



THE FOGGARAS OF THE OASIS OF GHARDAIA (ALGERIA): THE SHARING OF FLOOD WATERS

LES FOGGARAS DE L'OASIS DE GHARDAIA (ALGERIE) : LE PARTAGE DES EAUX DE CRUES

REMINI B.

Département des sciences de l'eau et de l'environnement,
Université de Blida, Blida, 9000 Algérie,

reminib@yahoo.fr

RESUME

Nous étudions pour la première fois, le partage des eaux de crues dans la palmeraie de l'oasis de Ghardaïa. Nous avons mené dans les oasis de la vallée de Mزاب plusieurs missions durant la période 2006-2018 pour comprendre le fonctionnement des ouvrages traditionnels de captage des eaux de crues. Les premiers résultats obtenus ont montré l'originalité et la particularité du système ancestral du partage des eaux de crues dans la palmeraie de Ghardaïa. Les résultats de nos investigations ont montré l'intérêt porté par la population de Mزاب sur les eaux de crues appelés Maa Essiel. L'apport de ces eaux chargées en particules fines sont destinées pour l'amendement des sols et la réalimentation de la nappe phréatique soit par les infiltrations à travers le sol ou par le remplissage des puits de recharge. Ce système hydraulique traditionnel est en dégradation ; plusieurs ouvrages sont disparus pour des raisons sociales et environnementales.

Mots clés : Oasis, Ghardaia, Puits, Recharge artificielle, Foggara, Crue.

ABSTRACT

We are studying for the first time the sharing of flood waters in the palm grove of the oasis of Ghardaia. We conducted in the oases of the Mزاب valley about fifteen missions during the period 2006 -2018 to understand how THE work of

the traditional works of catchment of the waters of floods. The first results obtained showed the originality and the peculiarity of the ancestral system of sharing of flood waters in the palm grove of Ghardaïa. The results of our investigations showed the interest of the Mزاب population in floodwaters called Maa Essiel. The contribution of these waters charged with fine particles are intended for soil amendment and groundwater recharge either through seepage through the soil or by filling the recharge wells. This traditional hydraulic system is in degradation; several works have disappeared for social and environmental reasons.

Key words: Oasis, Ghardaia, Well, Artificial recharge, Foggara, Raw.

INTRODUCTION

Les régions arides sont caractérisées par la rareté des écoulements sur le sol dû aux faibles précipitations et à la forte évaporation. Cependant, d'énormes quantités d'eau sont cachées dans le sous sol. Pour extraire ces eaux emmagasinées dans les aquifères, la population locale a inventé diverses techniques ancestrales de captage des eaux souterraines qui diffèrent d'une région à l'autre selon le savoir-faire de la population locale ainsi que les caractéristiques hydrogéologiques et topographiques de chaque région. Nous pouvons citer la foggara de l'Erg qui exploite la nappe aquifère du Grand Erg Occidental (Remini and Achour, 2013a). La foggara de l'Ahaggar qui capte les eaux de la nappe Infero-flux (Remini and Achour, 2013b). La foggara de Mزاب qui capte les eaux de crues (REMINI et al, 2012). La foggara de l'Albien qui exploite les eaux du Continental Intercalaire (Remini and Achour, 2016). D'origine Iranienne, la foggara est considérée parmi la plus belle invention de l'histoire d'hydraulique (Goblot, 1979). Basée sur une galerie souterraine légèrement inclinée, la foggara qui capte les eaux d'une nappe aquifère s'est développée dans les régions arides (Remini, 2017). Selon Abdin (2006) et Hofman (2007), la foggara a été adoptée par une trentaine de pays. Remini et al (2014) avance le chiffre de 50 pays de la planète. Dans le Sahara Algérien, environ 1400 foggaras ont été creusées depuis plus de 10 siècles (Arrus, 1985 ; Remini et al, 2011). La majorité de ces ouvrages hydrauliques traditionnels se localise dans les régions de Touat et Gourara. Même si dans d'autres régions du Sahara qui ne possèdent pas de foggaras, la population locale exploite les eaux des nappes aquifères avec d'autres techniques. Cependant, comme ce sont des ouvrages hydrauliques collectifs qui appartiennent à l'ensemble de la population, des techniques de transport et de partage des eaux ont été instaurés durant des siècles. Dans la présente étude, nous examinons une technique

originale de captage des eaux de crues utilisée dans la vallée de Mزاب depuis des siècles. Pour comprendre le principe du partage des eaux de crues entre les agriculteurs, plusieurs missions sur le site ont été organisés durant la période : 2006-2018.

REGION D'ETUDE ET ENQUETES SUR LE TERRAIN

Un aperçu sur la région d'étude

La vallée de Mزاب ; une belle région connue par son architecture ancestrale qui attire chaque année de centaines de touristes. Une région hyper aride située à 600 km au sud-ouest d'Alger (fig.1). Très connue par ces superbes ksours : Ghardaïa, Beni Izguen, Bounoura, Melika et El Atteuf, la vallée de Mزاب dont la capitale est Ghardaïa (fig. 2), constitue la symbiose entre l'organisation sociale, l'architecture ksourienne, la maîtrise de l'hydraulique ainsi que le développement durable. La vallée de Mزاب ; une région rocheuse connue par les fortes crues drainées occasionnellement par l'oued Mزاب. La seule source d'eau de toute la vallée était la nappe phréatique qui se réalimente par les crues. Puis à l'aide des puits à traction animales, les ksours s'alimentent et les jardins s'irriguent.

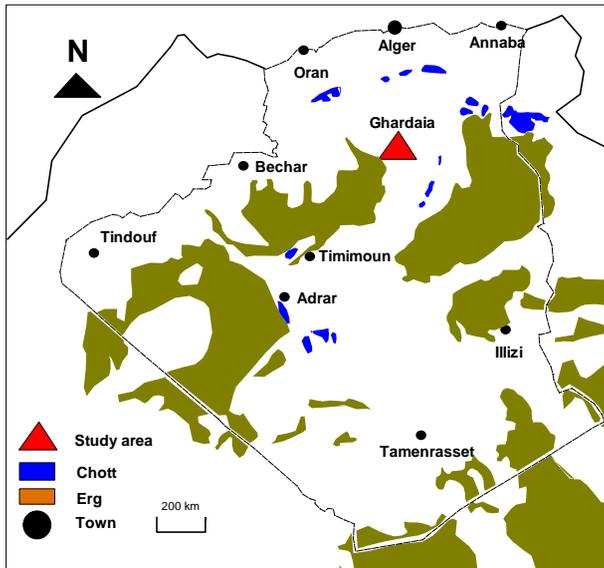


Figure 1 : Situation géographique de la vallée de Mزاب (Remini, 2018)



Figure 2 : Une vue sur Ghardaïa, capitale de Mزاب (Photo. Remini, 2018)

Investigations et enquêtes

Plusieurs missions et des visites ont été effectuées durant la période : 2006-2018 dans les ksours de la vallée de Mزاب. Pour comprendre le fonctionnement du système de captage et de partage des eaux pluviales, des investigations ont été menées auprès de ces ouvrages hydrauliques. Des discussions et des enquêtes ont été effectuées avec la population des ksours.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Pour assurer la distribution et le partage des eaux des crues d'oued Mزاب dans les jardins des propriétaires, un aménagement hydraulique millénaire a été mis en évidence par les Mozabites depuis plus de 7 siècles. Equipé de plusieurs ouvrages hydrauliques (Puits, galeries, barrages, déversoirs, canaux), cet aménagement consiste à minimiser les dégâts des crues dans l'oued Mزاب et de profiter de ces eaux pour l'irrigation de la palmeraie ainsi que la recharge artificielle de la nappe.

Captage et transport des eaux de crues

La partie Est de la palmeraie de Ghardaïa est irriguée par les eaux de crues drainées par la grande seguia Bouchendjane qui se situe dans la partie haute de

l'oued Mzab (fig. 3 et 4). Le partage de l'eau débute une fois l'eau de crues arrive au niveau du barrage de régularisation. Appelé Tissanbadh (fig. 5 et 6), le barrage d'une longueur de 20 mètres aménagé avec 36 ouvertures rectangulaires qui sont équipées de vannes coulissantes. C'est l'ouvrage hydraulique le plus important de cet aménagement ancestral. Les 36 ouvertures sont équipées par des dalles plates rocheuses coulissantes (aujourd'hui sont en acier) qui, une fois l'irrigation est terminée ou pour éviter une inondation dans la palmeraie, les ouvertures seront immédiatement fermées.



Figure 3 : Une vue de la palmeraie Est (Photo. Remini, 2018)



Figure 4 : Une vue sur la seguia de Bouchendjane (Photo. Remini, 2018)



Figure 5 : Une vue générale de l'ouvrage Tissanbadh (Photo. Remini, 2014)



Figure 6 : Les ouvertures de l'ouvrage de Tissanbadh (Photo. Remini, 2008)

Les eaux, une fois traversées les 36 ouvertures de Tissanbadh sont réparties à travers les 6 galeries souterraines de différentes sections et s'écoulent vers la palmeraie Est de Ghardaïa (fig. 7et 8). Les ouvertures de Tissanbadh permettent de régulariser les eaux de crues et de réduire l'énergie de l'écoulement avant la pénétration dans les galeries. Chaque drain est dimensionné en fonction de débit à véhiculer pour l'irrigation des jardins. Le débit de chaque galerie dépend du nombre de palmier à irriguer et de la contribution de chaque agriculteur. En réalité il y a 5 galeries souterraines sur les 6 qui sont opérationnels depuis plus

de 7 siècles. La sixième galerie qui a été destinée à l'irrigation de la palmeraie de Chaabet de Toundja n'a jamais fonctionné (fig. 9 et 10). Le projet de creusement du drain au fond du massif rocheux n'a pas été achevé. Seulement, plus de 40% du creusement de la galerie ont été réalisés pendant 40 ans de travaux intensifs avec des moyens matériels rudimentaires.

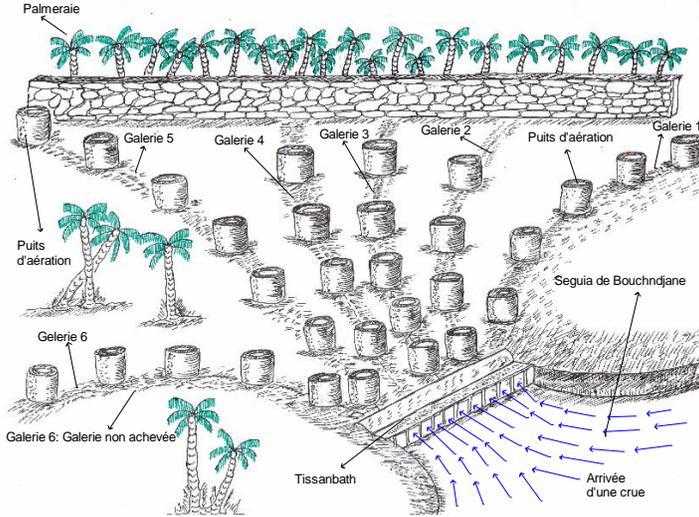


Figure 7 : Schéma synoptique du réseau de foggaras pour l'irrigation de la palmeraie Est de Ghardaïa (Schéma Remini, 2018)

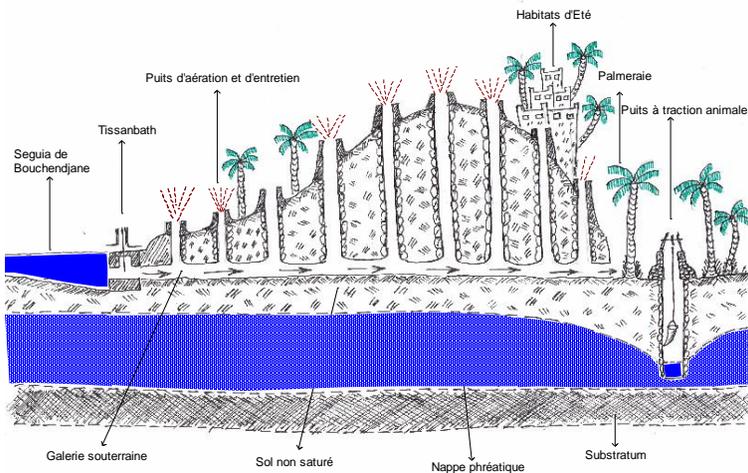


Figure 8 : Schéma d'une coupe longitudinale d'une foggara d'irrigation de la palmeraie Est de Ghardaïa (Schéma Remini, 2018)

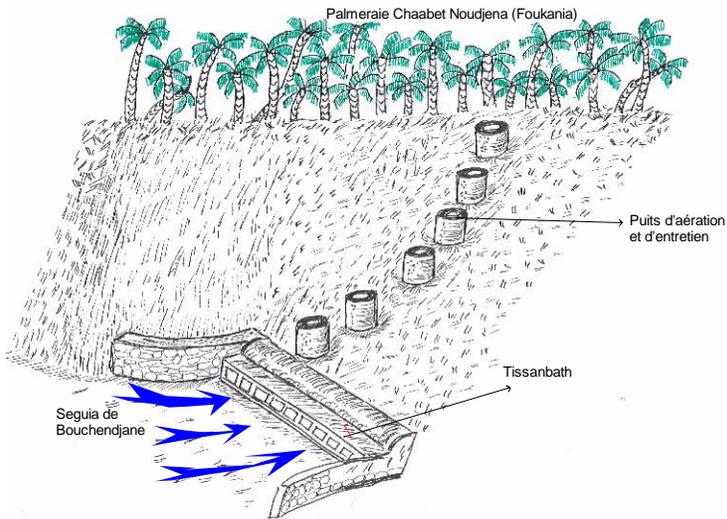


Figure 9 : Schéma synoptique de la foggara non achevée destinée à l’irrigation de la palmeraie de Chaabet de Toundja (Schéma Remini, 2018)

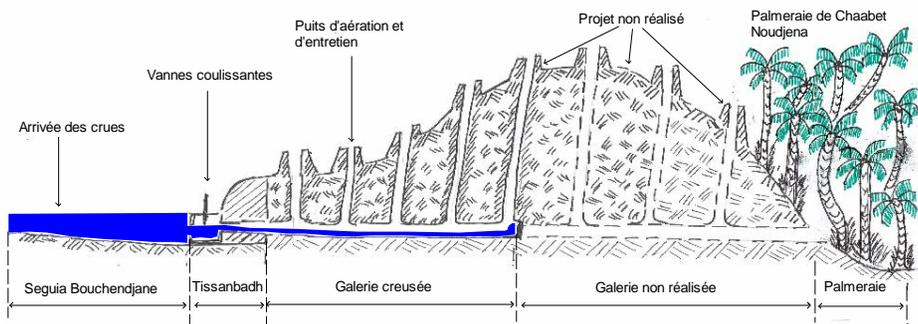


Figure 10 : Schéma synoptique de la coupe longitudinale de la foggara non achevée (Schéma Remini, 2018).

Equipées par 38 puits d’aération qui peuvent atteindre 40 mètres de profondeurs, les galeries des foggaras de Ghardaïa présentent différentes formes de section (fig. 11 et 12). On observe des sections rectangulaires, triangulaires et complexes. Les galeries ont été conçues de telle façon à éviter l’éclatement des parois et le dépôt de vase lors de l’écoulement de forts débits. Des puits verticaux au nombre de 38 sont percés verticalement sur le toit des galeries qui

ont pour rôle d'aérer les conduites pour garder un écoulement à surface libre et ainsi d'éviter l'éclatement des canaux lors des crues. Ils permettent aussi l'accès à la galerie pour l'entretien des ouvrages (fig. 13 et 14).

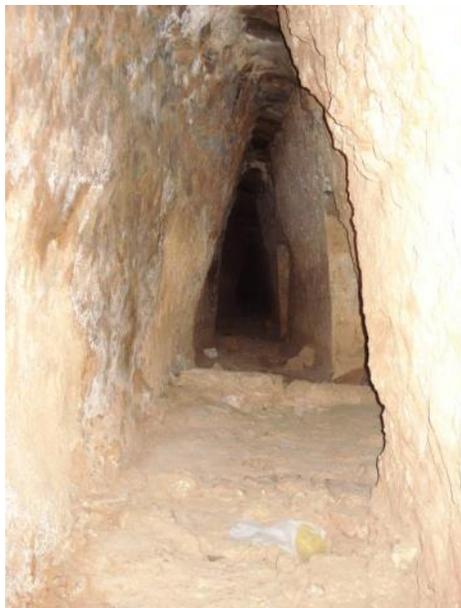


Figure 11 : Une galerie de forme triangulaire drainant les eaux de crues vers les jardins (photo. Remini, 2014)

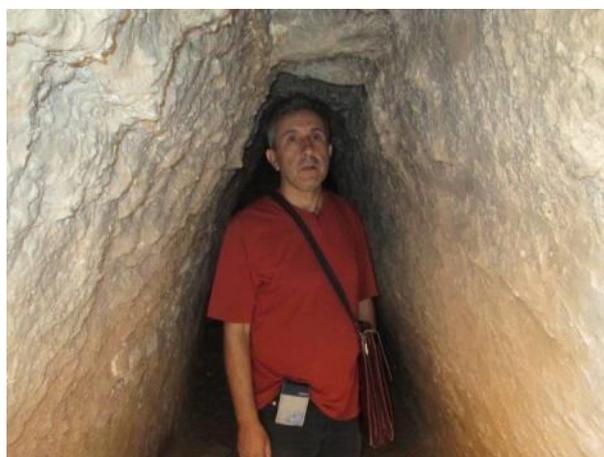


Figure 12 : Des galeries de plus de 1,5 mètre de hauteur creusées dans des roches dures (photo. Remini, 2013)



Figure 13 : Une vue sur les puits d'aération des foggaras de Ghardaïa (photo. Remini, 2010)



Figure 14 : Un puits d'aération et d'accès à l'intérieur de la galerie (Photo. Remini, 2010)

Les galeries se communiquent entre elles dans un endroit situé à 100 m à l'aval de Tissanbath dans un couloir placé verticalement aux cinq galeries qui permet à l'eau de se répartir entre les galeries. A titre d'exemple, il peut arriver une galerie véhicule un fort débit depuis la digue (Tissanbath), mais à l'arrivée de ce point, l'eau s'évacue dans les autres galeries avoisinantes (fig. 15). En plus ces canaux ont été conçus de telle manière à éviter le dépôt de sable dans les canaux : forte pente et changement de section.



Figure 15 : Un point de répartition des eaux à l'intérieur des galeries (photo. Remini, 2013)

A l'entrée de la palmeraie Est, les cinq galeries opérationnels communiquent directement avec les seguias-ruelles (fig. 16). Les galeries 1 et 5 présentent à la sortie deux ouvertures (fig. 17(a et e)). Par contre, les autres galeries (2, 3 et 4) présentent une seule sortie (fig. 17(b, c et d)). Ceci dépend de la superficie des jardins à irriguer. Chaque galerie alimente un nombre de quartiers bien défini. Le réseau de distribution est conçu de telle façon qu'un jardin soit irrigué par les eaux en provenance d'une seule galerie.

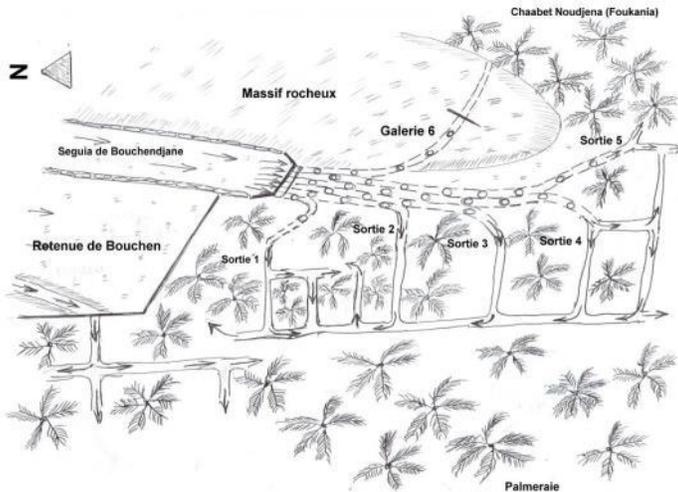
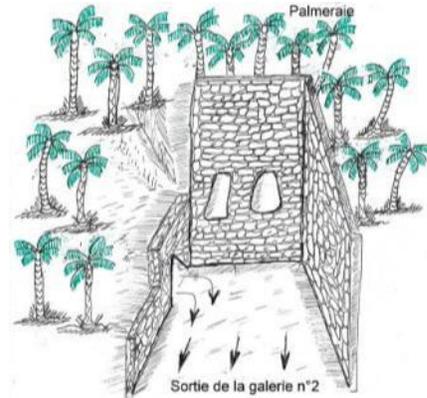
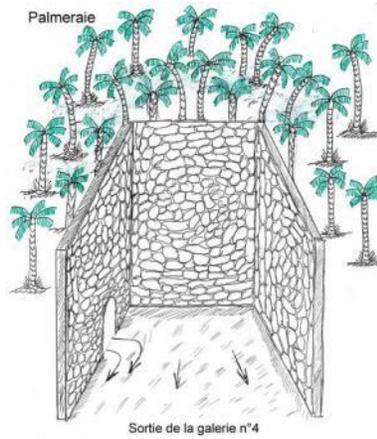


Figure 16 : Schéma synoptique de déversement des eaux de crues dans les quartiers de la palmeraie Et de Ghardaïa (photo. Remini, 2018)





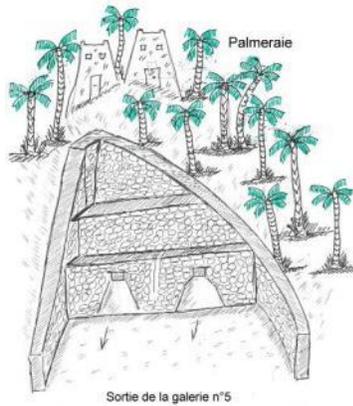
d) Sortie de la galerie 4



Sortie de la galerie n°4



c) Sortie de la galerie 5



Sortie de la galerie n°5

Figure 17 : Les sorties des galeries des foggaras dans la palmeraie Est de Ghardaïa (photo. et Schéma Remini, 2014)

Réseau de distribution des eaux de crues

Le réseau de distribution des eaux de crues est composé de seguias-ruelles de différentes sections (principales, secondaires et tertiaires) qui se situent à l'extérieur des jardins. Les murs des jardins sont équipés par des ouvertures de section rectangulaires aménagées en bas des murs des jardins et sont placées perpendiculairement au sens de l'écoulement. Des seuils de forme de dos d'ânes qui délimitent l'aire de l'écoulement des eaux en provenance de chaque galerie, mais sans bloquer la circulation de la population et des animaux.

Le schéma de la a figure 18 décrit brièvement la distribution des eaux de crues dès la rentrée de l'eau dans la seguia-ruelle principale jusqu'à l'évacuation du surplus d'eau par le déversoir vers l'oued Mzab. En passant par les seguias secondaires puis à travers les Koua pour atteindre les jardins.

Les seguias-ruelles de 1, 5 mètres de largeur qui peut être utilisées comme des ruelles, mais en période de crues, ils deviennent des canaux à ciels ouverts (seguias) pour véhiculer les eaux évacuées par les galeries souterraines (fig. 19).

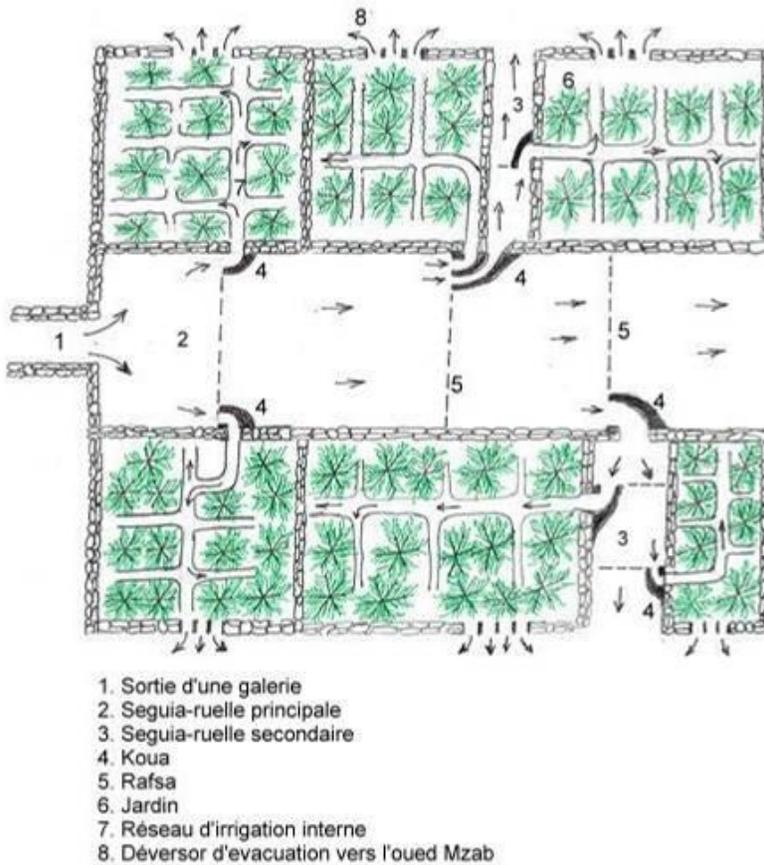


Figure 18 : Réseau de distribution des eaux de crues dans la palmeraie de Ghardaia (Photo. Remini, 2018)



Figure 19 : Seguia-Ruelle de la palmeraie de Ghardaïa (Photo. Remini, 2007)

Une fois l'eau sort de la galerie, elle emprunte la ruelle comme seguia principale. Ce sont les murs des jardins qui délimitent la largeur de la seguia. Les murs sont construits par des fondations en enrochement, soit 60 cm de hauteur moyenne. Le mur proprement dit est construit en terre. Dans le cas où il y a une crue exceptionnelle, le niveau d'eau dépasse la hauteur du mur rocheux (60 cm), les murs en terre s'effondrent et les jardins seront inondés ; l'excès d'eau est évacué par le trop plein réalisé dans le mur du jardin vers l'oued Mzab.

Les ruelles de la palmeraie jouent un double rôle ; circulation de la population en période de sécheresse et comme seguias pour drainer l'eau en période de crues. Il existe des seguias principales dont la largeur est égale à la somme de deux ânes bien chargés circulant l'un à côté de l'autre et des seguias secondaires dont la largeur est égale à un seul âne bien chargé. Les murs des jardins qui servent de berges de seguias, sont réalisés en roche et en gypse pour la partie inférieure (environ 1 m) et en terre pour la partie supérieure (environ deux mètres). Cet aménagement sert en cas de surélévation du niveau d'eau dans la seguia (fort débit d'eau). Quand la hauteur d'eau dépasse le niveau du mur inférieur, l'eau détruit facilement le mur en terre et inonde les jardins. Ceci minimise les dégâts à l'aval.

Des ouvertures rectangulaires ont été aménagées au niveau de chaque mur de jardin. Elle est placée dans la partie basse au niveau de la partie enrochement tangentielle au mur et perpendiculaire à l'écoulement (fig. 20 et 21). Un seuil en roches plates de 5 cm de hauteur a été placé dans la seguia à côté de l'ouverture et perpendiculairement au sens de l'écoulement. Appelé Rafsa, ce

seuil joue le rôle d'un déversoir rectangulaire et provoque un soulèvement de la lame d'eau qui facilite l'écoulement à travers l'orifice. Il permet aussi de mesurer la hauteur d'eau et par conséquent d'évaluer le débit d'irrigation de chaque jardin. Appelée Koua, l'orifice prend une section rectangulaire d'une hauteur fixe aux environs de 30 cm. En revanche sa largeur est variable en fonction de la superficie de la palmeraie et la contribution de chaque propriétaire. Il existe des centaines d'ouvertures dans le réseau de distribution de la palmeraie avec des sections variables. Chaque jardin reçoit sa part d'eau de ruissèlement Ce débit d'eau permet de réalimenter la nappe aquifère à travers les puits de recharge installés dans les jardins. En plus l'eau de crues est très chargée en particules fines et en éléments nutritifs qui permet d'amender le sol une à deux fois par année sont d'un grand apport pour les palmiers.



Figure 20 : Une Koua dans une ruelle de la palmeraie de Ghardaia (Photo. Remini, 2006)



Figure 21 : Une Koua dans une ruelle de la palmeraie de Ghardaïa pour alimenter un quartier (Photo. Remini, 2008)

Chaque galerie alimente son propre secteur. Il s'agit d'un nombre de quartier bien déterminé. A travers des seguias principales puis secondaires l'eau arrivé dans chaque jardin à travers la Koua. La frontière entre chaque secteur est délimitée par des seuils sous forme de dos d'ânes qui permettent à l'eau de chaque galerie de s'écouler dans les seguias de son secteur. Par contre, ils jouent leur rôle en tant que ruelles ; les personnes ainsi que les animaux peuvent circuler dans toutes les ruelles de la palmeraie (fig. 22).



Figure 22 : Un seuil de forme de dos d' ne pour empêcher l'eau de s'écouler dans hors secteur (Photo. Remini, 2006)



Figure 23 : Un système d'évacuation des eaux de crues de 6 ouvertures d'un jardin de la palmeraie de Ghardaïa (Photo. Remini, 2013)

En périodes de crues, la population peut emprunter le trottoir qui se trouve plus haut que la ruelle. Ces trottoirs jouent le rôle des issues de secours. Chaque jardin est équipé d'un déversoir qui sert de trop plein pour évacuer le surplus d'eau vers l'oued Mzab. Au niveau de la palmeraie Est, chaque jardin est équipé d'un système d'évacuation des eaux. Il est considéré comme un trop plein qui permet d'évacuer l'excès des eaux de crue vers l'oued Mzab (fig. 23).

A vrai dire, il n'y a pas d'irrigation proprement dite avec les eaux de crues puisque cette opération s'effectue une à deux fois par année. Par contre l'irrigation qui s'effectue en période de sécheresse durant toute l'année par les eaux souterraines par l'utilisation des puits de captage. Dans la palmeraie existe deux types de réseaux de distribution : Réseau des eaux de crue (fig. 24). Ce type possède des seguias beaucoup plus larges. L'eau de crues s'écoule d'abord dans des seguias principales, puis secondaires jusqu'aux seguias multiples. Une fois l'eau traverse la Koua et pénètre dans le jardin, elle s'écoule à travers des seguias en terre de faibles dimensions afin de favoriser l'infiltration (fig. 25). Le réseau de distribution des eaux souterraine est composé de seguias de faibles dimensions qui drainent les eaux des puits jusqu'aux parcelles à irriguer (fig. 26). Dans la vallée de Mzab, les puits sont appelés Khottara et sont à traction animale.



Figure 24 : Seguias des eaux de crue (Photo. Remini, 2016)



Figure 25 : Seguias des eaux de puits (Photo. Remini, 2016)



Figure 26 : Un puits de captage dans un jardin de Ghardaïa (Photo. Remini, 2015)

Relation : Tissanbadh – Kasria

Dans cette étude, nous avons été impressionnés par le génie Mozabite. Effectivement les galeries sont équipées par 38 puits d'aération qui ont un rôle important lors de l'arrivée d'une crue. Ces puits permettent à la conduite souterraine de « respirer » lors d'un écoulement turbulent et d'éviter ainsi des dégâts dans la galerie. Ces ouvrages ont la même conception que les foggaras des régions de Touat, Gourara et Tidikelt (fig. 27) (Remini, 2007). De même l'ouvrage des partages : Tissanbadh équipé de 36 ouvertures de sections rectangulaires (fig. 28) ressemble bien à la kasria utilisée dans le système

foggara pour le partage des eaux souterraines entre les propriétaires dans les oasis de Touat, Gourara et Tidikelt. Alors peut-on dire qu'il y a un transfert de savoir-faire des oasis de Touat vers la vallée de Mzab ou tout simplement une invention locale ?



Figure 27 : Kasria d'une foggara de Timimoun un système de partage des eaux souterraines (Photo. Remini, 2008)



Figure 28 : Tissanbadh du système des foggaras de Ghardaïa : un système de partage des eaux superficielles (Photo. Remini, 2009)

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier vivement mon ami de terrain Dahmane qui m'a beaucoup aidé lors de mes déplacements durant plus de 12 ans de travail. Je remercie également mon ami Cheikh Ouled Belkhir pour son aide. Les Oumana El Ma sans leurs encouragements, cette étude n'aura pas lieu. Je ne peux pas oublier la population de la vallée de Mzab qui m'a facilité l'accès dans les jardins et les palmeraies. Mon ami Ahmed Kobli d'Ouled Said de Timimoun, mes vifs remerciements pour ce grand qui m'a beaucoup lors visites des foggaras.

CONCLUSION

Comme nous l'avons mentionné précédemment, les eaux de crues ont une place privilégiée chez les Mozabites. En effet, la vallée de Mzab, une région rocheuse à climat aride où la nappe phréatique était la seule ressource d'eau pour l'oasis de Ghardaïa. En effet, l'arrivée des crues appelées « Ma Esseil » au niveau de l'oued Mzab constitue un événement majeur pour les familles Mozabites. Les éléments nutritifs drainés par les crues une à deux fois par année permettent aux plantes et surtout aux palmiers de se développer. En plus, le réservoir souterrain (nappe phréatiques) se recharge par les eaux de crues qui permet ainsi une irrigation sans pénurie d'eau durant toute l'année. Ces eaux collectées et exploitées par les agriculteurs par un système ingénieux de distribution équitable. L'ouvrage de partage des eaux appelé Tissanbadh est le poumon de tout le système de récupération des eaux pluviales dans l'oasis de Ghardaïa. Basé sur 36 ouvertures pour canaliser les eaux dans cinq galeries équipés de 38 puits d'aération, le Tissanbadh partage l'eau de crues dans cinq parties de la palmeraie Est de l'oasis de Ghardaïa.

Aujourd'hui, ce patrimoine est en voie de disparition. Plusieurs éléments de ce système ont été détruits comme les « Koua », les puits d'aération, les puits de captage. Les services concernés doivent s'y mettre pour sauver ce qui reste de système hydraulique ancestral qui traduit le génie de nos ancêtres.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABDIN S. (2006). Qanats single groundwater management tool has an arid region: The Case of Bam region in Iran. International symposium sustainability, Alicante (Spain), January, pp. 24-27.
- ARRUS R. (1985). Water in Algeria, Ed. Office of University Publications Algeria, 388p.
- GOBLOT H. (1979). Les Qanats. Une technique d'acquisition de l'eau, Ecole des hautes études en sciences sociales, Centre de recherches historiques, Mouton, Paris, 231p.
- HOFMAN A., 2007: The traditional management of water qanat in Iran is compatible with the concept of IWRM. Technical Summary, February, Engref (Montpellier, France), 17 p.
- 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. (2013a) The qanat of the greatest western erg. *Journal AWWA*, Vol.105 n° 5, pp. 104-107.
- REMINI B., ACHOUR B. (2013b). Les foggaras de l'Ahaggar : disparition d'un patrimoine hydraulique. *Larhyss Journal*, n°14, juin, pp. 149-159.
- REMINI B., ACHOUR B., KECHAD R. (2014). The collecting of groundwater by the qanats: a millennium technique decaying. *Larhyss Journal*, n°20, Décembre, pp. 259-277.
- REMINI B., ACHOUR B., OULED BELKHIR C., BABA AMAR D., (2012). The Mzab foggara: an original technique for collecting the water rising. *Journal of Water and Land Development*. n°.16, pp. 49-53.
- REMINI B. (2017). La foggara de Tadmaït : Sans énergie, de l'eau sous-sol à la Surface du sol. *Larhyss Journal*, n°32, Dec, pp. 301-325.