

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Kasdi Merbah Ouargla



FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES

Département de Génie Civil et d'Hydraulique

C:.....  
R:.....

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de

Master, Filière: Génie Civil.

*Spécialité : Etude et Contrôle des Bâtiments et Routes*

*(ECBR)*

Thème

**Contribution à l'Amélioration de la Durabilité des  
Constructions Menacées Par la Remontée  
de la Nappe  
(Analyse des expertises et proposition de solutions intégrées)**

Présenté par :

❖ Mr. BECHKI Mohammed

❖ Mr. BENLAGHA Med Soufiane

Soumis au jury composé de :

KEBAILI Mustapha

MCB

U. Kasdi Merbah Ouargla

Président

CHAHED Ali Haidar

MCB

U. Kasdi Merbah Ouargla

Examineur

ABIMOULOUD Youcef

MCB

U. Kasdi Merbah Ouargla

Encadreur

*Année Universitaire: 2019 / 2020*

## Dédicace

Je dédie ce modeste travail à celui que je ne pourrais jamais remercier assez : mon père qui a toujours été présent pour me soutenir et qui ma donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance.

A ma mère, la reine de ma vie, que dieu la protège, je tiens à exprimer ma profonde gratitude et tous mes respects pour son aide, son affection et son sacrifice ainsi que sa clairvoyance qui m'a servi et me servirait tout au long de ma vie.

A mon petit ange, qui me donne une dose d'espoir grâce à son sourire innocent ; et surtout, à ma femme qui a cru en moi et qui m'a poussé tout au long de mes études, je la remercie énormément pour ses immenses efforts.

A mes sœurs et surtout la cadette, qui n'ont cessé, tout au long de ma recherche, de m'encourager, me pousser ainsi que m'orienter afin d'établir ce modeste travail conforme aux normes demandées, et pour leurs soutien moral et leurs sacrifices tout au long de ma formation.

A mon binôme, Mr BECHKI Mohammed et à toute sa famille.

A mon beau père Mr Lahcen passionné par ce domaine.

A mes amis, ma famille et a tous ceux qui me sont cher et que j'ai omis de citer.

A toutes les personnes que j'aime et qui m'aiment.

A tous ceux qu'un jour profiteront de ce travail.

M.S.BENLAGHA

Après l'effort fourni de ma part, moi, BECHKI Mohammed, et mon collègue BENLAGHA Mohamed Soufiane, je dédie mon travail à:  
Dr ABI MOULOUD YUCEF pour ses efforts et ses instructions qui nous ont facilité la tâche.

À l'esprit de mon cher père, et à mère que Dieu la préserve.

À ma femme pour sa patience avec moi et mes enfants.

A mon ami et frère M.S.BENLAGHA. Je lui souhaite tout le bonheur.

A Tous ceux qui m'aiment et me connaissent, chacun en son nom.

Et en fin, à chaque étudiant en science, je lui souhaite une bonne chance

Que Dieu nous facilite notre travail

M.BECKHI

## Remerciements

*Ce mémoire, peut être l'occasion d'adresser mes sincères remerciements  
que je n'ai jamais osé de les exprimer :*

*A mon créateur (Dieu) pour m'avoir donné la force et le courage à  
accomplir ce travail.*

*A mes parents et toute ma famille pour leurs encouragements et leur  
soutien moral et physique.*

*A mon encadreur Dr. ABIMOULOUD YUCEF, qui m'a donné la possibilité  
d'établir un mémoire sur un sujet très intéressant, je le remercie  
chaleureusement pour son écoute, ses aides et ses conseils avisés.*

*Enfin, j'adresse mes sincères remerciements à tous ceux qui m'ont  
toujours soutenus et encouragés au cours de la réalisation de ce mémoire.*

**M.S.BENLAGHA**

## Remerciements

*Après cet effort fait, je voudrais remercier après Dieu pour son aide dans  
ce travail :*

*Ma mère, mon défunt père et tous les membres de ma famille, pour  
m'avoir encouragés et soutenus, ainsi que ma femme en particulier.*

*La supervision du Dr. ABIMOULOUD YUCEF qui m'a donné l'opportunité  
d'entreprendre un sujet très intéressant à mon avis, un grand merci à lui  
pour son aide, ses conseils.*

*À mon ami M.S.BENLAGHA que je lui souhaite une vie heureuse.*

*Tous les membres du jury, pour leur honneur qui nous ont fait d'avoir  
accepté d'examiner ce mémoire.*

*Enfin, je voudrais exprimer mes sincères remerciements à l'administration  
du département Génie Civil et Hydraulique pour l'aide et le temps qu'elle  
nous a accordé afin de terminer à bien notre travail.*

*En fin, Nos vœux de remerciements vont également à tous ceux qui liront  
ce mémoire.*

**M.BECHKI**

## ملخص

تتعرض الإنشاءات في المناطق المنخفضة بولاية ورقلة للتهديد جراء ظاهرة ارتفاع منسوب مياه الطبقة الجوفية الحرة لأنها تؤثر على متانتها من خلال تغيير الخصائص الميكانيكية للتربة الحاملة أو إتلاف أساساتها. إن حل خفض مستوى منسوب المياه الجوفية ممكن تقنياً ولكنه غير مكلف اقتصادياً ، واستخدام النظام الوقائي في منشآتنا مكلف للغاية ولكنه لا مفر منه حتى الآن. تبدو فكرة استخدام الطاقة الشمسية كحل متكامل لتسريع التبخر واعدة ، خاصة عندما تم العثور على زيادة التبخر في خزانات الاختبار التي كانت محل انعكاس أشعة الشمس مقارنة بالحاويات المتروكة تحت أشعة الشمس فقط. **الكلمات المفتاحية:** المتانة ، البناء ، الخرسانة ، صعود المياه ، علاجات صعود المياه.

## Résumé

Les constructions dans certaines zones de dépression dans la wilaya d'Ouargla sont menacées par ce phénomène de la remontée des eaux car ce dernier affecte leur durabilité par le changement des caractéristiques mécanique du sol support ou bien de dégrader leurs fondations.

La solution de rabattre le niveau de la nappe phréatique est techniquement faisable mais économiquement non rentable, et le recours au système préventif dans nos constructions est assez couteux mais jusqu'à présent inévitable

L'idée de l'utilisation de l'énergie solaire comme solution intégrée pour l'accélération de l'évaporation semble prometteuse, notamment lors qu'on a constaté qu'il existe une surélévation d'évaporation dans les bacs d'essai ayant fait l'objet de réflexion des rayons solaires comparativement aux bacs laissés sous les rayons solaires uniquement.

**Mots clés :** durabilité, construction, béton, remontée de l'eau, remèdes de remontée.

## Abstract

The constructions in certain areas of depression in the state departement of Ouargla are threatened by this phenomenon of capillarity because it affects their durability by changing the mechanical characteristics of the support soil or damaging their foundations.

The solution of reducing the level of the water table is technically feasible but economically not profitable, and the use of the preventive system in our constructions is quite expensive but so far inevitable.

The idea of using solar energy as an integrated solution for accelerating evaporation seems promising, especially when it has been found that there is more evaporation rate in the test tanks that have made the object of reflection of the solar rays compared to the containers left under the solar rays only.

**Keywords:** durability, construction, concrete, upwelling, ascent remedies

## TABLE DES MATIERES

- Remerciements
- Résumés en trois langues
- Table de matières
- Liste des figures
- Liste des tableaux
- Introduction Générale.....01

## **CHAPITRE I: GENERALITES SUR LA REGION D'ETUDE**

- I.1. Introduction .....02
- I.2. Situation géographique .....02
- I.3. Démographie d'Ouargla ... .....03
- I.4. Reliefs .....04
- I.5. Aperçu géologique.....04
- I.6. Cadre géologique.....04
- I.6.1 Introduction ..... 04
- I.6.2 Litho-stratigraphie .....05
- I.6.2.1 Aptien .....05
- I.6.2.2 Albien.....05
- I.6.2.3 Vraconien .....05
- I.6.2.4 Cénomaniens .....05
- I.6.2.5 Turonien .....06
- I.6.2.6 Sénonien lagunaire .....06
- I.6.2.7 Sénonien et Eocène .....06
- I.6.2.8 Mio-Pliocène.....06
- I.7. Urbanisation.....07
- I.7.1 Introduction.....07
- I.7.2 Processus d'évaluation urbaine.....08
- I.7.2.1 Ville "kssourienne".....08
- I.7.2.2 Ville coloniale : nouvelle perception de l'espace.....09
- I.7.2.3 Ville post indépendance : urbanisation rampante et croissance mal maitrisée....09
- I.7.3 Urbanisation sous contrainte et un cadre de vie manquant d'espace vert...10
- I.8 Climat et végétation.....10
- I.8.2 Température.....10

- I.8.3 Pluviométrie.....10
- I.8.4 Vent.....11
- I.8.5 Végétation.....12
- I.9. Conclusion.....12

**CHAPITRE II: EFFET DE LA REMONTEE DES EAUX DE LA NAPPE SUR LA DURABILITE DES CONSTRUCTIONS D’OURGLA**

- II.1 Introduction.....14
- II.2 Nappe phréatique d’Ouargla .....15
- II.3 Phénomène de la remontée de la nappe phréatique .....16
- II.4 Principales causes de la remontée des eaux.....17
  - II.4.1 Remontée de nappe due a des causes naturelles .....17
  - II.4.2 Remontée relative de nappe liée a des affaissements de terrains.....17
  - II.4.3 Remontée de nappe due à l’activité humaine.....18
  - II.4.4 Remontées de nappe liées aux arrêts de pompage.....18
- II.5 Conséquences (pathologies).....21
  - II.5.1.pathologies à risque élevée.....22
  - II.5.2. pathologies à risque moyen.....24
- II.6.Remèdes et solutions.....24
  - II.6.1 Impact de la solution proposée .....26
- II.7.Conclusion.....27

**CHAPITRE III: DEVELOPPEMENT DE LA SOLUTION RETENUE ET RESULTATS**

- III.1 Introduction .....28
- III.2 Description du dispositif et prototype .....28
- III.3 Mode opérationnel adopté ..... 29
- III.4 Détermination des caractéristiques physiques des matériaux utilisés.....30
- III.5 Résultats et discussion .....33
  - III.5.1 Bac rempli d’eau uniquement .....33
  - III.5.2 Bac rempli du sable de dune et d’eau .....34
  - III.5.3 Bac rempli d’argile et d’eau ..... 35
  - III.5.4 Bac rempli de gravier et d’eau .....36



- III.5.5 Comparaison entre des différents cas.....37
- III.5.5 Comparaison entre des différents cas.....38

## **CONCLUSION GENERALE**

- Conclusion générale
- Références bibliographiques

## **LISTE DES FIGURES**

<b>Figure</b>	<b>page</b>
Figure (I. 01) : Situation géographique de la région de Ouargla.	<b>3</b>
Figure (I. 02) : Relief géologique de la région d'Ouargla Superposition de la carte géologique de G. Busson au MNT	<b>4</b>
Figure (I. 03) : Carte d'orientation des coupes géologiques	<b>7</b>
Figure (I. 04): Evolution du tissu urbain Source : PDAU du groupement d'Ouargla et enquête terrain année 1998	<b>8</b>
Figure (I. 05) : Températures moyennes mensuelles en (C°) entre 1990-2011.(ONM)	<b>10</b>
Figure (I. 06) : Répartition mensuelle des pluies à Ouargla sur la période (1991-2006)	<b>11</b>
Figure (I. 07) : Vitesse du vent en (m/s) à Ouargla (1990-2011)	<b>11</b>
Figure (II. 01) : Schéma de principe d'une nappe phréatique. © Université de Strasbourg	<b>14</b>
Figure (II. 02) : Carte piézométrique de la nappe phréatique en novembre 2003	<b>16</b>
Figure (II.03) : Niveau de la nappe phréatique au quartier "Sokra".	<b>19</b>
Figure (II. 04) : Surélévation du niveau d'eau usée (Station de pompage Sokra)	<b>20</b>
Figure (II. 05): Débordement des eaux usées lors d'un arrêt de pompage	<b>20</b>
Figure (II. 06) : Entrée de l'hôtel Oasis à Touggourt objet de notre rapport d'expertise	<b>22</b>
Figure (II. 07) : Armatures corrodés par l'effet de la remontée de la nappe	<b>23</b>
Figure (II. 08) : Carbonatation de béton	<b>23</b>
Figure (II. 9) : Fissuration des murs	<b>24</b>
Figure (III. 01) : Schéma explicatif du dispositif mis en place	<b>28</b>
Figure (III. 02) : Diagramme des phases du sol	<b>30</b>
Figure (III. 03) : Evaporation de l'eau du bac B4 et B8	<b>34</b>
Figure (III. 04) : Evaporation de l'eau du bac B1 et B5	<b>35</b>
Figure (III. 05) : Evaporation de l'eau du bac B2 et B6	<b>36</b>
Figure (III. 06) : Evaporation de l'eau du bac B3 B7	<b>37</b>
Figure (III. 07) : Evaporation de l'eau pour les différents bacs	<b>38</b>

## **LISTE DES TABLEAUX**

<b>Tableau</b>	<b>page</b>
Tableau (I. 01) : Indices démographiques (1966-1998) A.U.N	<b>11</b>
Tableau (III. 01) : Notation adoptée pour les bacs d'essai	<b>32</b>
Tableau (III. 02) : Données relatives aux matériaux utilisés	<b>32</b>
Tableau (III. 03) : Définition des paramètres physique du sol	<b>34</b>
Tableau (III. 04): Quelques valeurs des poids volumiques et teneurs en eau des sols	<b>35</b>
Tableau (III. 05) : Caractéristiques physiques de l'argile, sable et gravier	<b>35</b>

# **INTRODUCTION GENERALE**

## INTRODUCTION GENERALE

Les constructions sont généralement réalisées pour faciliter le mode de vie et le confort de l'être humain, que ceux soient à des fins de logement (maison, bâtiment...) ou à des fins de prestation de services (administration, hôtel, institution) également pour assurer l'aspect de la sécurité, notamment contre les facteurs extérieurs (pluie, vents, tremblements de terre ...etc.).

Ces facteurs, peuvent menacer la durabilité des constructions, plus particulièrement «l'eau», qui se présente sous forme de pluie ou de remontée des eaux souterraines, ce dernier phénomène fera l'objet de notre étude dans la wilaya d'Ouargla.

La remontée des eaux, en tant qu'un phénomène écologique, se manifeste comme une élévation du niveau des eaux souterraines à la surface, pose dans le domaine du génie civil un grand danger pour la durabilité des constructions.

Le béton armé, qui est un matériau hétérogène formant la plus part des éléments des structures des bâtiments, serait le premier affecté sous l'influence de la remontée des eaux souterraines.

La question est de savoir comment éviter l'effet négatif de ce phénomène ou de le réduire.

Existe-t-il des solutions appropriées et techniques qui contribuent à la durabilité de ces bâtiments menacés par ce phénomène?

Certaines de ces solutions sont un peu coûteuses, depuis l'installation des stations de pompage permanentes ou l'achèvement d'un chemin d'oued pour réduire la hauteur du niveau d'eau afin de donner une durée de vie appropriée pour le cycle de vie des constructions.

Suite à cette problématique, une solution a été proposée et évaluée à travers des prototypes mis à cet égard.

Pour se faire, la présente étude s'est résumée à une introduction générale, trois chapitres et une conclusion générale. Où dans le premier chapitre nous exposons un aperçu sur la zone d'étude, le deuxième chapitre est consacré à l'effet de la remontée des eaux de la nappe d'Ouargla sur les constructions, alors que le dernier chapitre a fait l'objet du développement de la solution retenue et la discussion des résultats obtenus.

# **CHAPITRE I:**

## CHAPITRE I: GENERALITES SUR LA REGION D'ETUDE

### I.1 INTRODUCTION

Etant donné que cette étude est liée à l'analyse d'un phénomène en relation avec la durabilité des constructions vis-à-vis à des effets environnementaux et à des actions humaines, la présente partie de cette recherche sera réservée à la présentation de la zone d'étude qui s'est limitée à la wilaya d'Ouargla connue par la capitale du Sahara du Sud-Est algérien. Distante d'environ 750 km de la capitale Alger, la wilaya d'Ouargla s'étale sur une superficie de 163.230 km<sup>2</sup>. Dans ce qui suit, nous allons, dans un contexte global de la région d'étude, toucher sommairement les points ci-après qui ont une relation directe avec ce phénomène.

### I.2 SITUATION GEOGRAPHIQUE :

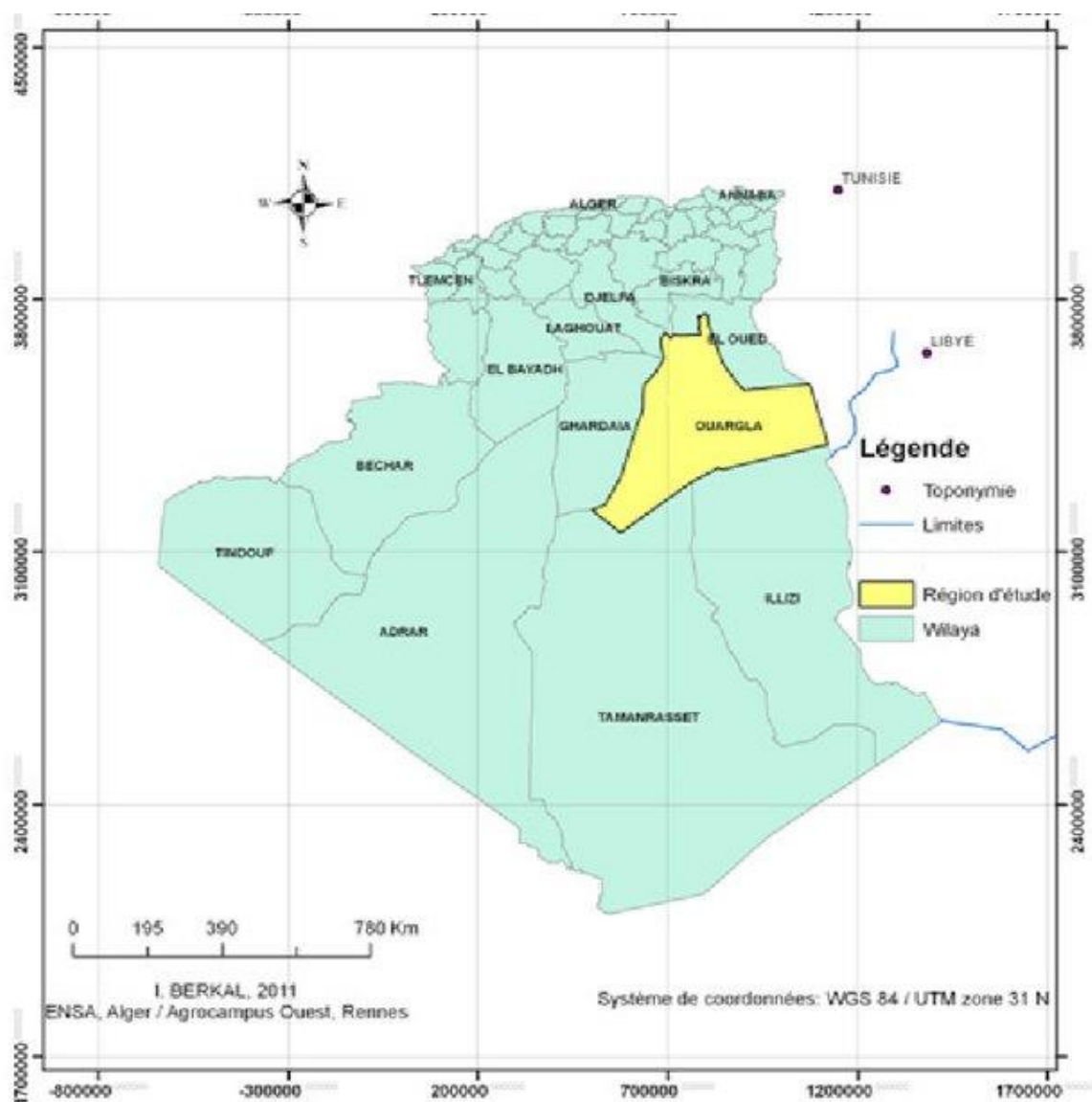
La superficie de la ville d'Ouargla est de 140 000 hectares, avec une Latitude de 28,6° et 34° Nord, et entre les lignes 3° et 9,5°. Elle est située au Sud-Est du pays et elle demeure une des collectivités administratives les plus étendues du pays. Elle est limitée

- Au Nord : par les wilayas de Djelfa, Biskra et d'El oued
- A l'Est : par la Tunisie
- Au Sud : par les wilayas de Tamanrasset et d'Illizi
- A l'Ouest : par la wilaya de Ghardaïa.

Le relief de la wilaya est un sous ensemble de composants géographiques composé par : le grand erg oriental, la hamada, les vallées, les plaines et les dépressions.

La wilaya d'Ouargla est caractérisée par un climat purement saharien, avec une pluviométrie très réduite et des températures élevées, autrement dit, un climat désertique sec et chaud notamment en été.

[01]



**Figure (I.01) : Situation géographique de la région d'Ouargla.**

### I.3 DEMOGRAPHIE D'OUARGLA

La superficie d'Ouargla est mesurée par 16326300 hectares, autrement dit, 163 263 km<sup>2</sup>, habitée par environ 169 900 personnes (an 2008) et qui représente 0.488% du total de la population de l'Algérie. Si le taux de croissance de la population serait même que dans la période 1998-2008 (+2%/an), la population d'Ouargla en 2020 serait: 215 545 avec une densité de population : 3,4 habitants par km<sup>2</sup>. [02]

## I.4 RELIEFS

La topographique de la région d'Ouargla est pratiquement plate, ayant des altitudes qui peuvent atteindre 147 m au dessus de la mer, comme elles peuvent descendre jusqu'à 102 m au niveau de la Sebkheth Safioune lieu de rejet des eaux usées et de drainage évacuées de la ville d'Ouargla. Au niveau des agglomérations, au centre ville, les altitudes sont de 135,08 m, alors qu'elles sont de l'ordre de 127,95 m aux niveaux des chotts et des sebkhas. [3]

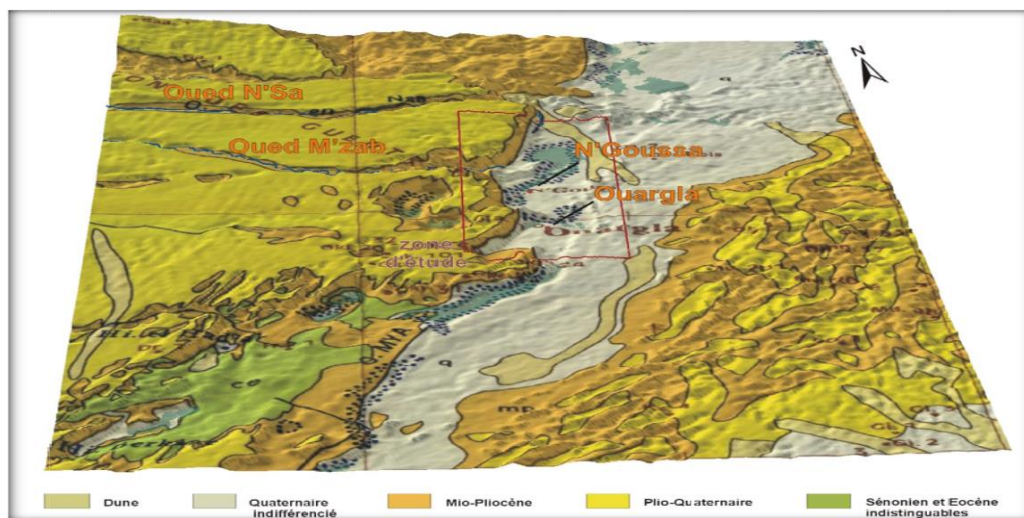
## I.5 APERCU GEOLOGIQUE

Le bassin du Sahara Septentrional est séparé par des zones montagneuses et un plateau calcaire de Tinhert, qui constitue son flanc Sud. C'est une région plane de faible altitude (200 à 30 m dans les chotts) où sont présents les ergs (le Grand Erg Oriental), les regs allochtones (l'Oued Righ et l'Oued M'ya). Dans cette zone, le socle ancien est surmonté par les grès primaires plus ou moins plissés et érodés, qui constituent les roches réservoirs des hydrocarbures. Au-dessus se trouvent les grès du Continental Intercalaire qui contiennent l'aquifère du même nom. A la suite de la discordance cénomanienne s'empilent encore les couches marines du Sénonien et de l'Eocène qui se terminent par la couverture continentale du Mio-pliocène, également aquifère (Complexe Terminal)

## I.6 CADRE GÉOLOGIQUE

### I.6.1 Introduction

Sur la région d'Ouargla, seuls les terrains du Mio-Pliocène affleurent, ils sont recouverts par une faible épaisseur de dépôts quaternaires. Et c'est à partir des données de forages pétroliers et celles des forages hydrauliques réalisés dans la région que des coupes géologiques des formations lithologiques ont pu être établies. La description de ces différentes formations est montrée sur la figure (I. 02).



**Figure (I.2): Relief géologique de la région d'Ouargla Superposition de la carte géologique de G. Busson au MNT**



## **I.6.2 Litho-stratigraphie**

### **I.6.2.1 Aptien**

L'Aptien, dans la région d'Ouargla, est formée de marnes dolomitiques, gris verte, brunes ou blanches, et dolomies cristallines, son épaisseur est variable, elle est comprise entre 20 et 26 m. L'aptien est considéré comme imperméable dans son ensemble.

### **I.6.2.2 Albien**

Sur la région d'Ouargla, l'albien correspond à la série lithologique supérieure du Continental Intercalaire; Ce sont des grès, argiles et sables et dont le toit est à une profondeur d'environ 1100 m. L'épaisseur de ces formations est variable (417-432 m). Les éléments détritiques (non argileux) sont largement prépondérants (70 à 90 %) et sont représentés par des grès fins avec des passées de grès moyens et parfois d'intercalations de sables grossiers à limons argileux ou souvent carbonatés. On note des passées d'argiles brunes-rougeâtres, elles sont même pélitiques et sableuses sur les puits les plus septentrionaux (OKJ 20, OKJ60) figurant sur la figure (I.3). Dans son ensemble, L'Albien correspond à un horizon aquifère.

### **I.6.2.3 Vraconien**

L'intercalation Albo-varconienne caractérise un épisode dolomitique remarquable entre les grès Albien et les argiles Cénomaniennes, Il est formé de dolomies et quelques fois de calcaires dolomitiques parfois argileux contenant de rares débris de mollusques, les épaisseurs sont inférieures à 100 m et supérieures à 50 m.

### **I.6.2.4 Cénomaniens**

Le Cénomaniens est formé de deux séries (inférieure et supérieure), la série inférieure est constituée par des argiles dolomitiques et des marnes grises, avec parfois des argiles brune-rougeâtre ou gris-verdâtre, son épaisseur varie entre 65 et 80 m. On note aussi quelques passées de calcaires dolomitiques en particuliers à la partie médiane de la série.

La série supérieure est formée d'une alternance d'argiles et de marnes dolomitiques grises, parfois d'argiles salifères, de bancs d'anhydrite, de quelques intercalations dolomitiques, et de passée de sel gemme, son épaisseur est de l'ordre de 70m.

### **I.6.2.5 Turonien**

Le Turonien se présente sous forme d'une dalle ayant une épaisseur régulière "barre turonienne", il est de l'ordre de 73 m d'épaisseur. Il s'agit d'une série essentiellement calcaire : calcaire poreux blanc, parfois grisâtre, pulvérulent, quelquefois dolomitique, de calcaire beige dolomitique et de calcaire fin légèrement dolomitique.

### **I.6.2.6 Sénonien lagunaire**

Le Sénonien lagunaire est particulièrement épais, son épaisseur est supérieure à 400 m. Il est formé par :

- Sénonien salifère : ayant une épaisseur moyenne de 200 m, et qui diminue jusqu'à 100 m.
- Sénonien anhydritique : son épaisseur moyenne atteint 300 m.
- Sénonien carbonaté : Son épaisseur moyenne est de 150 m

### **I.6.2.7 Sénonien Eocène**

Le Sénonien Eocène est formé essentiellement de carbonates ayant une épaisseur comprise entre 150 à 200 m. Il s'agit des calcaires dolomitiques cristallins ou microcristallins parfois vacuolaires ou crayeux ou carrément argileux.

### **I.6.2.8 Mio-Pliocène**

Le Mio-Pliocène correspond au Continental Terminal. C'est un puissant ensemble de sables et d'argiles qui s'étend sur tout le Sahara et qui repose en discordance sur le Sénonien et l'Eocène. On distingue quatre niveaux différents dans le Mio-Pliocène à Ouargla :

A la base, en tant que premier niveau, un dépôt argileux peu épais recouvrant dans la partie centrale de la cuvette, et suivant une bande Nord-Sud, le Sénonien Eocène.

Deuxième niveau : C'est un dépôt grés-sableux qui devient argileux vers le sommet, c'est le niveau le plus épais et le plus constant; le deuxième niveau est le principal horizon aquifère du Mio-Pliocène.

Troisième niveau : C'est une formation argilo-sableuse dont les limites inférieures et supérieures sont assez mal définies. Cette couche apparaît que dans certains endroits.

Quatrième niveau : C'est le deuxième niveau sableux du Mio-Pliocène. On ne peut le distinguer que lorsqu'il repose sur le niveau 3 ; d'ailleurs les niveaux 2 et 4 sont confondus. Il est très épais dans la zone des chotts, le sommet du niveau 4 affleurant sur de grandes surfaces; le niveau 4 est souvent constitué par une croûte de calcaire gréseux (croûte Hamadienne). [04]

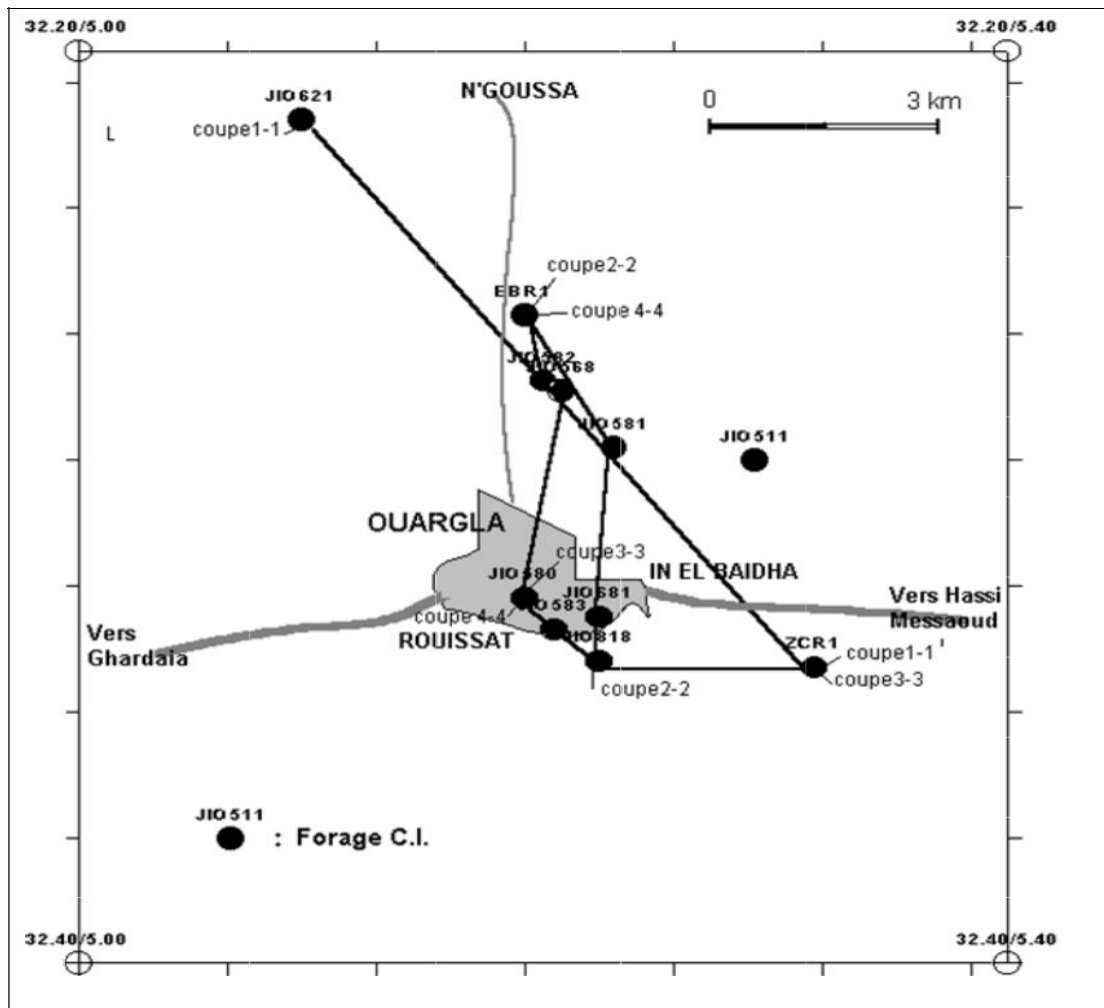


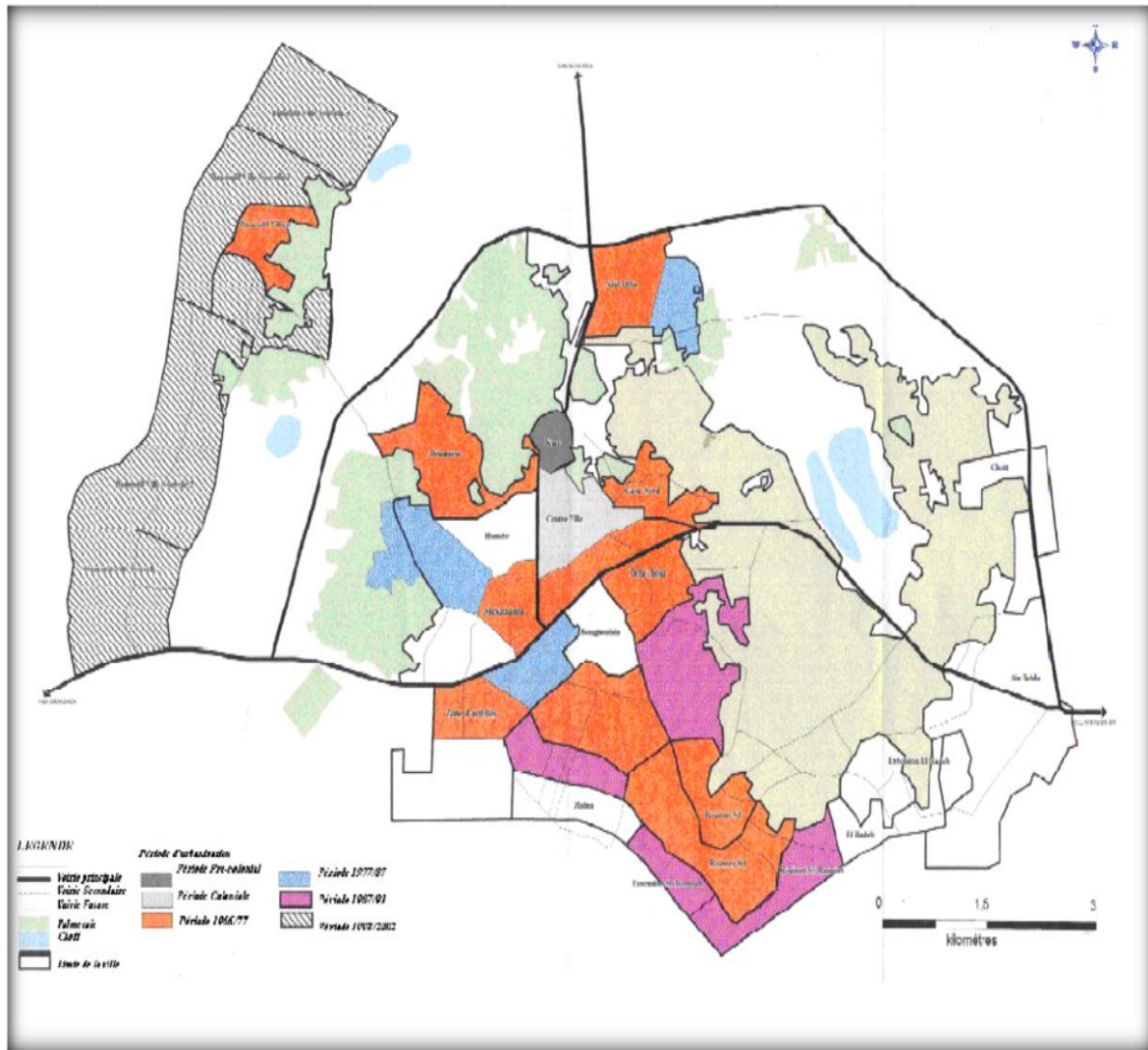
Figure (I.3): Carte d'orientation des coupes géologiques [04]

## I.7 URBANISATION

### I.7.1 Introduction

Comme indiqué précédemment, la population d'Ouargla et son aire métropolitaine a fortement évolué depuis 1966 à l'heure actuelle, au point où cette agglomération oasienne est devenue l'un des principaux centres urbains du pays, du point de vue de sa taille de population.

Cette évolution spectaculaire de la population a entraîné l'extension du tissu urbain et le développement de nouveaux quartiers. La figure (I.4) montre l'évolution urbaine à Ouargla.



**Figure (I.4): Evolution du tissu urbain, Source: P.D.A.U. du groupement d'Ouargla et Enquête sur terrain année1998.**

## I.7.2 Processus d'évolution urbaine

L'agglomération d'Ouargla, de création ancienne et d'évolution récente, a connu dans le cadre de son développement trois étapes majeures:

### I.7.2.1 Ville "Ksourienne"

La première phase de l'évolution du tissu urbain est liée à la création du Ksar au Xème siècle sur une superficie de 30 ha. Sa réalisation obéit à des impératifs sécuritaires et abritait à l'époque une population de 1000 personnes et 600 constructions dont le nombre a évolué progressivement pour atteindre actuellement 2 472 habitations et une population de 8 500 habitants.

Le Ksar d'Ouargla est le noyau urbain de la ville et l'un de ses principaux repères urbains malgré le fait qu'il occupe un espace modeste par rapport à l'agglomération, mais a connu une dégradation avancée par manque d'entretien.

### **I.7.2.2 Ville coloniale: (nouvelle perception de l'espace)**

La deuxième phase du processus d'évolution de l'agglomération correspond à la période coloniale, au cours de laquelle la ville s'est étendue au Sud du Ksar sur une superficie de 200 ha. Outre la réalisation du Bordj de Béni Thour (Bordj-Ghandez), la colonisation a édifié à partir de 1930, un quartier de villas indépendantes parfois groupées et dont la localisation n'obéit pas forcément à une orientation préférentielle. Cette période s'est également caractérisée par la création d'une zone militaire sur une superficie de 55 ha et d'une zone industrielle sur une superficie de 60 ha dont une grande partie est séparée par la route Ghardaïa - Touggourt.

Le tissu colonial se limitait aux habitations qui ont été construites de part et d'autre de l'avenue et abritaient une population qui ne dépassait pas 1600 personnes. En plus de ce quartier, ce tissu comprenait des équipements tels que l'hôpital militaire, des bâtiments administratifs et des services de l'office commun des régions sahariennes (O.C.R.S). [04]

### **I.7.2.3 Ville post indépendance: (Urbanisation rampante et croissance mal maîtrisée)**

La troisième étape du processus d'urbanisation qu'a connu l'agglomération correspond à la période de l'indépendance au cours de laquelle l'agglomération a connu un développement rapide mais anarchique comme le montre le tableau (I.01), l'indice urbain le plus élevé a été enregistré entre 1966/1977, période au cours de laquelle elle était le chef lieu de l'ex-wilaya des oasis qui a bénéficié en 1966 d'un programme spécial dont une grande partie des investissements était destinée à la réalisation de programmes de logements et d'équipements dans l'agglomération d'Ouargla.

**Tableau (I. 01): Indices démographiques (1966 – 1998) Source: A.U.N.**

Catégories	1966 - 1977	1977 - 1987	1987 - 1998	1966 - 1998
Ouargla ville	<b>7.88</b>	5.65	4.85	6.13
Wilaya d'Ouargla	<b>7.51</b>	5.15	6.10	6.31

### I.7.3 Urbanisation sous contrainte et un cadre de vie manquant d'espaces verts

Vu que notre zone d'étude Ouargla est située au Sahara, l'urbanisation dans cette dernière est contrariée par l'étendue de la zone à contraintes spatiales (Sebkha, palmeraies, cimetières, casernes militaires) et par des problèmes liés à la remontée de l'eau de la nappe, et par les limites des disponibilités foncières.

## I.8 CLIMAT ET VEGETATION

### I.8.1 Introduction

Le climat d'Ouargla est typiquement saharien, caractérisé par une forte aridité où la pluviométrie est aléatoire, ce qui ne favorise pas le développement de la végétation. La température est très élevée en été avec une humidité très faible.

### I.8.2 Température

Les températures dans la région d'Ouargla sont très élevées en été et assez basses en hiver la figure (I.5) ci-après présente les variations de températures à Ouargla pendant les années 1910 à 2011 (données recueillies de l'ONM Ouargla). C'est un facteur principal qui conditionne le climat de la région.

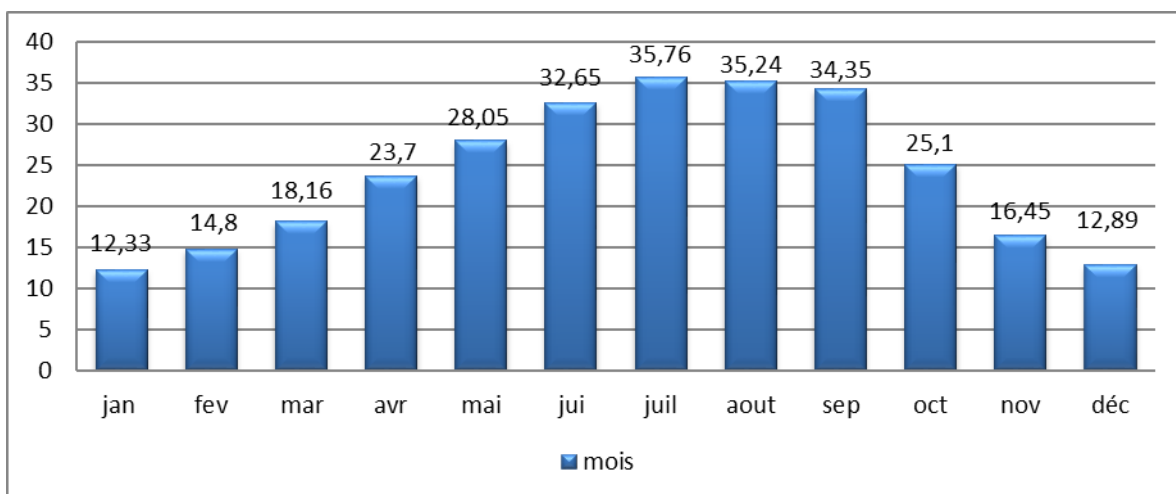


Figure (I.05): Températures moyennes mensuelles en (C°) entre 1990-2011.(ONM)

### I.8.3 Pluviométrie

La pluviométrie représente les précipitations de toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (bruine, pluie, averse) que sous forme solide (neige, grésil, grêle) et les précipitations déposées ou occultes (rosée, gelée blanche, givre,...). Elles sont Provoquées par

un changement de température ou de pression atmosphériques. La vapeur d'eau de l'atmosphère se transforme en liquide lorsqu'elle atteint le point de rosée par refroidissement ou augmentation de pression. Pour produire la condensation, pour la région d'Ouargla d'après la figure (I.6), on remarque que le mois le plus pluvieux est novembre, juillet étant le mois le plus sec. Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 18 mm, novembre est le mois le plus pluvieux (4,34 mm) et juillet le plus sec (0.09 mm en moyenne).

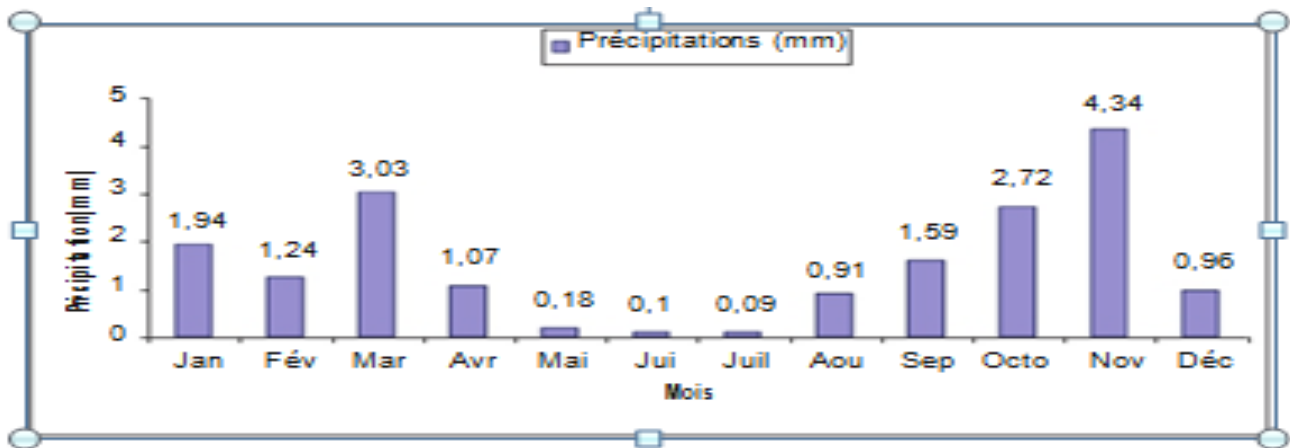


Figure (I.6) : Répartition mensuelle des pluies en mm à Ouargla sur la période (1991-2006)

#### I.8.4 Vent

Le vent est un phénomène continu au désert ou il joue un rôle considérable en provoquant une érosion intense grâce aux particules sableuses qu'il transporte, et participe à la formation de dunes. Des vitesses de vent atteignent parfois 100 km/h, l'air reste obscurci des journées par le vent de sable et les particules minérales peuvent être soulevées jusqu' à 1500 mètres de haut.

Indépendamment de l'action mécanique que le vent exerce sur les végétaux dont il déchire les parties aérienne, il agit surtout en accentuant l'évaporation. La figure (I.7) montre les variations des intensités des vitesses moyennes du vent à Ouargla pendant la période (1990 à 2011).

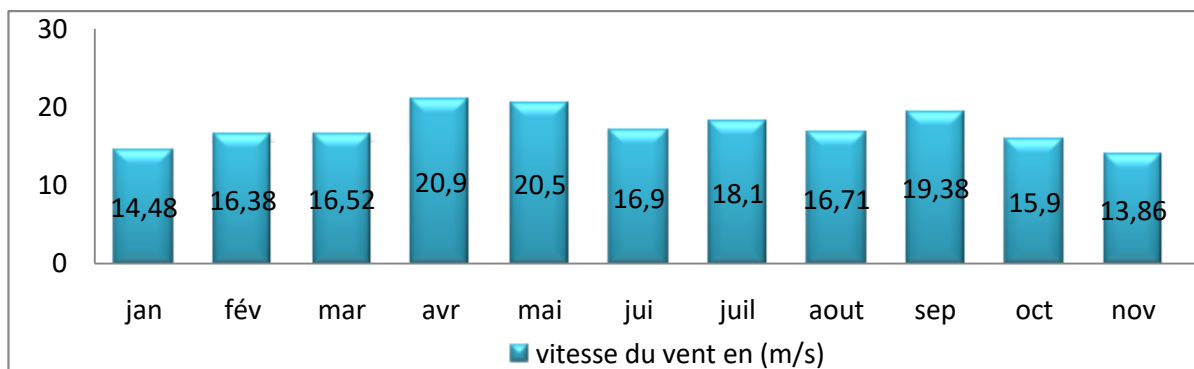


Figure (I.7): Vitesse du vent en (m/s) à Ouargla (1990-2011)

### **I.8.5 Végétation**

La culture du palmier dattier reste la principale activité dans la région d'Oued Righ, ainsi qu'Ouargla, malgré qu'en ce dernier temps, elles ont connu un développement assez sensible dans les cultures maraichères. Les palmeraies occupent entre 10% à 15 % de la superficie de la région. [6]

### **I.9 CONCLUSION :**

Le climat de la région est typiquement saharien, caractérisé par une forte aridité où la pluviométrie est aléatoire, ce qui ne favorise pas le développement de la végétation. La température est très élevée en été avec une humidité très faible. Les pentes naturelles sont faibles et ne favorisent pas l'écoulement des eaux souterraines, le tissu urbain est assez éparpillé est présente maintenant une extension axiale alors qu'auparavant été focalisée sur les ksour soit une évolution radiale. Présence d'oasis dans la région montre la présence de dépressions naturelles qui favorisent l'accumulation d'eau de la nappe phréatique. Ces données, notamment celles de la nappe phréatique ou celles du climat de la région, ont un effet direct ou indirect sur la durabilité des constructions dans la région soit par l'effet du temps ou par le changement des caractéristiques mécaniques du sol et les propriétés physiques de ce dernier.



## **CHAPITRE II:**

## CHAPITRE II: EFFET DE LA REMONTEE DES EAUX DE LA NAPPE SUR LA DURABILITE DES CONSTRUCTIONS D'OUARGLA

### II.1 INTRODUCTION

L'appellation de nappe phréatique , vient du grec "phrear" qui signifie "puit", une accumulation d'eau dans le sol qui est d'une profondeur relativement faible sous le niveau pédologique( terre et climat), Plus précisément, il s'agit d'une nappe d'eau souterraine aquifère, avec la différence que les aquifères peuvent également être à de plus grandes profondeurs.

Tandis que celle-ci est située à faible profondeur. Elle remplit complètement les interstices d'un terrain poreux et perméable appelé l'aquifère. Le niveau supérieur de cette nappe d'eau souterraine, atteint par l'eau, forme la surface libre qui est le niveau auquel se stabilise l'eau dans les puits atteignant la nappe.

La nappe phréatique se forme et évolue par l'accumulation dans tous les espaces libres, en communication les uns avec les autres, des couches d'infiltrations au-dessus d'une couche imperméable qui arrête toute descente de l'eau plus en profondeur, la figures (II.1) présente le schéma de principe d'une nappe phréatique.

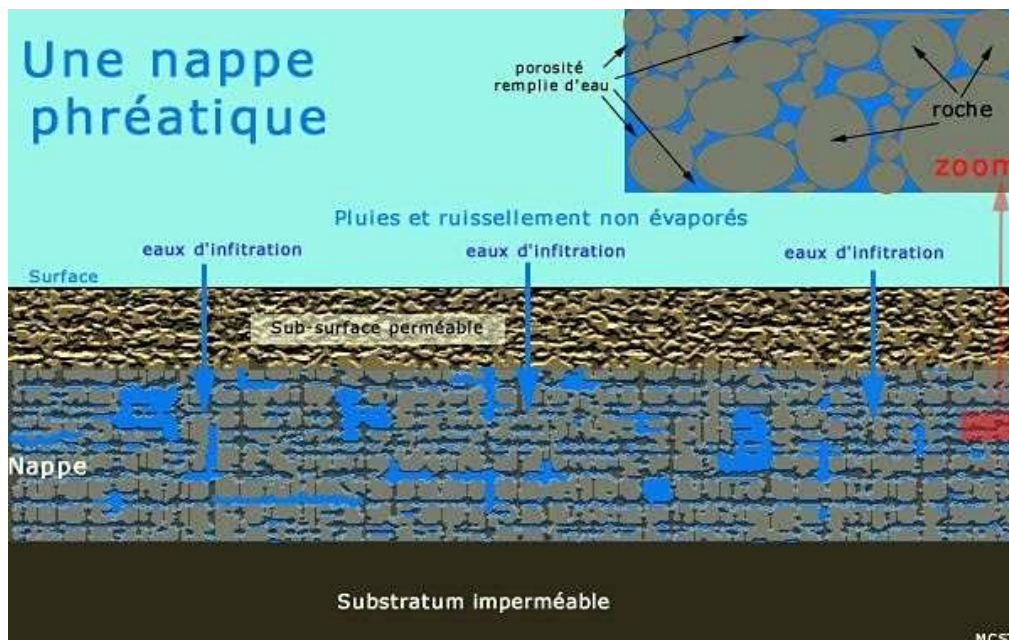


Figure (II.01): Schéma de principe d'une nappe phréatique. © Université de Strasbourg

À cause du phénomène de capillarité, l'eau peut se trouver au-dessus de la surface libre définissant un niveau appelé surface de la nappe. Si au dessus de cette surface se trouve un terrain perméable, la nappe est dite libre et quand elle est trop alimentée, son niveau peut atteindre la surface du sol voir l'affleurement de la nappe.

Dans les matériaux perméables, tels que les sables et le substrat rocheux fracturé, la nappe phréatique constitue un plan relativement horizontal. En dessous de la nappe phréatique, dans les zones phréatiques, les unités perméables que les eaux souterraines remplissent sont appelées aquifères. La capacité de l'aquifère pour stocker les eaux souterraines dépend de la porosité et la perméabilité de la roche ou le sol y afférents.

## II.2 NAPPE PHREATIQUE D'OUARGLA

Etant donné que la ville de Ouargla est limitée par : la Sebkhet Safioune au Nord, les ergs Touil et Arifdji à l'Est, les dunes de Sedrata au Sud et à l'Ouest le versant Est de la dorsale du M'Zab, ceci lui donne une particularité spéciale quant à la surélévation du niveau de sa nappe phréatique, selon l'étude menée par « KRIKER Abdelouahed » présentée durant « le séminaire International sur la Ressource en eau au Sahara », et dans laquelle, il traite la nappe phréatique de Ouargla, il affirme que : La nappe phréatique a été étudiée lors des quatre campagnes de mesures, en octobre 2001, avril 2002, octobre 2002 et novembre 2003. En octobre 2002, la surface libre de la nappe se situait à la cote 135,08 m en ville de Ouargla, la cote était de 127,95 m au entre le Chott et la sebkha de Ouargla, Les points les plus bas sont situés dans la Sebkhet Safioune, tout au Nord, avec des cotes comprises entre 102,19 m et 102,95 m, inférieures de 32 m à celles des points les plus hauts et 25 m plus bas qu'au Chott. La nappe s'écoule librement des points hauts vers les points bas, perpendiculairement aux isopièzes (une courbe joignant les pointes où une nappe aquifère est à la même altitude) et n'a aucune possibilité de remonter de la Sebkhet Safioune vers le Chott d'Ouargla ou la sebkha d'Oum Raneb. Les parties hautes de la nappe phréatique sont situées au Sud et sous la ville d'Ouargla. Les parties basses de la nappe phréatique sont situées au Nord dans la Sebkhet Safioune. Les cotes principales sont : 134 m au sud ; 135 m en ville d'Ouargla ; 128 m au Chott et à la sebkha ; 127 m à la sebkha d'Oum Raneb ; 117 m à N'Goussa et 102 m à la Sebkhet Safioune. La nappe phréatique est épaisse de 1 à 8 m. Elle repose sur un épais niveau imperméable, étanche, qui occupe tout le fond de la vallée de Ouargla et l'isole des nappes artésiennes sous-jacentes, la figure (II.2) présente le réseau pièzes réalisés dans la zone d'Ouargla depuis la ville jusqu'à la Sebkhet Safioune.

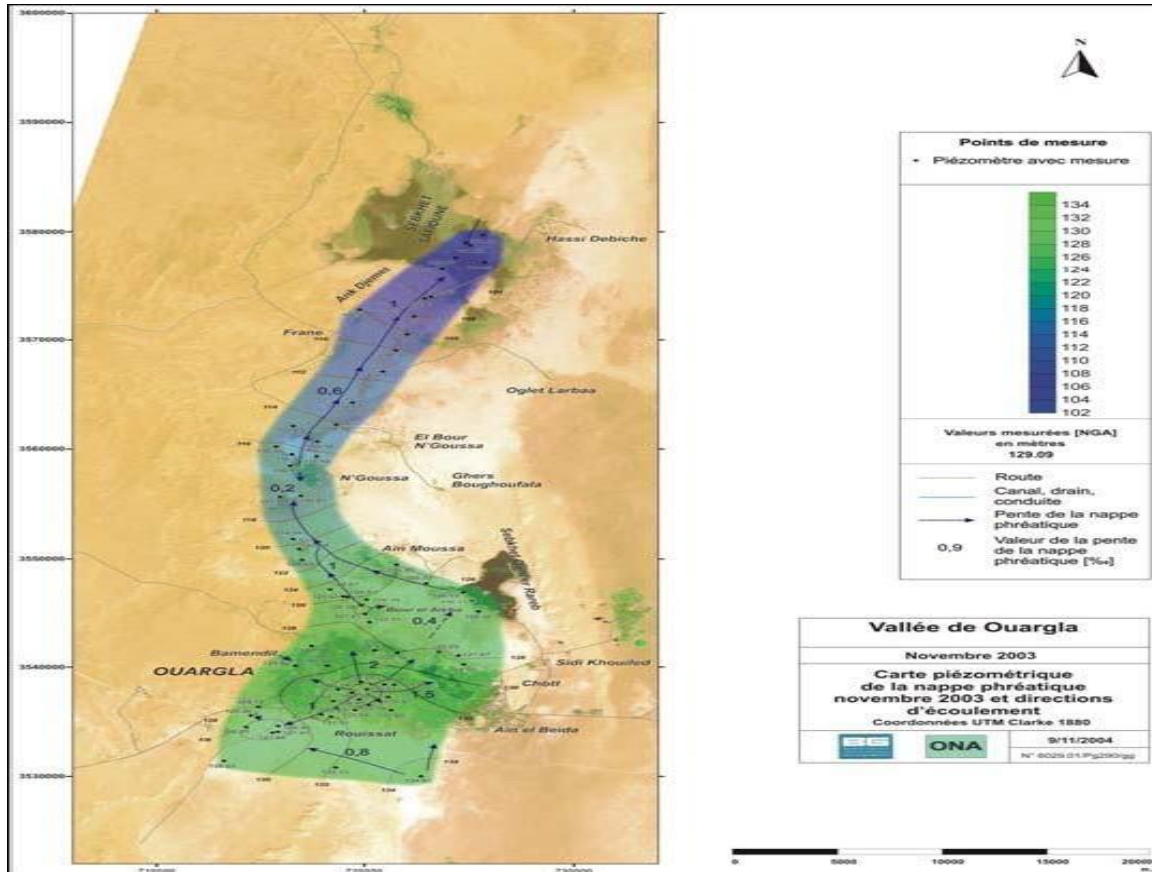


Figure (II.02): Carte piézométrique de la nappe phréatique en novembre 2003

### II.3 PHENOMENE DE LA REMONTEE DE LA NAPPE PHREATIQUE

Étant donné que la nappe phréatique est composée de réserves souterraines d'eau situées à une faible profondeur, elle se remplit par les infiltrations d'eau de pluie en emmenant avec elles les produits chimiques, les engrais et autres éléments de terre. Les terrains argileux font office de filtres naturels contre ces contaminants contrairement aux terrains sablonneux, les premiers sont donc moins pollués que les seconds mais ils laissent passer l'eau moins vite.

Après quelques années, le niveau de la nappe peut s'élever rapidement puisqu'elle s'alimente plus d'eau qu'elle n'en rejette par les cours d'eau ou les sources et c'est ce qu'on appelle « La remontée de la nappe phréatique » ou tout simplement « la remontée des eaux ». Ce phénomène peut atteindre la surface des sols et provoque une inondation au niveau de la terre dont on va évoquer les causes ci-dessous. [7]

## **II.4 PRINCIPALES CAUSES DE LA REMANTEE DES EAUX**

### **II.4.1 REMONTEE DE LA NAPPE DUE A DES CAUSES NATURELLES**

Les causes naturelles de la remontée des eaux dans les différents régions du mode sont nombreuses, et sont essentiellement représentées par des précipitations dont la hauteur évaluée en pluie efficace étant très supérieure par rapport à la valeur "moyenne", il s'agit donc, d'une alimentation exceptionnelle des nappes.

Dans le cas d'une nappe hydrauliquement connectée à un cours d'eau, par l'apport d'eau de surface lors de crues. Le cours d'eau intervient alors comme front d'alimentation par transmission de l'onde des crues ou par drainance de la nappe alluviale (si elle existante).

L'exploitation des eaux souterraines des nappes sous-jacentes ajoutent leur propre influence sur le niveau des nappes.

### **II.4.2 REMONTEE DE RELATIVE DE NAPPE LIEE A DES AFFAISSEMENTS DE TERRAINS**

L'étude des alluvions des rivières lorraines montre qu'elle présente une structure très complexe, une extension maximale en surface et une puissance importante dans les secteurs où ces cours d'eau recourent les marnes du Mus- Chelkalk et du Keuper (Trias). Ce sur alluvionnement local, semble compenser les mouvements du sol liés à la dissolution des évaporites en profondeur ; ce processus paraît être confirmé par :

- 1-Les nombreuses sources salées exploitées depuis -900 av JC jusqu'au XVIII éme siècle dans les vallées de la Sarre et de la Seille.
- 2- Les mouvements négatifs du sol enregistrés localement et en particulier à Saltzbronn, dans la vallée de la Sarre.

Un phénomène semblable a été constaté dans la vallée de la Vallaire à Montmorot (Jura) où les sondages de reconnaissance ont montré l'existence d'une cuvette remplie d'alluvions, sur près de 30 m dans le substratum. Légèrement en amont des salines de Montmorot, la Vallaire coule sur les calcaires du Lias inférieur, et dis l'aval, les marnes du Lias supérieur ont été trouvées 3m de profondeur. Cette cuvette coïncide presque avec la culmination d'un dôme des formations salifères mettant ainsi en évidence un affaissement naturel du sol lié a la dissolution des formations sous-jacentes ; la présence d'une source salée confirme cette assertion. Paradoxalement, l'exploitation des nappes alluviales dans cette situation, par pompage au droit des zones de dissolution préférentielle, risque d'induire une remontée relative du niveau piézométrique, provoquée par un affaissement du sol consécutif é la formation de fontis de dissolution dans les formations salifères.

#### II.4.2 REMONTE DE NAPPE DUE A L'ACTIVITE HUMAINE

Le développement économique implique une intervention sans cesse croissante de l'homme sur le milieu souterrain. Celui-ci est, en effet, sollicité pour l'extraction des ressources minérales et énergétiques, et pour l'exploitation de l'eau qu'il renferme. Les aménagements de surface, tout comme les activités touchant au sous-sol et en particulier à l'eau souterraine peuvent, occasionnellement, avoir des répercussions néfastes sous la forme de la remontée des nappes. Celles-ci se manifestent soit par des inondations, soit par l'ennoyage des constructions souterraines entraînant l'apparition de désordre dans la stabilité des constructions et leurs environnements.

L'exploitation des eaux pour des fin d'irrigation peut lui aussi aggraver davantage la situation de la remontée des eaux notamment si on fait par recours aux systèmes d'irrigation modernes tels que l'aspersion ou le goutte-à-goutte, généralement à Ouargla les nouveaux systèmes d'irrigation sont peut employés et on se contente à la méthode traditionnelle soit la submersion pour les différentes cultures agricoles exploités dans la région de puis des années.

#### II.4.4 REMONTEES DE NAPPE LIEES AUX ARRETS DE POMPAGE

Pour ce qui concerne l'arrêt de pompage, On peut distinguer trois types:

- 1- Arrêts de pompage miniers.
- 2- Arrêts de pompage destinés à l'alimentation en eau potable.
- 3- Arrêts de pompages industriels.

Pour les arrêts de pompage minier, nous avons pris comme exemple la ville de Saint-Etienne (France) connue par son sous-sol riche en charbon. Au cours de la phase d'exploitation, qui s'est effectuée jusqu'à 800 m de profondeur, les houillères ont du évacuer un important cubage d'eau de la nappe contenue dans le terrain Houiller, qui a frottement rabattu la nappe de sub-surface qui se trouve en relation étroite avec elle.

A l'arrêt des travaux miniers, les pompages cessent, les eaux sont remontées et ont ré-affleuré non seulement sur des terrains qui, à l'origines, étaient plus en marécageux, mais aussi , dans les sous-sol du palis des sports où ils ont été contraint d'extraire, dans un premier temps, un débit de 150 m<sup>3</sup>/h.

Afin de remédier à ces états désastreux, les houillères ont dû reprendre certains pompages, et des particuliers ont été conduits à pomper également. L'assainissement des points bas de la ville de Saint-

Etienne a été envisagé par drainage technique, qui ne pourra être réalisés toutefois qu'après l'achèvement d'un nivellement précis.

Ici à Ouargla, le niveau de la nappe phréatique assez proche de la surface du terrain naturel en zone urbaine, la figure (II.?) montre le niveau de la nappe lors de la mise en place d'une canalisation d'assainissement au quartier "Sokra" Commune de Ruissat (Ouargla) en 2005.



**Figure (II.03) : Niveau de la nappe phréatique au quartier "Sokra".**

Les stations de pompage à Ouargla sont nombreuses vu sa topographie plate qui nécessite le relevage du niveau des eaux usées canalisées en gravitaire chaque fois que le niveau des canalisations atteindrent une profondeur d'environ 7 m. La figure (II.04) montre la fonctionnent de la station de pompage lorsque le niveau d'eau usée atteint une hauteur de déclenchement du système auto-fonctionnel.



Figure (II.04) : Surélévation du niveau d'eau usée (Station de pompage Sokra)

Malheureusement, lors que ce système s'arrête par défaut mécanique ou électrique, les stations de pompage cessent de fonctionner, des débordements d'eaux usées sont constatés au voisinage des regards de visite, inondant ainsi les routes et les points bas limitrophes comme le montre la figure (II.05).



Figure (II.05) : Débordement des eaux usées lors d'un arrêt de pompag



## II.5 CONSEQUENCES (PATHOLOGIES)

Les conséquences considérées comme pathologies causées par la nappe phréatique dans les points suivant :

- Réduction de la capacité portante des fondations (carbonatation des bétons, corrosion des armatures ...etc.)
- Tassement (absolu ou différentiel)
- Détérioration des murs intérieurs et extérieurs (par fissuration)
- Sous pression soulèvement du bâtiment et noyade des sous-sols
- Dissolution et fontis
- Corrosion des armatures du béton
- Pollution chimique liée aux remontées de nappes

Afin d'éclaircir le danger de ce phénomène, Nous allons présenter un rapport d'expertise de l'observatoire national du contrôle technique de la construction et de l'irrigation de TOUGGOURT.

Ce rapport s'agit d'une évaluation du phénomène de la remontée des eaux marécageuses de l'hôtel des "OASIS", qui se compose de 21 pages et réalisé par des ingénieurs techniques et des experts dans le domaine.

Ils ont traité la situation en collectant des données et des photos sur terrain, ainsi que l'expertise sur site, et les résultats de la remontée des eaux étaient d'une moyenne de 0,70 m durant les 07 premiers jours et puis le résultat se stabilise.

En plus, le rapport a présenté les causes de ce phénomène ainsi que l'impossibilité de s'en débarrasser que nous allons les résumer dans les points suivants :

- Inexistence des réseaux d'assainissement.
- Operations de dragage des eaux loin des normes techniques.
- Opération d'entretien des chambres de pompage n'est pas continue.
- Bassins d'évacuation sont totalement bouchés

Et encore d'autres recommandation et solutions proposées afin d'éviter la détérioration des bases et pour assurer la durabilité des infrastructures. [9]

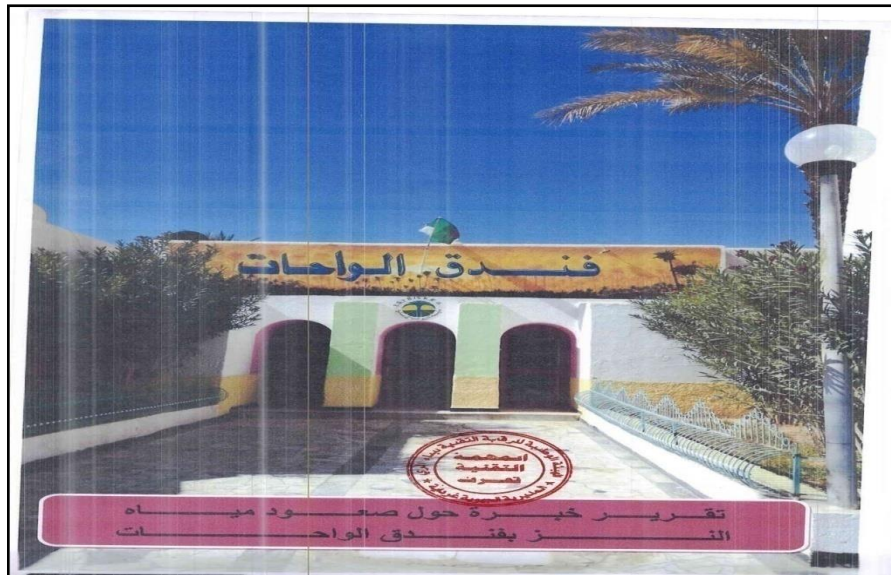


Figure (II.06) : Entrée de l'hôtel Oasis à Touggourt objet de notre rapport d'expertise

Selon l'étude faite par « M. Aisani Misbah » ; dans son mémoire de Master (Ouargla, 2018) dans lequel il traite le diagnostic de plusieurs expertises pour, presque le même sujet de notre étude ; Il se base sur une étude approfondie et un diagnostic précis de l'effet de l'eau en général sur la structure des constructions et notamment les infrastructures.

Ci-dessous, nous allons citer l'impact négatif sur les matériaux de construction dû au phénomène de notre étude.

### II.5.1 PATHOLOGIES A RISQUE ELEVE

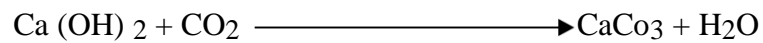
Parmi les risques élevés enregistrés sur la construction étudiée, on note :

- Dégradation de l'armature en acier due à la rouille présente de 77.77 % des projets expertisés comme le montre la figure ci-dessous :



**Figure (II.07): Armatures corrodés par l'effet de la remontée la de nappe.**

Carbonatation des bétons : La carbonatation dans le béton armé correspond à un phénomène chimique. L'écriture simplifiée de cette réaction est la suivante:



La carbonatation génère une dégradation lente de la structure du matériau et un changement de son comportement. Certes, elle a un effet néfaste en réduisant la protection chimique des armatures, mais elle est très bénéfique en améliorant la résistance mécanique et la résistance à l'eau agressive pour les ciments bien choisies tels que le ciment résistant aux sulfates (CRS) et le ciment à haute teneur en silice (HTS).



**Figure (II.08) : Carbonatation du béton**

## II.5.2 PATHOLOGIES A RISQUE MOYEN

Parmi les exemples de pathologie à risque moyen, le phénomène de fissures intérieures ou extérieures survenant au niveau du sol ou dans les murs en raison du mouvement ou de l'affaissement des fondations dû à la remontée des eaux souterraines.



Figure (II.09) : Fissuration des murs.

Les solutions techniques proposées par les instances techniques régionales au niveau local se limitent à des interventions premièrement d'ordre observatoire, discussions techniques pour propositions de solutions et compréhension du phénomène, confirmer les constats par des essais que ce soient destructifs ou non destructifs, chercher la ou les solutions les plus adéquates, généralement l'objectif principal est d'augmenter la durée de vie des constructions, néanmoins c'est pas toujours le cas car certaines constructions, et une fois revenir aux conditions de coût et risques, leur démolition, dès fois, prime sur la modification ou la restauration.

La plus part des expertises et y compris les diagnostiques, les études, les expériences et les résultats trouvés, relèvent que le phénomène de la remontée d'eau, est la cause et source principale des dégradations enregistrées, d'où la nécessité de remédier au problème de puis son origine si encore les conditions techniques, économiques, sécuritaires, ainsi que l'impact des solutions proposées sera dans les mesures de la maîtrise des conséquences négatives si elles en existent.

## II.6 REMEDES ET SOLUTIONS :

### II.6.1 Résumé des remèdes et solutions possibles

La plupart des solutions qui ont été avancées par les services du CTC peuvent être regroupé comme suite :

1- Les pathologies relatives aux **Aciers apparents et corrodés**, représente 77,77% des projets expertisés sachant que cette catégorie est la plus fréquente, ce qui signifie que celle-ci est répandue à travers toute

la wilaya de Ouargla à cause de la remontée des eaux. **La solution** proposée dans les projets expertisés est la démolition de la partie endommagée (renforcement, chemisage,...etc.) agir sur la source du problème en assurant un drainage permanent des eaux sous terraines en contactes avec le béton des fondations et longrines

- 2- Les pathologies, relatives à la **Dégradation au niveau du plancher terrasse** et à la **Résistance du béton**, existent dans 44,44% des projets ayant fait l'objet d'expertise par le CTC en raison du manque d'entretien de l'étanchéité du plancher terrasse qui a engendré la stagnation de l'eau de pluie, ce qui entraîne des dommages. **La solution** proposée dans les projets expertisés est la réparation et la rénovation des éléments dégradés.
- 3- Les pathologies ayant trait à la **Dégradation au niveau dallage**, sont présentes dans 33,33% des bâtis expertisés. Cette catégorie est moins fréquente dans ces diagnostics, ce qui important c'est la présence de fuite d'eau entraînant des dommages aux fondations, qui à leur tour endommagent complètement le bâtiment. **La solution** proposée dans les projets expertisés est la réparation et la rénovation des éléments dégradés et agir sur la source du problème en assurant un drainage permanent des eaux souterraines en contactes avec le béton des fondations et longrines.
- 4- Les pathologies liées aux **Fissures au niveau des murs et éclatement de la maçonnerie**, à **l'Inclinaison du mur de clôture** et au **Tassement différentiel**, qui existent dans 22,22% des bâtis objet d'expertise dans la wilaya d'Ouargla. Il est possible d'expliquer chaque cas séparément:

Pour **les fissures au niveau des murs et éclatement de la maçonnerie**) le manque de traitement adéquat des joints de dilatation a engendré des fissures au niveau des murs. **La solution** est l'ouverture de ces joints, puis la réparation des fissures.

Pour **l'inclinaison du mur de clôture**, la construction de la clôture sur plusieurs périodes et sans étude préalable a conduit à son inclinaison et sa chute probable. **La solution** est d'éviter la construction sans étude et prendre en considération les conditions du site.

Pour le **Tassement différentiel** ce dernier concerne les fondations et est en générale dû aux fuites des eaux qui conduiront finalement à un tassement différentiel pour tout l'ouvrage.

D'après ce qui précède, il est claire que la plus part des dégradations rencontrées sont liées à la remontée de la nappe phréatique ce qui nécessite l'élimination ou de la réduction du niveau d'eau qui est aggravée par l'arrêt des stations de pompage des eaux usées de la ville de Ouargla, que ce soit à cause de pannes techniques ou pour des raisons de maintenance périodique.

Donc, il y a lieu de :

- 1- Réaliser un réseau de drainage global dans les zones touchées par le phénomène sachant que la dénivelée entre le centre ville et le point de rejet est assez faible chose qui est expliquée par le grand nombre des stations de pompage au niveau de la ville d'Ouargla.
- 2- Agir sur le point de rejet par la création d'une dénivelée du niveau d'eau par l'accélération de l'évaporation mécanique sachant que type de technique est maîtrisable par des sociétés assez connu dans le mode où l'évaporation de l'eau a lieu quand la surface du liquide est libre et que les molécules peuvent se détacher les unes des autres. Grâce à un système dit E46 de la compagnie "EMICONTROLS", le liquide est pompé à travers des buses spéciales et projeté dans l'air jusqu'à une hauteur de 6 mètres. Les buses aspirent de l'air pour former les gouttes et augmenter la capacité d'évaporation.

Etant donné que ces deux solutions reposent sur des interventions géantes, sans doute, elles vont coûter très cher. La première solution est assez coûteuse et son efficacité repose sur l'écoulement gravitaire qui nécessite une dénivelée naturelle qui est elle-même assez faible. Alors que la deuxième se base sur une technique qui impose une opération continue dans le temps et qui nécessite une consommation d'énergie assez coûteuse et on risque le retour du phénomène dès que le système cesse de fonctionner.

Disant qu'on veut réduire le niveau de la nappe à un point en dessous des niveaux des constructions, il y a lieu de réfléchir sur une solution durable intégrée qui peut être utile encore pour d'autres secteurs économique.

La solution que nous proposons repose sur l'exploitation de l'énergie solaire, assez favorable dans la région, et favoriser l'accélération de l'évaporation de l'eau au niveau du lieu du rejet des eaux soit au niveau du Sabkhat Safioune par la construction d'une structure en charpente métallique portant des miroirs géants reflétant les rayons solaires vers la surface de l'eau affleurant de la nappe phréatique.

### **II.6.2 Impacts de la solution proposée:**

- La solution proposée certainement va induire des conséquences que nous pouvons les résumées en ce qui suit:

- 1- Surélévation de la température ambiante au niveau du Sabkhat Safioune, chose qui va favoriser et accélérer le niveau d'évaporation de la nappe, soit la création d'une dénivelée entre le niveau d'eau au rejet et celui de la ville, ce qui va favoriser l'écoulement souterrain des eaux (loi de darcy).

- 2- La surélévation de la température change l'écosystème local de la zone en favorisant plus l'humidité relative.
- 3- La surélévation de la température influence le phytote et la flore aux alentours du Sabkhat Safioune.
- 4- Le projet en question peut faire l'objet de génération de l'énergie solaire pour les régions limitrophes notamment les exploitations agricoles si les éléments miroirs seront substitués à des plaques photovoltaïques.
- 5- L'eau évaporée peut être récupérée et réutilisée pour d'autres fins utiles comme l'irrigation à titre d'exemple.

## **II.7 CONCLUSION :**

Comme conclusion à ce chapitre, il y a lieu de préciser ce qui suit :

Les expertises menées sur un nombre important d'ouvrages bâtis souffrant de risques de dégradations sont essentiellement dues à la remontée de la nappe phréatique.

Les solutions envisagées sont coûteuses et ne traitent pas le problème depuis sa source.

La solution que nous proposons nécessite l'éclaircissement de l'approche relative à l'accélération du phénomène de l'évaporation de l'eau depuis le lieu du rejet et de comprendre et d'évaluer cette évaporation par la mise en place de prototypes et suivre de près le phénomène d'évaporation accélérée par la réflexion des rayons solaires, objet du prochain chapitre.

## **CHAPITRE III:**



## CHAPITRE III: DEVELOPPEMENT DE LA SOLUTION RETENUE ET RESULTATS

### III.1 INTRODUCTION

Dans le présent chapitre nous allons exposer la solution retenue et les dispositifs mis en place dans le but d'évaluer le taux d'évaporation mesuré à partir de ces dispositifs. En d'autres termes, nous allons imiter expérimentalement l'évaporation accélérée par réflexion des rayons solaires sur la surface d'eau (terrain mouillé).

### III.2 DISCRPTION DU DISPOSITIF ET PROTOTYPE

Le dispositif dédié à cet essai consiste en des bacs à remplir par le sol saturé exposés au rayonnement solaire et d'autres exposés au même rayonnement solaire accouplé à un reflet de rayon solaire à l'aide de miroir mis en place comme le montre la figure (III.1):

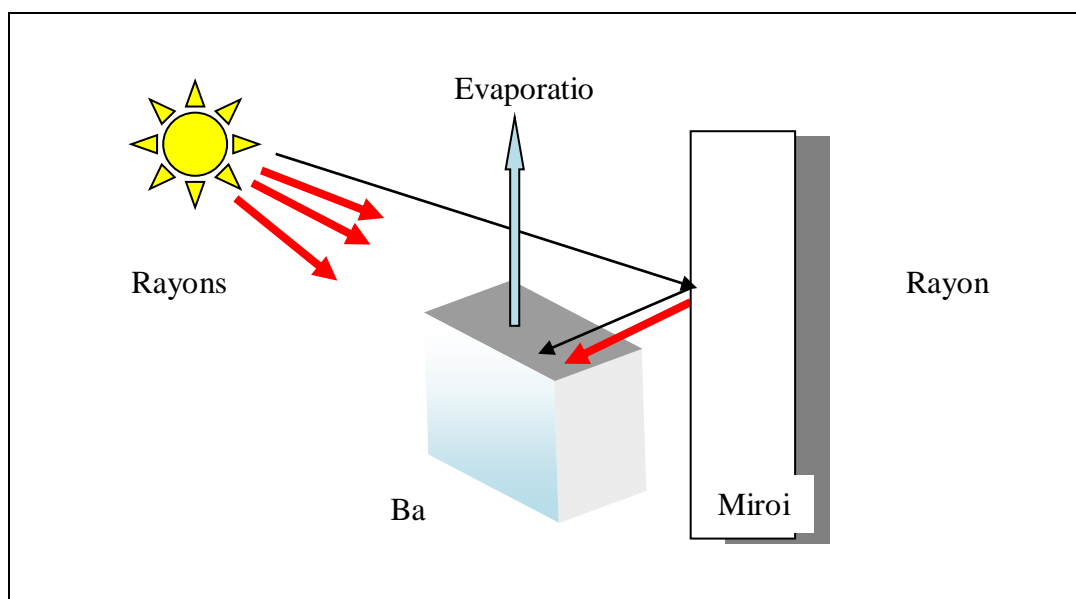


Figure (III.01) : Schéma explicatif du dispositif mis en place

Les outils utilisés dans le dispositif consistent en un bac de capacité de 13.7 litres doté d'un miroir plat de 70X70cm<sup>2</sup>. A ce propos, huit bacs en plastique numérotés et de B1 à B8, de forme prismatique ayant une surface plane 25x37.5cm<sup>2</sup>, dont le mode d'emploi est résumé sur le tableau (III.1) :

**Tableau (III.01): Notation adoptée pour les bacs d'essai**

Matériau de remplissage	Notation (exposé aux rayons solaires)	Notation (Non exposé aux rayons solaires)
sable	B1	B5
argile	B2	B6
gravier	B3	B7
eau	B4	B8

### III.3 MODE OPERATOIRE ADOPTE

L'expérience a été développée pour la simulation naturelle de l'évaporation de l'eau du sebkha en deux cas le cas normal rayonnement solaire directe et le rayon solaire accouplé par le reflet de ce dernier par un miroir mis à cet effet.

Les huit bacs seront remplis de matériau sol ayant différent granulométrie (argile, sable de dunes, et gravier) et un bac rempli uniquement d'eau. Le niveau de l'eau est mesuré sur différent période de temps ainsi on détermine l'évaporation générée des différents bacs.

Une balance électronique a été utilisée afin de mesurer le poids en chaque phase de temps, le bac est de 400±4g. Les matériaux utilisés sont pris à poids identique soit 10kg, alors que l'eau est prise égale à 9 litres, les données sont résumées sur le tableau (III.2) suivant:

**Tableau(III.02): Données relatives aux matériaux utilisés**

Notation	matériau	Poids du matériau (kg)	Poids du matériau + eau (kg)	Niveau du matériau dans le bac (cm)
B1, B5	sable	10	19.	8
B2, B6	argile	10	19	10
B3, B7	gravier	10	19	7.4
B4, B8	eau	9	9	10.6

Les bacs (pots) notés de B1 à B4, qui sont remplis, espacés, et exposés au miroir orienté vers le sud, sachant que c'est l'orientation dont les rayons solaires sont les plus intenses, alors que les autres bacs notés de B5 à B8 sont placés, espacés sans l'effet de miroir.

### III.4 DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DES MATERIAUX UTILISES.

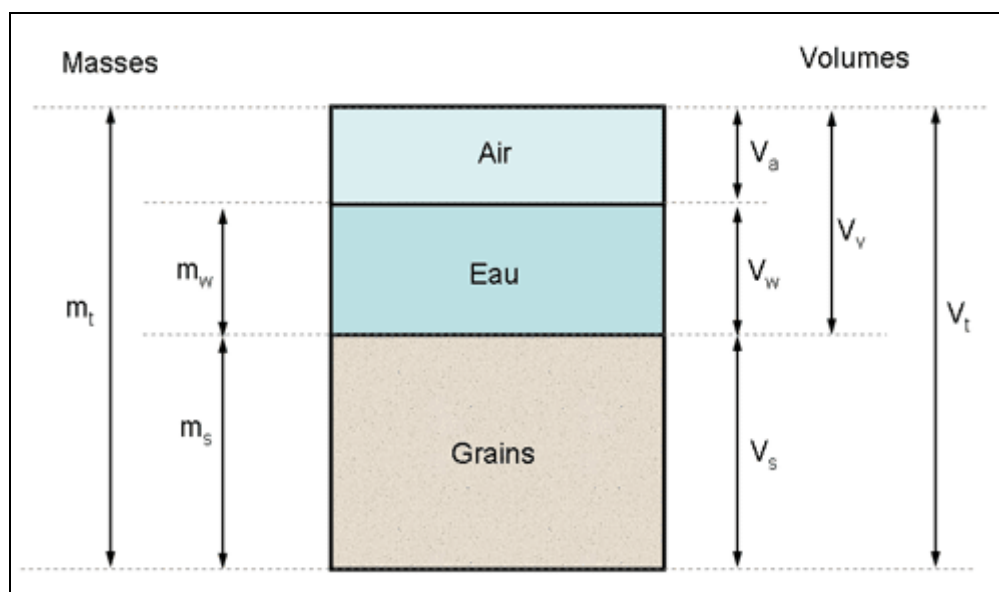
Dans un sol naturel, les différents éléments (air, eau, grains) sont disposés en ordre dispersé et suivant un arrangement lié à la fois aux conditions et à l'histoire ultérieure subie. On peut schématiser les 3 phases dans un diagramme simplifié comme montré sur la figure (III.2) dans laquelle on distinguera :

- les volumes occupés par chaque constituant respectivement  $V_s$  pour les grains,  $V_w$  pour l'eau,  $V_a$  pour l'air avec

$V = V_s + V_w + V_a$  le volume total et  $V_v = V_w + V_a$  le volume des vides ;

- les masses des grains  $m_s$ , de l'eau  $m_w$  (la masse de l'air est nulle : pesée dans l'air) ;
- les poids des grains  $p_s$  et de l'eau  $p_w$ .

•



Figure(III.02) : Diagramme des phases du sol

A partir de ces éléments, on peut définir les propriétés géométriques des sols qui figurent dans le tableau (III.3)

**Tableau (III.03) Définition des paramètres physiques du sol**

	Symbole	Unités	Expression
Teneur en eau	w	%	$\frac{m_w}{m_s} = \frac{p_w}{p_s}$
Indice des vides	e	/	$\frac{V_v}{V_s} = \frac{V_a + V_w}{V_s}$
Porosité	n	%	$\frac{V_v}{V_t} = \frac{V_a + V_w}{V_t}$
Volume spécifique	v	/	$\frac{V_s + V_w}{V_t}$
Degré de saturation	S <sub>r</sub>	%	$\frac{V_w}{V_v} = \frac{V_w}{V_w + V_a}$
Teneur en air	A <sub>a</sub>	%	$\frac{V_a}{V_t}$
Masse volumique des grains	ρ <sub>s</sub>	Mg/m <sup>3</sup>	$\frac{m_s}{V_s}$
Poids volumique des grains	γ <sub>s</sub>	kN/m <sup>3</sup>	$\frac{p_s}{V_s}$
Densité relative des grains	G	/	$\frac{\rho_s}{\rho_w} = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$
Masse volumique de l'eau	r <sub>w</sub>	Mg/m <sup>3</sup>	$\frac{m_w}{V_w}$
Poids volumique de l'eau	γ <sub>w</sub>	kN/m <sup>3</sup>	$\frac{p_w}{V_w}$
Masse volumique humide du sol	ρ	Mg/m <sup>3</sup>	$\frac{m_s + m_w}{V_a + V_w + V_s}$
Poids volumique humide du sol	γ	kN/m <sup>3</sup>	$\frac{p_w + p_s}{V_a + V_w + V_s}$
Masse volumique du sol saturé	ρ <sub>sat</sub>	Mg/m <sup>3</sup>	$\frac{m_s + m_w}{V_s + V_w}$
Poids volumique saturé du sol	γ <sub>sat</sub>	kN/m <sup>3</sup>	$\frac{p_w + p_s}{V_w + V_s}$
Masse volumique sèche	ρ <sub>d</sub>	Mg/m <sup>3</sup>	$\frac{m_s}{V_t}$
Poids volumique sec	γ <sub>d</sub>	kN/m <sup>3</sup>	$\frac{p_s}{V_t}$
Masse volumique déjaugée	ρ'	Mg/m <sup>3</sup>	ρ' = ρ <sub>sat</sub> - ρ <sub>w</sub>
Poids volumique déjaugé	γ'	kN/m <sup>3</sup>	γ' = γ <sub>sat</sub> - γ <sub>w</sub>

Les valeurs de ces grandeurs géométriques peuvent varier dans des intervalles assez larges. Le tableau (III.3) donne par exemple les teneurs (w) en eau et les poids volumiques γ de quelques sols. Pour les sols rencontrés couramment on pourra, en première approximation, considérer que au dessus de la nappe γ = 18 KN/m<sup>3</sup> et au dessous de la nappe γ<sub>sat</sub> = 20 KN/m<sup>3</sup>.

Les teneurs en eau naturelle varient aussi dans un large domaine comme l'indique le tableau (III.3).

**Tableau (III.04) : Quelques valeurs des poids volumiques et teneurs en eau des sols**

Type de sol	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Type de sol	w (%)
Sables et graviers lâches	17 - 19	Sables et graviers lâches	15 - 25
Sables et graviers compacts	20 - 22	Sables et graviers compacts	5 - 10
Argiles molles	16 - 18	Silts	20 - 30
Argiles raides	19 - 22	Argiles N.C. faible plasticité	20 - 40
Tourbes	11 - 14	Argiles N.C. forte plasticité	40 - 90
Argiles vasardes	13 - 15	Argiles O.C. faible plasticité	10 - 20
Roches tendres	20 - 23	Argiles O.C. forte plasticité	20 - 40
Roches dures	24 - 27	Sols organiques	50 - 150
		Tourbes	100 - 1000

Pour cela, selon notre expérience, il s'agit de l'évaporation du sol pour la zone d'Ouargla. Nous calculons les caractéristiques du sol selon le tableau (III.05), pour chaque substance du sol dans la même zone comme suit:

**Tableau (III.05): Caractéristiques physiques de l'argile, sable et gravier**

	Sable	Argile	Gravier
Ps	100	100	100
Pw	90	90	90
mw	9	9	9
ms	10	10	10
mt	19	19	19
Vv	0,0099375	0,0099375	0,0099375
Vs	0,0077880	0,0097350	0,0072039
Vw	0,0099375	0,0099375	0,0099375
Va	0,0000000	0,0000000	0,0000000
Vt	0,0177255	0,0196725	0,0171414
Teneur en eau	0,9	0,9	0,9
Indice des vides	1,27600154	1,020801233	1,379461125
Porosité	0,56063299	0,505146778	0,579736778
Volume spécifique	1	1	1
Degré de saturation	1	1	1

Teneur en air	0	0	0
Masse volumique des grains	1284,02671	1027,221366	1388,136981
Poids volumique des grains	12840,2671	10272,21366	13881,36981
Densité relative des grains	1,111111111	1,111111111	1,111111111
Masse volumique de l'eau	9056,60377	9056,603774	9056,603774
Poids volumique de l'eau	9056,60377	9056,603774	9056,603774
Masse volumique humide du sol	1071,90206	965,8152243	1108,42755
Poids volumique humide du sol	10719,0206	9658,152243	11084,2755
Masse volumique du sol saturé	1071,90206	965,8152243	1108,42755
Poids volumique saturé du sol	10719,0206	9658,152243	11084,2755
Masse volumique sèche	564,15898	508,3238023	583,3829209
Poids volumique sec	5641,5898	5083,238023	5833,829209
Masse volumique déjàugée	166,241685	60,15484694	202,7671723
Poids volumique déjàugé	1662,41685	601,5484694	2027,671723

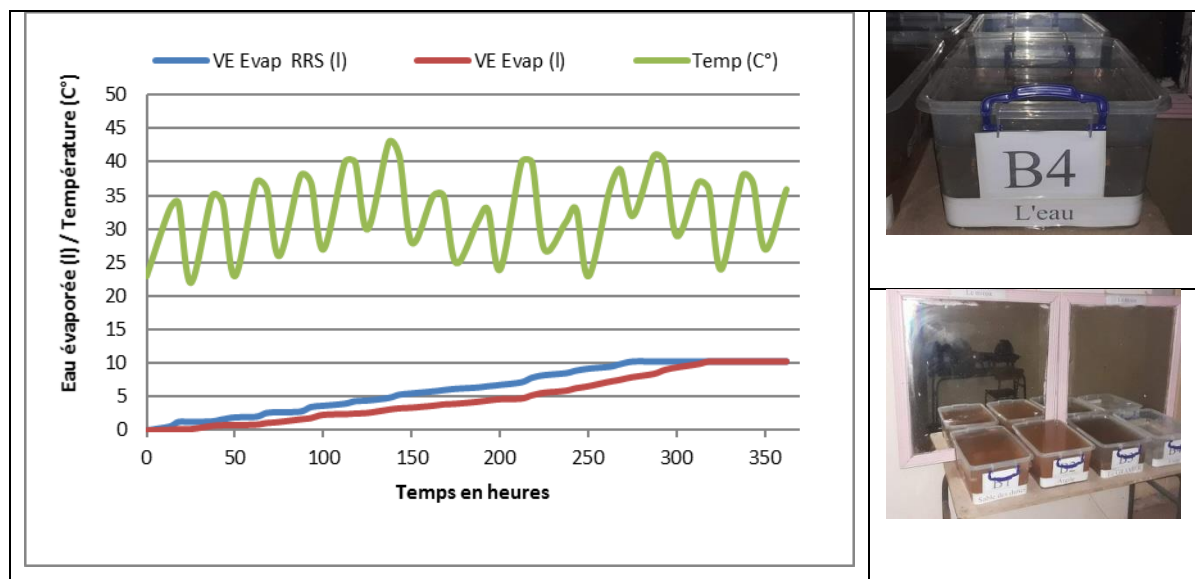
### III.5 RESULTATS ET DISCUSSION

Le début des essais était le 2 Mai 2020, où les grandeurs physiques ont été mesurées ou calculées selon le cas.

Dans ce qui suit, les résultats des essais vont être exposés et discuté comparativement aux données climatiques du site, lors de l'essai, telles que la température ou la vitesse du vent.

#### III.5.1 BAC REMPLI D'EAU UNIQUEMENT

Pour le cas où le bac est rempli uniquement en eau, représenté par les notations B4 et B8, les résultats de l'évaporation sont présentés sur la figure (III.3) ci-après

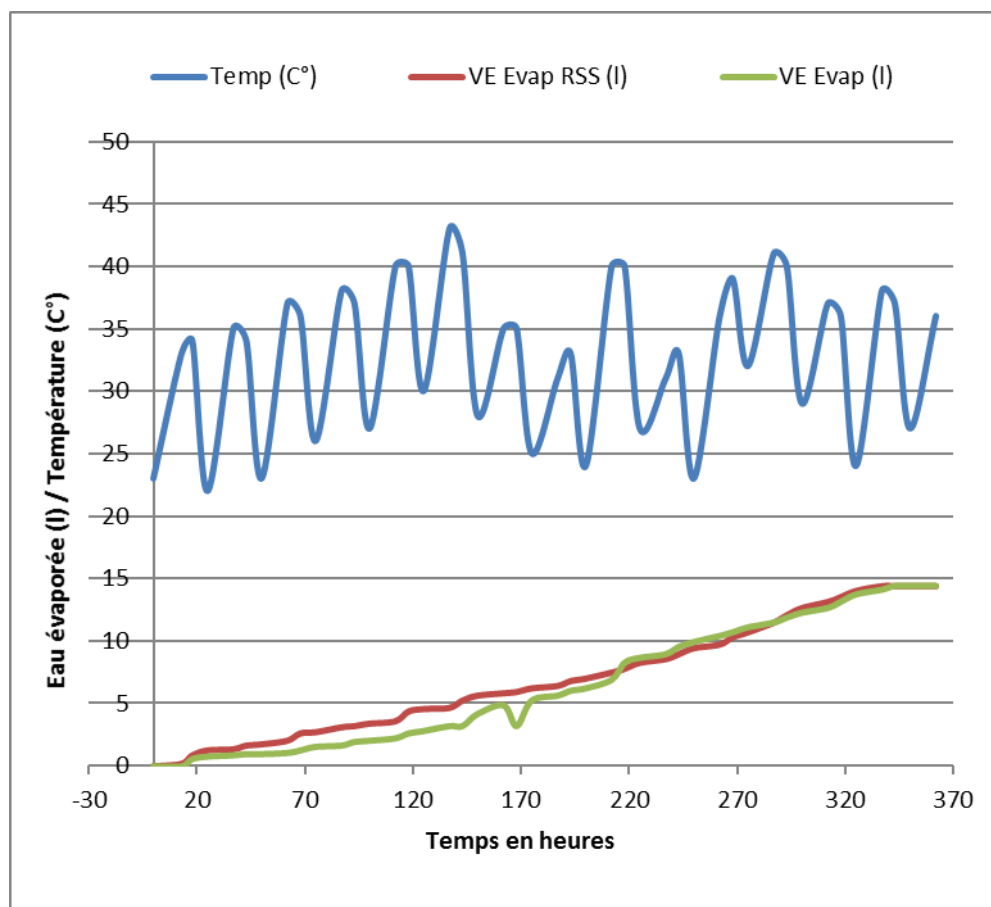


**Figure(III.03) : Evaporation de l'eau du Bac B4 et B8**

Il est clair que la température oscille quotidiennement, cette oscillation est contenue dans l'intervalle ( $23^{\circ}\text{C}$  et  $42^{\circ}\text{C}$ ), l'évaporation au cours des 362 heures de l'essai est continue dans le temps bien que l'évaporation est légèrement accentuée par le reflet des rayons solaires jusqu' 275 heures où on remarque que les courbes commencent à se rejoindre. Soit un écart maximum entre reflet et sans reflet de 2.6 l.

### III.5.2 BAC REMPLI DE SABLE DE DUNE ET D'EAU

Pour le cas où le bac est rempli uniquement en eau, représenté par les notations B1 et B5, les résultats de l'évaporation sont présentés sur la figure (III.4) ci-après



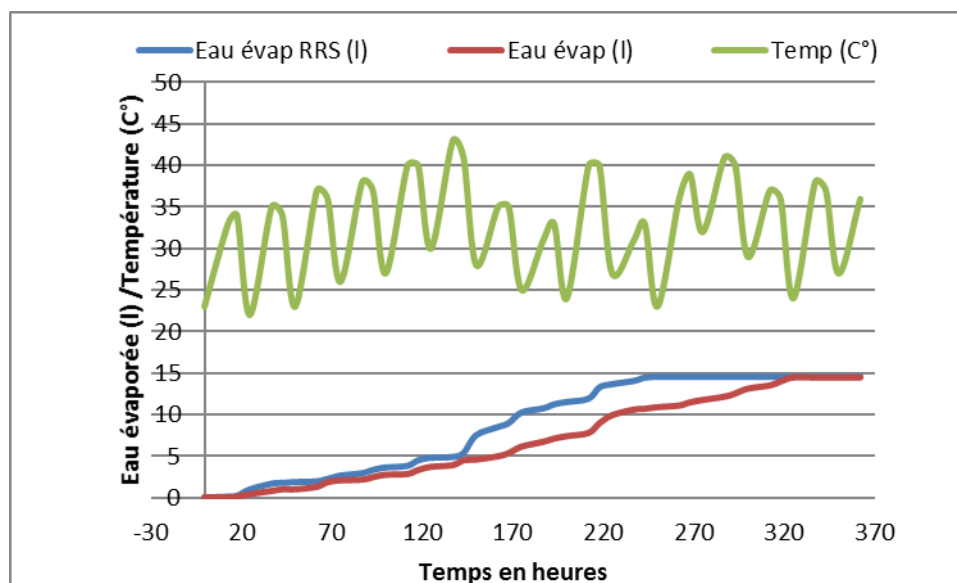
**Figure(III.04) : Evaporation de l'eau du Bac B1 et B5**

Il est clair que la température oscille quotidiennement, cette oscillation est contenue dans l'intervalle ( $23^{\circ}\text{C}$  et  $42^{\circ}\text{C}$ ), l'évaporation au cours des 362 heures de l'essai est continue dans le temps bien que l'évaporation est légèrement accentuée par le reflet des rayons solaires jusqu' 218 heures où on remarque que les courbes commencent à se rejoindre. Soit un écart maximum entre reflet et sans reflet de 2.73 l atteint à 168 heures de puis le début de l'essai. L'effet du reflet des rayons solaires est assez claire avant 168 heures de l'essai alors qu'il pratiquement insignifiant au-delà de cette heure.

### III.5.3 BAC REMPLI D'ARGILE ET D'EAU

Pour le cas où le bac est rempli en argile et en eau, représenté par les notations B2 et B6, les résultats de l'évaporation sont présentés sur la figure (III.5) ci-après





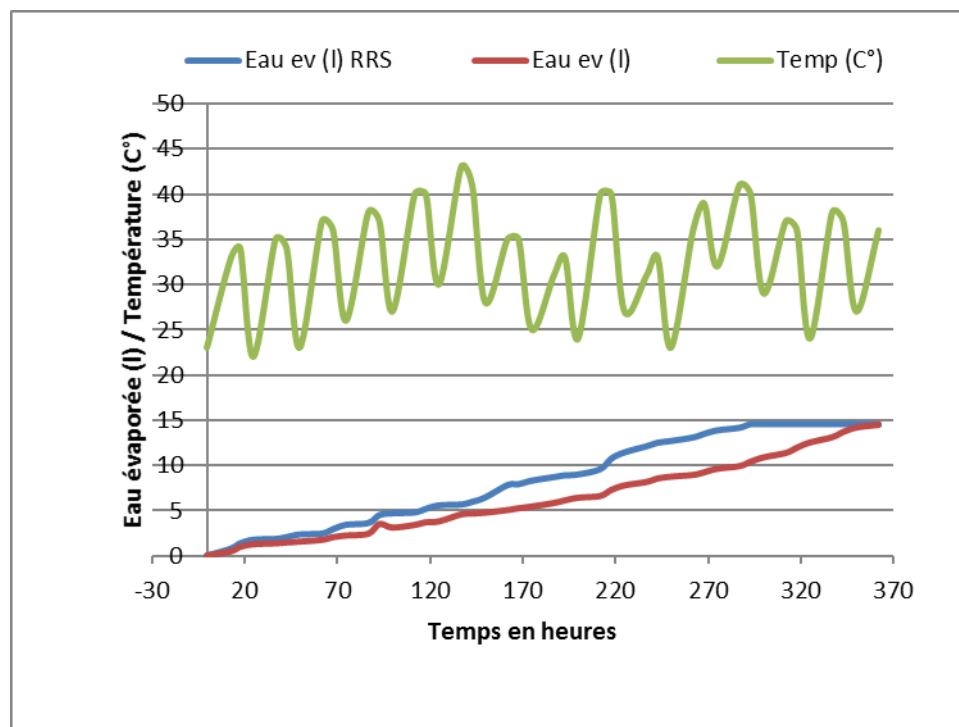
**Figure(III.05) : Evaporation de l'eau du Bac B2 et B6**

Il est clair que la température oscille quotidiennement, cette oscillation est contenue dans l'intervalle ( $23^{\circ}\text{C}$  et  $42^{\circ}\text{C}$ ), l'évaporation au cours des 362 heures de l'essai est continue dans le temps bien que l'évaporation est accentuée par le reflet des rayons solaires de puis l'heure 143 jusqu'à l'heure 318 où on remarque que les courbes commence à se rejoindre. Soit un écart maximum entre reflet et sans reflet de 4.28 l atteint à 218 heures de puis le début de l'essai.

#### III.5.4 BAC REMPLI DE GRAVIER ET D'EAU

Pour le cas où le bac est rempli en argile et en eau, représenté par les notations B3 et B7, les résultats de l'évaporation sont présentés sur la figure (III.6).

Il est clair que la température oscille quotidiennement, cette oscillation est contenue dans l'intervalle ( $23^{\circ}\text{C}$  et  $42^{\circ}\text{C}$ ), l'évaporation au cours des 362 heures de l'essai est continue dans le temps bien que l'évaporation est accentuée par le reflet des rayons solaires de puis le début de l'essai jusqu'à l'heure 343 où on remarque que les courbes commence à se rejoindre. Soit un écart maximum entre reflet et sans reflet de 4.18 l atteint à 268 heures de puis le début de l'essai.



**Figure(III.06) : Evaporation de l'eau du Bac B3 et B7**

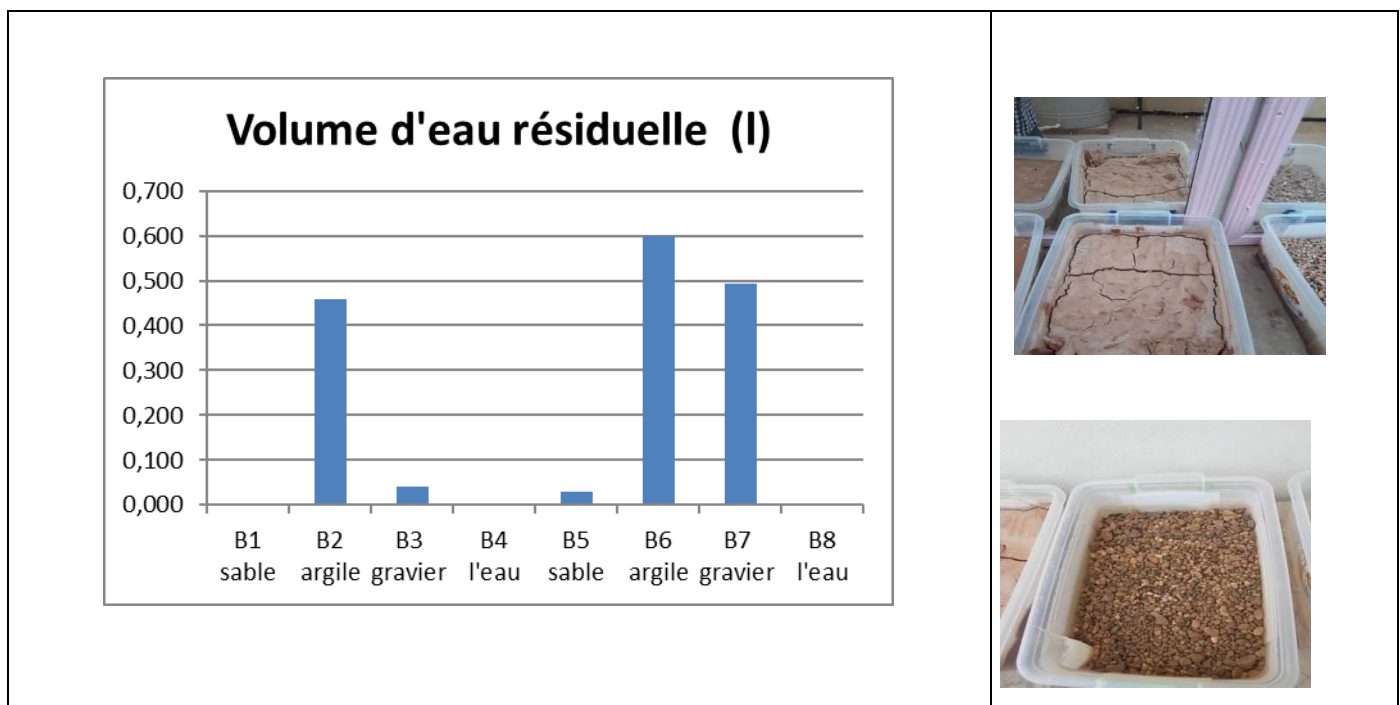
### III.5.5 COMPARAISON ENTRE LES DIFFERENTS CAS

Pour la comparaison entre les différents modes utilisés, nous avons pesé les différents bacs et en déduisant le poids du bac et le poids initial du matériau additif, nous obtenons l'eau résiduelle après la fin de l'opération d'évaporation dans les différents échantillons la figure (III.7) montre l'écart en litres;

Il est clair que les deux bacs ayant uniquement l'eau sont totalement secs alors que les autres bacs contiennent encore une quantité d'eau selon la nature du matériau.

Chose qui n'est pas attendue est le comportement du sable de dunes qui a permis l'évaporation de l'eau mieux que le gravier que ce soit avec le reflet des rayons solaires ou sans reflet. L'argile reste dans les deux le moins favorable pour l'évaporation des eaux.

L'effet du reflet des rayons solaires est bien clair qu'il favorise l'évaporation de l'eau. Cet effet est très élevé pour les argiles alors qu'il est plus faible pour l'eau les valeurs d'écart entre avec et sans reflet sont en litre : 4.28, 4.19, 2.73 et 2.63 respectivement pour l'argile, le gravier, le sable de dunes et enfin l'eau.



**Figure(III.07) : Evaporation de l'eau pour les différents bacs**

### III.6 CONCLUSION:

Après cette expérience de laboratoire pour le processus d'évaporation du sol et la simulation de l'état naturel du sol par des prototypes, nous pouvons conclure ce qui suit:

Les bacs exposés au soleil et aux facteurs naturels, l'eau s'évapore plus rapidement et en grande quantité lors que celle-ci est exposée au miroir.

Après avoir constaté que les bacs ont été exposés au vent, l'eau s'évapore plus rapidement que lors que ce dernier n'existe pas (vent calme).

Généralement, après cette simulation, on s'assure qu'avec la présence du miroir, le processus d'évaporation de l'eau dans le sol sera accélérer. Ce dernier, sera contrôlé en fonction de l'angle de réflexion adéquat du soleil, autrement dit, en le dirigeant vers le Sud pour capter au maximum les rayons solaires.

# **CONCLUSION GENERALE**

## CONCLUSION GENERALE

En Guise de conclusion, il y a lieu de retenir ce qui suit:

La stabilité du sol support des constructions est une condition primordiale pour la durabilité de ces dernières, néanmoins, l'existence de nappe phréatique proche peut fortement menacer cette durabilité par le changement des caractéristiques mécanique du sol support ou bien de dégrader les fondations de la structure elle-même.

Certaines zones de dépression dans la wilaya d'Ouargla, voir Touggourt ville et Ouargla ville, sont menacées par ce phénomène de la remontée des eaux. Et les mesures prises pour la lutte contre la remontée des eaux sont couteuses et fait appel à un matériel colossal nécessitant un entretien périodique pénible.

La solution de rabattre le niveau de la nappe phréatique est techniquement faisable mais économiquement non rentable, et le recours au système préventif dans nos constructions est assez couteux mais jusqu'à présent inévitable.

L'idée de l'utilisation de l'énergie solaire comme solution intégrée pour l'accélération de l'évaporation semble prometteuse, notamment lors qu'on a constaté qu'il existe une surélévation d'évaporation dans les bacs d'essai ayant fait l'objet de réflexion des rayons solaires comparativement aux bacs laissés sous les rayons solaires uniquement.

La granulométrie du sol sous le même procédé, semble avoir un effet sur l'efficacité sur le Protocol expérimental adopté, et qui nécessite, lui aussi, une normalisation afin de pouvoir ajusté les dimensions appropriées.

Les résultats obtenus ne sont pas totalement fiables en raison de la courte durée de l'expérience ainsi que des facteurs climatiques instables tels que l'humidité et le vent, ce qui nécessite encore des expériences supplémentaires.

**A ce propos nous recommandons ce qui suit:**

- Refaire les essais sur une période plu longue et ajusté l'effet du miroir.
- Estimation des quantités sous terraines écoulées à travers la dénivelée crée par l'évaporation au point de rejet, en se basant sur les caractéristiques physique des sols travers

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Thèse de doctorat, dr ABI MOULOUD Youcef , "Contribution à l'étude de l'effet de la remontée des eaux de la nappe phréatique d'Ouargla sur le béton à base de matériaux locaux", Université Kasdi Merbah Ouargla, 2017.
- [2] <http://lapopulation.population.city/algerie/ouargla>
- [3] Thèse de Magistère, BELKHIRA CHACHOUA, " Contribution à l'étude de la remontée des eaux de la nappe phréatique dans la région d'Ouargla- Modélisation hydrodynamique de la remontée ", Université Kasdi Merbah Ouargla, 2008.
- [4] Thèse de doctorat, Mr DJIDEL Mohamed, "Pollution minérale et organique des eaux de la nappe superficielle de la cuvette d'Ouargla", UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA
- [5] Thèse de Magister, BELKSIER Mohamed Salah, Hydrogéologie et hydrochimie de la nappe superficielle dans la région de l'Oued Righ et l'évaluation de sa vulnérabilité", Université Bordj Badji Mokhtar Annaba, 2009.
- [6] ENAGEO, Etude hydrogéologique par sondages électriques de la nappe phréatique de la cuvette de Ouargla, HASSI MESSAOUD, 1989
- [7] Thèse d'ingénieur d'Etat en Géologie, ABID MOHAMMED, Réutilisation des eaux usées en irrigation STEP de TOUGGOURT, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA 2014
- [8] Remontées des nappes d'eau souterraine, causes et effet, par C.BERGERON-H.DEHAYS-Y.PONTET
- [9] Organisme National de Contrôle Technique de la Construction Hydraulique « CTH / TOUGGOURT », Rapport d'expertise de l'hôtel oasis Touggourt
- [10] Thèse de MASTRE, Mr : AISSANI MOSBAH, "Etude analytique de l'expertise des constructions en béton armé à risque de démolition à travers la wilaya de Ouargla", Master Université Kasdi Merbah Ouargla