

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

**DEPARTEMENT D'IRRIGATION ET DRAINAGE**

## **MEMOIRE DE MASTER**

*Pour l'obtention du diplôme de master en Hydraulique*

**Option: IRRIGATION ET DRAINAGE**

**THEME DU PROJET :**

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'UTILISATION  
DES FOGGARAS DANS LA REGION DE  
ZAQUIET KOUNTA (ADRAR)**

**PRESENTE PAR :**

**M<sup>r</sup> KANTAOUI ABDELKARIM**

**Devant les membres du jury**

<b>Noms et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
Mr AZIB MAKHLOUF	M.C.A	Président
Mr BENKACI TARIK	M.A.B	Examinatrice
Mme SAADOUNE SAMRA	M.A.B	Examinatrice
Mme MAZOUZI SABRA	M.A.A	Examineur
Mr REMINI BOUALEM	Professeur	Promoteur

**JUIN - 2016**

## *Remerciements*

*Nous remercions tout d'abord ALLAH le tout puissant pour nous avoir donné la force, la santé, et la patience pour arriver là où nous sommes.*

*A l'issue de ce travail, il nous est agréable d'adresser nos remerciements à tous ceux qui ont contribué, à ce qu'il prenne forme, et s'achève en ayant atteint les objectifs tracés et ces quelques phrases ne sont pas suffisantes pour exprimer notre gratitude et reconnaissance.*

*Ainsi c'est à Monsieur **REMINI Boualem** que nous devons en tout premier lieu notre reconnaissance. Il a dirigé magistralement la mise en œuvre des différentes étapes du travail, nous avons bénéficié de sa très grande expérience, de ses remarques avisées et toujours pertinentes.*

*Nous remercions les membres du jury qui ont bien voulu accepter d'examiner ce mémoire et à cet égard nous leur présentons nos profonds respects, et notre grande gratitude.*

*Nous rendons grâce à tous les enseignants de l'école nationale supérieure d'Hydraulique qui nous ont suivis durant notre cursus.*

*Et enfin un grand merci à tous les amis (es) de l'ENH pour leurs aides, pour leurs nombreuses marques d'amitiés et leur fidélité. Ainsi qu'à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.*

*Merci à tout le monde pour tout.*



## *Dédicace*

*Je dédie ce mémoire :*

*Esprit de mon frère OMAR qui je perdu a le monument  
de préparation cette mémoire*

*A ma mère qui n'a jamais cessé de m'encourager et qui s'est  
toujours sacrifier pour mon bien être et ma réussite.*

*Mon père qui s'est toujours montré présent et qui a fait en sorte  
que je ne manque de rien durant toute ma vie.*

*A tous mes frères ; et toutes mes sœurs ;*

*A mon promoteur Mr REMINI Boualem et tous mes professeurs de ENSH .*

*Je n'oublierai jamais mes chers camarades de la spécialité à savoir,*

*Je dédie enfin mon travail à mes amis qui ont toujours été à mes  
Côtés, qui n'ont jamais douté de moi et à qui je suis fort reconnaissant  
et tous ceux que j'ai pu citer*

## ملخص

في هذه الدراسة تقنية قديمة جدا للري في المناطق الجافة هوما يسمى بالنظام الفقاقير الذي تم استخدامه في واحة زاوية كنتة بولاية ادرار ومن خلال الخرجات الميدانية التي نظمت خلال شهري جانفي مارس وافريل 2016 ويترتب عن ادخال تقنيات الري الحديثة في جفاف عدة فقاقير بالمنطقة وكان عدد الفقاقير التي في حيز الخدمة تقدر بحوالي 160 فقارة في 1960 واليوم لا يوجد سوى 37 فقارة مازالت تعمل بالإضافة الى الفقارة القديمة التي كان يسقى مختلف واحات زاوية كنتة هناك فقارة البستان الواحد التي مصدر منبعها هو الفائض الماء من البساتين المسقية بماء الفقارة

الكلمات الرمزية. الفقارة- البستان

## Résumé

Nous examinons dans cette étude, une des techniques d'irrigation très ancienne dans les régions arides. Il s'agit du système foggaras qui a été utilisé dans les oasis de la Zaouiet Kounta dans la wilaya d'Adrar. Sur la base des investigations et des missions effectuées durant les mois de Janvier, Mars et Avril 2016, il découle que l'introduction de nouvelles techniques d'irrigation ont provoqué le tarissement de plusieurs foggaras. C'est ainsi que le nombre de foggaras en service qui était de 160 en 1960 aujourd'hui il ne reste que 37 foggaras. En plus des foggaras classique, les oasis de Zaouit Kounta étaient irriguées par de petites foggaras appelées foggaras de jardin qui sont destinées à récupérer les eaux de drainage.

**Mots clés :** Foggara – Oasis- Zaouiet Kounta – Forage – Eau – Irrigation.

## Abstract

We examine in this study, one of the ancient techniques of irrigation in arid regions. This is the foggaras system that was used in the oases of Zaouiet Kounta in the wilaya of Adrar. On the basis of investigations and missions during the months of January, March and April 2016, it follows that the introduction of new irrigation techniques has caused the drying up of several foggaras. Thus the number of foggaras service which was 160 in 1960, today there are only 37 foggaras. In addition to the classic foggaras, oases of Zaouit Kunta were irrigated by small foggaras called Garden foggaras which are intended to collect the drainage water.

**Key words:** Foggara – Oasis- Zaouiet Kounta – Drilling – Water – Irrigation.

# SOMMAIRE

<b>Introduction Générale.....</b>	<b>1</b>
-----------------------------------	----------

## **Chapitre I**

### **LES TRAVAUX ANTERIEURS SUR LES SYSTEMES FOGGARAS**

Introduction .....	2
I.1. Travaux de Goblot, 1979 .....	2
I.2.Travaux de Kobori, 1982 .....	2
I.3.Travaux Dubost et Moguedet en 1998. ....	2
I.4.Travaux de Remini et Achour 2008.....	3
I.5.Travaux de Remini et Achour, 2010.....	3
I.6.Travaux de Remini et Kechad, 2012.....	3
I.7.Travaux de Remini et Achour 2013.....	4
I.8 Travaux de Remini, Achour et Kechad, 2013.....	4
I.9.Travaux de Remini, Kechad et Achour, 2013.....	4
I.10.Travaux de Remini et Achour, 2013.....	5
I.11.Travaux de Remini, Achour te Kachad, 2014.....	5
I.12.Travaux de Remini et Rezoug, 2014.....	5
I.10.Travaux de Remini et Achour, 2014.....	6
I.13.Travaux de Benssada et Remini, 2015.....	6
I.14.Travaux de Remini et Achour, 2015.....	6
Conclusion.....	7

## **Chapitre II**

### **REGION D'ETUDE, ENQUETES ET INVESTIGATIONS**

Introduction .....	8
II.1. Situation et caractéristiques de la région d'étude.....	8
II.2. Les ressources en eau de la région d'étude.....	9
II.3. Enquêtes et investigations.....	11

## Chapitre III

### TECHNIQUES TRADITIONNELLES D'IRRIGATION DANS LES OASIS DE ZAOUJET KOUNTA

Introduction.....	12
III.1. Evolution des techniques de captage et d'irrigation dans les oasis de Zaoujet Kounta.....	12
III.2 Systèmes foggaras classique.....	16
III.2.1. Définition d'une foggara.....	16
III.2.2. Parties d'une foggara.....	17
III.2.3. Fonctionnement de la foggara.....	18
III.3. Réseau de distribution de la foggara de Zaoujet Kounta.....	19
III.4. Hydrométrie des foggaras de Zaoujet Kounta.....	25
III.5. Quelques exemples du réseau de distribution de l'eau des foggaras dans les oasis de Zaoujet Kounta.....	28
III.5.1. Réseau de distribution de la foggara d'Admeur (Faguaguirs Admeur).....	28
III.5.2. Réseau de distribution de la foggara Mouss Malek dans l'oasis Tabarkant.....	29
III.6. Evolution des foggaras dans les oasis de Zaoujet Kounta.....	30
III.6. La grandeur de l'ouvrage hydraulique de la foggara dans les oasis de Zaoujet Kounta.....	31
III.7. Quelques foggaras qui ont contribué au développement des palmeraies .....	31
III.7.1. La foggara de Taouragh dans la palmeraie de Zaglou Larab.....	31
III.7.2. Foggara Oulad Ahmed.....	32
III.8. La foggara de jardin : Une originalité dans les oasis de Zaoujet Kounta.....	34
Conclusion.....	36

## Chapitre IV

### APPORT DES TECHNIQUES NOUVELLES D'IRRIGATION DANS LES OASIS DE ZAOUJET KOUNTA

Introduction.....	37
IV.1. Des forages collectifs pour renforcer les foggaras.....	37
IV.2. Des pompes émergées dans les oasis de Zaoujet Kounta....	39
IV.3. L'irrigation des grands périmètres et l'irrigation ancestrale par la foggara : le conflit.....	40
IV.4. Les forages d'Alimentation en eau potable dans la region de Zaoujet Kounta.....	42
IV.5. Discussion .....	45
Conclusion générale.....	46
Références bibliographiques.....	47

# Liste des Figures

## Chapitre II : REGION D'ETUDE, ENQUETES ET INVESTIGATIONS

Fig. II.1. Situation géographique de la commune de Zaouiet Kounta (Auteurs, 2016).....	9
Fig. II.2. Les aquifères du Continental Intercalaire et le Complexe Terminal ( Source Unesco 1972 in Castany, 19824.....	11

## Chapitre III : TECHNIQUES TRADITIONNELLES D'IRRIGATION DANS LES OASIS DE ZAOUJET KOUNTA

Fig.III.1. Irrigation à partir des sources d'eau dans l'oasis de Zaouiet Kounta (Auteurs, 2016).....	13
Fig. III.2. Prélèvement de l'eau par un puits sans poulie (Auteurs, 2016).....	13
Fig. III.3. Schéma d'un puits à poulie (Auteurs, 2016).....	14
Fig. III.4.. Puits à traction animale dans la région de Zaouiet Kounta (Auteurs, 2016.....	14
Fig. III.5.La succession des puits verticaux : SynonymeDe l'existence d'une galerie souterraine (kantaoui, 2016).....	15
Fig. III.6.Schéma synoptique d'une foggara dans une oasis (Auteurs, 2016).....	16
Fig.III.7. Coupe longitudinale d'une foggara dans les oasis de la Zaouiet Kounta (Auteurs, 2016).	16
Fig III.8.Les parties d'une foggara des oasis de Zaouiet Kounta (Auteurs, 2016) .....	17
Fig. III.9. Fonctionnement de la galerie d'une foggara (Auteurs, 2016).....	18
Fig. III.10.Un puits du tronçon de drainage d'une foggara de Zaouiet Kounta (Kantaoui, 2016)...	18
Fig. III.11. Schéma du réseau de distribution d'une foggara d'oasis de Zaouiet Kounta (Remini, 2016).....	19
Fig. III.12.Kasria Lakbira de la foggara d'Admer (kantaoui, 2016).....	20
Fig. III.13.Segua principale d'une foggara de l'oasis d'Admer (kantaoui, 2016).....	20
Fig. III.14. Une kasria secondaire d'une foggara de l'oasis De Bouali de la commune de Zaouiet Kounta (kantaoui, 2016).....	21
Fig .III.15. Segua Tertiaire d'une foggara de Zaouiet Kounta (kantaoui, 2016).....	21
Fig. III.16.Madjen d'une foggara dans l'oasis de Zaouiet Kounta (Kantaoui, 2016).....	22
Fig.III.17. Kasria tertiaire d'une foggara de l'oasis Zaouiet Kounta (kantaoui, 2016).....	22
Fig. III.18. Un jardin (Guemoun) dans l'oasis de Zaouiet Kounta (kantaoui, 2016).....	23

<i>Fig. III.19. Lieu de rejet des eaux de drainage dans la sebkha de Zaouiet Kounta (kantaoui, 2016)..</i>	<i>23</i>
<i>Fig. III.20. Bassin de décantation dans le réseau de distribution D'une foggara de l'oasis de Tabrkant (kantaoui, 2016).....</i>	<i>24</i>
<i>Fig. III.21. Bassin de décantation dans le réseau d'irrigation d'une foggara Dans l'oasis de Bour de Zaouiet Kounta (kantaoui, 2016).....</i>	<i>24</i>
<i>Fig. III.22. Tube en U dans le réseau d'irrigation Dans l'oasis dz Zaglo de Zaouiet Kounta (kantaoui, 2016).....</i>	<i>25</i>
<i>Fig. III.23. Hallafa de l'oasis de Tazoult (kantaoui, 2016).....</i>	<i>26</i>
<i>Fig .III.24. Kial el Ma Harma Boubaker Ben Lahcen de l'oasis Tazoult (kantaoui, 2016).....</i>	<i>26</i>
<i>Fig. III.25. Schéma synoptique de placement de la Hallafa lors d'une opération de débits (Remini, 2016).....</i>	<i>28</i>
<i>Fig.III.26. Schéma du réseau de distribution du Madjra Lakhras de la foggara d'Admeur (Auteurs, 2016).....</i>	<i>28</i>
<i>Fig.III.27. Schéma du réseau de distribution de la foggara Mouss Malek dans l'oasis de Tabarkant (Remini, 2016).....</i>	<i>29</i>
<i>Fig. III.28. Schéma synoptique d'une ciopu longitudinale de la foggara Taouragh (Remini, 2016).</i>	<i>31</i>
<i>Fig. III.29. Schéma synoptique de la kasria lakbira de la foggara d'Admer (Auteurs, 2016).....</i>	<i>38</i>
<i>Fig. III.30. Schéma synoptique de la coupe longitudinale de la Foggara d'Admeur (Auteurs,2016).</i>	<i>32</i>
<i>Fig.III.31. Schéma synoptique d'une foggara de jardin dans une oasis (Remini, 2016).....</i>	<i>33</i>
<i>Fig. III.32. Schéma d'une coupe longitudinale d'une foggara de jardin dans une oasis.....</i>	<i>34</i>
<i>Fig.III.33. Schéma d'une coupe longitudinale d'une foggara de jardin foggara Hamou Ali Lahcen dans les oasis de Zaouiet Kounta (Remini, 2016).....</i>	<i>34</i>
<i>Fig. III.34. Kasria de la foggara Hamou Ali Lahcen (Auteurs, 2016).....</i>	<i>45</i>



## **Chapitre IV : APPORT DES TECHNIQUES NOUVELLES D'IRRIGATION DANS LES OASIS DE ZAOUJET KOUNTA**

<i>Fig. IV.1. Schéma d'une coupe longitudinale de la foggara Tifarkhatine dans l'oasis de Bouzegdad (Remini, 2016).....</i>	<i>38</i>
<i>Fig. IV.2. Réseau de la foggara de Tifarkhatine renforcée par un forage dans l'oasis de Bouzglad (Remini, 2016).....</i>	<i>38</i>
<i>Fig. IV.3. Raccordement d'un forage dans la seguia de la foggara de Bouzegdad (kantaoui, 2016).....</i>	<i>39</i>
<i>Fig. IV.4. Kasria Lakbira de la foggara de Bouzegdad renforcée Par un forage (kantaoui, 2016).....</i>	<i>39</i>
<i>Fig. IV.5. Réalisation des forages individuels dans l'oasis de Zaouiet Kounta (kantaoui, 2016).....</i>	<i>40</i>
<i>Fig. IV.6. Foggaras et Pivots cote à cote dans la region de Zaouit Kounta (source Google Earth).....</i>	<i>41</i>
<i>Fig. IV.7. Une vue d'une rampe d'irrigation par aspersion pivotante dans un périmètre irrigué de la Zaouirt Kounta (Auteurs, 2016).....</i>	<i>41</i>
<i>Fig. IV.8. Forages et pivot par aspersion au service de la production de la culture des céréales à grande échelle. (Auteurs, 2016).....</i>	<i>42</i>
<i>Fig. IV.9. Schéma de la nappe exploitée par la foggara à l'état naturel (Auteurs, 2016).....</i>	<i>44</i>
<i>Fig. IV.10. Schéma d'une foggara dans la nappe est exploité conjointement avec un Forage (Auteurs, 2016).....</i>	<i>45</i>
<i>Fig. IV.11. Relation entre le débit d'une foggara et la superficie irriguée Dans les oasis de Touat en 1960 (Données Sofreten in Arrus, 1985) .....</i>	<i>46</i>
<i>Fig. IV.12. Assèchement de foggara de Mikkid (Auteurs, 2016).....</i>	<i>46</i>

## Liste des Tableaux :

### **Chapitre III : TECHNIQUES TRADITIONNELLES D'IRRIGATION DANS LES OASIS DE ZAOUJET KOUNTA**

*Tableau 1. Foggaras inventoriées en 2016 dans les oasis de Zaoujet Kounta(Auteurs, 2016).....30*

*Tableau 2. Caractéristiques des foggaras de l'oasis de Zaoujet Kounta (données ANRH).....30*

*Tableau. III.3. Caractéristiques des foggaras de jardin dans les oasis de Zaoujet Kounta  
(source ANRH, 1998).....35*

### **Chapitre IV : APPORT DES TECHNIQUES NOUVELLES D'IRRIGATION DANS LES OASIS DE ZAOUJET KOUNTA**

*Tableau IV.1. Forages exploitants la nappe du Continental Intercalaire qui sont destinés à  
l'alimentation en eau potable de la commune de Zaoujet Kounta (Données DHW Adrar).....43*

*Tableau IV.2.Distance entre le forage et la foggara (Données ANRH, Adrar).....44*

# **INTRODUCTION GENERALE**

Dans les régions arides, la notion de la pluie moyenne est inexistante, on parle de crues éclaires qui peuvent ramener des quantités d'eau très appréciables dont une faible partie s'infiltré dans les dunes de sable et le sol pour remplir enfin les aquifères. L'autre partie s'évapore rapidement à cause des fortes valeurs des températures et de la vitesse du vent. Dans la Sahara Algérien, si le sol occupé par d'immenses dunes de sable, le sous sol est occupé par des nappes d'eau superficielles (nappes phréatique, de l'Erg et Inféro flux) et des nappes d'eau profondes comme le Continental Intercalaire et le Complexe Terminal. Les eaux stockées dans les aquifères superficielles proviennent des crues drainées par différents oueds qui finiront par s'infiltrer dans les Ergs de sable. Par contre les eaux des nappes profondes sont des eaux fossiles formées depuis plusieurs milliers d'années. C'est ainsi que le Sahara était rempli de sources artésiennes. Se sont au niveau de ces points d'eau que les premières oasis ont été installées, mais avec le temps, l'artésianisme disparaît de plus en plus et le niveau de la nappe s'éloignait de plus en plus du sol. Pour satisfaire les besoins en eau de la population et l'irrigation agricole, les oasis ont usé de leur savoir faire pour réaliser des techniques de captages des eaux souterraines. En creusant des puits traditionnels par des moyens rudimentaires de 2 à 40 mètres de profondeurs selon les lieux. Grâce à une corde et un seau, les oasis continuent à satisfaire les besoins en eau des ksours (cités des oasis) et les besoins d'irrigation. Cependant avec le temps, l'oasisien a amélioré le rendement du puits en utilisant la roue (poulie), le contre poids (puits à balancier) et l'attraction animale jusqu'à la découverte des galeries drainantes dans le nord Iranien depuis 30 siècles (Ref). Grâce à sa réussite dans les zones arides de l'Iran, la technique des galeries drainantes s'est propagée dans 52 pays de la planète (Remini et al, 2013). Appelée Qanat dans l'ancien Iran (Ref), Khattara au Maroc (Ref), Saharidj au Sultanat d'Oman et foggara dans le Sahara Algérien, cette technique est basée sur un drain souterrain où l'eau de la nappe s'écoule jusqu'à la surface du sol (Remini, ). Dans la présente étude, nous examinons le rôle de la foggara dans l'irrigation des palmeraies dans les oasis de Zouiet Kounta ; une commune qui appartient à la wilaya d'Adrar. L'impact de l'apport des techniques modernes (motopompes et forages) dans les oasis sur la dégradation des techniques ancestrales de captage des eaux sera traité dans cette étude. Pour atteindre ces résultats, sera réparti en trois grandes parties. Nous examinons les travaux antérieurs sur les foggaras dans la première partie. La région d'étude, enquêtes et investigations sera traitée dans la deuxième partie. Dans la troisième partie nous discutons les résultats des enquêtes et l'exploitation des données et nous terminons notre étude par une conclusion et des recommandations.

# **CHAPITRE I :**

# **Travaux antérieurs**

# **sur les foggaras**

## Chapitre I

# LES TRAVAUX ANTERIEURS SUR LES SYSTEMES FOGGARAS

### Introduction

La foggara ; système hydraulique ancestral témoigne du génie oasien dans le captage des eaux souterraines attire depuis des années la curiosité des historiens et des scientifiques. Dans le présente chapitre, nous examinons les principaux travaux qui ont contribué à faire connaître et découvrir les véritables secrets du système foggaras ainsi que le savoir faire des oasiens.

#### **I.1. Travaux de Goblot, 1979**

Le très beau livre de Goblot est le premier document qui retrace l'originalité et l'histoire de la foggara à travers le monde. C'est Goblot qui a mis en évidence le lieu de naissance de la qanât dans la plateau Iranien depuis plus de 30 siècles.

#### **I.2. Travaux de Kobori, 1982**

Kobori est considéré comme le pionnier des qanâts Algériennes. Beaucoup de travaux ont été faites sur foggaras d'Aoulef. Il a séjourné plusieurs fois dans les oasis d'Aoulef. Tous ses travaux ont été basés sur le rôle social joué par la foggara dans les oasis d'Aoulef.

#### **I.3. Travaux Dubost et Moguedet en 1998**

Pour la première fois, Dubost et Moguedet ont examiné les risques de disparition des foggaras de Touat. L'introduction des techniques nouvelles de captage des eaux dans la région de Touat. L'apport au début des années quatre vingt, des rampes d'irrigation par aspersion pivotantes qui a nécessité la réalisation de plus de 300 forages qui soutirent entre 6 et 8 m<sup>3</sup>/s de la nappe du Continental Intercalaire. Cette nouvelle situation a provoqué des rabattements des niveaux piézométriques de la nappe. Aujourd'hui on récolte les conséquences de cette nouvelle donnée par l'assèchement d'une centaine de foggaras.

#### **I.4. Travaux de Remini et Achour 2008**

Dans cette étude Remini et Achour ont examiné les causes de dégradation de la plus grande foggara de Timimoun. Le sud-ouest du Grand Erg occidental du Sahara est considéré comme le berceau de la foggara, une technique ancestrale de captage des eaux souterraines. Il existe actuellement 907 foggaras en exploitation dans les oasis de Touat, Gourara et Tidikelt. Malheureusement, ce patrimoine hydraulique et culturel se dégrade d'une année à l'autre en raison de problèmes techniques et sociaux. La foggara d'El Meghier, considérée comme l'une des plus grandes foggaras d'Algérie, est celle dont l'état est le plus dégradé. Les résultats de cette étude présent article a pour objectif d'expliquer les raisons a montré les causes de cette dégradation et les conséquences qui en découlent.

#### **I.5. Travaux de Remini et Achour, 2010**

Dans cette étude Remini et Achour ont traité la similitude entre les galeries drainantes existantes dans le monde. La technique de captage et de distribution de l'eau connue par les galeries drainantes sous différentes appellations (kariz, qanat et khattara) est pratiquée dans plusieurs pays arides et semi-arides depuis plusieurs siècles. Cependant, malgré le point commun qui est la galerie horizontale, cette technique présente des différences au niveau de la source de captage et du mode de partage des eaux entre les copropriétaires selon les pays. Dans le Sahara algérien, notre étude révèle l'existence de sept types de foggaras. Si les foggaras des sources, des montagnes et des oueds ressemblent bien aux aflajs du sultanat d'Oman, à la khattara du Maroc et aux qanats iraniennes, les foggaras de l'Albien, de jardin, de l'Erg et des crues sont cependant des techniques propres aux oasis du Sahara algérien. Localement, si la foggara de l'Albien est le procédé le plus répandu, avec un effectif de 890 foggaras fonctionnelles sur les 1400 inventoriées, la foggara des crues est unique au monde avec toutes ses particularités, notamment les modes de fonctionnement et la distribution de l'eau. La foggara de jardin est un modèle de la gestion rationnelle de l'eau dans une région aride. Au nombre de six, les foggaras de jardin creusées en aval des grandes foggaras de l'Albien dans quelques oasis de Timimoun captent uniquement les eaux d'infiltration et de drainage des eaux d'irrigation en provenance des jardins en amont. Seuls quelques vieux oasiens de la région de Timimoun connaissent le secret de la naissance de la foggara de l'Erg, au milieu des immenses dunes de sables du Grand Erg Occidental. Si aujourd'hui l'eau coule dans ces foggaras, c'est grâce à l'ingéniosité des oasiens; malgré leurs moyens rudimentaires, ils ont su capter les eaux cachées au-dessous du Grand Erg Occidental, issues d'une nappe qui n'a toujours pas données ses secrets.

#### **I.6. Travaux de Remini et Kechad, 2012.**

Selon Remini et Kechad, environ 4200 foggaras sont en exploitation aujourd'hui sur un nombre de 11500 creusées dans 16 pays arabes. Le Sultanat d'Oman arrive en tête des pays arabes concernant l'utilisation de cette technique. Soit 3017 Aflajs qui participe à l'irrigation des jardins de nombreuses oasis du Sultanat d'Oman. L'Algérie, avec 903

foggaras fonctionnelles est classée en deuxième position. Plus de 150 Khetaras sont encore en exploitation dans la région de Tafilalt, le Maroc est en troisième position. Environ 30 qanats Romani sont encore fonctionnelles dans les oasis de la Syrie. L'eau coule encore dans quelques dizaines de qanats sur l'ensemble du Yémen, d'Arabie Saoudite, ses Emirats Arabes Unis, de la Jordanie et de la Tunisie. Des foggaras sont en arrêt et abandonnées en Irak. Des vestiges et des traces des foggaras ont été repérées dans les anciennes oasis de la Libye et de l'Égypte.

### **I.7.Travaux de Remini et Achour 2013**

Parmi les rares travaux qui traitent les foggaras dans les oasis de Tamenarasset, se sont ceux de Remini et Achour (2013). Les foggaras de l'Ahaggar sont peu connues contrairement aux foggaras de Touat et de Gourara. Environ 184 foggaras ont été creusées dans la région de l'Ahaggar. Connues par leur courte longueur, les foggaras de l'Ahaggar exploitent la nappe alluviale qui s'écoule au dessous du lit de l'oued. Le débit des foggaras de l'Ahaggar est variable dans le temps ; il passe d'une valeur maximale à une valeur nulle. Si en périodes des crues, les agriculteurs apprécient le débit important des foggaras, ils craignent par contre les éboulements des galeries creusées dans les lits des oueds et par conséquent, les agriculteurs réalisent d'autres foggaras. Cette délicate situation qui consiste à entretenir et à renouveler de nouvelles foggaras à chaque crue a poussé les agriculteurs à abandonner cette technique et à s'orienter vers l'utilisation des motopompes et des forages

### **I.8. Travaux de Remini et Achour, 2013**

Remini et Achour ont examiné une foggara originale. Il s'agit de la triple foggara d'Ouled Said, constituée d'un groupement de trois foggaras : Antrite, Amokrane et Badgha, qui exploitent les eaux de la nappe du Grand Erg Occidental, contrairement aux foggaras de Timimoun et d'Adrar qui captent les eaux de la nappe du Continental Intercalaire. Les mesures menées par les auteurs au niveau des trois kasriates ont donné un débit de 3,5 l/s partagés entre les 150 propriétaires de la triple foggara. Il est nettement inférieur à celui des années 90, puisqu'il était de 26 l/s. Les enquêtes et les entretiens menés auprès des propriétaires et de la population ont révélé que les causes principales de la dégradation de ce système hydraulique sont socio-économiques et environnementales; l'héritage, l'exode rural, et l'ensablement, Mais ce qui inquiète beaucoup la population, est l'envahissement des galeries par une plante sauvage appelé localement « Tazra » qui pousse dans le Grand Erg Occidental. Ces racines longues de plusieurs mètres, colmatent facilement la galerie de la foggara.

### **I.9. Travaux de Remini, Achour et Kechad, 2013**

Dans ces travaux, les auteurs décrivent les techniques ancestrales de partage des eaux des foggaras dans les oasis de Gourara. Comme la foggara est un bien collectif appartient à plusieurs propriétaires, l'eau est surjeté à un partage entre les abonnés, chacun reçoit une part d'eau en relation avec sa contribution. Les missions de travail menées durant les



années 2007 et 2008 ont révélés auprès de la population oasienne de Timimoun que l'apport des techniques modernes de captage des eaux tels que les motopompes et les forages ont provoqué la disparition des méthodes ancestrales de partage des eaux avec notamment la disparition de certains métiers tel que le Kial el Ma. Actuellement il reste uniquement environ 15 kial el ma dans toute la région de Timimoun.

### **I.10. Travaux de Remini, Kechad et Achour, 2013**

Les auteurs ont examiné le développement de la foggara dans les pays arides de la planète. Selon l'étude effectuée par Remini et Achour en 2013, la foggara sous différentes appellations a été pratiquée dans 52 pays arides et semi arides. D'origine Iranienne et vieille de plus de 3000 ans, elle joint le social et le technique a été considérée comme le procédé le plus efficace de captage des eaux jusqu'à l'apparition des motopompes et les forages. Si aujourd'hui, les galeries drainantes concurrencent encore les techniques modernes de captage dans une dizaine de pays, par contre, elles sont totalement abandonnées dans plus de 40 pays. A titre estimatif, le nombre de galeries opérationnelles aujourd'hui est de l'ordre de 30000 dans le monde qui reste loin du nombre initial difficilement estimable. L'Iran toute seule possédait entre 40000 et 500000 qanats.

### **I.11. Travaux de Remini, Achour et Kachad, 2014**

Pour la première fois Remini et al (2014) ont montré que le système foggaras est un ouvrage qui évolue dans le temps. Sur la base des investigations dans les oasis de Touat et de Gourara, les auteurs ont examiné la complexité du réseau de distribution de l'eau dont les seguias de sections différentes prennent tous les sens et directions. Des raccordements sont effectués entre foggaras par des seguias pour assurer l'approvisionnement en eau de chaque propriétaire. Neufs modèles de raccordement ont été mis en évidence pour deux cas de figure : à l'amont et à l'aval de la kasria. Selon les auteurs, la foggara est un système hydraulique vivant : l'oasien creuse, entretient, prolonge, raccorde, distribue et partage l'eau. Pour assurer la demande en eau en nette progression, le réseau de captage (composé de galeries) et le réseau de distribution (composé de seguias et de kasriates) se développent dans le temps par des prolongements et par des raccordements.

### **I.12. Travaux de Remini et Rezoug, 2014**

Selon Remini et Rezoug (2014), depuis plus de sept siècles, les agriculteurs des oasis de Kendsa, exploitent les eaux souterraines de Djebel El Barga à l'aide des drains souterrains. Une quarantaine de foggaras ont été creusées à la périphérie de la montagne El Barga. Aujourd'hui, il ne reste qu'une dizaine de foggaras de quelques litres par minutes de débit. Contrairement à la foggara de Touat de longueur d'une dizaine de kilomètres, la foggara de kenadsa présente une galerie d'une dizaine de mètres. Le partage de l'eau de la foggara de Kenadsa s'effectue tour à tour c'est-à-dire par unité de

temps. Dans ce cas, l'irrigation s'effectue en série. L'apport des motopompes dans l'oasis de Kenadsa a beaucoup influé sur la dégradation du système hydraulique traditionnel.

### **I.13. Travaux de Remini et Achour, 2014**

Pour la première fois, Remini et Achour ont traité la « foggara de l'Erg ». Selon les auteurs, la foggara de l'Erg exploite les eaux de la nappe du Grand Erg Occidental (eau renouvelable). Remini et Achour ont dénombré environ 100 foggaras de l'Erg en service dans les oasis d'Ouled Said. Ces foggaras dont les galeries perdues au milieu des immenses dunes de sables du Grand Erg Occidental, continuent à fournir un débit d'eau appréciable pour les palmeraies et les jardins des oasis du nord de Timimoun. Cependant, ces foggaras vu leur emplacement à la périphérie du Grand Erg Occidental sont souvent menacées d'ensablement. Dans l'oasis d'Aghlad, seule une foggara sur les 6 creusées initialement reste en exploitation, les 5 autres sont ensablées et abandonnées par leurs propriétaires. Dans l'oasis d'Outakou, la population a sauvé en 2002 une foggara par le curage des dépôts sableux dans la galerie et les seguias.

### **I.14. Travaux de Bensaada et Remini, 2015.**

Ce travail effectué en 2015 par Bensaada et Remini a montré l'impact de l'implantation d'un forage d'eau profond à proximité de la foggara qui provoque l'abaissement du niveau piézométrique de la nappe d'eau souterraine, entraînant ainsi une diminution du débit de cette dernière et la programmation de sa mort lente. Pour éviter la disparition de ce patrimoine universel, il est nécessaire que l'exploitation des différents forages soit gérée efficacement pour qu'il n'y a pas d'interférences avec les foggaras. Pour éviter ces problèmes, les auteurs préconisent un rayon minimal pour la réalisation d'un forage.

### **I.15. Travaux de Remini et Achour, 2015.**

Pour la première fois dans l'histoire des foggaras, les auteurs ont mis en évidence de nouveaux types de foggaras Appelées foggaras de jardin. Cinq petites foggaras ont été découvertes au milieu des jardins de Timimoun. Elles présentent des différences originales avec les foggaras classiques au niveau de la source de captage et du mode de distribution. Cette foggara de petite taille par rapport à la foggara qu'on connaît (foggara classique), capte les eaux d'infiltration et des fuites en provenance de la foggara classique située à l'amont. Ce type de foggara, qui se localise à l'aval de la grande foggara classique, paraît ne jamais avoir été décrit ni même signalé jusqu'ici en Algérie. Non visible sur image satellitaire ni même sur photographie aérienne et les cartes topographiques, parce que ce sont de petites foggaras creusées à l'intérieur des jardins, ne dépassant pas les 1.5 km, elles contiennent une vingtaine de puits d'aération et sont situées dans la palmeraie. Vu leur localisation au milieu des palmeraies et des jardins. Elles ont pour originalité de drainer les fuites de la grande foggara et par ce moyen de récupérer une ressource précieuse qui serait autrement perdue.

## **Conclusion**

A travers ce chapitre nous avons résumé l'essentiel des résultats des travaux effectués sur les foggaras. Plusieurs aspects de la foggara ont été abordés par différents auteurs, notamment les cotés sociologie et l'hydrogéologie. En Algérie, Les foggaras les plus étudiées sont celles d'Adrar et Timimoun. Dans le monde ce sont plutôt les qanâts Iraniennes, les Aflajs d'Oman et les Khettaras Marocaines qui sont les plus citées.

# **CHAPITRE II :**

## **Région d'étude,**

### **Enquêtes et**

### **investigations**

**Chapitre II****REGION D'ETUDE, ENQUETES  
ET INVESTIGATIONS****Introduction**

Dans le présent chapitre nous la situation et les caractéristiques de la région à étudier ; il s'agit de la commune de Zaouiet Kounta. Un aperçu sur les capacités des ressources en eau de la région fera l'objet de chapitre. Pour atteindre les objectifs tracés au début de ce travail, nous allons examiner des renseignements sur la méthodologie de travail adoptés lors de cette étude.

**II.1. Situation et caractéristiques de la région d'étude**

Zouiet Kounta ; une belle oasis située à 75 km au sud de la ville d'Adrar et à environ à 1400 km au sud ouest d'Alger (fig. 2.1). C'est une région hyper aride connue par sa rareté en eau de surface et des températures très élevées dépassant les 55°C en période d'été. La commune de Zaouiet Kounta contient 12 oasis, elle est située à la périphérie ouest du plateau de Tadmaït.

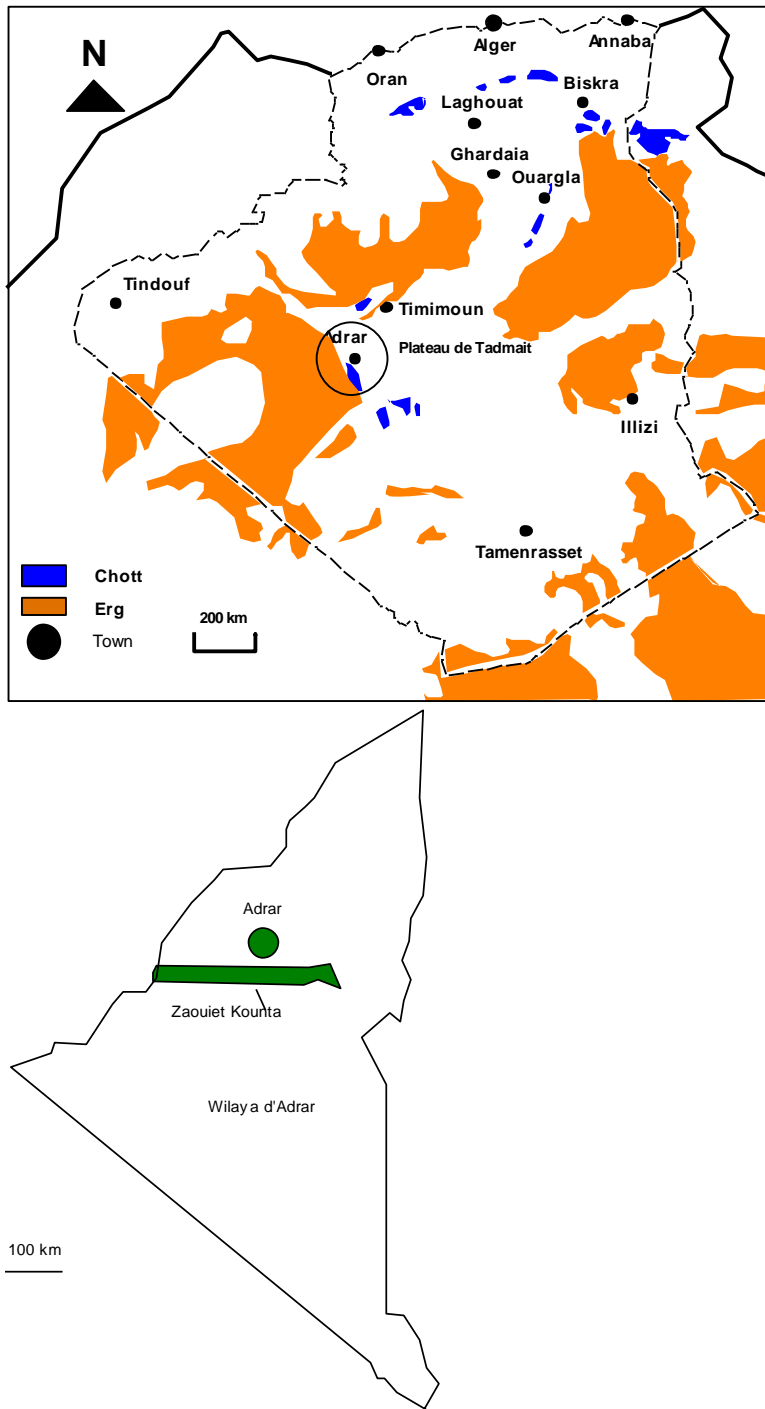
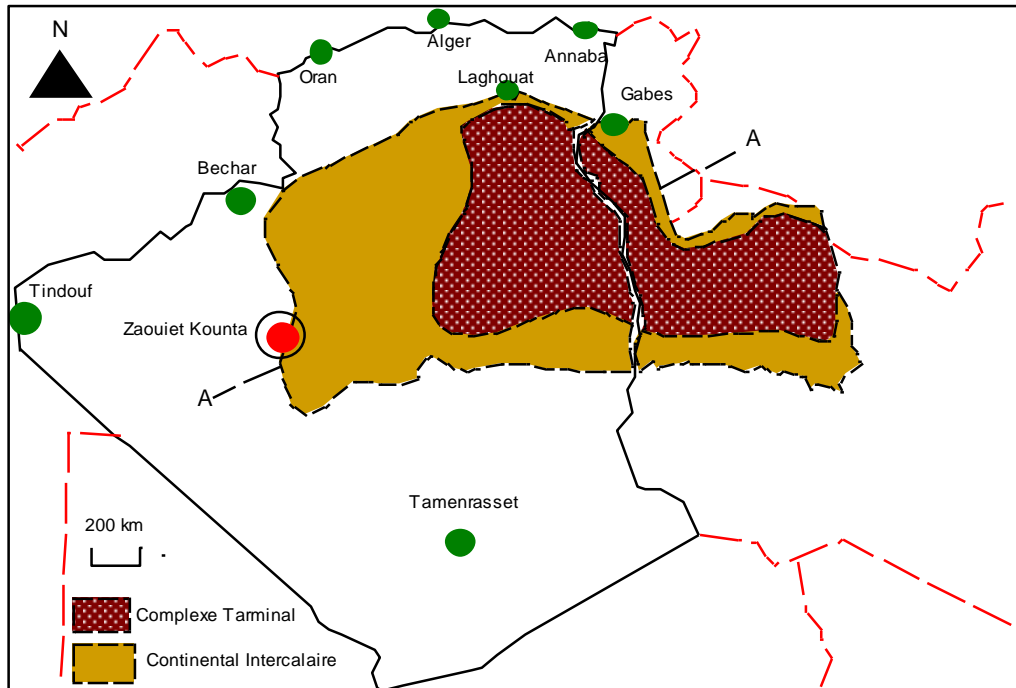


Fig. 2.1. Situation géographique de la commune de Zaouiet Kounta (Auteurs, 2016)

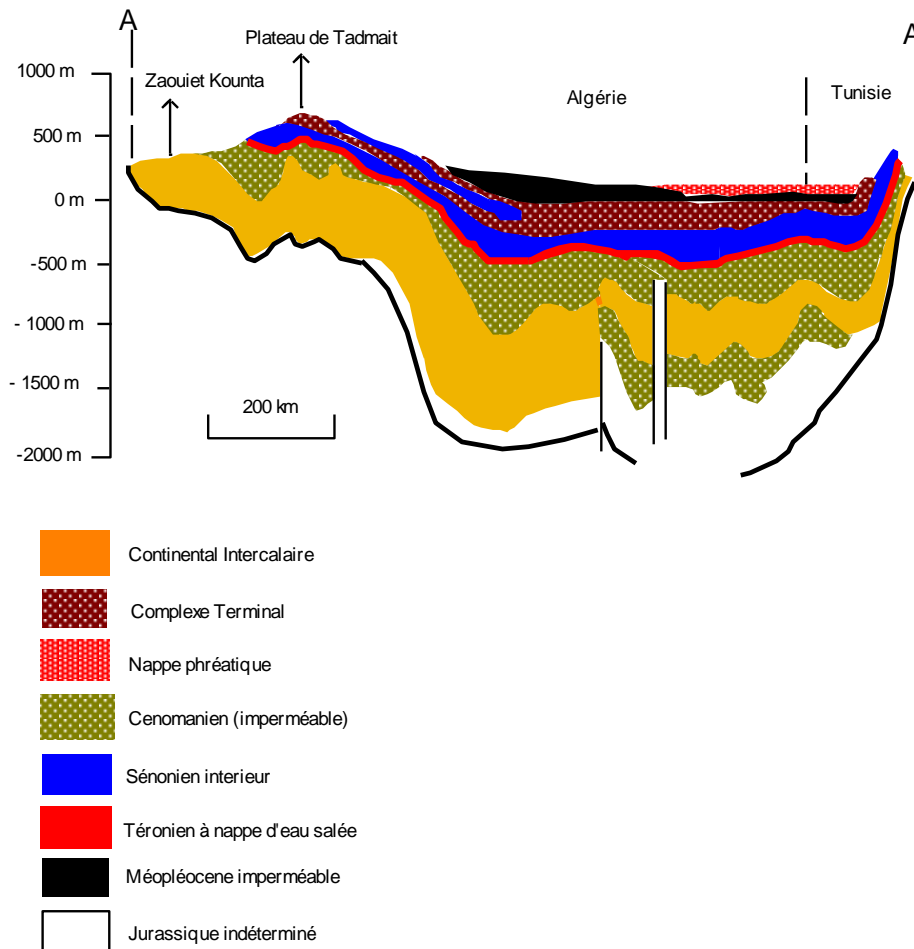
## II.2. Les ressources en eau de la région d'étude

Comme nous l'avons cité au début de cette étude, la commune de Zaouiet Kounta a un climat hyper aride. Elle est située dans le triangle de feu délimité par les trois sommets : Regane, In Salah et Adrar. Une pluviométrie moyenne ne dépassant pas les 50 mm/an. Même si la notion de la moyenne est absente dans une telle région, ce sont plutôt des événements extrêmes, qui caractérisent les régions hyper arides. Quelques crues éclairées d'une intensité exceptionnelle peuvent drainées des quantités importantes en eau, dont une partie s'infiltré dans les fonds des

oueds pour alimenter les nappes infero flux et les dunes de sable. L'autre partie d'eau s'évapore rapidement sous des températures exceptionnelles qui peuvent atteindre les 55°C. En plus de la nappe phréatique, la commune de Zaouiet Kounta est assise sur la nappe du Continental intercalaire, classée comme l'une des plus grandes de la planète (fig. 2.2)



a) Etendue de la nappe du Continental Intercalaire



b) Coupe longitudinale de la nappe du Continental Intercalaire  
 Fig. 2.2. Les aquifères du Continental Intercalaire et le Complexe Terminal  
 ( Source Unesco 1972 in Castany, 1982)

### II.3. Enquêtes et investigations

Pour mener à bien notre étude, nous avons effectué deux missions sur le terrain durant les périodes : 2 décembre 2015 au 4 janvier 2016, de 17 Mars au 19 Avril 2016. Durant ce séjours, nous avons mené des enquêtes auprès de la population ksourienne, les propriétaires des foggaras et les kial el ma. Des investigations sur les lieux des foggaras ont été opérées. C'est ainsi nous avons parcourus plusieurs kilomètres en suivant les différentes seguias et l'alignement des puits d'aération. Une vingtaine de foggaras et plusieurs kasriates et Madjens ont été visitées.



**CHAPITRE III :**  
**TECHNIQUES TRADITIONNELLES**  
**D'IRRIGATION DANS LES OASIS**  
**DE ZAOUJET KOUNTA**

## **Chapitre III**

# **TECHNIQUES TRADITIONNELLES D'IRRIGATION DANS LES OASIS DE ZAOUJET KOUNTA**

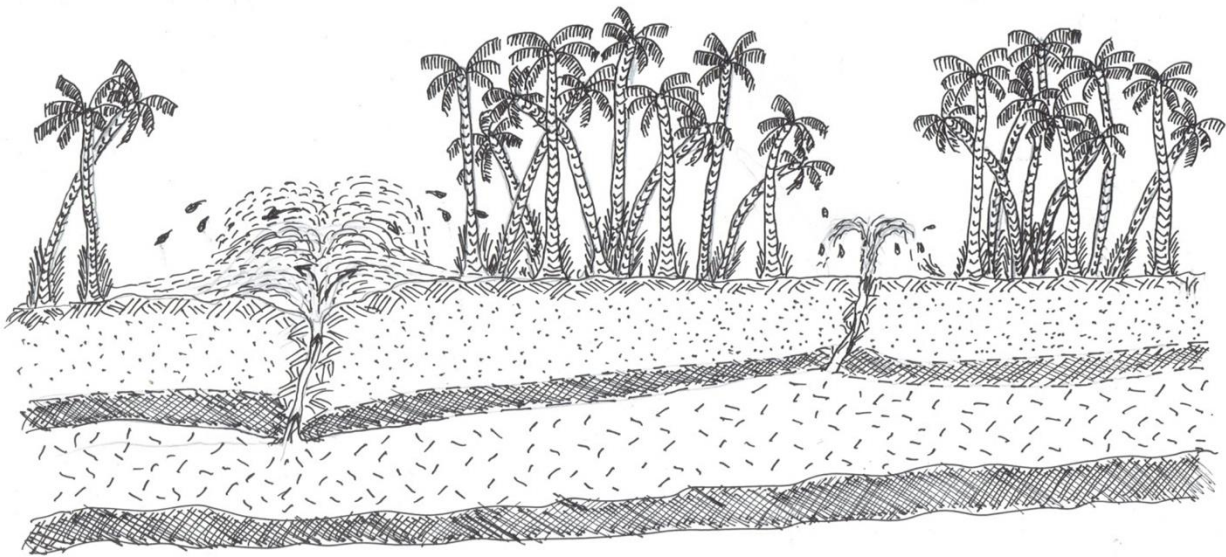
## **Introduction**

Dans ce chapitre, nous discutons les résultats que nous avons obtenus lors de nos prospections des foggaras dans les oasis de la Zaouiet Kounta. Ainsi nous traitons le système hydraulique ancestral qui a été utilisé pour l'irrigation des milliers de palmiers dattiers dans les oasis de Zaouiet Kounta durant plus de neuf siècles. L'impact de l'apport des forages et des motopompes dans la dégradation des foggaras sera examiné dans ce chapitre.

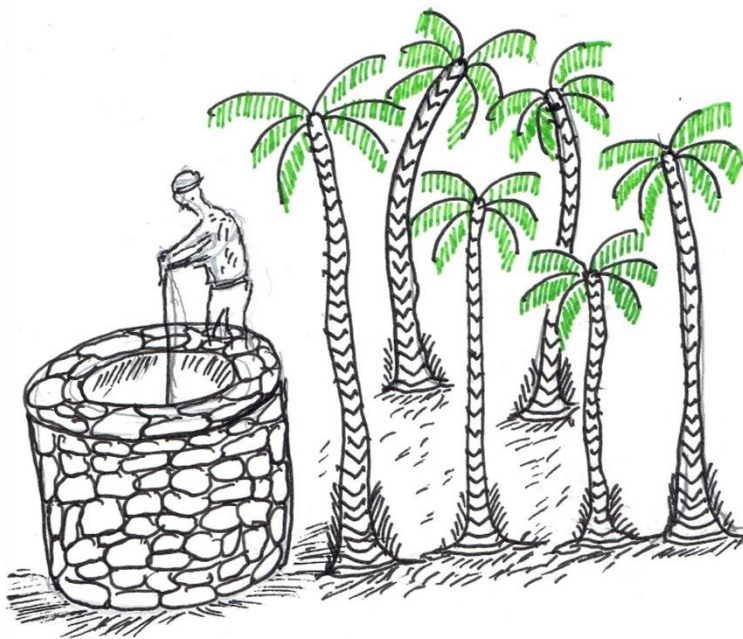
### **III.1. Evolution des techniques de captage et d'irrigation dans les oasis de Zaouiet Kounta**

Localisée sur la périphérie du plateau de Tademaït, lequel est assis sur une masse d'eau fossile : le Continental Intercalaire. Elle est considérée comme la plus grande quantité d'eau emmagasinée dans le sous sol depuis plusieurs siècles. Sur la frontière du plateau de Tadmaït en partant de Gourara du nord, en descendant ensuite vers le sud, le Touat puis en contournant le plateau vers l'Est pour atteindre le Tidikelt, le niveau de la nappe du Continental Intercalaire affleure avec le sol. Des centaines de sources apparaissent sur la moindre fissure de la roche. L'homme du Sahara s'est installé près de ces points d'eau et développa ainsi une agriculture d'auto suffisance qui est basée sur la palmier dattier. L'irrigation des jardins et la palmeraie est assurée par les sources d'eau qui sont transportées gravitairement par des seguias en terre (fig. 3.1). Presque chaque famille possédait sa propre source d'eau. Avec les temps, la population a augmentait. En parallèle, la superficie irriguée et la demande en eau des ksours ont augmenté aussi. Cette nouvelle situation a provoquée un effet irréversible caractérisé par la disparition des sources et la rabattement de la nappe. Vu l'investissement grandiose de ces oasisiens, ils ont creusait à des faibles profondeurs des centaines de puits pour aller chercher l'eau dans le sous sol. Avec une corde et un seau (delou), l'oasien dépense beaucoup de temps pour récupérer une centaine de litres par jour (fig. 3.2).

Une fois stockée dans une petit Madjen, l'eau s'écoule dans des seguias pour arroser les plantes. Non satisfait de la quantité puisée quotidiennement, l'oasien a équipé son puits par puits par une roue (poulie en bois) pour tripler son débit d'eau (fig.3.3). L'utilisation de l'animal (Dromadaire, Ane ou un mulet) pour le prélèvement de l'eau souterraine a beaucoup facilité la tache des puisatiers (fig. 3.4).



*Fig.III.1. Irrigation à partir des sources d'eau dans l'oasis de Zaouiet Kounta (Auteurs, 2016)*



*Fig. III.2. Prélèvement de l'eau par un puits sans poulie (Remini, 2016)*



Fig. III.3. Schéma d'un puits à poulie (Remini, 2016)

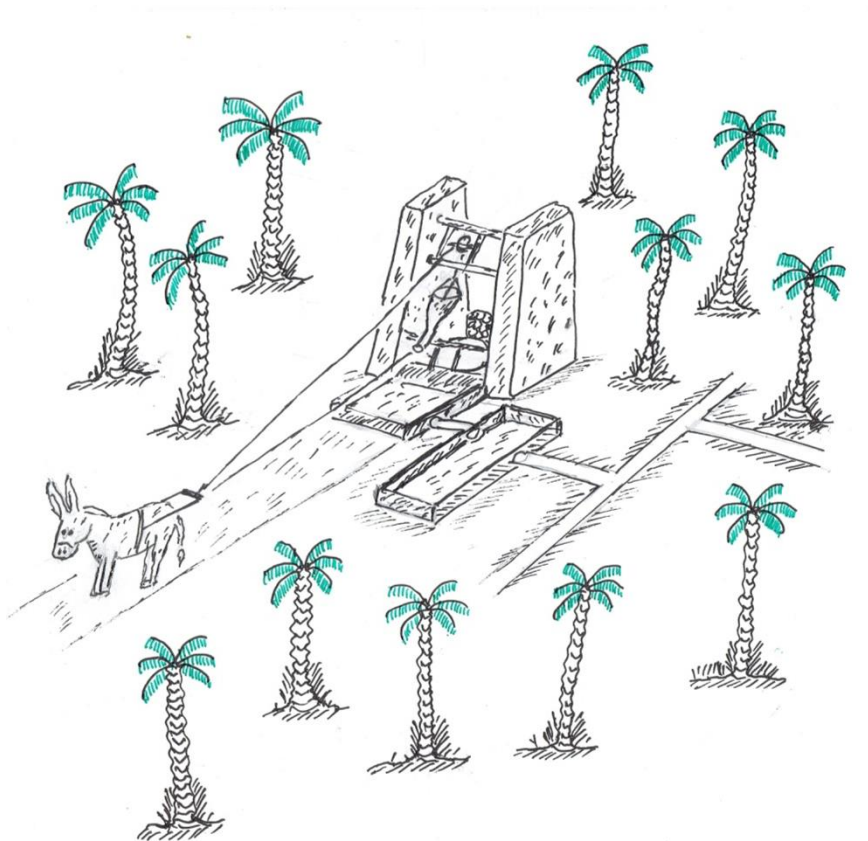


Fig. III.4.. Puits à traction animale dans la région de Zaouiet Kounta (Remini, 2016)

Avec la découverte de la foggara dans le Touat que se une découverte locale ou un transfert de savoir faire de l'ancien Iran, les foggaras de Zaouiet Kounta ont été creusés parmi les premières de la région de Touat. A l'époque c'était une révolution hydraulique, la population locale s'est mobilisée pour le creusement des foggaras (fig.3.5.).



***Fig. III.5.La succession des puits verticaux : Synonyme  
De l'existence d'une galerie souterraine (kantaoui, 2016)***

### III.2 Systèmes foggaras classique

#### III.2.1. Définition d'une foggara

La foggara est une galerie souterraine d'une centaine de mètres à quelques dizaines de kilomètres qui contient plusieurs puits d'aération à la partie supérieure. La galerie capte et transporte par gravité les eaux de la nappe jusqu'à la surface du sol (fig. 3.6).

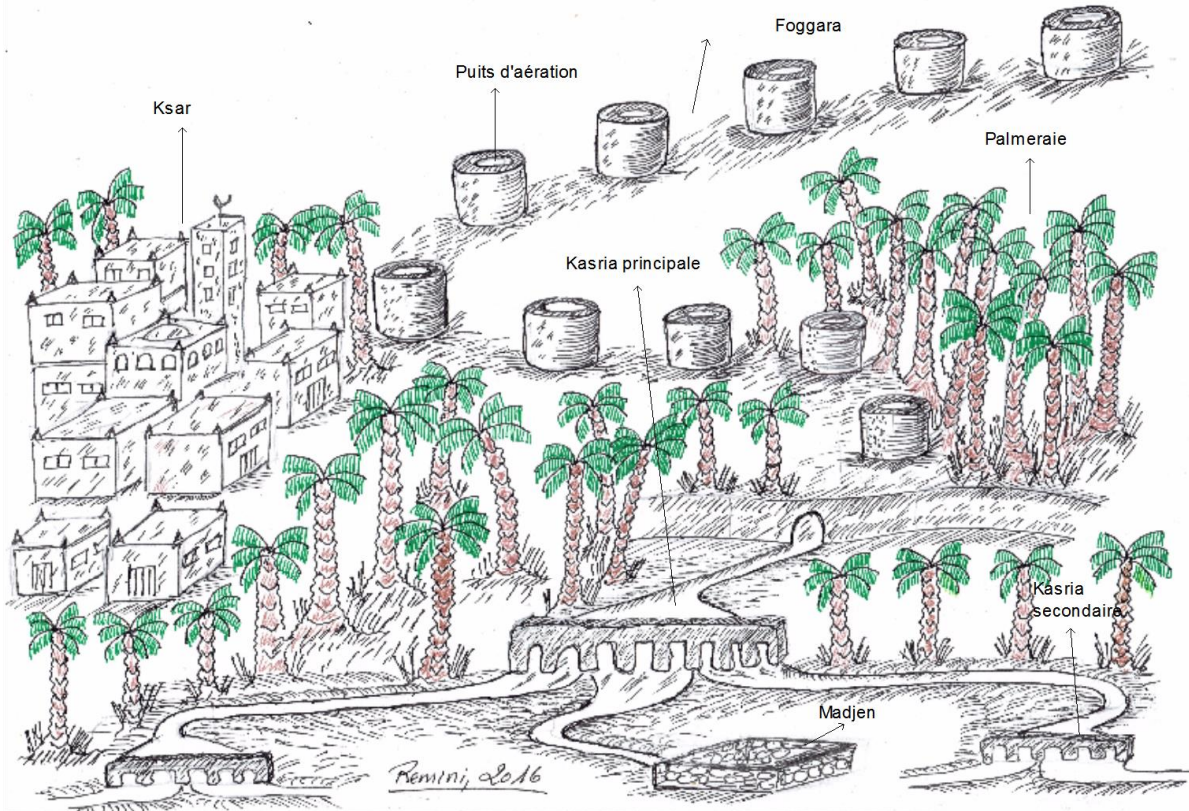


Fig. III.6. Schéma synoptique d'une foggara dans une oasis (Remini, 2016)

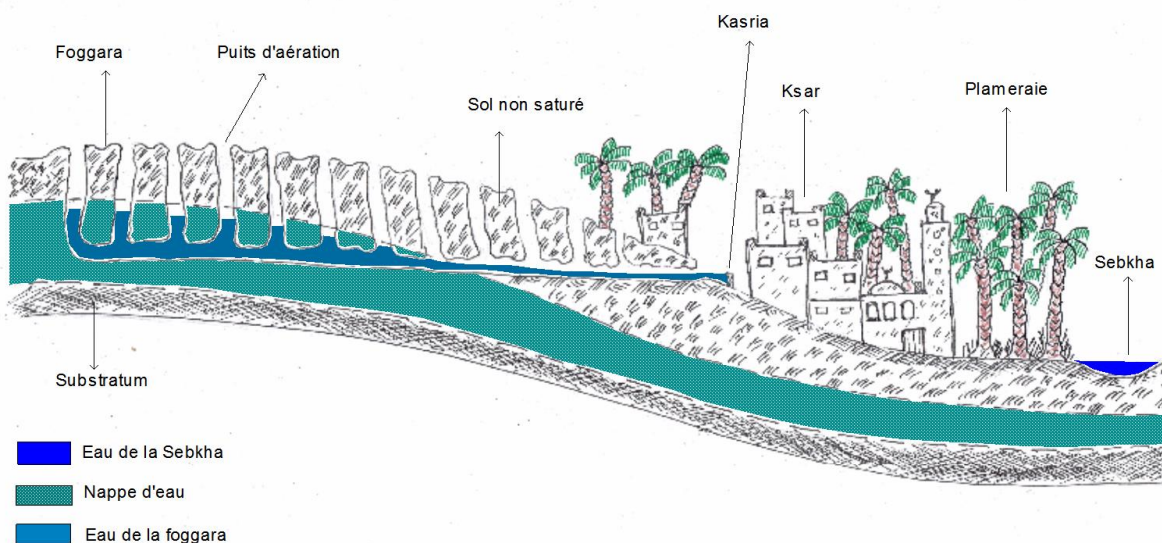
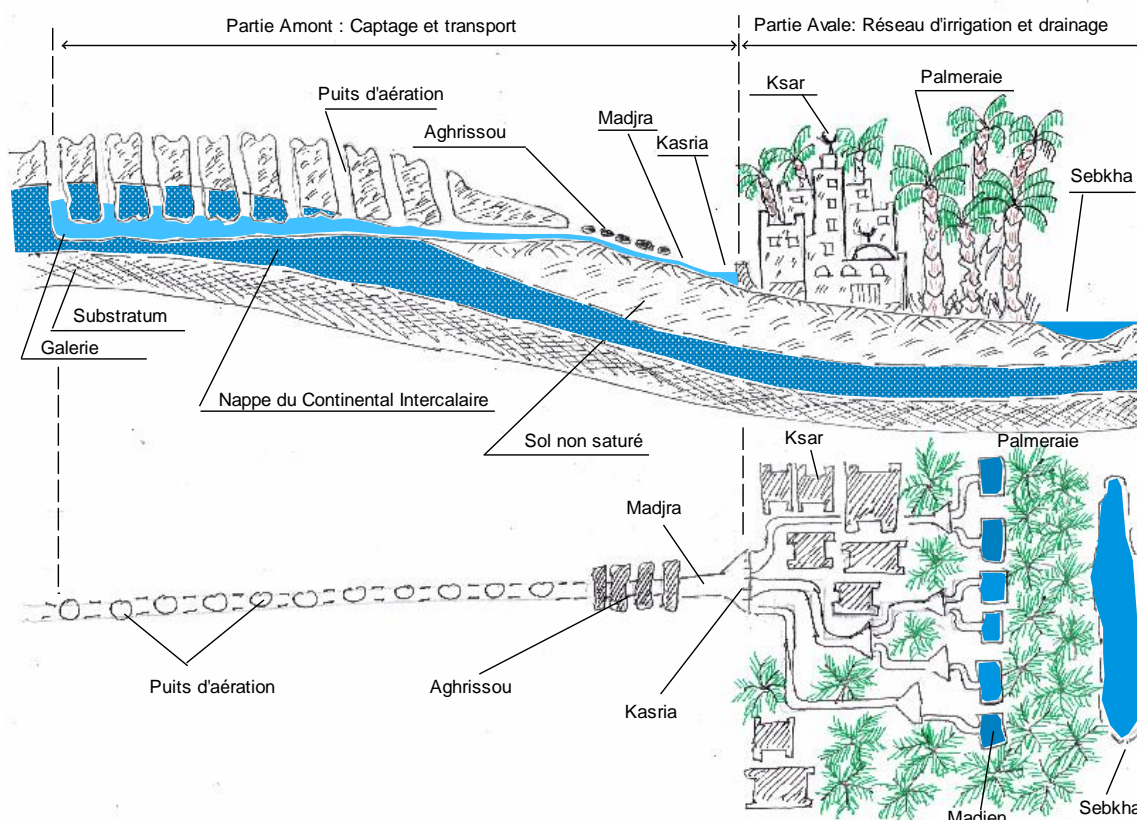


Fig. III.7. Coupe longitudinale d'une foggara dans les oasis de la Zaouiet Kounta (Remini, 2016)

### III.2.2. Parties d'une foggara

Le projet d'une foggara est composé de deux parties (fig. 3.8):

- La partie amont concerne le creusement de la galerie et les puits d'aération. C'est la partie la plus longue et la plus complexe. Dans les oasis de Zaouit Kounta, environ 160 foggaras ont été creusées. Les galeries varient de 200 m, la plus petite jusqu'à 10000 m pour la plus grande. C'est le cas de la foggara de Taouragh dans l'oasis de Zaglou Arab. Il existe des foggaras qui possèdent 800 puits d'aération comme la foggara El Kebira dans l'oasis d'Azoua d'une longueur de 7 km. La foggara d'Ouled Messaoud creusée dans l'oasis de Mekkid possède une galerie de 5 km équipée de 400 puits d'aération. C'est énorme comme projet de creuser 800 puits.
- La partie aval concerne le réseau de distribution des eaux de la foggara entre les propriétaires. C'est un immense projet qui concerne le raccordement des jardins de l'ensemble des propriétaires par l'eau du point de la sortie d'eau de la foggara jusqu'au jardin le plus bas de la palmeraie. Tous les jardins des propriétaires sont équipés par des Madjen d'une surface minimale de 3 m<sup>2</sup>. Plusieurs kasriates pour le partage de l'eau et des milliers de mètres pour permettre à l'eau d'atteindre les Madjens de seguias. Le réseau de la foggara possède 20 Madjens, 16 kasriates et une dizaine de kilomètres de seguias.



**Fig III.8. Les parties d'une foggara des oasis de Zaouit Kounta (Remini, 2016)**

### III.2.3. Fonctionnement de la foggara

La foggara est composée d'une galerie menue par plusieurs puits verticaux. Elle contient deux parties (fig. 3.9 et 3.10): la partie drainage et transport ainsi que la partie de distribution. La partie drainage et transport est composée de deux tronçons : tronçon drainage et tronçon transport. Le premier tronçon (drainage) de la conduite est toujours émergé dans la nappe. L'eau s'infiltré dans la galerie à travers ces parois. A partir du deuxième tronçon (transport), l'eau s'écoule par gravité jusqu'à la sortie de la galerie.

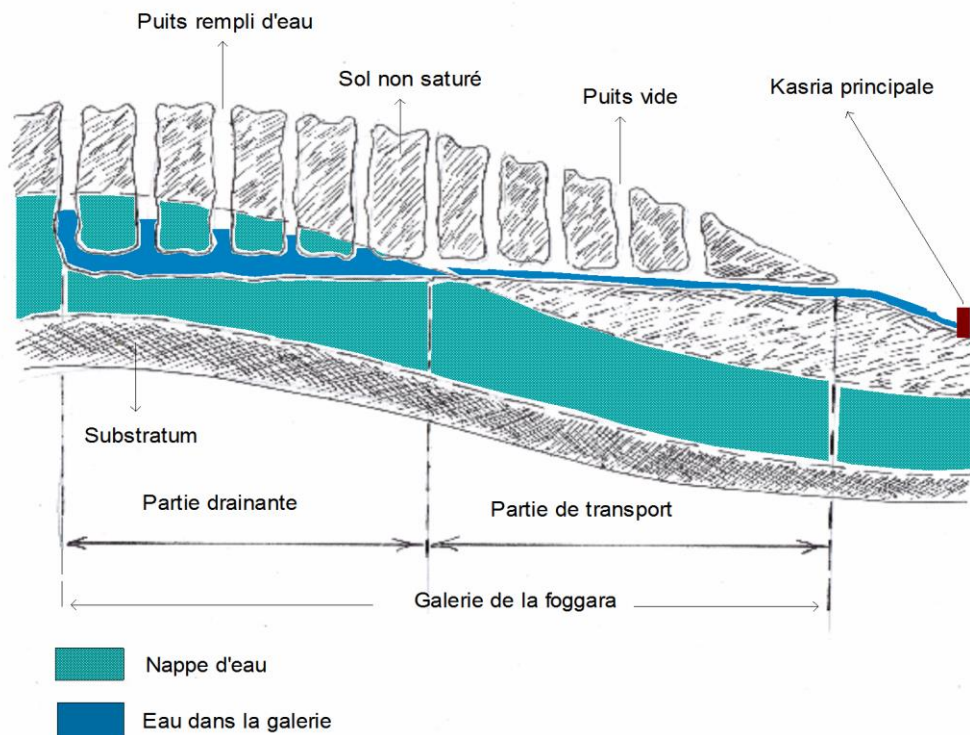


Fig. III.9. Fonctionnement de la galerie d'une foggara (Auteurs, 2016)



Fig. III.10. Un puits du tronçon de drainage d'une foggara de Zaouiet Kounta (kantaoui, 2016)



### III.3. Réseau de distribution de la foggara de Zaouiet Kounta

Le projet d'une foggara est un ouvrage collectif. Il revient au groupe d'individus qui a creusé la foggara. Une fois la mise en eau de la foggara est effectuée c'est-à-dire l'eau arrive à la surface du sol. Dans ce cas, l'eau doit être partagée entre le groupe. A cet effet, un réseau de distribution de l'eau est réalisé avant la finalisation de la partie amont (galerie) pour permettre à l'eau d'arriver aux agriculteurs (fig. 3.11). Un bassin particulier de forme triangulaire dont la base prend la forme de peigne répartiteur appelée kasria Lakbira (kasria principale) (fig. 3.12). Le nombre d'ouverture de dimensions différentes correspond aux nombre de famille propriétaires de la foggara. A partir de chaque ouverture l'eau est transportée par un Madjra ou seguia principale (canal à surface libre) (fig. 3.13) jusqu'à une autre kasria de dimensions inférieures à la première. On l'appelle kasria secondaire (fig. 3.14). Ensuite on applique le même principe comme pour la Kasria lakbira. L'eau sera acheminée par des seguias de dimensions inférieurs aux premières jusqu'aux Madjen de chaque propriétaires ou bien jusqu'aux kasriates Tertiaires. et ainsi de suite à chaque fois l'eau sera divisée jusqu'à la satisfaction de tous les propriétaires de la foggara (fig. 3.15, 3.16 et 3.17). Une fois l'eau remplit le bassin de stockage qui est situé sur le point le plus haut du jardin (Guemoun), l'irrigation s'effectue par gravité (fig. 3.18). Une fois les jardins sont irrigués, les eaux de drainage sont récupérées dans la dépression (sebkha) qui se trouve dans la partie la plus basse (fig. 3.19). L'originalité du réseau de Zaouiet Kounta se trouve au niveau des petits bassins de décantation pour permettre aux particules sableuses de décanter. Avec des petits moyens mécaniques, les agriculteurs peuvent nettoyer le réseau (fig. 3.20 et 3.21). Afin de faciliter le déplacement des individus et les animaux, le réseau est équipé par des systèmes en U (fig. 3.22).

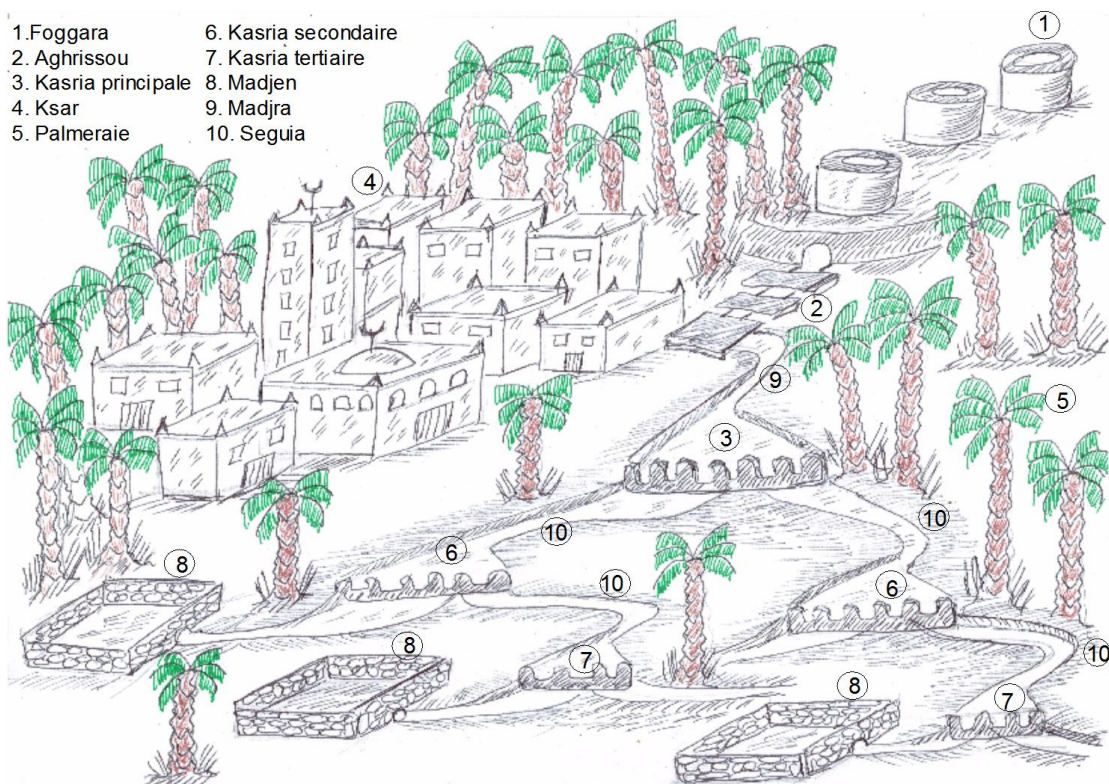


Fig. III.11. Schéma du réseau de distribution d'une foggara d'oasis de Zaouiet Kounta (Remini, 2016)



**Fig. III.12. Kasria Lakbira de la foggara d'Admer (Kantoui, 2016)**



**Fig. III.13. Seguia principale d'une foggara de l'oasis d'Admer (Kantaoui, 2016)**



*Fig. III.14. Une kasria secondaire d'une foggara de l'oasis De Bouali de la commune de Zaouiet Kounta (kantaoui, 2016)*



*Fig .III.15. Seguia Tertiaire d'une foggara de Zaouiet Kounta (Kantaoui, 2016)*



**Fig. 3.16.** Madjen d'une foggara dans l'oasis de Zaouiet Kounta (kantaoui, 2016)



**Fig.3.17.** Kasria tertiaire d'une foggara de l'oasis Zaouiet Kounta (kantaoui, 2016)



**Fig. III.18. Un jardin (Guemoun) dans l'oasis de Zaouiet Kounta (kantaoui, 2016)**



**Fig. III.19. Lieu de rejet des eaux de drainage dans la sebkha de Zaouiet Kounta (kantaoui, 2016)**



**Fig. III.20. Bassin de décantation dans le réseau de distribution  
D'une foggara de l'oasis de Tabrkant (kantaoui, 2016)**



**Fig. III.21. Bassin de décantation dans le réseau d'irrigation d'une foggara  
Dans l'oasis de Bour de Zaouiet Kounta (kantaoui, 2016)**



*Fig. 3.22. Tube en U dans le réseau d'irrigation  
Dans l'oasis dz Zaglo de Zaouiet Kounta (kantaoui, 2016)*

### III.4. Hydrométrie des foggaras de Zaouiet Kounta

Le dimensionnement des ouvertures des kasriates est fonction des parts d'eau de chaque propriétaire de la foggara. La quantité d'eau attribuée à chaque abonné dépend de sa contribution dans le creusement et l'entretien de la foggara. Cependant pour quantifier les parts d'eau, la population ksourienne a inventé un outil ancestral de mesure des débits appelé Hallafa (fig.3.23). Il s'agit d'une plaque en cuivre de forme rectangulaire dont les dimensions varient d'une région à l'autre. C'est ainsi que la longueur de la Hallafa de la Zaouiet Kounta varie de 50 cm à 80 cm et la largeur varie de 10 à 13 cm. Elle est trouée de plusieurs ouvertures de forme circulaire rectangulaire et ovoïde de différentes dimensions. Les oasisiens ont inventé leurs propres unités de mesure de débits. C'est ainsi que la Habba est l'unité principale du débit. Le kirat et kirat kirat sont les sous multiples de Habba. La Habba d'oasis de Zaouit Kounta est égal à 3 l/min. Le technicien qui effectue les mesures de débits s'appelle le Kial El Ma, il est considéré comme le génie de l'oasis (fig. 3.24). C'est la personne la plus demandée après l'imam par la population. Le principe de mesure des débits est basé sur la théorie des écoulements par les orifices. Il suffit de compter le nombre de trous ouverts une fois le niveau est stabilisé. Pour obtenir un niveau stationnaire du plan d'eau, le Kial el Ma, doit jouer sur la fermeture et l'ouverture des trous à l'aide de l'argile jusqu'à l'obtention d'un écoulement uniforme (fig. 3.25) (Remini, 2014). A partir de cet instant, le Kial El Ma compte le nombre de

trous ouverts. L'inscription s'effectue directement dans le registre appelé le Zemmam qui doit rester uniquement chez lui. C'est un document confidentiel.



*Fig. III.23. Hallafa de l'oasis de Tazoult (Auteurs, 2016)*



*Fig. III.24. Kial el Ma Harma Boubaker Ben Lahcen de l'oasis Tazoult (kantaoui, 2016)*



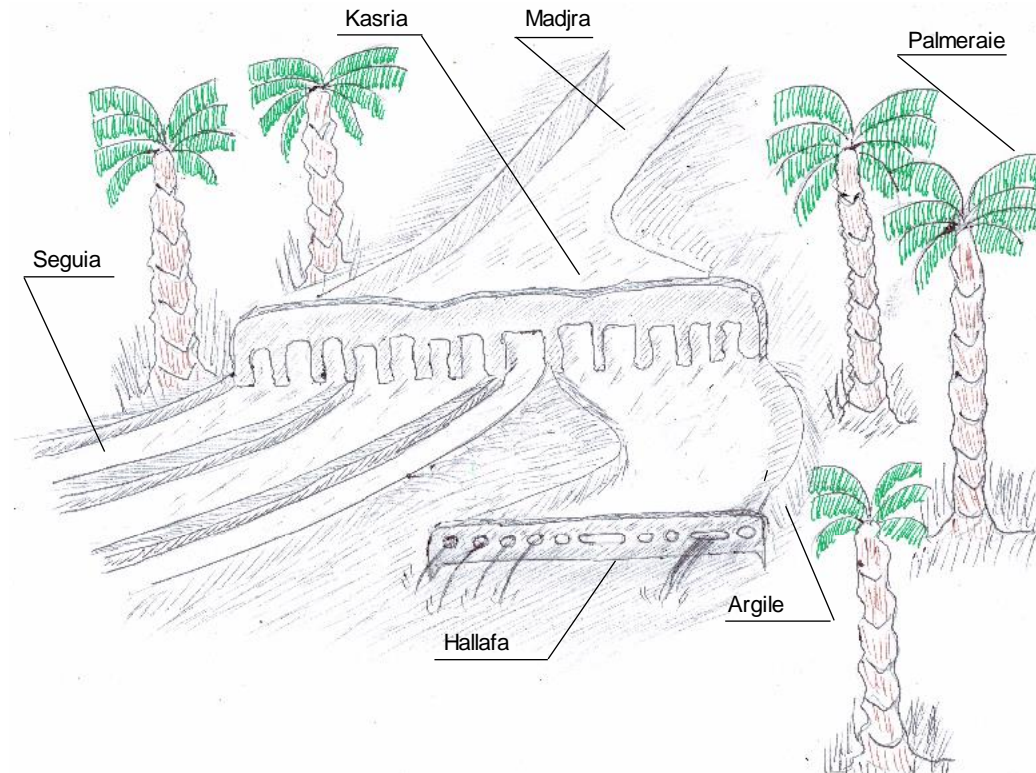


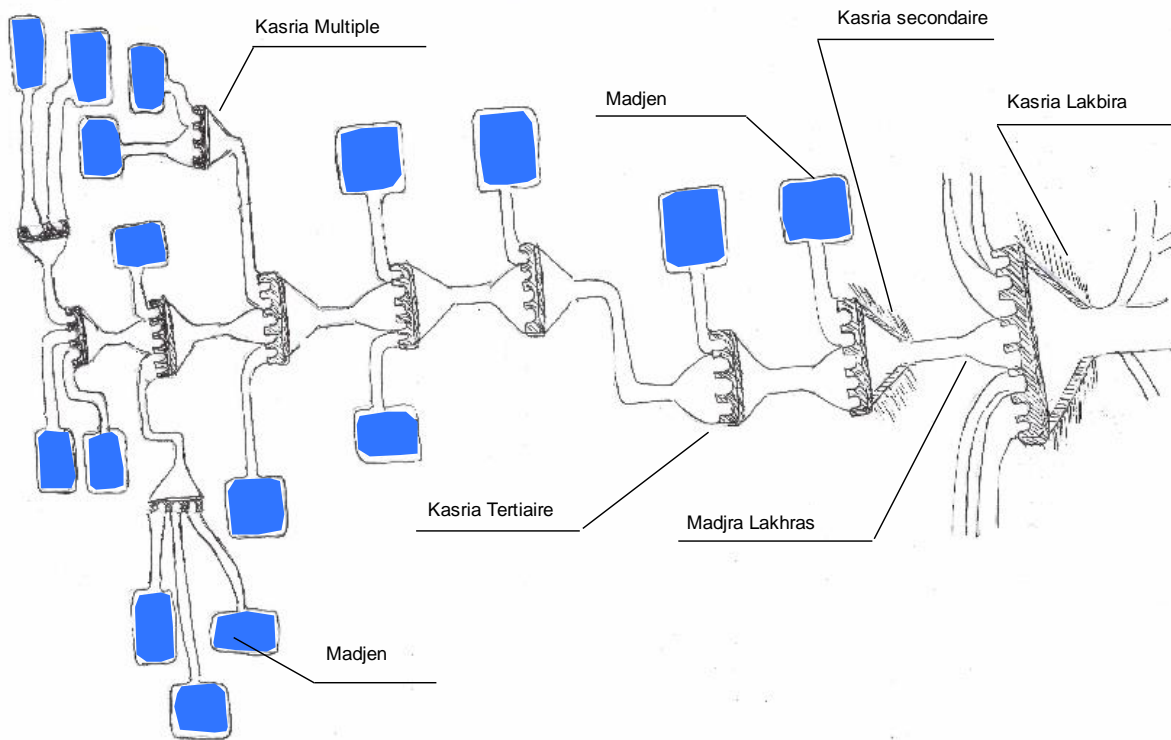
Fig. III.25. Schéma synoptique de placement de la Hallafa lors d'une opération de débits (Reùini, 2016)

### III.5. Quelques exemples du réseau de distribution de l'eau des foggaras dans les oasis de Zaouiet Kounta

Le réseau de distribution des eaux des foggaras des Oasis de Zauiet Kounta est le réseau le plus complexe des régions de Touat. Il est constitué de plusieurs kasriates de différentes dimensions, des Madjens et des kilomètres de seguias. L'originalité de ces réseaux réside dans l'existence des bassins de décantation dans certains réseaux. Nous présentons dans ce qui suit quelques cas de réseaux.

#### III.5.1. Réseau de distribution de la foggara d'Admeur (Faguaguirs Admeur)

Unique dans les régions de Touat et de Gourara, le réseau distribution de la foggara est le plus le plus compliqué des réseaux de Touat (fig. 3.26). Huit foggaras sont connectées dans la kasria Lakbira de la foggara d'Admeur. Cinq Madjra sortent du répartiteur principal destinés à irriguer les jardins des cinq grandes familles. Comme le montre la figure un seul Madjra celui Lakhras est composé de 10 kasriates de différentes dimensions, de 16 Madjens de dimensions de  $3 \text{ m}^2$  jusqu'à  $9 \text{ m}^2$ . Ces Madjens sont reliés par des milliers de mètres à partir des kasriates.



**Fig.III.26.** Schéma du réseau de distribution du Madjra Lakhras de la foggara d'Admeur (Auteurs, 2016)

### III.5.2. Réseau de distribution de la foggara Mouss Malek dans l'oasis Tabarkant

Située dans l'oasis de Tabarkant appartenant à Mouss Malek, une petite foggara mais possédant un complexe réseau d'irrigation constitué de 13 kasriates (principale, secondaire, tertiaires et multiples), 14 Madjens et plusieurs kilomètres de seguias (fig. 3.27). Le Réseau a été conçu pour alimenter les jardins d'environ 20 propriétaires de la foggara. Ce réseau contient un petit bassin de décantation des particules a été creusé au milieu d'une seguia pour éviter l'ensablement d'une kasria.

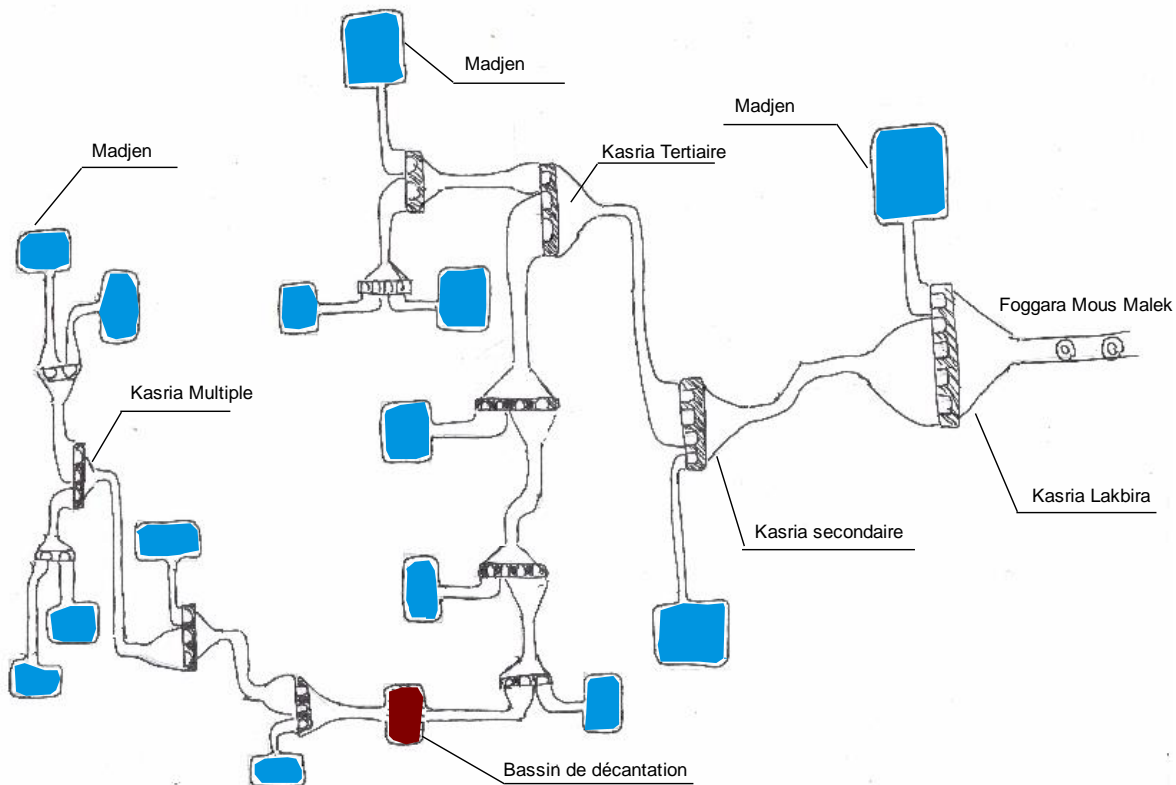


Fig.III.27. Schéma du réseau de distribution de la foggara Mouss Malek dans l'oasis de Tabarkant (Remini, 2016)

### III.6. Evolution des foggaras dans les oasis de Zaouiet Kounta

Depuis plus de 9 siècles, les oasisiens exploitaient les eaux de la nappe du continental Intercalaire par le biais des foggaras. La population ne savait pas qu'elle était entraînée d'irriguer avec les eaux de la plus grande nappe de la planète. Elle se trouve sous le sol du plateau de Tadmait qui représente pour ce système hydraulique un véritable château d'eau naturel. L'inventaire effectué par Gambes en 1932 (Ref) a donné une 160 foggara en service qui irriguaient des jardins d'une superficie de 1024 ha avec un débit  $Q=17773$  l/min. L'agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH) a réalisé entre 1998 et 2001, le premier inventaire des foggaras dans les régions de Touat et Gourara. Le nombre de foggaras est passé de 160 foggaras en 1932 à 106 foggaras en 1998, soit 54 foggaras abandonnées durant plus d'un demi-siècle. En 2011, l'Agence Nationale des Ressources Hydriques a réalisé son deuxième inventaire des foggaras dans les mêmes régions.

Environ 300 foggaras ont été creusées durant 9 siècles et seulement 99 foggaras sont en service selon l'inventaire de 2011. Par contre selon l'ANRH, seulement 70 foggaras sont restées en service mais avec un débit très faible en 2015. Durant l'année 2016 et dans le cadre de notre étude, nous avons effectué trois missions dans les oasis de Zaouiet Kounta. Nous avons parcouru toutes les oasis à la recherche des foggaras qui soutirent encore de l'eau de la nappe du Continental Intercalaire. Nous avons recensé plus exactement 105 foggaras dans 37 sont encore en service. Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau 1.

Tableau 1. Foggaras inventoriées en 2016 dans les oasis de Zaouiet Kounta(Auteurs, 2016)

N°	Oasis	Nombre de foggaras	
		Vivantes	Mortes
1	Zaglo Larab	03	02
2	Zaglo Mrabtine	02	03
3	Bougazdad	02	02
4	Zaouiet Chikh	01	10
5	Bouali	02	06
6	Zaouit Kounta	06	06
7	Tazoult	04	06
8	Menaci	02	02
9	Mekkid	00	04
10	Adrour	02	06
11	Tabrkant	02	04
12	Admer	03	05
13	Takhfif	07	05
14	Aghram Amellal	01	05

### III.6. La grandeur de l'ouvrage hydraulique de la foggara dans les oasis de Zaouiet Kounta

Sur la base des mesures effectuées par l'Agence Nationale de Ressources Hydriques lors de la campagne d'inventaire des foggaras en 1998 dans les régions de Touat et Gourara, les caractéristiques de 106 foggaras en service sont représentés dans le tableau 2.

Tableau 2. Caractéristiques des foggaras de l'oasis de Zaouiet Kounta (données ANRH)

Nombre de foggaras	Longueur totale des foggaras (km)	Nombre de puits d'aération	Débit total des foggaras (l/s)
106	220	12300	250

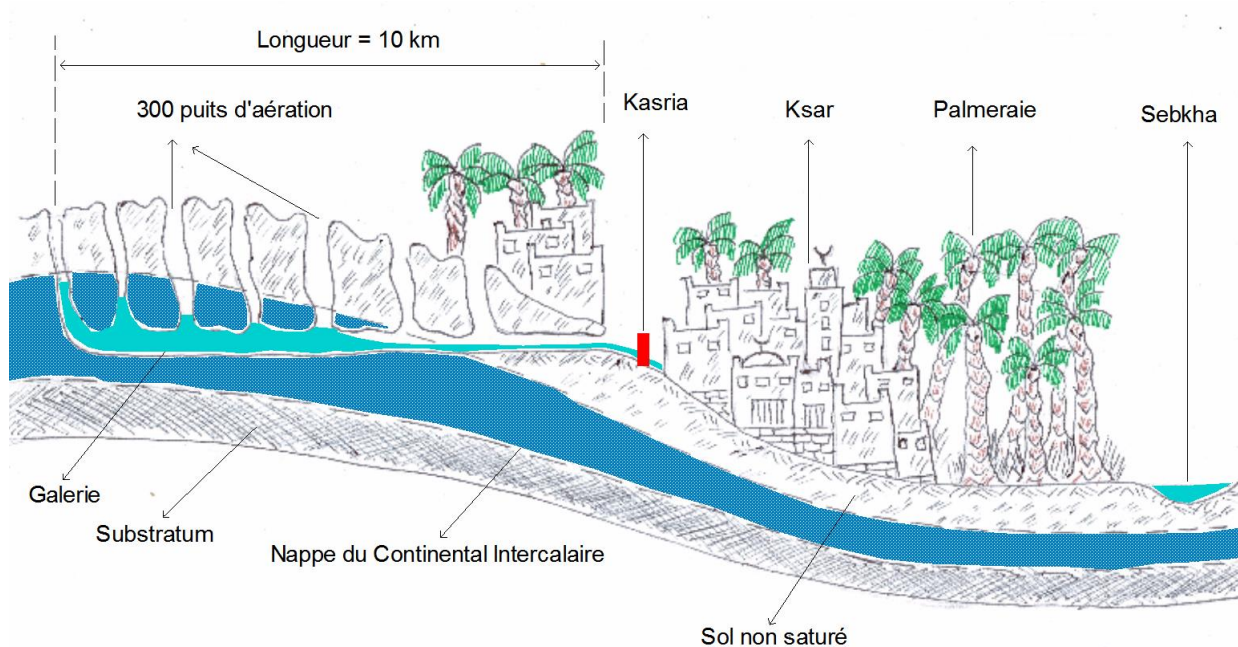
Il est intéressant de constater l'ampleur de ces ouvrages hydrauliques réalisés dans des conditions climatiques assez difficiles. Une galerie dans le sous sol d'une longueur dépassant les 200 km, avec une section moyenne de 1,20 m de hauteur sur 0,8 m de largeur ; une ouverture qui permet à l'homme d'accéder pour nettoyer le fond. Inimaginable, plus de 12300 puits d'aération ont été creusés avec des profondeurs variant entre 2 m et 35 m avec des moyens matériels rudimentaires (pioche, corde, poulie...). Un volume de terre estimé à 217000 m<sup>3</sup> a été évacué.

### III.7. Quelques foggaras qui ont contribué au développement des palmeraies

#### III.7.1. La foggara de Taouragh dans la palmeraie de Zaglou Larab

Considérée comme la plus grande foggara des oasis de Zaouiet Kounta, la foggara de Taouragh qui alimenté en eau l'oasis de Zaglou Larab possède une galerie de longueur égale à 10 km. Equipée de plus de 300 puits d'aération. La profondeur de ces puits passe

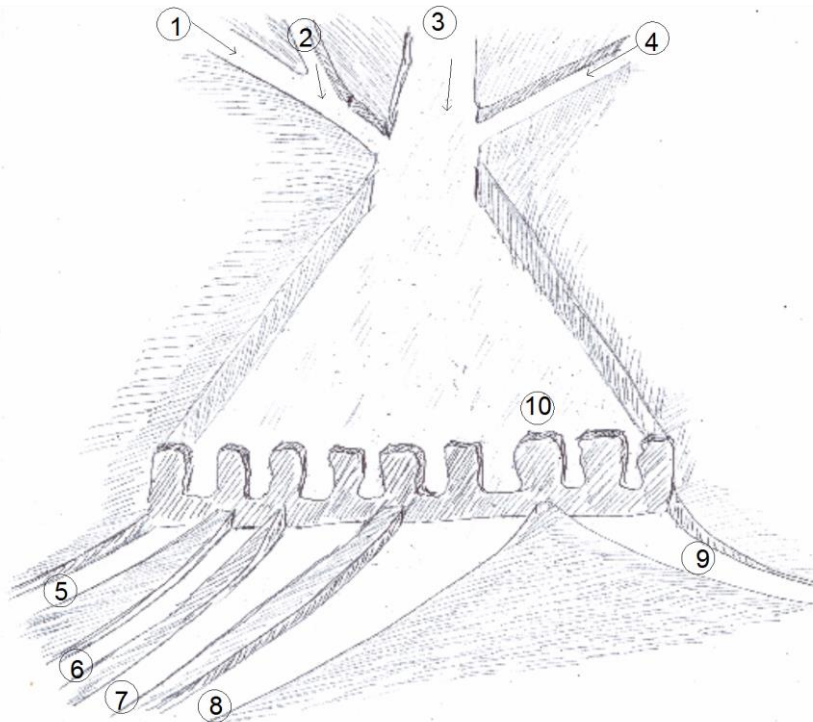
de 2 à 30 mètres de l'aval à l'amont. Le creusement d'une foggara de cette envergure a nécessité l'extraction d'un volume de déblais de 12300 de m<sup>3</sup>. Le débit mesuré en 1998 ne dépassait pas les 0.25 l/s. Aujourd'hui cet ouvrage de grande envergure est à sec. (fig. 3.28).



*Fig. III.28. Schéma synoptique d'une ciopu longitudinale de la foggara Taouragh (Auteurs, 2016)*

### III.7.2. Foggara Oulad Ahmed

Appelée faguaguirs Admer, le foggara Ouled Ahmed se compose de 8 foggaras qui se rencontrent dans une seule kasria. Une connexion de 8 foggaras entre elles est unique dans toute la région de Touat. La galerie de la foggara principale présente une longueur de 3 km équipée de 280 puits d'Aération. Elle donne un débit de 7 l/s (selon l'ANRH) pour irriguer la palmeraie d'Admer (fig. 3.29 et 3.30). Aujourd'hui sur les huit foggaras il reste uniquement 3 foggaras pérennes mais avec un faible débit d'eau.



1. Foggaras Tagui, Aglou et El Ghazi (foggars mortes)
2. Foggara Laabid (foggara pérenne)
3. Foggara Admer (Foggara Lakbira)
4. Faguaguirs Madjra Lakbir (Foggaras : Kahki, Oued Abla, Tanfa et Aguelouam)
5. Madjra Adjelouane
6. Madjra Ksar
7. Madjra Laghras
8. Madjra Bakhti
9. Madjra Benssedik
10. Macht

Fig. III.29. Schéma synoptique de la kasria lakbira de la foggara d'Admer (Remini, 2016)

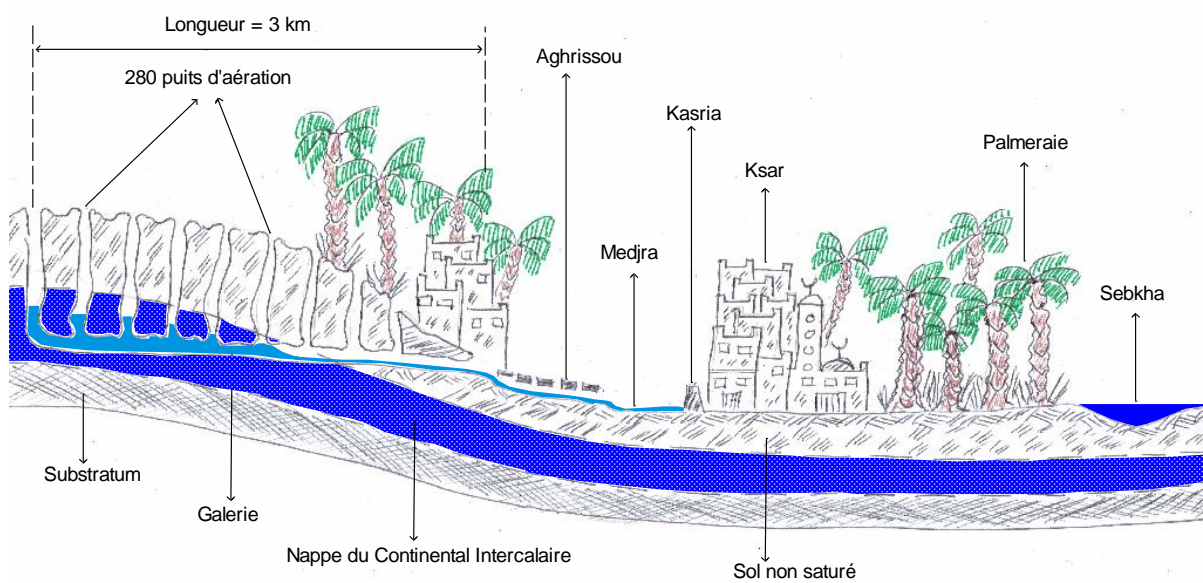
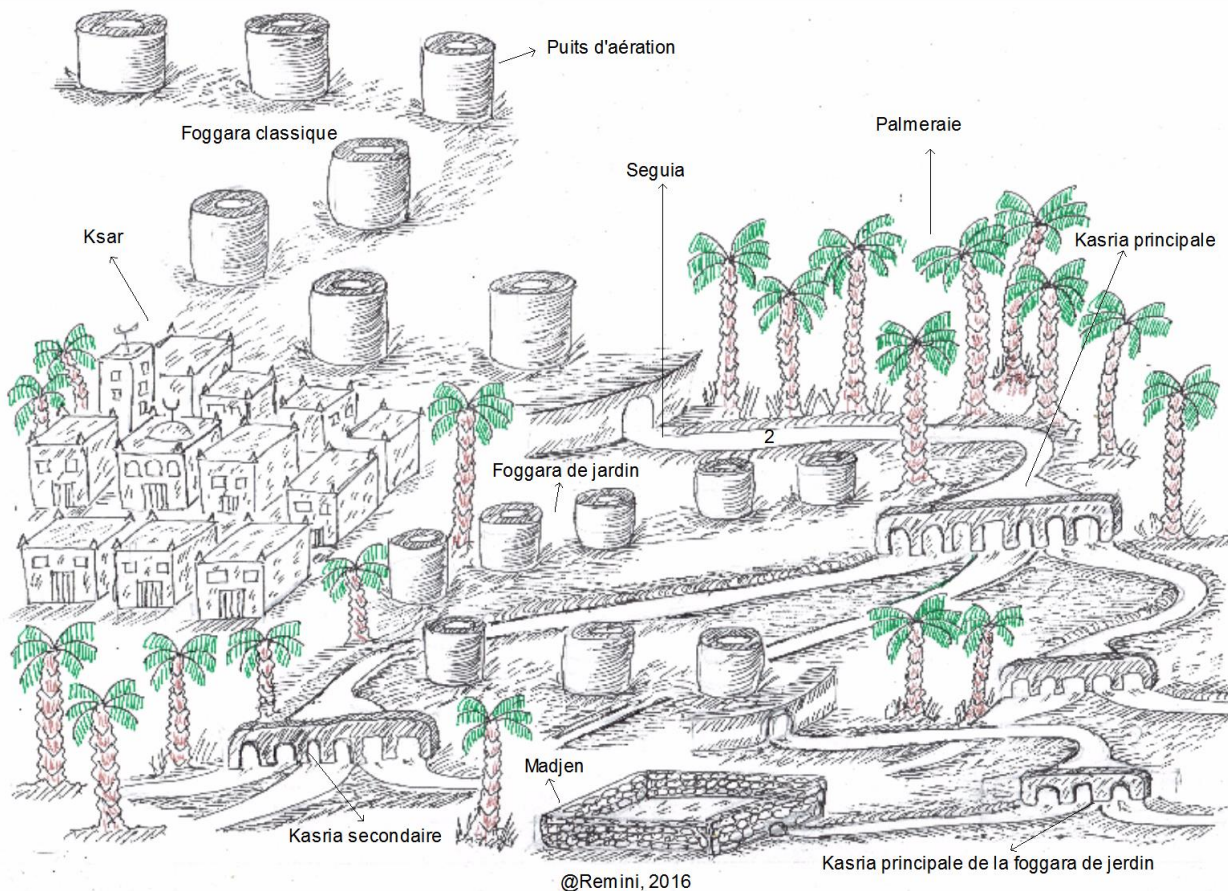


Fig. III.30. Schéma synoptique de la coupe longitudinale de la Foggara d'Admeur (Remini, 2016)

### III.8. La foggara de jardin : Une originalité dans les oasis de Zaouiet Kounta

C'était pour nous une découverte de rencontrer une petite foggara dans la palmeraie de Lakhras de Zaouiet Kounta. Appelée foggara Hamou Ali Lahcen et ressemble bien à celle décrite par Remini et al (2014) dans la palmeraie de Timimoun (fig. 3.31 et 3.32). D'une galerie de longueur de 400 m, la foggara Hamou Ali Lahcen est équipée de 50 puits d'aération de profondeur moyenne de 10 m (fig. 3.33). Appelée foggara de jardin comme son nom indique (Remini et al. 2014), elle est destinée uniquement à l'irrigation. Ce type de foggara a été creusé dans des conditions un peu particulières. Le retour d'irrigation, les fuites de la galerie (tronçon de transport et les pertes d'eau du réseau de distribution) sont drainés jusqu'à la sebkha (dépression). Grâce à leur génie, certains oasisiens qui n'ont pas une part d'eau d'une foggara de la foggara classique s'installent tout en aménageant une partie du terrain située entre la palmeraie et la sebkha. Ce type de foggara collecte les eaux de drainage avant d'atteindre la sebkha. L'inventaire effectué par l'agence nationale des Ressources hydriques en 1998 a donné un débit de la foggara égale à 0.2 l/s, une quantité non négligeable qui provient seulement des eaux drainées. Généralement, ce type de foggara appartient à une ou à deux propriétaires. Donc son réseau de distribution se limite à deux seguias de deux dimensions différentes et une seule kasria à deux ouvertures (fig.3.34 et 3.35). Aujourd'hui cette foggara a complètement disparu et elle est même sous la terre et le sable.



**Fig.III.31. Schéma synoptique d'une foggara de jardin dans une oasis (Remini, 2016)**

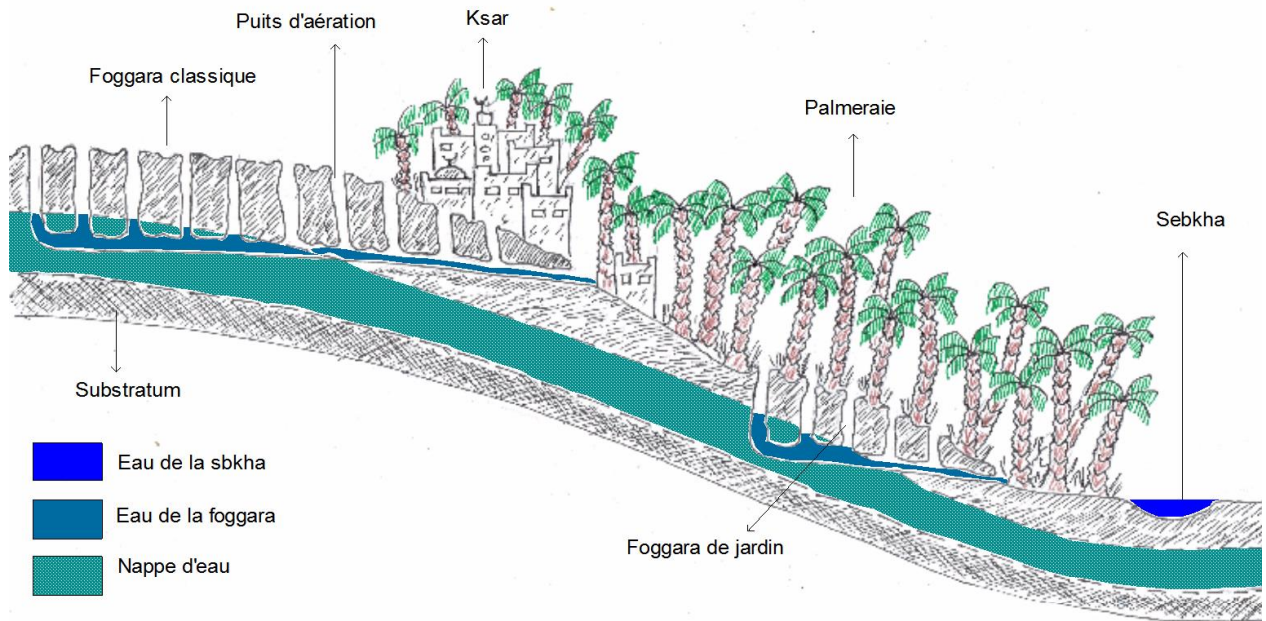


Fig. III.32. Schéma d'une coupe longitudinale d'une foggara de jardin dans une oasis (Auteurs, 2016)

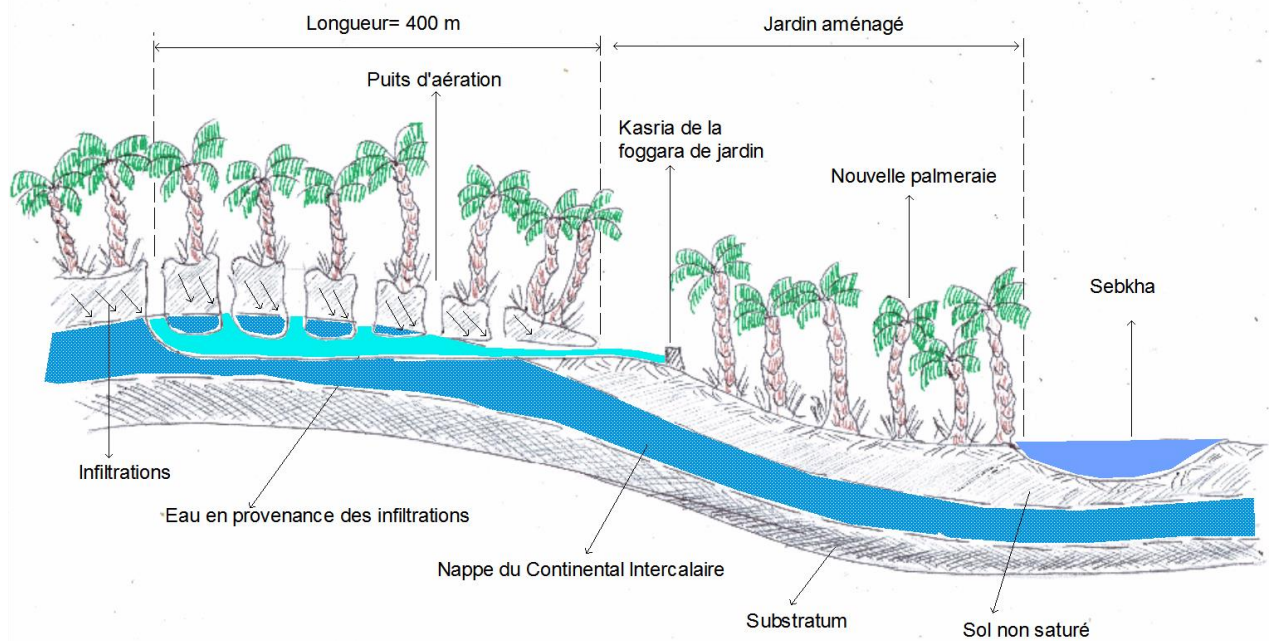


Fig. III.33. Schéma d'une coupe longitudinale d'une foggara de jardin foggara Hamou Ali Lahcen dans les oasis de Zaouiet Kounta (Auteurs, 2016)





Fig. III.34. Kasria de la foggara Hamou Ali Lahcen (kantaoui, 2016)

Nous avons relevé 14 petites foggaras qui étaient en exploitation dans les oasis de Zaouiet Kounta. Elles sont de faibles dimensions ne dépassant pas 1 km qui ont été creusées à l'aval des jardins avant d'atteindre la sebkha. Elles sont destinées à récupérer les eaux de drainage ou bien les retours d'irrigation. D'un débit appréciable, ces foggaras appelées par Remini et al, (2014) les foggaras de Jardin. Ces petits ouvrages sont caractérisés par la faible profondeur des puits d'aération (profondeur moyenne égale à deux mètres). Le réseau de distribution est généralement caractérisée par une petite kasria à deux ou à trois ouvertures permettant ainsi le partage de l'eau entre deux à trois propriétaires. Le tableau rassemble les 14 petites foggaras d'une longueur totale de 10 km drainant un débit total de 7l/s à la fin des années 90.

Actuellement, ces foggaras sont asséchées et ne fonctionnent plus. L'existence de tels ouvrages montre le génie des oasisiens. Ceci prouve qu'aucune goutte d'eau ne se perd. Toute est planifié.

Tableau. III.3. Caractéristiques des foggaras de jardin dans les oasis de Zaouiet Kounta (source ANRH, 1998)

Nombre des foggaras	Débit total (l/s)	Longueur de galerie (Km)	Nbre de puits
14	3	5,5	270

## Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons examiné les foggaras des oasis de Zaouiet Kounta. Durant la période : 1960-1998, environ 54 foggara ont été asséchées et abandonnées. Seulement, 106 étaient en service. En 2011, ce chiffre a été revu à la baisse puisque le nombre des foggaras pérennes avoisine 99. En 2015, il ne rester que 70 foggaras en service. En 2016, nous avons recensé sur le terrain 36 foggaras en service. L'originalité de cette étude réside dans la découverte d'une foggara de Jardin qui une pure invention locale. Localisée à l'intérieur des jardins pour récupérer les eaux de drainage et de les réutiliser dans l'irrigation des jardins qui se trouvent à la frontière de la palmeraie.

# **CHAPITRE IV :**

## **APPORT DES TECHNIQUES NOUVELLES D'IRRIGATION DANS LES OASIS DE ZAOUJET KOUNTA**

## Chapitre IV

# APPORT DES TECHNIQUES NOUVELLES D'IRRIGATION DANS LES OASIS DE ZAOUJET KOUNTA

## Introduction

Nous examinons dans ce chapitre, les conséquences directes ou indirectes sur les foggaras par l'introduction des forages dans les oasis de Zaouiet Kounta. Que se soit les forages collectifs de renforcement des foggaras, les forages individuels dans les jardins et les grandes surfaces irriguées par le système de pivots.

### IV.1. Des forages collectifs pour renforcer les foggaras

L'idée est bonne qui consiste à augmenter le débit d'irrigation par un nouveau système (forage), tout en utilisant le réseau de distribution de la foggara pour que l'eau arrive chez les abonnées. Environ cinq expériences ont été faites dans les oasis de Touat et Gourara selon l'inventaire de 1998-2002 réalisé par l'ANRH. Trois cas ont été expérimentés dans les oasis de Zaouiet Kounta. Deux foggaras de l'oasis de Tilouine ont été renforcées par des forages. Lors de notre mission de travail de Mars 2016 dans l'oasis de Bouzegdad, nous avons recensé un sixième cas. Il s'agit de la foggara de Tifarkhatine dans l'oasis de Bouzegdad qui a été renforcée par un forage suite à la chute de son débit qui était de 4l/s selon les mesures faites par l'ANRH en 1998. La mise en service d'un forage pour l'Alimentation en eau potable de la commune de Zaouiet Kounta a provoquée le rabattement de la nappe. Pour remplacer le déficit en eau de la foggara, les oasiens ont réalisé un forage collectif qui déverse directement dans la Madjra avant la kasria principale (fig. 4.1, 4.2, 4.3 et 4.4). Une solution qui peut garder l'irrigation collective et les liens sociaux entre les oasiens. L'écoulement aura lieu dans le réseau uniquement pendant la durée de l'irrigation. Cependant, cette nouvelle version de la foggara ne remplacera jamais la foggara initiale qui avait un écoulement continue dans la palmeraie.

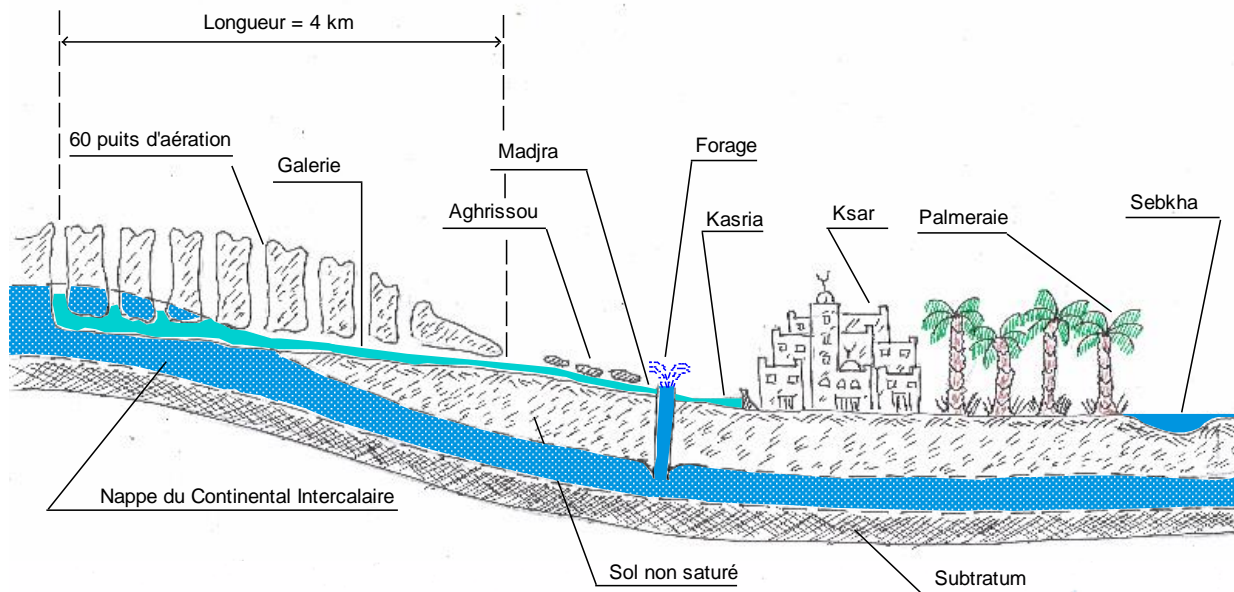


Fig. IV.1. Schéma d'une coupe longitudinale de la foggara Tifarkhatine dans l'oasis de Bouzegdad (Remini, 2016)

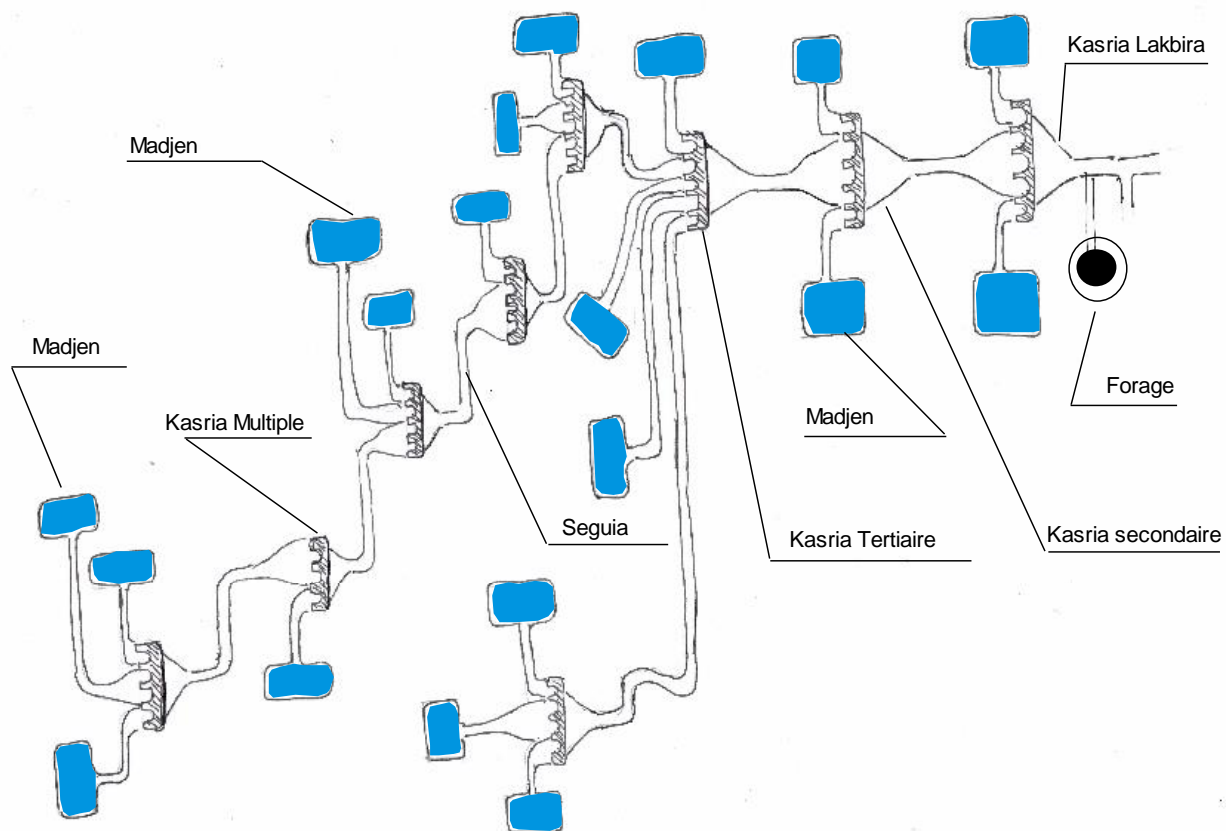


Fig. IV.2. Réseau de la foggara de Tifarkhatine renforcée par un forage dans l'oasis de Bouzgrad (Remini, 2016)



*Fig.IV.3. Raccordement d'un forage dans la seguia de la foggara de Bouzegdad(kantaoui, 2016)*



*Fig. IV.4. Kasria Lakbira de la foggara de Bouzegdad renforcée Par un forage(kantaoui, 2016)*

## **IV.2. Des pompes émergées dans les oasis de Zaouiet Kounta**

Dans les oasis de Zaouiet Kounta, des puits à pompes émergées ont été introduites durant les années soixante dix. C'est ainsi que dans l'oasis d'Azoua, la foggara de Bouglada dont le débit a subit une chute pour atteindre la valeur de 0.2 l/s, ce qui a encouragé à équiper un puits de la foggara par une pompe émergée. A titre individuel, au vu de l'assèchement de plusieurs foggaras et la diminution du débit des foggaras, quelques agriculteurs ont équipé des puits individuels par des pompes émergées. Une nouvelle ère est rentrée dans les oasis de Zaouiet Kounta : les agriculteurs abandonnent la foggara au détriment du forage. En dehors des anciennes palmeraies, des petites exploitations agricoles ont vu le jour. Des petites entreprises ont fait leur apparition dans la région de Touat. Le creusement d'un puits d'une hauteur de 50 à 80 m se fait sans obstacle à la simple demande du concerné (fig. 4.5).



a) Forage d'une profondeur de 60 m



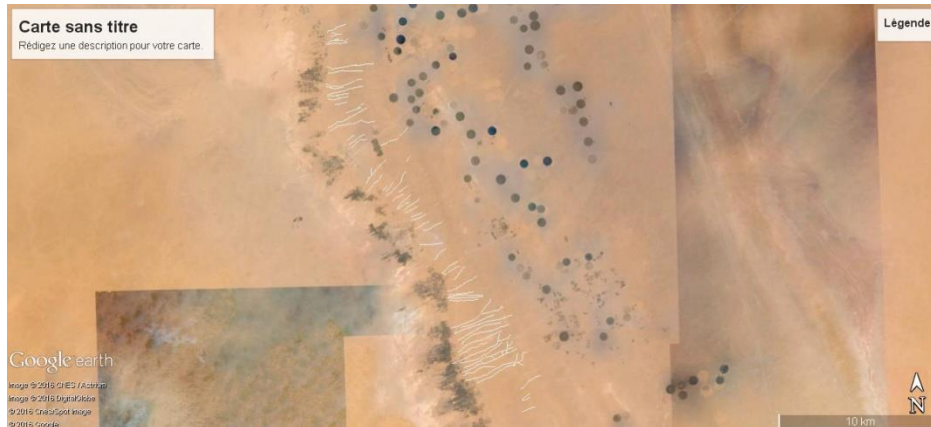
b) Essai d'un forage

Fig. IV.5. Réalisation des forages individuels dans l'oasis de Zaouiet Kounta (kantaoui, 2016)

### IV.3. L'irrigation des grands périmètres et l'irrigation ancestrale par la foggara : le conflit

Au début des années 80 et suite à la loi de 1983 donnant le droit à l'exploitation agricole de nouvelles terres après leurs mises en valeur. Soit plus de 110000 ha de terres ont été attribuées aux nouveaux agriculteurs. Cette nouvelle situation a nécessité plus de 300 forages (Dubost et Moguedet, 1998). En 2004, plus de 400 forages ont été réalisés dans la région de Touat selon la Direction d'Agriculture de la wilaya d'Adrar. Plus de 115 forages réalisés uniquement les oasis de Zaouiet Kounta depuis le début des années soixante dix pour une profondeur moyenne de 150 m. Destinés à l'irrigation, les forages captent les eaux de la nappe du Continental Intercalaire. Aujourd'hui, environ 44 forages sont en service avec un débit d'exploitation de 1300 l/s. Des centaines d'hectares situées à l'amont des foggaras sont irrigués par des rampes d'irrigation par aspersion pivotantes. Aujourd'hui, uniquement dans la région de Zaouiet Kounta, plus de 75 pivots sont en service (fig. 4.6, 4.7 et 4.8). Cette nouvelle situation a provoqué un déséquilibre de la nappe. En se basant l'inventaire des foggaras effectué en 1998 par l'Agence Nationale des Ressources Hydriques, les 106 foggaras recensées dans les oasis de la Zaouiet Kounta d'une longueur totale de 220 km produisent un débit de 250 l/s. Comparés aux 44 forages qui soutirent un débit de 1300l/s, soit 5 fois la quantité des foggaras. En plus si on prend l'exemple de la foggara qui draine le plus grand débit de toute la région des Zaouiet Kounta. Il s'agit de la foggara de Boughiol el Kebir d'une galerie de longueur de 3 km située dans l'oasis de Zaglou Merabtine qui draine un débit de 12,5 l/s. Dans la

même région un forage de 150 m soutire 25 l/s, soit le double. Une telle différence d'extraction de débit la nappe du continental Intercalaire provoquera surement un rabattement important de la nappe. D'ailleurs, selon Dubost et Moguedet (1998), le prélèvement de la nappe Albienne dans la région de Toaut est passé de 0.05 l/s/hab 1960 à 0.08 l/s/hab en 2005, ce qui a donné comme conséquences un rabattement des niveaux piézométriques qui se répercutent à court terme sur le débit des foggaras. Il est à préciser que l'Agence Nationale des Ressources hydriques a enregistré dans les oasis de Zaouiet Kounta des rabattements de la nappe qui varient de 6 à 50 m.



**Fig. IV.6. Foggaras et Pivots cote à cote dans la region de Zaouit Kounta (source Google Earth)**



**Fig.IV.7. Une vue d'une rampe d'irrigation par aspersion pivotante dans un périmètre irrigué de la Zaouirt Kounta (kantaoui, 2016)**



*Fig. IV.8. Forages et pivot par aspersion au service de la production de la culture des céréales à grande échelle. (Auteurs, 2016)*

#### **IV.4. Les forages d'Alimentation en eau potable dans la region de Zaouiet Kounta**

L'apport des forages profonds généralement destinés à l'alimentation en eau potable de la commune de Zaouiet Kounta a beaucoup influé sur le débit des foggaras. C'est ainsi que l'exploitation de la nappe a beaucoup contribué au rabattement de la nappe ces 20 dernières années. La baisse du niveau piézométrique a diminué la longueur de drainage des foggaras, ce qui a contribué à la diminution du débit des foggaras et à l'assèchement de plusieurs foggaras. Zaouiet Kounta est l'oasis la plus touchée par ce problème dans toute la région de Touat.

Dans la commune de la Zaouiet Kounta, il existe 13 forages profonds exploitants la nappe du Continental Intercalaire. Avec un débit de 320 l/s, ces forages sont destinés à l'alimentation en eau potable de la population locale. C'est durant la période : 1984-1996, que la totalité des forages ont été réalisés dont 6 forages ont été forés pour soutirer un débit de 280 l/s. Ceci a beaucoup influé sur la chute du débit des foggaras dans les oasis de la Zaouiet Kounta.



**Tableau IV.1. Forages exploitants la nappe du Continental Intercalaire qui sont destinés à l'alimentation en eau potable de la commune de Zaouiet Kounta (Données DHW Adrar)**

N°	Oasis	Prof (m)	Débit (l/s)	Etat actuel	Mise en service
1	Tazoult	0.00	2.00	Abandonné	1959
2	Zaouiet kounta	0.00	0.00	Abandonné	1960
3	Tiouririne	44.89	12.00	Exploité	1984
4	Zaglou	41.12	14.00	Exploité	1984
5	Zaouiet kounta	44.78	3.00	Exploité	1974
6	Zaglou	41.50	45.00	Exploité	1996
7	Zaouiet cheikh	43.63	40.00	Exploité	1987
8	Mekkid	48.80	11.00	Exploité	1991
9	Zaouiet kounta	40.31	45.00	Exploité	1992
10	Azoua	40.00	45.00	Exploité	1991
11	Menacir	44.15	45.00	Exploité	1991
12	Admeur-tazoult	37.28	45.00	Exploité	1992
13	Zaouiet kounta	45.83	10.00	Exploité	1982

Une vingtaine de foggaras sont menacées de disparaître sous l'effet du rabattement de la nappe. Ces foggaras sont situés à proximité des forages sur une distance comprise entre 25 m et 900 m (tableau 4.2). il est à signaler qu'effectivement le débit de la foggara de Touchen dans l'oasis de Zaouiet Kounta, a beaucoup diminué par la rabattement du niveau piézométrique de la nappe suite à l'exploitation du forage situé à 25 m de la foggara (fig. 4.9 et 4.10).

Tableau IV.2.Distance entre le forage et la foggara (Données ANRH, Adrar)

N°	Oasis	Foggara	Localisation du forage par rapport la foggara
1	Bou zegdad	Djemaa	Forage d'AEP à 500 m
2	Bou zegdad	El oued	Forage d'AEP à 600 m
3	Bouali	Ba guelman	Forage d'AEP à 150 m
4	Bouali	Ighzer	Forage d'AEP à 200m
5	Mekkid	Figuiguira	Forage D'AEP à 700 m
6	Mekkid	Ouled messaoud	Forage D'AEP à 250 m
7	Mekkid	Sabara	Forage entourée de plusieurs puits à 400 m
8	Zaglou merabtine	Abankour kebir	02 Forages d' AEP à 500m
9	Zaglou merabtine	Hadj el kheir	Forage d'AEP à 600 m
10	Zaglou merabtine	Takaraft bied	03 Forages 01 D' AEP ET 01 D'IRR 500/500 m
11	Zaglou merabtine	Takaraft bou hamed	02 Forages 01 D' AEP ET 01 D'IRR 500/500 m
12	Zaglou merabtine	Youcef ourghezir	03 Forages D' AEP 500/500 m
13	Zet blal	Bel hadj	Forage AEP à 400 m
14	Zet blal	Berra (barania)	Forage D'AEP à 400 m
15	Zet cheikh	Hadj yamina	Forage d'AEP à 500m
16	Zet cheikh	Oukani	Forage d'AEP à 300 m
17	Zet kounta	Mokhtar	Forage AEP 150 m, Forage AEP ZAGLOU 500 m.
18	Zet kounta	Ouarzel	Forage AEP 250 m
19	Zet kounta	Thalou	Forage d' AEP 900 m
20	Zet kounta	Touchen	Forage D'AEP à 25m
21	Zet kounta	ZAQUIET Malha moulay cheikh	Forage AEP 250 M

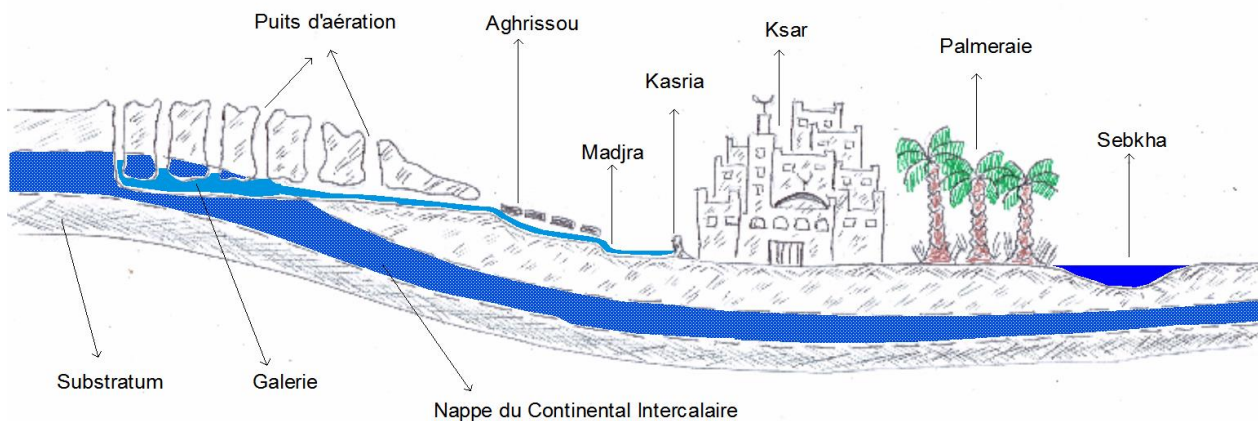


Fig. IV.9.Schéma de la nappe exploitée par la foggara à l'état naturel (Remini, 2016)

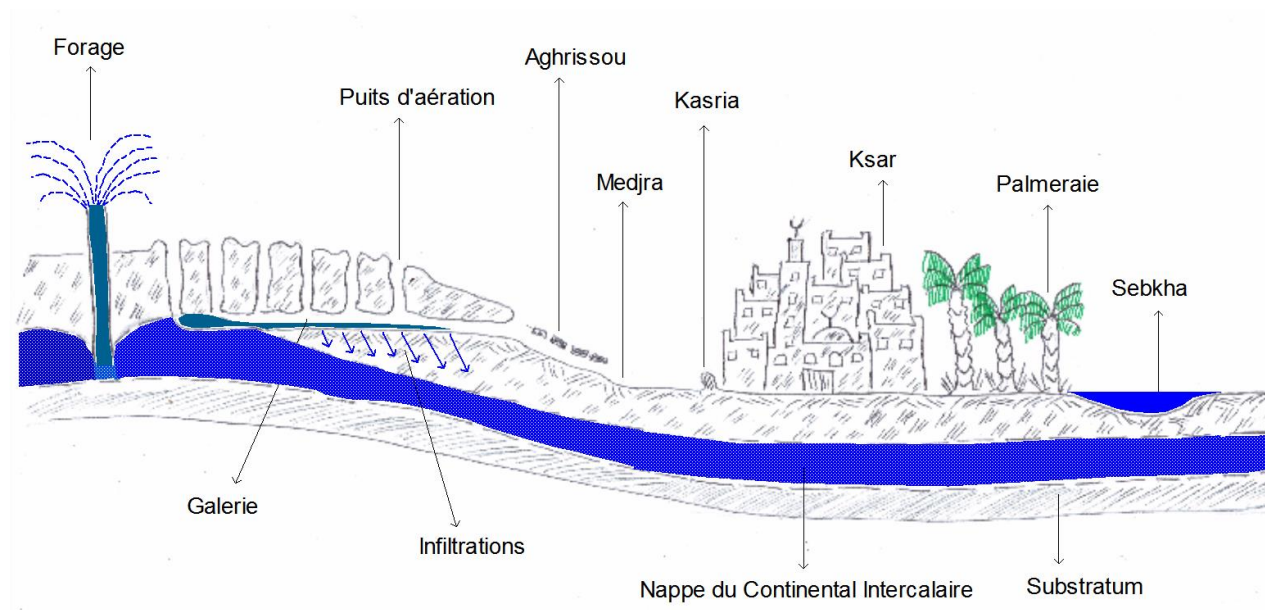
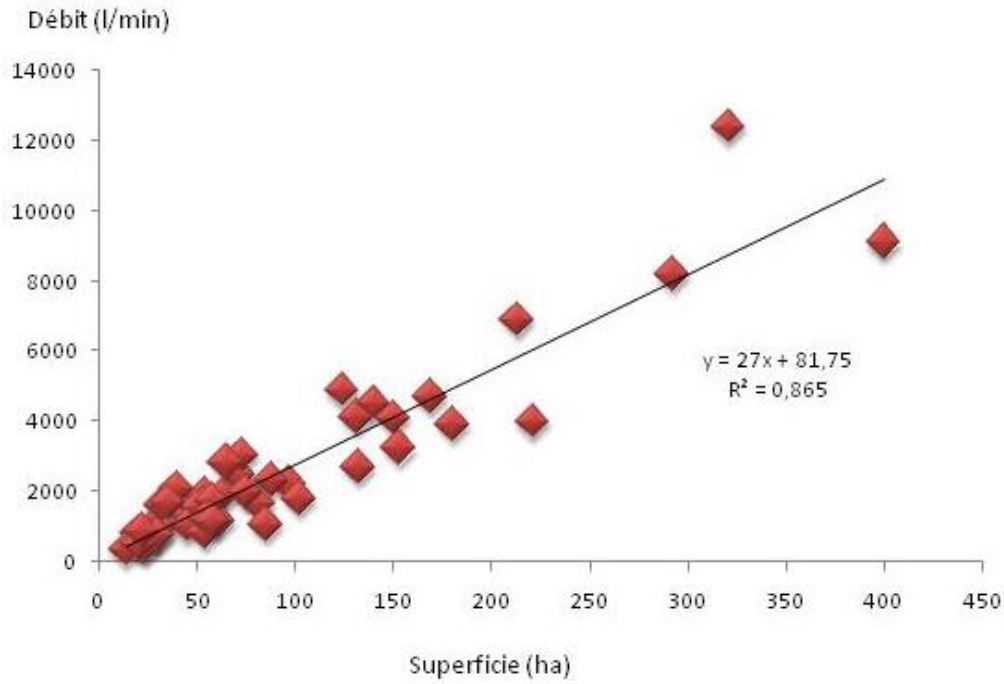


Fig. IV.10. Schéma d'une foggara dans la nappe est exploité conjointement avec un Forage (Remini, 2016)

#### IV.5. Discussion

Comme toutes les régions hyper arides de la planète, le Sahara est un écosystème fragile, la moindre perturbation provoquée par l'homme peut entraîner des conséquences néfastes sur l'environnement. Dans le sous sol du Sahara, il existe une des plus grande nappe de la planète : le Continental Intercalaire. Elle contient une eau fossile très ancienne et peu renouvelable selon les dernières recherches. Donc son exploitation doit se faire d'une manière progressive. Cependant, seuls nos grands pères ont compris la nature et leur milieu. Ils ont inventé la foggara qui permet de soutirer l'eau cachée dans le sous sol sans perturber l'environnement. Pour apporter plus de poids à cette hypothèse, nous avons tracé sur la figure 4.11 le débit des foggaras en fonction de la superficie de jardins à irriguer dans les oasis de Touat qui englobe les oasis de Zaouiet Kounta. Il est intéressant de constater qu'il existe une très bonne corrélation entre les deux paramètres. Ceci s'explique par fait qu'il n'ya ni surplus ni un déficit d'eau d'irrigation (Remini, 2014). Depuis dix siècles les oasiens exploitaient les eaux de la nappe du Continental Intercalaire sans qu'ils sachent l'immensité de l'acquière. Cependant, le soutirage modéré des eaux fossiles n'a jamais provoqué un déséquilibre écologique : c'est le génie Oasien. Contrairement aujourd'hui, avec l'apport de techniques modernes qui exploitent la nappe avec agressivité. Tous le monde connait aujourd'hui les conséquences de la nouvelle situation : Assèchement des foggaras (fig. 4.12), remontée des eaux, rabattement impressionnant de la nappe et salinisation des sols agricole.



**Fig. IV.11. Relation entre le débit d'une foggara et la superficie irriguée Dans les oasis de Touat en 1960 (Données Sofreten in Arrus, 1985)**



**Fig. IV.12. Assèchement de foggara de Mikkid (kantaoui, 2016)**

# **COUNCLUTION GENERALE**

---

## CONCLUSION GENERALE

Comme nous l'avons mentionné au début de cette étude que les palmeraies et les jardins de l'oasis de Zouiet Kounta étaient irriguées depuis plus de 9 siècles par le système des foggaras. Une durée très longue, ce qui justifié la réussite de cette technique. Le savoir faire sur les foggaras a été exporté sur 50 pays des régions arides de quatre continents de la planète (A l'exception de l'Australie) a partie de la région de sa découverte (Ancien Iran) (Remini et al, 2014). Si aujourd'hui, une centaine d'oasis et des milliers de palmiers dattiers existent toujours, c'est grâce à cet ancien système hydraulique. Plus de 9 siècles d'exploitation, l'écosystème de la région de Zaouiet Kounta reconnu comme un écosystème hyper aride et fragile n'a jamais été perturbé par l'«exploitation de la nappe du Continental Intercalaire grâce à une centaine de foggara. Le recensement de l'année 1998 des foggaras a précisé l'existence de 104 foggaras dans les oasis de Zaouiet Kounta. Les oasiens ont creusé une galerie totale d'une longueur égale 800 km et plus 1200 puits verticaux pour une longueur de 140 m. Un volume de 100 m<sup>3</sup> de remblais ont été excavés. Ceci est montre l'immensité d'un tel ouvrage hydraulique. Malheureusement que l'une des plus belles et la plus grande foggara des régions des Touat et Gourara aujourd'hui se trouve dans un état d'abandon.. Nous avons mis en évidence pour la première fois le raccordement de 8 foggaras dans une même kasria, c'est la foggara d'Admer. L'originalité de cette étude réside dans l'existence de 20 petites foggaras appelées les foggaras de jardin qui sont des foggaras destinées à l'irrigation. Elles sont alimentées par les eaux d'infiltrations et de lessivage et sont destinées à l'irrigation de nouvelles palmeraies aménagées antre la limites de l'ancienne palmeraie et la sebkha. Cependant, l'apport de techniques modernes a provoqué un dérèglement de l'écosystème ce qui provoqué un rabattement un de la nappe et par conséquent l'assèchement d'une dizaine de foggaras et le diminution du débit de 81 foggaras en exploitation. Au début, la population ksourienne a préféré l'installation des forages collectifs pour renforcer certaines foggaras en fonction comme la foggara. Dans une deuxième étape, l'irrigation individuelle s'est répondeue dans toutes les oasis de Zouiet Kounta. Des forages de profondeur moyenne de 80 mètres ont été forée dans tous les jardins. Dans la troisième étape au début des années 80 de nouvelles terres ont été valoriser de grandes superficies. Ces terres irriguées exigent de des quantités d'eau considérables. C'est la technique d'irrigation par pivot qui est utilisé actuellement. En plus, la croissance de la population locale et le développement socio économique de la région exigent un débit d'eau important. C'est ainsi que plus de 80 forages ont été réalisés ces 30 dernières années. Tous ces facteurs ont contribué à la dégradation de l'environnement et

---

l'assèchement des foggaras. D'autres problèmes ont fait apparition ces dernières années comme la salinisation des terres, la remontée de la nappe dans certains endroits de l'oasis.

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

Arrus, R. 1985. Water in Algeria, University Publications Office, 388 p.

Bensaada Mohamed • Boualem Remini, 2014. 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

Cherif, R., Boualem R, Saad H, 2014. Le devenir de la gestion traditionnelle des eaux après l'envahissement des systèmes modernes d'irrigation. Oasis de Boukais, Sud-ouest algérien. Cinq Continents 4 (10): 109-119

Kobori, I., 1982. Case studies of foggara oases in the Algerian Sahara and Syria ». Tokyo University, rapport n ° 2, 45 p.

Goblot H. 1979. Qanats: a technique for acquiring water. Paris , Mouton Editions, 231 pages.

Lightfoot D.R., 1996. Moroccan khattara : traditional irrigation and progressive dessiccation. Geoforum, vol. 27, n°2, pp. 261-273.

Remini B., Achour B., 2013. Les foggaras de l'Ahaggar : disparition d'un patrimoine hydraulique Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°14, Juin, pp. 149-159

Remini B. et Achour B., 2008. Vers la disparition de la plus grande foggaras d'Algérie : la foggara d'El Meghier. Revue Sécheresse (France) en 2008. Vol. 19, n°3, pp. 217-221.

Remini B., Achour B. et Kechad R., 2010. Les types de foggara en Algérie. Revue Sciences de l'eau (Canada- France). Vol. 23, n°2, pp. 105-117.

Remini B., Achour B. et Albergel J., 2011. Timimoun's foggara (Algeria): An heritage in danger DOI: 10.1007/s12517-010-0139-9 Arabian Journal of Geosciences (Springer), Vol. 4, n° 3, pp. 495- 506

Remini B., Achour B. et Kechad R., 2011. Traditional techniques for increasing the discharge from qanats in Algeria. DOI: 10.1007/S10795-012-9125-6. Journal of irrigation and drainage systems (Springer). Volume 25,n° 4 (December), pp 293-306



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

Remini B. et Kechad R., 2012. The foggara in the Arab world. *Journal of Geographia Technica* (indexé scopus), n° 1, pp.1-7.

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

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

Remini B. et Achour B., 2013. The foggaras of In Salah (Algeria): the forgotten heritage. *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n°15, September, pp. 85-95

Remini B. et Achour B., 2013. The triple foggara of Ouled Said (Algeria): the ingenuity of the Sahara peasantry. *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n°15, September, pp. 113-122

Remini B., Achour B. and Kechad R., 2014. The collecting of groundwater by the qanats: a millennium technique decaying. *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n°20, Décembre, pp. 259-277

REMINI B., ACHOUR B., KECHAD R. 2014. The sharing of water in the oases of timimoun heritage cultural declining. *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n°18, Juin 2014, pp. 7-17.

Remini B. et Achour B., 2008. Les foggaras du grand erg occidental algerien. *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n° 07, Juin 2008, pp. 21-37

Remini B., Rezoug , Achour B., 2014. THE FOGGARA OF KENADSA (ALGERIA). *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n°18, Juin 2014, pp. 93-105

Remini b.1, Kechad r.1, Achour b. 2014. The collecting of groundwater by the qanats: a millennium technique decaying. *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n°20, Décembre 2014, pp. 259-277

Remini B. Achour B., 2015. The Garden Foggara of Timimoun (Algeria): The Decline of Hydraulic Heritage, *Asian Journal of Water, Environment and Pollution* 07/2015; 12(3):51-57. DOI: 10.3233/AJW-150006