



## LES FOGGARAS DU GRAND ERG OCCIDENTAL ALGERIEN

**REMINI B.<sup>1</sup>, ACHOUR B.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Université de Biskra, Département de Génie Rural, Faculté des sciences de l'ingénieur, Université Saad Dahlab Blida, BP 270 Route de Soumaa, Ouled Yaich  
Chercheur au Laboratoire de Recherche en Hydraulique Souterraine et de Surface  
LARHYSS  
Blida, Algérie, reminib@yahoo.fr

<sup>2</sup> Département d'hydraulique, Faculté des sciences et des sciences de l'ingénieur, Université de Biskra, Algérie, bachir.achour@larhyss.net  
Chercheur au Laboratoire de Recherche en Hydraulique Souterraine et de Surface  
LARHYSS  
bachir.achour@larhyss.net

### RESUME

La présente étude évoque un patrimoine culturel national ou plutôt mondial, puisqu'elle existe seulement dans 50 pays du monde. Connue sous les noms qanât en Iran, Khattara au Maroc, Kariz au Pakistan et en Afghanistan, la Foggara est un système hydraulique ancestral de captage et de distribution d'eau. Composée d'une canalisation ou d'une galerie souterraine et équipée de puits d'aération, elle capte les eaux de la nappe pour l'alimentation du ksar et l'irrigation de la palmeraie. Il existe des Foggaras qui sont alimentées par la nappe du Continental Intercalaire à partir du plateau de Tadmait, véritable Château d'eau des Foggaras. D'autres sont par contre alimentées par la nappe phréatique du Grand Erg Occidental. A la sortie de la galerie, l'eau remonte à la surface libre et le réseau d'irrigation, très bien adapté à la topographie du terrain, assure par gravité l'irrigation du dernier jardin.

Selon le dernier inventaire effectué par l'Agence nationale des ressources hydriques en 1998, il ne reste que 903 Foggaras fonctionnelles réparties dans le Touat, Gourara et Tidikelt. Aujourd'hui, ce nombre est revu à la baisse en raison de l'effondrement des galeries causé par les crues et l'ensablement.

**Mots clés :** Foggara, Grand Erg Occidental, nappe, tarissement, effondrement.

## **ABSTRACT**

The present study evokes a national cultural inheritance or even a world-wide one, since it exists in only 50 countries all over the world. Known as qanât in Iran, Kheffara in Morocco, Kariz in Pakistan and in Afghanistan, Foggara is an ancestral hydraulic system for collecting and distributing water. Consisting of a subterranean tunnel equipped with ventilation shafts, Foggara collects aquifer water in order to supply the Ksar and to ensure irrigation of the palm-plantation. There are many Foggaras which drain off Continental Intercalary aquifer water of the so-called Tadmaït tableland. This is truly a water tank for Foggaras. One can observe another Foggaras which canalize phreatic aquifer water from the well known Great Western Erg. Downstream the tunnel, water flows with a free surface and irrigates under gravity the latest garden of the Ksar. This is ensured by the use of a performer irrigation system which is well adapted to the topography conditions. According to the latest inventory carried out by the National Agency of Hydrous Resources in 1998, there are only 903 operating Foggaras. Currently, the number of operating Foggaras is being revised downwards, since many of them are in a state of total collapse due to silting or flooding effects.

**Keywords:** Foggara, Great Western Erg, aquifer, collapse, qanât, Kettara, Kariz.

## **INTRODUCTION**

Le Grand Erg Occidental est animé par une dynamique éolienne considérable, menaçant d'érosion et d'ensablement les régions périphériques. Parallèlement, le sous sol est sujet à une dynamique hydraulique intense où les écoulements souterrains forment de grands réservoirs d'eau. Grâce à leur ingéniosité, à leur compétence technique et à leur sens aigu de l'observation, les oasiens ont pu judicieusement exploiter ces réservoirs et les adapter au captage de l'eau et à sa lente restitution aux alentours de l'erg. La topographie des terrains ainsi que l'hydrogéologie ont été avantageusement utilisées sans endommager l'environnement. Les oasiens ont pu fertiliser un milieu aride et contribuer au développement d'un écosystème agricole, grâce à la Foggara. Malgré un environnement hostile à la vie, un climat hyperaride caractérisé par des vents de sable fréquents, par une faible pluviométrie et par une chaleur étouffante, l'homme du Sahara a su confectionner, voilà déjà plusieurs milliers d'années, un milieu artificiel : l'Oasis. Cet écosystème particulier en milieu désertique, composé essentiellement d'une source d'eau, d'une palmeraie et d'un ksar a été transformé en un véritable palais du désert, construit en terre, en bois de palmier et en roche. L'oasien a pu chercher et capter l'eau par tous les moyens

possibles. Mieux encore, il a pu créer un système ingénieux de captage et de répartition des eaux souterraines et superficielles (les crues soudaines) avec des moyens manuels rudimentaires. L'ouvrage hydraulique, bien connu au Sahara sous le nom de Foggara, consiste à capter les eaux par un système de galeries faiblement inclinées pour les drainer ensuite jusqu'au réseau d'irrigation de la palmeraie. La Foggara est un patrimoine culturel national, voire même mondial, puisqu'elle n'existe que dans 50 pays du monde. Connue également sous les noms de qanât en Iran, Kheffara au Maroc (PNUD, 1986), Kariz au Paikistan et en Afghanistan, Ngoula ou Kriga en Tunisie et Sahridj au Yémen, la Foggara reflète le génie oasisien. Grâce à cette technique, l'oasisien a transformé un milieu aride en un milieu humide. La Foggara est l'organe principal des oasis de Gourara, Touat et Tidikelt.

Dans cette étude, nous évoquons un ensemble de problèmes qui entourent ce patrimoine national souvent délaissé et non réhabilité.

## **HISTORIQUE DE LA FOGGARA**

Il semble difficile de situer avec précision la période d'apparition de la Foggara. Selon *Goblot (PNUD, 1986)*, la Foggara a pris naissance en Iran. La qanât qui alimentait Ibril en Perse, a été construite à la fin du VII<sup>ème</sup> siècle avant J.C, ce qui atteste de ses origines très lointaines.

Dans le Sahara algérien, les Foggaras auraient été introduites au XI<sup>ème</sup> et XII<sup>ème</sup> siècle par El Malik El Mansour qui aurait creusé la première Foggara à Tamantit, localité située à 15km d'Adrar (*Hassani, 1988*). Les Foggaras ont été ensuite développées dans le Touat et Gourara par des tribus arabo-berbères du sud marocain (Mrabtime, Chorfa), en ayant recours à la main d'œuvre locale ou provenant des régions voisines tels que le Mali, le Niger et le Soudan (*René, 1985*).

La plus grande Foggara de la région de Timimoune est celle d'El Meghier, localité située à 200km d'Adrar. Elle a été forée à une époque encore peu précise. Elle aurait été développée par le Marabout Sid Othmane et son fils qui vivaient au IX<sup>ème</sup> siècle de l'hégire (*Hadri, 1999*). Cette Foggara a subi un développement pendant l'époque coloniale qui a fait passer son débit de 900 l/min à 1200 l/min en 1900, puis à 2376 l/min en 1962 (*ANRH., 1985*).

## **DEFINITIONS**

La Foggara signifie en arabe "Fakara" ou creuser. Certains historiens estiment que ce terme provient du mot arabe "El Fokr" ou pauvreté. Toute personne qui creuse une Foggara se trouve dans l'obligation d'y investir à tel point qu'elle finit par se retrouver dans le besoin avant d'en bénéficier. Mais certains pensent

que le nom de Foggara est relatif au mot "Fakra" qui signifie littéralement vertèbre en arabe (Kobori, 1982).

La Foggara est une galerie souterraine légèrement inclinée qui draine l'eau de l'aquifère amont vers les terrains les plus secs situés en aval, en direction de la palmeraie (figure 1).

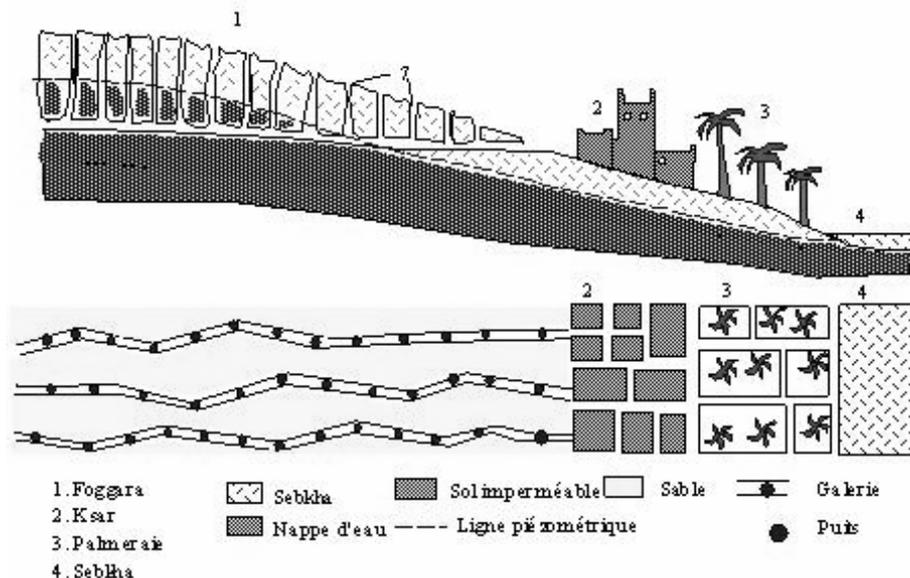
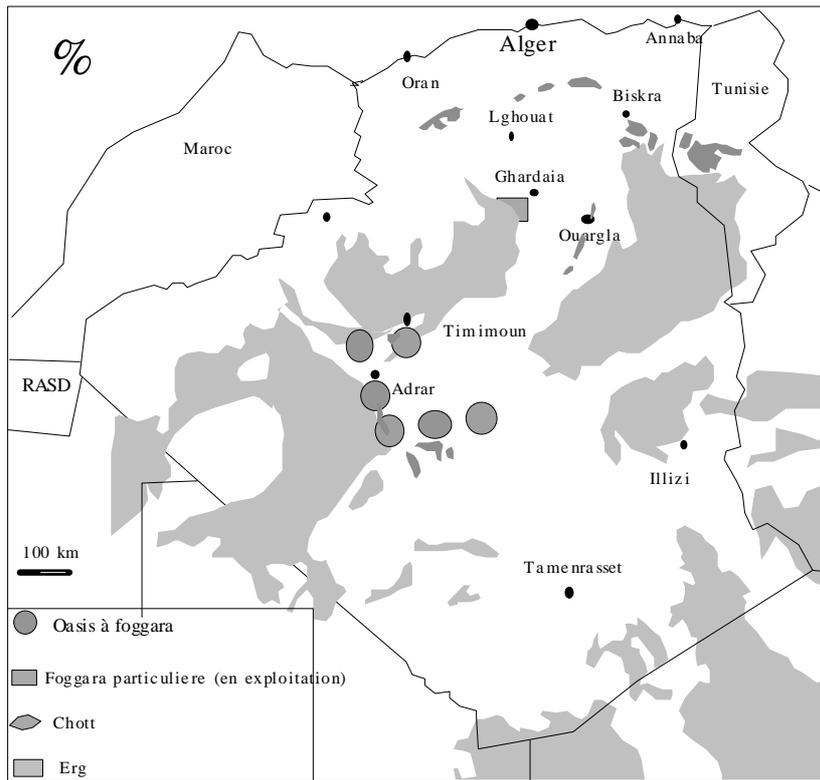


Figure 1 : Système de la Foggara

## SITUATION DES FOGGARAS EN ALGERIE

Les Foggaras, installées dans les aires périphériques du Grand Erg Occidental, sont des systèmes hydrauliques traditionnels destinés à l'irrigation de nombreuses palmeraies. Elles restituent lentement l'eau du grand réservoir situé sous l'erg. Comme le montre la figure 2, les Foggaras du Sahara sont, pour la plupart, localisées à la lisière sud-ouest du Grand Erg Occidental. Elles sont implantées suivant un axe perpendiculaire à l'axe central de l'erg.



**Figure 2 :** Situation géographique des Foggaras

Au Sahara, dans le sud du Grand Erg Occidental, et plus particulièrement dans les régions de Timimoune, d'Adrar et de Tidikelt, la Foggara a participé depuis plusieurs siècles au développement des oasis. Chaque oasis est constituée d'une Foggara à l'amont, d'un ksar au centre et d'une palmeraie à l'aval qui draine son eau vers la sebkha (figure 3).

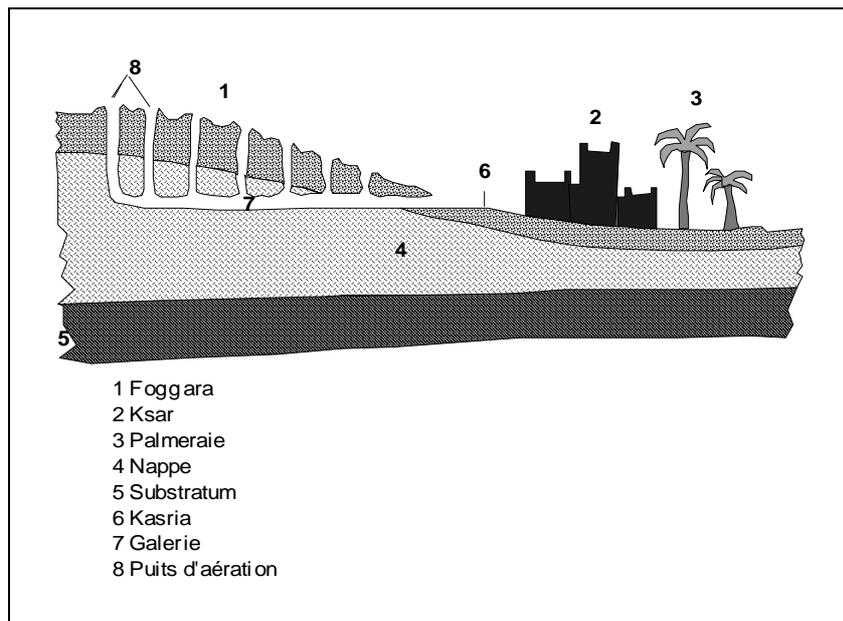


Figure 3 : Schéma simplifié d'une oasis du Grand Erg Occidental algérien

### LES ELEMENTS D'UNE FOGGARA

Le système de Foggara est divisé en deux parties : le captage et la distribution.

#### Le captage

Le captage de l'eau souterraine est assuré par une galerie de plusieurs kilomètres, de faible pente, qui draine l'eau de la nappe vers la surface libre. Cette galerie est équipée de plusieurs puits verticaux qui servent à l'entretien et à l'aération de la Foggara.

#### La galerie

La galerie est l'élément moteur de la Foggara. Elle est composée de deux parties. La première partie est le siège d'un écoulement en charge, tandis que la seconde partie est le lieu d'un écoulement à surface libre.

L'ouvrage se compose d'une galerie de section variable, de largeur variant de 50cm à 80cm et de hauteur allant de 90cm à 150cm. La longueur de la galerie

peut varier de 1Km à 15km (Photographie 1), tandis que la gamme du débit est de 1l/s à 50l/s (Remini, 1999).

Les Foggaras sont alignées d'Est en Ouest et sont soigneusement disposées afin d'éviter tout éventuel drainage qui pourrait endommager d'anciennes Foggaras voisines. La distance à respecter entre deux galeries doit être supérieure à 100 "kamas". Le Kama correspond à la longueur de deux bras ouverts et tendus d'un homme de taille normale, soit 2 mètres environ. La galerie est composée de plusieurs "Enfad", terme désignant le tunnel entre deux puits.

En règle générale, la distance moyenne entre deux "Enfad" avoisine les 13 mètres. La galerie se termine par l'Aghissrou qui représente la partie située entre le premier puits, compté à partir de la sortie, et la Majra. Cette partie peut être couverte par des pierres plates.



**Photographie 1 :** Vue de l'aval de la galerie d'une Foggara de Timimoune

### *Les puits*

La galerie de la Foggara est munie d'une succession de puits verticaux espacés de 10 à 20 mètres. A Adrar et à Timimoune, certains puits traversent à même le centre ville (photographie 2).

Au début de la réalisation de la Foggara, les puits servent l'évacuation des déblais ou à l'apport de remblais. Une fois en exploitation, ces puits sont utilisés comme accès pour l'entretien et pour l'aération de la galerie. Leur profondeur varie de 1 à 40m et leur diamètre de 0,5m à 1m.



**Photographie 2 :** Succession de puits dans le centre ville d'Adrar, indiquant la présence d'une Foggara (Remini, 1998)

### **La distribution**

La distribution de l'eau s'effectue juste à la sortie de la galerie et repose sur quatre éléments majeurs qui sont : Kasria (répartiteur); Seguia (canal), Madjen (bassin de récupération) et Gamoun (Jardin). Une fois l'eau arrivée à la sortie de la galerie, elle est répartie entre les propriétaires par la Kasria. Le cheminement de l'eau jusqu'au Madjen s'effectue par l'intermédiaire des Seguias.

### **La Kasria**

A la sortie de la Foggara, l'eau est répartie par un peigne appelé "Kasria", conçu en pierre plate (Photographie 3). La kasria présente un bassin triangulaire pour stocker l'eau avant d'être répartie entre les copropriétaires. Le bassin est muni d'un tranquillisateur qui amortit et calme l'écoulement. Le peigne est doté de plusieurs ouvertures de dimensions variables. Plusieurs types de Kasria peuvent être observés dans la palmeraie : La Kasria Lakbira ou peigne principal, le peigne secondaire et le peigne multiple de petite taille.

La Kasria Lakbira est un bassin de forme triangulaire coupé à sa base par un répartiteur jouant le rôle de tranquillisateur d'eau. Il permet non seulement d'amortir et de calmer l'écoulement avant sa répartition mais aussi la mesure du débit. La kasria Lakbira reçoit la totalité du débit de la Foggara qui est alors réparti en 3, 4 voire 5 rigoles (Seguias). A partir de ce bassin triangulaire, les Seguias vont en éventail dans tous les sens et sont dirigées vers les parcelles à irriguer.

Au bout de ces Seguias, d'autres kasrias secondaires repartissent à leur tour l'eau, puis d'autres Seguias prennent leur relais et s'achèvent par des Seguias tertiaires aboutissant au Madjen.

La Kasria Secondaire est un bassin de forme triangulaire placé après la kasria lakbira. Il est utilisé pour le partage familial de chaque tribu ou du groupe de personnes ayant participé à la réalisation de la Foggara (photographie 3).



**Photographie 3 :** Kasria secondaire de la Foggara d'EL Meghier Timimoune (*Remini, 2000*)

La Kasria multiple, appelée aussi Kasriates, sont de petites Seguias qui viennent après les kasriates secondaires, le long du parcours des Seguias qui acheminent l'eau vers le Madjen.

### ***Le Madjen***

C'est un bassin de récupération et de régularisation qui reçoit l'eau des kasriates multiples. De profondeur relativement faible, il joue le rôle d'un château d'eau. Il se situe à la côte la plus élevée du jardin afin de permettre à l'eau de s'écouler par gravité dans des Seguias et d'irriguer l'ensemble du jardin. Le Madjen est construit de façon à se remplir en 24 heures. On peut distinguer le Madjen en terre, plus ancien, dont le fond est couvert d'une couche d'argile pour éviter les infiltrations. Le Madjen le plus récent est conçu en ciment tel que celui que montre la photographie 4.

L'irrigation s'effectue en règle générale de bonne heure, que ce soit en été ou en hiver. La multiplication et la répartition des Madjens dans la palmeraie créent une fraîcheur pendant l'été grâce à l'humidité qu'ils dégagent durant la journée.



**Photographie 4 :** Madjen en ciment (Photo. Remini, 2000)

### ***Les Seguias***

La Seguia qui désigne un canal à ciel ouvert de section rectangulaire ou circulaire est construite généralement en terre. Une quantité appréciable d'eau est perdue par infiltration et par évaporation. Ceci à encourager les oasiens à construire des Seguias en ciment pour réduire les infiltrations, mais cette solution a provoqué le dessèchement de certains palmiers implantés près de ces Seguias. Les canaux drainent l'eau de la kasria lakbira jusqu'au Madjen, puis du Madjen jusqu'au Gamoun. Dès que l'on se rapproche des jardins, les Seguias se multiplient et prennent diverses directions, sans toutefois qu'elles se recoupent entre elles. Cet enchevêtrement de Seguias provoque une fraîcheur remarquable dans toute la palmeraie. Toutes les Seguias situées dans les ruelles sont frontales.

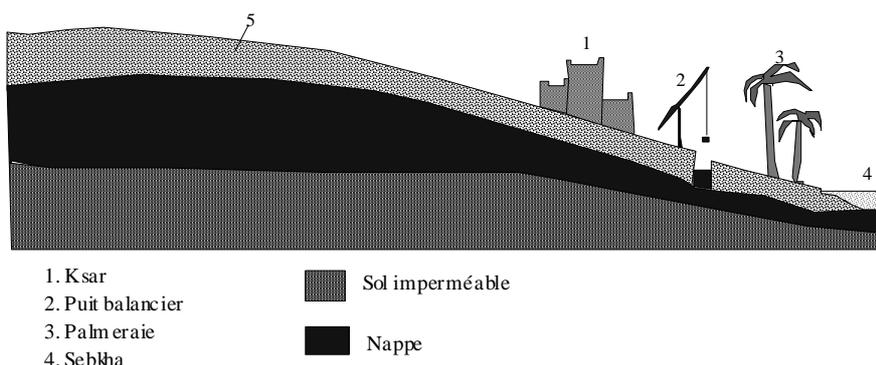
### **GENESE D'UNE FOGGARA**

Pour que la création d'une Foggara soit possible, il est donc nécessaire que la nappe phréatique soit à une cote supérieure à celle des jardins à irriguer. Cette condition est généralement remplie lorsqu'une région plate est drainée par un système de dépression (sebkha) qui provoque un rabattement important de la nappe. C'est le cas les régions du Touat, du Gourara et du Tidikelt. La direction des Foggaras dépend de la topographie de la région; mais elle est toujours orientée parallèlement à la direction de l'écoulement de la nappe.

Avant la réalisation d'une Foggara, on procède au creusement d'un premier puits à l'endroit du point le plus élevé, après s'être assuré de la présence d'eau souterraine.

Lorsque les deux premiers puits sont creusés, ils sont reliés à leur partie basse par un tunnel (Figure 4.e). On procède ensuite au creusement d'un troisième puits qui sera relié à son tour au second puits par un tunnel (Figure 4.f). La procédure se poursuit ainsi jusqu'au dernier puits (figure 4.h). L'ouverture supérieure de chaque puits est obturée par un toit en terre provenant du creusement, faisant ainsi office de protection contre le transport éolien de sable. Au début de la réalisation de la Foggara, celle-ci prend son premier passage à ciel ouvert d'un niveau convenable à la surface à irriguer. Cette partie qui se trouve entre le premier puits de la Foggara dans le village et la kasria principale s'appelle "Aghisrou" (Kobori, 1988). Elle peut être couverte par des pierres plates ou laissée à l'air libre dans des régions où il n'y a pas de risque d'ensablement. Dès que la profondeur devient importante, la canalisation passe sous terre en rejoignant les autres puits.

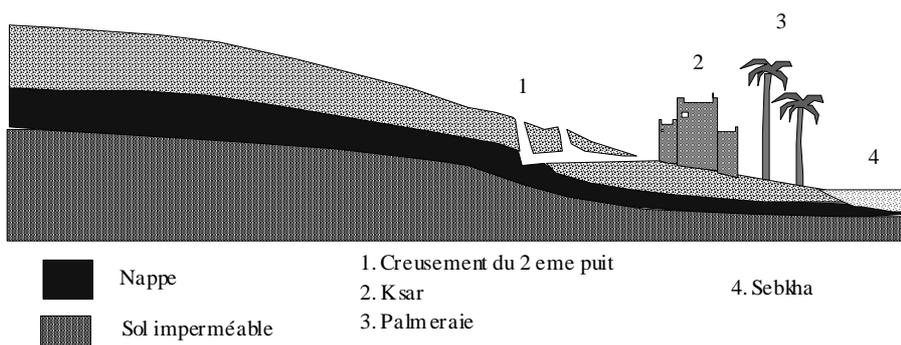
Au début du creusement, les dimensions intérieures du canal n'excèdent pas 1m de hauteur et 0,5m de largeur. Ces dimensions réduites n'ont d'autres utilités que d'éviter un poids important de terre à excaver. Mais, petit à petit, le canal finit par voir son toit s'éloigner de la surface de l'eau. La quantité de terre évacuée lors de la réalisation d'une Foggara varie de 4.000 à 300.000 tonnes suivant l'importance de l'ouvrage.



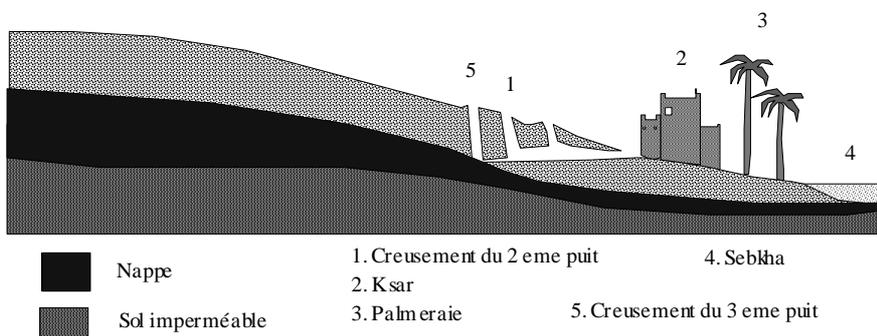
a) Nappe exploitée au début uniquement par des puits traditionnels



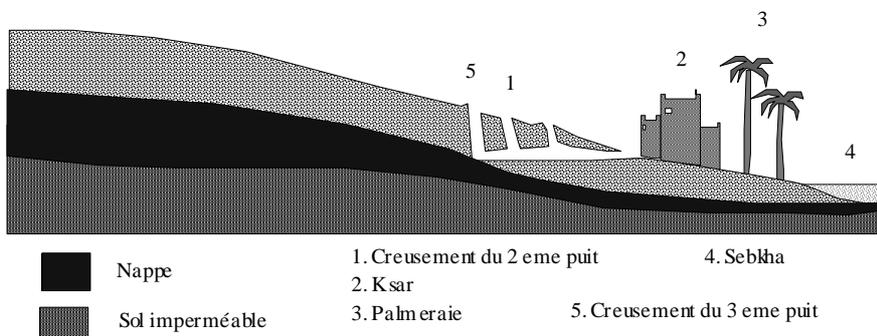
*Les Foggaras du grand erg occidental algérien*



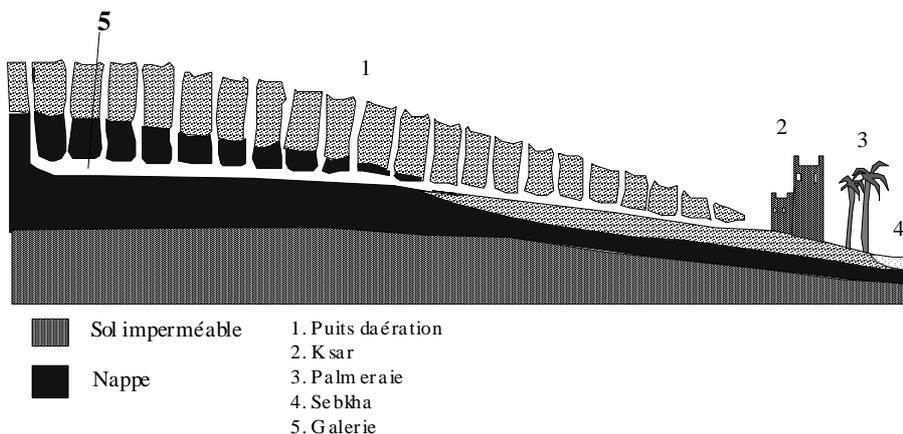
**e) Les deux puits sont reliés par un tunnel**



**f) Creusement du troisième puits d'aération**



**g) Les trois puits réalisés sont reliés entre eux par un tunnel ou galerie**



h) Tous les puits creusés sont reliés entre eux par un même tunnel ou galerie.  
La Foggara est prête à être exploitée

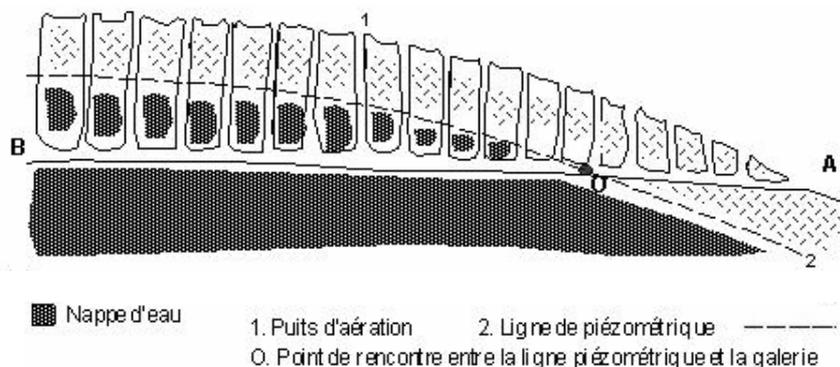
Figure 4 : Genèse d'une Foggara

### PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UNE FOGGARA

Dans sa partie amont qui représente la partie drainante située entre les points O et B, la galerie s'enfonce dans la zone saturée du réservoir et se retrouve sous la surface de la nappe phréatique. Elle joue alors le rôle d'un drain qui collecte les eaux de la nappe (figure 5). Cette partie est appelée "Nefad" et l'écoulement est, dans ce cas, en charge. Quant à la partie aval qui représente la partie non drainante située entre les points O et A de la galerie, elle a pour fonction principale d'acheminer l'eau vers la kasria principale qui sera ensuite dirigée vers les palmeraies. L'écoulement s'effectue gravitairement. Le point O qui est le point de rencontre entre la ligne de saturation et la galerie représente l'indicateur de santé de la Foggara. En effet, le drainage opéré par la galerie provoque un rabattement de la nappe et le point O a tendance à se déplacer vers le point B. Lorsque le débit drainé est égal au débit affluent, il s'établit un écoulement permanent et le point O se stabilise à une position donnée. Nous pouvons alors dire que la Foggara est en bonne "santé". Par contre, si le point O continue à remonter dans le temps vers le point B, il s'ensuivra un allongement du canal (partie OA) où les pertes par infiltration contribuent à une baisse du débit. Ces pertes ont été estimées entre 10 % et 20% du débit total drainé (Hassani, 1982). Dans ce cas, l'assèchement de la Foggara est imminent. Dans cette partie, l'écoulement est à surface libre.

A la sortie de la Foggara, l'eau est canalisée jusqu'au répartiteur (Kasria), construit en pierres et en argile, dont le rôle est de répartir cette eau selon le nombre de propriétaires. L'eau est divisée et canalisée par une série de canaux

en argile vers les palmeraies à irriguer. A différents niveaux de la palmeraie, l'eau est à nouveau divisée par d'autres peignes et conduites avant d'être acheminée vers les parcelles par des canaux plus petits. Tout ce système représente un réseau de distribution très dense dont les ramifications se terminent dans le bassin de collecte ou de récupération (Madjen). Celui-ci est utilisé pour régulariser l'eau qui arrive en minces filets liquides et qui est distribuée en quantité suffisante pour l'irrigation.



**Figure 5 :** Schéma synoptique du fonctionnement de la Foggara

## LES FOGGARAS EN EXPLOITATION

Le dernier inventaire effectué en 1998 par l'agence nationale des ressources hydriques révèle l'existence de 903 Foggaras "vivantes", de débit total de 3 m<sup>3</sup>/s, d'une longueur totale de galerie de 2300 km équipées de 187.500 puits d'aération. En 2007, ce nombre a été revu à la baisse. Ces Foggaras, situées au Sud-ouest du Grand Erg Occidental, sont réparties sur la périphérie du plateau de Tadmait, véritable château d'eau des Foggaras (figure 6).

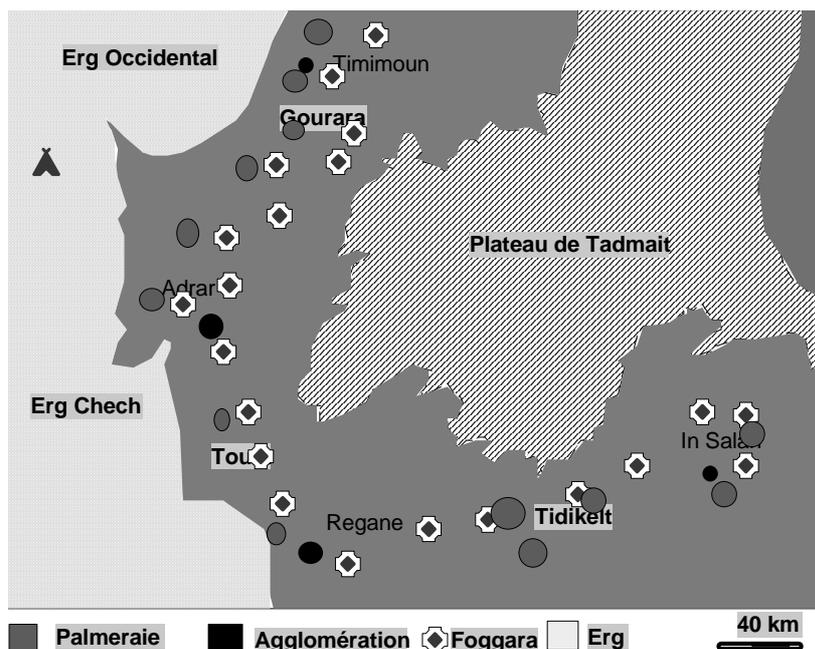


Figure 6 : Répartition des Foggaras autour du plateau de Tadmaït

Il est à signaler que certaines Foggaras captent les eaux de la nappe phréatique du Grand Erg Occidental. Cependant, en raison du tarissement de la nappe, de l'effondrement des galeries et de l'ensablement des Foggaras, le nombre de Foggaras ne cesse de diminuer chaque année. L'effondrement des galeries a été provoqué par des crues pour la plupart d'entre elles, alors que celles qui traversent les agglomérations ont été dégradées en raison de la circulation des véhicules. Pour la région d'Ouled Said et Kali, c'est plutôt l'ensablement qui pose des problèmes aux Foggaras, puisque ces dernières captent leurs eaux de la nappe du Grand Erg Occidental. A titre d'exemple, Il ne reste à Timimoune que 5 Foggaras fonctionnelles sur les 15 existantes. Les inondations de 2004 qui ont frappé la région ont provoqué l'effondrement de plusieurs tronçons de galerie, comme ce fût le cas de la Foggara d'Amokrane qui a été asséchée. La Foggara d'El Meghier, la plus grande de Timimoune capte son eau de la nappe du Continental Intercalaire. D'une longueur de 11km, elle est équipée de 600 puits d'aération et son débit a atteint 50l/s durant les années soixante. Plus de 200 familles vivaient de cette Foggara et une palmeraie d'une superficie de 80 hectares a été irriguée quotidiennement. Le quart du débit de la Foggara alimentait directement la piscine de Timimoune durant les années 70. Aujourd'hui ce débit ne dépasse guère les 3l/s.

## **CONCLUSION**

De nos jours, la Foggara connaît des difficultés de gestion et d'entretien en raison de sa dégradation avancée et souffre de l'ensablement et de la désertification. Pourtant, la Foggara suscite encore de nos jours l'admiration aussi bien du grand public que des observateurs les plus avertis. Cette technique assure la continuité oasienne et crée une ambiance bioclimatique favorable à une installation humaine. Mais, ce patrimoine hydraulique national n'a pas encore attiré toute l'attention nécessaire à sa préservation et à sa sauvegarde.

Les principaux problèmes qui touchent les Foggaras de Timimoune, d'Adrar et d'Ain Salah sont l'effondrement des galeries en raison des crues et de la circulation des véhicules pour celles qui traversent les agglomérations. En ce qui concerne les Foggaras implantées dans les régions d'Ouled Said et de Kali, elles souffrent d'ensablement puisqu'elles captent leurs eaux de la nappe du Grand Erg Occidental.

Il est temps de faire revivre la Foggara car elle constitue un patrimoine historique et culturel mondial. A court terme, nous pouvons sauver l'ensemble des Foggaras en difficulté en :

- i.* procédant à leur curage pour augmenter leur débit,
- ii.* réaménageant et en rénovant les tronçons effondrés,
- iii.* les protégeant contre l'implantation anarchique des forages et la mise en place d'un périmètre de protection.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- ARRUS R. (1985). L'eau en Algérie, Office des publications Universitaires, Alger.
- HASSANI I. (1988). Les méthodes traditionnelles de captage des eaux souterraines dans le Sahara algérien, *Revue Techniques et Sciences*, n°6, 20- 24.
- KOBORI I. (1982). Case studies of Foggara oases in the algerian Sahara and Syria. Rapport n° 2, Université de Tokyo, 45 p.
- P.N.U.D. (1986). L'eau et le Maghreb : un aperçu sur le présent de l'héritage et l'avenir, Rapport, 131-143.
- REMINE B. (2001). Méga-obstacles et dépressions topographiques, leur influence sur la dynamique éolienne, les ergs et l'ensablement des espaces oasiens, Thèse de doctorat, Université de Reims, Champagne-Ardenne, France, 188p.