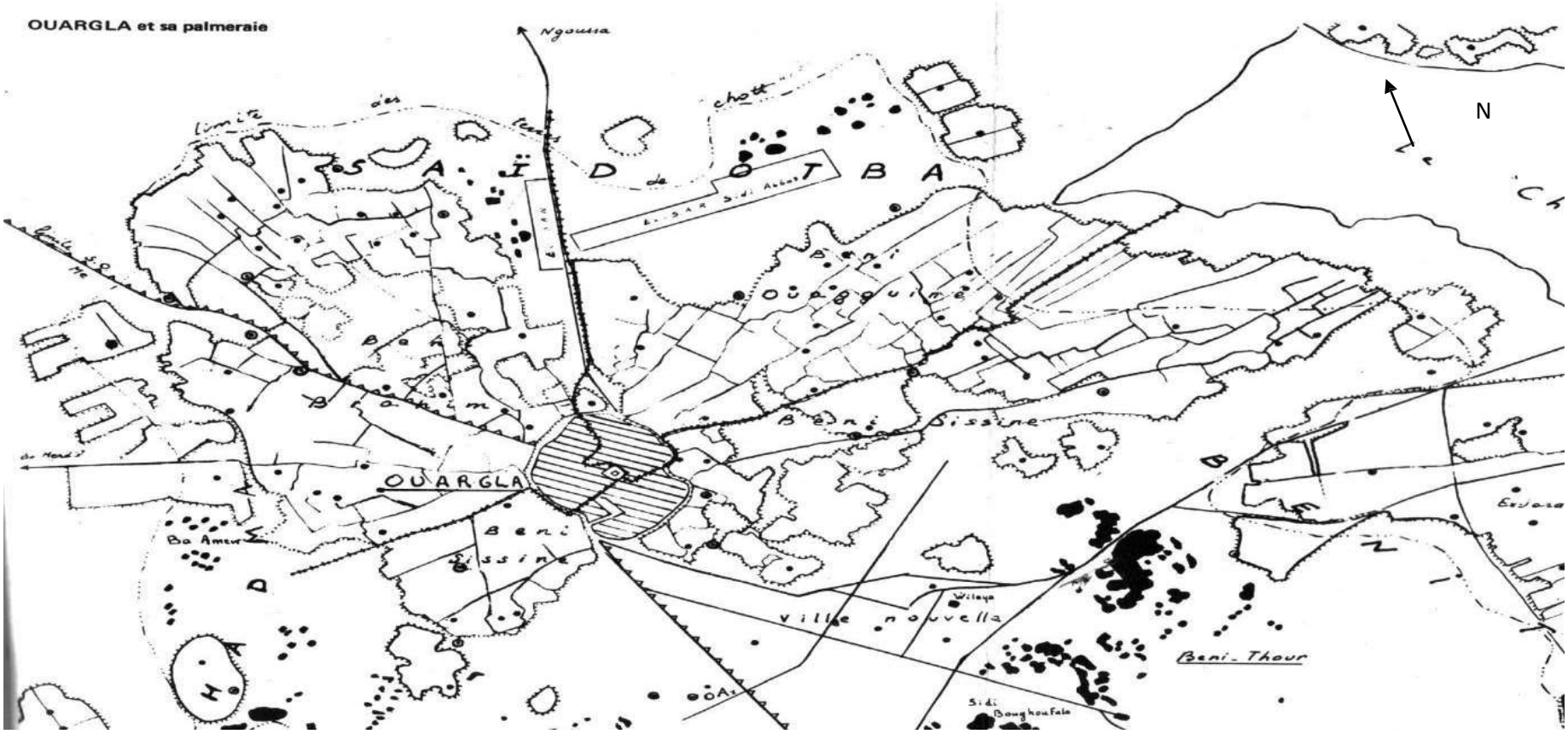


FIG 11. Limites foncières du Ksar de Ouargla et sa palmeraie **(ROUVILLOIS-BRIGOL,1975)**

Méthodes d'étude

1-Enquête

Dans cette étude, on s'est basé sur deux parties principales :

1-La première étude est faite par enquête avec les habitants du ksar qui consiste à poser toute une série de questions concernant l'objectif de notre travail. **(Voir Annexe, P56)**

2-La deuxième étude consiste à faire une étude de dégradation des eaux phréatiques de la palmeraie.

2-Principe d'échantillonnage

Une autre étape a été entamée dans nos recherches sur la qualité des eaux phréatiques qui se traduit par des méthodes d'analyse. Pour cela, nous avons choisi d'utiliser la méthode d'échantillonnage subjective des eaux phréatiques **(MATHIEU et MOSSMANN, 2004)** pour des analyses destinées à une interprétation hydrique afin d'évaluer certains paramètres de pollution.

2-1-Matériels utilisé (voir Annexe, P58)

Le matériel utilisé pour l'échantillonnage sur le terrain et au laboratoire est indispensable pour assurer une bonne méthodologie donc il faut préparer le minimum de ce matériel pour obtenir un échantillon parfait et complet à savoir :

Sur le terrain

-Sonde du profile pédologique (tarière) au minimum de 120cm ;
-Sonde électrique ;
-Multi paramètre ;
-Tuyau transparent d'un mètre et demi ;
-Bouteilles en verre obscure **(Rodier, 2005).**
-Etiquettes et stylo à bille ou crayon gras (vérifier que l'écriture ne disparait pas)

Au laboratoire

-Papier filtre

-Entonnoir

-Fiole **(Clément.M, 2002)**

-Appareil d'analyse DR900

3-Méthode de prélèvement (échantillonnage) (voir Annexe, P59)

L'objectif de notre travail est d'étudier l'impact des rejets des eaux usées sur la qualité des eaux phréatiques dans la palmeraie du Ksar. Pour cet objectif on a choisi un échantillonnage subjectif sur terrain. Cet échantillonnage prélevé sur 12 sites (les périmètres sont à proximités d'une zone pré urbaine) a été effectué selon les étapes suivantes :

-A l'aide d'une carte piézométrique, on a pu déterminer les points qui nous ont permis de détecter les zones de dépression dans la palmeraie **(figu13)**.et à l'aide d'une carte des niveaux statiques on a pu déterminer les points à niveau statique bas **(figu.12).** On transmet ces points localisés sur la carte Google Earth que j'ai installé sur mon téléphone portable qui va nous permettre de préciser leur localisation afin de travailler sur le terrain.

-On se rend sur les lieux munis d'une Tarière où on creuse un trou jusqu'à 120m.

-En ce moment on attend jusqu'à la pression hydraulique stabilise après on fait descendre la sonde électrique dans le trou jusqu'à ce qu'elle déclenche une sonnerie qui confirme la présence de l'eau tout en notant la profondeur par métrage.

-Après, à l'aide d'un multi paramètre (le multi paramètre est un appareil permettant la mesure de différents paramètres chimiques comme la mesure de pH ou température, l'appareil change de mode en fonction de la sonde qui lui est connectée compact et portable, cet appareil permet des mesures rapides et fiables, en laboratoire comme à l'extérieur) on introduit la sonde dans le trou jusqu'à ce que la sonde atteint l'eau et là on obtient les mesures.

-Après avoir noté les mesures du multi paramètre on introduit un tuyau transparent dans le trou qui nous permettra de voir l'arrivée de l'eau aspirée à la bouche.

-Chaque échantillon correspond à un volume de 1 litre selon les bouteilles choisies en verre qui sont soigneusement fermées et étiquetées.

-Les échantillons sont transférés au laboratoire dans une courte durée même si l'échantillonnage est effectué à une saison froide au (mois de février) pour empêcher toute réaction chimique. L'eau sera filtrée à l'aide d'un entonnoir, du papier filtre et une fiole.

-On conserve l'eau filtrée dans les mêmes bouteilles dans le réfrigérateur à un degré de 4°C (**Rodier,2005**) qui seront acheminées au laboratoire d'analyse.

-Au laboratoire, ces échantillons sont analysés par un ensemble d'analyses sur les propriétés physicochimiques de l'eau qui sont : Nitrite, Nitrate, Azote, Phosphore **(Rodier, 2005).**

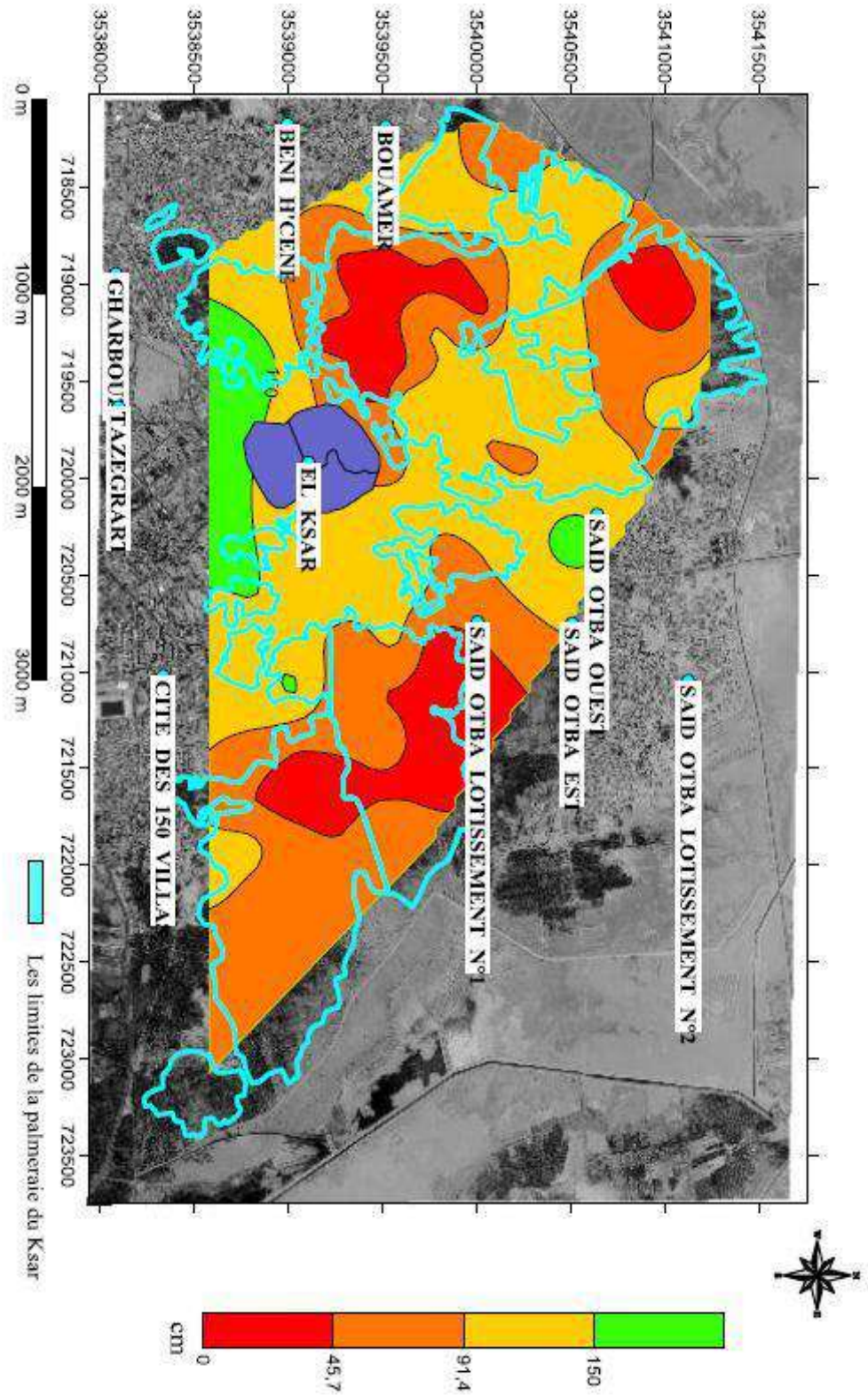


Figure 12. Niveau statique des nappes phréatiques dans les palmeraies du Ksar **(Siboukeur, 20015).**

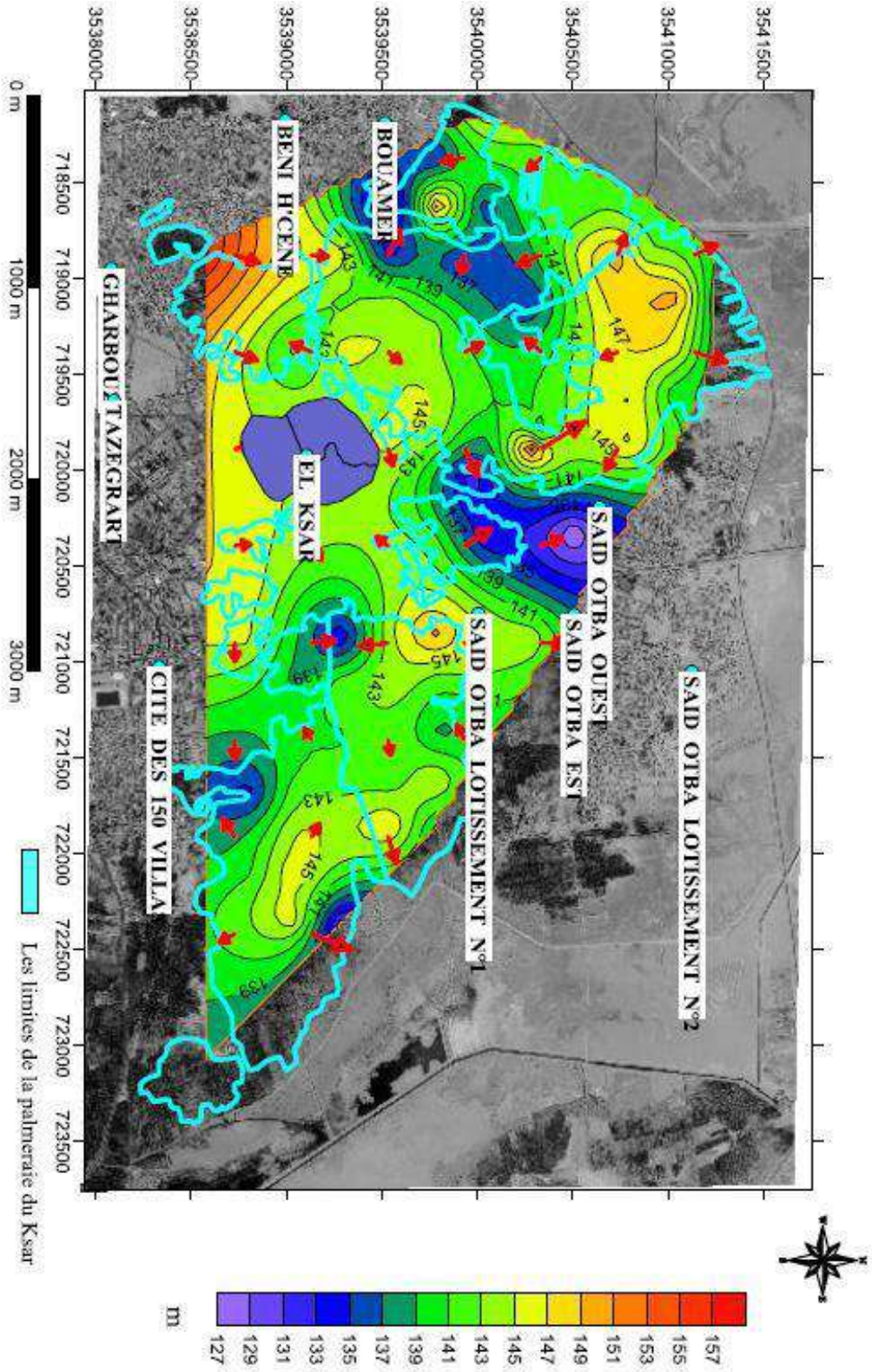


Figure13. Niveau piézométrique des nappes phréatiques dans les palmeraies du Ksar**(Siboukeur , 20015).**

4-Méthodes d'analyses des eaux au laboratoire(voir Annexe, P60)

Tous les paramètres (Nitrate,Nitrite,Azote,Phosphore) sont fait par un seul appareil marque DR900 colorimètre (Un dosage colorimétrique est un type de dosage possible lorsqu'une réaction chimique donne des produits colorés et si l'intensité de la coloration est proportionnelle à la concentration de l'élément à doser) , cet appareil nous permet de calculer les taux de présence des composants chimiques dans nos échantillons.

Les méthodes d'analyse sont en fonction de l'appareil qui est doter d'un programme type qui change en fonction des composants à analyser (Phosphate, nitrate, nitrite….). A chaque analyse, il est indispensable d'effectuer une correction de blanc de réactif en utilisant de l'eau dés ionisée pour obtenir des résultats plus exacts. Le principe c'est de remplir deux cuvette avec 10ml de notre échantillon, une cuvette sera l'échantillon préparé, l'autre sera le blanc.

NB : chaque paramètre a un réactif type, le temps et la technique d'agitation influencent le développement de la coloration,).

On additionne le réactif à une des cuvettes, on respecte le temps et la technique d'agitation conçues pour chaque analyse, entretemps le blanc est placé dans l'appareil et attendre jusqu'à l'écran affiche 0.00mg/l en ce moment, on place la cuvette d'échantillonnage préparée (l'échantillon+réactif+temps et technique d'agitation) dans l'appareil et on attend l'affichage des résultats.

Les méthodes d'analyse sont en fonction de l'appareil qui est doter d'un programme type qui change en fonction des composants à analyser (Phosphate, nitrate, nitrite….). A chaque analyse, il est indispensable d'effectuer une correction de blanc de réactif en utilisant de l'eau dés ionisée pour obtenir des résultats plus exacts. Le principe c'est de remplir deux cuvette avec 10ml de notre échantillon, une cuvette sera l'échantillon préparé, l'autre sera le blanc.

NB : chaque paramètre a un réactif type, le temps et la technique d'agitation influencent le développement de la coloration,).

On additionne le réactif à une des cuvettes,on respecte le temps et la technique d'agitation conçues pour chaque analyse, entretemps le blanc est placé dans l'appareil et attendre jusqu'à l'écran affiche 0.00mg/l en ce moment, on place la cuvette d'échantillonnage

Chapitre IV

Résultat et discussion

1-Etude de la gestion des eaux usées

Selon l'**APC** et à partir de notre enquête menée au prés des habitants du Ksar, on conclue que la totalité des maisons sont raccordées au réseau d'assainissement.

L'année de raccordement diffère d'une zone à une autre (figIII)

Tableau III. La gestion des eaux usée par zone

Zone péri-urbaine	Mode de rejet	Situation
Beni Brahim	Raccorder au réseau d'assainissement	-Raccordement fait en 2015
Beni Ouaguine		-Raccordement fait en 2014 - concernant d'anciens réseaux qui datent de 2011-2012 sont restés sans renouvèlement
Beni Sissine		-Raccordement fait en 2016 concernant d'anciens réseaux qui datent de 2011-2012 sont restés sans renouvèlement

Le tableau (figIII) montre que le raccordement de Beni Brahim est récent, qui date de 2015, alors que la zone de Beni Ouaguine a été raccordée en 2014 sauf qu'il y a quelques anciens réseaux d'assainissement qui datent de 2011-2012 qui n'ont pas été renouvelés.

Pour Beni Sissine, le raccordement été fait en 2016 sauf qu'il y a quelques anciens réseaux d'assainissement qui datent de 2011-2012 qui n'ont pas été renouvelés

2-Dégradation hydrique da la palmeraie du Ksar

Le niveau statique de la nappe phréatique peut constituer un élément clef pour la détermination de l'ampleur des effets des éléments polluant sur le palmier dattier.

Le niveau statique dans la palmeraie de Beni Brahim est le plus elevé avec une moyenne de 81,75±26,56 puis la palmerais de Beni Ouaguine avec une moyenne de 76,50±6,02 et en troisième position vient la palmeraie de Beni Sissine avec une moyenne de 76,25±14,9 (fig17).

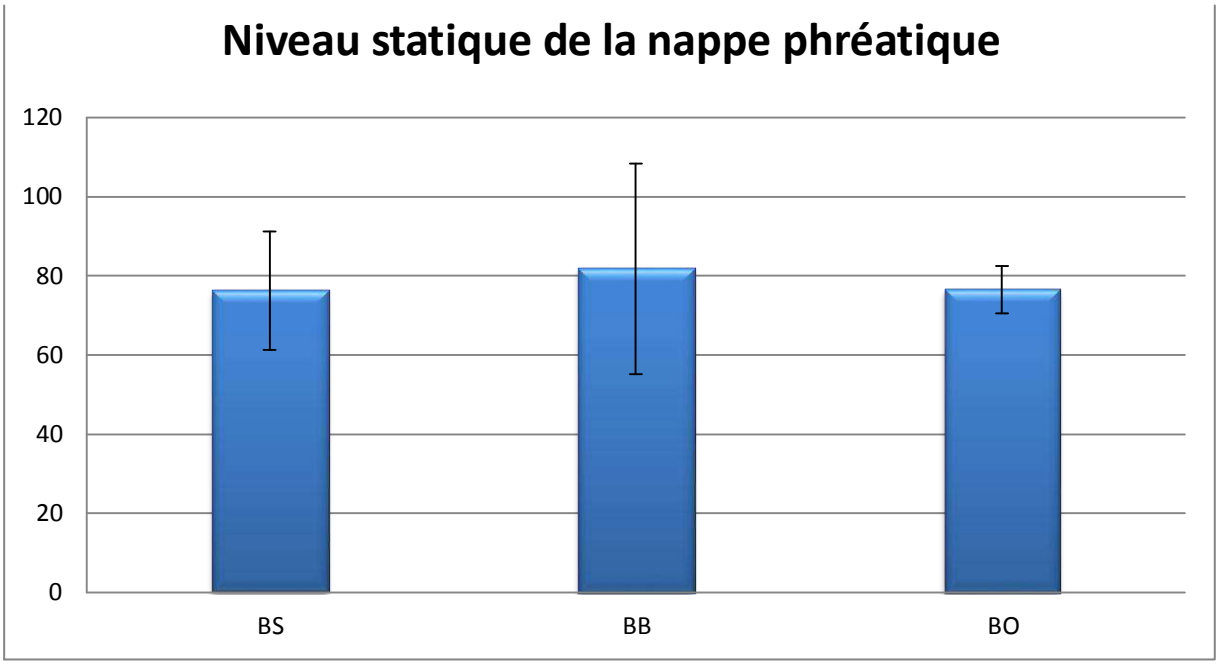


Fig17.Niveau statique dans les 03 palmeraies

Selon **DADDI BOUHOUN (2010)**, l'action limitative racinaire et de rendements des palmiers dattiers dépend des biotopes oasiens. Il propose une classification de performance racinaire dans les biotopes oasiens où l'action limitative des nappes et des croûtes sur l'enracinement est : sévère, modérée et insignifiante correspondant à trois groupes de profondeur : superficielle, moyenne et profonde, avec les groupes de profondeurs respectives : 0-1,5 m, 1,5-3 m et supérieures à 3 m) le niveau statique de la nappe phréatique constitue une action sévère sur le palmier, cette action peut aggravée si les eaux phréatiques sont polluées.

3-Qualité physico-chimique des eaux phréatique

3-1-Conductivité électrique

Selon **Rodier 2009 et Nordine Nouayti1, Driss Khattach1, Mohamed Hilali (2015**) la conductivité électrique est un élément crucial pour la détermination de la qualité des eaux, il permet d'évalué rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et signaler si les eaux sont susceptibles d'être polluées.

Nous avons utilisés l'échelle établie par **RODIER (2009)** pour classer les eaux phréatique dans la palmeraie du Ksar (TabVI).

Tableau VI. La relation entre la minéralisation et la conductivité électrique des eaux

Conductivité électrique µS.cm	Différentes classes de minéralisation
Conductivité < 100 µS/cm	minéralisation très faible
100 µS/cm < Conductivité< 200 µS/cm	minéralisation faible
200 µS/cm < Conductivité< 333 µS/cm	minéralisation moyenne
333 µS/cm < Conductivité< 666 µS/cm	minéralisation moyenne accentuée
666 µS/cm < Conductivité< 1000 µS/cm	minéralisation importante
Conductivité< 1000 µS/cm	minéralisation élevée

La conductivité électrique dans la palmeraie de Beni Brahim a marqué une moyenne de conductivité très élevée qui est 0,50±16,26 µS/cm suivi par la palmeraie de Beni Sissine avec une moyenne de 0,33±22,93 µS/cm et en troisième position vient Beni Ouaguine avec une moyenne de 0,22±6,23 µS/cm (fig18). Donc la majorité des eaux phréatique ce sont des eaux à une minéralisation élevé. Cette variation peut être due par présence des substances polluantes contenues dans les eaux domestiques provoquées par différentes degrés des fuites causées par les anciens réseaux d'assainissement (**APC de ouargla en 2017**).

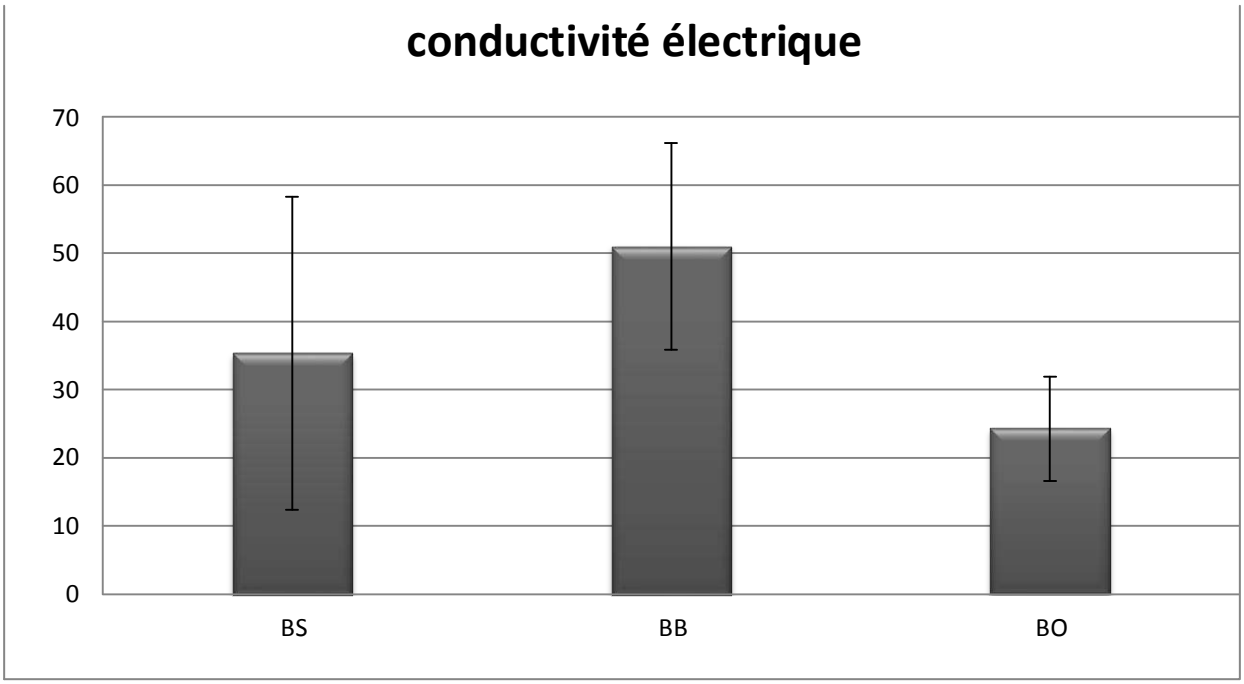


Fig18 : moyenne de conductivité dans les 03 palmeraies (unités)

Ces teneurs élevés de la conductivité électrique peuvent être d'origine des eaux d'irrigation et de lessivage où la conductivité **selon REJSEK, (2002)** dépend de la nature des ions dissous et de leurs concentrations (Nitrate, Phosphate, Nitrite et l'Azote)**.** Ça Peut-être aussi à cause de la texture du sol qui permette l'entrainement des ions vers les eaux phréatiques.

Selon **Rodier (2009)** des valeurs élevées en conductivité électrique signalent des eaux susceptibles d'être polluées.

La concentration maximale autorisée selon**(le journal officiel 2011)** est de 2800 µS.cm

.

4-Qualité chimique des eaux phréatique

L'étude de la qualité chimique des eaux phréatique a été réalisée en se basant sur quatre éléments (NO^{-3}, NO^{-2}, N, P). Pour l'interprétation de ces paramètres nous avons utilisé les normes de journal officiel 2011.

4-1-Nitrate

On note que la teneur en Nitrate dans les eaux de la nappe phréatique Beni Ouaguine est la plus élevée avec une moyenne de 4,22±0,60m/l puis la palmeraie de Beni Brahim en deuxième position avec une moyenne de 2,05±0,68mg/l et en troisième position vient la palmeraie de Beni Sissine avec une moyenne de 1,86±0,66mg/l.(fig19)

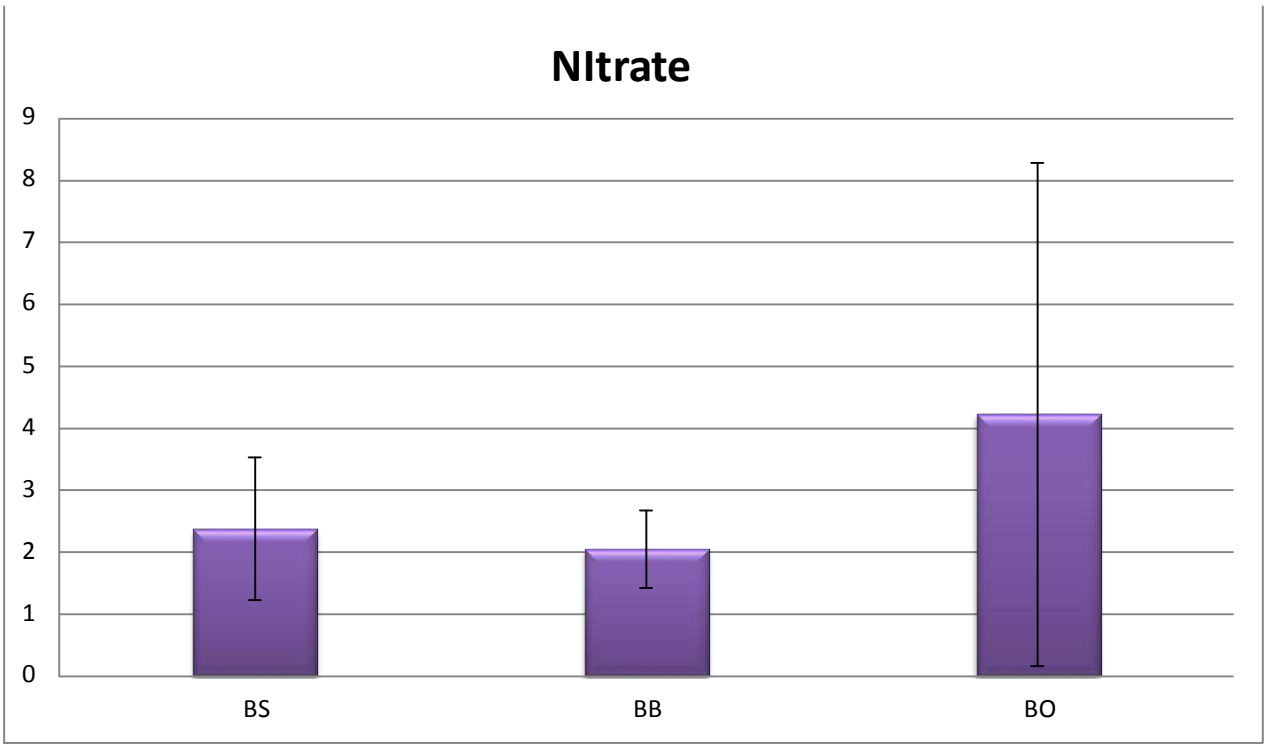


Fig19: moyenne de Nitrate dans les 03 palmeraies

Cette déférence en teneurs observées dans les 03 palmeraies peut être due à des déchets urbains, déchets organiques et, mais ils sont faibles, cela est fort probablement à cause de non développement d'une agriculture intensif et de l'élevage dans la palmeraie du Ksar où selon **Bremond R. et Vuichard R. in Nordine Nouayti et al (2015), RODIER**

(2009) et (Tisseau M.A et al, 1998). L'activité humaine, développement des élevages, et une fertilisation excessive des zones agricoles par les engrais, les fientes et fumiers divers, voire les boues de stations d'épuration accélèrent le processus d'enrichissement en nitrate. La déférence de la densité de couverture végétale par ce que les surfaces ne sont pas toutes égales face à l'entraînement des nitrates. Un sol nu réagira différemment d'un sol en culture **(Daum J.R, 1996),** et même la texture du sol des palmeraies peut être une cause par l'entrainement des Nitrate dans les eaux phréatiques ce qui conduit à une grande variation des teneurs.

D'après nos données le point P5 a noté la teneur la plus élevée par rapport aux autres points, ça peut être à cause des anciens réseaux d'assainissement raccordé avec les maisons qui sont pré de cette zone.

Les nitrates sont présents naturellement dans les eaux souterraines. La concentration maximale autorisée selon**(le journal officiel 2011)** est de 50 mg/1. C'est la pollution « artificielle » qui fait augmenter les taux de nitrate. Donc d'après nos résultats, le Nitrate ne dépasse pas les normes.

4-2-Nitrite

On a enregistré la teneur la plus élevé en Nitrite des eaux phréatique à la palmeraie de Beni Brahim avec une moyenne de 0,029±0,024mg/l, puis à la palmeraie de Beni Ouaguine en deuxième position avec une moyenne de 0,0065±0,007m/l et en troisième position vient la palmeraie de Beni Sissine avec la moyenne 0,004±0,004mg/l.(fig20)

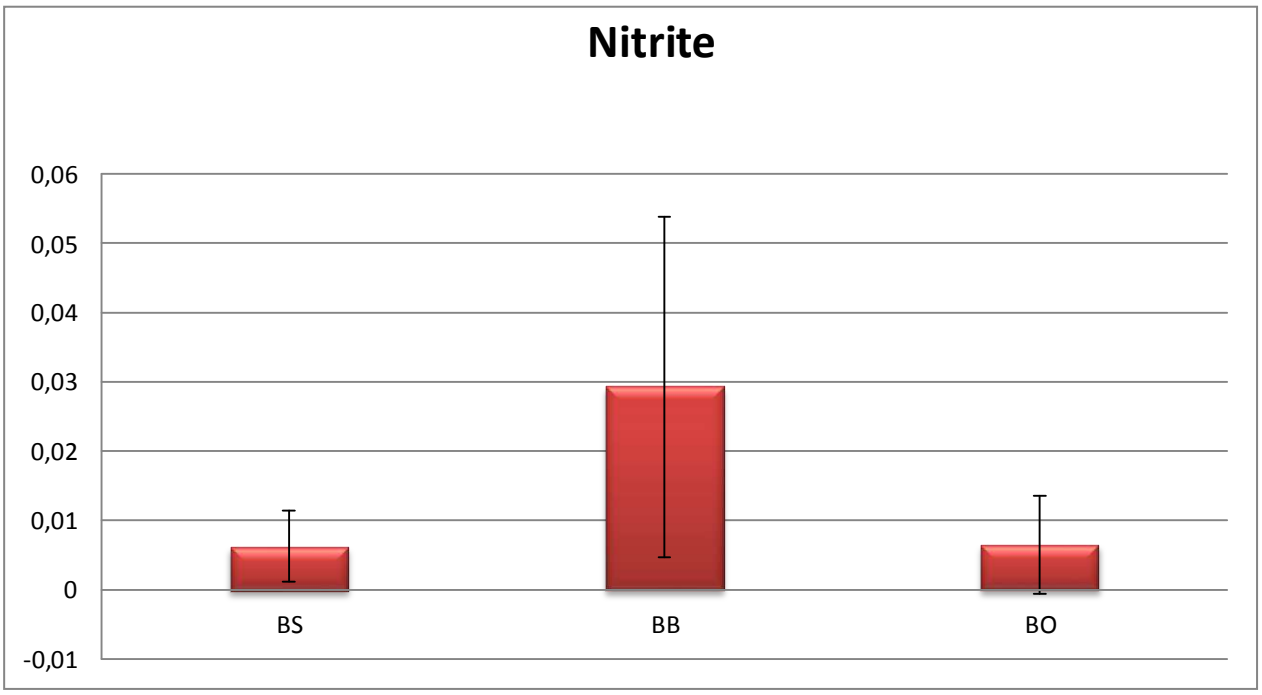


Fig20: moyenne de Nitrite dans les 03 palmeraies

La déférence entre les teneurs est peut être due a cause de lixiviation du fumier animal et la décomposition des matières végétales et animales par les micro-organismes plus l'érosion des gisements naturels (**Megnien Claude1979**) sans oublier les accumulations des déchets urbains.

Beaucoup de sources de Nitrate peuvent également constituer des sources de Nitrite, notamment le Nitrite est présent dans l'état naturel dans l'eau et les plantes. **(Beatson,1978)**

Les données nous montrent qu'il y a des variations des teneurs en Nitrite entre les déférentes zones des 03palmeraies et les teneurs les plus élevée sont à Beni Brahim dans P4 et P2 par ce qu'ils sont les plus proche à l'urbanisme et dans P2 il y a une grande accumulation des déchets.

La concentration maximale autorisée selon**(le journal officiel 2011)** est de 1 mg/1. Donc le Nitrite dans les palmeraies du Ksar ne dépasse pas les normes**.**

4-3-Le Phosphore

Selon l'histogramme, Beni Sissine a marqué la teneur la plus élevée de phosphore soit 22,03±9,33mg/l dans les eaux phréatiques suivi par Beni Ouaguine d'une moyenne 21,52±16,62mg/l qui est proche de celle de Beni Sissine. En troisième position vient la zone de Beni Brahim d'une moyenne de 15,73±10,74mg/l un peu réduite des deux autres palmeraies.(fig21)

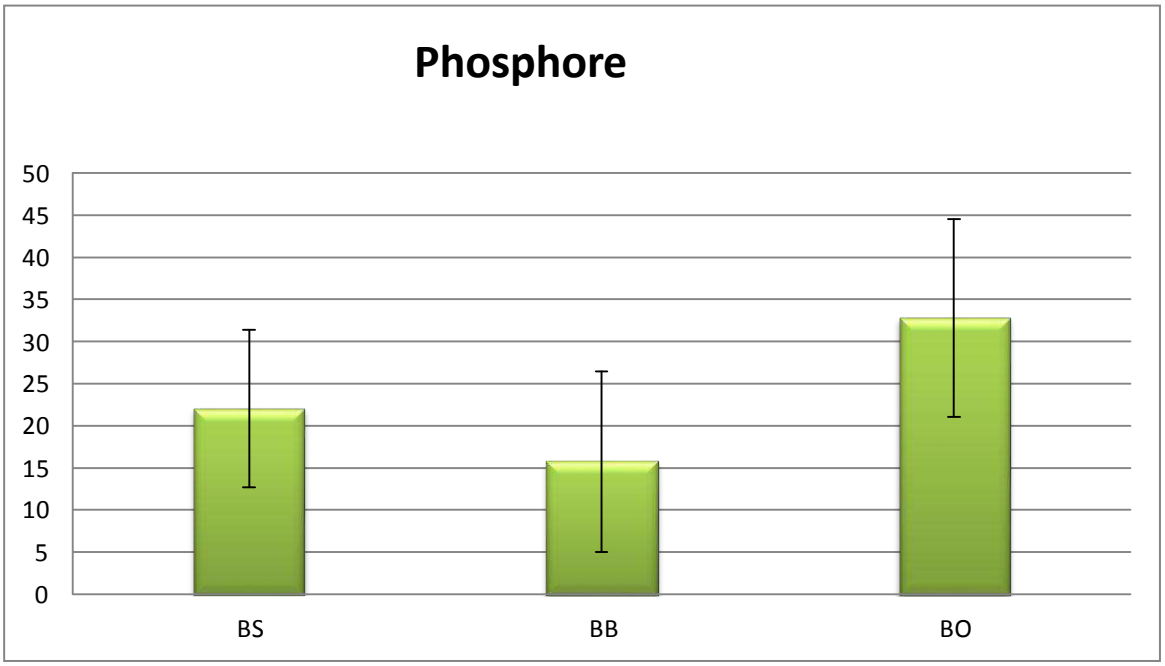


Fig21 : moyenne de Phosphore dans les 03 palmeraies

Ces teneurs en phosphore peuvent être due à cause des accumulations des déchets dans les 03palmeraies ou à cause de texture du sol qui entraine le phosphore facilement transporté par les ruissèlements avec les matières organiques en décomposition.

On peut trouver le phosphore naturellement, soit associé à la matière organique du sol, soit sous forme minérale **(Rotton, J,1982)**

D'après nos données, il y a une variation entre les déférents points et ça peut être à cause de la distance (des zones plus proche à l'urbanisme que les autres)

La concentration maximale autorisée selon**(le journal officiel 2011)** est de 50 mg/1. Donc le phosphore dans les palmeraies du Ksar ne dépasse pas les normes.

4-4-L'Azote

Selon l'histogramme, Beni Ouaguine a marqué une moyenne de 0,357±0,066mgl la plus élevée d'Azote dans les eaux phréatiques suivi par Beni Sissine avec une moyenne 0,276±0,021mg/l et en 3eme position vient Beni Brahim avec une moyenne 0,252±0,242mg/l.(fig22)

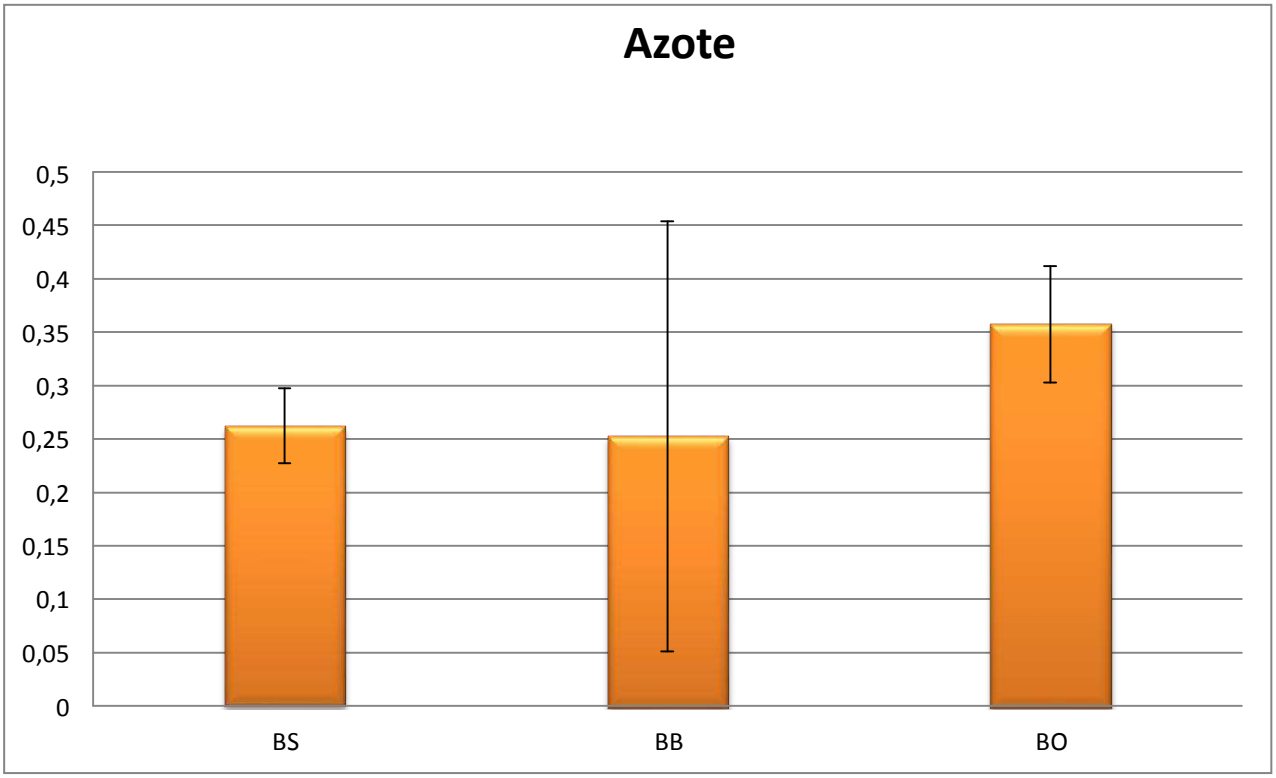


Fig22 : moyenne d'Azote dans les 03 palmeraies

Selon **(Ramon Serge, 1975)** Les teneurs en azote peut être due à cause de la matière organique dans le sol qui provient résidu de culture ou des déjections animales. L'azote d'origine agricole correspond au flux de nitrate lixivié sous les sols agricoles et susceptible de rejoindre les milieux par ruissellement selon la texture du sol des palmerais.

La concentration maximale autorisée selon**(le journal officiel 2011)** est de 1 mg/1. Donc l'Azote dans les palmeraies du Ksar ne dépasse pas les normes**.**

l'occurrence de Nitrate et Nitrite et le Phosphore et l'Azote, peut être due à cause des fuites dans les anciens réseaux d'assainissement (raccordés en 2011-2012) dans la palmeraie de Beni Ouaguine et la palmeraie de Beni Sissine (**APC de Ouargla en 2017**).

5- Analyses statistiques

La corrélation de Spearman est étudiée lorsque deux variables statistiques semblent corrélées sans que la relation entre les deux variables soit de type affin. Elle consiste à trouver un coefficient de corrélation.

A l'aide de Google earth, on a mesuré la distance de chaque point d'échantillonnage par rapport à l'urbanisme.

D'après nos données, on a fait l'objet d'une analyse statique, ou l'analyse n'a pas montrer une corrélation significatif pour tous les paramètres étudiés et la distance (Tab V).

Tableau V : Corrélation de Spearman

Variables	Distance (cm)
NS	0.681
N.a	0.843
N.i	0.683
P	0.758
Nt	0.484
Cee	0.708
D.u	**0**

Values in bold are different from 0 with a significance level alpha=0.05

Peut-être le problème est dans :

- Le nombre, le choix des points d'échantillonnage
- La distance par rapport à l'urbanisme
- Le choix de type des variables

On a utilisé aussi le test de Kruskal-Wallisce est un test non paramétrique à utiliser lorsqu'on est en présence de k échantillons indépendants, afin de déterminer si les échantillons proviennent d'une même population ou si au moins un échantillon provient d'une population différente des autres.

L'analyse statique de nos données entre les paramètres de pollution (NO^{-3} ,NO-2,P,N) et les trois palmeraies, n'a pas montré une différence significative sauf pour le NO-2 qui a montré une corrélation hautement significative.

Tableau VI : test de Kruskal-Wallisce

paramètre	Nitrate	Nitrite	Phosphore	Azote
palmeraie	0.6765	0.03778	0.07748	0.2553

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce travail a été réalisé dans le but d'étudier la vulnérabilité et les risques de contamination de la nappe phréatique dans la cuvette d'Ouargla (Sud Est d'Algérie), grâce aux paramètres physico-chimiques. Ceci nous permettra de disposer des données de base nécessaires pour une gestion plus rationnelle, contribuant ainsi à la lutte contre la pollution.

L'étude physico-chimique a montré que les eaux prélevées de la nappe phréatique ne représentent pas de danger sur l'environnement d'après les chiffres retenus qui montre que les eaux phréatique dans les zones péri-urbain ont des faibles teneurs en phosphates, nitrite, azote, nitrate, qui ne sont pas très élevées au-dessus de la norme et qui font l'objet d'une suspicion de fuites dues aux réseaux d'assainissements.

Malgré l'intérêt de ces substances (nitrate, nitrite, azote, phosphore) dans l'amélioration des rendements agricoles, deviennent nuisibles pour la santé humaine et l'environnement si ces normes ne sont pas respectées et l'eau est considérée comme non conforme. A la lumière des résultats enregistrés dans les zones péri-urbaines de la palmeraie du ksar, on peut conclure que celle-ci est non exposée à des eaux phréatiques polluées. Toutefois en vue de la préservation et la conservation de la palmeraie des contrôles réguliers des eaux phréatique et une bonne gestion des eaux usées est préconisée.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Archibald, F., (2000) The presence of coliform bacteria in Canadian pulp and paper mill water systems - a cause for concern? Water Qual Res J. Canada.

APC : Assemblé Populaire Communale de Ouargla (Service Technique)

Boukari M ., Alidou S.,Oyédé L.M et Maliki R. Identification des aquifères de la zone littorale du Benin, Hydrochimie et problème d'alimentation en eau .

Bonnard & Gardel. 2001. Vallée de Ouargla. Etudes d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation. Mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique. Mission IA Reconnaissances et diagnostic de l'assainissement, 156p.

Bonnard & Gardel. 2003. La Vallée de Ouargla. Etudes 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 montée de la nappe dans la cuvette de Ouargla. Mission IV Autres investigations Volet agro pédologie, 26p.

BONNARD et GARDEL., 2002 - Etudes d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation. Mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique. Mission IA : Reconnaissance et diagnostic de l'assainissement. 164 p.

BREMOND R., VUICHARD R. (1973) Paramètres de la qualité des eaux, Ministère de la protection de la nature et de l'environnement, SPEPE, Paris 179 COMITE NORMES et STANDARDS. (1994) Ministère de l'environnement du Maroc.

Beatson, C.G. Methaemoglobinaemia—Nitrates in drinking water. Environ. Health, 86: 31 (1978). 2. Agriculture Canada. Canadian

CÔTE M., 1998 - Des oasis malades de trop d'eau. Sécheresse. V 9. N°2. pp : 123 - 130.

Cornet, A. 1961. Initiation à l'hydrogéologie saharienne. Cours ronéoté destiné aux officiers du cours préparatoire aux Affaires sahariennes. S.E.S. Birmandreis, Alger.

Daum J.R., Desprats J.F., Durand F. (1996) - Précipitations efficaces moyennes annuelles en France (1965-1994). Rapport BRGM R 38975,17 p., 4 ann.

DJEBAILI S. (1978). Recherches phytosociologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien algérien. Thèse de Doctorat ès-science, Univ. Montpellier, France, 229 p.

Demlie,M.and Wohnlich,S,(2006) sol and grandwater pollution of an urban catchment by trace metals: case study of the Addis Ababa region .central Ethiopia.Journal of Environmental Geology,51,3,421-431.

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 de Doctorat . Université BADJI Mokhtar, Annaba. 365 p.

Etudes D'assainissement Des Eaux Résiduaires, Pluviales Et D'irrigation.

Mesures Complémentaires De Lutte Contre La Remontée De La Nappe Phréatique" (mission IA reconnaissance et diagnostic de l'assainissement), juillet 2002, Bureau d'études B.J suisse.

Foster, S.S.D. and Chilton, P.J. (2004) Downstream of downtown – urban wastewater as groundwater recharge. Hydrogeology Journal 12: 115–120.

FLORET Ch. et R. PONTANIER (1982). L'aridité en Tunisie présaharienne : climat, sol, végétation et aménagement. Travaux et documentation de l'ORSTOM, N° 150, Paris, 544 p.

Freeze, R.A., and Cherry, J.A., 1979, Groundwater: Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 604 p.

Grosclaude, Gérard., (1999) L'eau, tome 1 : Milieu naturel et maîtrise et tome 2 : Usages et polluants. Versailles, Institut National de la recherche Agronomique (Coll. « Un point sur … »), 204 p. et 210 p.

GAUCHER G. et S. BURDIN (1974). Géologie, géomorphologie et hydrologie des terrains salés. Presses Universitaires de France (Éditeurs), France, 230 p.

Hamdi-Aissa, B., 2001. Le fonctionnement actuel et passé de sols du Nord-Sahara (Cuvette de Ouargla). Approches micromorphologique, géochimique, minéralogique et organisation spatiale. Thèse Doct., Inst. National Agronomique, Paris-Grignon,283p.

HADE, A., 2002. Nos lacs – les connaître pour mieux les protéger. Éditions Fides, 360 p

IDDER A. (2006). Mode de fixation et de cristallisation des sels dans un sol nu non irrigué dans la région de Ouargla. Thèse de Magister, Inst. Nat. Agro., El-Harrach, Algérie, 100 p.

IDDER T. (1998). La dégradation de l'environnement urbain liée aux excédents hydriques au Sahara algérien. Impact des rejets d'origines agricole et urbaine et techniques de remédiation proposées. L'exemple de Ouargla. Thèse de Doctorat, Univ. Angers, France, 284 p

KATERJI (N)., BRUCKLER (L), DEBAEKE (P).–2002L'eau, l'agriculture et l'environnement. Analyse introductive à une réflexion sur la contribution de la recherche agronomique, *Courrier de l'environnement de l'INRA, 46*, 2002, p. 39-50.

Ladjel, F. 2006., Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02. Centre de formation au métier de l'assainissement. CFMA- Boumerdes. 80p.

Mathieu, C. and Pieltain, F., (2003) Analyse chimique des sols méthodes choisies. Editions Tec et Doc/Lavoisier, Paris, 408 p

Megnien Claude., Hydrogéologie du centre du bassin de Paris. Mémoire du B.R.G.M. Paris 1979.

MOUDJAHED N,(2011) : etude geotechnique de ligne de tramway de ouargla.114p

Nezli, I.E. 2004. Mécanismes d'acquisition de la salinité et de la fluoration des eaux de la nappe phréatique de la basse Vallée de l'Oued Mya (Ouargla). Univ. d'Alger,Mém. Magister, Univ. Badi Mokhtar Anaba, 93p.

Nesson, C. 1978. L'évolution des ressources hydrauliques dans les oasis du Bas

Sahara algérien. In: Recherche sur l'Algérie. Ed. CNRS, Paris, pp 7-100.

Nouayti1, Khattach , Hilali,2015 : Laboratoire des Géosciences appliquées et COSTE, Faculté des sciences, Université Mohamed premier Oujda60000.

O.N.M. Ouargla., 2017- Données météorologiques de Ouargla (2007-2016).

OMS.,1989 - L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquiculture recommandations à visées sanitaires;Série de rapport technique ,778 ,Genéve ,P 82.

RODIER J., LEGUBE B., MERLET N., 2009- L'analyse de l'eau. Paris :Dunod.

POTELON., J. L. ZYSMAN. K., 1998. Le guide des analyses de l'eau potable .ED. La lettre du cadre territorial, Voiron: 171-187p.

REGSEK F., 2002 - analyse des eaux, aspect réglementaire et techniques, Edition scrérén CRDPA quitaine; Bordeaux.

RODIER J., 2005 - L'analyse de l'eau,Édition Dunod,Paris.

Robertson ., W (1995), Utilités et limites des indicateurs microbiologiques de la qualité de l'eau potable. Dans : Air intérieur et Eau potable, sous la direction de Pierre Lajoie et Patrick Levallois, Presses de l'Université Laval, p. 179-193.

Rapport des activités mensuelles de la direction de l'hydraulique de la wilaya de Ouargla (DHW Ouargla) du 1985 au 2008.

Rapport des activités mensuelles au niveau de l'office national d'assainissement (ONA Ouargla) du 1998 au 2008.

RODIER J., LEGUBE B., MERLET N., 2009- L'analyse de l'eau. Paris : Dunod.

Rotton, J., Tikofsky, R.S. et Feldman, H.T. Behavioral effects of chemicals in drinking water. J. Appl. Psychol., 67: 230 (1982).

SLIMANI R., 2006 - Contribution à l'évaluation d'indicateurs de pollution environnementaux dans la région de Ouargla: Cas des eaux de rejets (agricoles et urbaines). Mémoire de magister en agronomie saharienne. Université Kasdi Merbah Ouargla.

Siboukeur.,A,2015. L'eau et l'espace agraire dans la cuvette de Ouargla :cas de la palmeraie du Ksar.Mémoire de MasterII en Science Agronomique. Université Kasdi Merbah Ouargla.

SERVANT J. (1978). La salinité dans le sol et les eaux : caractérisation et problèmes d'irrigation-drainage. Bull. BRGM (2), III, 123-142.

Thomas O., 1995. Météorologie des eaux résiduaires. Ed. Cedeboc. 135p.

IDDER T., 2007 - Le problème des excédents hydriques à Ouargla : situation actuelle et perspectives d'amélioration, Sécheresse. V 18. N° 3. pp : 161 - 167.

UNESCO (1970). Projet ERESS : Etude des ressources en eau du Sahara septentrional. Rapport final - Paris.

UNESCO., 1972. Projet reg 100. Etude des ressources en eau du Sahara septentrional. Rapport sur les résultats du projet, UNESCO, Paris. 78p.

Vries et SIMMERS (2002)., Natural groundwater recharge estimation in semiarid zones: Some state-of-art observations. Proc. of the Sahel Forum, the State-of-Art of Hydrol. And Hydrogeol. in the Arid and Semi-Arid Areas of Africa, Oua-gadougou, Burkina Faso, February. 374-386.

Annexes

Plan d'enquête N°

1-Facteur Humain

1-Numero de maison :

2- Nom de quartier :

3- Profession :

Les questions de l'enquête

1-est ce qu'ils sont raccordés aux réseaux d'assainissement ? Oui ☐ non ☐

2-est ce qu'ils utilisent les fausses septiques ? Oui non ☐

3-si ils sont raccordés, depuis quand ? Oui non ☐

4-pour les agriculteurs, est ce qu'ils utilisent les engrais ? Oui non ☐

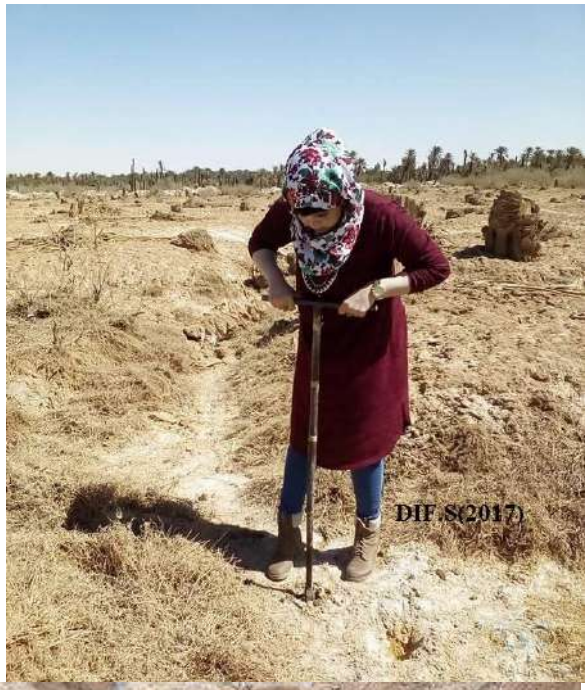
Résultats des analyses physico-chimiques des eaux phréatiques du Ksar

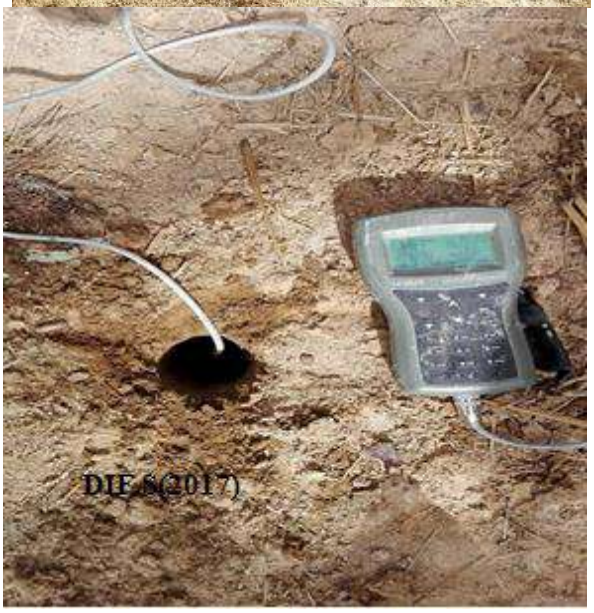
Paramètre	zone	Niveau statique cm	Nitrate mg/l	Nitrite mg/l	Phosphore mg/l	Azote mg/l	T° C°	Con E µS.cm	F(t)	K©	CE NP	CE Kcl
Beni Sissine	P1	60	2,60	0 ,012	15,8	0 ,22	21,49	24,36	1,081	1,06	25,82	11,23
	P7	70	1,30	0,009	35,83	0,30	20,06	16,65	1,116	0,92	14,39	12,44
	P8	95	1,70	0,001	16,88	0,28	19,41	26,42	1,131	0,91	24,04	12,47
	P11	80	3,90	0,003	19,62	0,25	19,86	67,56	1,121	0,91	61,47	12,63
Beni Brahim	P2	50	1,20	0,018	15	0,20	19,97	32,39	1,118	0,94	30,44	12,22
	P3	80	2,20	0,066	13,79	0,47	19,58	41,45	1,351	0,77	31,91	12,11
	P9	115m	2,70	0,014	30,08	0,34	18,80	59,14	1,147	0,88	52,04	12,68
	P4	82	2,10	0,019	4,07	00	19,70	68,10	1,123	0,88	59,92	12,72
Beni Ouaguine	P10	80	1,20	0,002	25,97	0,36	18,69	17,22	1,152	0,91	15,67	12,30
	P5	83	10,20	0,003	20,04	0,40	21,09	27,79	1,091	1,02	28,34	11,50
	P6	73	3,10	0,017	40,08	0,28	21,08	27,90	1,091	1,01	28,17	11,33
	P12	70	2,40	0,004	45,09	0,39	21,30	16,88	1,083	0,94	15,86	12,60

Les déchets urbains dans la palmeraie

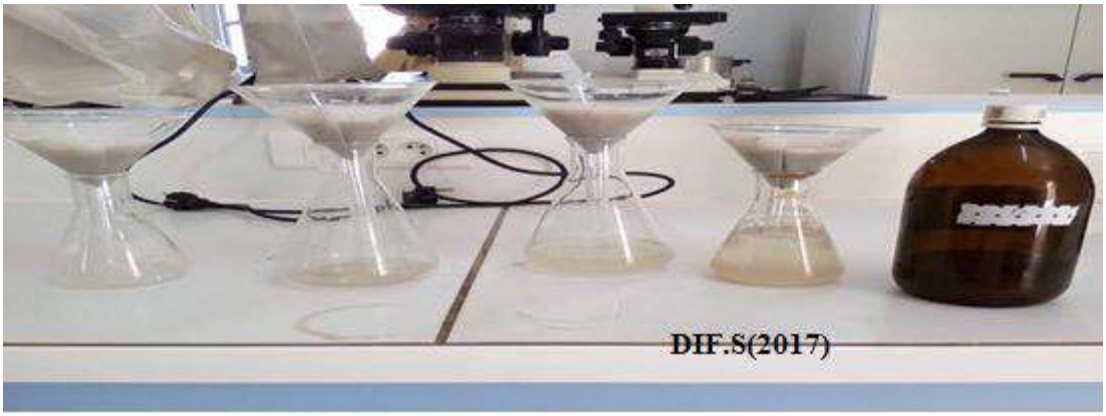
Le matériel utilisé pour l'échantillonnage sur terrain

Méthode d'échantillonnage des eaux phréatiques





Les analyses au laboratoire



L'appareil DR900 Colorimètre

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION ……...…….……01

PARTIE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Généralité sur les eaux usées

1-Définition des eaux usées…….……03

2-Origines des eaux usées……..…...03

2-1-Origine industrielle……...…….04

2-2-Origine domestique……...04

2-3-Origine agricole……05

3-Caractéristiques des eaux usées…….….06

3-1-La température……..…06

3-2-La matière en suspension (MES)……...…...06

3-3-Paramètres Organoleptiques……06

3-3-1-La Turbidité ……...……06

3-3-2-La couleur …….……..07

3-4-Paramètres Chimiques ……..……07

3-4-1-Le potentiel Hydrogène (pH): ……...…….……07

3-4-2-La Conductivité…….……...……07

3-4-3-L'oxygène Dissous …….…….……08

3-4-4-La Demande Chimique en Oxygène (DCO)……...……08

3-4-5-La Demande Biochimique en Oxygène (DBO)……...…08

3-4-6-L'azote …….…….……..……09

3-4-7-Les nitrates …….……..……09

3-4-8-L'azote ammoniacal.…….…09

3-4-9-Le Phosphore ……..……..10

3-4-10-Le sulfate……..…11

3-5-Paramètres Bactériologiques..……..…11

3-5-1-Les germes totaux.……...……..11

3-5-2-Coliformes totaux.……11

3-5-3-Coliformes fécaux.……..……..11

3-5-4-Streptocoques fécaux.…….……..11

4-Normes des rejets dans un milieu récepteur……...12

Chapitre II : les eaux phréatiques

1-Définition des eaux phréatiques…….13

2-Définition des eaux phréatiques…….……13

3-Les différents types de la nappe phréatique……..13

4-Pollution de la nappe phréatique……13

4-1-La pollution urbaine …….……13

4-2-La pollution agricole……..…...14

4-3-La pollution industrielle……...14

4-4-La pollution saline……14

4-5-La pollution ménagère……15

5-Généralités sur la nappe phréatique de la région de Ouargla…….

.....15

Matériels d'étude

1-Choix de la région……30
2- Choix de la palmeraie……30
3-Présentation de la palmeraie……..…30

Méthodes d'étude

1-Enquête……33
2-Principe d'échantillonnage……..33
2-1-Matériels utilisé……33
3-Méthode de prélèvement (échantillonnage)……34
4-Méthodes d'analyses des eaux au laboratoire……38

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION

1-Etude de la gestion des eaux usées……40
2-Dégradation hydrique da la palmeraie du Ksar……40
3-Qualité physico-chimique des eaux phréatique……...41
3-1-Conductivité électrique……..41
4-Qualité chimique des eaux phréatique……44
4-1-Nitrate……..44
4-2-Nitrite……...46
4-3-Le Phosphore……..47
4-4-L'Azote……48
5-Analyses statistiques……..49

Matériels d'étude

1-Choix de la région……30
2- Choix de la palmeraie……30
3-Présentation de la palmeraie……..…30

Méthodes d'étude

1-Enquête……33
2-Principe d'échantillonnage……..33
2-1-Matériels utilisé……33
3-Méthode de prélèvement (échantillonnage)……34
4-Méthodes d'analyses des eaux au laboratoire……38

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION

1-Etude de la gestion des eaux usées……40
2-Dégradation hydrique da la palmeraie du Ksar……40
3-Qualité physico-chimique des eaux phréatique……...41
3-1-Conductivité électrique……..41
4-Qualité chimique des eaux phréatique……44
4-1-Nitrate……..44
4-2-Nitrite……...46
4-3-Le Phosphore……..47
4-4-L'Azote……48
5-Analyses statistiques……..49

Conclusion générale……..…….51

Références bibliographiques…….52

Annexes……..57

Liste des abréviations

Abréviation	Signification
ERU	Eaux résiduaires urbaines
MES	Matières en suspension
S/m	Siemens par mètre
DCO	Demande Chimique en Oxygène
DBO	Demande Biochimique en Oxygène
mg/l	Milligramme par litre
°C	Degré Celsius
O.N.M	Organisation national de la météo
APC	Assemblé Populaire Communale de Ouargla
ONA	Organisation National d'assainissement
BB	Beni Brahim
BS	Beni Sissine
BO	Beni Ouaguine

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
Tableau I	**Normes physico-chimiques de rejets de l'OMS appliquées en Algérie**	**12**
Tableau II	**Données climatiques de la région de Ouargla (2007- 2016)**	**18**
Tableau III	**La gestion des eaux usée par zone**	**40**
Tableau VI	**La relation entre la minéralisation et la conductivité électrique des eaux**	**42**
Tableau V	**Corrélation de Spearman**	**49**
Tableau VI	**Test de Kruskal-Wallisce**	**50**

Liste des figures

Figure	Titre	Page
Figure 01	**Carte de profondeur de la nappe à la ville de Ouargla**	**16**
Figure 02	Carte topographique de la cuvette de Ouargla	**17**
Figure 03	**Diagramme ombrothermique de GAUSSEN de Ouargla**	**20**
Figure 04	**Climagramme d'EMBERGER pour la région de Ouargla**	**21**
Figure 05	**Relief géologique de la région de Ouargla**	**22**
Figure 06	**Réseau hydrographique de la cuvette de Ouargla**	**24**
Figure 07	**Coupe hydrogéologique à travers le Sahara**	**25**
Figure 08	**Carte des ressources en eau souterraines (CI et CT), extrait de recueil des communications, 2002.**	**27**
Figure 09	Carte piézométrique de la nappe phréatique en avril 2002**.**	**29**
	Répartition des palmeraies de la cuvette de Ouargla	**31**
Figure 10	Limites foncières du Ksar de Ouargla et sa palmeraie	**32**
Figure 11	Niveau statique des nappes phréatiques dans les palmeraies du Ksar	**36**
Figure 12	Niveau piézométrique des nappes phréatiques dans les palmeraies du Ksar	**37**
Figure 16	**Niveau statique dans les 03 palmeraies**	**40**

Figure 17	**moyenne de conductivité dans les 03 palmeraies (unités)**	**42**
Figure 18	**moyenne de Nitrate dans les 03 palmeraies**	**43**
Figure 19	**moyenne de Nitrite dans les 03 palmeraies**	**44**
Figure 20	**moyenne de Phosphore dans les 03 palmeraies**	**46**
Figure 21	**moyenne d'Azote dans les 03 palmeraies**	**47**

Résumé

(Contribution a l'étude de l'impact des rejets des eaux usées dans les palmeraies sur la qualité des eaux phréatiques : cas du Ksar de Ouargla)

L'étude analytique des paramètres des eaux phréatique dans une palmeraie, est un élément indicateur de la pollution du sol de cette dernière. Notre travail consiste à enquité sur la gestion des eaux usées dans les zones péri-urbaines suivies par l'étude de la qualité physico-chimique des eaux phréatiques dans ces zones, Toute en utilisant la méthode d'échantillonnage subjectif pour échantillonner dans 12 points l'eau phréatique, Des analyses physico-chimiques des paramètres de ces eaux ont été faites au niveau de laboratoire.

Les résultats montrent que les paramètres analysés sont inférieur aux normes selon (le journal officiel 2011), et d'après notre enquête et selon l'APC de Ouargla, La région du Ksar est 100% raccordé au réseau d'assainissement. D'après ces résultats : les eaux phréatiques des palmeraies de la région ne sont pas polluées donc les palmeraies du Ksar ne sont pas exposées au risque de pollution par les eaux phréatique.

Mots clefs : eaux usées, eaux phréatique, palmeraies, Ksar, Ouargla, pollution.

الملخص

(المساهمة في دراسة أثر صرف مياه الصرف الصحي في بساتين النخيل على نوعية المياه الجوفية: حالة قصر ورقلة)

دراسة تحليلية لمعلمات المياه الجوفية في غابات النخيل هو مؤشر على تلوث أم صحة هاته الغابات بما في ذلك مهمتنا هي دراسة حالة بساتين المياه الجوفية في منطقة القصر بورقلة. باستخدام طريقة أخذ العينات المحددة شخصيا وذلك بأخذ عينة من كيميائي للمعلمات من هذه المياه على مستوى المختبر، المياه الجوفية من 12 نقطة في الغابة ، وقد تم القيام بتحليل فيزو بالإضافة إلى طرح بعض الأسئلة على سكان المنطقة فيما يخص ربط المنطقة بشبكة مياه الصرف.

وأظهرت النتائج أن المعلمات الي تم تحليلها هي أقل من معايير التلوث (الجريدة الرسمية 2011)، وفقا لتحقيقاتنا ووفقا لبلدية ورقلة ،منطقة القصر مرتبطة 100٪ بشبكة مياه الصرف الصحي. وبناء على هذه النتائج: المياه الجوفية من غابات النخيل في المنطقة ليست ملوثة و بذلك فإن هذه الغابات ليست معرضة لخطر تلوث المياه الجوفية بها.

كلمات البحث: مياه الصرف الصحي والمياه الجوفية وبساتين النخيل، والقصر، ورقلة، التلوث

ذ

Abstract

(Contribution to the study of the impact of discharges of wastewater into palm plantations on the quality of groundwater: case of the Ouargla Ksar)

The analytical study of the parameters of the phreatic waters of a palm plantation, is an indicator of pollution or non-pollution of this palm plantation, in particular Our work consists in studying the state of the groundwater of the Ksar palm plantations. Using the subjective sampling method to sample water in 12 points, physico-chemical analyzes of the parameters of these waters were done at the laboratory level, plus one acquires with the inhabitants on ground.

The results show that the parameters analyzed are below the standards according to (the official journal 2011), and according to our survey and according to the Ouargla APC, the Ksar region is 100% connected to the sewerage network. According to these results, the groundwater of the palm groves of the region is not polluted so the palm plantations of the Ksar are not exposed to the risk of pollution by groundwater.

Keywords: wastewater, groundwater, palm plantations, Ksar.