



LES FOGGARAS DES OASIS DE ZAOUJET KOUNTA (ALGERIE) : UN PATRIMOINE MENACE

THE OASES OF ZAOUJET KOUTA'S FOGGARAS (ALGERIA): THREATENED HERITAGE

REMINI B.¹, KENTAOUI A.²

¹Département des Sciences de l'Eau, Faculté de Technologie, Université
Blida1, Blida 9000, Algérie,

²Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique, Blida 9000, Algérie.

reminib@yahoo.fr, a.kentaoui@ensh.dz

RESUME

Nous examinons dans cette étude, une des techniques d'irrigation la plus ancienne et la plus utilisée 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 années 2015 et 2016, il découle que l'introduction de nouvelles techniques d'irrigation a 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 classiques, les oasis de Zaouiet 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 oldest irrigation techniques and the most used in arid regions. This is the foggaras system that has been used in the oases of Zaouiet Kounta in the wilaya of Adrar. Based on the investigations and missions carried out during the years 2015 and 2016, it follows that the

introduction of new irrigation techniques have caused the drying up of several foggaras. This is how the number of foggaras in service was 160 in 1960; today there are only 37 foggaras left. In addition to the classic foggaras, oases of Zaouiet Kounta were irrigated by small foggaras called Garden foggaras which are intended to recover the drainage water.

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

INTRODUCTION

Dans les régions arides, la notion de la pluie moyenne est inexistante, on parle de crues éclairs qui peuvent ramener des quantités d'eau très appréciables dont une faible partie s'infiltrer dans les dunes de sable et le sol pour remplir enfin les aquifères. L'autre partie s'évapore rapidement à cause des fortes valeurs de températures et de la vitesse du vent. Dans la Sahara Algérien, si le sol est 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. C'est au niveau de ces points d'eau que les premières oasis ont été installées, mais avec le temps, 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 oasiens 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 profondeur selon les lieux. Grâce à une corde et un seau, les oasiens continuent à satisfaire les besoins en eau des ksours (cités des oasiens) et les besoins d'irrigation. Cependant avec le temps, l'oasien 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 (Goblot, 1979). 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, 2014). Appelée Qanat dans l'ancien Iran (Goblot, 1979), Khetara au Maroc (Lightfoot., 1996), Saharidj au Sultanat d'Oman et foggara dans le Sahara Algérien (Arrus 1985 ; Kobori, 1982), cette technique est basée sur un drain souterrain où l'eau de la nappe s'écoule jusqu'à la surface du sol (Remini et al, 2013 ; Remini et al, 2011). 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 cet article.

REGION D'ETUDE, ENQUETES ET INVESTIGATIONS

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. 1). C'est une région hyper aride connue par sa rareté en eau de surface et des températures très élevées dépassant les 50 °c en période d'été. La commune de Zaouiet Kounta contient 12 oasis, elle est située à la périphérie ouest du plateau de Tadmaït.

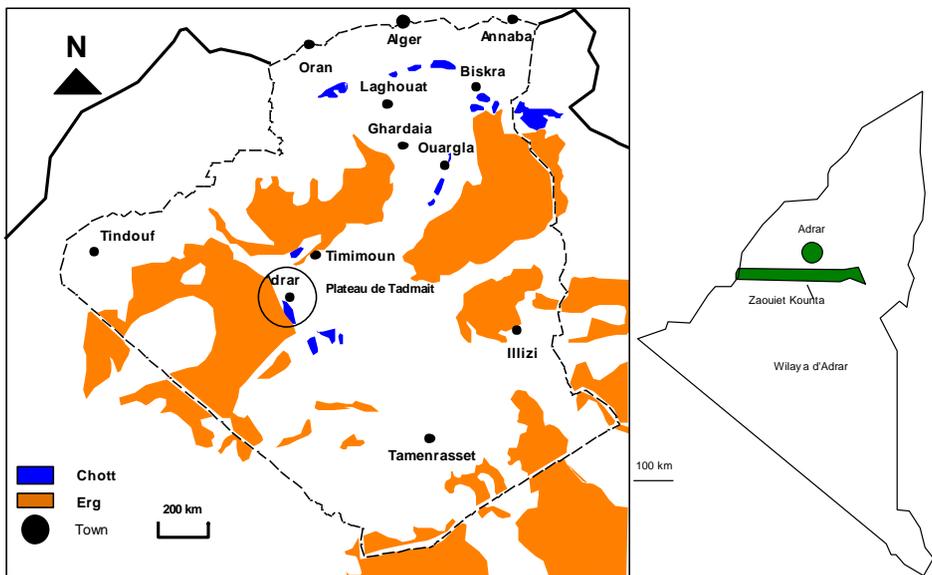
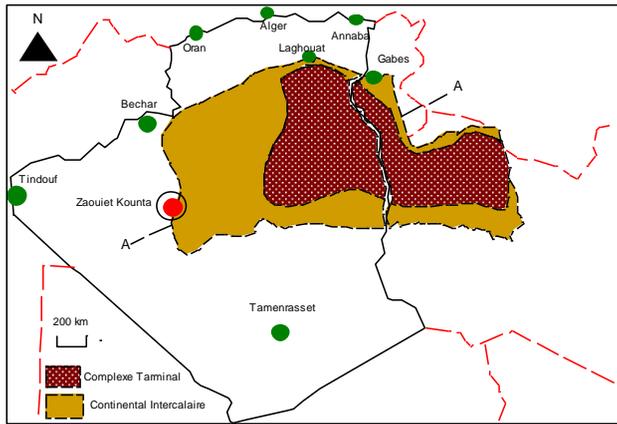


Figure 1 : Situation géographique de la commune de Zaouiet Kounta (Remini, 2016)

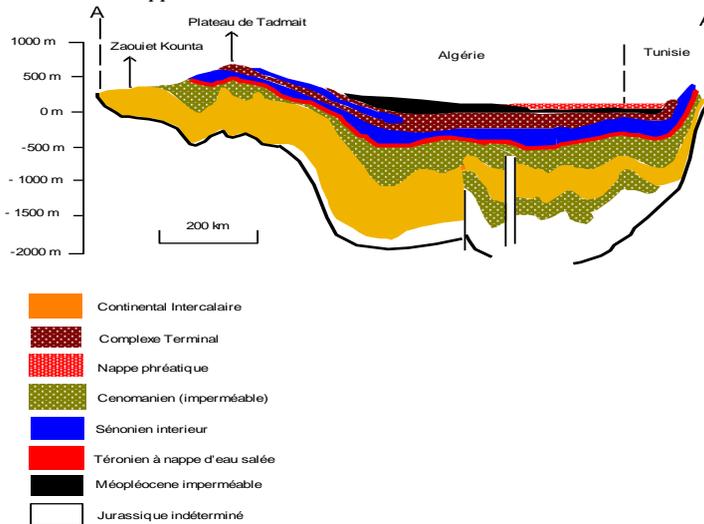
Les ressources en eau de la région d'étude

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 évènements extrêmes, qui caractérisent les régions hyper arides. Quelques crues éclairs 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 50°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(a et b)).



a) *Etendue de la nappe du Continental Intercalaire*



b) *Coupe longitudinale de la nappe du Continental Intercalaire*

Figure 2 : Les aquifères du Continental Intercalaire et le Complexe Terminal (Source Unesco 1972 in Castany, 1982, schématisé par Remini)

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 ces 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 parcouru 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.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les foggaras de la Zaouiet Kounta

Le projet d'une foggara est composé de deux parties :

Partie amont : Captage et transport des eaux

La partie amont concerne le creusement de la galerie et les puits d'aération (fig. 3). 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 (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.

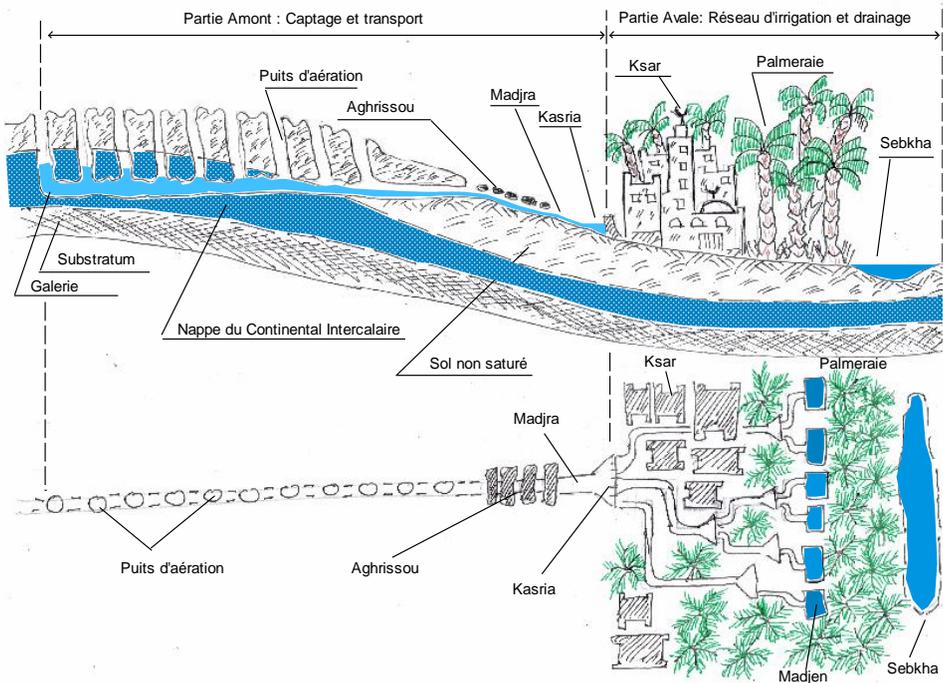


Figure 3 : Les parties d'une foggara des oasis de Zaouiet Kount (Remini, 2016)

Partie avale : Réseau de distribution

La partie avale 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 m². 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 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. 4). Un bassin particulier de forme triangulaire dont la base prend la forme de peigne répartiteur appelée kasria Lakbira (kasria principale) (fig. 5). Le nombre d'ouverture de dimensions différentes correspond au 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. 6) jusqu'à une autre kasria de dimensions inférieures à la première. On l'appelle kasria secondaire (fig. 7). Ensuite on applique le même principe comme pour la Kasria lakbira. L'eau sera acheminée par des seguias de dimensions inférieures aux premières jusqu'aux Madjen de chaque propriétaire 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. 8, 9 et 10). Une fois que 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. 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. L'originalité du réseau de Zaouiet Kounta se trouve au niveau des petits bassins de décantation pour permettre aux particules sableuses de décanter (fig. 11). Avec des petits moyens mécaniques, les agriculteurs peuvent nettoyer le réseau. Afin de faciliter le déplacement des individus et les animaux, le réseau est équipé par des systèmes en U (fig. 12).

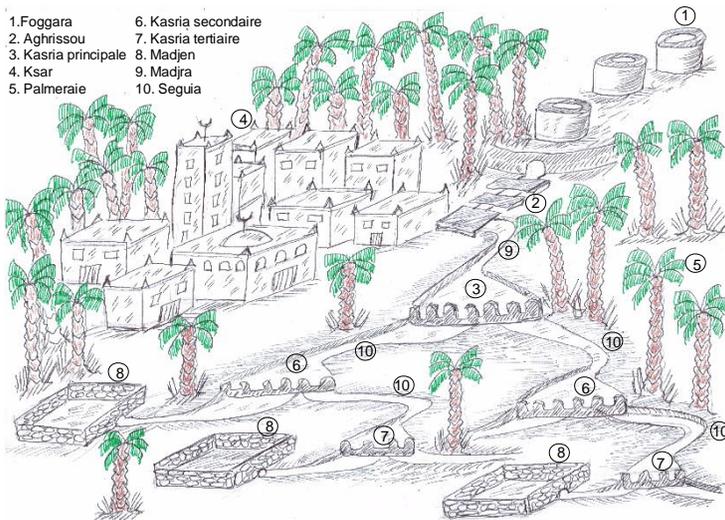


Figure 4 : Schéma du réseau de distribution d'une foggara d'oasis de Zaouiet Kounta (Remini, 2016)



Figure 5 : Kasria Lakkbira de la foggara d'Admer (Kentaoui, Remini, 2016)



Figure 6 : Seguia principale d'une foggara de l'oasis d'Admer (Kentaoui, 2016)



Figure 7 : Une kasria secondaire d'une foggara de l'oasis De Bouali de la commune de Zaouiet Kounta (Kentaoui, Remini, 2016)



Figure 8 : Seguia Tertiaire d'une foggara de Zaouiet Kounta (Kentaoui, 2016)



Figure 9 : Madjen d'une foggara dans l'oasis de Zaouiet Kounta (Kentaoui, 2016)



Figure 10 : Un jardin (Guemoun) dans l'oasis de Zaouiet Kounta (Kentaoui, 2016)



Figure 11 : Bassin de décantation dans le réseau d'irrigation d'une foggara dans l'oasis de Bour de Zaouiet Kounta (Kentaoui, Remini, 2016)



Figure 12 : Tube en U dans le réseau d'irrigation Dans l'oasis de Zaglo de Zaouiet Kounta (Kentaoui, Remini, 2016)

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. 13). 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 oasis 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. 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 (Remini et al, 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.



Figure 13 : Hallafa de l'oasis de Tazoult (Kentaoui, Remini, 2016)

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.

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. 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 14 un seul Madjra celui Lakhras est composé de 10 kasriates de différentes dimensions, de 16 Madjens de dimensions de 3 m² jusqu'à 9 m². Ces Madjens sont reliés par des milliers de mètres à partir des kasriates.

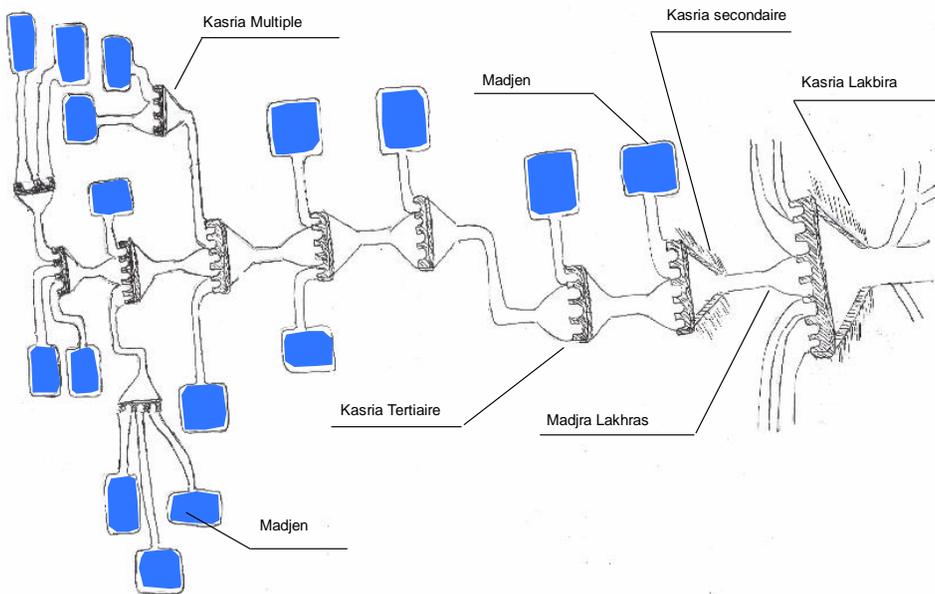


Figure 14 : Schéma du réseau de distribution du Madjra Lakhras de la foggara d'Admeur (Remini, 2016)

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, secondaires, tertiaires et multiples), 14 Madjens et plusieurs kilomètres de

seguias (fig. 15). 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 qui a été creusé au milieu d'une seguia pour éviter l'ensablement d'une kasria.

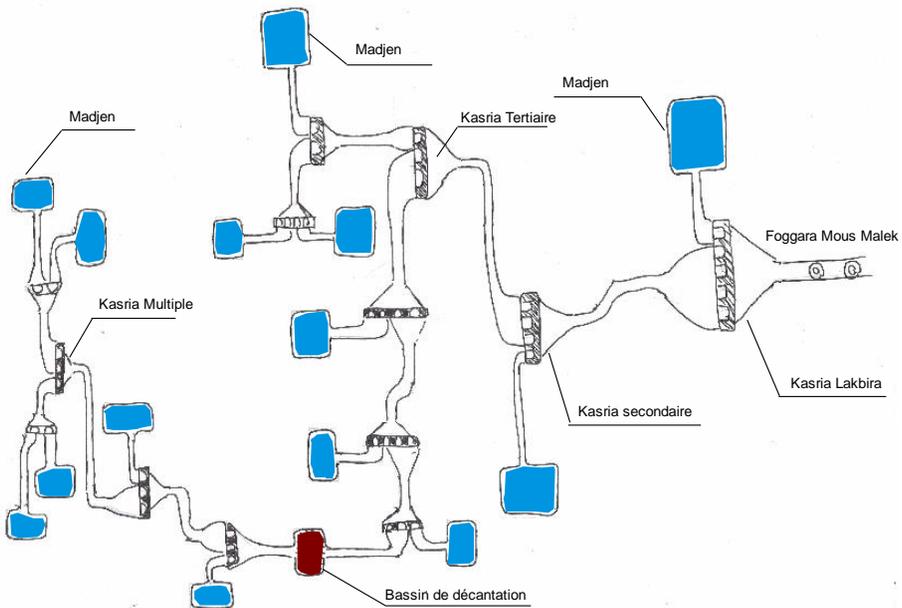


Figure 15 : Schéma du réseau de distribution de la foggara Mouss Malek dans l'oasis de Tabarkant (Remini, 2016)

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 en train d'irriguer avec les eaux de la plus grande nappe de la planète. Elle se trouve sous le sol du plateau de Tadmaït qui représente pour ce système hydraulique un véritable château d'eau naturel. L'inventaire effectué par Gambes en 1932 a donné 160 foggaras en service qui irriguaient des jardins d'une superficie de 1024 ha avec un débit $Q=17773 \text{ l/min}$. 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 (Remini, Kentaoui, 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

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 m³ a été évacué.

Quelques foggaras qui ont contribué au développement des palmeraies

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 alimente 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 m³. Le débit mesuré en 1998 ne dépassait pas les 0.25 l/s. Aujourd'hui cet ouvrage de grande envergure est à sec. (fig. 16).

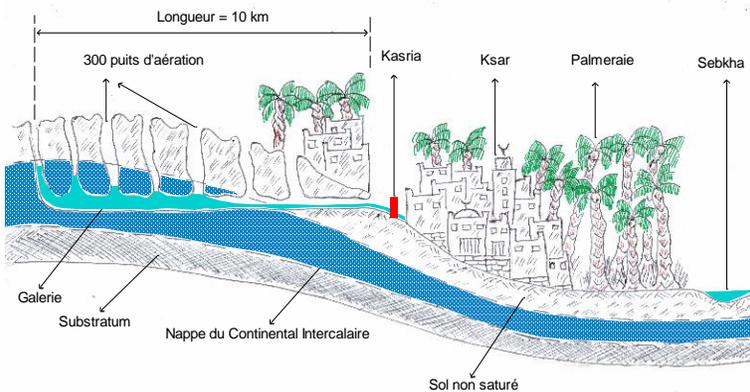


Figure 16 : Schéma synoptique d'une coupe longitudinale de la foggara Taouragh (Remini, 2016)

Foggara Oulad Ahmed

Appelée faguaguirs Admer, la 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. 17 et 18). Aujourd'hui sur les huit foggaras il reste uniquement 3 foggaras pérennes mais avec un faible débit d'eau.

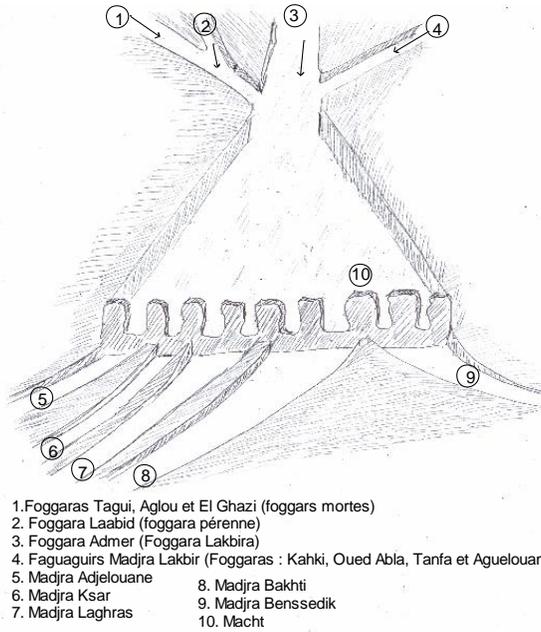


Figure 17 : Schéma synoptique de la kasria lakbira de la foggara d'Admer (Remini, 2016)

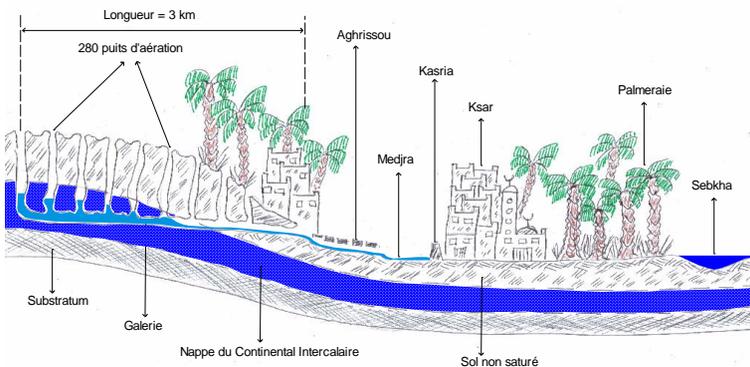


Figure 18 : Schéma synoptique de la coupe longitudinale de la Foggara d'Admer (Remini, 2016)

Apport des techniques nouvelles d'irrigation dans les oasis de zaouiet kounta

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 ce soit les forages collectifs de renforcement des foggaras, les forages individuels dans les jardins et les grandes surfaces irriguées par le système de pivots.

Des forages collectifs pour renforcer les foggaras

L'idée est bonne et 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 abonnés. 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 provoqué 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. 19, 20, 21, 22). 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 continu dans la palmeraie.

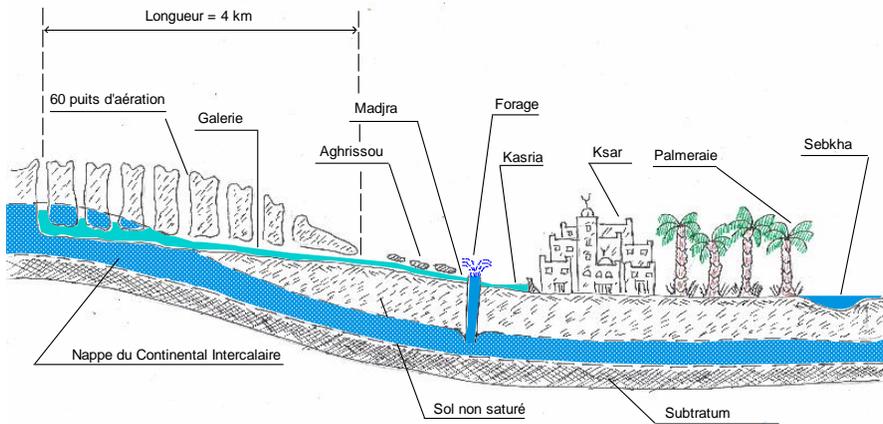


Figure 19 : Schéma d'une coupe longitudinale de la foggara Tifarkhatine dans l'oasis de Bouzegdad (Remini, 2016)

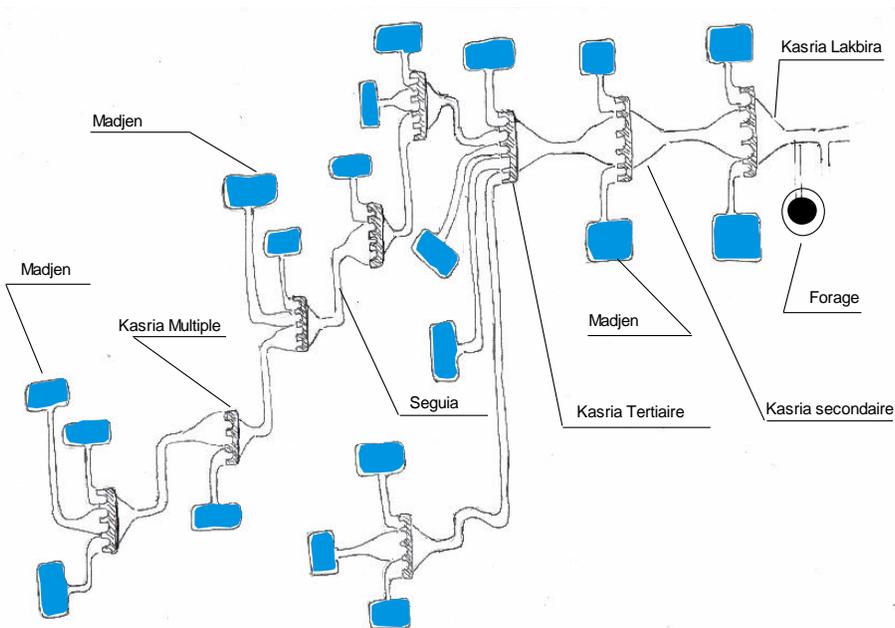


Figure 20 : Réseau de la foggara de Tifarkhatine renforcée par un forage dans l'oasis de Bouzglad (Remini, 2016)



Figure 21 : Raccordement d'un forage dans la segui de la foggara de Bouzegdad (Kentaoui, Remini, 2016)



Figure 22 : Kasria Lakkira de la foggara de Bouzegdad renforcée Par un forage (Kentaoui, Remini, 2016)

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.

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 situés 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. 23). 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 conséquence un rabattement des niveaux piézométriques qui se répercutent à court terme sur le débit des foggaras. Dans l'oasis de Timimoun, le débit de la plus grande foggara appelée El Meghier a beaucoup chuté suite aux forages

installés dans le champ de captage de la foggara (Bensaada et Remini, 2016 ; Remini et Achour, 2008). 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.



Figure 23 : Une vue d'une rampe d'irrigation par aspersion pivotante dans un périmètre irrigué de la Zaouirt Kounta (Kentaoui, 2016)

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 (tableau 3). 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 3 : Forages exploitant 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 situées à proximité des forages sur une distance comprise entre 25 m et 900 m (tableau 4). 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. 24 et 25).

Tableau 4 : Distance entre le forage et la foggara (Données ANRH, Adrar)

N°	Oasis	Foggara	Localisation du forage par rapport la foggara
1	Bou zegdad	Djema	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	Zaouiet Malha moulay cheikh	Forage AEP 250 M

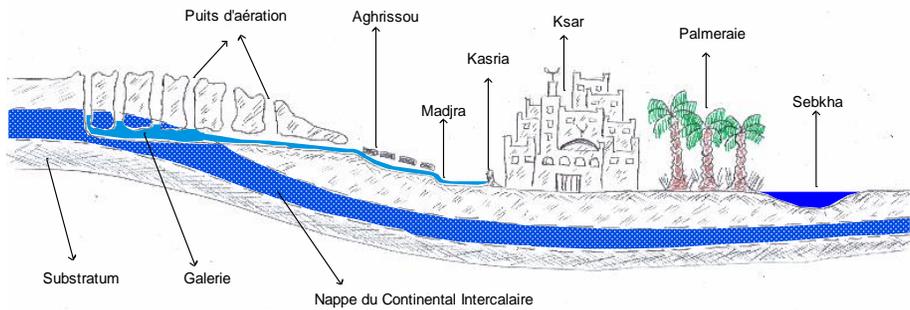


Figure 24 : Schéma de la nappe exploitée par la foggara à l'état naturel (Remini, 2016)

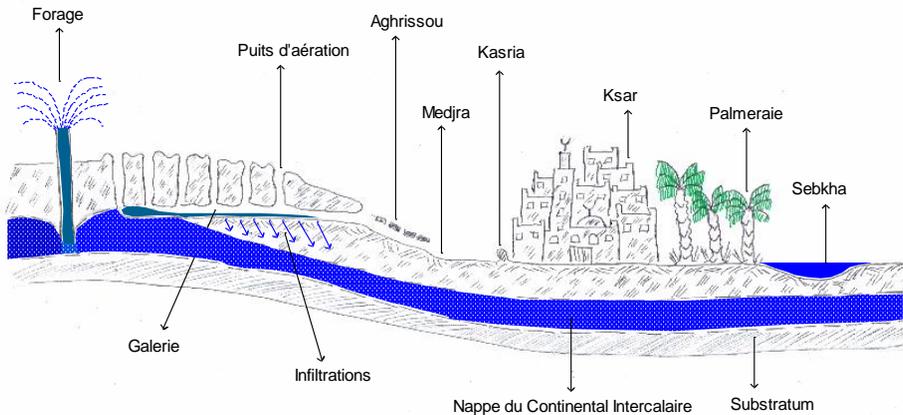


Figure 25 : Schéma d'une foggara dans la nappe est exploité conjointement avec un Forage (Remini, 2016)

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 grandes nappes 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. Les travaux que nous avons menés depuis plusieurs années ont montré qu'il existe une très bonne relation entre le débit des foggaras et la superficie à irriguer. Cette corrélation (fonction linéaire) entre les deux paramètres s'explique par le fait qu'il n'y a ni un surplus ni un déficit d'eau d'irrigation. Depuis dix siècles les oasiens exploitaient les eaux de la nappe du Continental Intercalaire sans qu'ils sachent l'immensité de l'aquifère. 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. Tout le monde connaît aujourd'hui les conséquences de la nouvelle situation : Assèchement des foggaras (fig. 26), remontée des eaux, rabattement impressionnant de la nappe et salinisation des sols agricoles.



Figure 26 : Assèchement de la foggara de Mikkid (Kentaoui, Remini, 2016)

CONCLUSION

Comme nous l'avons mentionné au début de cette étude, les palmeraies et les jardins de l'oasis de Zouiet Kounta étaient irrigués depuis plus de 9 siècles par le système des foggaras. Une durée très longue, ce qui a 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) à partir 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 foggaras. L'inventaire de l'année 1998 des foggaras a précisé l'existence de 106 foggaras dans les oasis de Zaouiet Kounta. Les oasiens ont creusé une galerie totale d'une longueur égale 220 km et plus 12300 puits verticaux pour une profondeur totale de 200 km. Un volume de 217000 m³ de remblais a été excavé. Ceci montre l'immensité d'un tel ouvrage hydraulique. Malheureusement, 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 14 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 entre la limite de l'ancienne palmeraie et la sebkha. Cependant, l'apport de techniques modernes a provoqué un dérèglement de l'écosystème ce qui a provoqué un rabattement de la nappe et par conséquent l'assèchement d'une dizaine de foggaras et la diminution du débit de 37 foggaras en exploitation. Au début, la population ksourienne a préféré l'installation des puits à motopompes collectifs pour renforcer certaines foggaras en service. Dans une deuxième étape, l'irrigation individuelle s'est répandue dans toutes les oasis de Zouiet Kounta. Des forages de profondeur moyenne de 80 mètres ont été forés dans tous les jardins. Dans la troisième étape au début des années 80 de nouvelles terres ont été valorisées de grandes superficies. Ces terres irriguées exigent des quantités d'eau considérables. C'est la technique d'irrigation par pivot qui est utilisée 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 leur apparition ces dernières années comme la salinisation des terres, la remontée de la nappe dans certains endroits de l'oasis.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARRUS R. (1985) Water in Algeria University Publications Office (Algeria), 388 p.
- BENSAADA M., REMINI B. (2016). Water wells' exploitation and its impact on the drying up of foggaras The case of the foggara of M'ghaer, Timimoun, District of Adrar, Algeria. *Appl Water Sci* DOI 10.1007/s13201-014-0250-2
- CASTANY G. (1985). Principles and practices of hydrogeology, University Edition Dunod.
- DUBOST D., MOGUEDET G. (1998). Un patrimoine menacé : les foggaras du Touat. *Revue Sècheresse*, Vol. 9, n°2, pp. 117-122.
- 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 (France), 231 pages.
- LIGHTFOOT D.R. (1996). Moroccan khettara : traditional irrigation and progressive dessiccation. *Geoforum*, vol. 27, n°2, pp. 261-273.
- REMINI B., ACHOUR B. (2008). Vers la disparition de la plus grande foggara d'Algérie : la foggara d'El Meghier. *Revue Sécheresse*. Vol. 19, n°3, pp. 217-221.
- REMINI B., ACHOUR B., 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., KECHAD R. (2014) the sharing of water in the oases of Timimoun heritage cultural declining. *Larhyss Journal*, n°18, pp. 7-17.
- REMINI B., KECHAD R., ACHOUR B. (2014) The collecting of groundwater by the qanats: a millennium technique decaying. *Larhyss Journal*, n°20, Décembre, pp. 259-277