

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –

Faculté de Technologie

Département d'Hydraulique



**THESE**

Présentée pour l'obtention du grade de Doctorat en Sciences

**En : Hydraulique**

**Spécialité : Sciences et Technologie de l'eau**

**Par : HADIDI Abdelkader**

**Sujet**

**LES OASIS DE TIOUT, BOUSSEMGHOUNE ET MOGHRAR (SUD-  
OUEST D'ALGERIE) : RESSOURCES EN EAU ET DEVELOPPEMENT  
DURABLE**

Soutenue publiquement, le 17 / 11 / 2019 , devant le jury composé de :

|   |            |               |                        |
|---|------------|---------------|------------------------|
| M/ CHIBOUB FELLAH<br>Abdelghani           | Professeur | Univ. Tlemcen | Président              |
| M <sup>R</sup> REMINI Boualem             | Professeur | Univ .Blida   | Directeur de thèse     |
| M <sup>R</sup> HABI Mohammed              | Professeur | Univ. Tlemcen | Co- Directeur de thèse |
| M <sup>R</sup> BOUTOUTAOU<br>Djamel       | Professeur | Univ.Ouargla  | Examineur 1            |
| M <sup>R</sup> HAMOUDI Saaed<br>Abdelamir | Professeur | Univ.Chelif   | Examineur 2            |

**Année universitaire : 2019-2020**

NB : les membres du jury doivent être classés conformément au P.V de l'autorisation de soutenance

## Dédicace

*Au Nom d'Allah, le Tout – Miséricordieux, le Très – Miséricordieux-  
Louange à Allah, Seigneur des Univers et que la prière et le salut soit sur  
Muhammad ; sur sa famille et tous ses compagnons.*

*Je demande à Allah de faire en sorte, par Sa faveur et Son  
bienfait, que ce travail soit consacré à son noble visage et constitue une  
occasion pour se rapproche de lui, mes parents, mes proches qu'ont  
donnés toutes leurs vies pour que j'arrive à ce state*

## *Remerciements*

Avant tout, je remercie **Allah**, Dieu le Miséricordieux, l'unique, le puissant pour son guide et sa protection.

Je voudrais exprimer ma vive reconnaissance envers le **Professeur M<sup>r</sup>. REMINI Boualem**, qui a dirigé mon travail depuis le début avec dévouement et une grande compétence malgré les nombreuses activités scientifiques dans lesquelles il est engagé.

Nos remerciements s'adressent aussi à monsieur Mohammed le **Professeur M<sup>r</sup> CHAIBOUB Fallah Abdelghani** pour l'honneur qu'il nous fait en acceptant de présider le jury de notre soutenance.

Je vous suis gré, le **Professeur M<sup>r</sup> HAMOUDI Saad de l'université de Chélif** pour l'intérêt que vous avez porté à mon travail et pour l'honneur que vous me faites en participant à ce jury.

Je remercie très sincèrement le **Professeur M<sup>r</sup> BOUTATAOU Djamel de l'université d'Ouargla** de l'honneur qu'il me fait de juger ce travail.

Au **Professeur M<sup>r</sup> HABI Mohamed**, de l'Université de Tlemcen, je voudrais témoigner mon très grand respect et ma reconnaissance d'avoir permis l'existence de cette promotion de poste graduation ainsi que pour ses *conseils, orientations soutiens* scientifiques toujours renouvelées pendant la réalisation de ce travail.

Je suis infiniment reconnaissant envers l'Unité de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien .Adrar, le **ex** Directeur et le **Professeur HAMOUDA Massoud**, de m'avoir permis de poursuivre mes études de Doctorat et donné libre accès aux données, études et aux rapports disponibles sur ma région d'étude, ainsi qu'à **M<sup>r</sup> Berbaoui Ibrahim**.

Mes remerciements vont aussi au personnel :

- ✓ du **Ministère des Ressources en Eaux** -, (les Directions de Naama et El Bayadh)
- ✓ **de Service agricole** d'Ain Sefra , Tiout , Moghrar et Boussemgoune ,
- ✓ **les APC de Tiout , Moghrar et Boussemgoune** .

**je remercie M<sup>r</sup> CHERF Abdelkader** et son grand père **HADJ BENSALÉM** pour explication de système d'irrigation traditionnel au niveau de Moghrar Tahtani.

Je tiens particulièrement à remercier **Djamel SABA**, **Abderrahman Khalfaoui**, **Siyfallah KHELIFI**, **Youcef SAHLI**, **Ahmed BOURAOU**, **Mohamed**, **Noureddine**, **Salah**, **Hamza** pour le soutien morale dans les moments les plus difficiles de ma vie, à **Miloud DIDA** , **Abdelssalam** , **Abdenour**, **Karim**, **Yacoub**, **Amar**, **Muslim**, a tous mes amis de ainsi qu'à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'achèvement de cette thèse.

# SOMMAIRE

## Résumé

## Introduction générale

### Chapitre I L'Etude bibliographique sur l'eau dans les oasis

|   |    |
|---|----|
| I.1. Introduction   | 2  |
| I.2. Définitions d'Oasis  | 2  |
| I.2.1. Les oasis intra-désertiques (Sahara)   | 3  |
| I.2.2. Les oasis de piémont   | 3  |
| I.2.3. Les oasis de plaine  | 4  |
| I.3. Le Rôle des oasis  | 4  |
| I. 4. Nature des oasis  | 4  |
| I.5. Les problèmes dans les oasis   | 5  |
| I.6. La Création d'une Oasis.   | 6  |
| I.7. L'avenir pour les oasis  | 6  |
| I.8. Importance socioculturelle, économique et écologique des oasis                                 | 7  |
| I.9. Problématique de l'environnement et de la dégradation des oasis                                | 7  |
| I.9.1. Modes d'exploitation des ressources en eau au niveau des oasis                               | 8  |
| I.9.2. Les systèmes d'irrigation traditionnels au niveau des oasis                                  | 9  |
| I.10. La problématique tourisme-environnement   | 11 |
| I.11. Les stratégies pour le développement durable des territoires oasisien et du tourisme saharien | 12 |
| I.12. La maîtrise l'irrigation au niveau des oasis  | 12 |
| I.13. Les études faites sur la gestion des eaux au niveau des oasis                                 | 13 |
| I.14. Conclusion  | 14 |
| <b>Chapitre II Régions d'études et Méthodologie de travail</b>                                      |    |
| II.1. Introduction  | 19 |
| II.2. Situation géographique de la Région d'étude   | 19 |
| II.3. L'état géologique et la structure du secteur étudié   | 22 |
| II.3.1 Série stratigraphique locale du secteur étudié   | 23 |
| II.3.2. Les terrains Cénozoïques et Quaternaires  | 25 |
| II.4.1. Géologie de la Région de Naama  | 26 |
| II.5. Les sols  | 28 |
| II.6. Le climat   | 28 |
| II.7. La végétation   | 29 |
| II.8. Méthodologie de travail   | 30 |
| II.8. 1. Présentation de la zone d'étude Moghrar  | 30 |
| II.8.1. 2. Le mode d'irrigation à la parcelle   | 31 |
| II.8.1.3. Ressources superficielle  | 32 |
| II.8.1.4. Ressources Souterraines   | 33 |
| II.8. 2. Présentation de la zone Tiout  | 34 |
| II.8.2.1. Valeurs hydrologiques   | 37 |
| I. 8.3. Présentation de la zone de Bousseghoune   | 37 |
| II.8. 3.1. Les Ressources en sol  | 38 |

|  |    |
|--|----|
| II.8. 3.2. Ressources en eau   | 38 |
| II.9.. Résultats et discussion   | 41 |
| II.10. Conclusion  | 44 |
| <b>Chapitre III Les Résultats et l'impact des nouvelles techniques de captage</b>          |    |
| III.1. Introduction  | 48 |
| III.2.La récapitulative et synthèse des enquêtes faites sur les trois oasis                | 48 |
| III.2.1.La récapitulative et synthèse des enquêtes faites sur les oasis de Moghrar         | 48 |
| III.2.2. La récapitulative et synthèse des enquêtes faites sur les oasis de Tiout          | 56 |
| III.2.3.La récapitulative et synthèse des enquêtes faites sur les oasis de Boussemgoune    | 64 |
| III.2. Interprétation des résultats obtenus  | 69 |
| III.3.1. L'oasis de Moghrar  | 69 |
| a.Le Systèmes de Foggara de Moghrar Tahtani  | 69 |
| b. L'utilisation de système solaire  | 70 |
| c. perspective du pompage éolien appliqué à l'irrigation du palmier dattier dans la région | 72 |
| III.3.2. L'oasis de Tiout  | 73 |
| III.3.3. L'oasis de Boussemgoune   | 76 |
| III.4.. Les systèmes modernes de l'irrigation  | 77 |
| III.4.1. L'irrigation gravitaire   | 77 |
| III.4. 2. L'irrigation goutte à goutte   | 77 |
| III.4.2.1 .Equipements du système goutte à goutte  | 77 |
| III.4.3.L'irrigation par aspersion   | 80 |
| III.3.3.1. Aspersion traditionnelle  | 81 |
| III.4.3. 2. Aspersion mécanisée  | 81 |
| III. 5. Matériel d'irrigation  | 82 |
| III.6. Qualité des eaux d'irrigation   | 82 |
| III.7. Durabilité de l'irrigation  | 83 |
| III.8. Facteurs élémentaires de l'irrigation   | 83 |
| III.9. La programmation de l'irrigation  | 86 |
| III.10. Impact des systèmes modernes de captage des eaux                                   | 87 |
| III.10.1. Influence de Moto pompe  | 87 |
| III.10.2.Influence sur les nappes  | 87 |

|  |     |
|--|-----|
| III .10.3. Influence sur l'environnement   | 88  |
| III.10.4. Influence sur la vie sociale   | 88  |
| III.10. Apport des techniques modernes   | 88  |
| III.11.Conclusion  | 91  |
| <b>Chapitre IV Développement durable et Recommandations proposées</b>                        |     |
| IV.1 .Introduction   | 95  |
| IV.2.Potentialités, problèmes et améliorations envisageables                                 | 95  |
| IV.3. Les Effets De La Sècheresse Sur Le Développement Des Cultures                          | 97  |
| IV .4. Approche d'intervention pour développer la gestion durable au niveau des trois oasis  | 98  |
| IV.5. Le plan d'aménagement au niveau de la région de monts ksour                            | 99  |
| IV.6. La protection des infrastructures socio-économiques                                    | 101 |
| IV.7. La stabilité de la population et l'amélioration de son cadre de vie Sur le plan social | 101 |
| IV.8. Confrontation entre la ressource mobilisable en eau et les besoins pour l'irrigation   | 101 |
| IV.9. Conclusion et Recommandations proposées  | 102 |
| <b>Conclusion générale</b>   | 106 |
| <b>Références Bibliographiques</b>   |     |

# Liste des abréviations

## Liste des abréviations

APC : Assemblée populaire communale

AEP : Alimentation en Eau Potable

AGID : Agence nationale de réalisation et de Gestion des Infrastructures hydrauliques pour l'irrigation Et Le Drainage

ANBT : Agence Nationale des Barrages et Transferts

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

BE : Besoins en Eau

BI : Besoins en Irrigation

CDARS : Commission de développement agricole des Régions sahariennes

Ci : Coefficient d'intensification

D : Drainage

DA : Dinar Algérien

DHW : Direction de l'Hydraulique de Wilaya

DSA : Direction des Services Agricoles

EAC : Exploitation Agricole Collective

FAO : Food and Agriculture Organisation

FNDRA : Front National de Régulation et de Développement Agricole

GCA : la Générale des concessions agricoles

GPS : Global Positioning System

GTG : Goutte-A-Goutte

GWP : Global Water Partnership

Ha : hectare

HCDS : Haut-commissariat pour le développement des steppes

I : Irrigation

KC: le coefficient cultural

INA : Institut National Agronomique

Mm<sup>3</sup> : Millions de mètres cubes

MRE : Ministère des Ressources en Eau

OAIC : Office Algérien Interprofessionnel des Céréales

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economiques

ONG : Organisation Non Gouvernementale

ONID : Office National pour l'Irrigation et le Drainage

ONM : Office National de la Météorologie

OPI : Offices des Périmètres d'Irrigation

P : Précipitations

Pj : Précipitations journalières

(Peff) : la pluie efficace

PMH : Petite et Moyenne Hydraulique

PNDA : Plan National pour le Développement Agricole

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement

RDU : Réserve Difficilement Utilisable

RFU : Réserve Facilement Utilisable

PIW : les périmètres irrigués de wilaya

SAU : Superficie Agricole Utile

SDA : Subdivision De l'Agriculture

UNESCO : United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisatio



## Liste des Tableaux

|                  |   |           |
|------------------|---|-----------|
| <b>TABLE 1.</b>  | L'étude d'inventaire et de développement de la PMH (MRE ,2012)  | <b>49</b> |
| <b>TABLE 2.</b>  | Les Forages à Usage Agricole et Agro-Pastoral   | <b>50</b> |
| <b>TABLE 3.</b>  | Forages Pastoraux (Ministères Des Ressources En Eau DHW, 2010)  | <b>51</b> |
| <b>TABLE 4.</b>  | Répartition des forages en exploitation par communes au 31/12/2006 (Ministères Des Ressources En Eau DHW, 2010) | <b>51</b> |
| <b>TABLE 5.</b>  | Répartition des puits par communes au 31/12/2006 (Ministères Des Ressources En Eau DHW, 2010)                   | <b>52</b> |
| <b>TABLE 6.</b>  | Répartition des retenues collinaire par communes au 31/12/2006 (Ministères Des Ressources En Eau DHW, 2010)     | <b>52</b> |
| <b>TABLE 7.</b>  | Production et consommation d'eau potable au 31/12/2006  | <b>53</b> |
| <b>TABLE 8.</b>  | Raccordement au réseau d'AEP au 31/12/2006  | <b>53</b> |
| <b>TABLE 9.</b>  | Données générales sur la commune  | <b>55</b> |
| <b>TABLE 10.</b> | Besoin en eau de commune (Ministères des ressources en eau DHW, 2010)   | <b>55</b> |
| <b>TABLE 11.</b> | Les Forages d'irrigation  | <b>58</b> |
| <b>TABLE 12.</b> | Les Forages d'irrigation  | <b>59</b> |
| <b>TABLE 13.</b> | La répartition des forages en exploitation par communes au 31/12/2006   | <b>59</b> |
| <b>TABLE 14.</b> | La répartition des puits par communes au 31/12/2006   | <b>60</b> |
| <b>TABLE 15.</b> | La répartition des sources par communes au 31/12/2006   | <b>60</b> |
| <b>TABLE 16.</b> | La répartition des retenues collinaire par communes au 31/12/2006   | <b>60</b> |
| <b>TABLE 17.</b> | Production et consommation d'eau potable au 31/12/2006  | <b>61</b> |
| <b>TABLE 18.</b> | La répartition de la superficie irriguée par systèmes d'irrigation  | <b>61</b> |
| <b>TABLE 19.</b> | Données globales sur les sources d'eau existant au niveau d'oasis de Tiout                                      | <b>62</b> |
| <b>TABLE 20.</b> | La répartition de la superficie irriguée par types de cultures  | <b>63</b> |
| <b>TABLE 21.</b> | La répartition de la superficie irriguée par périmètre irriguée   | <b>63</b> |
| <b>TABLE 22.</b> | La retenue collinaire d'irrigation  | <b>63</b> |
| <b>TABLE 23.</b> | La situation hydraulique au niveau de Bousseghoune.( Etude PHM 2014)  | <b>65</b> |
| <b>TABLE 24.</b> | Étude d'inventaire et de développement de la PMH de Bousseghoune.(MRE ,2008)                                    | <b>66</b> |
| <b>TABLE 25.</b> | Synthèse de l'inventaire PMH (commune de Bousseghoune)  | <b>67</b> |
| <b>TABLE 26.</b> | Synthèse de l'inventaire GPI commune de Bousseghoune  | <b>67</b> |
| <b>TABLE 27.</b> | Les avantages et inconvénients d'utilisation des motopompes   | <b>91</b> |

## Liste des figures

|                 |  |           |
|-----------------|--|-----------|
| <b>Fig. 1.</b>  | Carte de Localisation des trois oasis ( Tiout , Moghrar et Boussemgoune)                         | <b>20</b> |
| <b>Fig. 2.</b>  | Situation géographique de la wilaya d'El Bayadh. (Direction de tourisme, 2013)                   | <b>21</b> |
| <b>Fig. 3.</b>  | Localisation de la commune de Boussemgoune par apport de la Wilaya D'El Bayadh. (Hadidi , 2019)  | <b>21</b> |
| <b>Fig. 4.</b>  | Carte de Localisation la wilaya de Naama (DSA ,2018)   | <b>22</b> |
| <b>Fig. 5.</b>  | La série Méso-cénozoïque de Monts de Ksour (Ait Ouali ,2001)                                     | <b>27</b> |
| <b>Fig. 6.</b>  | Carte de Localisation d'oasis de Moghrar par apport la wilaya de Naama(Bensaid ,2006             | <b>31</b> |
| <b>Fig. 7.</b>  | la commune de Tiout par rapport Naama .(Hadidi ,2019)  | <b>34</b> |
| <b>Fig. 8.</b>  | Oasis de Tiout Photos Aek HADIDI 2018  | <b>36</b> |
| <b>Fig. 9.</b>  | Système d'irrigation goutte -goutte au niveau de Tiout Photo Hadidi 2010                         | <b>36</b> |
| <b>Fig. 10.</b> | La situation de l'oasis par rapport la wilaya de El Bayadh                                       | <b>38</b> |
| <b>Fig. 11.</b> | Les sources d'eau au niveau de Moghrar Tahtani(Hadidi,2018)                                      | <b>42</b> |
| <b>Fig. 12.</b> | Les sources d'eau au niveau de Boussemgoune (Hadidi, 2018)                                       | <b>44</b> |
| <b>Fig. 13.</b> | La situation actuellement du Barrage ensablé à 100% ( Hadidi, 2018)                              | <b>44</b> |
| <b>Fig. 14.</b> | Situation de la palmeraie de Boussemgoune par rapport à l'oued (Remini, 2017)                    | <b>65</b> |
| <b>Fig. 15.</b> | Les Retenues collinaires au niveau de la wilaya de Bayadh  | <b>68</b> |
| <b>Fig. 16.</b> | Fig. 16. Schéma synoptique d'une foggara de source de l'oasis de Moghrar Tahatani (Remini, 2017) | <b>68</b> |
| <b>Fig. 17.</b> | Projet de mobilisation des eaux d'oued de Moghrar Tahtani  | <b>70</b> |
| <b>Fig. 18.</b> | Alimentation de foggara par le système de l'énergie solaire                                      | <b>71</b> |
| <b>Fig. 19.</b> | Les travaux et l'entretien de la foggara   | <b>72</b> |
| <b>Fig. 20.</b> | la variation de rabattement en fonction de débit   | <b>73</b> |
| <b>Fig. 21.</b> | L'évolution de la production de palmier au niveau de l'oasis de Moghrar et Tiout                 | <b>74</b> |
| <b>Fig. 22.</b> | L'irrigation goutte à goutte (photo HADIDI ,2012)  | <b>77</b> |
| <b>Fig. 23.</b> | Situation de la palmeraie de Moghrar par rapport à l'oued (Remini, 2017)                         | <b>90</b> |
| <b>Fig. 24.</b> | Situation de la palmeraie de Tiout par rapport à l'oued (Remini, 2017)                           | <b>90</b> |
| <b>Fig. 25.</b> | L'irrigation goutte à goutte (photo HADIDI ,2012)  | <b>94</b> |
| <b>Fig. 26.</b> | Situation de la palmeraie de Moghrar par rapport à l'oued (Remini, 2017)                         | <b>94</b> |
| <b>Fig. 27.</b> | Situation de la palmeraie de Tiout par rapport à l'oued (Remini, 2017)                           | <b>96</b> |

## ملخص

### ملخص

تقع واحات تيبوت ومغر وبوسمغون في الجنوب الغربي من الجزائر ، في ولايتي النعامة والبيض ، وهي معروفة بقصور هن التقليدية وثرواتهن من بساتين النخيل ونوعية نباتية جيدة النوعية (فواكه والخضروات). تشتهر هذه المناطق في جنوب غرب الجزائر بقدراتها المائية الجوفية السطحية الضخمة. لعدة قرون، يتم استغلال هذه المياه (الري والاستهلاك المحلي) باستخدام التقنيات التقليدية لجمع المياه مثل ؛ آبار البندول و الفقارات. حاليا هذا التراث الهيدروليكي يواجه مشاكل الاستغلال من بينها: سحب وتجفيف مصادر المياه وتدهور والتخلي عن التقنيات التقليدية.

ان الهدف من هذه الدراسة هو تحليل وضع مصادر المياه في المناطق التي شملتها الدراسة. أجريت تحقيقات ميدانية في كل من هذه الواحات لتقدير مصادر المياه المتاحة ، لتقييم حالة المياه السطحية (الجدول ، الخزانات ، وما إلى ذلك) ، لتقدير حالة المياه الجوفية في هذه المناطق ، لتحديد حالات استخدام التقنيات القديمة لاستخراج المياه ، لوضع رؤية حالية حول انتشار استخدام تقنيات الري الحديثة في هذه الواحات الثلاث. وأخيراً ، فان تلخيص نتائج هذه الاستطلاعات جعل من الممكن اقتراح حلول تقنيه لحمايه هذه الواحات وتطوير إدارة المياه الخاصة به

**الكلمات المفتاحية:** الواحة ، تيبوت ، مغرار ، بوسمغون ، فقاره ، الري ، إدارة المياه ،التوصيات

# Résumé

## Résumé

Les oasis de Tiout, Moghrar et Bousseghoune sont situées au sud-ouest d'Algérie, dans les wilayas de Naama et de El-Bayad, elles sont connues par leurs traditionnels ksours, leurs richesses de palmeraies et la bonne qualité et variété végétarienne (fruits et légumes). Ces régions de sud-ouest Algérien sont connues par leurs énormes capacités d'eau souterraines et superficielle. Depuis plusieurs siècles, l'exploitation de ces eaux (irrigation et consommation domestique) s'est effectuée utilisant des techniques traditionnelles de captage des eaux tels que; les puits à balancier et les foggaras. Actuellement, ce patrimoine hydraulique rencontre des problèmes d'exploitation, on cite : le rabattement et l'assèchement des sources d'eau et la dégradation et l'abandon des techniques traditionnelles.

L'objectif de la présente étude est d'analyser la situation des sources d'eau dans les régions objet d'étude. Des enquêtes sur terrain ont été effectuées se déplaçant à chaque une de ces oasis pour estimer les sources d'eau disponibles, évaluer l'état des eaux de surface (cours d'eau, retenues...), estimer l'état des eaux souterraines de ces régions, recenser les cas d'utilisation des techniques ancestrales de captage des eaux, mettre une vision actuelle sur la propagation d'utilisation des techniques modernes d'irrigation dans ces trois oasis. Enfin, la récapitulation des résultats de ces enquêtes a permis de proposer des solutions techniques pour protéger ces oasis et développer leurs gestions des eaux.

**Mots clé :** Oasis, Tiout, Moghrar, Bousseghoune, Foggaras, Irrigation, Gestion d'eau, Recommandations.

## Abstract

### Abstract

The oases of Tiout, Moghrar and Bousseghoune are located in the south-west of Algeria, in the wilayas of Naama and El-Bayadh, they are known by their traditional ksours, their wealth of palm groves and the good quality and vegetarian variety (fruits and vegetables). These regions of south-west Algeria are known by their enormous underground and superficial water capacities. For several centuries, the exploitation of these waters (irrigation and drinking water) is carried out using traditional techniques of water collection such as; balance shafts and foggaras. Currently, this hydraulic heritage is facing problems of exploitation, we quote: the drawdown and drying of water sources and the degradation and abandonment of traditional techniques.

The objective of the present study is to analyze the situation of the sources of all water sources in the regions studied. Field surveys were carried out at each of these oases to estimate the available water sources, to assess the state of surface water (watercourses, reservoirs, etc.), to estimate the groundwater status of these regions, to identify the cases of use of the ancient technologies of water abstraction, to put a current vision on the propagation of use of the modern techniques of irrigation in these three oases. Finally, summarizing the results of these surveys has made it possible to propose technical solutions to protect these oases and develop their water management.

**Keywords:** Oasis, Tiout, Moghrar, Bousseghoune, Foggaras, Irrigation, Water Management, Recommendations.

## **Introduction Générale**

### Introduction Générale

Le mot Oasis, d'origine égyptienne signifiant un lieu habité ; le terme a été utilisé par le géographe Hérodote vers 450 av. J-C (Toutain et al., 1988). Les Oasis à palmiers dattiers dans le monde englobent une superficie de 800.000 ha (Toutain et al., 1988). En Algérie, la surface agricole des Oasis est en majorité occupée par le palmier et donne presque 93000 ha. A Adrar, le palmier domine la totalité de la surface. Au niveau de la région de Ouargla, le taux d'occupation du palmier est de 80%, il est autour de 50 - 60 % pour le reste des Oasis (Guillermou, 1993 ; Toutain et al., 1988).

La région des oasis possède des atouts et des potentialités qui laissent ambitionner le développement de plusieurs activités telles que les activités agricoles, pastorales, touristiques, artisanales et industrielles. Ces potentialités se situent, certes, dans un espace contraignant et un environnement fragile. Ces régions connaissent actuellement une surpression sur les ressources naturelles, déjà fragiles et rares provoquée par diverses pressions naturelles et anthropique. Les dégradations sont dues à plusieurs contraintes : la succession de périodes de sécheresse, la désertification sous différentes formes, les problèmes sanitaires des palmiers dattiers et notamment le 'Bayoud', la salinité, surpâturage, arrachage anarchique de la végétation naturelle, le pompage excessif et illicite, l'urbanisation, situation géographique et contexte socioéconomique marqué par le besoin et surtout la pauvreté (Djerbi, 1988). Le déséquilibre engendré par la surexploitation des ressources naturelles a affecté les échanges de services entre les oasis et les ensembles naturels qui les alimentent en eau et en sol.

Actuellement, les oasis du sud Algérien rencontrent une pénurie d'eau progressive, ce qui est due essentiellement au rabattement successif du niveau d'eau des nappes souterraines.

L'eau, dans les oasis, devrait a priori, comme toute denrée rare, être considérée comme une ressource à protéger contre le tarissement des puits, sources et foggaras, qui caractérise sans doute la plupart des oasis sont souvent liées à variété de facteurs tels que : le changement climatique et la «désertification».

Il existe de nombreuses causes explicatives à la pénurie d'eau dans les sites objet d'étude (tarissement des puits, sources et foggaras) qui caractérise sans doute la plupart des oasis sont souvent liées à variété de facteurs tels que : le changement climatique et la «désertification». (Idda, 2011)

## Introduction générale

---

La gestion des ressources en eau centre de la problématique des oasis. Afin de suggérer de pertinentes solutions à ce phénomène des efforts de réhabilitation ont été orientés vers l'amélioration de la gestion des ressources en eau.

La bonne gestion des eaux aggrave la situation dans les oasis. Il est donc recommander d'amélioration la gouvernance en urgence.

En se basant sur cette analyse, nous identifierons des solutions pouvant être possibles pour tous les problèmes liés à la gestion d'eau au niveau des trois oasis dont la responsabilisation des concernés devra être en tête.

Les oasis de Tiout, Moghrar et Boussemgoune situées successivement dans la wilaya de Naama et El Bayadh au Sud-Ouest d'Algérie sont connues par leurs ksour, les palmeraies et la bonne qualité de leurs fruits et légumes, spécialement les dattes et ses variétés. Ces régions contiennent d'énormes capacités d'eau souterraines et superficielle. Depuis plusieurs siècles (MADR ,2003) la consommation domestique et l'irrigation s'effectuent par l'utilisation des techniques traditionnelles de captage des eaux tels que : les puits à balancier et les foggaras. Aujourd'hui, ce patrimoine hydraulique est confronté à des problèmes techniques et sociaux, notamment avec l'apport des forages et les motopompes. On cite les principaux problèmes :

- Rabattement et assèchement des sources d'eau ;
- Dégradation et abandon des techniques traditionnelles.

L'objectif de la présente étude est de faire des enquêtes sur terrain au niveau de cette Région et à chaque une de ces oasis pour estimer les sources d'eau disponible, évaluer l'état des eaux de surface (cours d'eau, retenues...), estimer l'état des eaux souterraine de ces régions, recenser les cas d'utilisation des techniques ancestrales de captage des eaux, mettre une vision actuelle sur la dispersion d'utilisation des techniques modernes d'irrigation dans ces trois oasis. Enfin, la récapitulation des résultats de ces enquêtes a permis de proposer des solutions techniques pour protéger ces oasis et développer leurs gestions des eaux.

Le présent travail s'inscrit dans « tarissement des puits, sources et foggaras » ; il se compose de quatre chapitres :

- Le 1<sup>er</sup> Chapitre intitulé «Recherche bibliographique sur les oasis et l'eau dans les oasis» vise à élaborer un cadre théorique qui viendra supporter la définition,



les différents types, le rôle, les menaces et les problèmes que rencontrées dans les oasis, l'avenir et l'importance des oasis en Algérie. « les systèmes d'irrigation traditionnel» on a présenté une recherche bibliographique sur les différents systèmes d'irrigation traditionnels et la situation des systèmes de foggaras en Algérie » et les solutions pour améliorer et sauvegarder ses débits.

- Le 2<sup>ème</sup> Chapitre intitulé «Régions d'études et Méthodologie de travail» on a présenté la situation géographique, géologie, hydrologie, sols, végétations climat, et présenter la méthodologie de travail ,les enquête faites sur les trois oasis (Moghrar, Tiout et Bousseghoune) et faire les évaluations des eaux de surface (cours d'eau, retenues...), les sources d'eau au niveau, les systèmes d'irrigation traditionnel et modernes.
- Le 3<sup>ème</sup> Chapitre intitulé « Les Résultats et l'impact des nouvelles techniques de captage» Nous avons résumé les investigations et des enquêtes effectuées et mentionner au chapitres précédents, nous avons donnés nos interprétation des résultats suite à l'enquête faites et effectuées, voir aussi l'utilisation des systèmes de pompage solaire et éolien pour l'irrigation, les systèmes d'irrigation modernes , l'impact des techniques modernes sur les techniques ancestrales, nous avons évalué l'impact des techniques de captage des eaux dans oasis.
- Le 4<sup>ème</sup> Chapitre intitule « Développement durable et recommandations proposées» nous avons illustres les problèmes et solutions envisagées au niveau de région de ces oasis Les sources humaines, proposer une approche d'intervention pour développer la gestion durable au niveau des trois oasis , voir la confrontation entre la ressource mobilisable en eau e les besoins pour l'irrigation et enfin proposer les recommandation pour l'amélioration des bonnes pratiques dans le domaine de gouvernance des ressources naturelles dans les oasis .

## **Chapitre I**

# **Recherche bibliographique sur les oasis et l'eau dans les oasis**

## **I.1. Introduction**

Une oasis (du grec ancien), en géographie, désigne une région de végétation isolée dans un désert. Ceci se produit à proximité d'une source d'eau ou lorsqu'une nappe phréatique est suffisamment proche de la surface du sol ou parfois sur le lit de rivières venant se perdre dans le désert. (Yves, 1990).

Les oasis sont, de plus, caractérisées par leur environnement socioculturel peuplé d'agriculteurs sédentaires, elles sont en générale ou en été étroitement associés à l'économie de sociétés pastorales. (Toutain, 1988).

Les définitions, selon Toutain nous retiendrons trois caractéristiques :

- Le critère géographique, l'oasis est une implantation ponctuelle d'agriculture irriguée en milieu désertique ou semi-désertique.
- Le critère écologique, l'oasis est un écosystème construit autour de l'arbre et principalement du palmier dattier, composante essentielle des agricultures oasiennes qui pourraient servir de référence au Sahel.
- La caractéristique socio-économique, l'oasis est un système de production associé, de diverses manières, à l'économie pastorale.

## **I.2. Les différents types des Oasis**

Le type d'oasis dépend des facteurs suivants : la nature, l'exploitation de la ressource en eau, de la nature du sol et sa topographie. On distingue dans cette étude quatre types d'oasis :

- L'Oasis située dans les dépressions de l'erg, l'eau d'irrigation est extraite de la nappe phréatique par puits et forage (oasis d'Ouargla), (Zella, 2006).
- L'Oasis située dans des ghouts où l'eau d'irrigation est puisée par capillarité, le cas de (Oasis D'El Oued),
- L'Oasis fluviale, approvisionnée en eau des oueds (oasis du Ghoufi, du M'Zab, de Oued Béchar),
- L'Oasis de dépression alimentée en eau par les foggaras (oasis d'Adrar, Timimoun) (Bouzaher, 1990).

Suivant leur position, leur taille et leur fonction, les oasis se répartissent principalement en trois types :

1. **Les oasis intra désertiques** alimentées par la nappe phréatique.
2. **Les oasis de piémont** soutirant directement l'eau aux rivières issues de montagne.
3. **Les oasis de plaine** irriguées par des barrages, à chaque type d'oasis correspondent des problèmes et des choix de développement.

#### **I.2.1. Les oasis intra-désertiques (Sahara)**

Le type de palmiers de cette oasis pousse dans le désert et a la capacité d'adaptation. Leur développement est pourtant difficile. Dépourvues d'eau courante, elles la puisent dans la nappe phréatique et s'étalent en tache autour du point d'eau. Spatialement restreintes, elles abritent une population dense: 1000 hab/km<sup>2</sup>. La terre y est partagée entre de nombreux exploitants qui la cultivent de façon intensive grâce à la superposition des cultures (palmiers arbres fruitiers et petites planches de céréales, ou légumes et assolements savants) pour payer au propriétaire du sol des redevances souvent élevées, jusqu'aux 4/5 de la récolte. (CLouet et al., 1998).

#### **I.2.2. Les Oasis de piémont**

Puiser de l'eau directement des rivières de la montagne à travers l'eau et la quantité de canaux, et calculer la pente de façon à amener le flux, par simple gravité, sur le champ de irrigué. L'inconvénient de ce système est que l'irrigation est étroitement dépendante du climat, limitée à la saison humide, alors que la température, dans ces pays tropicaux secs, rend possible toute l'année la croissance des plantes. Leur développement est lié à la capacité de rendre l'irrigation pérenne au moyen de barrages qui capitalisent l'eau des oueds pour la distribuer au cours de la saison sèche, et à la possibilité de mettre sur le marché des produits à forte valeur ajoutée à des prix compétitifs. Cela ne va pas sans poser d'importants problèmes de réorganisation économique et sociale (réforme foncière, organisation des producteurs, produits de qualités) et techniques, qui remettent en cause des équilibres parfois millénaires.

#### **I.2.3. Les Oasis de plaine**

Ils Sont irrigués par des barrages, et parfois de grande taille, et le stockage de l'eau des rivières externes redistribution en période de sécheresse. Traditionnellement, ces oasis produisent des cultures vivrières, des produits commerciaux (dates, canne à sucre, fruits, etc.) avec l'efficacité du modèle dans le sud-ouest des États-Unis, et dans une

moindre mesure en Asie centrale. Alors que l'infrastructure offre un potentiel énorme pour l'hydrogène, ainsi que le grand volume d'eau pompée à partir des milliers de puits creusés propagation profonde et faible de la maladie cryptogamiques) qui permet d'économiser de grandes quantités (mais la rentabilité du capital investi est un problème permanent. (Yves et al ., 1998).

### **I.3. Le Rôle des oasis**

Les Oasis jouent toujours un rôle important dans la construction des routes empruntées par les caravanes (Julien Brachet ,2004) (transport de marchandises et de voyageurs/pèlerins), qui y trouvaient de quoi se désaltérer et se restaurer. Ce ne furent donc pas des points isolés et perdus dans les déserts mais toujours de véritables carrefours et plaques tournantes.

L'oasis est un lieu habité ou occupé associé à l'eau, mais la seule présence d'eau ne suffit pas à expliquer la création, le maintien ou la disparition de l'oasis (Lavie ,2009). La création d'une oasis signifie, au moment de sa création et de son développement, une organisation humanitaire volontaire, susceptible d'abandonner les zones habitées, une main-d'œuvre nombreuse et qualifiée qui édifie et entretient les systèmes d'irrigation dans des environnements défavorables.

### **I. 4. Nature des oasis**

Une oasis est un terroir créé par l'homme et entretenu par l'introduction d'un système de gestion technique et sociale de la ressource en eau. Il s'agit en fait d'un espace mis en culture par l'irrigation (avec des seguias) artificielle. Cela implique une omniprésence humaine. On peut donc définir l'oasis comme l'association d'une agglomération humaine et d'une zone cultivée (souvent une palmeraie) en milieu désertique ou semi-désertique. (Abdedaiem, 1997 ; Abrami, G. 2004 ; UNESCO, 2004)

L'oasis a été intégrée dans l'environnement désertique grâce à une association étroite avec l'élevage transhumant des nomades (souvent caractérisés par des populations pâturées et sédentaires) (De HaasHein, 2003 ; 2006) .Cependant l'oasis s'émancipe du désert par une structure sociale et écosystémique toute particulière (Bencherifa et al ., 1992). En réponse aux contraintes environnementales, c'est une agriculture intégrée utilisant deux ou trois couches de chevauchement (dans sa forme typique) créant ce que l'on appelle «l'effet oasis»:

- La première couche, la plus haute, est formée de palmiers dattiers et maintient la fraîcheur ;
- Une couche intermédiaire comprend des arbres fruitiers (oranger, bananier, grenadier, pommier, etc.) ;
- La troisième couche, à l'ombre, de plantes basses (maraîchage, fourrage, céréales).

Une autre constante de la structure oasienne est le travail en planches de culture, une organisation de l'espace appropriée à l'irrigation par inondation.

Les oasis sahariennes, milieux naturels et anthropiques, n'occupent qu'un millième de la surface du Sahara. La présence d'eau en surface ou en sous-sol est nécessaire, mais non suffisante à la création de tels espaces. Le Sahara est l'exemple type de l'actualisation de cette potentialité, mais pas l'unique. À travers le monde, le système oasien nourrit au moins dix millions de personnes (Bechrawi ,1980 ; Bellil , 2002 ; Ben Brahim , 2003 ; Ben Mohamed Kostani(2002 ;2005) ). Cependant, il existe des régions désertiques sans oasis, malgré la présence d'eau. La création d'oasis est aussi contingentée par l'Histoire : de nombreuses oasis ont été créées ou se sont développées pour leur rôle de relais sur les routes commerciales (route saharienne de l'or ou route asiatique de la soie). (Alexande , 2002).

L'extension des zones cultivées peut amener à une surexploitation de réserves d'eau souvent fossiles ou peu renouvelables.

### **I.5. Les problèmes dans les oasis**

Les oasis autorisent deux modes de vie : les paysans y cultivent la terre et les nomades viennent y chercher de l'eau (Kerroumi, 2011). Autrefois, les nomades étaient les véritables seigneurs du désert. Bon nombre d'oasis, exploitées par des esclaves, leur appartenaient. Aujourd'hui, l'existence même des nomades est en péril, mais grâce aux méthodes d'irrigation modernes, de nombreuses oasis commencent à reprendre du souffle. (Moussaoui , 2002).

Les palmeraies de l'Algérie sont aujourd'hui touchées par quatre dangers majeurs :

- La sécheresse récurrente
- La salinisation des sols
- L'ensablement des palmeraies

Ces quatre contraintes, seules ou conjuguées, ont entraîné l'abandon des cultures en périphérie des palmeraies, ce qui n'est pas sans conséquence sur le revenu familial de l'agriculteur oasien.

### **I.6. La Création d'une Oasis**

Pour que la création d'oasis soit possible dans milieu saharien il faut 3 conditions doivent être remplies :

- Il doit y avoir suffisamment de ressources en eau pour répondre aux besoins en eau des vergers de palmiers et des cultures associées d'une manière économique; les conditions climatiques et la qualité des sols doivent répondre aux besoins agricoles de la biodiversité agricole et des cultures associées; des réponses techniques adéquates sont nécessaires pour mobiliser l'eau d'irrigation et développer des systèmes de production viables.
- Les oasis ont également connu des mutations régressives qui s'expliquent par les flux migratoires, la croissance démographique, la surexploitation de la ressource hydrique, la remontée des sels. Les dangers continuent jusqu'à nos jours ; certaines oasis où le système séculaire de mobilisation de la ressource hydrique par foggara (galeries drainantes) se trouve menacé par les prélèvements abusifs par forage. Il en est de même pour d'autres oasis dont le système d'évacuation des eaux de drainage-lessivage se trouve perturbé par une extension démesurée des palmeraies (cas d'In Salah, El Goléa, Oued Righ, Ouargla...) (Fayçal ,2007 ; 2008 ; El jattari, et al., 2007)

### **I.7. L'avenir pour les oasis**

Pour le développement durable dans les oasis, on contribuera à la protection de l'environnement et on améliorera la qualité de la vie en général et la cohésion sociale. Il convient également de noter qu'il est essentiel que les oasis soient des trésors et des réservoirs de solutions pour les problèmes à venir. Un autre point aussi important à souligner est que l'avenir des oasis est organiquement lié à la capacité endogène à innover, anticiper et prendre des initiatives.

Pour parvenir à maîtriser cet avenir, des études futures visant à développer des outils de prédiction et de renforcement des capacités pour les oasis sont essentielles. Ils contribueront à transformer les acteurs locaux dans le rôle du développement en un rôle

de «décideurs» du développement et permettrons aux oasis d'être prêtes à tirer profit des opportunités nouvelles et à court terme qui se présenteront à l'avenir. (Delgado, 1995 ; Dubost et al . ,1998 ; de Haas Hein, 2006).

### **I.8. Importance socioculturelle, économique et écologique des oasis**

Les oasis sont certainement des «espaces réduits» mais elles forment également un groupe fertile au milieu du désert à cause de l'abondance de l'eau. Le premier avantage des oasis naturelles ou artificielles est avant tout l'eau qui permet à l'homme de les maintenir en introduisant des systèmes de gestion hydraulique, une culture intensive grâce à un contrôle complet de l'irrigation (Bisson, 1983).

Au plan environnemental, l'Oasis est une zone de végétation isolée dans un désert aride, une aberration écologique; elle traduit en toute certitude la proximité d'une nappe phréatique ou parfois le lit d'une rivière perdu dans les sables. (Delgado, 1995 ; Dubost et al . , 1998).

### **I.9. Problématique de l'environnement et de la dégradation des oasis**

La dégradation des oasis est due à la désertification et due à la détérioration de l'environnement (Kassah ,1998 ; Kharrou ,2007). Les nombreux projets de développement ont vu le jour afin de lutter contre ces phénomènes, en plus particulier, l'amélioration des connaissances scientifiques a mis en exergue que :

- l'homme a un rôle moteur dans la détérioration de l'environnement et plus particulièrement dans la désertification. « La dégradation des terres est donc plus le résultat de pressions dues à l'homme, et accélérée par la sécheresse,
- la détérioration des terres se manifeste par un ensemble de phénomènes biologiques entraînant la réduction ou la disparition de la productivité biologique ou économique des terres, l'érosion hydrique et éolienne des sols, la détérioration des propriétés physico-chimiques et biologiques ou économiques des sols et la diminution de la diversité biologique.

Les effets globaux de la dégradation des terres peuvent être appréhendés à plusieurs niveaux :

- A l'échelle locale on assiste à des problèmes techniques et sociaux : perte de productivité des terres, érosion de la fertilité, très faible production biologique,



salinisation des sols et faible capacité d'évolution ; le passage d'une gestion communautaire à des appropriations individuelle, sources de nombreux conflits.

- La dégradation entraîne des phénomènes d'ensablement des zones voisines, de transports d'aérosols à grande distance mais aussi des problèmes de migrations. (Kerroumi ,2011)
- La principale conséquence de la surexploitation des oasis est le tarissement progressif des sources d'eau et la perte de la diversité biologique ; dans certaines oasis, l'eau a disparu de la surface du sol des palmeraies laissant la place à des étendues de sel (Kobori ,1982 ; Kovach, 1984). la surexploitation des ressources en eau posent le problème de pérennité de ces ressources dans un contexte marqué par la rareté de cette ressource, la diminution des débits des eaux de surfaces liée aux aléas climatiques et aux prélèvements successifs. S'ajoutent également d'autres causes concernent l'introduction de nouvelles techniques telle l'exploitation par pompage qui entraîne de forts rabattements d'eaux souterraines surtout pour l'agriculture (par le biais des motopompes puissants).

### **I.9. Modes d'exploitation des ressources en eau au niveau des oasis.**

L'homme des oasis a utilisé depuis l'antiquité de l'eau de surface et il a pu construire des seuils de dérivation qui régulent les flux hydriques des oueds ou des sources ou des puits artésiens et ont permis surtout l'irrigation des palmeraies grâce à un réseau complexe de saguis (canaux d'irrigation) qui marquent le paysages des palmeraies. Il a utilisé aussi l'eau souterraine pour ses besoins domestiques et pour l'agriculture. L'organisation de la mise en place de ces infrastructures a donné lieu à l'instauration des règles coutumières communément appelées "droits d'eau". Ces droits sont également utilisés pour organiser l'exploitation et la maintenance de ces infrastructures. Ces droits correspondaient auparavant aux superficies détenues par chaque bénéficiaire ou communauté d'irriguant; cependant, l'évolution de la propriété (vente, héritage, échange, etc.) a entraîné une dérégulation de ces systèmes, ce qui conduit à des situations où l'eau n'est plus 'mariée' à la terre.

La séguia et la Foggara, constituent et demeurent l'unité hydraulique de gestion avec une triple signification.

- **Unité hydraulique:** secteur desservi par le réseau d'irrigation (la prise ou drain de collecte, le canal d'amenée et le réseau de distribution).

- **Unité humaine:** communauté d'irrigation propriétaire de secteur et de son réseau d'irrigation.
- **Unité juridique:** ensemble de règles qui régissent la distribution de l'eau et la maintenance des infrastructures.

### **I.9.2. Les systèmes d'irrigation traditionnels au niveau des oasis**

L'irrigation dans les zones désertiques est assurée par de nombreux systèmes, du traditionnel au moderne. Les systèmes traditionnels de captage et d'irrigation dans ces zones désertique témoignent d'un génie hydraulique humain remarquable, dont l'organisation de l'irrigation ; cependant et en dehors du palmier, il ne peut servir qu'une agriculture de subsistance. On cite parmi les systèmes d'irrigation :

#### **a. système d'irrigation par épandage de crues**

- Au Sahara les pluies sont rares et éphémères et les lits d'oueds peuvent être remplis subitement par un orage et les quantités d'eau après la crue, elles sont conservées dans les Guelttats (Retenues) (khadraoui, 2006).

Ce type d'irrigation existe surtout dans la vallée du M'zab, là où l'eau est retenue par une digue est remplie, ensuite dirigée vers les champs. Dans le Mzab pour une bonne exploitation de l'eau, deux sortes de barrages sont érigés dans la vallée :

- A l'amont, des barrages de dérivation qui dévient le flot de crue et détournent vers les jardins.
- A l'aval, des barrages de retenue qui forcent l'eau à s'étaler sur rives de l'oued et à s'infiltrer dans les sous-sols pour être mis en réserve.

#### **b. Irrigation par puisage**

Dans le cas d'une nappe phréatique n'est pas très profonde, elle est captée par des puits, lesquels ont généralement un très faible débit, deux moyens principaux de puisage sont utilisés :

- Les puits à poulie avec traction animale.
- Le puits à balancier dont la technique plus perfectionnée et de plus grand rendement utilise la force d'un levier. (khadraoui, 2004).

#### **c. Eaux de sources**

Les eaux de source ne sont localisés qu'en bordure des piedmonts de l'Atlas saharien; parmi des régions saharienne (Cheverry et al., 1998). La plus favorisée par

l'émergence de sources est celle des zibans et ce, par sa nature géologique et sa position géomorphologique. En effet, la région de Biskra présente un nombre important de sources, dont leur débit avoisine les 120 l/s (Oumache et M'lili). Les sources sont également rencontrées en bordure du Tassili(Djanet). (khadraoui, 2004)

**d. La foggara**

Il y a eu beaucoup de recherches qui se sont intéressées par le système des eaux souterraines. cette technique réalise à la fois le captage et l'adduction d'eau de la nappe aquifère au moyen d'un système de galeries drainants en pente très douce, mais ayant de distance des puits d'aération et d'évacuation des remblais (Gaillermou , 1993), (Murata et al., 1995). L'eau débitée se situe à un niveau légèrement supérieur à celui des jardins, permettant ainsi une irrigation par gravité. Les approches externalités, c'est-à-dire celles qui s'intéressent non aux bases techniques du système en lui-même mais plutôt à l'histoire de son évolution, convergent à dire que l'origine de la foggara remonte à plus de 3000 ans (Hassani I, 1988). Elle serait née dans le pays des Perses (Iran aujourd'hui) et a suivi le grand axe religieux de diffusion de l'Islam jusqu'aux pays du Grand Maghreb puis vers l'Espagne qui l'a introduite dans le continent américain (Boustani, 2008 ; Ghorbani ,2007). Les appellations sont diverses (Wessels ,2005), « qanât ».En Iran, le terme foggara utilisé en Afrique du Nord n'est pas employé en Orient pour désigner la même chose (Goblot, 1979) selon ( Jean-Pierre Digard,2001). En Iran (Cristini et al., 2004), elle porterait le nom "Qanât", en Afghânistân "khiras", en Yémen "sahrig", en Sultanat Oman : « Falag » ( AL Gharfi.et al.,2000 ;Zahar,2007). En Espagne le nom de la ville Madrid provient du mot arabe "medjrit" (canal), En Italie : « Ingruttati », en Japon : « Manbo », en Amérique Latine : « Hoyas », en Chine : « Jingquen», (Henri Gob ,1963)

En Afrique du Nord (Zaher bin khalid et al ., 2007,JICA ,2007), les appellations suivantes lui seraient données: Chegga à Bou-saâda. « ngoula » ou « kriga » en Tunisie, « khettara » au Maroc et en Algérie : « Foggara ».

Ce qui rend compte de la difficulté de situer avec précision le point de départ de la foggara.

La première foggara dans le Sahara algérien aurait été creusée dans la région de Tamentit à 15km d'Adrar (Cheylan , 1990). Plus tard, le développement de cette technique hydraulique s'est opéré principalement dans la région du Touat (Ansari.,2011 ; 2015),

de la Gourara et au sud du Maroc grâce notamment à des tribus arabo-berbères sur la base de l'esclavage de la main d'œuvre noire (Harratine) locale ou provenant des régions voisines (Mali, Niger, Soudan). Datant du IXe siècle, la foggara d'El Megheir, la plus importante dans la région de Timimoun, à environ 200 km d'Adrar, a connu un développement spectaculaire en termes de mobilisation de débit d'eau. Ce dernier est passé de 900l/min à 1200 l/min en 1900, puis à 2173l/min jusqu'à 2376l/min en 1962, selon les données de l'Agence nationale des ressources hydriques. (Abidi Saad and Remini , 2011 ; Ait Saadi et al., 2015 ; Bensaada and Remini, 2014 ;Leduc et al., 2017 ; Remini et al., 2008 ;2012 ; 2013 ;2014 ;2016 ; 2017).

Ce système de captage par galeries drainantes est connu un peu partout dans le monde sous plusieurs noms : en Tunisie et plus exactement dans la région de Lortos et El Guettar, elle est connue sous le nom de « Ain ou Mkoula ». Mkoula c'est une composante de la foggara elle désigne le pluriel de mkayel. La galerie drainante est appelée « sguifa » en Algérie on l'appelle « Nfad ». Il est vrai que le système de galeries drainantes existe un peu partout à travers le monde mais le mode de distribution ou de partage tel que usité par le biais des foggaras (notamment à Adrar) n'existe qu'en Algérie (Remini et al., 2010).

### **I.10. La problématique tourisme-environnement**

- Les contextes géographique et politique de certains pays ont été favorables au développement d'un tourisme aux multiples enjeux dans les territoires oasiens (De Haas, 2003). Deux types de tourisme s'intéressent aux oasis : le tourisme de circuit et le tourisme saharien ; il est important de rappeler au passage que l'écotourisme n'est pas encore connu dans le milieu oasien.

### **I.11. Les stratégies pour le développement durable des territoires oasien et du tourisme saharien**

Le développement durable nécessite une stratégie à long terme pour assurer un certain pilotage visant la réalisation de perspectives de développement sur des bases de données suffisantes, résultant de la coordination des différentes structures impliquées (ANRH, DREW, etc.), appuyées par des recherches pluridisciplinaires (Saker, 2000). La valorisation des ressources en eau à travers une exploitation judicieuse, en vue d'arriver à un développement durable, qui exige impérativement d'associer largement les

populations locales (Saker, 1993). Il faut qu'elles puissent tirer profit de tout programme de développement, notamment en diversifiant et en améliorant les revenus. Selon (Mamou and Kassah ,2000) la réutilisation des eaux et leur économie semblent nécessaires pour répondre à la demande accrue du futur.

Le suivi scientifique de l'évolution des oasis nécessite la mise en place de véritable observatoire de la faune, de la flore et des sols d'une part et de l'utilisation (Saa, 2012). Ces observatoires entre dans le cadre d'un système de suivi-évaluation pour appuyer les processus de prise de décision par une bonne gestion de l'information environnemental ; ils permettent:

- D'avoir une connaissance des unités paysagères oasiennes, de leur fonctionnement écologique et de l'utilisation des ressources naturelles
- D'identifier des domaines thématiques présentant des enjeux majeurs et nécessitant un suivi afin d'alerter les différents acteurs intervenant dans les oasis
- D'appuyer les collectivités, les agences de tourisme et les services techniques chargés du développement dans la planification et la programmation de leurs activités.

#### **I.12. La maîtrise l'irrigation au niveau des oasis**

La disponibilité en eau semble être le facteur déterminant du paysage agricole. L'irrigation est indispensables, à la fois pour les cultures et pour les arbres qui, même en étant moins sensibles à la sécheresse, sont les plus exigeants en eau et nécessitent une irrigation permanente. La mise en place de l'agriculture d'oasis dans l'environnement désertique est supposée, d'abord, que les techniques d'irrigation appropriées maîtrisées. Il faut résoudre les problèmes des ouvrages de captage, (les puits), des moyens d'exhaure et des techniques de l'irrigation gravitaire. Les techniques de puits de forage traditionnels sont généralement inefficaces: ils abaissent, ou remplissent rapidement, ou au mieux des puits. Ces puits ont un faible taux d'écoulement parce qu'ils ne pénètrent que est très adéquate dans la nappe phréatique. Leur construction à partir d'initiatives individuelles, se heurte de plus à l'insuffisance des entreprises artisanales et à la difficulté d'approvisionnement en matériaux. Les puits, enfin, surtout conçus pour l'eau potable, ne sont pas toujours adaptés aux exigences de l'irrigation, notamment en ce qui concerne leur largeur et leur profondeur dans la nappe (Bos, M.G. all, 1978).

L'irrigation la plus fréquente se fait en effet sur un mode manuel et son efficacité est très réduite. L'exhaure par système de balancier (le chadouf) constitue une amélioration mais celle-ci est peu répandue.

Les systèmes traditionnels - puisette manuelle ont des débits généralement très faibles et ils ne servent que des superficies irriguées réduites. Ils exigent, de plus, un travail pénible avec une main ce qui diminue l'intérêt des agriculteurs pour ce type d'irrigation.

La solution la plus évidente des irrigants est celle de l'exhaure par motopompe. Ce système, que l'on rencontre localement, pose de nombreux problèmes.

### **I.13. Les études faites sur la gestion des eaux au niveau des oasis**

Parmi les chercheurs qui ont travaillé sur la gestion des eaux au niveau (Emilie, 2009) a essayé de faire un diagnostic global sur la situation de l'oasis de Mendoza (Argentine) tel que la qualité de ressource en eau superficielle et souterraine de cette oasis, la salinité, les systèmes d'irrigation et la maîtrise de ces systèmes et l'impact sur l'agglomération, l'auteur cherche à proposer des solutions en adéquation avec les enjeux d'une oasis qui cherche à se moderniser, dans un contexte national argentin où les crises économiques sont récurrentes. C'est en ces termes que se pose la question de la durabilité de ce milieu artificiel.

(Julien, 2013) a beaucoup de travaux sur la gestion oasis surtout au Sultanat d'Oman prenons l'exemple de Adam. Il a étudié des aflâj d'Adam et il a donné les explications du partage des eaux d'irrigation au niveau de cette oasis.

Plusieurs études faites sur la gestion des eaux dans les oasis maghrébines tel que Todgha-Ferkla au Maroc touchée par la mauvaise gestion d'eau et le système de régulation, il y a aussi le problème forte émigration internationale, il est question d'une revivification de l'agriculture causée par des investissements dans les motopompes (Hein de Haas, 2005), l'auteur a donné une image sur la Région tel que le gaspillage d'eau énorme en amont tandis que l'aval souffre d'un manque d'eau. L'accès plus égal basé sur la possession en terre et pas sur l'appartenance ethnique pourrait fortement réduire la nécessité pour pomper l'eau. Il a donné des recommandations pour résoudre le problème tel que le contrôle effectif du pompage et, en général, un véritable encadrement agricole (assistance technique, choix des sites et cultures, commercialisation) par les institutions étatiques (communes rurales), qui se caractérise

dans leur obsession avec l'agriculture «moderne» à l'occidentale – actuellement par une incompetence, inactivité, et simplement une indifférence totale vis-à-vis l'agriculture oasienne à petite échelle et par une invisibilité pour paysans concernés. (Essayouti , 2013) ,a travaillé sur La vallée du Draa se situe dans le Sud-est du Maroc dans la zone présaharienne, Cette zone est également soumise à de fortes contraintes naturelles – essentiellement la fragilité de l'écosystème, la sévérité du climat, la faiblesse des précipitations l'insuffisance des ressources en eau, la salinité des eaux et des sols, l'ensablement des palmeraies, l'envahissement des infrastructures modernes d'irrigation par le sable, la fragilité des espaces agricoles dominés par la micropropriété, la dispersion des parcelles et l'attaque des palmeraies par la maladie du bayoud , Et suite à des études faites par Ben Amor Mohamed Lahbib en 2010 sur l'oasis de Gafsa, il a constaté que l'eau d'irrigation demeure l'élément vital de cette oasis et continue toujours de jouer un rôle primordial dans l'activité économique, sociale et même culturelle de la population oasienne. Les problèmes qui se rattachent à ce facteur essentiel de vie dans cette oasis sont très complexes et nécessitent des solutions rationnelles qui doivent être compatibles avec la nouvelle évolution économique que connaît le monde ; il a donné les recommandations sont résumés comme suite :

Actualiser l'étude hydrogéologique des 2 nappes de Gafsa Nord et Gafsa Sud

- Consolider le système de maintenance du CRDA en renforçant les moyens humains et matériels actuels
  - Revoir tout le système de tarification de l'eau.
  - Mettre en place des compteurs au niveau des bornes d'irrigation et décentraliser la gestion de l'eau au profit des chefs de bornes.
  - Consolider les stocks du oasis en pièces spéciales, motopompes et conduites
  - Créer une équipe de maintenance hydraulique au sein l'oasis historique

(Mansour, 2007), c'est un autre chercheur qui a travaillé sur la gestion culturel au milieu oasien et il près le cas de l'oasis de Gabes, située dans le Sud-Est tunisien, couvre une superficie d'environ 700 ha. Cette oasis longe la bordure nord de la ville de Gabès et s'étend sur 6 km à l'intérieur des terres. Elle appartient à l'ensemble des oasis littorales qui s'ordonnent sur les côtes de la Méditerranée, l'auteur il a essayé d'Identifier les systèmes de production et le savoir-faire oasien considéré par certains organismes internationaux comme patrimoine de l'humanité qu'il faut préserver; Dégager l'importance des cultures maraîchères et les techniques qui leurs sont réservés.

(HATIRA et al., 2002) , ont travaillé sur L'oasis de Metouia située au Sud Est de la Tunisie est caractérisée par un climat aride où les précipitations sont rares et irrégulières, ils ont élaboré des recommandations visant l'optimisation des besoins dynamiques en eau, du mode de distribution, ainsi que du réseau de drainage freinant la remontée de la nappe et améliorant l'aération et le lessivage de la zone non saturée pour contrecarrer ces phénomènes qui affectent profondément la sensibilité du système oasien.

Un projet de Gestion des ressources en eau de l'oasis de Tidjikja (Mauritanie), ce projet fait partie des actions du Programme d'Actions Concertées des Oasis porté par le RADDO et financé par l'Agence Française de Développement (AFD). Cette partie consiste à améliorer l'accès à l'eau d'irrigation au niveau de l'oasis de Tidjikja par l'approfondissement de 4 puits, l'installation de 4 pompes solaires au niveau des puits et de 4 bassins de collecte d'eau pour l'irrigation des parcelles.

Des actions de sensibilisations et de renforcement des capacités des acteurs locaux seront également organisées dans le cadre du projet. Et enfin la mise en place de clubs d'écoute communautaires au niveau de la Commune. En Algérie, la surface agricole des Oasis est majoritairement occupée par le palmier. Le chercheur Mohamed Iakhdar Sakar et al, 2000, ils ont travaillé sur la région de Ouargla et Oued Righ , il ont fait un état des lieux des ressources en eau à l'échelle locale et régionale Righ saharienne et ils ont donné un aperçu sur les problèmes de la gestion des eaux au niveau de cette région et le système oasiens tel que la remontée des eaux phréatiques, l'engorgement des sols et la dégradation des oasis. Ils ont recommandé de faire, la valorisation de la ressource en eau dans une optique de durabilité, à travers une gestion maîtrisée pour contribuer à la préservation et développement de l'environnement oasien

A Adrar, le palmier domine la totalité de la surface, à Ouargla le taux d'occupation du palmier est de 80%, il est autour de 50 † 60 % pour le reste des Oasis (Guillermou, 1993 ; Toutain et al., 1988). Depuis les années de l'indépendance, la gestion traditionnelle des ressources en eau dans les oasis Algériennes a été fondamentalement remise en cause. Dans le discours public et même académique, la «crise d'eau» (tarissement des puits, sources et foggaras) qui caractérise vraisemblablement la plupart des oasis est généralement liée à des facteurs biophysique de nature exogène comme le changement climatique, la «désertification».on prenons le cas de ADRAR par exemple.



Les oasis de Tiout, Moghrar et Boussemghoune sont situées dans la wilaya de Naama et El Bayadh au Sud-Ouest d'Algérie sont connues par leurs ksour, les palmeraies et la bonne qualité de leurs fruits et légumes, notamment les dattes et ses variétés. Ces régions contiennent d'énormes capacités d'eau souterraines et superficielle. Depuis plusieurs siècles, la consommation domestique et l'irrigation s'effectuent par l'utilisation des techniques traditionnelles de captage des eaux tels que ; les puits à balancier et les foggaras. Actuellement, ce patrimoine hydraulique rencontre des problèmes technique et social, notamment avec l'apport des forages et les motopompes. On cite les principaux problèmes :

- Rabattement et assèchement des sources d'eau ;
- Dégradation et abandon des techniques traditionnelles

L'objectif de notre travail est de faire un inventaire de toutes les sources d'eau dans les régions d'études, d'étudier l'impact de l'apport des techniques modernes sur les techniques ancestrales et enfin de proposer des recommandations pour la sauvegarde du patrimoine hydraulique.

### **I.14. Conclusion**

Dans ce premier chapitre nous avons donné donc un aperçu général sur les définitions les types, le rôle et l'importance des oasis en vue des gens qui ont l'expérience de la gestion des oasis, les oasis ont toujours joué un rôle important dans la vie que ce soit au plan social ou économique Pour protéger et développer le système oasien il faut :

- Avoir une connaissance des unités paysagères oasiennes, de leur fonctionnement écologique et de l'utilisation des ressources naturelles
- Identifier des domaines thématiques présentant des enjeux majeurs et nécessitant un suivi afin d'alerter les différents acteurs intervenant dans les oasis.
- Appuyer les collectivités, les agences de tourisme et les services techniques chargés du développement dans la planification et la programmation de leurs activités.

La gestion d'irrigation au niveau des oasis se fait par les systèmes traditionnels - puisette manuelle ont des débits généralement très faibles et ils ne servent que des superficies irriguées réduites, c'est un travail pénible avec une main ce qui diminue l'intérêt des agriculteurs pour ce type d'irrigation.

Pour améliorer et sauvegarder la foggara. La description sommaire de ces propositions est la suivante :

- D'isoler par une matière étanche la partie inactive de la foggara, qui est très perméable et fait perdre un volume d'eau important par infiltration. En vue de contrôler cette portion de galerie, il serait nécessaire de construire des regards, pouvant jouer également le rôle de pièges à sable. Ces regards de visites peuvent être implantés tous les 20 à 30 mètres de distance.
- De diminuer les débits des forages ou dans la mesure du possible de boucher définitivement les forages situés dans le champ captant des foggaras. Ce procédé permet d'atténuer ou d'éliminer l'influence négative du forage sur le plan d'eau de la foggara.
- D'étudier par une expérimentation un système d'entretien des galeries de la foggara (curage par pression d'air ou/et de jet d'eau) de faire transporter les particules de sables jusqu'aux regards de visites (pièges à sables) en évitant de provoquer des éboulements.
- De renforcer la foggara par quelques puits à faible profondeur, forés dans la partie aval de la galerie et ce, en vue d'augmenter par des apports d'eau le débit de la foggara, sans que ces puits n'influencent la stabilité du niveau hydrostatique de la nappe, dont l'origine de son alimentation provient de la partie amont. Ces puits situés à l'aval, seront équipés en pompes à énergie solaire ou/et éolienne.

Actuellement la solution la plus fiable dans l'irrigation est l'utilisation des motopompes pour bénéficier des meilleurs rendements et augmenter la période d'irrigation dans oasis.

Nous avons donné aussi un aperçu sur les chercheurs ont travaillés sur la gestion des eaux et le partage des eaux au niveau des oasis pour donner une introduction de notre travail qu'a concentre sur les 3 trois oasis de Sud –Ouest de l'Algerie (Moghrar, Tiout et Boussemghoune).

## **Chapitre II**

### **Régions d'études et Méthodologie de travail**

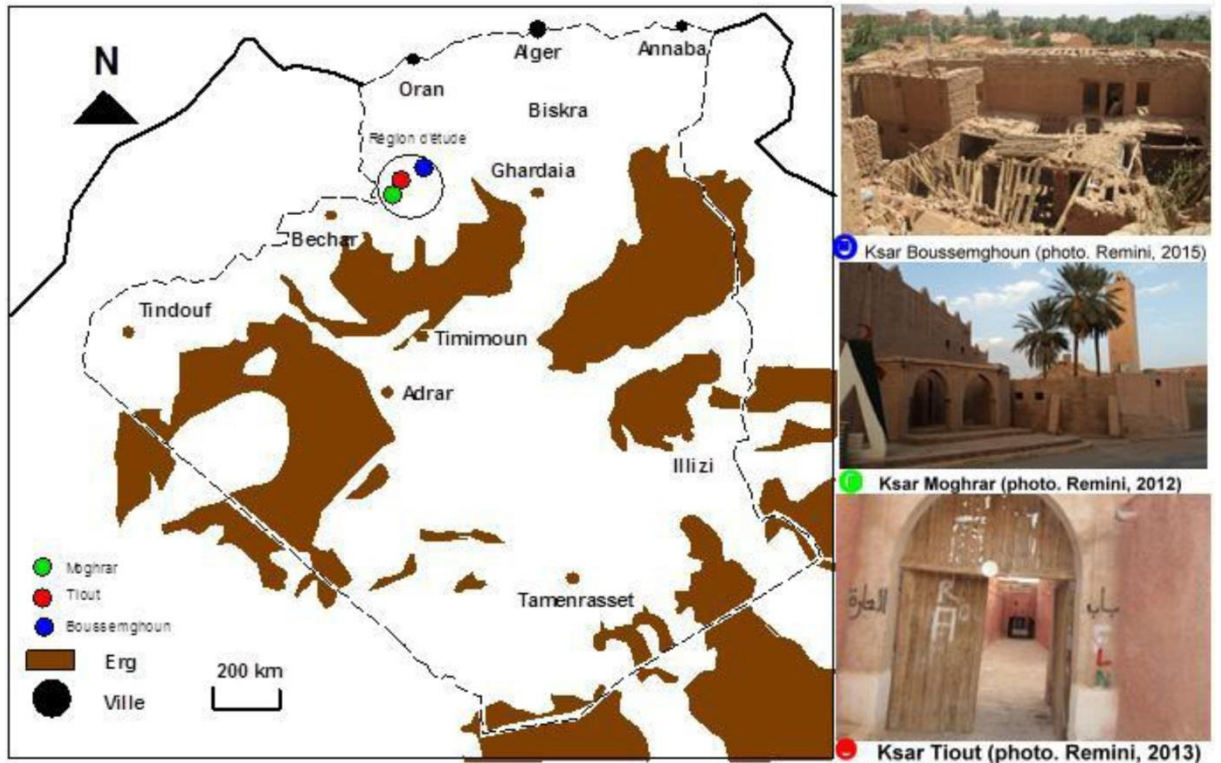
### **II.1. Introduction**

Dans les milieux oasiens où le contexte climatique et hydrologique est des plus sensibles (Riad. M, 1995), en raison des irrégularités de disponibilité en eau dans le temps et dans l'espace, la maîtrise de l'eau revêt un caractère vital. (Rhouma, 1993 ; Kharbouchi, 2009).

Les ressources naturelles dans les oasis du Sud-ouest Algérien se trouvent aujourd'hui dans une phase de surexploitation des eaux souterraines. En effet, les conditions climatiques et l'absence d'une stratégie de protection et de conservation des palmeraies ont engendré des dégradations sévères touchant en même temps les ressources en eau, le palmier et le paysage local (Toutain., 1981). Dans les oasis de la Saoura, les agriculteurs utilisaient les khottaras ; un système de puits à balancier à multiples perches. Plus de 600 puits ont été creusés au milieu des palmeraies (Remini and Rezoug, 2017). Dans la vallée de Mzab, c'est un autre type de puits que les Mozabites ont creusés, il s'agit des puits à énergie animale. En plus de ces techniques de captage des eaux des nappes, les Mozabites ont installé un système de foggaras pour capter les eaux de crues (Remini et al., 2014). Les oasis de Moghrar, Tiout et Boussemgoune situées dans le nord-ouest du Sahara (Naama et Bayadh) se caractérisent par leur richesse en eau souterraine qui se manifeste par l'apparition de nombreuses sources d'eau sur le fond et les rives des oueds. Diverses techniques ancestrales de captage et de stockages des eaux ont été réalisées durant des siècles dans ces régions. Notre étude met le point sur l'évolution dans le temps des systèmes hydrauliques utilisés dans les oasis de Moghrar, Tiout et Boussemgoune. L'impact de l'apport de nouvelles techniques hydraulique dans les oasis sur l'environnement sera abordé dans cette étude. (Hadidi et al., 2017).

### **II.2. Situation géographique de la Région d'étude**

Les oasis de Boussemgoune, Moghrar et Tiout ont situées au niveau des wilayas d'El Bayadh et Naama (Figure1), elles sont connues par leurs traditionnels ksours, leurs richesses de palmeraies et la bonne qualité et variété végétarienne (fruits et légumes). Ces régions de sud-ouest Algérien sont connues par leurs énormes capacités d'eau souterraines et superficielle



**Fig. 1.** Carte de Localisation des trois oasis ( Tiout , Moghrar et Boussemgoune)(Remini,2013).

L'Oasis de Boussemgoune se trouve au niveau de la wilaya de l'El Bayadh

El Bayadh est entourée par 8 wilayas, qui sont :

La wilaya de Saida au Nord, Tiaret au Nord Est, Sidi Bel Abbes au Nord-Ouest, Laghouat à l'Est, l'Ouest par Naama , au Sud Est par Ghardaïa ,et au Sud par Bechar et Adrar (Figures2 et 3) . Elle s'étend sur une superficie de 71 697 km<sup>2</sup>, soit 3 % du territoire national ; elle s'étend du Chott Echergui à l'Erg Occidental, elle est dominée par les trois monts du djebel Amour de la chaîne Atlas Saharien, le Boudergua 1873 mètres, majestueux par sa masse avec ses vestiges du poste optique, El Ouastani 1878 mètres et le grand Ksel avec 2008 mètres. (MRE ,2012 ; ANDI ,2015)

Géographiquement, la Wilaya est comprise entre les parallèles 30° 42'et 34° 28' de l'altitude Nord et entre les méridiens de longitude 0° 24' à l'Ouest fuseau 30 et 2°16' à l'Est fuseau 31 (DSA ,2013).

Elle est issue de la récente réorganisation territoriale de la région Hauts Plateaux Ouest du pays entrepris en 1984.

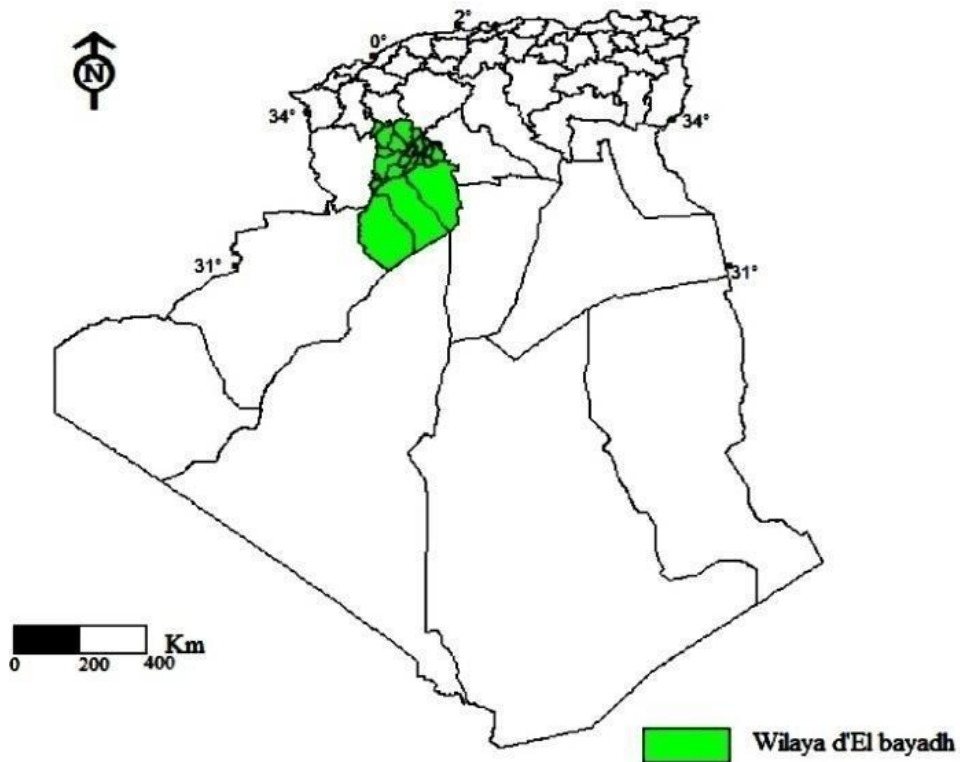


Fig. 2. Situation géographique de la wilaya d'El Bayadh. (Direction de tourisme, 2013)

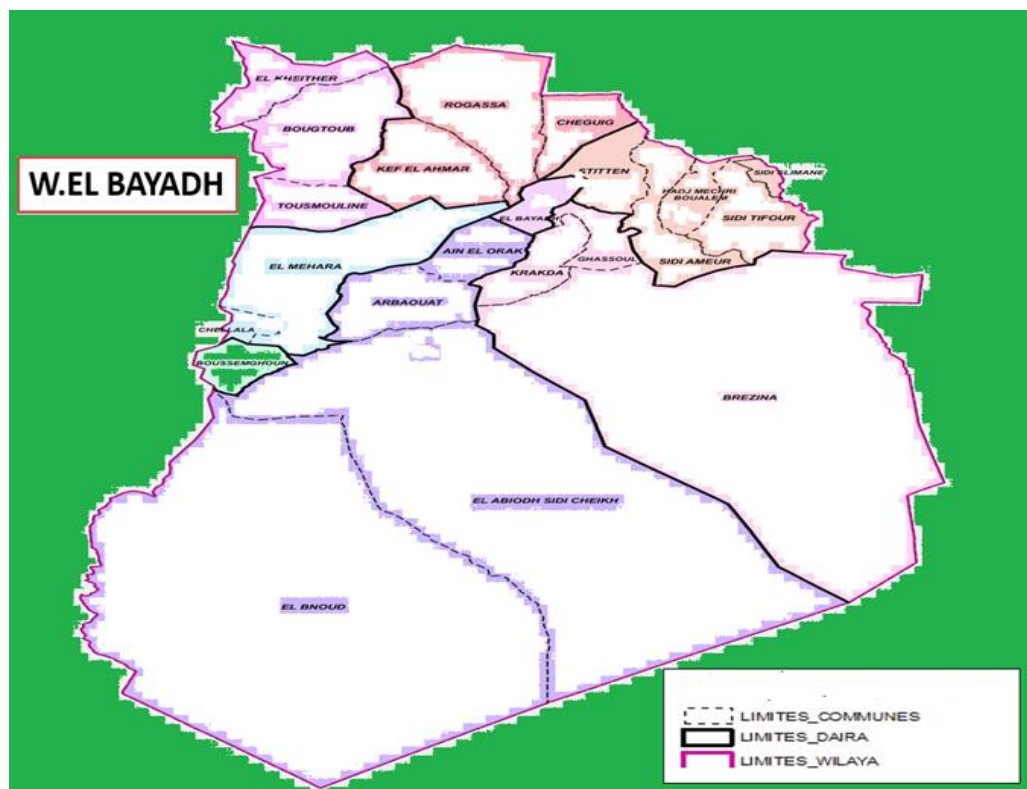


Fig. 3. Localisation de la commune de Boussemghoune par apport de la Wilaya D'El Bayadh. (Direction de tourisme, 2013)

## Chapitre II Régions d'études et Méthodologie de travail

NAAMA est une Wilaya frontière avec le royaume du Maroc (Figure 4), sa superficie totale de 29514 km<sup>2</sup>, elle est limitée par les wilayas de Tlemcen et Sidi Bel Abbès au Nord, à l'EST par la wilaya de Bayadh, par la wilaya de Bechar et à l'Ouest par la frontière Algéro- Marocaine, elle se caractérise par le pastoralisme au Nord sur 75 % du territoire de la wilaya et l'agriculture oasisienne dans les Monts des ksour (MRE,2012)

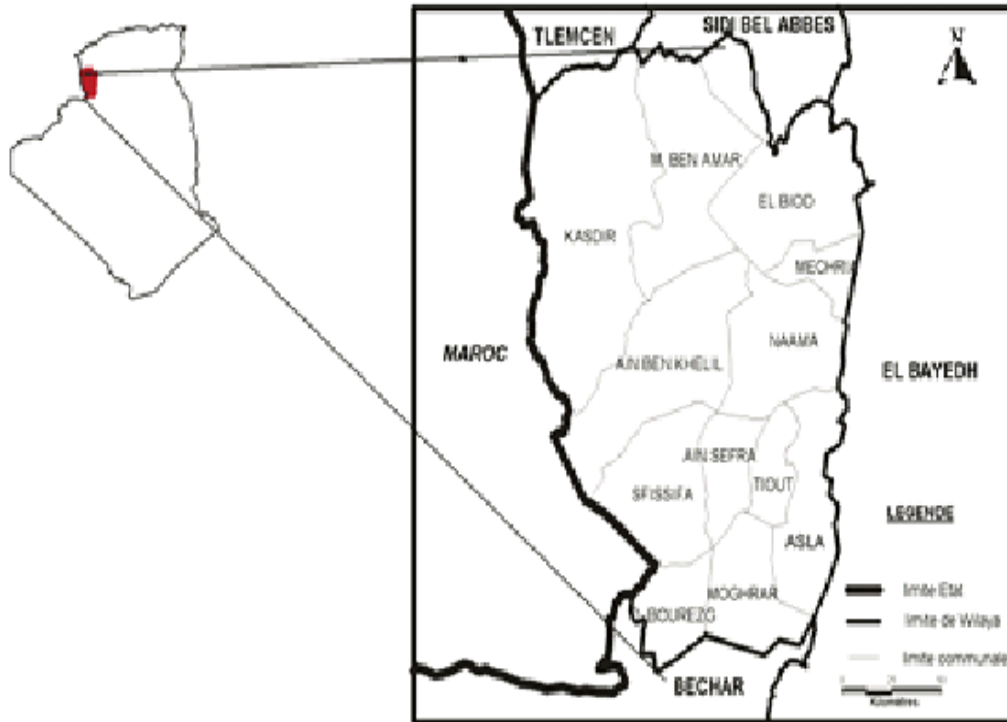


Fig. 4. Carte de Localisation la wilaya de Naama (DSA ,2018)

### II.3. L'état géologique et la structure du secteur étudié

La présence de plusieurs unités géologiques (Formations), cartographiques, qui directions des axes anticlinaux, du Djebel El Kifane - Brame et du Djebel Tameda, ainsi que celle du synclinal de Boussemgoune, qui les centres, sont Nord - Nord -Est / Sud - Sud - Ouest; Cependant, le synclinal, qui occupe la partie Sud de notre secteur et qui centre, les structures de Tameda et de Tismert, présente une direction atlasique, Nord - Est / Sud -Ouest. Soulignons aussi, que l'extrémité Sud – Ouest, de l'anticlinal de Tameda, au niveau du Djebel Noukhila, expose une direction Est Ouest. Le synclinal de Boussemgoune est caractérisé par une étroitesse et une dissymétrie bien marquée, son axe passe à l'Est de la ville.

## Chapitre II Régions d'études et Méthodologie de travail

---

L'allure, de cette région de l'Atlas, comme d'autres, ailleurs, où les structures, montrent parfois des directions sub – méridiennes, n'est que le résultat, d'une phase de mouvements tectoniques transversaux, dextres ou senestres, qui perturbent la régularité, parfois impressionnante, des chaînes montagneuses de l'Atlas saharien.

Le réseau de failles est de trois grandes directions :

- Parallèles à la direction des structures atlasique Nord – Est / Sud – Ouest : failles au Sud d'Aïn Mekhizen et de Djebel Noukhila;
- De direction Est – Ouest : failles au Nord et au Sud d'Aïn Tameda ;
- De direction Nord – Sud : masquée au niveau d'Oued Melah, qui passe à l'Ouest de la ville de Boussemgoune ;

Ces failles, qui s'intègrent dans la phase orogénique alpine, qui a créé le bassin ou le sillon atlasique et a connu sa surrection en chaîne de montagne, ne sont que des anciennes lignes de sutures, héritées de la phase tectonique hercynienne, qui a fonctionné durant le primaire.

### II.3.1 Série stratigraphique locale du secteur étudié

La série, qui affleure dans notre secteur d'étude est d'âge mésozoïque, Cénozoïque et Quaternaire.

- **Les terrains Mésozoïques**

Sont représentés par des assises allant du jurassique moyen au crétacé supérieur. Afin d'homogénéiser le vocabulaire géologique, nous utilisons la typonomie, utilisée par J.P.Bassoullet (1974), dans son travail sur les monts des Ksour.

- **La formation de Teniet El Khelakh**

Elle affleure dans l'axe de l'anticlinal de Tamada, dans le Kheneg Guettai. Cette formation dont l'épaisseur est indéterminée et constituée par des argiles verdâtres à intercalations silteuses. Elle forme une dépression affaissée, entourée par des terrains plus durs et topographiquement plus élevés;

- **La formation de Tifkirt**

cette formation qui dépasse les 800 mètres d'épaisseur, montre des séquences rythmiques, constituées par des alternances d'argiles indurées, verdâtres, d'épaisseur métrique et de grès fins à moyens à stratifications obliques, d'épaisseur métrique, de teinte beige, à patine de désert (oxyde de fer à la surface des bancs), coiffés par des dalles métriques de calcaires lumachéliques ou bioclastiques, très durs, beiges ou bleuâtres, le plus souvent dolomitiques. L'épaisseur moyenne des séquences est de 80



mètres. Cette unité montre l'émergence d'un grand nombre de sources, importantes de la région ;

- **La formation de Djara :**

Elle ne dépasse pas les 100 mètres d'épaisseur. Elle est représentée par une alternance d'argiles verdâtres métriques et de dolomie vacuolaire centimétrique à décimétriques, jaunâtres, admettant le passage de quelques niveaux gréseux centimétriques à décimétriques également. Elle forme une combe entre les reliefs les plus énergétiques des formations de Tifkirt et d'Aïssa, qui l'encadrent.

- **La formation d'Aïssa :**

il s'agit de 600 mètres de grès durs, patiné en noir, en bancs massifs, à stratification obliques, à rides de courants, de couleur rougeâtre, alternant avec des argiles d'épaisseur métriques, de teinte rougeâtre ou verdâtre. Les grès forment de magnifiques chevrons imbriqués en écailles et donnant souvent l'allure de discordances. Deux paquets argileux rougeâtres de 50 mètres d'épaisseur chacun, débute et clôture, souvent cette formation ;

- **La formation de Tiloula (600 mètres)**

Elle s'étale au pied des reliefs de Aïssa. Elle est le plus souvent érodée et masquée par des atterrissements tertiaires et quaternaires. Elle montre trois membres :

- ✓ **Membre argilo – carbonaté (200 mètres)**

Débute par une corniche gréseuse à dragées de quartz. Les grès à patine noire, très durs, sont surmontés par des argiles pélitiques de teinte verdâtre à gypse et à passées de calcaires lumachelliques de couleur grise et jaune à débris d'huîtres et de brachiopodes mal conservés.

- ✓ **Membre gréseux (100 mètres)**

Il est constitué de grès clairs à patine blanchâtre en gros bancs en forme de chenaux à stratifications obliques. Ces grès sont superposés par des grès roses en plaquettes à stratifications obliques.

- ✓ **Membre argileux gréseux (300 mètres)**

Il s'agit d'une alternance d'argiles pélitiques, de grès et de petits bancs dolomitiques vacuolaires de teinte jaune – verdâtre. Ces intercalations carbonatées occupent la partie inférieure de ce membre.

- **La formation de Tiout (1200 mètres)**

## Chapitre II Régions d'études et Méthodologie de travail

---

Le passage, de la formation de Tiloula à celle de Tiout, se fait graduellement ; cependant la couleur des dragées de quartz et des grès, devient rubéfiée, rose orangé et uniforme par rapport aux couleurs plus hétérogènes des grès de la formation précédente. Selon la prédominance des grès ou des argiles, cette formation est subdivisée en trois membres :

- ✓ **Membre inférieur (350 mètres)** : il comprend des grès chenalisés de couleur rose – orangé, à dragées de quartz de grande taille, admettant le passage de niveaux argileux rougeâtres ou verdâtres, d'épaisseur métrique.
- ✓ **Membre médian (300 mètres)**  
C'est prédominance argileuse, ce membre forme une combe bien visible dans la topographie. Il est caractérisé par des grès mal cimentés rose – orangé ou jaunes à stratifications obliques alternant avec des argiles sableuses.
- ✓ **Membre supérieur (550 mètres)**  
Il débute par une grande barre de grès à stratifications obliques et entrecoupées. Cette barre est surmontée par une alternance de grès à ciment argileux et d'argiles verdâtres ou rougeâtres.

### II.3.2. Les terrains Cénozoïques et Quaternaires

Ils sont très importants puisqu'ils masquent une grande partie du secteur d'étude. Les dépôts sous – jacents ne sont souvent visibles que dans des oueds et des ravins creusés par les crues. Ce – ci peut être traduit par le jeu tectonique important que subi la région depuis 50 millions d'années et dont le résultat est une remarquable série mollassique, qui dépasse parfois 1500 mètres d'épaisseur.

- ✓ **Le Tertiaire** (110 mètres) est représenté par des conglomérats et des couches rouges argileux sableuses, d'épaisseur variable et généralement de pendage horizontal, dessinant une discordance angulaire avec les terrains sous – jacents mésozoïques. Ces couches sont le plus souvent coiffées par une carapace calcaire, le plus souvent de structure hétérogène (calcaire à concrétions, calcaire gréseux, poudingues, conglomérats ou brèches).
- ✓ **Le Quaternaire** (30 mètres) est constitué par :
  - a. Des alluvions anciennes, qui forment le remplissage de certaines dépressions et qui sont difficiles à distinguer des dépôts Tertiaires continentaux lorsque la carapace calcaire n'en permet pas la séparation. Leur teinte est d'un brun plus sombre et leurs éléments sont plus grossiers.

- b. Des alluvions actuelles et récentes, qui correspondent aux dépôts récents qui tapissent les fonds des vallées d'oueds (Oued mellah) et ceux plus anciens qui constituent les basses et moyennes terrasses.

### II.4.1. Géologie de la Région de Naama

Les données géologiques fournissent des indications précieuses sur la nature du substrat où se développe la végétation. Elle répond d'une manière assez fidèle à la nature lithologique et aux formes géomorphologiques. La zone d'étude s'organise autour de l'Atlas Saharien constitué par les monts des ksour (Bensaid, 2006) (Figure 5).

L'Atlas Saharien occidental est une chaîne plissée orientée sud-ouest nord-est. Cette chaîne est formée d'anciens anticlinaux ou synclinaux de structure simple, n'ayant subi que la phase de plissement de l'Eocène, puis le soulèvement du Pliocène supérieur. Les Monts des ksour sont prolongés à l'ouest par le haut Atlas Marocain, tandis qu'à l'est ils se poursuivent par djebel Amour au centre et par les monts d'Ouled Nails à l'est. (MRE, 2001), (Bensaid, 2006).

La stratigraphie des Monts des ksour présente une série relativement complète allant du Trias au Turonien. Les formations sédimentaires sont constituées par le Mésozoïque et se présentent comme suit : - le Tiras représenté par des argiles gypso-salines contenant des basaltes. Cette formation est très rare et elle apparaît seulement au niveau de djebel Melah et djebel Bou Lerhad; (Fillali, 2011 ; Besaid, 2006).

Le Jurassique inférieur est formé par des calcaires dolomitiques et de dolomies du Lias en alternance avec des marnes et des calcaires marneux du Dogger. On trouve cette formation au niveau de quelques djebels de l'Atlas Saharien. La partie ouest des monts des ksours est dominée par le Jurassique moyen et supérieur à faciès gréseux et argileux (dépôts détritiques); - le Crétacé prédomine dans la partie est de l'Atlas Saharien. L'Albien présente un faciès d'alternance entre les grès siliceux jaunâtres et les argiles versicolores. Le Cénomaniens est constitué par de dépôts marins à faciès marneux et argile- gypseux. Quant au Turonien il est formé de calcaires dolomitiques avec peu de marnes intercalaires; - le Tertiaire continental est caractérisé par des formations détritiques récentes qui occupent les dépressions de l'Atlas Saharien. (Ait ouali, 2001 ; Bensaid, 2006).

DJEBAILI S., (1984) a résumé la tectonique de la zone d'étude de la manière suivante : « les formations mésozoïques ont été plissées avec énergies au cours des phases tertiaires. Il s'agit de plis anticlinaux à flancs redressés et à voûte plate (Bensaid, 2006). L'orientation ouest-sud-ouest des axes structuraux est généralement respectée. Les

## Chapitre II Régions d'études et Méthodologie de travail

synclinaux qui séparent les anticlinaux sont à fond plats. Ce style de plis est probablement dû au décollement au niveau du Trias marnogypsifère et à l'intrusion de celui-ci dans les anticlinaux».( Bensaid ,2006)

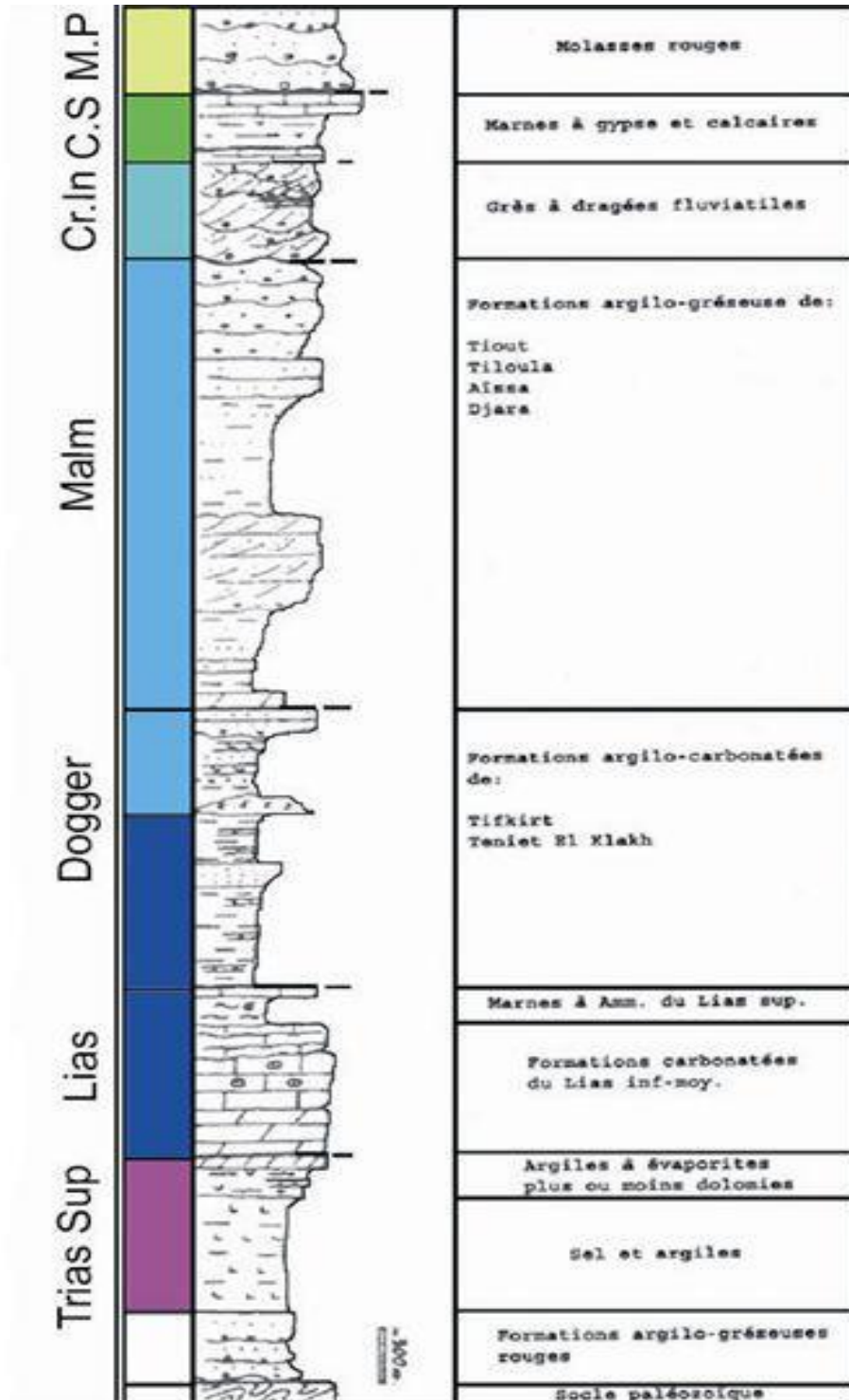


Fig. 5. La série Méso-cénozoïque de Monts de Ksour (Ait Ouali ,2001)

### **II.5. Les sols**

Le jurassique supérieur constitué de formations de calcaires dolomitiques de grès et d'argiles. Tous ces types de sols sont constitués en majorité de matériaux produits par l'altération des grès, roche mère abondante ou de calcaire provenant des massifs environnants. Ce sont des sols peu épais renfermant une teneur en matière organique faible. Les sols qui occupent les zones d'accumulation, dont les zones d'épandage, offrent les meilleures potentialités pour une mise en valeur<sup>10</sup>. (MRE, 2009).

Face à un climat rude marqué par l'irrégularité des pluies, les conditions pédologiques ne sont pas favorables pour le développement du secteur agricole dans la région. Quant il n'est pas stérilisé par la salinité le sol steppique est souvent menacé par la violence des grandes crues des oueds ou appauvri par l'effet de l'érosion notamment l'érosion éolienne.

Les sols se répartissent tous suivant les caractéristiques géomorphologiques que renferment les formations superficielles sur lesquelles ils se développent. Ils se composent de calcaire ou de grès des matériaux résultant de l'altération de la roche mère ; ils sont en majorité peu épais et renferment une teneur faible en matière organique.

Les sols sont aptes à l'agriculture irriguée, l'encaissement de la vallée ne laisse que peu de possibilité d'extension du périmètre. Ainsi, il serait plus judicieux d'augmenter l'intensification culturale avant de penser à l'extension. (ANRAH, 2001 ; MRE, 2008)

### **II.6. Le climat**

La région dispose d'un climat aride à hiver froid. La période humide ne dure que trois mois et la période sèche s'étale sur tout le restant de l'année ; ce qui indique un bilan hydrique déficitaire. La pluviométrie moyenne annuelle est de 213.2 mm (ONE, 2012). Les pluies d'été tombent assez fréquemment sous forme d'averses diluviennes et parfois elles créent des dégâts considérables sur les cultures ainsi que sur les infrastructures des villes. Ces dégâts sont causés par l'intensité de la pluie et par la présence d'un sol qui favorise le ruissellement. Après une averse le ruissellement devient très visible sur les glacis notamment. En effet, une longue période de sécheresse permet la formation d'une mince couche limoneuse au niveau de la partie superficielle

du sol appelée «pellicule de glaçage» qui empêche l'infiltration de l'eau dans le sol DJEBAILI S., (1984). Ainsi, en 1955 des pluies torrentielles accompagnées de grêles se sont abattues sur la ville d'Ain-Sefra provoquant de nombreuses coupures dans la voie ferrée et plus de dégâts à Moghrar où les eaux ont envahi et emporté une partie du village dont l'école (Besaid, 2006).

La température moyenne annuelle est de 15 ° 92(ONE ,2012), le maximum du mois le plus chaud est de 36° 3 et le minimum du mois le plus froid de – 0° 51. L'humidité relative moyenne annuelle est de 43.33 % et l'amplitude journalière moyenne de 2,14 % (Novembre, Décembre, Janvier (ONE ,2012)). Le nombre de jours de gelée blanche par an est de 24 en moyenne, qui doivent s'étendre sur les mois les plus froids, de Décembre à Février. Les vents soufflent le plus fréquemment de Sud-Ouest à Nord Est. Les vents qui soufflent fréquemment du Sud-Ouest au Nord -Est y sont importants surtout en hiver et au printemps avec 20 à 40 jours de sirocco par an en période estivale. (ONE, 2012). Le nombre de jours de gelée blanche par an est de 24 en moyenne (mois de décembre et février).

### II.7. La végétation

En ce qui concerne la végétation qui entoure la palmeraie est steppique, les steppes sahariennes dominantes sont à base de Remt Hammada scoparia, d'Alfa Stipa tenacissima sur les versants de djebels et de rides montagneuses (MRE, 2008). Les steppes à psammophytes sont dominées par Hamada schmittiana et les oueds ensablés sont occupés par Retama retam, Ziziphus lotus et Thy,nelaea microphylla. Les talwegs d'oueds sont colonisés par Gymnocarpos decander et quelques pieds d'Anabasis aretioides(MRE ,2008). Néanmoins, les berges des grands oueds sont occupés par une végétation gypso-halophile où s'installe une strate arborescente à Tamarix gallica, Salsola vermiculara, Traganum nuudatum etc. Signalons aussi la présence du Betoum (Pistacia atiantica), une spèce protégée et Rhus tripartitum le long des griffes d'oueds (MRE,2008)

### II.8. Méthodologie de travail

Notre travail est basé essentiellement, sur les investigations et les enquêtes menées auprès de la population ksourienne ainsi que les services d'hydrauliques et d'agricultures locaux. En effet, 4 missions de travail ont été effectuées sur les trois oasis durant les années (2008- 2018) Nous avons visités toutes les infrastructures hydrauliques ancestrales et modernes des trois oasis (Moghrar, Tiout et Boussemgoune). Nous avons enquêtés les irrigants de trois oasis et voir la situation de systèmes d'irrigation traditionnels et modernes pour saisir les problèmes et l'avantage de ces systèmes, Nous avons collecté des données, des informations et des documents auprès des services techniques des trois communes, des services d'hydrauliques et d'agricultures des wilayas d'El Bayadh et de Naama.

#### II.8. 1. Présentation de la zone d'étude Moghrar

La commune de Moghrar est le chef-lieu de la Daira du même nom, elle est située au sud de la wilaya de Naama à l'extrémité sud des hautes plaines ouest et l'Atlas Saharien, elle occupe une superficie de 1792.50 KM<sup>2</sup>.

Elle est limitée :

- En nord par les communes d'Ain sefra et Tiout.
- Au sud par la wilaya de Béchar.
- A l'est par la commune d'Asla.
- A l'ouest par la commune de Djinien Bourezg..

Elle compte 3 540 habitants répartis sur une superficie de 1 792,5 km<sup>2</sup> avec une densité de 1,97 hab/km<sup>2</sup> (MRE ,2008). Elle se caractérise par deux oasis de Moghrar tahtani et foukani et, un plus loin (Figure 6), celle de Tiout sont reliées par un important cours d'eau, l'Oued Namous. Elles se localisent sur le revers Sud des Monts des Ksour avec leurs regs, hamadas et oueds plus ou moins sec, dans le bioclimat saharien caractérisé par de faibles précipitations, 100 mm/an environ(MRE ,2008). La palmeraie la plus importante est celle de Moghrar Tahtani avec 40 hectares s'étale sur les 2 rives de l'Oued Moghrar, et compte outre ses 16.000 palmiers(DSA ,2014),avec des cultures étagées d'arbres fruitiers comme le Figuier, l'abricotier, l'olivier, le grenadier, le pommier, le poirier et des culture maraichères pour les besoins de la cité, elle est aussi intéressante de par son histoire. En plus des variétés de palmiers dattiers appelées

## Chapitre II Régions d'études et Méthodologie de travail

H'mira et El Hartan qui font sa réputation, il existe quelques spécimens de deux variétés de palmiers dattiers appelées "Feggous et Aghrass" à fruit ovoïde noir, tendre ou élastique, fibreux et parfumé. Cette variété ne se rencontre ailleurs dans l'Atlas qu'en faible quantité. Les habitants de Moghrar Tahtani l'apprécient et font beaucoup d'efforts pour sauvegarder cette variété qui est une source de fierté de ses propriétaires. (DSA ,2014)

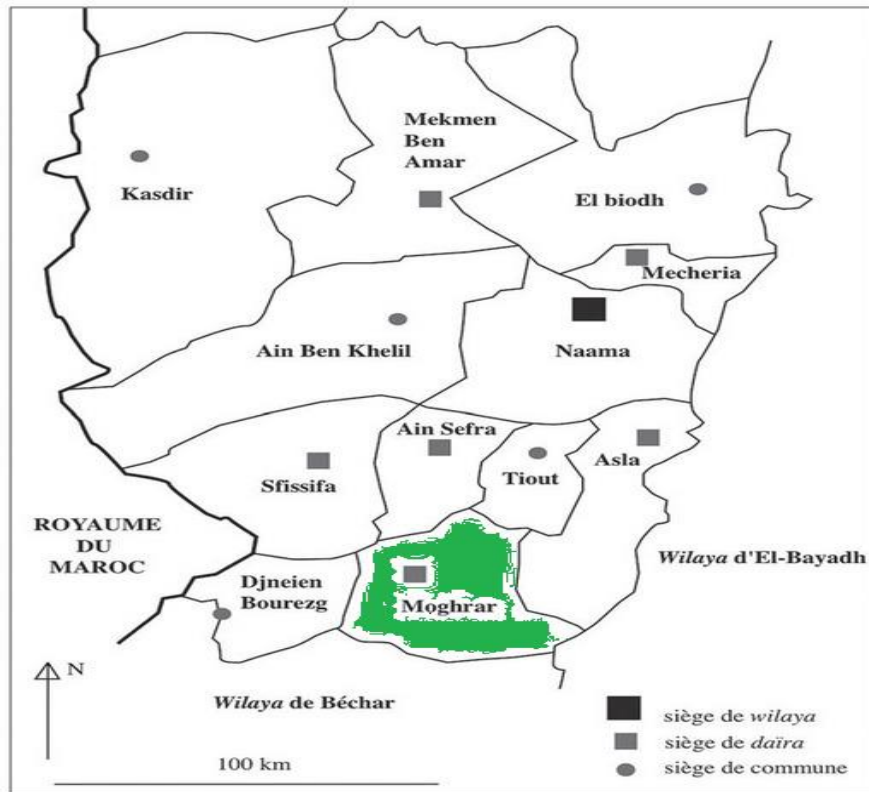


Fig. 6. Carte de Localisation d'oasis de Moghrar par rapport la wilaya de Naama(Hadidi, 2019)

### II.8.1. 2.Le mode d'irrigation à la parcelle

En ce qui concerne l'irrigation à la parcelle, quatre modes sont rencontrés au niveau de l'Oasis de Moghrar :

- a. L'irrigation gravitaire (par submersion) ;
- b. L'irrigation par aspersion ;
- c. L'irrigation par goutte à goutte ;
- d. L'irrigation par citernes.

Nous avons fait une comparaison de la superficie agricole utile (SAU) pour chaque mode et nous avons constaté que :

- SAU En Aspersion(HA) : 13.



- SAU En Irrigation Localisee(HA) :42.
- SAU En Gravitaire (HA) :151.
- SAU En Citerne En 2006/2007 (HA) :0.

### II.8.1.3. Ressources superficielle

Les cours d'eaux sont réduits à des oueds temporaires qui ne récupèrent qu'une partie de la pluie qui ruissèle. A l'occasion de fortes pluies, ce réseau hydrographique peut être le siège d'écoulements importants, vers l'intérieur du Sahara, dans des formations en communication avec les nappes aquifères souterraines. (Fillali, 2011)

A l'instar des autres éléments de la chaîne atlasique, l'Atlas saharien occidental est lui aussi mal drainé. On peut le décrire comme suit :

- Au Nord, de petits oueds se perdent rapidement dans les dépressions : Dayas et Sebkhass. La Sebkhass de Nâama et la sebkhass d'Oum Ledjam recueillent les pluies tombées sur le flanc Nord-Ouest du Djebel Mellah.
- Au Sud, le réseau hydrographique est complet et donne des oueds qui se perdent dans le Sahara A. L'oued Gharbi Il prend sa source dans la partie orientale des Monts des Ksour à 1500 m d'altitude jusqu'à El Biod Sidi Chikhj. Il draine la région d'Asla- Bousseghoune. Il se perd dans les sables du grand Erg occidental. Ses crues sont variables avec une fréquence de 2 à 5 mois/an au cours de la période 1940-50. L'oued est, cependant, à sec une grande partie de l'année (Fellali ,2012).
- L'oued Namous

Il constitue le cours méridional de l'oued El Rhouiba, entre Moghrar et Ain Sefra, et de l'oued El Breidj. Il draine toute la région d'Ain Sefra, sur une superficie de 8900 km<sup>2</sup>. Il prend sa source vers 1900 m d'altitude dans les Monts des Ksour. Il se perd 350 km plus en aval, dans les sables du grand erg occidental. Dubief (1956) a noté que dans sa partie amont, près d'Ain Sefra, il enregistrait 2.6 mois de crues par an sur la période 1938-1951.(Fellali ,2012).

- L'oued Zousfana

## **Chapitre II Régions d'études et Méthodologie de travail**

---

La superficie de son bassin versant, telle qu'elle ressort du ruissellement actuel, est de 16000 km<sup>2</sup>. Il prend son origine au Maroc et rejoint l'oued Guir pour former la confluence de l'oued Saoura qui s'enfonce très loin dans le Sahara occidental. Il est alimenté par les eaux qui ruissellent du versant méridional des Monts des Ksour. A cause de la forte altitude de Beni Ounif, le débit est considérable et les cours d'eau de la Zousfana contribuent à l'alimentation de la nappe du continental intercalaire du Gourara

### ➤ L'oued Zoubia

A 2000 m d'altitude, l'oued Zoubia prend naissance dans les Monts des Ksour et fait partie des affluents de la Zousfana. Après un parcours de 50 km, il débouche dans les vastes plaines orientées Nord - Sud. (MRE ,2012)

Ces Oueds ne coulent que très temporairement et de façon aléatoires au cours de l'année. Au sud, la zone oasienne des monts des ksour avec oued Namous qui serpente entre les monts.

Il faut noter qu'une partie importante de ces ressources provient en réalité des eaux souterraines, dans la mesure où la grande majorité des écoulements en oueds proviennent principalement des sources et non d'eau de ruissellement.(Fellali ,2011)

#### **II.8.1.4. Ressources Souterraines**

Les eaux souterraines s'accumulent et constituent de vastes aquifères (profonds et superficiels). Contrairement aux aquifères profonds qui sont exploités par des forages, les aquifères superficiels sont exploités par des puits dont la profondeur varie généralement de 4 à 30 mètres. Une initiative de la part d'un mouvement associatif, a fait rencontrer une équipe composée de spécialistes de la région (forestiers, géologues, hydrauliciens ...) curieux de dévoiler les mystères des Monts de Ksour et aurait permis de rassembler quelques connaissances dont l'identification des biocénoses.

Dans l'extrême sud de la région, on retrouve des nappes profondes exploitables faisant partie de Systèmes Aquifère du Sahara Septentrional (SASS) mais très faiblement rechargée, le complexe terminal de la continental intercalaire (comprenant les nappes de l'Albien, Aptien, Barrémien) .Toutefois, l'exploitation des nappes du jurassique supérieur, de l'albien, du Barrémien, et du Baremo aptien est restreinte , avec mise en place de zones de protection des nappes, le rabattement des nappes observé et

## Chapitre II Régions d'études et Méthodologie de travail

pour préserver les ressources hydriques destinées à l'AEP (DHW) , les autorisations de fonçage /forage y sont maintenant réservées à L'AEP.

Les sources sont pas très nombreuses dans la région, cependant, une ressources en eau non négligeable pour l'irrigation, elle sert principalement à irriguer la phoeniculture, majoritairement installée dans cette zone saharienne, ces sources sont pour la plupart des résurgences des nappes fossiles. L'eau souterraine est exploitée à l'aide de puits et de forages. Il n'existe qu'une seule foggara fonctionnelle (captage du toit de l'Albien) sur toute la région.

### II.8. 2. Présentation de la zone Tiout

La commune de Tiout est située à 87km de Naama et 10 km à l'est d'Ain Sefra sur la RN 47. C'est une commune dépendant de la Daira d'Ain Sefra qui compte 5 247 habitants, répartis sur une superficie de 789,5 km<sup>2</sup> avec une densité de 6,6 hab/km<sup>2</sup>. Avec une altitude de 1033M par des falaises de gré rouge elle possède un climat distinctement plus doux ; elle représente avec celle de Moghrar les deux seuls oasis de la wilaya de Naama (Figure7) (MRE ,2009).

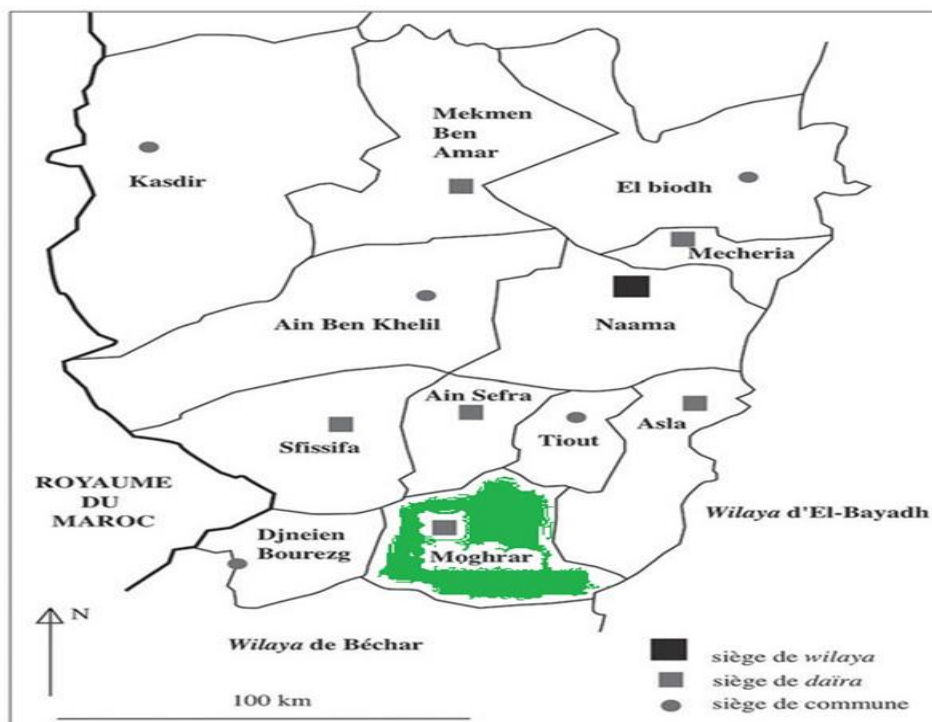


Fig. 7. la commune de Tiout par rapport Naama .(Hadidi ,2019)

## Chapitre II Régions d'études et Méthodologie de travail

---

Elle présente aussi des caractéristiques exceptionnelles sur le plan de l'écotourisme saharien.

Sur le plan géologique, elle se caractérise physiquement par un synclinal à fond plat, permettant localement les subdivisions litho stratigraphiques suivantes :

- Barrémien : crête inférieure et niveau sus-jacents
- Aptien : Unité gréseuse intermédiaire
- Albien : Grés de Tiout

La masse principale des grés barrémo-albiens, présente un faciès assez caractéristique, différentiable des autres étages gréseux. Ce sont de gros bancs de grès tendres gris ou roses, occupant les plaines et dépressions où ils affleurent, en petits dômes amygdaloïdes très surbaissés. Le ksar de Tiout (Ministères des ressources en eau, 2008) peu fréquenté par les touristes de passages, offre une architecture traditionnelle aux ruelles étroites et très propres. Un petit musée aménagé dans l'ancien domicile d'un Chahid présente quelques curiosités sur la culture et l'artisanat du ksar (MRE ,2009 ; 2012).

Tiout est une oasis plus charmante, c'est en 1847 que fut découverte la première gravure rupestre au monde, elle constitue la première Oasis du sud Oranais qu'un voyageur venant du nord croisera sur son chemin vers le Sud .Administrativement, la Commune de Tiout est rattachée à la Daira d'Aïn Sefra. A caractère rural (Figures 8et 9), cette commune possède une vocation agricole et pastorale avec un artisanat à base de laine et d'alfa. (MRE, 2008 ; 2009).

L'oasis de Tiout s'étend sur 60 ha et comporte plus de 2000 palmiers, l'eau d'irrigation est fournie des sources abondantes retenue par trois barrages successifs d'où dérive un important réseau de seguias



**Fig. 8.** Oasis de Tiout Photos Aek HADIDI 2018



**Fig. 9.** Système d'irrigation goutte -goutte au niveau de Tiout Photo Hadidi 2010

### **II.8. 2. 1. Valeurs hydrologiques**

Les besoins en eau d'oasis sont couvertes par l'utilisation rationnelle permise par les eaux proviennent des sources et des puits des eaux souterraines qui s'accumulent reconstituent les réserves de vastes aquifères, profonds et superficiels. Les aquifères profonds sont exploités par des forages et les superficiels par des puits dont la profondeur varie généralement entre 4 et 30 mètres.

### **II. 8.3. Présentation de la zone de Bousseghoune**

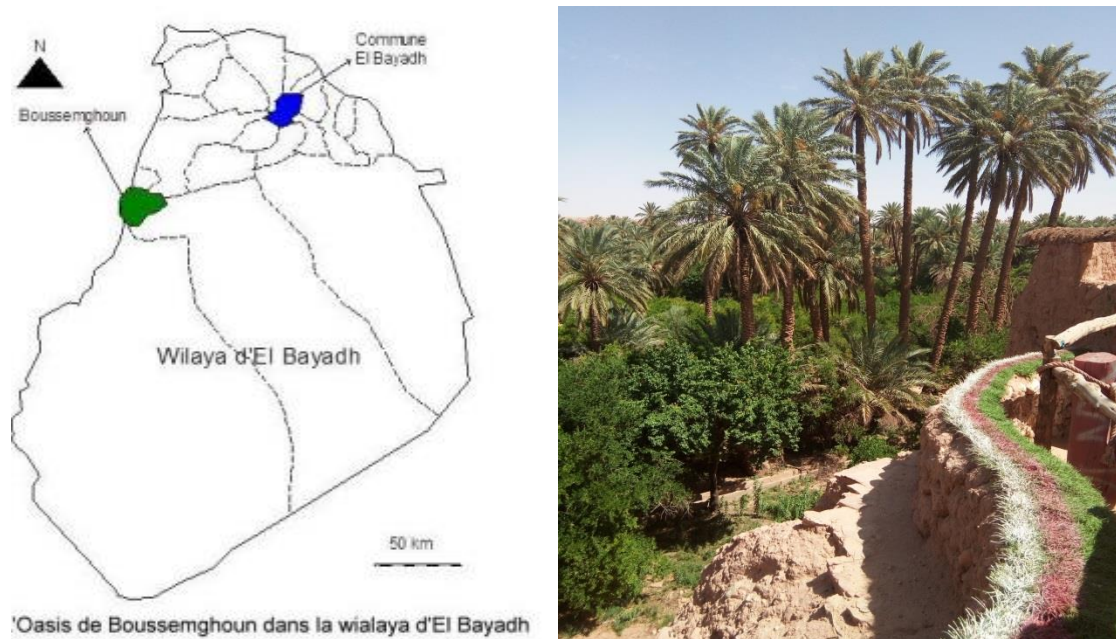
Bousseghoune est une Commune d'Algérie située à 160 km sud-ouest de la wilaya d' El Bayadh( Figure 10) située entre 2 chaines montagneuse : Djbel Tamda ( 1993 m ) et Djbel Tanount ( 1990 m ), le nombre d'habitation est 3809 habitation selon APC , cette commune située sur 32°.50' de latitude Nord, 0° de longitude Est et d'altitude moyenne de 1000 mètres et vue la situation géographique de la région de Bousseghoune (à 400 Km du littorale) l'action de la Méditerranée se trouve estompée pendant que s'affirment les influences sahariennes. Les masses d'air équatoriales en s'affaissant entre le 30° et 40° parallèle, entraînent la présence :

- D'une ceinture de haute pression
- D'un important déficit d'humidité de l'air qui se traduit par l'existence de déserts au niveau des surfaces continentales.

L'air qui s'écoule de la ceinture des hautes pressions subtropicales, va donner :

- Au sud le système des Alizés.
- Au Nord le flux des vents d'Ouest des Westerniens.
- Le front des Alizés : Qui s'établit entre deux cellules de hautes pressions subtropicales l'une chaude (cellule saharienne) l'autre froide sur l'atlantique
- Perturbations liées au front des Alizés : A la fin du printemps et en été, au niveau du front des Alizés ou du front Atlantic-méditerranéen on peut observer la pénétration d'air frais.

On observe des courants Sud - Ouest frais qui s'enfoncent en coin sous l'air chaud méditerranéen ou saharien il en résulte une ascendance de l'air chaud et le déclenchement d'averses orageuses au niveau de l'Atlas saharien et des hauts plateaux.



**Fig. 10.** La situation de l'oasis par rapport la wilaya de El Bayadh (DSA ,2016)

Le vent sable est un phénomène météorologique très différent en ce qui concerne sa formation, son développement et ses déplacements, il se produit au cours de l'année avec un minimum de (1.3jour/ mois). Sa fréquence, augmente de novembre jusqu'au mois de mai (5.36 jour / mois). (ONM ,2003 ; MRE, 2008)

Les migrations des sables éoliens, sont un des processus majeurs de la géodynamique externe des régions arides et jouent un rôle important dans les phénomènes d'évaporation et de fossilisation du réseau hydrographique. Leur étude est essentielle pour la compréhension des mouvements dunaires et pour l'aménagement des régions arides.

La moyenne interannuelle de 1991 à 2003 montre que la pluviométrie maximale enregistrée à Boussemgoune (177.8mm).

### **II. 8.3. 1. Les Ressources en sol**

Les sols sont généralement pauvres et constituent des zones de pâturages pour les troupeaux d'ovin. La principale préoccupation est la désertification qui constitue une contrainte pour le développement .Si le surpâturage est la principale cause, l'absence d'un programme de lutte d'envergure régionale.

### II. 8.3.2. Ressources en eau

#### a. Eaux superficielle

La wilaya de l'El Bayadh est installée sur 2 bassins versants, limités par la ligne de partage des eaux passant le long de l'Atlas Saharien. La zone nord de la wilaya est drainées vers le Chott Chergui qui constitue l'exutoire de tout le bassin versant des Hautes Plaines Oranaises les piémonts sud de l'Atlas Saharien déversant leurs eaux de précipitations dans le bassin versant du Sahara, où s'inscrivent les trois du territoire de la wilaya. Sur le plan hydrographique, un réseau important draine la zone de l'Atlas Saharien. Les oueds qui prennent naissance dans les sommets et versants dans les sommets et versants du relief montagneux traversent les vallées et dépressions, bifurquent vers le Nord ou le Sud et franchissent les plis en cluse pour se perdre, soit dans le bassin fermé (Chott Chergui), soit dans le Sahara.

#### b. Eaux Souterraines

Sur le plan des ressources profondes il faut noter que la présence de la nappes du Chott Chergui occupe une position singulière à la fois la plus grande et la plus élevée des chotts des hauts plateaux ; cette particularité ainsi qu'une réserve aquifère importante ont attirés l'attention des géologues et hydrogéologues depuis longtemps ; du fait de l'importante source d'Ain Skhoua ayant un débit de 500l/s.

La campagne piézométrique a fait ressortir trois nappes exploitées actuellement sont et par ordre d'importance :

- Nappe des grès de la formation de Tiout

C'est la nappe exploitée la plus importante du synclinal de Bousseghoune. L'écoulement souterrain général suivant une direction NE – SW, avec des variations du niveau piézométrique de 975m au NE à 945m au SW. L'axe de drainage principal draine les eaux souterraines suivant l'axe synclinal qui centre Djebel El Kifane, Bram et Tameda. Dans la partie sud du secteur étudié un axe de drainage secondaire draine les eaux souterraines vers l'axe synclinal qui centre Djebel Tameda et Tismert suivant la même direction NE – SW (MRE, 2004). Au niveau des axes anticlinaux de Djebel Tameda les lignes de courant convergent suivant le sens des pendages synclinaux. L'existence d'une crête piézométrique locale à l'extrémité de NW, coïncide avec le prolongement de l'axe anticlinal secondaire. Le gradient hydraulique des courbes isopièzes qui est de 0.0013 dans la partie NE, prend une valeur de 0.0026 au centre et



0.0008 au Sud, indiquant une décroissance de prélèvement et une amélioration de la perméabilité tout en allant vers le sud.(MRE ,2004)

- Nappe des grès de la formation de Tiloula

Elle représente la deuxième nappe exploitée dans le synclinal de Boussemgoune, ses eaux sont excessivement chargées par les sels minéraux. Sa carte piézométrique montre un écoulement souterrain général suivant une direction NE – SW, incliné légèrement vers le sud au centre de la carte. Les variations du niveau piézométrique sont de 990m au nord à 910m au sud. L'écoulement souterrain se fait suivant trois axes de drainage qui sont :

- 1) Un axe secondaire au nord, drain les eaux souterraines vers une accumulation : c'est à dire un mouvement ascendant des niveaux de la surface libre de la nappe, appelée aussi montée des niveaux, lié à une augmentation de la réserve. Elle est due probablement à un transfert d'eau possible entre cette nappe et la nappe des grès de Tiout par drainante et à la faveur du passage d'une faille transversale, cette supposition est vérifiée du fait que le gradient de charge hydraulique entre les deux nappes est significatif. Le gradient hydraulique des courbes iso pièzes décroît de 0.012 à 0.0023 au niveau de l'accumulation.
- 2) Un axe principal au centre de la carte drain les eaux souterraines vers le sud, où les lignes de courant convergent suivant l'axe synclinal. Les lignes de courant convergent localement au niveau de la courbe iso pièze 930m, traduisant un changement local de direction de l'axe synclinal. Le gradient hydraulique des courbes isopièzes varié de 0.0074 à 0.018, traduisant la croissance des prélèvements.
- 3) Un axe secondaire au sud parallèlement à l'axe synclinal drain les eaux souterraines vers le SW où les lignes de courant indiquant un sens d'écoulement suivant le pendage synclinal. Le gradient hydraulique des courbes isopièzes augmente de 0.0024 à 0.0068, au niveau de la terminaison périanticlinale de Djebel Noukhila.

- Nappe alluviale des alluvions anciennes et récentes

Il existe deux axes de drainage de l'écoulement souterrain l'un de direction NE – SW, dans la partie amont, l'autre dans la partie avale de direction NW – SE.

Au niveau de l'agglomération de Boussemghoune les lignes de courant présentent une légère divergence qui est due à la concentration des puits. Le sens d'écoulement général des eaux souterraines de cette nappe épouse l'écoulement superficiel d'oued Mellah avec des variations du niveau piézométriques de 990 m à 915 m. Le gradient hydraulique des courbes isopièze varié d'aval en amont de 0.006 à 0.002, traduisant la décroissance des prélèvements. (MRE ,2004)

### III.9. Résultats et discussion

L'enquête au niveau de la région de Moghrar plus la consultation avec les employeurs de la subdivision de Moghrar nous ont menée à découvrir qu'il existe : 38 Forages, 126 Puits, 4 Sources et 97 Motopompes ;

Pour la présence de Nappes Souterraines : Nappes Phréatiques superficielle : 9m, Nappes Profondes : 40m.

#### 1. MoghrarFoukani (commune de Moghrar)

Cette palmeraie dense comptant 5000 palmiers concentrés sur 20 ha, est alimentée par 2 sources, 10 Puits traditionnels fonctionnels sur 40 et 1forage avec 3 bassins. La production de dattes des 60 Familles d'irrigants est 300 quintaux / an vendus principalement à Ain Sefra et Bechar. Le coefficient d'intensification culturale de 2 ,25 est le plus élevé de tous les périmètres. Le système de seguias a été réhabilité par l'APC et le HCDS en 2000 et a été bénéficié d'un nouveau programme de réhabilitation suite aux dégâts causés par la crue exceptionnelle de mars 2008 ; (MRE ,2012).

#### 2. MoghrarTahtani (commune de Moghrar)

Seule palmeraie alimentée par un système d'irrigation souterrain (foggara) avec 2sources et 20 puits traditionnels fonctionnels sur 60 (les autres ayant été ensablés par les crues). Le tour d'eau y est d'1 heure par famille, avec retour entre 4 à 6 jours, pour chacune des 100 familles. La production des 8000 Palmiers cultivés sur 40 ha est 3000 à 4000 quintaux de datte /an. Le coefficient d'intensification culturale est de1 ,7 il est noté que suite à une action de la été enlevés la laissant maintenant exposée aux vents de sables, une étude de réaménagement de la palmeraie vient d'être réalisées par la commission de développement agricole des Régions sahariennes (CDARS) .Elle a bénéficié par ailleurs d'un programme de réhabilitation suite à l'ensablement provoqué par la crue exceptionnelle de mars 2008(MRE ,2012).

Les jardins sont irrigués par le système de foggara, sachant qu'il existe deux grandes sources d'eau la première partie supérieure ' Ain kebira ' et l'autre source située à la partie inférieure 'Ain Sidi Bahouas ' (Figure 11) Pour la distribution de l'eau, des

## Chapitre II Régions d'études et Méthodologie de travail

règles de partage de l'eau entre les copropriétaires ont été adoptés par les oasisiens. C'est ainsi que les agriculteurs se sont mis d'accord sur le principe suivant : « la part d'eau est une fonction de la contribution de chaque copropriétaire ». La distribution s'effectue par méthode « khoroba », Un grand bol rempli d'eau contenant un récipient ouvert par le bas commence à partir d'un quart d'heure jusqu'à ce qu'il atteigne 50 minutes, L'eau est divisée selon la propriété de chaque famille, il y a l'arrosage tous les six jours et il y a ceux qui atteignent la part après douze jours.



Fig. 11. Les sources d'eau au niveau de Moghrar Tahtani(Hadidi,2018)

### 3. l'oasis de Tiout

Notre enquête au niveau de la région de Tiout et la consultation avec les employeurs de la subdivision de Tiout nous ont menée à découvrir qu'il existe : 93 Forages, 59 Puits, 5 Sources et 169 Motopompes ;

Pour la présence de Nappes Souterraines : Nappes Phréatiques superficielle : 9m, Nappes Profondes : 70m.

La Commune de Tiout composée de vergers sur deux rives d'oued Tiout et de palmiers dattiers dispersés le long de l'oued (phoeniculture limitée à 1000 Pieds, avec un coefficient d'intensification de 1.4 en réalité elle comporte presque 50 exploitants actifs seulement sur les 200 familles (MRE ,2008), du fait d'un déficit hydrique important. D'ailleurs, la retenue collinaire de Tiout destinée à conforter l'irrigation de l'oasis a subit un ensablement conséquent accompagné d'un assèchement progressif des 2 sources qui l'alimentent et requiert une réhabilitation.

Le système d'irrigation se fait par 3 méthodes sont les suivant :

- **La Méthode de Gammon**

C' est une méthode traditionnelle qui permet à l'agriculteur d'irriguer sa culture à l'aide de la seguia principale , de se brancher sur plusieurs seguias secondaires et d'ouvrir chaque branche à «Gammon » Prendre en compte la pente (10%) pour faire circuler l'eau pour toute la superficie à irriguer, chaque Gammon sa superficie est environ de 5 m<sup>2</sup>.la somme de plusieurs « Gammon » dans un même ligne forme ce qu'on appelle « Matrague » .

- **La Méthode de Boumloui**

C'est une méthode traditionnelle consiste à l'eau prendre une courbe se forme de zigzag pour se propager (l'eau) a toute la culture.

- **La Méthode Mixte ' Gammon Belbadou'**

C'est une méthode traditionnelle mélange entre le « Boumloui Zigzag et Gammon.

### 4. L'Oasis de Boussemgoune

L'eau d'irrigation provient de 6 sources (Figure 12) et de 20 puits équipés (sur 32 construits) par le FNRDA. Une retenue collinaire permettra de stocker de l'eau mais celle-ci est actuellement ensablée à 100%. (Figure 13)



**Fig. 12.** Les sources d'eau au niveau de Boussemgoune (Hadidi, 2018)



**Fig. 13.** La situation actuellement du Barrage ensablé à 100% ( Hadidi, 2018)

Les eaux de oued Mellah sont saumâtres, contaminées par les sels, les gypses et les anhydrites du Trias diapirique.

L'Oued Mellah prend naissance dans la partie Nord Orientale des Monts des Ksour ; Plusieurs oueds contribuent à son alimentation dans le synclinal de Boussemgoune, en particulier oued Korima, oued El Kseub, oued El Kerkour et oued Mekhizen.

### II.10. Conclusion

Les wilayets de Naama et El bayadh sont situées au sud-ouest de l'Algérie, sont des Régions caractérisées par un climat semi-aride un été sèche et un hiver froid et , les Monts des ksour qui sont prolongés à l'ouest par le haut Atlas Marocain, tandis qu'à l'est ils se poursuivent par djebel Amour au centre et par les monts d'Ouled Nails à l'est. Leurs sols sont aptes à l'agriculture irriguée, l'encaissement de la vallée ne laisse que peu de possibilité d'extension du périmètre, on trouve dans la partie Monts Des Ksour les 3 oasis proposée de notre part pour les étudier ( Moghrar, Tiout et Moghrar ) au prochain chapitre .

Nous allons voir les enquêtes faites sous terrain de notre part sur la Région de Monts Ksour dans les trois oasis proposées (Moghrar, Tiout et Bousseghoune) dans notre sujet sachant que nous enquête faites avec les irrigants de la régions et les services concernés.

## **Chapitre III**

# **Les Résultats et l'impact de nouvelles techniques de captage**

### **III.I. Introduction**

Dans ce chapitre nous essayerons d'après les résultats obtenus durant notre enquête, investigation sur terrain et les données récoltées au niveau des trois oasis de Monts ksour (Moghrar, Tiout et Boussemgoune), faire une synthèse gelable sur cette région de monts ksour, voir aussi les systèmes d'irrigation utilisées traditionnels et modernes et leurs impacts sur l'environnement et la vie sociale au niveau de la région.

### **III.2.La récapitulative et synthèse des enquêtes faites sur les trois oasis**

#### **III.2.1.La récapitulative et synthèse des enquêtes faites sur les oasis de Moghrar**

La Région de Moghrar est caractérisée par son agriculture oasisienne comme nous avons dit ; elle est constituée de périmètres traditionnels localisés dans des fonds de vallées encaissées ou le long d'oueds .On y trouve des oasis froids de vergers et des oasis phoenicoles avec des cultures en sous étages des palmiers, d'arbres fruitiers et d'arbres rustiques, ainsi que du maraichage voir (Tableau 1-10)

D'après les statiques de tableau 1 ci-dessous les palmiers dattier prennent la première place presque 60 ha de la superficie par apport les autres cultures comme les Arboriculture irriguées qu'est en deuxième lieu par une superficie de 27 ha tandis que les autres cultures sont un peu considérés au niveau de cette oasis ,la profondeur des forages ( Tableau 2 et 3 )varie entre forages 65 et 200 m ,pour le débit on remarque qu'il ne dépasse pas 30 l/s comme valeur maximale et 2l/s comme valeur minimale.

La majorité des forages de la commune de Moghrar ne sont pas exploités dû à la qualité des eaux ou bien dû au problème d'électricité puisque ils sont un peu implantés dans zone isolées.

Selon les tableaux (4 et 5) La majorité des forages et des puits sont destinés à l'irrigation à cause de non potabilité des eaux le reste sont destinés à alimentation des eaux potable et autre chose comme l'industrie et le lavage.



**TABLE 1.** L'étude d'inventaire et de développement de la PMH (MRE ,2012)

| Cultures irriguées pratiquées (superficie récoltée dans l'année en ha) |                        |                          |                       |
|--|------------------------|--------------------------|-----------------------|
| Céréales irriguées   | 18,00                  | Maraichage plein (ha)    |                       |
| Fourrage irriguées   | 13,00                  | 1 <sup>ere</sup> culture | 91,5                  |
| Culture industrielles irriguées  | 0,00                   | 2 <sup>eme</sup> culture | 34                    |
|  |                        | 3 <sup>eme</sup> culture | 0                     |
|  |                        | <b>Total maraichage</b>  | <b>125,5</b>          |
|  | Jeune plantation       | En production            | Culture en sous étage |
| Arboriculture irriguées (rosacées) (ha)                                | 6                      | 21                       | 0                     |
| Agrumes irriguées (ha)   | 0                      | 4,5                      | 0                     |
| Olivier irriguées (ha)   | 14                     | 0                        | 0                     |
| Autres rustiques Irriguées (ha)  | 9                      | 0                        | 0                     |
| Vignes table irriguées (ha)  | 1                      | 2                        | 0                     |
| Vigne cuve irriguées (ha)  | 0                      | 0                        | 0                     |
| Palmier dattier (ha)   | 20                     | 40                       | 0                     |
| Nombres des serres irriguées (unités)                                  |                        |                          |                       |
|  | Dont 1 culture par an  | 0                        |                       |
|  | Dont 2 cultures par an | 0                        |                       |

## Chapitre III Les Résultats et l'impact des nouvelles techniques de captage

**TABLE 2.** Les Forages à Usage Agricole et Agro-Pastoral (MRE, 2012)

| Commune | Nom du forage | Coordonnées<br>(Lambert ou UTM) |        |     | Programme | Date De<br>Réalisation | Profondeur<br>(m) | Débit<br>d'exploitation<br>(l/s) | Superficie<br>irriguée (Ha) | Etat de forage | Observation                |
|---------|---------------|---------------------------------|--------|-----|-----------|------------------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------------|----------------|----------------------------|
|         |               | X                               | Y      | Z   |           |                        |                   |                                  |                             |                |                            |
| Moghrar | Sebai         | 200,10                          | 212,14 | 830 | DHW       | 1990                   | 200               | 20                               |                             | Non exploité   | Eau salée                  |
|         | Nessissa      | 205,75                          | 201,00 | 840 | DHW       | 1989                   | 200               | 12                               | 54                          | Exploité       |                            |
|         |               |                                 |        |     | PDR       | 2006                   | 150               | 10                               |                             | Non exploité   | Problème d'électrification |
|         | Sidi Brahim 1 |                                 |        |     | GCA       | 2003                   | 160               | 5                                | 85                          | Non exploité   | Qualité d'eau Médiocre     |
|         | Sidi Brahim 2 |                                 |        |     | GCA       | 2004                   | 160               | 32                               |                             | Non exploité   | Problème d'électrification |
|         | Sidi Brahim 3 |                                 |        |     | GCA       | 2004                   | 160               | 30                               |                             | Non exploité   | Problème d'électrification |
|         | Sidi Brahim 4 |                                 |        |     | GCA       | 2006                   | 200               | 14                               |                             | Non exploité   | Problème d'électrification |
|         | Baliata 1     | 194,25                          | 218,15 |     | GCA       | 2004                   | 120               | 20                               | 50                          | Non exploité   | Problème d'électrification |
|         | Beliata 2     | 195,40                          | 218,85 |     | GCA       | 2004                   | 100               | 25                               |                             | Non exploité   | Problème d'électrification |
|         | Oglat 1       | 183,30                          | 213,10 |     | GCA       | 2000                   | 75                | 17                               | 240                         | Exploité       |                            |
| Oglat 2 | 181,60        | 214,60                          |        | GCA | 2000      | 160                    | 14                |                                  | Exploité                    |                |                            |

### Chapitre III Les Résultats et l'impact des nouvelles techniques de captage

**TABLE 3.** Forages Pastoraux (Ministères Des Ressources En Eau DHW, 2010)

| Commune | Nom du forage | Coordonnées<br>(Lambert ou UTM) |              |   | Programme | Date De<br>Réalisation | Profondeur<br>(m) | Débit<br>d'exploitation (l/s) | Superficie<br>irriguée (Ha) | Etat de<br>forage | Observation |
|---------|---------------|---------------------------------|--------------|---|-----------|------------------------|-------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------|-------------|
|         |               | X                               | Y            | Z |           |                        |                   |                               |                             |                   |             |
| Moghrar | MoghrarFogani | 0 7 26075                       | 3599819      | / | HCDS      | 2004                   | 65                | 5                             | 15                          | Exploité          |             |
|         | Draa Saâ      | 32°32'05,7"                     | 000°29'54,0" | / | HCDS      | 2002                   | 80                | 2                             |                             | Exploité          |             |
|         | El Ghouiba    | 32°36'12,9"                     | 000°25'07,6" | / | HCDS      | 2003                   | 110               | 2                             |                             | Non exploité      | Eau salée   |
|         | Sidi Brahim   | 32°21'25,2"                     | 000°33'12,9" | / | HCDS      | 2002                   | 120               | 2                             |                             | Non exploité      | Eau salée   |
|         | Sidi Brahim2  | 32°21'36,1"                     | 000°34'06,0" | / | HCDS      | 2005                   | 90                | 2                             |                             | Exploité          |             |
|         | Zaouch 1      | 32°25'49,0"                     | 000°29'55,6" | / | HCDS      | 2001                   | 150               | 2                             | 15                          | Exploité          |             |
|         | Zaouch 2      | 32°25'30,7"                     | 000°31'02,3" | / | HCDS      | 2001                   | 150               | 2                             | 15                          | Exploité          |             |

**TABLE 4.** Répartition des forages en exploitation par communes au 31/12/2006 (Ministères Des Ressources En Eau DHW, 2010)

| Communes |  | Nombre de forages | Profondeur (ML) | Débit (L/S) | Destination (L/S) |         |        |
|----------|--|-------------------|-----------------|-------------|-------------------|---------|--------|
|          |  |                   |                 |             | AEP               | Irriga. | Autres |
| Moghrar  |  | 16                | 2440            | 297         | 52,0              | 226     | 19     |

**TABLE 5.** Répartition des puits par communes au 31/12/2006 (Ministères Des Ressources En Eau DHW, 2010)

| Communes | Nombre de puits | Débit (L/S) | Destination (L/S) |            |        |
|----------|-----------------|-------------|-------------------|------------|--------|
|          |                 |             | AEP               | Irrigation | Autres |
| Moghrar  | 9               | 16          | 7,0               | 9          | 0      |

**TABLE 6.** Répartition des retenues collinaire par communes au 31/12/2006 (Ministères Des Ressources En Eau DHW, 2010)

|         | Nombre de retenues collinaires | Superficie (KM2) | Destination (HM3) |        |        |
|---------|--------------------------------|------------------|-------------------|--------|--------|
|         |                                |                  | AEP               | Irrig. | Autres |
| Moghrar | 1                              | 0.49             |                   | 0      | 0      |

Selon le Tableau 6 on a constaté qu'il existe une seule retenue collinaire d'une superficie de  $0.49 * 10^3 m^2$  cette retenue est actuellement ensablée les services hydraulique vont lancer un projet de dessablement est en cours de lancement

Le volume mobilisé est de 3991.6 m<sup>3</sup>/j (Tableau7), on a constaté que le volume de distribution est 700 m<sup>3</sup>/j complètement consommé par les habitations de la commune.

**TABLE 7.** Production et consommation d'eau potable au 31/12/2006

| Volume mobilisé (m3/j) | Volume produit (m3/j) | Volume distribué (m3/j) | Volume consommé (m3/j) |
|------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| 3991,6                 | 743,2                 | 700                     | 700                    |

Selon le Tableau8 ci-après Le taux de raccordement des réseaux d'AEP est presque 98% c'est un pourcentage considéré par rapport les autres zone isolées. Le nombre de localités accordées est 5 et le nombre de logements accordés est plus de 609 logements, la dotation hydrique journalière est 120l/j/h et le besoin de consommation d'eau potable est presque 683.20 m<sup>3</sup>/j. Actuellement on remarque une forte augmentation de la population et cela à partir des deux dernières décennies.

**TABLE 8.** Raccordement au réseau d'AEP au 31/12/2006

| Communes | Nbre de localités racco. | Parc logts | Nbre de Logts raccor. | Taux de raccord. (%) | Consom. hydrique (L/J/H) | Besoins (m3/j) |
|----------|--------------------------|------------|-----------------------|----------------------|--------------------------|----------------|
| Moghrar  | 5                        | 0          | 609                   | 98                   | 120                      | 683,20         |

### **Chapitre III Les Résultats et l'impact des nouvelles techniques de captage**

---

Selon les Tableaux 9 et 10 ci-après la superficie totale de commune de Moghrar est 173664 ha et le taux des eaux souterraines est plus élevé presque 77% tandis que le taux des eaux de surface est de 23%, la pluviométrie moyenne annuelle est 110 mm car on est dans une région semi-aride caractérisée par la rareté de la pluie et l'évapotranspiration élevée 1733 mm, la superficie irriguée est 240 ha , efficacité moyenne hydraulique est presque 0.65, considère comment l'eau est utilisée pour produire une même culture (irrigation gravitaire, goutte-à-goutte, par aspersion...) , Pour une meilleure valorisation de la ressource en eau et une amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'eau par les cultures, on doit choisir les cultures et les variétés les plus adaptées au contexte pédoclimatique (climat aride, semi-aride,...) de la région.

La régression de la superficie des terres agricoles est presque 68% dans région de Moghrar et les Monts des ksour, du fait des nombreuses petites exploitations qui caractérisent les périmètres traditionnels concentrés dans cette région, et à 29% dans les steppes de sud-ouest du fait des quelques grandes exploitations.

TABLE 9. Données générales sur la commune (MRE ,2010)

| Commune | Superficie totale (HA) | Longitude moyenne(°) | Latitude moyenne (°) | Code région kC | % Eau souterraine | % Eau surface | Pluviométrie moyenne annuelle (mm) | ETP Moyenne annuelle (mm) |
|---------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------|-------------------|---------------|------------------------------------|---------------------------|
| Moghrar | 173664                 | -0.4980              | 32.421               | RA19           | 77%               | 23%           | 110                                | 1733                      |

TABLE 10. besoin en eau de commune (Ministères des ressources en eau DHW, 2010)

|         |                      |                     | % d'irrigation            |                            | Besoin en eau à la parcelle (1000m <sup>3</sup> ) |         | Besoin en eau théorique (FAO) en tête (1000m <sup>3</sup> ) |                           |                            | Besoin en eau théorique en tête corrigés (1000m <sup>3</sup> ) |                           |                            | Besoin en eau à l'ha (m <sup>3</sup> /Ha) |         |
|---------|----------------------|---------------------|---------------------------|----------------------------|---|---------|---|---------------------------|----------------------------|--|---------------------------|----------------------------|---|---------|
| Commune | Superficie irrg (Ha) | Efficiencie moyenne | A partir d'eau de surface | A partir d'eau souterraine | Théorique (FAO)                                   | Corrigé | Total   | A partir d'eau de surface | A partir d'eau souterraine | Total  | A partir d'eau de surface | A partir d'eau souterraine | Théorique (FAO)                           | Corrigé |
| Moghrar | 240                  | 0,65                | 23%                       | 77%                        | 2 449   | 2 117   | 3785  | 882                       | 2 903                      | 3 272  | 762                       | 2 510                      | 15 771                                    | 13 633  |

#### III.2.2. La récapitulative et synthèse des enquêtes faites sur les oasis de Tiout

Selon le Tableau 11 ci-après il y a que 4 forages qui sont actuellement exploités leurs profondeurs sont variées entre 150 et 200m avec un débit varie entre 8 et 20 l/s enregistre la plus superficie irriguée est au niveau de la zone de Ankar mais malheureusement le forage de cette zone et ne pas exploité à cause de de salinité existe dans la zone. Tandis que les forages pastoraux (Tableux12) il ya que deux forages qui sont exploités avec des profondeurs de 120 l/s et de débit ne dépasse pas 2 l/s Actuellement ces forages ne sont pas exploités à cause de la qualité des eaux, parmi 154 forages il y a 11 forages sont gérés par les services agricole donnent 114 l/s (24l/s destinés pour l'AEP et 89l/s pour l'irrigation (Tableau 13).

Le Tableau 14 illustre ci-dessous qu'il existe aussi 11 puits donnent un débit de 15.5 l/s (2l/s destinés pour l'AEP et 13.5 pour l'irrigation.

Au niveau de la commune de Tiout il existe 4 sources d'eau sont destinées à l'alimentation des eaux potable avec un débit de 30l/s comme le tableau 15 illustre ci-après.

Selon le Tableau 16 Il y a une seule retenue collinaires dont la capacité est presque 0,030Hm<sup>3</sup> et un petit barrage de botta 0.03Hm<sup>3</sup> sa Hauteur de la digue est de 2m destiné pour l'irrigation d'une superficie de 15(Ha).

Le volume mobilisé (m<sup>3</sup>/j) de la commune de Tiout est de 2419,2m<sup>3</sup>/j (Tableau 17), le volume produit (m<sup>3</sup>/j) est de 621 m<sup>3</sup>/j, le volume distribué (m<sup>3</sup>/j) est de 600 m<sup>3</sup>/j ; le volume consommé est presque 600(m<sup>3</sup>/j).

On peut constater que le système d'irrigation majoritaire est la goutte à goutte presque 45 % par rapport aux systèmes gravitaire 38% et par aspersion de17 % (voir Tableau18)



La superficie totale au niveau de la commune de Tiout est 789,25 Km<sup>2</sup> et Superficie agricole utile est 1198 ha (Tableau19)

La culture dominante est le palmier dattier, associé souvent aux arbres fruitiers (abricotier, grenadier, figuier...) et les cultures sous-jacentes (maraichères et/ou fourragères). Les arboricultures est environ de 45 %, la culture maraichage occupe 38 de superficie irriguée or que les grande cultures et cultures fourragère n'occupent que 17% de superficie irriguée (Tableau 20). Le travail manuel est effectué beaucoup plus pour les cultures maraichères et les cultures fourragères mais il nécessite un grand nombre d'ouvriers. Ces contraintes sont un vrai handicap pour le développement des cultures et les assolements pratiqués dans cette oasis.

### Chapitre III Les Résultats et l'impact des nouvelles techniques de captage

**TABLE 11.** Les Forages d'irrigation (Fiche De Renseignement Sur Les Forages à Usage Agricole et Agro-Pastoral selon les services agricole, 2012)

| Commune | Nom du forage | Coordonnées<br>(Lambert ou UTM) |        |      | Programme | Date De<br>Réalisation | Profondeur (m) | Débit<br>d'exploitation (l/s) | Superficie<br>irriguée (Ha) | Etat de forage |
|---------|---------------|---------------------------------|--------|------|-----------|------------------------|----------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------|
|         |               | X                               | Y      | Z    |           |                        |                |                               |                             |                |
| Tiout   | Matlag        | 209,30                          | 246,00 | 1025 | DHW       | 1984                   | 150            | 20                            | 36                          | Exploité       |
|         | Tiout 2       | 212,80                          | 245,30 | 1060 | DHW       | 1986                   | 150            | 8                             |                             | Exploité       |
|         | Maader 1      | 204,80                          | 247,20 | 1060 | DHW       | 1986                   | 200            | 18                            | 32                          | Exploité       |
|         | Maader 2      | 207,50                          | 250,50 | 1058 | DHW       | 1990                   | 200            | 18                            | 34                          | Exploité       |
|         | Maader II     | 744                             | 3633   |      | PPDR      | 2006                   | 145            | 16                            |                             | Non exploité   |
|         | Ankar 1       |                                 |        |      | GCA       | 2003                   | 220            | 25                            | 150                         | Non exploité   |
|         | Ankar 2       |                                 |        |      | GCA       | 2004                   | 240            | 25                            |                             | Non exploité   |
|         | Ankar3        |                                 |        |      | GCA       | 2004                   | 250            | 25                            |                             | Non exploité   |
|         | Ankar4        |                                 |        |      | GCA       | 2004                   | 250            | 15                            |                             | Non exploité   |
|         | Ankar 5       |                                 |        |      | GCA       | 2004                   | 250            | 8                             |                             | Non exploité   |
|         | Tiourtalt 1   |                                 |        |      | GCA       | 2003                   | 150            | 15                            | 120                         | Non exploité   |
|         | Tiourtalt2    |                                 |        |      | GCA       | 2003                   | 150            | 30                            |                             | Non exploité   |
|         | Tiourtalt 3   |                                 |        |      | GCA       | 2004                   | 140            | 13                            |                             | Non exploité   |

TABLE 12. Les Forages Pastoraux (Service agricole ,2012)

| Commune | Nom du forage | Coordonnées (Lambert ou UTM) |              |   | Programme | Date De Réalisation | Profondeur (m) | Débit d'exploitation (l/s) | Superficie irriguée (Ha) | Etat de forage |
|---------|---------------|------------------------------|--------------|---|-----------|---------------------|----------------|----------------------------|--------------------------|----------------|
|         |               | X                            | Y            | Z |           |                     |                |                            |                          |                |
| Tiout   | Lankar        | 0 7 56052                    | 3649709      | / | HCDS      | 2002                | 120            | 2                          |                          | Exploité       |
|         | Sam           | 32°39'28,1"                  | 000°19'24,6" | / | HCDS      | 2007                | 150            | 2                          |                          | Non exploité   |
|         | Meguiâda      | 32°55'11,9"                  | 000°22'11,7" | / | HCDS      | 2003                | 120            | 2                          |                          | Exploité       |
|         | Zeboudja      | 0 7 53840                    | 3632535      | / | HCDS      | 2003                | 110            | 2                          |                          | Non exploité   |

TABLE 13. La répartition des forages en exploitation par communes ( Service Agricole,2010)

| Communes | Nombre de forages | Profondeur (ML) | Débit (L/S) | Destination (L/S) |         |        |
|----------|-------------------|-----------------|-------------|-------------------|---------|--------|
|          |                   |                 |             | AEP               | Irriga. | Autres |
| Tiout    | 11                | 1800            | 114         | 25                | 89      | 0      |

TABLE 14. La répartition des puits par communes au 31/12/2016

| Communes | Nombre de puits | Débit (L/S) | Destination (L/S) |            |        |
|----------|-----------------|-------------|-------------------|------------|--------|
|          |                 |             | AEP               | Irrigation | Autres |
| Tiout    | 11              | 15,5        | 2                 | 13,5       | 0      |

TABLE 15. La répartition des sources par communes au 31/12/2016

| Communes | Nombre de sources | Débit (L/S) | Destination (L/S) |            |       |
|----------|-------------------|-------------|-------------------|------------|-------|
|          |                   |             | AEP               | Irrigation | Autre |
| Tiout    | 4                 | 30          | 30                | 0          | 0     |

TABLE 16. La répartition des retenues collinaire par communes au 31/12/2006

| Communes | Nombre de retenues collinaires | Capacité (HM <sup>3</sup> ) | Destination (HM <sup>3</sup> ) |        |        |
|----------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|--------|--------|
|          |                                |                             | AEP                            | Irrig. | Autres |
| Tiout    | 1                              | 0,030                       | 0                              | 0,030  | 0      |

TABLE 17. Production et consommation d'eau potable au 31/12/2016

| Communes | Volume mobilisé (m3/j) | Volume produit (m3/j) | Volume distribué (m3/j) | Volume consommé (m3/j) |
|----------|------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| Tiout    | 2419,2                 | 621,0                 | 600                     | 600                    |

TABLE 18. La répartition de la superficie irriguée par systèmes d'irrigation

| La superficie totale (641 ha) : |        |
|---------------------------------|--------|
| • Gravitaire                    | 94 Ha  |
| • Aspersion                     | 27 Ha  |
| • Goutte à goutte               | 138 Ha |

**TABLE 19.** Données globales sur les sources d'eau existant au niveau d'oasis de Tiout

|   |  |
|---|--|
| • Superficie de la Commune  | <b>789,25</b> Km <sup>2</sup>  |
| • Superficie agricole utile   | <b>1198</b> Ha ( Source DSA)   |
| • Périmètre ou aire d'irrigation existante (hors grands périmètres gérés par les OPI) Gérés par la GCA. | Nombre : <b>02</b> Agricole, Superficie : <b>270</b> ha.<br>et <b>01</b> Pastorales. Superficie : <b>11000</b> ha  |
| <b>Répartition de la superficie irriguée par nature de ressources en eau ( TOTAL 870 ha )</b>           |  |
| • A partir des retenues collinaires   | Nombre de retenues collinaires : <b>01.</b>  |
|   | Nombre de périmètre : <b>01.</b>   |
|   | Superficie irriguée : <b>15</b> ha.  |
|   | Capacité : <b>0.03</b> Hm <sup>3</sup> .   |
|   | Volume exploité en 2010 : <b>0.015</b> Hm <sup>3</sup> .   |
| • A partir des forages et partir des puits  | Nbre : <b>152</b> forages dont <b>4</b> forages publics. Superficie : <b>760</b> ha, Nbre : <b>45</b> puits et superficie : <b>90</b> ha, le Nbre de motopompe est <b>169</b> motopmps |

## Chapitre II Présentation de La Région d'étude

**TABLE 20.** La répartition de la superficie irriguée par types de cultures

| La superficie totale ( 641 ha ) :        |        |
|--|--------|
| • Maraîchages                            | 247 Ha |
| • Arboriculture                          | 286 Ha |
| • Grandes cultures + cultures Fourragère | 108 Ha |
| • Cultures industrielles                 | / Ha   |

**TABLE 21.** La répartition de la superficie irriguée par périmètre irriguée

(\*) Périmètres Agricoles GCA: (\*\*) Périmètres Pastoraux GCA.

| Commune | Lieu dit   | Nom du petit périmètre | Superficie (ha) | Origine de la Ressource En Eau |
|---------|------------|------------------------|-----------------|--------------------------------|
| Tiout   | Tiouartalt | Tiouartalt*            | 120             | Souterraine                    |
| Tiout   | Lankar II  | Lankar II*             | 150             | Souterraine                    |
| Tiout   | Lankar I   | Lankar I**             | 11000           | Souterraine                    |

La région de Tiout est une zone pastorale irriguée complètement par les eaux souterraines, d'après le Tableau 21 presque 11000 ha comme superficie de zone pastorale par rapport la zone agricole qui donne que 270 ha, on peut dire la région de Tiout est une région pastorale.

**TABLE 22.** La retenue collinaire d'irrigation (MRE ,2012)

| Nom du petit barrage ou de la retenue | Lieu dit | Capacité (Hm <sup>3</sup> ) | Hauteur de la digue (m) | Volume exploitable (Hm <sup>3</sup> ) | Superficie à irriguer (Ha) |
|---------------------------------------|----------|-----------------------------|-------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| Botta                                 | Tiout    | 0.03                        | 2.00                    | 0.015                                 | 15                         |

Selon le Tableau 22, ce petit barrage de Tiout est destiné complètement à l'irrigation presque 15 ha irrigués par ce petit barrage, ce barrage ancestral de Tiout situé à l'amont de la palmeraie était alimenté par une dizaine de sources. Aujourd'hui, le barrage actuellement incapable d'assurer sa fonction d'irrigation. En plus de l'assèchement du lac du barrage, le sable s'est accumulé dans la cuvette à plus de 90% du volume initial du barrage. Ce barrage n'arrive plus à jouer son rôle de stockage et de distribution de l'eau.

### III.2.3. La récapitulative et synthèse des enquêtes faites sur les oasis de Boussemgoune

Dans la palmeraie de Boussemgoune nous avons enregistré une chute de débit de sources. La demande en eau à augmenter depuis les années quatre-vingt pour satisfaire l'irrigation de la palmeraie de Boussemgoune qui a atteint une superficie de 250 ha (Figure 14), la commune, est irriguée par 6 Sources et 48 puits et gérée par 250 familles, elle souffre de l'abaissement de la nappe phréatique occasionné par la réalisation de la retenue collinaire en amont (conçue en 1966 pour conforter l'irrigation de la palmeraie) actuellement totalement ensablée et dont l'évacuateur a été emporté par les crues. Dans la commune on trouve le mode d'irrigation gravitaire (274 ha, 9%) caractérisée par ses cultures de palmier (362ha, 59%). Il ne prédomine cependant pas dans les places à forte concentration de vergers collectifs traditionnels pourtant tous irrigués avec des systèmes de seguias, leur surface étant trop peu importante par rapport aux autres surfaces irriguées.

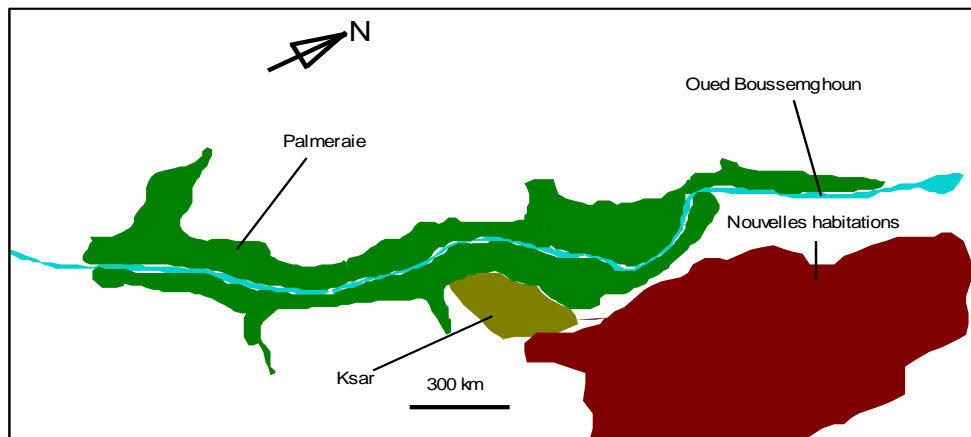


Fig. 14. Situation de la palmeraie de Boussemgoune par rapport à l'oued (Remini, 2017)

Selon la subdivision hydraulique au niveau de la Daira de Boussemgoune on les données suivantes :

- Nombre total de retenues collinaire est 1
- Nombre total de Forages : 125
- Nombre total de puits : 48
- Nombre total de sources : 6
- Nombre total de motopompes : 35.
- Présence de nappes souterraines profondeur (m)
- Nappes phréatiques superficielle 6 à 20.



## Chapitre II Présentation de La Région d'étude

- Nappes profondes 70 à 150.
- SAU EN Aspersion (HA) 2
- SAU EN Irrigation Localisee (HA) 165
- SAU EN Irrigation Gravitaire(HA) 274
- SAU EN Citernage En 2006-2007 (HA) 0

Le tableau 23 ci-dessous résume le nombre des sources et les types de systèmes d'irrigation existants au niveau de la commune de Boussemghoune

**TABLE 23.** La situation hydraulique au niveau de Boussemghoune.( Etude PHM 2014)

| Commune       | Nombre d'habitation | Nbre retenues collinaire | Nbre de forages | Nbre de puits | Nbre de sources | SAU Irriguée par aspersion | SAU Irriguée par goutte à goutte | SAU Irriguée par gravitairement |
|---------------|---------------------|--------------------------|-----------------|---------------|-----------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Boussrmghoune | 3908                | 1                        | 125             | 48            | 6               | 2                          | 165                              | 274                             |

Les forages exploités actuellement dans le synclinal de Boussemghoune sont en nombre de cinquante-quatre (125), leurs profondeurs, oscillent entre 3 à 35m, ce sont des puits ordinaires à grand rayon, captant la nappe alluviale. Le niveau statique max peut atteindre 19m, et leurs débits satisfaire le besoin minime de l'utilisateur. Les puits non exploités de Ksar Boussemghoune (Takouiret) sont environ seize (48), avec les mêmes caractéristiques précédentes. Le nombre des sources est 6, le système gravitaire est prédominant de 274 ha de superficie irriguée par rapport de le système goutte à goutte 165 ha et par aspersion et qui seulement de 2 ha. La commune porte une seule retenue collinaire actuellement nécessite l'entretien.

**TABLE 24.** Étude d'inventaire et de développement de la PMH de Boussemgoune.(MRE ,2008)

| Cultures irriguées pratiquées (superficie récoltée dans l'année en ha) |                  |                          |                       |
|--|------------------|--------------------------|-----------------------|
| Céréales irriguées   | 0.00             | Maraichage plein (ha)    |                       |
| Fourrage irriguées   | 0.00             | 1 <sup>ere</sup> culture | 111                   |
| Culture industrielles irriguées  | 0,00             | 2 <sup>eme</sup> culture | 0                     |
|  |                  | 3 <sup>eme</sup> culture | 0                     |
|  |                  | <b>Total maraichage</b>  | <b>111</b>            |
|  | Jeune plantation | En production            | Culture en sous étage |
| Arboriculture irriguées (rosacées) (ha)                                | 4                | 18                       | 0                     |
| Agrumes irriguées ( ha)  | 0                | 0                        | 0                     |
| Olivier irriguées ( ha)  | 17               | 10                       | 0                     |
| Autres rustiques Irriguées ( ha)                                       | 5                | 4                        | 0                     |
| Vignes table irriguées ( ha)   | 0                | 0                        | 0                     |
| Vigne cuve irriguées ( ha)   | 0                | 0                        | 0                     |
| Palmier dattier ( ha)  | <b>106</b>       | <b>256</b>               | 0                     |

**TABLE 25.** Synthèse de l'inventaire PMH (commune de Boussemghoune) (MRE ,2008)

| Nom de commune | SAU Totale (ha) | Nbre exploit | Zone géographique D'irrigation |        | Zones d'irrigation individuelles |        | Périmètres collectifs |        |
|----------------|-----------------|--------------|--------------------------------|--------|----------------------------------|--------|-----------------------|--------|
|                |                 |              | Nbre                           | SAU ha | Nbre                             | SAU ha | Nbre                  | SAU ha |
| Boussrmghoune  | 707             | 261          | 7                              | 441    | 5                                | 185    | 2                     | 256    |

**TABLE 26.** Synthèse de l'inventaire GPI commune de Boussemghoune (MRE ,2008)

| Nom de commune | SAU physique en GPI | Superficie physique irriguée à partir des |                     | Principales culture en irrigation ( ha) |            |                     |          |                       |
|----------------|---------------------|---|---------------------|---|------------|---------------------|----------|-----------------------|
|                |                     | Eau souterrain (ha)                       | Eau de surface (ha) | Céréales et fourrages                   | Maraichage | Arbo et viticulture | palmiers | Total S au Développée |
| Boussrmghoune  | 0                   | 221                                       | 220                 | 0                                       | 111        | 58                  | 362      | 531                   |

Donc d'après les tableaux 24 et 25 on peut constater qu'il y a presque 707 ha (441+256) ha ou 441=185+256 irriguées réparties (261 exploitants.)

D'après les tableaux 25 et 26 on note que la quantité de superficie irriguée physique irriguée par les eaux souterraines est 221 ha, tandis que quantité irriguée par les eaux de surface est de 200 ha ; la culture majoritaire au niveau de la commune de Boussemgoune est la culture des palmiers presque 362 ha la deuxième culture est le maraichage 111ha et en troisième lieu c'est arbo et viticulture de 58 ha donnent la superficie totale est 521 ha.

On peut remarquer qu'il y a 4 retenues collinaires la grande capacité est au niveau de oued fallit avec 4.9 hm<sup>3</sup> (Figure 15), la capacité de la retenue de Kheneg Azir de 1.3 hm<sup>3</sup>, la retenue de Boussemgoune sa capacité initiale est 0.78 hm<sup>3</sup>, actuellement cette retenue est complètement ensablée avec autre retenue de Chellala 0.54 hm<sup>3</sup>

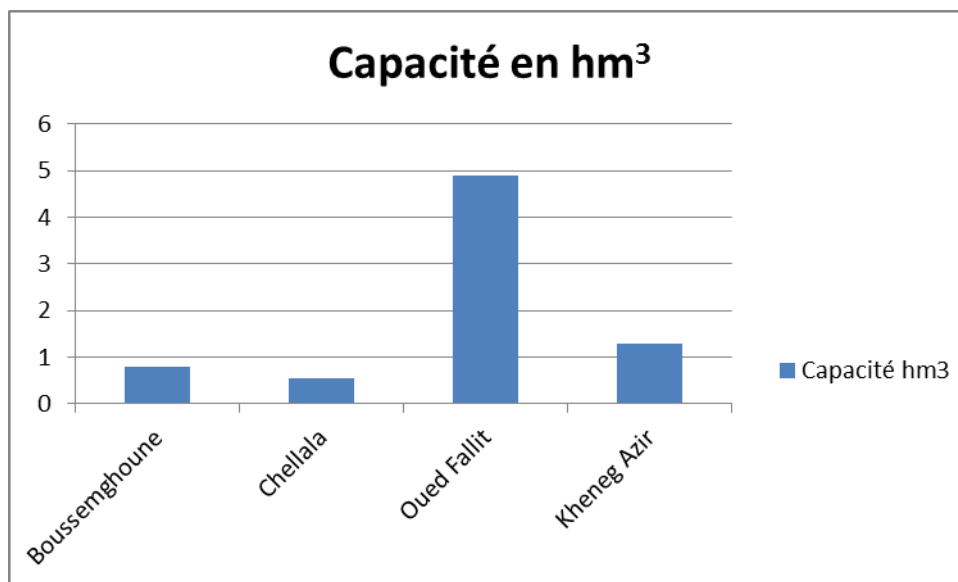


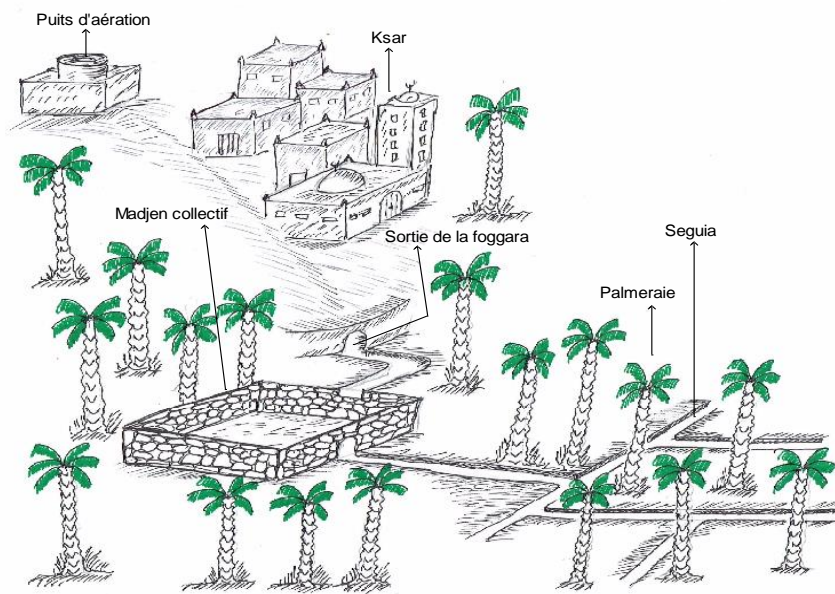
Fig. 15. Les Retenues collinaires au niveau de la wilaya de Bayadh

### III.3. Interprétation des résultats obtenus

#### III .3.1.Oasis de Moghrar

##### a. Le Systèmes de Foggara de Moghrar Tahtani

Les exploitations agricoles de ces oasis sont basées sur une utilisation naturelle de l'eau et pratiquée par les habitants des Ksour, dans des jardins établis à proximité des sources d'eau, captées par le système de Foggaras (Figure 16). C'est un système ancien d'alimentation et de distribution au niveau du Sahara, datant d'au moins du 11e siècle. Ce sont des ouvrages hydrauliques complexes qui réalisent à la fois le captage et l'adduction d'eau de la nappe aquifère au moyen d'un système de galeries drainantes, en pente très douce et ayant des puits d'aération et d'évacuation des remblais tous les 5 à 20 mètres.



**Fig. 16.** Schéma synoptique d'une foggara de source de l'oasis de Moghrar Tahtani (Remini, 2017)

Les Oasis de Moghrar Tahtani et Foukani sont des oasis se trouvant sur le territoire de la wilaya de Nâama, de ce fait, elles présentent des caractéristiques, qui, à l'image de cette région exceptionnelle sur le plan de la biodiversité, sont représentatives des types de zones humides permettant l'agriculture au sein du Sahara. Elles renferment des variétés locales de palmier-dattier d'excellente qualité: Feggous et Aghrass, dont les qualités naturelles de conservation sont également rares. En outre le système de foggaras est unique en son genre, surtout que dans ces oasis il est vraiment à son dernier stade de conservation en raison de l'assèchement de la nappe initiale qui l'alimentait de manière naturelle. Pour préserver cet excellent ouvrage, les habitants et les services des eaux ont fait appel à un forage qui utilise

les canalisations, canaux, rigoles et bassins de l'ancienne foggara tout en exploitant une autre nappe que celle utilisée auparavant.

#### b. L'utilisation de système solaire

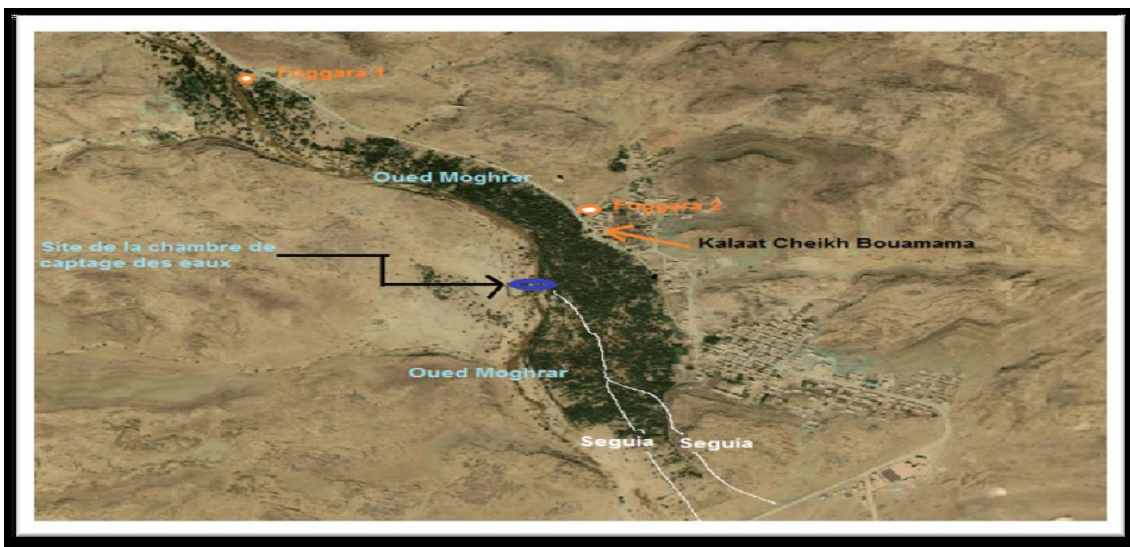
Les travaux de ce projet ont démarré en 2007 (Figure 17), achevés en 2012. C'est un projet très intéressant. Jusqu'à maintenant 40% des palmiers dattiers sont sauvés. Il est réalisé pour éviter le gaspillage des eaux d'oued Moghrar par drainage ou par évaporation et améliorer le débit des rigoles dans l'oasis.

Il consiste à emmagasiner l'eau qui provient de l'oued dans des chambres de captage et redistribué à des seguias. Plus important c'est que ces eaux sont aspirées à l'aide de pompes fonctionnant avec l'énergie (Figure 18 et 19). Elle est une excellente alternative pour l'énergie domestique, elle permet d'exploiter la lumière apportée par les rayons du soleil pour produire de l'électricité ou de la chaleur. Les rayonnements solaires sont captés sur des panneaux solaires qui peuvent soit transformer l'énergie en chaleur, soit en chaleur puis en électricité ou enfin directement en électricité.

L'installation du système de pompage permettra la mise en marche et l'exploitation effective du projet d'extension de la Palmeraie de Moghrar Tahtani

Les objectifs fixés par les initiateurs du projet sont :

- Augmentation de la superficie de palmier ;
- Amélioration des conditions de vie des agriculteurs ;
- Création d'emplois au niveau des exploitations.



**Fig. 17.** Projet de mobilisation des eaux d'oued de Moghrar Tahtani (Fillali, 2011)



Fig. 18. Alimentation de foggara par le système de l'énergie solaire (Hadidi,2018)



**Fig. 19.** Les travaux et l'entretien de la foggara (Hadidi ,2018)

#### **c. perspective du pompage éolien appliqué à l'irrigation du palmier dattier dans la région**

Le principe d'exploitation de l'énergie du vent dans le pompage d'eau est basé sur la transformation de l'énergie cinétique qu'il contient en énergie mécanique, une fois en contact avec les pales de la machine éolienne. Pour l'aérogénérateur, l'énergie mécanique est à son tour transformée en énergie électrique au niveau de l'alternateur qui alimente un système de motopompe. L'énergie du vent subit une succession de pertes dues principalement au phénomène connu sous le nom de limite de Betz (kasbadji N., 2006), qui traduit l'impossibilité de céder totalement l'énergie cinétique à la surface de contact de l'aérogénérateur, étant donné que la vitesse du vent juste en aval de la roue n'étant pas nulle



et aux pertes par conversion d'énergie d'une forme à une autre, de l'arbre de l'éolienne jusqu'à la pompe.

#### III.3.2. L'Oasis Tiout

Au niveau de Tiout nous avons essayé d'étudier la relation entre le débit et le rabattement, Selon la Figure 20 on remarque que le rabattement prend la diminution proportionnellement à l'augmentation du débit d'eau le graphe  $R = F(Q)$  prend la forme d'une droite  $R = aQ - Q$

Etant donné que Tiout est une zone pastorale avec distinction presque 11000 ha comme superficie de zone pastorale par rapport la zone agricole qui donne que 270 ha

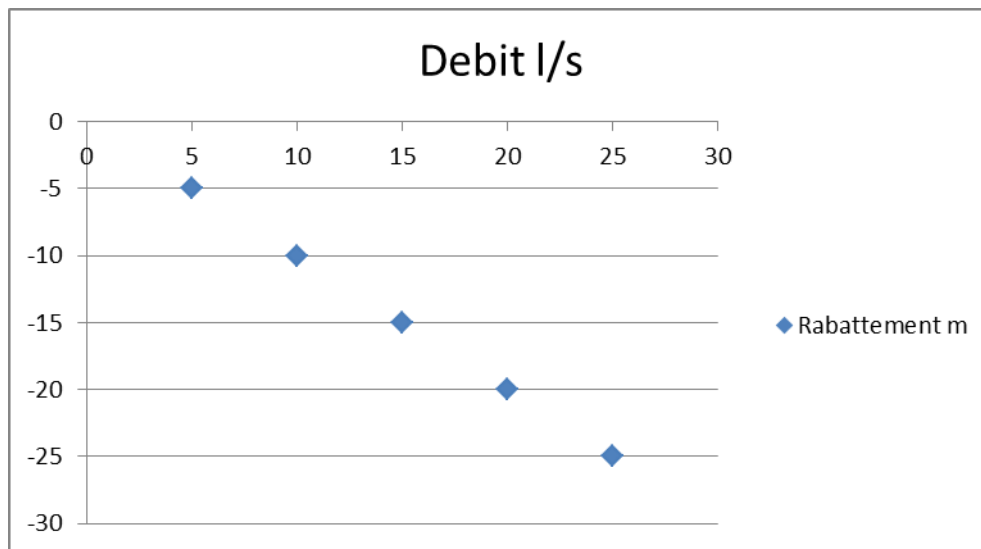
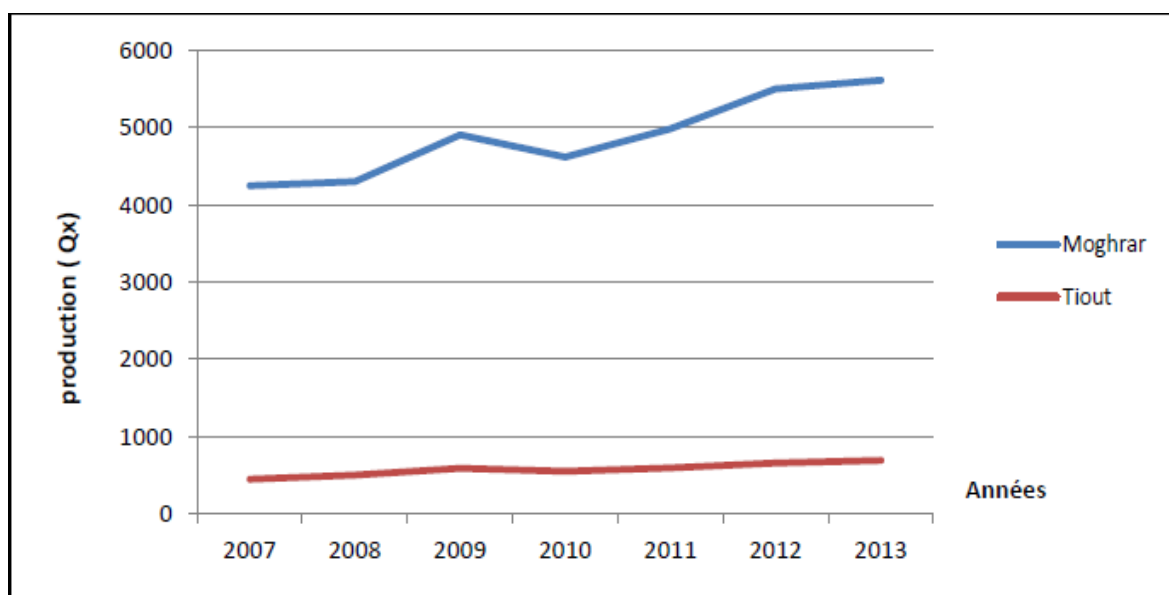


Fig. 20. la variation de rabattement en fonction de débit

La surface agricole totale(S.A.T) regroupe les parcours qui occupent la grande superficie, cela est tout à fait compréhensible vu la vocation essentiellement pastorale dans les zones d'étude et les faibles efforts faits dans le passé en matière de mise en valeur agricole. Cette surface agricole est très importante au niveau de la commune de Moghrar (141 189 ha) et faible au niveau de la commune de Tiout avec 59 510 ha. (Figure 21)



**Fig. 21.** L'évolution de la production de palmier au niveau de l'oasis de Moghrar et Tiout (Fillali, 2011)

Le système d'irrigation gravitaire est parmi les systèmes employés dans les deux oasis. Il engendre un énorme gaspillage de l'eau et par conséquent la diminution du niveau de la nappe phréatique. Cependant, son usage est déconseillé dans les vergers atteints par le Bayoud, car il amplifie la contamination.

Pour la distribution de l'eau, des règles de partage de l'eau entre les copropriétaires ont été adoptées par les oasisiens. C'est ainsi que les agriculteurs se sont mis d'accord sur le principe suivant : « la part d'eau est une fonction de la contribution de chaque copropriétaire ». La distribution s'effectue par méthode « kharoba », c'est-à-dire tour à tour, sauf que la durée d'irrigation dépend de la contribution de l'individu comme nous l'avons mentionné avant au chapitre 2.

Cette région est dans des vallées encaissées ou le long d'oueds. On y retrouve des oasis froides de vergers et des oasis phoenicoles avec des cultures en sous-étages des palmiers, d'arbres fruitiers et d'arbres rustiques, ainsi que du maraichage.

Les collectives et individuelles dans la région des monts de ksour, au sud où l'on retrouve les périmètres traditionnels oasisiens et une forte concentration de périmètres de mise en valeur par la concession.

La majorité des périmètres presque 80 % des 31 périmètres collectifs que compte la wilaya de Naama sont localisées dans la région des Monts ksour.

Au niveau des périmètres traditionnels, si le rapport entre la superficie agricole utile physique et SAU irrigable n'atteint que 75 %, ceci est en grande partie causé par l'ensablement des

### Chapitre III Les Résultats et l'impact des nouvelles techniques de captage

---

ouvrages de captage de sources (petites retenues collinaire), où par les nombreux forages réélises près des sources contribuant à leur assèchement (cas de M'cif et de grara oued Tiout). L'indivision est autre facteur expliquant l'abandon de certaines exploitations.

Une disponibilité limitée de la ressource hydrique de surface la région ne comptant que 3 retenues collinaires avec un taux d'ensablement supérieur à 80 % et 1 ouvrage en cours de construction,

Des zones de protection des nappes ont été désignées par arrêté de wali pour contrôler leur surexploitation par les forages et fonçages, contre le phénomène de rabattement des nappes et préserver la ressource pour AEP.

La capacité du barrage de Tiout était de l'ordre de 20000 m<sup>3</sup>. Construit avant 1800, cet ouvrage est muni d'une vanne coulissante d'une dimension d'environ 60cm sur 3 mètres de hauteur; placée au milieu de la digue et d'une seguia destinée à l'irrigation de la palmeraie.

« L'enquête que nous avons effectué auprès des habitants de ksar, il s'est avéré que la première digue a été réalisée pour l'irrigation de la palmeraie de Tiout vers 1400 et, que les fortes crues de l'oued Tiout ont emporté. Le deuxième ouvrage a été réalisé entre 1500 et 1700 et n'a pu résister face à l'écoulement de l'oued ». Selon les informations, la troisième digue (l'actuelle) réalisée entre 1700 et 1800 a bien résisté aux différentes crues successives.

La réhabilitation de cet ouvrage historique pour le bien de cette commune qui possède un cachet touristique, est plus que souhaitable a-t-il estimé. Pour préserver cet excellent ouvrage, faut-il le rappeler les habitants et les services des eaux ont fait appel à un forage qui utilise les canalisations, canaux, rigoles Tiout est un synclinal à fond plat avec, localement, les subdivisions litho stratigraphiques du Barrémien, de l'Aptien, une unité gréseuse intermédiaire de l'Albien ou près de Tiout.

La nappe Barrémo-Albo-Aptienne du synclinal de Remtha qui fait partie des Monts des Ksour (Atlas Saharien occidental), alimente les habitants ainsi que les périmètres agricoles de la région d'Asla (Est Ain Sefra).

Face aux risques liés aux phénomènes naturels (baisses piézométriques de la nappe liées à un faible taux de recharge "climat aride", infiltration 2.22 mm/an (Derdour, 2010), et aux phénomènes anthropiques surexploitation de la nappe pour les besoins d'alimentation suite à la croissance démographique et surtout agricole car la région a vu la création de plusieurs périmètres agricoles, une gestion des ressources en eau avec un modèle mathématique devient nécessaire.

### III.3.3. L'oasis de Boussemgoune

Le périmètre de Boussemgoune est anciennement architecture est devenu domaine de l'état et il est aujourd'hui cultivé par 200 concessionnaires.

Les oasis de cette région comportent un composant travail familial important. Nous tenons à insister sur le fait qu'il est difficile de mesurer correctement le travail familial pour des raisons multiples. En effet, la plupart des exploitations agricoles abritent des familles de grandes tailles et composées de jeunes sans emplois. Ces jeunes qui ne travaillent pas comme salariés pour des raisons traditionnelles, forment le gros du travail familial. En outre, le fait que ces jeunes ne travaillent pas d'une manière régulière dans l'exploitation rend difficile la quantification de cette variable.

L'irrigation gravitaire est le mode d'irrigation le plus utilisé. L'irrigation par goutte-à-goutte, préconisée et subventionnée dans le cadre du FNRDA, est souvent abandonnée, par défaut de maîtrise technique de la part des irrigants. Les eaux d'irrigation sont principalement d'origine souterraine et sont mobilisées par puits et forages. En général, la qualité de l'eau d'irrigation est jugée bonne par les exploitations enquêtées, mais en quantité insuffisante. Les cultures irriguées sont concentrées dans les Monts des Ksour, La région des Ksour est caractérisée par un développement important de l'arboriculture (plus de 2.000 ha), principalement en Rosacées (1.230 ha) et palmier dattier (400 ha).

La moyenne d'âge des chefs d'exploitation est de 52 ans. Près de la moitié d'entre eux n'ont aucun niveau d'instruction. Le nombre moyen de personnes à charge par exploitation est faible presque 8. Le nombre moyen d'actifs par foyer est de 2,72 et près de 90% des exploitations n'ont pas de main d'œuvre permanente (MRE ,2009).

Les exploitants possèdent en général leur matériel d'irrigation de base ; quant au matériel agricole, sa possession, moins fréquente (entre 0 et 30%), est corrélée positivement avec la taille de l'exploitation. Le vecteur principal de l'information technique est l'entourage proche de l'exploitant (voisin, ami ou parent). Les irrigants interrogés ont réalisé des investissements depuis 2000.

Le matériel d'irrigation ainsi que la réalisation et/ou réhabilitation de puits ou forages ; près de 75% des exploitants enquêtés ont déclaré avoir bénéficié d'aides ou subventions de l'Etat.

### III.4. Les systèmes modernes de l'irrigation

#### III.4.1. L'irrigation gravitaire

L'irrigation gravitaire regroupe l'ensemble des techniques d'arrosage dans lesquelles la distribution de l'eau à la parcelle se fait entièrement à l'air libre par simple écoulement à la surface du sol. La répartition de l'eau est assurée grâce à la topographie du terrain, et aux propriétés hydriques du sol (ruissèlement, infiltration, et capillarité).

#### III.4. 2. L'irrigation goutte à goutte

Dans l'irrigation goutte à goutte comme (la Figure 22) illustre, l'eau est livrée à la plante à faible dose entraînant ainsi l'humidification d'une fraction du sol. Ceci permet de limiter les pertes par évaporation et percolation. Elle permet aussi de réduire le développement des mauvaises herbes. Elle met également en œuvre des équipements fixes et légers. Dans la plupart des cas, elle exige une automatisation à travers des contrôleurs associés à des vannes volumétriques et/ou hydrauliques et des électrovannes.



Fig. 22. L'irrigation goutte à goutte (photo HADIDI ,2012)

##### III .4.2.1 .Equipements du système goutte à goutte

L'installation est composée d'une source d'eau, d'une station de pompage, d'une unité de tête, des canalisations principales et secondaires, de porte rampes et rampes, et enfin de distributeurs.

- Unité de tête

L'unité de tête comporte les éléments nécessaires au conditionnement et à la sécurité de fonctionnement. (GHAYOUR M, 2008).

- Les distributeurs

Les distributeurs peuvent être classés selon leur débit de fonctionnement. On distingue alors les goutteurs, les diffuseurs et les micro-asperseurs.

Les goutteurs ont un faible débit (entre 1 et 16 l/h) et fonctionnent sous une pression relativement faible (environ 1 bar). Dans la pratique, on utilise souvent des goutteurs de 2 l/h pour les cultures maraîchères et de 4 l/h pour les cultures pérennes (arbres fruitiers et vignes). Selon le type de goutteur, le mode de fixation sur la rampe peut être soit en dérivation, en ligne ou intégré. Actuellement, on tend de plus en plus vers le mode intégré vu son faible coût de fabrication ainsi que sa facilité d'installation sur le terrain. En effet, il suffit de dérouler la rampe alors que pour les autres modes, les goutteurs sont à installer un par un, suivant les espacements désirés. Dans la fixation en dérivée, on peut trouver des circuits courts ou des circuits longs. Ces derniers ont l'avantage de couvrir une grande surface et peuvent être disposés en formant un cercle, pour couvrir une surface plus grande. (ORMVAH, 1995).

Dans certains projets d'irrigation goutte à goutte pour des cultures pérennes, on peut volontairement employer une rampe de faible diamètre lorsque les plants sont petits pour ensuite rajouter une deuxième rampe lorsque les besoins en eau sont plus importants. (ORMVAH, 2008 ; 2010)

Le débit  $Q$  d'un distributeur donné peut s'exprimer en fonction de sa pression par la formule suivante:

$$Q = K H^x$$

Où:  $Q$  est le débit en l/h;  $K$  est une constante de forme et de dimension;  $H$  est la pression en mètre et  $x$  est le coefficient qui caractérise le type d'écoulement.

Lorsqu'on dispose de plusieurs valeurs de débits des goutteurs, avec les valeurs respectives des pressions, on peut alors à l'aide de l'équation ci-dessus calculer les valeurs de  $K$  et de  $x$ . Généralement, les constructeurs donnent les caractéristiques des distributeurs sous forme de tableaux ou de graphes, ce qui permet d'établir leur équation, ou simplement connaître leur débit.

- Les rampes

La plupart des conduites en plastique utilisées en irrigation localisée sont fabriquées à partir de:

- Chlorure de polyvinyle, PVC
- Polyéthylène, PE (basse ou haute densité, BD ou HD)
- Polypropylène, PP

Les PE sont les plus utilisés pour les petits diamètres, alors que les PVC sont plus utilisés pour les gros diamètres, en raison de leur résistance à la pression. Le classement des conduites se fait suivant le coefficient normalisé de dimension, qui traduit la pression maximale de service ainsi que la classe de pression.

- Pompes doseuses et injecteurs

Le choix d'un appareil d'injection doit tenir compte de la concentration requise en engrais et de la précision souhaitée. Les autres critères sont la mobilité, le coût et le mode de fonctionnement.

On distingue:

- Les dilueurs sont constitués d'une cuve étanche dans laquelle on introduit l'engrais sous forme solide mais soluble. La cuve est montée en dérivation sur la conduite principale de l'irrigation, à l'amont du filtre à tamis. Le temps de dissolution des fertilisants n'est pas toujours bien connu des opérateurs et la concentration de l'engrais varie fortement entre le début et la fin de l'irrigation. La cuve doit être vidée à la fin de chaque irrigation. Le volume de la cuve varie entre 50 et 300 litres, ce qui limite la surface à irriguer à ½ hectare en culture légumière et 1 hectare en arboriculture.
- Les pompes doseuses hydrauliques fonctionnent d'une manière régulière en aspirant et en refoulant une quantité constante et connue de solution fertilisante dans la conduite d'irrigation. Le démarrage et l'arrêt peuvent être commandés par une vanne volumétrique ou par une électrovanne. Leur fonctionnement est précis.

Les pompes doseuses électriques sont constituées d'un moteur électrique qui entraîne une pompe à membrane ou un piston. Elles sont précises et permettent de disposer d'une gamme étendue de débits d'injection. Plusieurs pompes peuvent être montées.

- Filtration

L'irrigation goutte à goutte nécessite une filtration adéquate des impuretés contenues dans l'eau d'irrigation ainsi que celles qui peuvent se former en cours d'utilisation. Pour cela, il existe plusieurs types de filtres.

Les filtres à sable sont remplis de couches de gravier étalonnées pour arrêter les particules solides et organiques. Ils sont généralement équipés d'un ensemble de lavage à contre-courant qui leur permet de nettoyer, lorsque la perte de charge est comprise entre 5 et 10 m. Un filtre à sable est suffisant pour un débit compris entre 10 et 15 m<sup>3</sup> / h. Pour des débits plus élevés, une banque de filtres est utilisée. Pour plus d'assurance, le filtre de sable est suivi d'un filtre d'écran ou d'un filtre à disque. Le séparateur centrifuge, ou l'hydrocyclone, est placé avant le filtre à sable, lorsque l'eau est chargée de sable. (JICA, MATEE, 2007).

Très souvent, il est recommandé de conserver des particules avec une granulométrie supérieure à 1/10 de la plus petite dimension du passage d'eau dans les distributeurs. L'arrêt de particules plus petites n'accélère que le colmatage des filtres. La filtration de 150 microns (100 mesh) est souvent utilisée pour l'irrigation localisée ou l'aspersion. Dans ce dernier cas, nous pensons également à l'usure des buses des sprinklers.

#### **III.4.3.L'irrigation par aspersion**

L'irrigation par aspersion est recommandée dans les cas suivants:

- Sols de faible profondeur, ne pouvant être correctement nivelés pour une irrigation de surface, tout en conservant une profondeur suffisante;
- Sols trop perméables, qui ne permettent pas une répartition uniforme de l'eau dans le cadre d'une irrigation avec ruissellement en surface;
- Terrains à pente irrégulière avec microrelief accidenté, ne permettant pas l'établissement d'une desserte gravitaire à surface libre.

Par contre, elle est à écarter dans les régions très régulièrement ventées (les vents supérieurs à 4 ou 5 m/s dégradent considérablement l'homogénéité de l'arrosage) et aussi lorsque l'irrigation se fait avec l'eau salée sur des plantes au feuillage sensible au sel. La considération des facteurs suivants est nécessaire à la conduite d'un projet de dimensionnement de tout système d'irrigation sous pression: a) la dimension et la forme de la surface à irriguer, sa topographie et le type du sol; b) les sources d'eau disponibles ou potentielles et leurs



caractéristiques et c) Les conditions climatiques dans la région, l'accessibilité à la parcelle et la culture à irriguer.

### **III.4.3.1. Aspersion traditionnelle**

Dans l'irrigation par aspersion, on rencontre les installations suivantes:

Les installations mobiles portatives comprennent des canalisations principales ainsi que des rampes pouvant être déplacées à la main. De ce fait, les conduites formant l'ensemble du système doivent être légères, facilement raccordables et détachables les unes des autres. Elles sont habituellement en aluminium léger ou en alliage d'aluminium et sont présentées en segments, munies de raccords rapides et mesurant en général 6 m de longueur. Ces installations sont conseillées pour les régions à capital d'investissement faible mais disposant d'une main d'œuvre abondante. (Bar Yosef et al, .1985).

Les installations semi-mobiles portatives ont des canalisations principales qui sont fixes et enterrées à intervalles réguliers. En général, la station de pompage est permanente, elle est située de manière à réduire le trajet de l'eau. Les canalisations fixes sont généralement en acier ou en amiante-ciment et sont protégées contre la corrosion. D'autres variantes existent, en combinant les tuyaux flexibles.

- Les installations permanentes (ou couverture totale), où les conduites principales et les rampes sont enterrées, se rencontrent principalement dans les exploitations de vergers.
- Les installations temporaires sont des systèmes mobiles ou semi-mobiles ayant la particularité d'avoir assez de canalisations pour pouvoir être montés au moment de la plantation et laissés en place jusqu'à la dernière irrigation avant la récolte.

### **III.4.3. 2. Aspersion mécanisée**

Les systèmes de rampe pivotante et de rampe frontale sont des installations utilisées essentiellement dans les grandes exploitations. Elles possèdent un mécanisme d'entraînement programmable qui sert à déplacer les éléments. Le système de rampe pivotante est constitué d'une conduite avec arroseurs, supportée à l'une de ses extrémités par une tour à pivot central, une série de tours munies de roues et un moteur électrique (ou hydraulique). La conduite peut mesurer de 100 à 500 m, pouvant irriguer jusqu'à 75 ha. L'ensemble permet d'irriguer une surface circulaire, mais nécessite un capital d'investissement élevé. Les débits sont de l'ordre de 250 à 850 m<sup>3</sup>/h pour une pression de 6 bars.

### III. 5. Matériel d'irrigation

On peut distinguer deux catégories de matériels ou d'installations nécessaires à l'irrigation :

- Ceux servant à amener l'eau depuis les sources disponibles (cours d'eau, lacs ou retenues, nappe phréatique) .
- Ceux servant à l'irrigation proprement dite, c'est-à-dire à distribuer l'eau aux plantes.

Dans la première catégorie, on trouvera : forage, pompes, réseaux d'irrigations, canaux, norias...

Dans la seconde : asperseurs, canons d'arrosage, arroseurs automoteurs, goutteurs. Il existe par exemple un système d'irrigation à pivot central.

Le choix de la méthode d'irrigation se complique du fait de la liaison étroite existant entre ces facteurs de base. Dès que l'on tente de modifier l'un deux, tous les autres subissent par répercussion des changements plus ou moins profonds, qui peuvent imposer une nouvelle technique. Une étude attentive des données théoriques sur lesquelles repose la détermination du meilleur mode d'arrosage et donc indispensable avant d'aborder cette question. (UNESCO, 1995).

Dans le monde, 277 millions d'hectares sont irrigués (année 2002, source FAO) sur 1,4 milliard d'hectares de terres arables au total. Ils fournissent environ 1/3 de la production alimentaire mondiale. La nécessité de préserver les ressources en eau conduit à une réglementation et à la taxation des prélèvements. (FAO, 2002)

### III.6. Qualité des eaux d'irrigation

On rappellera succinctement simplement ici que l'eau d'irrigation suppose de répondre aussi à des critères de qualité relatifs selon les normes FAO (Ministères des ressources en eau DHW, 2008), en terme principalement de :

- a. Acidité ( $6,5 < \text{pH} < 8,4$ ).
- b. Salinité : mesurée par la conductivité électrique ( $\text{CE} < 6 \text{ ds/m}$ , avec des degrés de tolérance variant selon les plantes).

- c. Alcalinité : mesurée par le taux d'absorption du sodium (SAR) qui doit être normalement inférieur à 9,0 (selon le degré de salinité des sols et les plantes).
- d. Pollution biologique selon les cultures (normes DBO5 et coliformes en cours d'établissement en Algérie).
- e. Pollution chimique en métaux lourds (normes à préciser).
- f. Turbidité et charge physique en particules solides (selon le système d'arrosage).

#### **III.7. Durabilité de l'irrigation**

L'agriculture irriguée peut faire appel à :

- L'eau des oueds, lacs, réservoirs, terres humides ;
- L'eau de pluie temporairement stockée dans le sol ;
- L'eau non renouvelable ou lentement renouvelable (eaux souterraines des nappes phréatiques).

#### **III .8. Facteurs élémentaires de l'irrigation**

##### 1. Le sol

Le caractère d'ordre général qui doit retenir tout spécialement l'attention réside dans la grande hétérogénéité du sol, il est donc indispensable de chiffrer certaines propriétés de sol ;

- Topographie

Examiner la pente (facteur capital de l'irrigation) qui conditionne la vitesse de circulation de l'eau en surface, ainsi que le parcellement. Les parcelles à pente uniforme et de faible amplitude (zones desservies par les grands barrages, se prêtent bien à l'irrigation car elles réduisent les coûteux travaux de terrassement.

- Propriétés physiques

Perméabilité et capacité du sol pour l'eau, Plus la perméabilité est grande, plus la capacité est faible.

### 2. Cohésion

Le maintien des particules entre elle. La force d'érosion de l'eau est d'autant plus élevée que la vitesse du liquide est plus grande cohésion. En outre l'imbibition du sol réduit par elle-même la force de cohésion en dispersant les agrégats. Les terres lourdes, possèdent un degré de cohésion élevé, peuvent donc utiliser des masses d'eau importantes sur des pentes relativement prononcées. Les sols sablonneux se laissent volontiers, car ils sont peu cohérents, aussi de grandes précautions doivent être prises pour les mettre en eau. Les terres sableuses sont les plus difficiles à irriguer par l'eau La cohésion peut présenter, pour un même sol, d'importantes variations durant l'assolement, selon l'état d'ameublissement, la nature et l'âge des plantes cultivées.

### 3. Propriétés chimiques

### 4. Matières organiques

Matières minérales

L'excès d'eau entraîne dans les couches profondes du sol où les substances sont définitivement perdues, il est évident qu'il ne serait guère avantageux d'appliquer des arrosages très suivis sur les terres maigres.

### 5. L'eau

L'utilisateur doit se préoccuper de l'origine de l'eau, de ses qualités et de son débit. Les besoins en eau domestique étant prioritaires, et vu le rôle central de l'eau pour de nombreux autres secteurs d'activités (tourisme, industrie, hydroélectricité, refroidissement des centrales nucléaires), l'agriculture irriguée, même si elle reste la principale utilisatrice de l'eau douce (70 % des volumes prélevés) doit respecter les dispositifs de contrôle pour l'accès à l'eau et les arbitrages entre les différents usages. Mais l'adéquation entre les demandes croissantes pour l'eau et la disponibilité des ressources en eau n'est pas toujours contrôlée.

### 6. La qualité physique

La qualité physique dominante est sa température. La température optimum peut se situer aux environs de 25° pour la majorité des plantes, durant la saison active de la végétation. Un apport d'eau sur la terre très sèche peut donner lieu à des phénomènes d'hydratation susceptibles d'élever dangereusement la température du sol. C'est pourquoi on recommande de ne pas arroser en pleine chaleur. Une eau froide arrivant au contact d'un feuillage surchauffé peut également causer des accidents, certaines plantes comme les cucurbitacées y

sont très sensibles. Certaines eaux courantes entraînent avec elles des limons de qualités fortes variables.

#### 7. La qualité chimique

L'eau dérive surtout des sels qu'elle contient en dissolution. Certains ions sont utiles, même à doses relativement élevées. Le calcium, qui compense ainsi les pertes de chaux dont il a été question plus haut. D'autres sont utiles à très faibles doses, puis deviennent rapidement nocifs lorsque la teneur de l'eau s'accroît : c'est le cas du magnésium. De même que l'on a maintenant recours à des essais physiologiques pour déterminer les besoins d'un sol en engrais, il ne faut pas hésiter à appliquer l'eau d'irrigation sur des plantes témoins, en utilisant la terre à irriguer, puisqu'on ne peut séparer sans crainte d'erreur ces deux éléments qui réagissent l'un sur l'autre : l'eau et le sol.

#### 8. Le débit

C'est la quantité d'eau dont on dispose en un temps donné, par l'arrosage d'une propriété, il s'exprime en litres par seconde, litres par minute ou mètres cubes par heure.

Le débit total, ou module général pour une propriété, se calcule en fonction des besoins de pointe des cultures dans le cours d'une année. On doit tenir compte des pertes en cours de route, s'il y a lieu et se ménager une petite marge de sécurité en cas d'accident. Le volume d'eau distribué dans chaque élément, ou par hectare, prend le nom de dose, on a donc :

Dose = débit \* temps d'écoulement

#### 9. Les cultures

Influent sur le mode d'irrigation soit par nature qui ne s'allie pas avec tous les systèmes, soit par leurs besoins en eau qui peuvent modifier la rotation des arrosages.

#### 10. Nature des cultures

Impose un système d'irrigation. Il faut évidemment que les conditions naturelles conviennent à la fois à la plante et à son système d'arrosage. Si le milieu impose un mode d'irrigation, le choix des cultures se restreint. Ainsi une pente supérieure à 10 % nécessite les sillons ou l'arrosage en pluie. On ne peut songer à y installer économiquement des rizières. L'assolement peut amener à modifier le système d'irrigation au cours des années. Pour que ces changements ne surprennent pas le cultivateur, ils doivent être prévus avant l'établissement du réseau d'arrosage, afin qu'il soit agencé en conséquence.

### 11. Besoins des plantes

Les besoins sont variables suivant les espèces, principalement en raison de la durée de végétation en période estivale, certaines spéculations comme les cultures maraîchères, de primeur ne nécessitant que quelques arrosages au printemps, tandis que d'autres, comme la luzerne, le dattier réclament de l'eau sur la plus grande partie de l'année. Quelques espèces fruitières peuvent se contenter d'un arrosage de loin en loin (Abricotier, olivier), tandis que certaines nécessitent des irrigations suivies (agrumes).

### III.9. La programmation de l'irrigation

La programmation de l'irrigation consiste à déterminer combien de litres d'eau apporter, pendant combien de temps et à quelles heures du jour. La définition de ces paramètres est affectée par plusieurs facteurs liés aux conditions météorologiques (température, humidité, ensoleillement), aux propriétés du sol (taux d'infiltration, pente) et au type de culture, ainsi qu'à la phase de croissance du végétal. La programmation peut varier d'un jour à l'autre selon les conditions météorologiques. Une programmation sophistiquée permettant une optimisation de l'usage de l'eau demande l'avis d'un professionnel qualifié, ce qui peut coûter cher.

Par contre, quelques pratiques simples peuvent améliorer l'efficacité du système d'irrigation :

- Les meilleures périodes pour l'irrigation sont le début de la matinée ou la fin de l'après-midi. Lorsque le soleil est plus élevé, vers midi, la plupart de l'eau est perdue par évaporation. Dans la nuit, d'autre part, l'eau s'accumule sur le sol, ce qui peut entraîner des problèmes aux plantes.

- La quantité d'eau doit être suffisante pour satisfaire les besoins de la plante. Ces besoins dépendent des propriétés du sol, des conditions climatiques et du type de culture. Un excès d'eau peut être aussi problématique qu'un manque d'eau.

- Lorsqu'il pleut, il convient de réduire ou même d'arrêter le système d'irrigation. Pour connaître la quantité d'eau apportée par précipitation, il suffit de mesurer la hauteur de la colonne d'eau accumulée par un récipient cylindrique exposé à la pluie.

- L'inspection régulière des canalisations est importante pour détecter le plus tôt possible des fuites ou ruptures, de façon à limiter les pertes d'eau.

- Le paillage consiste à couvrir le sol de débris de végétaux au pied d'une culture. Cette couverture possède trois avantages principaux. Tout d'abord, elle garde le sol humide autour

de la plante, une fois que l'évaporation est plus intense lorsque le sol est nu. Le paillage empêche aussi la pousse des herbes non désirées, qui rentrent en concurrence avec les cultures pour l'eau et les minéraux du sol. Finalement, le matériau qui constitue le paillage étant organique, sa décomposition améliore la fertilité du sol.

### **III.10. Impact des systèmes modernes de captage des eaux**

#### **III.10.1. Influence de Moto pompe.**

Le principal avantage des motopompes est que celles-ci constituent l'une des solutions les plus économiques et simples pour assurer un approvisionnement collectif en eau potable dans les zones rurales mais aussi dans les milieux péri-urbains.

Le principal inconvénient est l'entretien nécessaire et la dépense physique non négligeable pour le pompage.

Les pompes motorisées permettent de pomper de l'eau à un débit choisi, plus ou moins grand, en continu ou non. Ces pompes fonctionnant grâce à de l'essence, du diesel ou de l'électricité, il est préférable que ces ressources soient disponibles facilement et rapidement pour ne pas avoir de problèmes de pannes de carburant.

Il y a presque 97 Motopompes ces nouvelles pratiques s'exercent à l'intérieur et à l'extérieur des oasis de Moghrar et 169 Motopompes au niveau de l'oasis de Tiout. En effet sur les zones d'épandage on constate l'installation de nouvelles exploitations modernes utilisant des techniques d'irrigation de pompages et se spécialisant dans des cultures très consommatrices de l'eau. En effet, l'état des lieux actuels de ces oasis souffrent d'un ensemble de problèmes liés à la dégradation des ressources naturelles. Ces oasis exploitent essentiellement le potentiel des eaux souterraines conservées dans les couches géologiques depuis des millions d'années. La baisse des disponibilités se pose avec gravité et nécessite une meilleure efficacité des modes d'exploitation de l'eau.

#### **III.10.2. Influence sur les nappes**

Le système de captage ou de forage a pour but de puiser l'eau de la nappe phréatique soit à l'aide d'un captage de source, soit à l'aide d'un système de forage assez profond associé à une pompe. L'eau est ensuite introduite dans le réseau soit par gravité, soit à l'aide d'une pompe motorisée. Par souci de protection et de maintien de la qualité de l'eau, il convient d'aménager un périmètre de protection autour de cette source.

## **Chapitre III Les Résultats et l'impact des nouvelles techniques de captage**

---

Dans le cas d'un forage, l'eau est puisée directement en profondeur, dans la nappe phréatique. Une pompe électrique est immergée dans la nappe et refoule l'eau vers un réservoir qui à son tour alimente le réseau par action gravitaire.

L'avantage de prélever l'eau directement à une source ou dans une nappe phréatique est que l'eau ainsi récupérée est généralement potable et peut donc se passer de traitement, ce qui allège les installations et les coûts.

Le recours libre à l'exploitation des eaux souterraines par le pompage dans les oasis, pose le problème de la durabilité des sources traditionnelles qui alimentent ces oasis. Généralement situées dans des zones à climat aride, où la ressource en eau alternative fait défaut, les eaux fossiles ne doivent, par exemple, être utilisées que pour l'approvisionnement en eau potable ou la persistance de l'écosystème locale. Or, l'exploitation massive de ces eaux non renouvelables, « eaux fossiles », constituées par des eaux d'infiltration très anciennes sous des conditions climatiques et morphologiques différentes des conditions actuelles, risque de mettre en cause l'existence de ces sources locales. Les zones de protection des nappes ont été désignées par arrêté de wali pour contrôler leur surexploitation par les forages et fonçages, contrôler le rabattement des nappes et préserver la ressource pour L'AEP.

### **III .10.3. Influence sur l'environnement**

Le rythme d'exploitation, les techniques utilisées en irrigation et la succession des années de sécheresse posent le problème de la durabilité des ressources en eau souterraines dans cette zone et qui conditionnent l'existence même des oasis.

### **III.10.4. Influence sur la vie sociale**

Les palmeraies en question se trouvent de région de Moghrar sont déjà menacées par la disparition des sources qui constituent le facteur principal de la sédentarisation de la population dans cette zone. La disparition de celle-ci engendrera d'autres problèmes d'ordre écologique, sociologique et économique et La diminution des apports et débits.

### **III.11. Apport des techniques modernes**

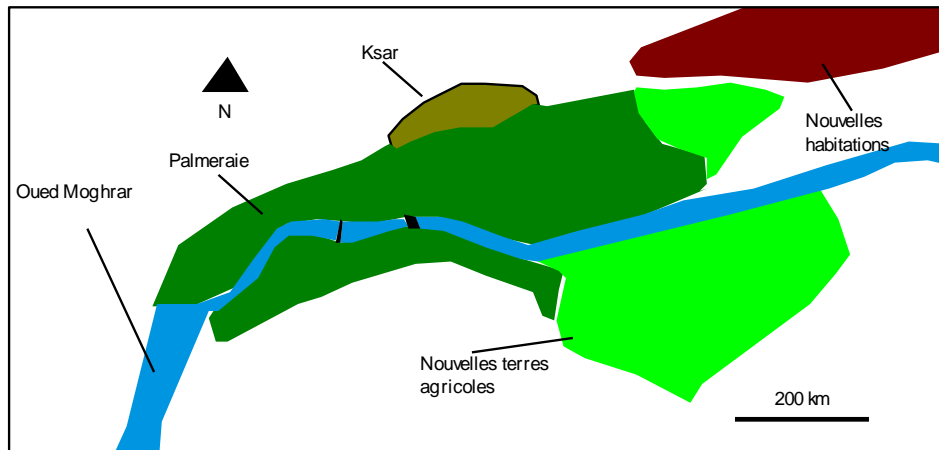
L'apport des techniques modernes de captage des eaux dans les régions étudiées a impact favorable sur l'accroissement de la quantité d'eau et par conséquent sur le développement socioéconomique de toutes les régions. Cependant, ces techniques ont un effet néfaste sur l'environnement et le coté social. C'est ainsi que l'exploitation intensive de la nappe associée à une sècheresse prolongée ont provoqué un abaissement du niveau piézométrique de la nappe



phréatique. Une telle situation a eu comme conséquence, l'assèchement de plusieurs sources. Au début des années quatre-vingt-dix, le barrage ancestral de Tiout s'est asséché suite au tarissement de plusieurs sources alimentant le barrage. Dans l'oasis de Moghrar, le débit de la foggara a beaucoup diminué suite au pompage des eaux de la nappe. Dans l'oasis de Bousseghoune, l'apport des motopompes n'a pas eu de dégâts comme celles de Tiout et de Moghrar, seulement, nous avons enregistré une chute de débit de sources. Il est à noter que la demande en eau a augmenté depuis les années quatre-vingt pour satisfaire l'irrigation de la palmeraie de Bousseghoune qui a atteint une superficie de 250 ha.

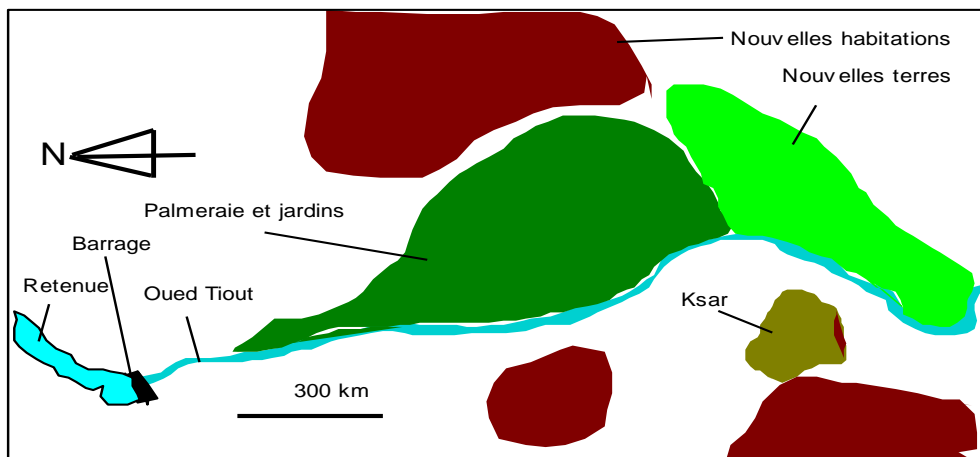
Géré par 250 familles, la palmeraie de Bousseghoune est irriguée par 6 sources et 32 puits. Cependant, il est intéressant de préciser qu'un nouveau barrage a été réalisé durant les années soixante-dix à l'amont de la palmeraie sur l'oued Bousseghoune dont le but d'améliorer l'irrigation des jardins et de régulariser les crues. Un tel ouvrage a beaucoup contribué à l'abaissement du niveau de la nappe phréatique. Les forages au nombre de 125 installés dans toute la commune de Bousseghoune ont beaucoup contribué au rabattement de la nappe. Il est intéressant de noter qu'une partie de la palmeraie souffre de beaucoup d'eau depuis l'an 2008 suite à la remontée de la nappe. Selon le témoignage de plusieurs ksouriens, ce phénomène est la conséquence du tremblement de terre de l'an 2008.

D'une superficie de 20 ha, la palmeraie de Moghrar Foukani contient 5000 palmiers dattiers est alimenté par deux sources, 10 puits traditionnels et un forage (Figure 23). Avant le partage de l'eau entre les agriculteurs, l'eau est stockée dans 3 madjens collectifs. Plus de 60 familles vivaient de la palmeraie. En plus, le réseau de seguias a été endommagé par la crue de 2008, ce qui a poussé les autorités locales à réhabiliter le système de seguias. Au niveau de l'oasis de Moghrar Tahtani, la palmeraie d'une superficie de 40 ha contient 8000 palmiers est irriguée par la foggara (qui est alimenté par deux sources) et 20 puits traditionnels en service. Par contre 40 autres puits ont été ensablés par la crue de 2008. Dans toute la région de Moghrar, l'irrigation s'effectue par 4 sources, 162 puits, 38 forages et 97 motopompes.



**Fig. 23.** Situation de la palmeraie de Mogharr par rapport à l'oued (Remini, 2017)

La palmeraie de Tiout est irriguée par 1 forage d'un débit de 8 l/s, 11 puits traditionnels d'un débit moyen de 15.5 l/s (Figure 24). Le barrage ancestral de Tiout situé à l'amont de la palmeraie était alimenté par une dizaine de sources. Aujourd'hui, le barrage n'arrive plus à assurer sa fonction d'irrigation. En plus de l'assèchement du lac du barrage, le sable s'est accumulé dans la cuvette à plus de 90% du volume initial du barrage.



**Fig. 24.** Situation de la palmeraie de Tiout par rapport à l'oued (Remini, 2017)

## Chapitre III Les Résultats et l'impact des nouvelles techniques de captage

On a résumé dans Tableau 27 ci-dessous quelques avantages et inconvénients de l'utilisation des motopompes Pour l'irrigation.

**TABLE 27.** les avantages et inconvénients d'utilisation des motopompes

| Inconvénients  | Avantage  |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Système individuel et dans des lieux destinés autrefois au pâturage</li> <li>✓ Prélèvement des quantités importantes de l'eau</li> <li>✓ Epuisement des nappes,</li> <li>✓ Insuffisance d'eau d'irrigation, notamment en période estivale qui coïncide avec la phase de grossissement des fruits</li> <li>✓ Compétition rude sur l'eau souterraine</li> <li>✓ Gaspillage et non valorisation de l'eau,</li> <li>✓ Détérioration de la qualité de l'eau (salinisation,)</li> <li>✓ Perte de savoir-faire et savoir être collectif en relation avec l'eau</li> <li>✓ Exploitation souvent non réglementaire (illicite)</li> <li>✓ Manque ou absence de suivi des exploitations</li> <li>✓ Manque de document d'aménagement du territoire et/ou foncier</li> <li>✓ Risque d'inondation</li> <li>✓ Risque de pénurie d'eau</li> <li>✓ Risque de conflits autour de l'eau</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Liberté pour les périodes d'irrigation</li> <li>✓ Bénéfice et rendements meilleurs</li> <li>✓ Choix des cultures les plus rentables</li> <li>✓ Enrichissement individuel.</li> </ul> |

### III.12 .Conclusion

Les conditions de vie et de travail en milieu oasien sont rudes et pénibles. La société subite dans la région de Moghrar de profondes mutations dues à l'attrait des activités extra-agricoles mieux rémunérées, les potentialités hydriques et les possibilités de diversification de la production agricole offrent de nouvelles perspectives de développement. Dans ce contexte, la protection des 2 oasis devra s'appuyer sur un diagnostic socio-économique global. La région doit recourir de plus en plus aux techniques les plus évoluées en matière d'irrigation, de fertilisation, de culture hors-sol, de mécanisation, de conduite des cultures et des élevages, ainsi que de protection phytosanitaire aussi bien physique, chimique que biologique.

Au niveau de Tiout nous avons constaté que les techniques traditionnelles connaissent des difficultés de gestion et d'entretien en raison de leur vétusté ce qui nécessite de chercher des techniques modernes du goutte-à-goutte, expression qui s'est imposée dans les années (2010-2018), a été répandue sur une grande échelle par les irrigants, cette technique consiste

### Chapitre III Les Résultats et l'impact des nouvelles techniques de captage

---

à faire l'écoulement d'eau en gouttes successives au niveau de l'oasis et les autres cultures, elle s'étant sur de 60 % de la superficie irriguée.

Durant notre enquête on a saisi un vrai problème c'est l'assèchement des 2 sources captées par la retenue collinaire à cause du rejet d'eaux usées dans l'oued on recommande un captage de nouvelles sources, construction de puits / forage avec une digue de réalimentation de la nappes alluviale de oued Tiout, mise en place de conduites au lieu des seguias ouvertes, un renforcement des systèmes de gouttes à gouttes.

Durant notre enquête au niveau de l'oasis de Bousseghoune on a remarqué que :

- L'eau distribuée par le réseau de seguias est gérée collectivement par des tours d'eau. Elle provenant des puits est gérée individuellement.
- Installation du système goutte à goutte sur 36 ha du périmètre, le reste du périmètre est irrigué 'à la raie' Le réseau d'irrigation est entretenu par les irrigants eux même.
- La phoeniculture de variétés locales recouvre quasiment tout le périmètre (97%) avec des cultures de sous -étages : 50 ha grenadiers, 10 ha de figuiers, 5 ha d'abricotiers, 5 ha de pêchers, 2 ha de vigne de table et 8 ha de cultures maraichères.
- Les eaux de oued Mellah sont saumâtres, contaminées par les sels, les gypses et les anhydrites du Trias dyapirique donnent le risque de contamination des eaux douces de la nappe des grès de Tiout est toujours envisagé.

Le choix du mode de captage des eaux est propre à la région et dépend de plusieurs facteurs tel que l'hydrogéologie et la topographie du site. L'apport des techniques modernes de captage des eaux dans les régions étudiées a l'avantage de libérer la période de l'irrigation et donner plus de rentabilité cependant ces techniques ont un effet néfaste sur l'environnement et le coté social. C'est ainsi que l'exploitation intensive de la nappe associée à une sécheresse prolongée ont provoqué un abaissement du niveau piézométrique de la nappe phréatique, L'assèchement des sources et le tarissement des nappes sont le résultat du conflit entre les deux types de captage (Traditionnel et le moderne). L'installation du système de pompage permettra la mise en marche et l'exploitation effective du projet d'extension de la Palmeraie de Moghrar Tahtani , les objectifs fixés par les initiateurs du projet sont : Augmentation de la superficie de palmier ; amélioration des conditions de vie des agriculteurs ; Création d'emplois au niveau des exploitations.

## **Chapitre IV**

### **Développement durable et Recommandations proposées**

### IV.1 .Introduction

Tout l'avenir des trois oasis du Sud-ouest (Tiout, Moghrar et boussemghoune), dépend de la stratégie à suivre pour maîtriser les dynamiques accélérées des systèmes oasiens et garantir un développement durable à la fois sur le plan écologique, social, économique et culturel. Compte tenu du rôle majeur qu'elles ne cessent de jouer dans l'aménagement et l'organisation de l'espace, le maintien de la population, le développement socio-économique et la protection de l'environnement, les oasis doivent continuer à être la plaque tournante et les points d'ancrage de toute politique de développement durable dans les territoires sahariens et présahariens.

### IV.2.Potentialités, problèmes et améliorations envisageables

Comme nous sommes dans une zone présaharienne qui provoque une forte évaporation, il a été remarqué qu'un dessèchement des 2 sources captées par la retenue collinaire, ce qui a conduit les irrigants à développer le pompage dans oued Tiout par faire face au manque d'eau. Les irrigants sont réceptif à la notion de gestion collective de l'eau, basée sur un système de distribution traditionnel.

#### Densité des plantations

La densité de plantation des palmiers ne dépasse pas le 100 pieds/ha, proche des normes utilisés. Une forte densité entrave la mécanisation et le suivi dans les palmeraies et rend tout effort de développement difficile. Elle permettrait aussi la formation d'un microclimat défavorable à la qualité et favorise aussi, les risques de pourriture des fruits en automne. D'autre part, ces fortes densités nécessitent logiquement plus de travail puisque les opérations appliquées individuellement à chaque arbre sont d'autant plus nombreuses (Benziouche et al, 2010).

#### Travail de sol

Le travail manuel est effectué beaucoup plus pour les cultures maraîchères et les cultures fourragères mais il nécessite un grand nombre d'ouvriers. Ces contraintes sont un vrai handicap pour le développement des cultures et les assolements pratiqués dans ces oasis.

#### Système de banquette :

Il existe le système de banquettes.

Ces dernières sont des levées, ou des ados, en terres disposées selon les courbes de niveau auxquelles sont assignées divers objectifs de lutte antiérosifs, de maintien de la fertilité des

sols, de mise en valeur agricole, d'accroissement des rendements. Elles correspondent à un bourrelet en remblai d'un mètre de hauteur, se présente comme une cascade de rupture de longueur de la pente accompagné d'un canal d'évacuation de l'excès de ruissellement (Khlifi, 2008).

La présence de la salinité : la teneur en sel est le critère le plus important pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation. Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), de magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), de sodium ( $\text{Na}^+$ ), les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ), les sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) et les bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ). Pour les sols étudiés, on a remarqué qu'il y a des eaux peu salées des eaux salées (cas de verger de Moghrar et l'exploitation de Tiout). Une concentration élevée en sel dans l'eau affectera négativement le rendement, provoquera une pollution des eaux souterraines et une dégradation des sols (salinisation des sols).

On ce qui concerne le pH, les eaux d'irrigations sont généralement alcalines avec un pH compris entre 7,93 et 8,18. Ce qui peut empêcher les racines d'absorber certains éléments nutritifs.

Dans la pluparts des périmètres, l'eau est encore mal gérée et insuffisamment valorisée :

- ✓ La méthode d'irrigation gravitaire pratiquée engendre des pertes importantes de l'eau.
- ✓ La méthode de goutte à goutte n'obéit pas aux règles de cette technique en matière du raisonnement de la dose et la fréquence d'irrigation.
- ✓ La mauvaise gestion de l'irrigation.

Cette utilisation irrationnelle de l'eau d'irrigation peut avoir des répercussions parfois néfastes sur certains périmètres :

- Incapacité des réseaux à satisfaire une demande en eau souvent exagérée.
- Surexploitation des ressources en eau souterraine dans les périmètres par puits de surface, avec des effets pervers qui risquent de compromettre la durabilité des périmètres en question (diminution du niveau des nappes et leur salinisation).
- Rehaussement et salinisation des nappes phréatiques dans certains périmètres, à la suite des pertes d'eau d'irrigation. Ce qui impose le recours de plus en plus fréquent à des solutions onéreuses de drainage souterrain.
- Réduction de la fertilité des sols par mauvaise gestion de l'eau d'irrigation.

Le problème majeur est le rejet d'eaux usées dans l'oued et l'ensablement périodique de la retenue collinaire par les crues. Le réseau d'adduction distribution par les seguias est dans un

état acceptable ; toutefois, ces seguias en terre favorisant les pertes par infiltration, par conséquent l'assèchement des 2 sources captées rend certaines parcelles inexploitable.

La plupart des agriculteurs du genre masculin sont âgés en moyenne de 60 ans. Leur niveau d'instruction est bas. Cependant, ils sont, en majorité, d'une technicité acceptable, héritée de leurs parents. Par contre l'exode de la catégorie jeune vers les grandes villes est une sérieuse contrainte pour la durabilité de l'agriculture classique. Ceci est senti dans la majorité des exploitations visitées.

### IV.3. Les Effets De La Sècheresse Sur Le Développement Des Cultures :

- **En grande culture**, les effets les plus observés au champ sont :
  - Une levée retardée, incomplète, irrégulière, qui crée un peuplement défectueux et hétérogène jusqu'à la récolte,
  - Une implantation racinaire médiocre et superficielle : couverture du sol retardée, carences précoces, etc.
  - Une réduction du développement foliaire puis du nombre de grains due aux régulations internes de la plante (stratégie d'évitement),
  - Une sénescence accélérée et un défaut de remplissage du grain.
- **En cultures pérennes fruitières**, la période de sécheresse affecte :
  - Au printemps : la mise en place des organes végétatifs et l'élaboration du nombre de fruits ;
  - En été : la croissance des fruits (accumulation de matière sèche et d'eau) et l'élaboration de leur qualité, ainsi que l'induction florale qui détermine la fructification de l'année suivante ;
  - En automne (après récolte): l'activité de l'appareil végétatif et donc la reconstitution des réserves carbonées et azotées utiles au démarrage du cycle végétatif suivant

- **Le problème d'érosion hydrique**

Les effets de la dégradation des écosystèmes forestiers naturels dans la Région par destruction du couvert végétal s'observent nettement dans les crues qui envahissent chaque fois les infrastructures et les agglomérations, causant ainsi des dégâts matériels et mêmes humains. L'ampleur de l'érosion hydrique, caractérisée par l'apparition de nouveaux ravins et cours d'eau modifiant la physionomie de plusieurs reliefs et induisant l'altération du sol, demeure l'un des aspects de cette dégradation qui ne cesse d'évoluer.

Les moyens matériels et financiers engagés par l'Etat pour atténuer les effets des inondations sont importants et les moyens de lutte sont considérables. En 2008, le programme spécial des intempéries comprenant diverses opérations a touché plusieurs communes. Il a été réparti sur



plusieurs secteurs dont la conservation des forêts fût chargée de l'action de correction torrentielle comme traitement mécanique des bassins versants.

### **IV .4. Approche d'intervention pour développer la gestion durable au niveau des trois oasis**

L'approche à promouvoir pour la mise en œuvre de la stratégie de gestion durable des oasis est fondée sur les principes de territorialité, d'intégration et de participation de l'ensemble des parties prenantes ainsi que la responsabilisation des organisations locales des exploitants. Les objectifs de la stratégie ne seront atteints qu'avec la mise en place d'outils techniques et pédagogiques, la mobilisation des ressources humaines et financières pour une stratégie de communication adaptée, la capitalisation des bonnes pratiques et la réalisation des réajustements éventuels par un système de suivi-évaluation efficace ainsi que la collecte , le traitement des données et la production de supports numériques et cartographiques dans le cadre d'un système d'information géographique , Cette approche d'intervention prendra en compte l'intégration des éléments de la bonne gouvernance, de la participation de tous les acteurs à la prise de décision, le développement de la décentralisation et l'implication de la société civile dans le processus de développement.

- **Sur le plan socio-institutionnel**

La gestion des ressources naturelles dans leurs oasis, devront bénéficier de l'appui nécessaire pour élaborer et mettre en œuvre des plans de développement participatif de leurs oasis (PDPO), en partenariat avec les autres parties prenantes (administrations, collectivités locales et associations). Ces parties prenantes doivent être impérativement associées à l'élaboration et à l'exécution des PDPO de manière à assurer une intégration entre les différentes composantes visant à réhabiliter préserver les valeurs environnementales, socioculturelles et socio-économiques des oasis et de créer les synergies nécessaires pour valoriser les investissements. Ces Plans devront être institutionnalisés comme des outils de référence pour la planification, la programmation et le suivi-évaluation au niveau local et régional.

- **Sur le plan environnemental**

Le processus de planification participative conduira à l'identification des actions et des mesures permettant de restaurer les écosystèmes et rétablir leurs fonctions écologique et environnementale (réhabilitation et préservation de la biodiversité, maîtrise de la gestion des ressources en eau et gestion durable des sols). Les composantes environnementales

font parties des piliers du développement des oasis et de la préservation de leur valeur patrimoniale.

- **Sur le plan socio-économique**

Les jeunes devront être impliqués dans ce processus. Ils bénéficieront des formations et d'acquisition du savoir-faire dans des domaines en perdition, tels que la pollinisation des palmiers dattiers, la taille des arbres et d'autres domaines liés à la valorisation des produits et des potentialités de leurs oasis, qui leur permettraient d'accéder au marché du travail et développer des projets.

- **Sur le plan socioculturel**

Il s'agit de réhabiliter les monuments historiques qui continuent à présenter une valeur socioculturelle et d'encourager la relance des activités et des manifestations dans ce domaine qui permettent aux populations oasiennes de préserver leurs cultures, et leurs repères historiques et leur mémoire ancestrale.

L'approche de suivi-évaluation de la gestion durable des oasis doit se baser sur des indicateurs pertinents permettant de mesurer à l'échelle locale l'impact des politiques, des stratégies et des actions de développement par rapport aux objectifs globaux et spécifiques.

Ces indicateurs doivent concerner le développement économique et social (amélioration des conditions de vie, création d'emplois, évolution de la production,..) et la conservation des ressources naturelles (eau, sol, biodiversité,..).

### **IV.5. Le plan d'aménagement au niveau de la région de monts ksour**

L'aménagement intégré agro-sylvo-pastoral de la région dissocié parfois en agroforesterie ou en sylvo-pastoralisme, avec le reboisement comme maillon déterminant, doit se faire dans le cadre d'un développement durable visant l'objectif tridimensionnel écologique, économique et social. Les grandes lignes de cet aménagement sont :

- La lutte contre le phénomène de la désertification.
- La protection des infrastructures socio-économiques
- La stabilisation de la population et l'amélioration de son cadre de vie.
- La lutte contre le phénomène de la désertification sous toutes ses formes est l'axe principal de cet aménagement. Les reboisements doivent dans ce cas viser :

- La reconstitution du couvert végétal : la vocation pastorale de région impose une stratégie de développement basée sur la préservation et la reconstitution des parcours qui constituent le support de l'activité pastorale de plus de 25 % de la population. L'état alarmant du couvert végétal nécessite un programme de réhabilitation axé sur des opérations de protection et des opérations de réhabilitation.

- Le reboisement basé sur : les plantations pastorales, les fixations des dunes en amont et les bosquets d'ombrage doit contribuer d'une manière considérable à la réhabilitation des parcours. Seulement, il faut préciser que l'opération de mise en défens constitue l'une des mesures les moins coûteuses et les plus efficaces dans ce cadre.

La lutte contre l'ensablement : compte tenu de son évolution, ce phénomène risque de mettre en danger plusieurs agglomérations. Il risque de causer l'échec pour certains périmètres de mise en valeur qui sont devenus de véritables pièges pour la formation de nouvelles accumulations sableuses. Il tend également à mettre en péril certaines plantations forestières telles que les bandes vertes, ainsi de compromettre les efforts déployés en matière d'infrastructures de base.

L'ensablement est devenu donc un véritable fléau qui doit être pris au sérieux. L'organisation spatiale de la dynamique de l'ensablement, ainsi que l'ampleur et les dégâts causés par ce phénomène (tendance la plus courante dans la région) appellent à raisonner efficacement et imposent une stratégie de lutte basée sur un choix judicieux des opérations à engager dont le reboisement avec toutes ses formes constitue l'une des principales actions.

La lutte contre l'érosion hydrique : L'opération de lutte contre l'érosion hydrique confiée au secteur des forêts se fait exclusivement avec le procédé mécanique. L'opération de correction torrentielle en gabionnage et en pierres sèches comme seul moyen de lutte cumule un volume de 80.000 m<sup>3</sup>. Le nouveau programme en cours de réalisation est estimé à 200.000 m<sup>3</sup> réparti à travers les versants des communes de Mecheria, Ain Sefra, Asla, Moghrar et Sfissifa.

Dans le but d'atténuer les risques de ce type d'érosion, il s'avère nécessaire de favoriser la reconstitution de la couverture végétale au niveau des piedmonts, bas-versants et mi-versant. Cela peut se faire, selon les zones, par des opérations de mise en défens stricte et des actions de repeuplements.

### **IV.6. La protection des infrastructures socio-économiques**

Les ouvrages hydrauliques : Les retenues collinaires, les stations de pompage, les stations d'épuration, les réservoirs et les points d'eau sont autant de structures touchées par les phénomènes d'ensablement et/ou d'envasement, d'où la préservation de la ressource hydrique demeure plus qu'une nécessité. - Les exploitations agricoles : La position d'un ensemble de périmètres agricoles dans le couloir de transit de sable ne permet en aucun cas leur gestion durable si les aménagements de grande envergure ne sont pas envisagés. Cependant, ces aménagements ne peuvent se concevoir sans un traitement efficace contre l'ensablement en amont. Selon les scientifiques le sable doit être stoppé depuis les zones sources avant d'entamer les autres aménagements à l'échelle locale.

### **IV.7. La stabilité de la population et l'amélioration de son cadre de vie Sur le plan social**

Le développement durable de la Région de monts ksour suppose l'amélioration du cadre de vie de sa population à travers les mesures d'accompagnement tel que l'habitat, l'énergie, le désenclavement, les équipements socio-éducatifs etc... En matière de reboisement, l'amélioration du cadre de vie du citoyen, nécessite en plus des opérations de protection contre les deux formes d'érosion, des actions de plantations récréatives et de détente. Pour la population nomade, le reboisement sera destiné à l'ombrage des éleveurs et de leur cheptel. Pour la catégorie des agriculteurs, la plantation forestière destinée à la protection des terres agricoles doit contribuer à l'amélioration de leurs revenus et assurer leur stabilité.

### **IV.8. Confrontation entre la ressource mobilisable en eau et les besoins pour l'irrigation**

Dans la mesure où les prélèvements sur la ressource en eau sont effectués pratiquement exclusivement sur une ressource non renouvelable, l'exercice effectué sur les wilayas du Nord-ouest de l'Algérie, qui consiste à comparer quantitativement les besoins en eau à la ressource renouvelable n'a pas de sens dans le cas de ces wilaya (Naama et Bayadh)

- **Impact Sur Les Ressources Superficielles**

On peut commenter l'impact des besoins en eau pour l'irrigation sur les ressources en eau superficielle de la région de ces oasis la ressource superficielle est relativement faiblement exploitée. Cela s'explique par la faible pluviométrie générale, la forte disparité au cours de l'année et l'aspect très aléatoire des rares précipitations existantes qui rendent l'utilisation des eaux de surface très difficile. Excepté l'exploitation des eaux de surface issues de sources,

l'utilisation des eaux de ruissellement nécessite la construction de retenues collinaires ou de barrages couteux, qui sont très rapidement envasés compte tenu du fort transport solide contre lequel on peut difficilement lutter compte tenu du climat aride ambiant. Le barrage de Tiout est l'exemple des difficultés rencontrées pour exploiter la ressource superficielle. L'ouvrage est important pour pouvoir collecter les eaux d'un bassin versant suffisamment grand compte tenu des conditions pluviométriques très défavorables. Les pertes par évaporation sont évidemment très importantes.

- **Impact sur les ressources souterraines**

Excepté pour l'aquifère du Chott Chergui qui bénéficie d'une recharge annuelle en provenance de son large bassin versant, malgré la faible pluviométrie, on considère qu'il n'y a pas de ressource souterraine renouvelable localement dans cette région de Monts ksour car il n'y a pas d'infiltration significative permettant la recharge de nappes souterraines. (MRE, 2012).

### **IV.9. Conclusion et Recommandations proposées**

Globalement, la ressource superficielle intervient de façon modérée dans l'irrigation et se concentre principalement aux Monts des Ksour. Ceci s'explique par le fait que la région des Monts des Ksour possèdent des oasis et dayas que les autres régions n'ont pas. Ces zones sont très favorables au développement de l'agriculture irriguée : phoeniculture et arboriculture fruitière principalement. Localement, leurs ressources superficielles et souterraines sont fortement exploitées.

Dans cette Région, la ressource souterraine, peu renouvelable, intervient pour presque la totalité des besoins en irrigation. La région des chotts (ex. Chott Chergui) est alimentée essentiellement par des oueds prenant source dans l'Atlas Saharien.

Dans la pluparts des périmètres étudiés, l'eau est encore mal gérée et insuffisamment valorisée :

- 1- La méthode d'irrigation gravitaire pratiquée engendre des pertes importantes de l'eau.
- 2- La méthode de goutte à goutte n'obéit pas aux règles de cette technique en matière du raisonnement de la dose et la fréquence d'irrigation.

Les techniques modernes comme les motopompes ont été introduites dans les oasis su début des années soixante-dix. Ces techniques ont beaucoup contribué à accroître le rendement agricole. En contrepartie, elles étaient la cause de la dégradation de l'environnement comme

le tarissement de la nappe et la disparition de plusieurs sources d'eau. Du côté social, les oasisiens se sont éloignés de l'irrigation collective au détriment de l'irrigation individuel.

Nos enquêtes sur le terrain nous ont permis de relever certaines contraintes d'ordre naturelles (sécheresse, érosion et dégradation des sols) et socio-économiques (problème du foncier, fragilité du tissu social, l'exode rural et les mauvaises pratiques agricoles) qui entravent le développement des différents systèmes de culture adoptés dans la région. A cet effet, une série de mesure est préconisé pour améliorer les productions végétales et de promouvoir un développement durable dans cette Région.

Nous tenterons dans cette région de proposer des orientations et des recommandations pour l'amélioration des bonnes pratiques dans le domaine de gouvernance des ressources naturelles dans les oasis :

- Remettre en état le système de récupération des eaux de pluie ;
- Restaurer les puits traditionnels capteurs d'eau et les puits d'irrigation ;
- Utilisation des méthodes d'irrigation d'appoint (goute à goutte.) ;
- Evaluation exacte des exigences hydriques pour chaque culture ;
- Renforcement des actions d'encadrement et de développement des capacités des irrigants et habitant au niveau de cette région pour acquérir les bonnes pratiques de gouvernance dans leur oasis ;
- Dans les périmètres dont la nappe souffre d'une surexploitation de ressource en eau, il y a eu lieu d'adopter un plan de sauvegarde dont l'objectif est de ramener progressivement à l'équilibre le niveau d'exploitation de la nappe. Outre l'interdiction d'approfondir les puits existants ou de créer des nouveaux puits, il est recommandé d'établir un programme de sensibilisation des agriculteurs sur les risques de la situation, et de l'intérêt d'économiser les ressources par l'emploi de techniques d'irrigation efficaces, la réduction des superficies irriguées ou l'adoption de cultures moins exigeantes en eau et de meilleur rapport économique.
- l'implication des acteurs locaux et organisations communautaires dans le processus de planification,
- Faire des études sur les changements climatiques et de leur impact ;
- contrôle, suivi et gestion des ressources en eau dans les oasis ; pour pouvoir apporter des réformes qui s'imposent pour le renforcement de bonnes pratiques en termes de

gouvernance des ressources naturelles afin de préserver tout son patrimoine naturel et sa biodiversité ;

- Elaboration de programmes/actions sur le terrain visant à promouvoir la concertation et le dialogue entre les acteurs étatiques et les acteurs locaux ;
- On propose un projet de gestion durable des ressources naturelles au niveau de trois oasis, basé sur l'installation d'une station de compostage de déchets de palmiers, permettrait de produire de la matière organique de qualité qui servirait à améliorer le niveau de fertilité des sols. Ceci pourrait constituer une chance pour créer un noyau d'agriculture biologique dans l'écosystème oasien de trois oasis, qui servirait de modèle pour le reste des oasis Algériennes.
- Instauration d'un système de contrôle pour pousser les habitants et les irrigants à respecter les règles techniques établies de la bonne gouvernance de l'eau d'irrigation notamment la gestion de la distribution de l'eau en respectant le système de tour d'eau et de vente aux usagers.

## **Conclusion Générale**



### Conclusion Générale

Les oasis en Algérie jouent un rôle important dans le développement des régions arides et semi-aride ; elles offrent des services éco-systémiques divers. Du reste, elles sont le lieu où les premières initiatives de gestion collective de l'eau ont été mises en œuvre. La gestion de l'eau dans les oasis Algériennes fait intervenir plusieurs institutions à différents échelons (national, régional et local).

L'Algérie a amorcé la mise en œuvre d'une approche participative et communautaire en donnant aux associations des usagers un rôle actif dans la gestion des ressources naturelles dans les oasis.

La constance de ce patrimoine naturel, qui est sévèrement menacé par la dégradation et la désertification, reste lourdement conditionnée à des modes appropriés d'exploitation et de gestion et des conditions favorables pour une bonne gouvernance.

Les zones oasiennes du Sud-ouest algérien notamment la région de Moghrar représentent un potentiel de production important. De nombreuses contraintes causent la limite de façon durable de développement de ces zones, contraintes liées à l'environnement physique des zones oasiennes mais aussi les pratiques actuelles d'appui technique en agriculture d'oasis et aux moyens logistiques mis en place on a constaté que presque 65 % de l'irrigation gravitaire est développée dans la région où l'on retrouve tous les périmètres traditionnels et où la pratique de submersion est ancestrale. Les conditions de vie et de travail en milieu oasien sont rudes et difficiles. La société subit dans la région de Moghrar de profondes mutations dues à l'attrait des activités extra-agricoles mieux rémunérées, les potentialités hydriques et les possibilités de diversification de la production agricole offrent de nouvelles perspectives de développement. Dans ce contexte, la protection des 2 oasis devra s'appuyer sur un diagnostic socio-économique global. La région doit recourir de plus en plus aux techniques les plus évoluées en matière d'irrigation, de fertilisation, de culture hors-sol, de mécanisation, de conduite des cultures et des élevages, ainsi que la protection phytosanitaire aussi bien physique, chimique que biologique.

Au niveau de l'oasis de Tiout nous avons découvert que les techniques traditionnelles connaissent des entraves de gestion et d'entretien en raison de leur ancienneté ce qui nécessite des recherches des solutions adéquates telles que l'intégration de techniques modernes du goutte-à-goutte qui a été imposée pendant les années 2000-2018, et répandue sur une grande

## Conclusion Générale

---

échelle par les irrigants, cette technique consiste à faire s'écouler l'eau en gouttes successives au niveau de l'oasis et les autres cultures, elle s'étant sur 45 % de la superficie irriguée.

- Au cours de notre enquête on a saisi un signifiant problème : l'assèchement des 2 sources captées par la retenue collinaire à cause de rejet d'eaux usées dans l'oued, on recommande : un captage de nouvelles sources, construction de puits / forage avec une digue de réalimentation de la nappes alluviale de l'oued Tiout ;
- une mise en place de conduites au lieu des seguias ouvertes ;
- un renforcement les systèmes de gouttes à gouttes.

On peut commenter l'impact des besoins en eau pour l'irrigation sur les ressources en eau superficielle de la Wilaya d'El Bayadh notamment la commune de Boussemgoune comme suit :

La ressource superficielle est relativement faiblement exploitée ; cela s'explique par la faible pluviométrie générale, la forte disparité au cours de l'année et l'aspect très aléatoire des rares précipitations existantes qui rendent l'utilisation des eaux de surface très difficile.

Excepté l'exploitation des eaux de surface issues de sources, l'utilisation des eaux de ruissellement nécessite la construction de retenues collinaires ou de barrages coutoux, qui sont très rapidement envasés compte tenu du fort transport solide contre lequel on peut difficilement lutter compte tenu du climat aride ambiant.

La digue de Boussemgoune est l'exemple des difficultés rencontrées pour exploiter la ressource superficielle. Il me semble que l'ouvrage est important pour pouvoir collecter les eaux d'un bassin versant suffisamment grand compte tenu des conditions pluviométriques très défavorables. Sa construction a perturbé l'équilibre hydraulique qui prévalait localement pour l'irrigation des périmètres traditionnels. Malgré la taille du bassin versant intercepté, son remplissage est resté problématique ces dernières années et très problématique. Les pertes par évaporation sont évidemment très importantes.

Les techniques modernes comme les motopompes ont été introduites dans les oasis au début des années soixante-dix. Ces techniques ont beaucoup contribué à accroître le rendement agricole. En contrepartie, elles étaient la cause de la dégradation de l'environnement comme le tarissement de la nappe et la disparition de plusieurs sources d'eau. Du côté social, les oasisiens se sont éloignés de l'irrigation collective au détriment de l'irrigation individuel. Cette nouvelle situation dans l'oasis a fait perdre beaucoup de bonnes habitudes et des traditions. L'accroissement démographique et le développement socioéconomique de toute la région exigent de plus en plus de l'eau.

## Conclusion Générale

---

Après avoir analysé la situation des oasis de sud-ouest de l'Algérie (Moghrar, Tiout et Boussemgoune) et leurs principales contraintes et les insuffisances en matière de gouvernance des ressources en eau, et en guise de conclusion, nous tenterons dans cette région de proposer des orientations et des recommandations pour l'amélioration des bonnes pratiques dans le domaine de gouvernance des ressources naturelles dans les oasis :

- Remettre en état le système de récupération des eaux de pluie ;
- Restaurer les puits traditionnels capteurs d'eau et les puits d'irrigation ;
- Utilisation des méthodes d'irrigation d'appoint (goute à goutte.) ;
- Evaluation exacte des exigences hydriques pour chaque culture ;
- Renforcement des actions d'encadrement et de développement des capacités des irrigants et habitant au niveau de ces pour acquérir les bonnes pratiques de gouvernance dans leur oasis;
- l'implication des acteurs locaux et organisations communautaires dans le processus de planification,
- Dans les périmètres dont la nappe souffre d'une surexploitation de ressource en eau, il y a eu lieu d'adopter un plan de sauvegarde dont l'objectif est de ramener progressivement à l'équilibre le niveau d'exploitation de la nappe. Outre l'interdiction d'approfondir les puits existants ou de créer des nouveaux puits, il est recommandé d'établir un programme de sensibilisation des agriculteurs sur les risques de la situation, et de l'intérêt d'économiser les ressources par l'emploi de techniques d'irrigation efficaces, la réduction des superficies irriguées ou l'adoption de cultures moins exigeantes en eau et de meilleur rapport économique.
- Faire des études sur les changements climatiques et de leur impact ;
- contrôle, suivi et gestion des ressources en eau dans les oasis ; pour pouvoir apporter des réformes qui s'imposent pour le renforcement de bonnes pratiques en termes de gouvernance des ressources naturelles afin de préserver tout son patrimoine naturel et sa biodiversité ;
- Elaboration de programmes/actions sur le terrain visant à promouvoir la concertation et le dialogue entre les acteurs étatiques et les acteurs locaux ;
- On propose un projet de gestion durable des ressources naturelles au niveau de trois oasis, basé sur l'installation d'une station de compostage de déchets de palmiers, permettrait de produire de la matière organique de qualité qui servirait à améliorer le

## Conclusion Générale

---

niveau de fertilité des sols. Ceci pourrait constituer une chance pour créer un noyau d'agriculture biologique dans l'écosystème oasien de trois oasis, qui servirait de modèle pour le reste des oasis Algériennes.

- Instauration d'un système de contrôle pour pousser les habitants et les irrigants à respecter les règles techniques établies de la bonne gouvernance de l'eau d'irrigation notamment la gestion de la distribution de l'eau en respectant le système de tour d'eau et de vente aux usagers ;
- Réhabiliter les modes de gestion des ressources naturelles en optant pour une véritable gestion durable de l'eau ;
- Sensibiliser les citoyens des oasis aux enjeux qui les attendent ;
- Mettre en place une commission de sauvegarde de la palmeraie qui prendra en charge le suivi, l'entretien des ouvrages et l'organisation des volontariats pour le nettoyage et le désensablement des canaux.

On peut suggérer un traitement agricole spécifique des palmeraies, on ajoutera un accompagnement en aménagement hydraulique, qui renforce les économies d'eau, en privilégiant tout ce qui limite les pertes à cause de l'évaporation ou autres (enfouissement des conduites, irrigation localisée, goutte à goutte...), et tout ce qui permet de collecter et stocker la moindre goutte d'eau pluviale (impluvium et autre collecteur).

On peut ajouter aussi comme suggestion l'installation de système solaire pour l'irrigation des zones Conçues pour des utilisations en milieux difficiles et sites isolés. Les solutions solaires d'irrigation ne produisent aucune émission et ne génèrent aucun bruit. L'énergie solaire utilisée pour l'irrigation est plus fiable que l'énergie éolienne et significativement moins onéreuse et plus propre que le thermique. L'alimentation électrique solaire est une énergie propre, fiable et bien plus économique que l'alimentation diesel utilisée par les groupes motopompes. Elles sont parfaitement adaptées aux irrigations classiques ainsi qu'aux systèmes de goutte à goutte.

Enfin les résultats de notre travail pourraient aider les responsables de la ressource en eau à concevoir des politiques susceptibles d'améliorer la productivité des inputs et surtout à promouvoir une gestion durable au niveau de ces régions semi-aride afin d'assurer la survie de toute cette région. Une amélioration de la situation technique des exploitants agricoles permettrait une réduction de l'émigration des gens et abandonner l'agriculture pour garder l'agriculture oasienne et protéger le système traditionnel.

## Références Bibliographiques

- Abdedaiem S.**, « La gestion de l'eau et son impact sur la dynamique des systèmes de production dans les oasis littorales du Sud tunisien ». Mémoire d'ingénieur des techniques agricoles des régions chaudes, CNEARC, 90p, (1997).
- Abidi Saad N., Remini B.**, « Les foggaras de Touat : la fierté de la population locale », Annales des Sciences et Technologie Vol. 3, N° 2, Décembre, pp. 107-113, (2003).
- Abrami, G.** « Niveaux d'organisation dans la modélisation multi-agents pour la gestion de ressources renouvelables. Application à la mise en oeuvre de règles collectives de gestion de l'eau agricole dans la basse vallée de la Drôme ». Thèse de Doctorat, Engref, Montpellier, 423P, (2004).
- A. Bencherifa , H. Popp**, L'oasis de Figuig : persistance et changement, Passau, Méditerranée, n° 2, 1990.
- AIT Ouali R.** « Le rifting des monts des Ksour au Lias, organisation du bassin, diagenèse des assises carbonatées, place dans les couvertures mésozoïques au Maghreb ».Thèse Doctorat en sciences, Univ. Alger, 01t, 208 p., 147 fig., (2001).
- Ait Saadi H., Remini B., Farhi A.**, « Le ksar de Tiout (Algérie) : la maîtrise de la gestion de l'eau et de la protection de l'environnement ». Larhyss journal, ISSN 1112-3680, n°24, Décembre, pp. 243-261, (2015).
- Alexande O., Teo. C.**, « L'extension de l'espace hydraulique du Haouz centrale, incompatibilité entre grande hydraulique et développement des territoires de montagne », UMR 5038 CNRS, Université Joseph Fourier, Grenoble I ,14p. (2002).
- AL Gharfi A., W.R. Norman, T. Inoue et T. Nagasawa.** « Traditional irrigation scheduling in aflaj irrigation systems of Oman. Case study of Falj Al Hageer northern Oman” . Dans : Proceedings of the First International Symposium on Qanat, volume VI, Yazd, Iran, 8-11 mai, pp (37-42), (2000).
- Ansari T.** « Système Traditionnel d'exploitation des Eaux Souterraines Foggaras, ANRAH de Adrar » 2011.
- Ansari, T.** «The Preservation of Foggaras in Algeria's Adrar Province, International Commission on Irrigation and Drainage, 26th Euro-mediterranean Regional Conference and Workshops« Innovate to improve Irrigation performances »12-15 October, Montpellier, France, 2015
- Brachet Julien.** « Le négoce caravanier au Sahara central : histoire évolution des pratiques et enjeux chez les Touaregs Kel Aïr (Niger) », Les Cahiers d'Outre-Mer, 57 pp (226-227),2004
- Bechrawi, A.** « La vie rurale dans les oasis de Gabès ». Thèse d'Etat, Faculté des lettres Tunis, 301p. (1980).
- Bander, J.** « Scheduling irrigation with evaporation pans ». Montana State University Agric. Bull. 1262. Missoula, Montana, Etats-Unis. (1984).

**Bensaïd Abdelkrim.** « Sig Et Télédétection Pour L'étude De L'ensablement dans Une Zone Aride : Le Cas De La Wilaya De Naâma (ALGÉRIE) ». Thèse Doctorat en Géographie Université Joseph-Fourier - Grenoble I, Français (2006).

**Bensaada M., Remini B.** « Water wells' exploitation and its impact on the drying up of foggaras The case of the foggara of M'ghaer, Timimoune, District of Adrar, Algeria ». Appl Water Sci DOI 10.1007/s13201-014-0250-2, (2014).

**Benziouche S., Chehat F** « La conduite du palmier dattier dans les palmeraies des zibans (algérie) quelques éléments d'analyse ». Euro Journals Publishing. pp : 644-660., (2010)

**Bar-Yosef, B. et Sagiv, B.** "Potassium supply to field crops grown under drip irrigation and fertigation". In Potassium Symposium. International Potash Institute, Pretoria, Afrique du Sud, p. 185-188, (1985).

**Bellil R.** « Les zénètes du Gourara d'hier à aujourd'hui ». Passerelles, 24, 5 p. (2002).

**Ben Brahim M.** Les khetaras du Tafilalet (Maroc) : passé, présent et futur. Dans : International Symposium, 2-5 octobre, Walferdaige, Luxembourg, (2003).

**Ben Mohamed Kostani.** Les oasis marocaines précoloniales, cas de Gheris, publications de l'IRCAM, 2005

**Ben Mohamed Kostani.** L'Oasis de Gheris et le protectorat, mécanismes de changement et formes de résistance, thèse de doctorat, 2002.

**Benchrif A. et POPP, H.:** L'oasis de Figuig, persistance et changement, Passau, Rabat, 1992

**Bisson J,** « L'industrie, la ville, la palmeraie au désert : un quart de siècle d'évolution au Sahara algérien », la revue Maghreb-Machrek (Paris, La Documentation Française, no 99, pp. 5-29). 1983.

**Bonnefous, M.** « La palmeraie de Figuig. Etude démographique et économique d'une grande oasis du sud marocain », Rabat. 1953

**Bos, M.G., Nugteren, J.** « On irrigation efficiencies. International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI) », Wageningen, Pays-Bas. 1978.

**Boustani M.** « Sustainable water utilization in arid region of Iran by Qanats ». Dans : Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology. Septembre 2008, pp. 213-216. (2008).

**Bouzaher A.** « Note technique : Création d'oasis en Algérie. In : Dollé V. (ed.), Toutain G. (ed.). Les systèmes agricoles oasiens ». Montpellier : CIHEAM. p. 325-328. (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 11). Les Systèmes Agricoles Oasiens, 1988/11/19-21, Tozeur (Tunisia). (1990).

**Cheverry Cl., Robert M.** « La dégradation des sols irrigués et de la ressource en eau : Une menace pour l'avenir de l'agriculture et pour l'environnement des pays au sud de la méditerranée ». Etude et Gestion des Sols, AFES, 5, 4, 217-226. 1998.

**Cheydan J.P.** « Les oasis sahariennes à foggara : mutations sociales sous fortes contraintes écologiques ». Mappemonde, 4, 44-48. (1990).

**Chossat, J.C.**, « Evaluation du procédé d'irrigation «Irriguas» ». Ministère de la coopération et du développement, Paris. (1992).

**Clouet Yves, Dollé Vincent.** « Aridité, oasis et petite production, exigences hydrauliques et fragilité sociale : une approche par analyse spatiale et socio-économique ». 1998. Sécheresse, 9 (2) : 83-94.

**Cristini A. et S. Langlais,** « Le qanat, un dispositif de captage ancestral ». H2O, 46, 10-11. (2004).

**De Haas, Hein,** « Migration and Development in Southern Morocco: The Disparate Socio-Economic Impacts of Out-Migration on the Todgha Oasis Valley”. Unpublished PhD Thesis. Nijmegen: University of Nijmegen, (2003)

**De Haas, Hein.** “Migration, Remittances and Regional Development in Morocco”. Geoforum 37(4), 565-580. (2006)

**Delgado, C.L.** « Africa's changing agricultural development strategies. Institut international de recherche sur les politiques alimentaires » (IFPRI), Washington. 1995.

**Derdour A.** « Modelisation Hydrodynamique De La Nappe Des Gres Cretacé du Synclinal De Remtha —Monts Des Ksour- Algerie », Mémoire de Magister Faculte Des Sciences De La Nature Et De La Vie Et Sciences De La Terre Et De L'univers Departement Des Sciences De La Terre ,2010.

**Djerbi M.** « les maladie du plamier FAO ,39p.(1988).

**Dubost D. et G. Moguedet** « Un patrimoine menacé : les foggaras du Touat ». Rev. Sci. Chang. Plan. / Sécheresse, numéro spécial Oasis, 9, 117-122. (1998).

**El Jattari, B , Hamdaoui, M.** « La créativité artistique des oasis (cas de Figuig) : problématique et défi ». 2007

**Fayçal Ababsa Smati.** « Introduction au cours de socio-économie du développement des régions sahariennes en Algérie ». Agrosopies Volume 1. Publication de l'INRA Algérie. (ISSN 1112-7929). 2008

**Fillali khadidja.** « Etude hydrogeologique de synclinale de Naama , Monts des ksour, Atlas saharien occidental » Mémoire de Magistère en science de la terre , université de l'Oran ,147p. (2011)

**Flamand G. B. M.** « Recherches géologiques et géographiques sur le haut pays de l'Oranais et sur le Sahara (Algérie et territoire du Sud) ». Thèse Lyon, 01 vol., 1001 p., 57 illust., 22 cartes, 16 pl. (1911)

**FAO.**” Food And Agriculture Organization Of The United Nations” n° 22 Rome, 2002

**Galmier D.** « Photogéologie de la région d'Aïn Sefra (Algérie) ». Thèse Doctorat d'état, Fac. Sc., Paris, 320 p., 09 cartes. (1970)

**Gaillermou Y.** « Survie et ordre social au Sahara. Les oasis du Touat-Gourara-Tidikelt en Algérie ». Cah. Sci. Hum., 29, 121-138. (1993).

**Ghayour m.** « Economie de l'eau d'irrigation dans la zone d'action de l'ORMVAH du Haouz », 28p, (2008).

**Ghorbani B**, “A glance at historical Qanats in Iran with an emphasis on Vazvan Qanat in Isfahan. Dans : International History Seminar on Irrigation and Drainage ». Téhéran, Iran, 2-5 mai. (2007).

**Hassani I**. Les méthodes traditionnelles de captage des eaux souterraines dans le Sahara algérien. Rev. Tech. Sci., 6, 20-24. (1988).

**Idda salem**. « la mutation de l'écosystème oasien au Gourara, causes et implications environnementales ». thèse de Magistère en sciences de l'environnement et climatologie, université d'Oran .(2011).

**Jean-Pierre Digard**, « Pierre Briant ed., Irrigation et drainage dans l'Antiquité, qanâts et canalisations souterraines en Iran, en Égypte et en Grèce. Paris, Thotm Éditions (« Persika 2 »), 2001, 190 p., ill. », Études rurales [En ligne], 163-164 | 2002, mis en ligne le 25 juin 2003, consulté le 12 septembre 2018. URL : <http://journals.openedition.org/etudesrurales/126>.(2001)

**JICA, MATEE**, « Etude du plan de gestion intégrée des ressources en eau dans la plaine du Haouz royaume du Maroc ». Rapport intermédiaire, 138p, (2007).

**Kassah A**. « Eau et développement agricole au Sahara maghrébin : enjeux, conflits et arbitrages ». Rev. Sci. Chang. Plan. / Sécheresse, numéro spécial Oasis, 9, 95-102. (1998).

**Kerroumi B**. « Les mutations de l'espace saharien : de l'écosystème oasien à la nouvelle dualité ville-campagne (le cas de la région du Touat au sud-ouest algérien) », thèse de doctorat en géographie, université Michel de Montaigne, Bordeaux 3. (2011).

**Khadraoui A**. « Eau et impact environnemental dans le Sahara Algérien (définition et perspectives de développement) ».299 pages, 2004.

**Khadraoui A**. « Sols et hydraulique agricole dans oasis algériennes (caractérisation-constraints et propositions d'aménagements) ». 317pages. 2004.

**Khadraoui A**. « Gestion et impact sur l'environnement ». 363pages. 2006.

**Kharrou M. H**, « Gestion rationnelle de l'eau d'irrigation dans le Haouz, journée de présentation des résultats du projet SUDMED ». . (2007).

**Kharbouchi A**. « La surexploitation des ressources en eaux dans les milieux oasiens cas de l'oasis de Tighmert au Sud-Est de Guelmim »(2009).

**Kobori I**, “Case studies of foggara oases in the Algerian Sahara and Syria”. Université de Tokyo, rapport n° 2, 45 p. . (1982).

**Khelifi S.**, “ Effet d'un ancien aménagement antiérosif de banquettes sur la production d'orge dans la région de Siliana (Tunisie centrale)”. Agrosolution” 19. N°2(2008).

**Kovach, S.P**. “Injection of fertilizers into drip irrigation systems for vegetables”. Circulaire no 606. Cooperative Extension Service, Université de Floride, Gaines-ville, Floride, Etats-Unis. 1984.

**Kasbadji-Merzouk N et M. Merzouk**, ‘Estimation du Potentiel Energétique Eolien Utilisable Application au. Pompage dans les Hauts Plateaux’, Revue des Energies Renouvelables, Vol. 9, N°3, pp. 155 – 163, 2006.



**Lavie Emilie**, « Activités anthropiques et qualité de l'eau dans l'oasis de Mendoza (Argentine) : diagnostic, enjeux et durabilité ». Thèse de doctorat, Ecole Doctorale Montaigne-Humanités ED480 (Bordeaux), Université Michel De Montaigne, Bordeaux 3. (2009).

**Leduc C., Pulido-Bosch A. et Remini B**, « Anthropization of groundwater resources in the Mediterranean region: processes and challenges ». Hydrogeol, 10.1007/s10040-017-1572-6, 2017

**Mamou A., et Kassah** , « Economie et valorisation de l'eau en Tunisie ». Sécheresse, 11 (4): 249-256.2000.

**Miller, E.** Low-head irrigation system for smallholdings. Agric. Water Manage., 17: 37-47. 1990.

**Ministère des ressources en eau ANRH**, direction de la pédologie. 2001. « Inventaire des ressources en sols d'Algérie » 1963-2001.

**Ministères des ressources en eau DHW** « Superficies irriguées par ouvrage de mobilisation et système d'irrigation, Contribution à la réhabilitation de la palmeraie de Tiout et valorisation du patrimoine naturel de la région de Tiout » – AREA-ED, 2007.

**Ministères des ressources en eau DHW**. « Bilan annuel PMH 2007 - Série B , Ministère de l'agriculture et du développement rural DSA, 2005+200, Suivi du programme FNDPA »- Ministère de l'agriculture et du développement rural DSA, 2008.

**Ministères des ressources en eau DHW**. « Infrastructures de mobilisation des eaux de surface. Rapport annuel. Inventaire de la wilaya de Naama ». 2008.

**Ministères des ressources en eau DHW** « étude géologique et hydraulique de secteur de Boussemghoune » , bureau d'étude technique en géologie et hydrogéologie. Geo water .2004

**Ministères des ressources en eau DHW**. « Infrastructure d'épuration des eaux usées », Rapport annuel. Inventaire de la wilaya d'El Bayadh. 2008,

**Ministères des ressources en eau DHW**, fiche de renseignement forage à usage agricole et agro-pastoral, Rapport annuel. Inventaire de la wilaya de Naama, 2009 .

**Le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MADR)**, Recensement General De L'agriculture (2001) Rapport General Des Resultats Definitifs , juin 2003

**Ministère de l'agriculture et du développement rural DSA**, Situation du secteur agricole 2014.

**Ministère de l'agriculture et du développement rural DSA**, Synthèse des réalisations, Suivi programme de mise en valeur des terres par la concession. 2016

**Ministère du tourisme et de l'artisanat**. Direction de Tourisme et de l'artisanat de La Wilaya D'el Bayadh, 2013.

**Monsour Hamidi**. « Hydrogéologie du continental intercalaire et du complexe terminal en domaine aride , exemple de monts ksour (Atlas Saharien occidental-Algérie) ».Thèse Doctorat d'état, université d'Oran,407p.(2007)

**Moussaoui, A.** Espace et sacré au Sahara : Ksour et oasis du sud-ouest algérien, CNRS, coll. CNRS anthropologie, Paris, 291 p. 2002

**Murata, M. et al.** "Development of small-scale irrigation using groundwater resources". Fourth International Report. Ministry of Lands, Agriculture and Water Development, Zimbabwe et Institute of hydrology, Wallingford, Royaume-Uni. 1995.

**My H Sedra.** « Evaluation de la résistance au bayoud (*Fusarium oxysporum* f sp *albedinis*) chez le palmier dattier. Comparaison de méthodes d'inoculation expérimentale en palmeraie et en pépinière ». Agronomie, EDP Sciences, 1994, 14 (7), pp.445-452.

**ONE,** "Relevés des stations météorologiques du Sud de l'Algérie". 2012

**Ormvaah.** « Etude d'amélioration de l'exploitation des systèmes d'irrigation ». Rapport typologique, 17p.,1995

**Ormvaah** « Etude de faisabilité de la reconversion à l'irrigation localisée dans les périmètres irrigués du Haouz : sélection des secteurs favorables diagnostic technique et socio-économique ». Rapport CAADI, groupe ONA, 126p.,2008

**Ormvaah, (2010a)** « Projet de modernisation de l'agriculture irriguée dans le bassin de l'Oum Er Rbia : établissement des études des projets d'exécution pour la reconversion des systèmes d'irrigation existants dans les périmètres du Haouz ». Sous N 1-2, Oulad Gaïd et Rive DROITE S 1-3. Rapport CID, 26p.,2010.

**Ormvaah, (2010b)** « Projet de modernisation de l'agriculture irriguée dans le bassin de l'Oum Er Rbia : établissement des études des projets d'exécution pour la reconversion des systèmes d'irrigation existants dans les périmètres du Haouz ». Sous N 1-2, Oulad Gaïd et Rive DROITE S 1-3, Note explicative. Rapport CID, 26p.,2010.

**Remini B. et Achour .B.** « Vers la disparition de la plus grande foggara d'Algérie : la foggara d'El Meghier. Sécheresse », 19, 217-221. 2008.

**Remini B. et Kechad R.** "The Foggara In The Arab World", Geographia Technica, No. 1, 2012, pp. 1 to 7, 2012

**Remini B. et Rezoug C.,** 2017. « La khottara de la Saoura : un patrimoine hydraulique en déclin ». Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°30, Juin , pp. 273-296 © 2017 All rights reserved, Legal Deposit 1266-2002.

**Remini B., Achour B.,** « The Foggara of Moghrar (Algeria): An irrigation system millennium". JOWSET, 2017 (02), N°01, 111-116, 2017

**Remini B., Achour B.,** "The water supply of oasis by Albian foggara: an irrigation system in degradation". Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°26, Juin, pp. 167-181, 2016.

**Remini B., Achour B., Kechad R.,** "The foggara: a traditional system of irrigation in arid regions". Geoscience Engineering Journal. Vol. LX, n°32, pp.32-39. 2014.

**Remini B, Albergel J and Achour B.** "The Garden Foggara of Timimoun (Algeria): The Decline of Hydraulic Heritage". Asian Journal of Water, Environment and Pollution, Vol. 12, No. 3 (2015), pp. 51–57. DOI 10.3233/AJW-150006, 2015.

**Remini B., Achour B.**, « The water supply of oasis by Albian foggara: an irrigation system in degradation ». Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°26, Juin, pp. 167-181,(2016).

**Remini B., Achour B.**, « Les foggaras de l'Ahaggar : disparition d'un patrimoine hydraulique ». Larhyss Journal, n°14, juin, pp. 149-159. 2013.

**Remini B. et Achour Bachir**, « The qanat of the greatest western Erg ». Journal American Water Works Association, 105 (5), May, pp. 104-105. 2013.

**Remini B., Ouled Belkhir C., Achour B., Baba Amar D.**, "The Mzab foggara: an original technique for collecting the water rising". J. Water Land Dev., No. 16 (I-VI): 49-53, 2012.

**Riad, M.** "The date palm sector in Egypt. Journées internationales sur le palmier dattier dans l'agriculture d'oasis des pays méditerranéens ». Elche, 26-27-28/04/1995.

**Rhouma A.** Le palmier dattier en Tunisie : Un secteur en pleine expansion. In : Ferry M. (ed.), Greiner D. (ed.). Le palmier dattier dans l'agriculture d'oasis des pays méditerranéens. Zaragoza : CIHEAM, p. 85-104 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 28, 1993

**Saker M. L.** « Contribution à l'étude des problèmes de la formation agricole dans le sud algérien ». DEA, Université des sciences humaines, Strasbourg, 20 p., 1993.

**Saker M. L.** « Les contraintes du patrimoine phoenicicole de la région de l'Oued Righ et leurs conséquences sur la dégradation des palmeraies. Problèmes posés et perspectives de développement ». Thèse de Doctorat, Université Louis Pasteur, Strasbourg, 335 p., 2000.

**Skouri Mohamed.** « Les zones arides dans le programme de l'UNESCO », rapport UNESCO, pp4-26 Mai 1995.

**Saa, Abdelkrim**, « Migrants berbères marocains [Texte imprimé] : de l'oasis de Figuig à Paris. » Paris : L'Harmattan. 235 p. (2012).

**Toutain, G.**, « Conséquences du choix d'une technologie lourde et de sa pierre, utilisation en zone aride phoenicicole du Tafilalt dans le Sud-Marocain », Société française d'économie rurale. (1981).

**Toutain, G., Dolle, V., Ferray, M.** « Situation des systèmes oasiens en régions chaudes, Revue options méditerranéennes », CIHEAM, Série A, n.11, 7-12, (1988).

**Yves Lacoste**, « Oasis » dans Encyclopædia Universalis, vol. XVI, Paris, 1990.

**Zaher Bin Khalid A., H. Tariq et N. Harriet**, "The social importance and continuity of falaj use in northern Oman. Dans : International History Seminar on Irrigation and Drainage", Teheran, Iran, 2-5 mai. (2007).

**Zella L., Smadhi D.** « Histoire de la gouvernance de l'eau ». *Recherche agronomique - INRA (Algérie)*, 01/06/2006, n. 17, p. 7-17. (2006).

#### **Sites web consults**

Revue Sécheresse. [Online] <http://www.secheresse.info/spip.php?article7110/> (Accessed 23 Janvier 2018).

Irrigation Tutorials. [Online] <https://www.irrigationtutorials.com/> (Accessed 23 janvier 2018).

Arrosage et Irrigation. [online] <http://www.arrosage-irrigation.fr/> (Accessed 17 Decembre 2017 ).

Jardinet. [Online] <http://www.jardinet.fr/>(Accessed 15Décembre 2017).

Unidrip Maroc .[online]<http://www.unidrip.com/>(Accessed 17Janvier2017).

Tanmia.[online]<https://www.tanmia.ma/la-surexploitation-des-ressources-en-eaux-dans-les-milieus-oasiens-cas-de-loasis-de-tighmert-au-sud-est-de-guelmim/>( Accessed 03mars2019).

ElBayadh [Online] <http://www.andi.dz/PDF/monographies/Bayadh.pdf> /( Accessed 03mars2019).

Tiout[Online]<http://tioutwaha2.blogspot.com/2009/09/zones-humides-oasis-naama.html/>(Accessed 03mars2019).

### **Les publications liées au sujet de DOCTORAT**

1. Abdelkader Hadidi, Boualem Remini, Mohamed Habi, Djamel Saba, and Milloud Benmedjaed. The oasis of Tiout in the southwest of Algeria: Water resources and sustainable development. Citation: **1758**, 020007 (2016); doi: 10.1063/1.4959383. View online: <http://dx.doi.org/10.1063/1.4959383.ViewTableofContents>: <http://aip.scitation.org/toc/apc/1758/1>. Published by the American Institute of Physics.

2. Abdelkader Hadidi, Boualem Remini, Mohammed Habi, Evolution Of Capture Technologies Of Water In The Oases: Moghrar, Tiout And Bousseghoun (Algeria), Journal of Water and Land Development N°**IV-VI-2018**.

3. Abdelkader HADIDI, Boualem REMINI, Mohammed HABI, Djamel SABA. THE OASIS OF MOGHRAR (SOUTHWEST OF ALGERIA): WATER RESOURCES AND MANAGEMENT. Water Science and Technology: Water Supply. The reference number WS-EM17306R4 Available Online 15 February 2018, ws2018027; **DOI: 10.2166/ws.2018.027, Volume 18, issue 2**