



**QUAND LE GENIE OASIEN DOMPTE LES CRUES :  
AMENAGEMENT ANCESTRAL I.R.S DE TOUZOUZ (VALLEE DE  
M'ZAB, ALGERIE)**

**WHEN OASIAN GENIUS TAMPS THE FLOODS: ANCESTRAL  
DEVELOPMENT I.R.S OF TOUZOUZ (M'ZAB VALLEY, ALGERIA)**

**REMINI B.**

Département des Sciences de l'Eau et Environnement, Faculté de Technologie,  
Université Blida 1, Blida 9000, Algérie.

*reminib@yahoo.fr*

**RESUME**

Le présent papier examine pour la première fois le fonctionnement de l'un des plus vieux aménagements hydraulique. Conçu d'une série de différents types d'ouvrages qui servent à anéantir les crues en provenance de l'oued de Touzouz et à irriguer la palmeraie ouest (Gharbia) de Ghardaïa. Plusieurs missions de travail ont été effectuées durant le période : 2000-2020 dans l'oasis de Ghardaïa afin de comprendre le fonctionnement du grand Aménagement ancestral de Touzouz. Il ressort de cette étude, que cet aménagement est composé d'un grand barrage de régulation, d'un barrage réalimentation de la nappe et de plusieurs ouvrages hydrauliques destinées à la collecte des eaux de ruissellement. L'aménagement que nous avons baptisé « Aménagement I.R.S » et qui fonctionne selon la priorité : Irrigation, Recharge et Sécurité.

**Mots clés :** Vallée de M'zab- Crue- Oued Touzouz- Aménagement ancestral IRS.

## ABSTRACT

This paper examines for the first time the operation of one of the oldest hydraulic systems. Designed from a series of different types of works which are used to wipe out the floods coming from the Touzouz River and to irrigate the western palm grove (Gharbia) of Ghardaïa. Several work missions were carried out during the period: 2000-2020 in the oasis of Ghardaïa in order to understand the functioning of the great ancestral development of Touzouz. It emerges from this study, that this development is composed of a large regulation dam, a groundwater recharge dam and several hydraulic structures intended for the collection of runoff water. The development that we have called "I.R.S Development" and which works according to the priority: Irrigation, Recharge and Security.

**Keywords:** M'zab valley- Flood- Touzouz River- Ancestral development IRS.

## INTRODUCTION

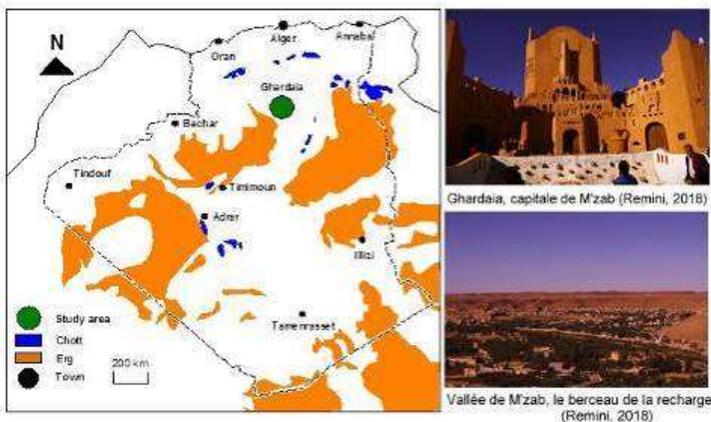
Les milieux secs comme le Sahara se caractérisent par la rareté de l'eau et des températures très élevées en périodes d'étés. Cependant, les crues occasionnelles qui surgissent dans ces régions sont extrêmement rapides et de fortes intensités. Une masse d'eau exceptionnelle peut être drainée par les oueds en quelques heures. Seulement, une faible proportion d'eau s'infiltré dans le sous-sol pour atteindre les aquifères. Le reste d'eau s'évapore dans l'atmosphère. Selon la géologie, l'hydrogéologie et la topographie des lieux, diverses techniques de captage et de stockage des eaux ont été inventées par la population ksourienne. C'est ainsi que des galeries souterraines appelées foggaras ont été creusées dans les régions de Touat, Gourara et Tidikelt pour extraire les eaux cachées au-dessous du plateau de Tademaït sans utiliser aucune énergie (Remini, 2019a ; Remini, 2019b ; Remini, 2017 ; Remini et Achour, 2016). Dans la Saoura, ce sont plutôt de grands puits à balancier appelés Khottara qui puisent les eaux des nappes dans le niveau statique dépasse la profondeur de 6 m pour l'irrigation des palmeraies. (Remini et Rezoug, 2017). Dans la vallée de Souf, c'est plutôt les palmeraies des cratères appelés Ghouts, un aménagement hydroagricole original de Souf qui a été inventé depuis plus de 7 siècles (Remini, 2019b ; Remini et Souaci, 2019 ; Miloudi et Remini, 2018). Durant 6 mois le jeune palmier est irrigué par les eaux du puits à balancier appelé Khottara mais qui extrait l'eau à une profondeur de niveau statique de 2 à 3 m. Après les racines des palmiers sont en

contact direct avec les eaux de la nappe (Remini, 2019). Dans la vallée de M'zab, la population ksourinne s'est intéressée au captage des eaux de crues par un système de foggara différent de celui de Touat (Remini et al, 2012 ; Remini, 2018, Bouamer et al, 2019, Khelifa et Remini, 2019c). Des puits à traction animale, ont été utilisés dans la vallée de M'zab pour puiser les eaux de la nappe (Zegait et al, 2018, Ouled Belkhir et Remini, 2016 ; Remini, 2019c). Dans ce papier on s'intéresse à l'aménagement ancestral de Touzouz dans la vallée de M'zab qui utilise les eaux de crues pour l'irrigation et la recharge artificielle.

## REGION D'ETUDE ET ENQUETES

### Région d'étude

La région d'étude est située dans la vallée de M'zab qui appartient à la wilaya de Ghardaïa qui se situe à 600 km au sud-ouest d'Alger (fig. 1). La vallée de M'zab, une région touristique par excellence a été classée par l'Unesco comme un patrimoine culturel mondial en 1980. Avec un climat hyper aride, la vallée de M'zab, une région rocheuse caractérisée par des crues éclaires drainant des quantités d'eau dépassant les 1000 m<sup>3</sup>/s comme celle d'octobre 2008, dont le débit de pointe a atteint 1200 m<sup>3</sup>/s. Depuis des siècles, la population ksourienne vivait avec les eaux de la nappe supérieure qui se recharge par les crues. Avec la découverte de la nappe du Continental Intercalaire au début des années quarante, la population a délaissé le système hydraulique ancestral au détriment du forage.



**Figure 1 : Situation de la région d'étude (Remini, 2020)**

## **Missions et enquêtes**

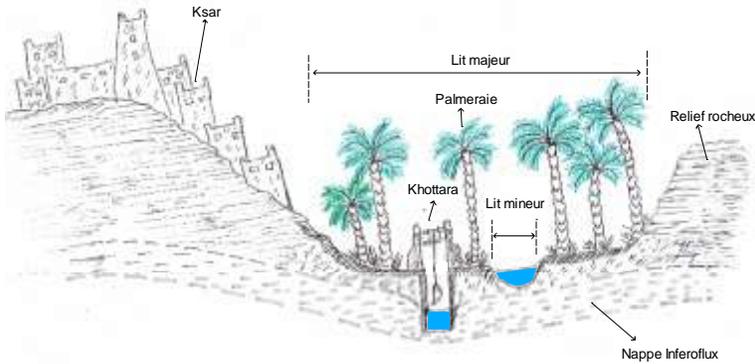
Plus de 20 ans (2000-2020) à raison de 2 à 3 mission par an dans les ksour de la vallée de M'zab. Une belle région, à vocation agricole et touristique par excellence. Une population extraordinaire qui aime beaucoup ce que leurs ancêtres ont construit. J'ai côtoyé les jeunes et les vieux, ils sont tous des architectes de naissance. Durant cette période, j'ai visité un patrimoine hydraulique et architectural hors pair qui démontre le génie de la population Mozabite. Ce papier que j'ai préparé montre un peu une population qui a convertit une région sec à une région humide grâce à un aménagement hydraulique d'origine Mozabite.

## **RESULTATS ET DISCUSSIONS**

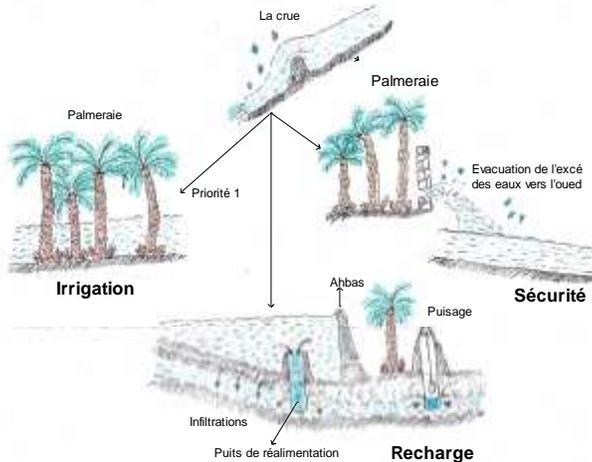
### **Le M'zab et les crues : la vie en harmonie**

Le M'zab ; une région hyper aride caractérisée par des pluies occasionnelles qui s'abattent sur un sol rocheux induisant ainsi des crues extrêmement violentes. Très dur d'habiter dans un milieu sec comme celui de la vallée de Mzab ou l'eau est une denrée rare et des températures pouvant atteindre des pics de 57°C en période d'été. D'ailleurs, c'est dans ces milieux secs que l'eau retrouve sa vraie valeur (Remini, 2019a, Remini, 2019c). Le Mozabite est très attaché à l'eau. Pour lui, la crue est un don du ciel. Il a appris à vivre en harmonie avec les crues malgré leurs violences qui se manifestent à chaque évènement. Avant d'être architecte, le Mazabite est de père en fils hydraulicien. On peut dire que le Mozabite pour se mettre à l'abri des inondations, Il applique le concept suivant : « Habiter les reliefs et cultiver le lit des oueds ». C'est un ainsi que le ksar ; un lieu d'habitat a été bâti sur les hauteurs des montagnes et la palmeraie s'est développée sur le lit majeur de l'oued (fig. 2). Connaissant la valeur des crues, les Mozabites se mettent à l'abri sur les hauteurs tout en laissant les crues inonder les jardins afin de profiter des particules fines et de la recharge les nappes.

*Quand le génie Oasien dompte les crues : aménagement ancestral I.R.S de Touzouz (vallée de M'Zab, Algérie)*



**Figure 2 : Schéma synoptique d'une oasis de la vallée de M'Zab (Schéma Remini, 2020)**



**Figure 3 : Aménagement I.R.S adopté dans la vallée de M'Zab (Schéma Remini, 2020)**

**Aménagement I.R.S de Touzouz**

Depuis des siècles la population Mozabite vivait en harmonie avec les crues. Elle a compris que la crue est un don du ciel et il faut tirer profit. C'est pour cette raison que l'arrivée d'une crue dans cette région est considérée comme un événement particulier ; toutes les familles Mozabites se mettent à la périphérie de l'oued pour fêter l'évènement de la crue. Depuis 7 siècles, les Mozabites ont conçu un aménagement hydraulique pour lutter contre les inondations provoquées par les crues drainées par l'oued Touzouz. Après avoir compris le fonctionnement de système hydraulique. Ce patrimoine hydraulique, qu'on a baptisé « **Aménagement I.R.S** » de Touzouz veut dire : Irrigation, Recharge et Sécurité. En donnant la priorité d'abord, à l'irrigation de la palmeraie, puis à la

recharge de la nappe et en dernier lieu, la sécurité de l'oasis qui consiste à évacuer l'excès d'eau vers l'oued M'zab (fig. 3).

### Les ouvrages de l'aménagement IRS de Touzouz

Le grand aménagement hydraulique ancestral de Touzouz a été réalisé pour réguler et profiter des eaux de crues pour l'irrigation de la palmeraie ouest (Gharbia) de l'oasis de Ghardaïa. Réalisé sur un tronçon de 1,6 km de l'oued Touzouz, l'aménagement IRS commence du grand barrage et se termine par un réseau de seguia-Ruelles dans la palmeraie ouest. L'aménagement I.R.S se compose : d'un grand Ahbas de régulation (le grand barrage), deux seguias (Gharbia et Cherkia) destinées à l'irrigation de la palmeraie ouest et d'une retenue (Ahbas N'Touzouz) destinée à la recharge de la nappe supérieure (fig. 4). Ce système est équipé de plusieurs ouvrages hydrauliques comme les canaux (seguias), les barrages de régulation, les barrages de stockages, les ouvrages de collecte des eaux de ruissèlement, les galeries, les vannes coulissantes, les orifices et les déversoirs.

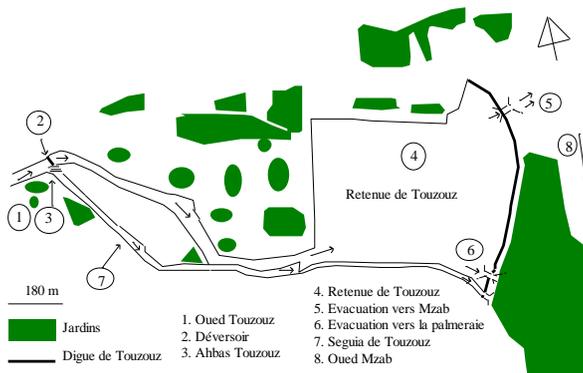
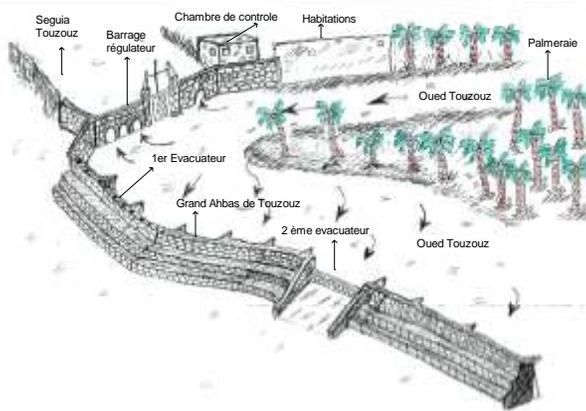


Figure 4 : Schéma global de l'aménagement I.R.S de Touzouz (Schéma Remini, 2020)

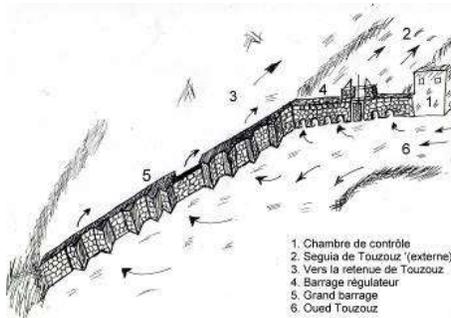
### Le grand Ahbas de Touzouz (le grand barrage)

C'est un barrage d'une longueur totale de 200 m et d'une hauteur de 1,2 m qui est destiné à retenir un volume de 300000 m<sup>3</sup> (fig. 5, 6 et 7). Il est équipé de deux évacuateurs de crues de type déversoirs qui permettent d'évacuer les eaux vers la retenue d'Ahbas de Touzouz (fig. 8, 9, 10 et 11). Un système d'évacuation des eaux vers la seguia Gharbia équipé de 5 ouvertures de 20 cm de diamètre et de vannes coulissantes qui jouent le rôle de pertuis de vidange.

*Quand le génie Oasien dompte les crues : aménagement ancestral I.R.S de Touzouz (vallée de M'Zab, Algérie)*



**Figure 5 : Schéma d'une vue générale du grand barrage (Schéma, Remini, 2020)**



**Figure 6 : Vue à l'amont du grand barrage de Touzouz (Schéma Remini, 2020)**



**Figure 7 : Vue générale du grand barrage de Touzouz (Photo. Remini, 2006)**



**Figure 8 : Petit évacuateur de crues du grand barrage de Touzouz (Photo. Remini, 2006)**



**Figure 9 : Grand évacuateur de crues du grand barrage de régulation De Touzouz (Photo. Remini, 2006)**



**Figure 10 : Un support de l'évacuateur de crues du barrage de régulation de Touzouz (Photo. Remini, 2006)**

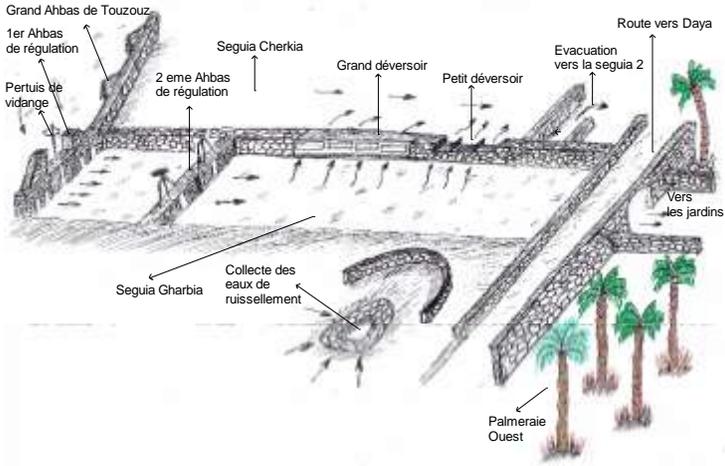


**Figure 11 : Grand évacuateur de crues du barrage de régulation de Touzouz (partie aval) (Photo. Remini, 2006)**

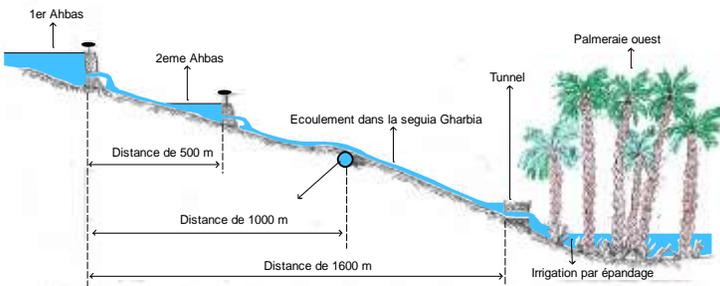
### ***La seguia Gharbia (seguia 1)***

Seguia d'une largeur moyenne de 4 m est considérée comme la plus importante, puisqu'elle transporte les eaux de crues destinées à l'irrigation par épandage de la palmeraie ouest de Ghardaia. D'une longueur de 1600 m, le canal a été aménagé au début par le creusement d'un fossé en remblai de terres (fig. 12, 13 et 14). Les berges d'un tronçon de 500 m ont été réalisées en enrochement et le mortier de la chaux.

*Quand le génie Oasien dompte les crues : aménagement ancestral I.R.S de Touzouz (vallée de M'Zab, Algérie)*



**Figure 12 : Schéma synoptique de la seguia Gharbia d'une longueur de 1600 m (Schéma Remini, 2020)**



**Figure 13 : Schéma d'une coupe longitudinale de la seguia Gharbia (Schéma Remini, 2020)**



**Figure 14 : Une vue générale sur la seguia Gharbia (Photo. Remini, 2005)**

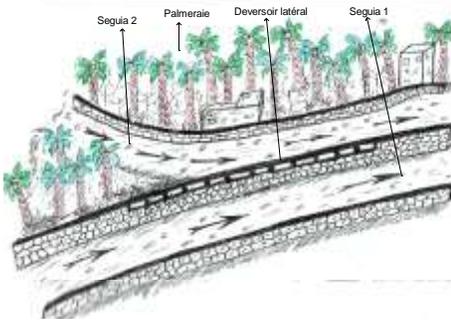
La seguia Gharbia (seguias 1) est équipée par deux déversoirs de dimensions et de formes différentes qui permettent d'évacuer le surplus d'eau vers la seguia Cherkia en cas d'une montée rapide du niveau d'eau (fig. 15(a, b, c et d).



a) Grand déversoir



b) Petit déversoir



c) Schéma du système d'évacuation



d) Une vue sur les deux déversoirs

**Figure 15 : Système d'évacuation des eaux de la seguia Gharbia (Photo. Remini, 2013)**

La seguia Gharbia débute par un système d'évacuation des eaux du grand Ahbas. C'est un ouvrage frontal qui a été réalisé à la périphérie du grand barrage pour réguler les crues en provenance de l'oued de Touzouz (fig. 16 (a et b)). Il est équipé de 5 ouvertures et d'une vanne rectangulaire coulissante. Une chambre de manœuvres qui abrite deux à trois personnes (Oumanaan El Ma) pour manœuvrer la vanne en période de crues. Réalisé en enrochement et en mortier de la chaux, cet Ahbas est destiné à réguler la crue pour canaliser l'eau dans la seguia Gharbia pour permettre l'irrigation de la palmeraie ouest de Ghardaïa.

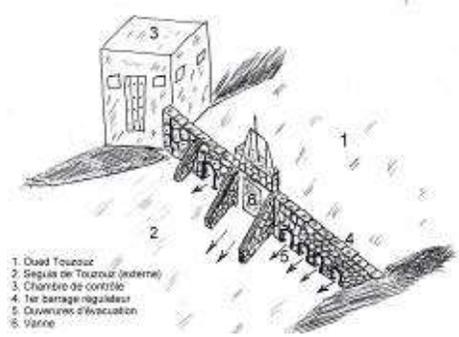
*Quand le génie Oasien dompte les crues : aménagement ancestral I.R.S de Touzouz (vallée de M'Zab, Algérie)*



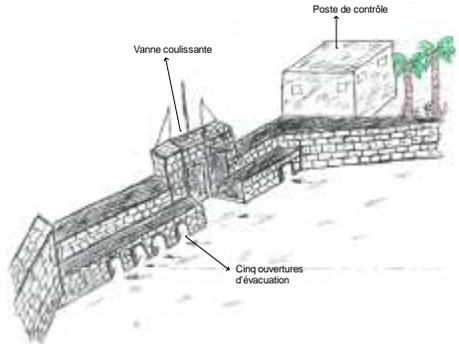
a) *Partie aval*



b) *Partie amont*



1. Dued Touzouz
2. Seguia de Touzouz (interrie)
3. Chambre de contrôle
4. Ter barrage réglable
5. Ouvertures d'évacuation
6. Vanne

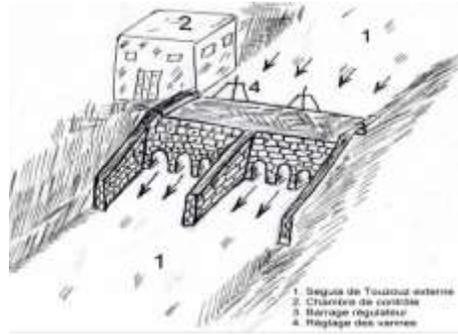


**Figure 16 : Premier Ahbas de régulation des eaux de crues vers la seguia Gharbia (Photo. Remini, 2011)**

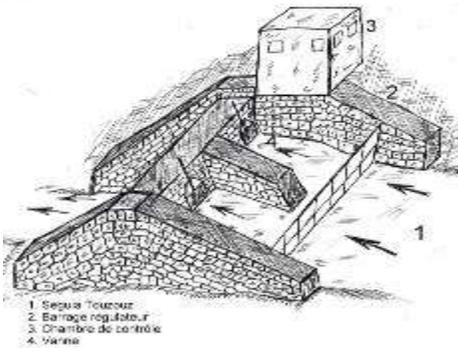
A 500 m du premier Ahbas se trouve le deuxième Ahbas. Equipé de deux portes métalliques coulissantes, il permet de varier le débit par les manoeuvrer des vannes (fig. 17 (a et b)). Une chambre de contrôle située juste à côté du barrage sert d'abri en période de crues à l'équipe d'Oumana El Ma. Une fois l'opération d'irrigation est achevée, c'est au niveau de ce poste que l'arrêt de l'irrigation est prise. Les deux équipes d'Oumana El Ma des deux Ahbas travaillent ensemble pour suivre les opérations d'irrigation de la palmeraie et le partage d'eau entre les agriculteurs.



a) Partie amont

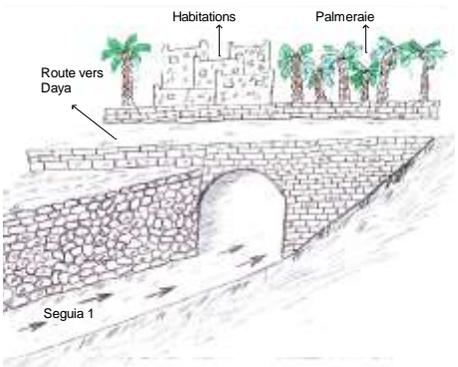


b) Partie aval



**Figure 17 : Deuxième Ahbas de régulation des eaux de crues vers la seguia Gharbia (Photo. Remini, 2011)**

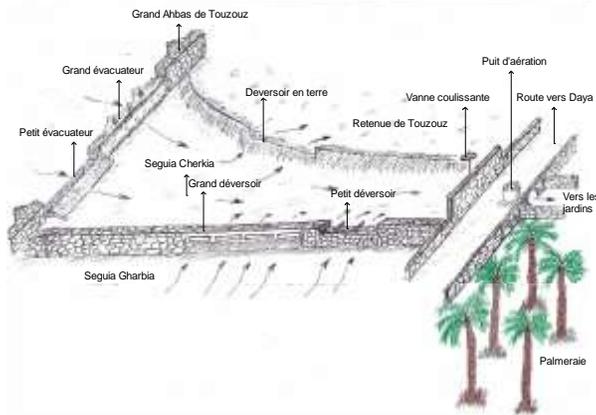
La seguia Gharbia s'achève au niveau du tunnel d'entrée dans la palmeraie ouest de Ghardaïa (fig. 18). Après le Tunnel, commence le réseau de partage des eaux de crues.



**Figure 18 : Le tunnel d'entrée dans la palmeraie ouest de Ghardaïa (Photo. Remini, 2014)**

### ***Seguia Cherkia (Seguia 2)***

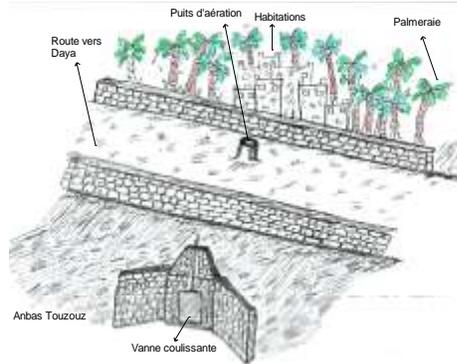
D'une longueur de 1600 m, la seguia Cherkia (seguia 2) débute à partir des évacuateurs de crues du Grand barrage de Touzouz jusqu'à la porte coulissante à l'entrée de la palmeraie (fig. 19 et 20). La seguia 2 a une double fonction, elle transporte l'eau pour l'irrigation d'une partie de la palmeraie ouest de Ghardaïa et alimente le lac d'Ahbas N'Touzouz. C'est, une fois que la seguia Gharbia achève sa mission, l'excès d'eau évacué par les deux évacuateurs du grand barrage sera drainé par la seguia Cherkia. Dès que l'irrigation est achevée, la vanne coulissante sera fermée, l'eau sera déversée directement dans le lac d'Ahbas N'Touzouz pour réalimenter la nappe (fig. 21 et 22).



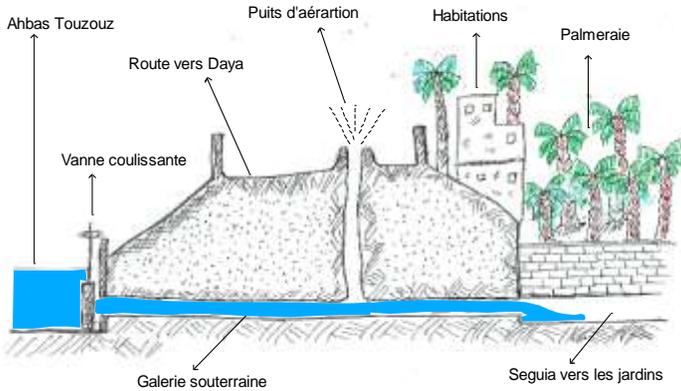
**Figure 19 : Schéma synoptique de la seguia Cherkia d'une longueur de 1600 m (Schéma Remini, 2020)**



**Figure 20 : Une vue sur la seguia Cherkia qui alimente le lac de Touzouz et irrigue une partie de la palmeraie Ouest (Photo. Remini, 2013)**

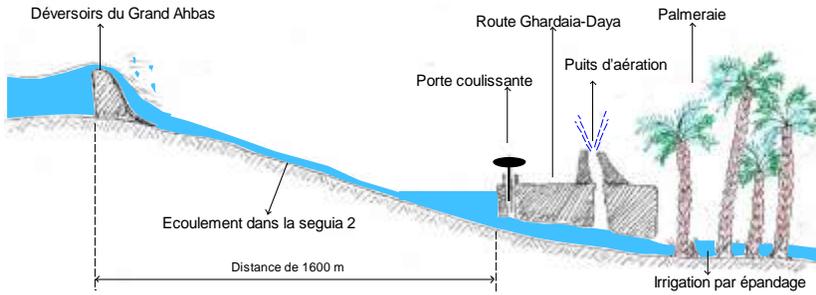


**Figure 21 : Porte coulissante de la segouia 2 vers la palmeraie ouest (Photo. Remini, 2013)**

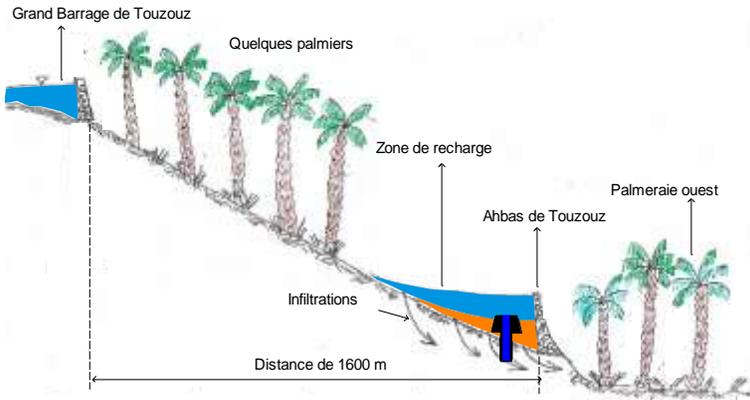


**Figure 22 : Système d'irrigation d'une partie de la palmeraie ouest de Ghardaïa (Schéma Remini, 2020)**

Contrairement à la segouia 1, la segouia 2 possède deux fonctions selon l'importance de la crue. La première consiste à transporter l'eau de crues jusqu'à la porte coulissante qui se trouve à 1600 m (fig. 23). Pour la deuxième fonction, la segouia 2 transporte l'eau jusqu'à la retenue d'Abbas N'Touzouz pour la recharge de la nappe (fig. 24). Une fois l'irrigation par la segouia 2 est terminée et la vanne coulissante est fermée, le niveau d'eau monte dans la segouia. Dans ce cas, l'eau s'écoule sur le déversoir située à 1 km du Grand barrage pour atteindre le lac d'Abbas N'Touzouz. Stockée dans la retenue, l'eau s'infiltré pour atteindre l'aquifère souterrain.



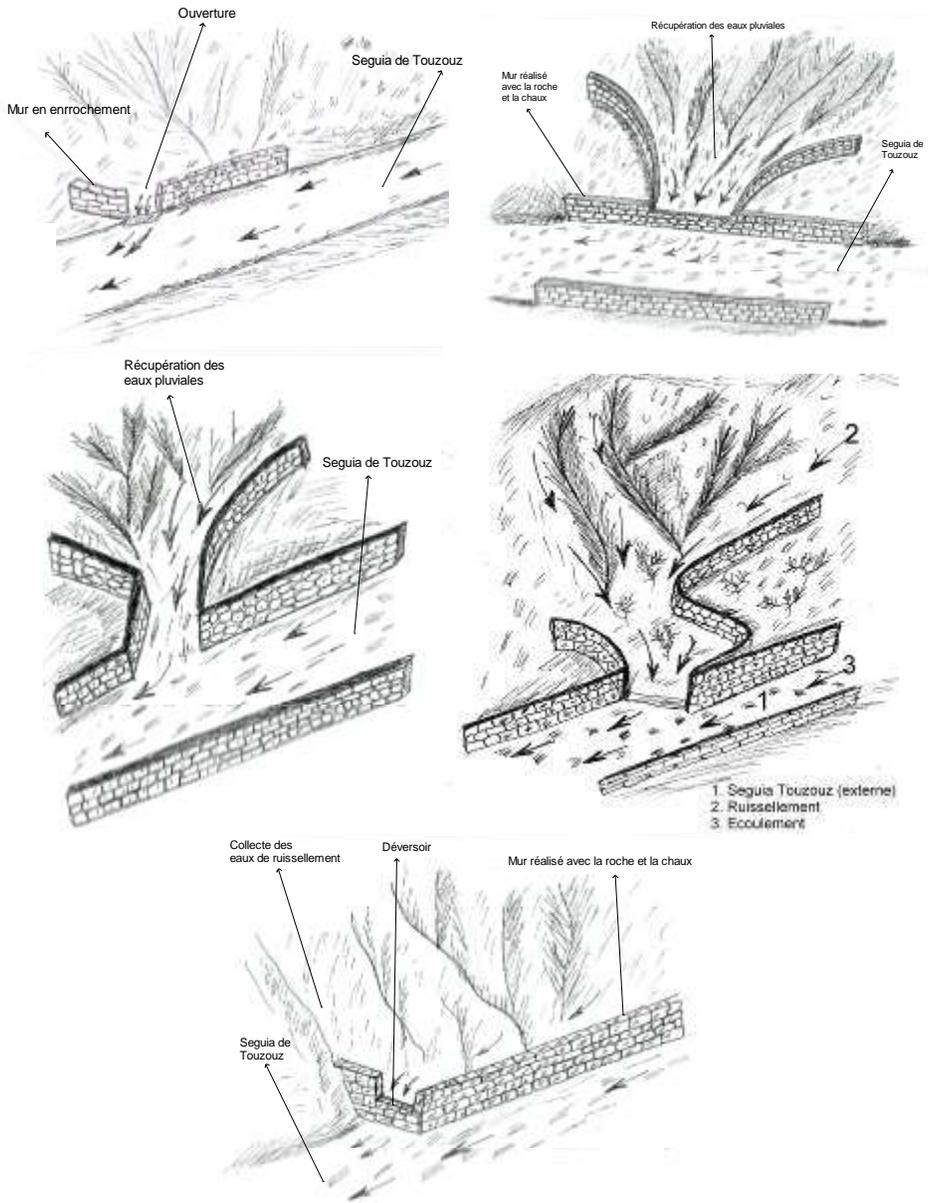
**Figure 23 : Schéma de la coupe longitudinale de la seguia Cherkia (seguia 2) (Schéma Remini, 2020)**



**Figure 24 : Schéma de la coupe longitudinale de la branche : Grand barrage-Ahbas N'Touzouz (Schéma Remini, 2020)**

### **La collecte des eaux de ruissellement pour la seguia Gharbia**

« C'est dans les milieux sec, que l'eau retrouve sa valeur » (Remini, 2019). C'est dans ce sens que les Mozabites ont réalisé des ouvrages de collecte des eaux de ruissellement en contre bas du massif rocheux de la rive droite de la seguia de Touzouz sur une distance de 1600 m. Au nombre de 12, ces ouvrages sont l'œuvre du génie et du savoir-faire des Mozabites (fig. 25 et 26). Un grand aménagement pareil démontre bien la valeur de l'eau chez le Mozabite. Son objectif est de récupérer le maximum des eaux pluviales. Ces déversoirs ont été réalisés à l'exutoire de chaque ravine (chaabat) qui déverse dans la seguia 1. Parmi ces divers ouvrages, on trouve des déversoirs rectangulaires et des convergents qui drainent les eaux ruisselés vers la seguia Gharbia.



**Figure 25 : Schéma de quelques déversoirs réalisés à la périphérie du massif rocheux de la rive droite de la seguia 1 dans le cadre de l'aménagement IRS de Touzouz (Schéma 2020)**

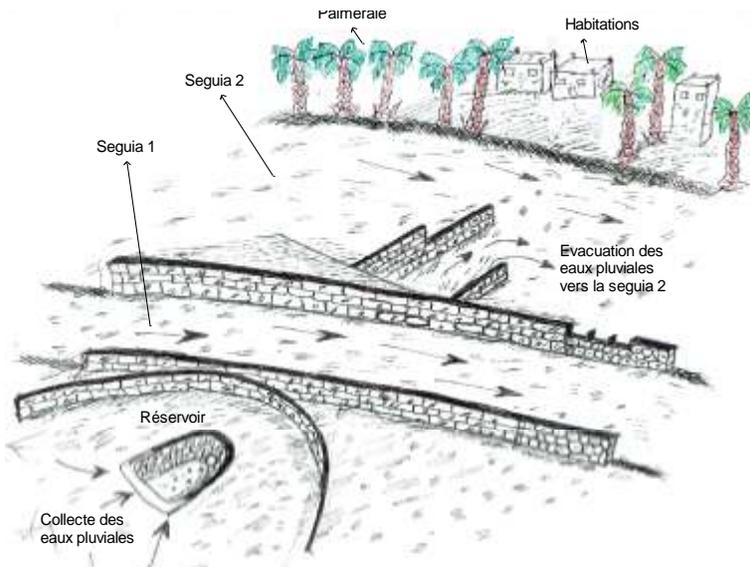
*Quand le génie Oasien dompte les crues : aménagement ancestral I.R.S de Touzouz  
(vallée de M'Zab, Algérie)*



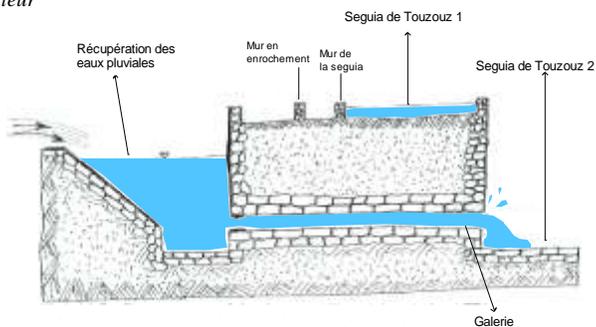
**Figure 26 : Quelques types d'ouvrages hydrauliques réalisés pour la collecte des eaux pluviales dans le cadre de l'aménagement IRS de Touzouz (Photo, Remini, 2014)**

## La collecte des eaux de ruissellement pour la seguia Gharbia

Equipé d'un mur rocheux d'une longueur de 120 m et de 0,60 m de hauteur pour collecter les eaux de ruissèlement en provenance d'un sous bassin d'une superficie de 4,5 ha (fig. 27(a et b)). Ces eaux s'écoulent à travers une galerie d'une longueur de 20 m au-dessous de la seguia 1 pour atteindre la seguia 2 (fig. 28(a, b, c et d)). Une quantité d'eau appréciable s'ajoute à celle qui provienne d'oued Touzouz (par la seguia 1) pour alimenter la retenue d'Ahbas N'Touzouz qui participe à la recharge de la nappe alluviale.



a) Schéma du collecteur



b) Coupe longitudinale

**Figure 27 : Schéma de la coupe longitudinale du collecteur des eaux pluviales de l'aménagement IRS de Touzouz (Schéma Remini, 2020)**

*Quand le génie Oasien dompte les crues : aménagement ancestral I.R.S de Touzouz  
(vallée de M'Zab, Algérie)*



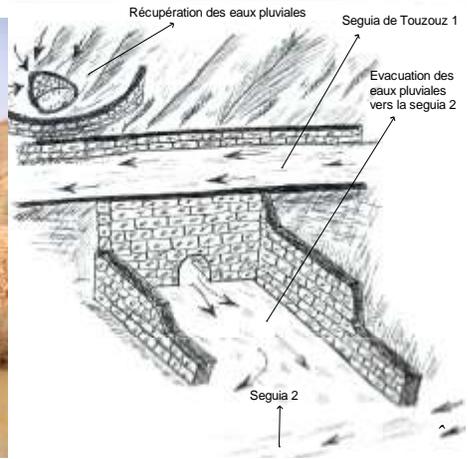
a)  *REGARD*



b)  *GALERIE*



c)  *REJET*

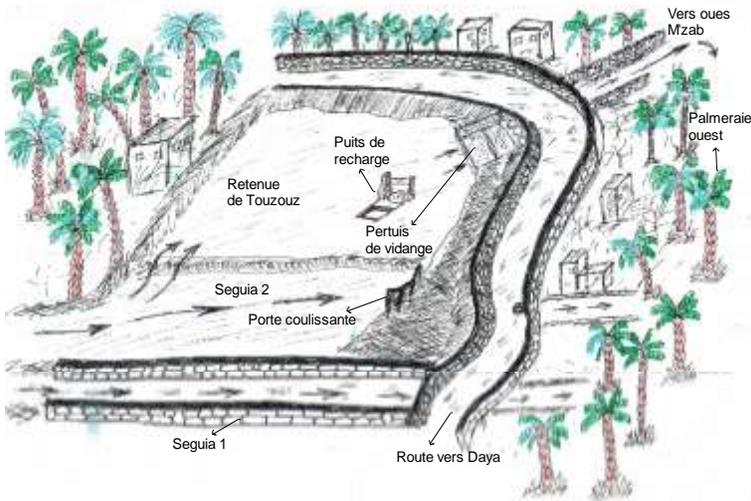


d)  *Le collecteur des eaux pluviales*

**Figure 28 : Les ouvrages du collecteur des eaux pluviales réalisé dans le cadre de l'aménagement IRS de Touzouz (Photo. Remini, 2014)**

**La retenue d'Ahbas N' Touzouz, un lieu de recharge de la nappe alluviale**

D'une hauteur moyenne de 2,75 m, Ahbas N'Touzouz possède une capacité de 700000 m<sup>3</sup> (fig. 29 (a, b et c)). La digue du barrage a été bâtie avec la roche et le mortier de la chaux sur un périmètre de 850 m (fig. 29 (a, b et c)). L'objectif d'Ahbas N'Touzouz est de jouer le rôle d'un bassin de réalimentation indirecte de la nappe alluviale. Un puits de recharge a été installé au centre de la retenue dont le but d'avoir une recharge direct de la nappe alluviale.



a) Schéma synoptique d'Ahbas N'Touzouz



b) Le lac (Photo. Remini, 2010)



c) la digue (Photo. Remini, 2006)

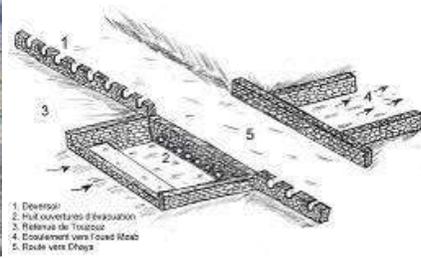
**Figure 29 : Ahbas N'Touzouz d'une capacité de 700000 m<sup>3</sup> d'une longueur égale à 850 m bâti en enrochement et en mortier de la chaux**

Ahbas N'Touzouz est alimenté par le surplus des eaux de la seguia 2 en provenance d'oued Touzouz d'un bassin versant d'une superficie égale à 3300 ha. Le remplissage de la cuvette d'Ahbas N'Touzouz s'effectue après l'irrigation de la palmeraie ouest de Ghardaïa. Une part d'eau complémentaire récupérée par le collecteur des eaux pluviales d'un petit bassin versant d'une surface égale à 4,5 ha. Ahbas N'Touzouz est équipé d'un système d'évacuation du surplus d'eau vers l'oued M'zab. Ce dernier est composé de 8 pertuis de vidange et d'un déversoir (fig. 30 (a, b et c)). Dans le cas d'une montée rapide du niveau d'eau dans la retenue, le déversoir peut aider les pertuis de vidange à évacuer la crue vers l'oued M'zab.

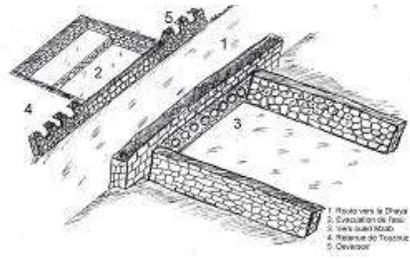
*Quand le génie Oasien dompte les crues : aménagement ancestral I.R.S de Touzouz (vallée de M'Zab, Algérie)*



a) Bassin d'accumulation



b) Rejet dans l'oued M'zab



c) Déversoir

**Figure 30 : Système d'évacuation équipé des puits de vidange et d'un déversoir (Photo. Remini, 2011)**

**Les objectifs de l'aménagement IRS de Touzouz**

Comme nous l'avons mentionné au début de ce papier que l'aménagement IRS de Touzouz a pour but d'anéantir les crues en provenance de l'oued de Touzouz. A cet effet, trois priorités ont été affectées à cet aménagement. Il s'agit de l'irrigation, de la recharge de la nappe alluviale et de la sécurité de l'oasis par l'évacuation du surplus d'eau vers l'oued M'zab.

### ***Irrigation de la palmeraie ouest***

L'irrigation de la palmeraie ouest de Ghardaïa est assurée par les deux seguias de l'oued de Touzouz (Gharbia et Cherkia). C'est une irrigation temporaire qui a une grande importance pour le sol et pour la plante. En effet, cette irrigation par épandage qui consiste à drainer les premières eaux de crues dans l'ensemble des jardins de la palmeraie. Ces eaux sont très chargées en silts et en particules fines qui sont bénéfiques pour le développement du palmier. D'une autre façon, le lessivage créé par les crues peuvent réduire le taux du sel accumulé sur le sol. En d'autre terme ; l'arrosage de la palmeraie au moins une crue par année permet à la plante de mieux grandir. Pour atteindre cet adjectif, un réseau de seguia-ruelle a été adopté par les Mozabites (fig. 31).

Les ruelles de la palmeraie jouent un double rôle ; circulation des oasisiens 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). Ce type de mur 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. Chaque jardin est équipé d'une ouverture rectangulaire appelé koua aménagée tangentielle au niveau bas du mur dans le sens opposé à l'écoulement (fig. 32 (a et b) et 33). La quantité d'eau de crue pour chaque jardin est fonction de la superficie du jardin, des travaux manuels et de nettoyage fournis par les propriétaires durant la période d'entretien des seguias et des galeries. Ce volume d'eau est fonction des dimensions de la koua. L'eau dans la seguia (principale et secondaire) s'écoule selon le principe du débit de route. Le débit initial diminue le long de la seguia d'un débit  $Q_i$  (débit nécessaire pour chaque jardin) arrivant à la fin de la seguia avec un débit  $Q'$  selon la relation suivante :

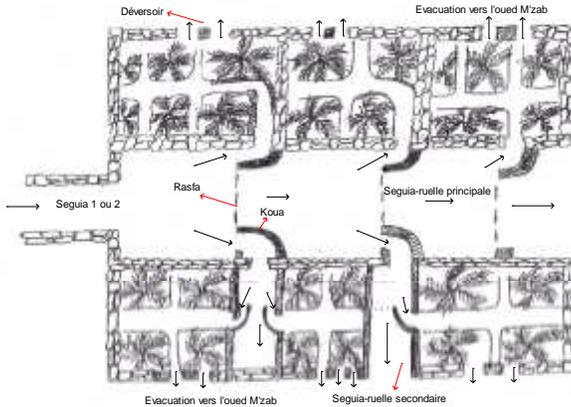
$$I = n$$
$$Q' = Q - \sum_{I=1} Q_i$$

$Q'$  : Débit final à la sortie de la palmeraie

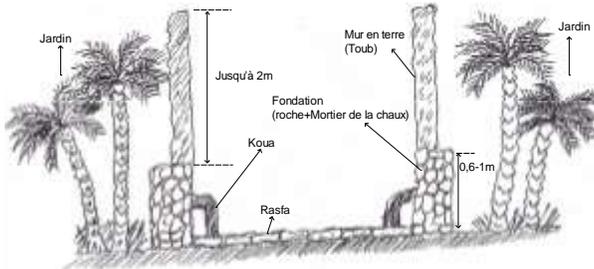
$Q$  : Débit initial à l'entrée de la palmeraie

$Q_i$  : Débit entrant par la Koua dans le jardin

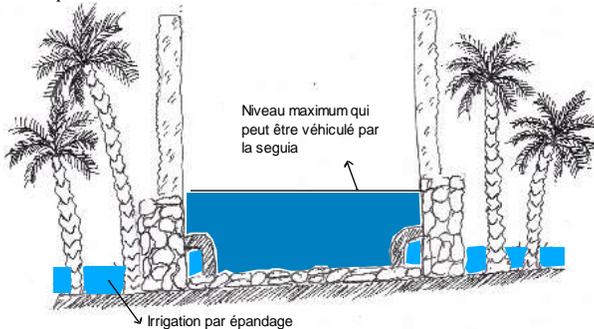
Devant chaque Koua on trouve un seuil (surélévation) d'environ 5cm ou un rétrécissement (obstacle frontal). Ceci pour avoir une diminution de la section devant l'ouverture et une augmentation de la vitesse et accélérer l'écoulement par l'orifice.



**Figure 31 : Schéma simplifié du réseau du partage des eaux de crues dans la palmeraie ouest de Ghardaia (Schéma Remini, 2020)**



*a) Ruelle en période de sécheresse*



*b) Ruelle devient seguia en période de crues*

**Figure 32 : Schéma d'une seguia-ruelle de la palmeraie de Ghardaia (Schéma Remini, 2020)**



**Figure 33 : La Koua ; Chaque jardin est muni d'une ouverture rectangulaire aménagée en bas du mur pour permettre à l'eau de crue de s'écouler dans les jardins (Photo. Remini, 2011)**

Les crues sont drainées au niveau des jardins par les deux seguias de Touzouz. Une fois l'eau submerge les jardins, le surplus d'eau est évacué dans l'oued M'zab à travers un trop plein aménagé spécialement au niveau du mur (fig. 34).

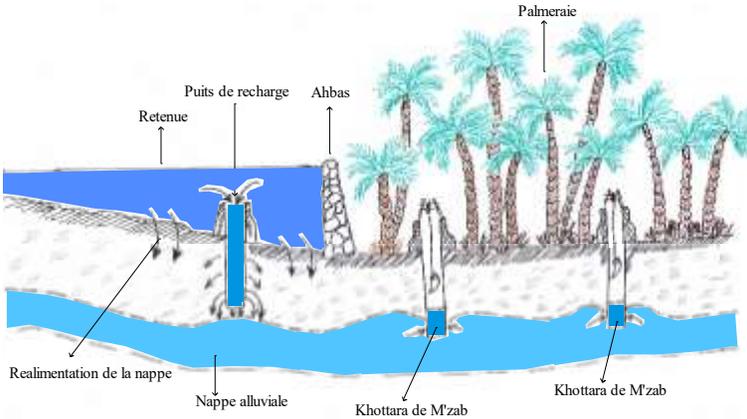


**Figure 34 : Trop plein au niveau de chaque jardin ; un moyen de sécurité (Photo. Remini, 2020)**

### ***Recharge de la nappe***

Une fois l'irrigation est achevée, c'est à dire une fois l'excès d'eau dans les jardins a été évacuée par le trop plein, on ferme les vannes coulissantes au niveau d'Ahbas 2 (segua Gharbia) et au niveau de l'ouverture de la segua Cherkia. Dans ce cas, le niveau d'eau dans la segua 2 se déverse directement dans la retenue d'Ahbas N'Touzouz. L'eau réalimente directement la nappe à travers le puits de recharge et indirectement par les infiltrations qui s'effectuent sur le fond de la retenue d'Ahbas N'Touzouz (fig. 35). Cette recharge se traduit

par une remontée du niveau d'eau dans les puits de la palmeraie de Ghardaïa. Une fois le lac d'Aghas N'Touzouz est rempli totalement d'eau, le trop plein évacue le surplus d'eau vers l'oued M'zab. Durant la période sèche, les jardins et la palmeraie sont irrigués par les eaux de la nappe alluviale prélevées par les Khottaras. Ce sont des puits à traction animale (fig. 36).



**Figure 35 : Aménagement IRS. Le principe de la recharge de la nappe et le puisement des eaux de la nappe (Remini, 2020)**

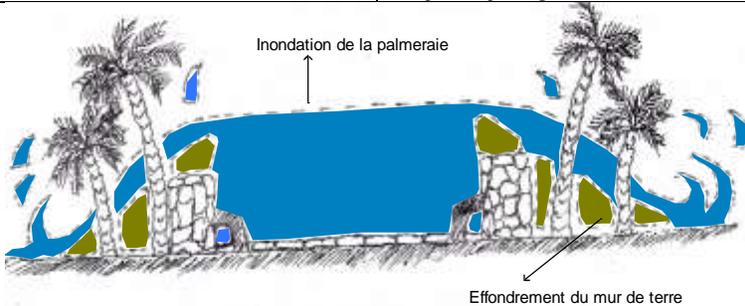
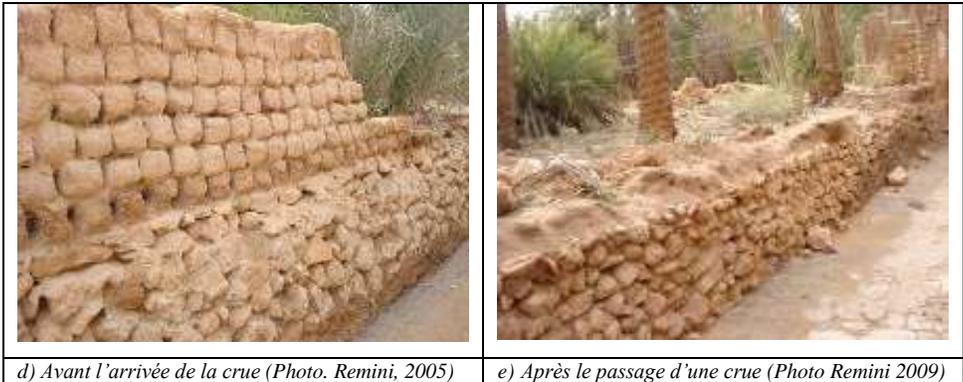


**Figure 36 : Khotta de la vallée de M'zab : Un puits à traction animale (Photo. Remini, 2012)**

### *Sécurité de l'oasis*

Une fois le lac d'Aghas N'Touzouz est complètement rempli d'eau, le système de vidange évacue le surplus d'eau vers l'oued M'zab (fig. 30 (a, b et c)). En plus, chaque jardin est équipé par des ouvertures aménagées dans le mur pour évacuer l'excès d'eau vers l'oued M'zab (fig. 34). Pour une crue exceptionnelle,

le réseau des seguias –ruelles n’arrive pas à véhiculer les eaux vers les jardins. Dans ce cas, le niveau d’eau monte jusqu’à l’effondrement des murs de Toub (mur en terre) (37 (a, b et c)). Toute la palmeraie est inondée (Seguia et jardin), l’eau est évacuée par les trop plein des jardins vers l’oued M’zab.



c) schéma d’effondrement des murs

**Figure 37 : Processus d’effondrement des murs des jardins de la palmeraie de Ghardaïa : La dernière étape de l’Aménagement IRS (Schéma, Remini 2020)**

### La palmeraie de Ghardaïa : Le trésor de l’oasis

Forte d’une superficie de 2 km<sup>2</sup>, la palmeraie de Ghardaïa de Ahbas Ajdid jusqu’au barrage Bouchen (du sud vers le nord). La palmeraie est irriguée par deux méthodes : temporaire et permanente. L’irrigation temporaire s’effectue par les eaux de crues. Généralement, on enregistre deux à trois crues par année. L’irrigation permanente s’effectue par les eaux de la nappe phréatique en utilisant les puits. Chaque type d’irrigation a son propre réseau de distribution et de partage. Le premier possède de large seguia pour drainer un débit d’eau appréciable. Par contre le deuxième type, le réseau de distribution est constitué de seguia de faibles dimensions destiné à transporter les eaux souterraines dans l’ensemble des jardins. Pour collecter l’ensemble des eaux de ruissellement,

deux retenues ont été réalisés à la limite de la palmeraie : Les barrages de Bouchen et de Touzouz. Le barrage de Bouchen stocke les eaux d'oued Mzab. Le barrage de Touzouz stocke les eaux d'oued Touzouz. Toutes les eaux en provenance de branches et des Chaabats qui mènent vers la palmeraie sont collectés. Des digues et des déversoirs ont été réalisés dans tous les affluents qui mènent vers les grands oueds : Mzab, Touzouz, Ezouil, Ntissa...

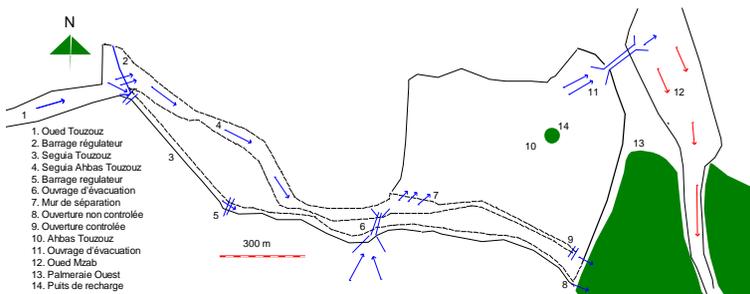
Cependant pour notre étude, l'aménagement de Touzouz est destiné pour irriguer (irrigations temporaire et permanente) la partie ouest de la palmeraie de Ghardaïa d'une superficie de 1 km<sup>2</sup> (fig. 38).



**Figure 38 : Une vue sur la palmeraie ouest de Ghardaïa d'une superficie de 1 km<sup>2</sup> (Photo. Remini, 2012)**

### **Fonctionnement de l'aménagement de Touzouz**

L'aménagement IRS de Touzouz permet de partager l'apport d'une crue au maximum en 3 parties selon les priorités (fig. 39) : Irrigation, Recharge et Sécurité. Il peut affronter quatre situations possibles :



**Figure 39 : Schéma de l'aménagement IRS de Touzouz (Schéma Remini, 2020)**

### **Situation 1**

La crue en provenance d'oued Touzouz arrive au niveau du grand Ahabas de Touzouz. Un barrage d'une longueur de 30 m et d'une hauteur de 2m. La priorité est donnée à l'irrigation par épandage. Suivant la pente du terrain, les premières eaux de la crue s'acheminent vers la rive droite du grand barrage où se situe la première Ahabas de régulation sur la seguia Gharbia (1). L'eau s'écoule directement à travers les 4 orifices. Si le débit est assez important la porte coulissante sera ouverte. Arrivée au deuxième Ahabas de régulation, les deux vannes s'ouvrent pour laisser l'eau s'écouler lentement jusqu'à l'entrée de la palmeraie et ensuite elle s'écoule dans les seguias-ruelles du réseau de la palmeraie et par les Koua pour atteindre les jardins des propriétaires. La crue continue à s'écouler mais avec un faible débit. Une fois les jardins inondés, on ferme les deux vannes d'Ahabas 2. L'eau s'accumule dans la retenue du grand Ahabas ensuite elle se déverse par les deux évacuateurs pour s'écouler dans la seguia Cherkia (seguia 2) pour atteindre l'entrée de la palmeraie. L'ouverture de la vanne coulissante permet à l'eau de s'écouler dans les seguias-ruelles du réseau de distribution. Une fois les jardins inondés, les trop pleins des jardins fonctionnent en direction dans l'oued M'zab. La fermeture de la vanne coulissante oblige l'eau à s'écouler vers la retenue d'Ahabas Touzouz pour la remplir. L'eau s'infiltré dans le sous-sol pour remplir la nappe alluviale et permet ainsi à la montée du niveau d'eau dans les puits de la palmeraie. Selon le témoignage des agriculteurs, une bonne recharge permet aux besoins en irrigation de tenir sept années de sécheresse.

### **Situation 2**

Une crue moyenne arrive au niveau du Grand barrage de Touzouz. Les 5 trous d'Ahabas de régulation (1) n'arrivent pas à évacuer l'eau de la crue. Dans ce cas, on ouvre la vanne coulissante pour évacuer l'eau dans la seguia 1 de Touzouz. La surveillance de la crue par une équipe d'Oumana El Ma devient nécessaire. Les manœuvres des deux vannes du deuxième Ahabas de régulation est indispensable. On ouvre d'abord une vanne, le niveau d'eau monte toujours, l'ouverture de la deuxième vanne assure un écoulement stable dans la seguia (1) jusqu'à l'entrée de la palmeraie d'une longueur de 1 km. L'eau s'écoule dans le réseau des seguias-ruelles et inonde les jardins de la palmeraie. Après le fonctionnement du trop-plein, les vannes des deux Ahabas (1 et 2) se ferment. Les déversoirs du Grand barrage déversent dans la seguia 2. L'eau s'écoule pour atteindre la porte coulissante à l'entrée de la palmeraie. L'ouverture de ce pertuis permet à la crue d'inonder une partie de jardins de la palmeraie jusqu'à

l'évacuation du surplus d'eau vers l'oued Mzab par le trop plein. La fermeture de la vanne coulissante de la seguia 2, permet à l'eau de se déverser dans la cuvette de Touzouz. Une fois rempli, l'eau s'infiltré pour réalimenter l'aquifère laissant les puits se remplissent pour une irrigation pérenne. L'excès d'eau dans la retenue d'Ahabas de Touzouz est évacuer par le trop plein du barrage vers l'oued M'zab.

### ***Situation 3***

Pour une forte crue drainée par l'oued de Touzouz, l'ouverture des portes coulissantes des deux d'Ahabas de régulation 1 et 2 est indispensable. L'arrivée rapide de l'eau dans la palmeraie permet à l'eau de s'écouler dans tout le réseau de distribution et d'inonder rapidement les jardins. En parallèle, l'eau se déverse sur les deux déversoirs du grand barrage pour suivre son cheminement dans la seguia 2 et d'atteindre rapidement la grande vanne coulissante. Son ouverture permet à l'eau de s'écouler dans tout le réseau pour arroser les jardins avec les eaux chargées de la crue. Le fonctionnement rapide du trop plein des jardins oblige la fermeture de toutes les vannes des deux seguias. La crue redouble d'intensité, l'eau de la seguia 2 s'écoule sur le déversoir (en terre) pour remplir la retenue d'Ahabas de Touzouz afin d'accélérer la recharge artificielle de la nappe phréatique. La crue ne s'arrête pas et le niveau d'eau dans le lac de Touzouz grimpe toujours. Le fonctionnement des pertuis de vidange d'Ahabas Touzouz, permet à l'eau de s'écouler vers l'oued M'zab pour poursuivre son cheminement vers l'aval. La sécurité de la population oblige.

### ***Situation 4***

Une crue exceptionnelle se manifeste dans l'oued Touzouz. L'ouverture rapide de toutes les vannes coulissantes des deux seguias est obligatoire. L'eau arrive rapidement dans la palmeraie. Une quantité d'eau appréciable récupérée par les ouvrages de collecte s'ajoute au débit la seguia 1. L'apport de la seguia 2 est constitué par une part d'oued Touzouz et une quantité collectée par le colecteur qui capte les eaux de ruissellement du massif rocheux. Si le niveau d'eau monte rapidement dans la seguia 1, l'eau se déverse dans la seguia 2 par les deux évacuateurs de crues frontaux. Tous les jardins sont inondés et le surplus d'eau se déverse vers l'oued Mzab. En parallèle, L'eau atteint rapidement la retenue de la recharge de Touzouz. Tous les trop plein sont actionnés pour évacuer le maximum d'eau vers l'oued M'zab. Dans le cas extrêmes, le niveau d'eau déborde et s'écoule sur la digue du grand barrage, l'eau surpasse les deux Ahabas de régulation 1 et 2 de la seguia 1. Une fois dans la palmeraie, le réseau n'arrive

plus à évacuer toute la quantité d'eau par les Koua. Le débit sortant est inférieur à celui d'entrée. Dans ce cas, le niveau d'eau monte dans les seguias jusqu'à l'effondrement des murs de Toub (mur en terre). Dans ce cas extrême, l'eau envahit tous les jardins et s'écoulent par les trop plein vers l'oued M'zab. La sécurité de la population et leurs biens oblige.

### **Vers le déclin de l'aménagement ancestral de Touzouz**

Un patrimoine hydraulique se dégrade. Il s'agit bien de l'un des plus vieux aménagements de la planète. Certes aujourd'hui l'aménagement de Touzouz ne joue plus son rôle comme avant depuis l'apparition du forage profond. La nappe alluviale est aujourd'hui polluée et n'est plus le réservoir préféré de l'oasis de Ghardaïa. Mais nous devons militer pour sauvegarder ce patrimoine hydraulique unique au monde.

Les aléas climatiques et plus particulièrement les dernières crues qui se sont manifestées dans la vallée de M'zab comme celle de 2008 a aggravé la situation de l'aménagement. Le grand barrage de Touzouz qui décrit l'ingéniosité du Mozabite a été détruit à plus de 50% notamment la digue (fig. 40). Malheureusement depuis plus de 10 ans, le barrage n'a jamais été réhabilité.



**Figure 40 : Digue du grand barrage complètement emportée par la crue (Photo. Remini, 2009)**

Quant à la retenue d'Ahbas N'Touzouz se trouve aujourd'hui envasé à plus de 70% de sa capacité initiale et ne joue plus rôle comme un ouvrage de réalimentation de la nappe. Plus de 1 m de hauteur de boue est stockée aujourd'hui dans la cuvette, ce qui pose des difficultés aux infiltrations des eaux pluviales (fig. 41). Le puits qui servit à recharger directement la nappe alluviale et qui se situe aux environs du centre de la retenue a complètement disparu. Les Ahbas (barrages) de l'aménagement IRS se trouvent aujourd'hui envasé (fig.

42). Un dévasement mécanique s'impose et devient une nécessité surtout lorsqu'on sait que cette boue est trop demandée par la population ksourienne pour la réutilisation dans l'habitat et l'agriculture.



a) *Ahbas N'Touzouz*



b) *2eme Ahbas*

**Figure 41 : Les Ahbas de l'Aménagement I.R.S sont aujourd'hui envasés (Photo. Remini, 2020)**

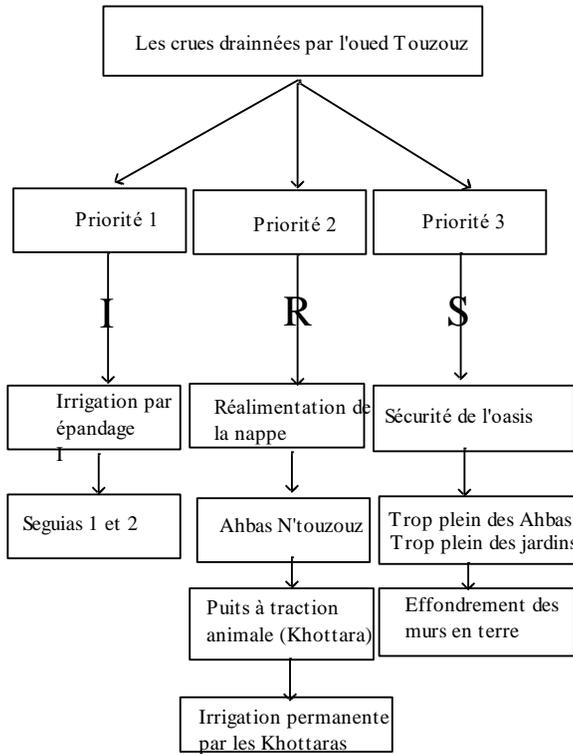
Les ouvertures (Koua) dont la majorité ont été saccagées. D'autres ont été complètement colmatés par le ciment. La dernière crue de 2008 a détruit plusieurs murs de jardins (fig. 42). Plusieurs seguia-ruelle n'ont pas été réhabilités. Des murs ont été refait mais en béton armé.



**Figure 42 : Koua dégradée, mur en terre inexistant depuis la crue de 2008 (Photo. Remini, 2013)**

## DISCUSSION

Et pourtant ces crues qui surgissent dans la vallée de M'zab sont dévastatrices, les Mozabites vivaient depuis plus de sept siècles dans une région rocheuse avec un climat hyper aride. Pour eux, le seul moyen de stockage des eaux était la nappe alluviale. Les Mozabites grâce au savoir-faire inestimable, ils ont appris à bâtir les barrages, mais par stocker les eaux de surface, mais pour réalimenter l'aquifère supérieur. Pour les Mozabites, les inondations n'ont jamais été un malheur, mais plutôt un bonheur. Oui, un bonheur, une crue dans la vallée de M'zab est une joie ; une fête où toute la population Mozabite est dehors à la périphérie de l'oued pour souhaiter la bienvenue à la crue mais plutôt à la vie. Les Mozabites ont compris tôt qu'il fallait apprendre à vivre avec la nature et avec l'environnement du milieu. Pour un Mozabite, tout ce qui vient du ciel est un don du ciel. « Habiter les hauteurs et cultiver les lits des oueds » telle est la devise Mozabite. Trois mots étaient suffisants pour installer l'un des plus grands aménagements ancestraux de la planète. Il s'agit de : Irrigation, Recharge et Sécurité que nous l'avons baptisé : « Aménagement IRS » et qui consiste à profiter au maximum des eaux d'une crue (fig. 43). Favorisant l'irrigation temporaire, ou l'irrigation par épandage en profitant des apports solides drainés par la crue. Une fois la palmeraie est bien arrosée par les eaux chargées, le surplus d'eau est orienté vers le lac d'Ahbas N'Touzouz pour s'infiltrer et réalimenter la nappe alluviale. Attendre la sécheresse pour récupérer l'eau cachée dans le sous-sol en période de crues, là aussi le Mozabite a démontré une nouvelle fois son génie pour avoir foré le sol de la vallée de centaines de puits à traction animale pour les utiliser dans l'irrigation de la palmeraie. Une fois le réservoir souterrain est bien réalimenté, l'excès d'eau est évacué directement dans l'oued M'zab, la sécurité de l'oasis n'a pas de prix.



**Figure 43 : Fonctionnement de l'Aménagement I.R.S de Touzouz (Remini, 2020)**

## REMERCIEMENTS

Ce modeste papier est le fruit d'un long travail de plus de 20 années dans la vallée de M'zab. C'est grâce à toute une population qui a participé à l'aboutissement de ce résultat. Je tiens à remercier vivement mes deux amis Mrs Ouled Belkhir et Dahmane qui m'ont beaucoup encouragé de ne pas abandonner ce projet. A ma petite famille, j'ai pris de votre temps pour réaliser ce travail, merci.

## CONCLUSION

Comme nous l'avons mentionné au début de cet article que les Mozabites vivaient en harmonie avec les crues et les inondations depuis des siècles. Toute une organisation technique et sociale a été mise en œuvre pour anéantir le danger des crues et profiter de leur eaux afin d'alimenter le ksar et satisfaire la demande en irrigation. Dans un milieu sec où l'eau se fait rare, les Mozabites ont mis en œuvre un aménagement hydraulique ancestral capable de réguler les crues en provenance de l'oued Touzouz qu'on a baptisé «Aménagement I.R.S » Il partage les eaux d'une en 3 priorités selon l'évolution du débit de la crue : Irrigation, Recharge et Sécurité. Malheureusement, aujourd'hui ce patrimoine se trouve dans un état très dégradé. Le curage des Ahbas et la réhabilitation de tous les ouvrages de l'aménagement I.R.S devrait être une priorité des services concernés. Un tel aménagement original devrait être inscrit comme patrimoine hydraulique national.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOUAMER K., REMINI B., HABI M., REZZAG K. (2019). The effects of the flood of October 2008 on the water quality in the M'zab valley, Algeria. *Journal of water and land Development*, N° 40 (I-III), pp.173-180.
- KHALIFA A., REMINI B. (2019). The sharing of flood waters in the Ksour of Ghardaia and Berriane (Algeria) hydraulic study. *Journal of water and Land Development*. Vol. LXV, N° 2, pp. 44 – 57.
- OULED BELKHIR C., REMINI B. (2016). Cleanup and valuation of waters of the aquifer of M'zab Valley (Algeria). *Journal of water and land development*, Vol. 29, N°1, pp. 23-29.
- MILOUDI A/M., REMINI B. (2018). The Ghout of Souf: an original hydro agricultural system. *Geosciences Engineering*. Vol. LXIV, N° 3, pp. 30-37.
- REMINI B., SOUACI B.E. (2019). Le Souf : quand le forage et le pivot menacent le Ghout ! *Larhyss Journal*, N°37, Mars, pp. 23-38.
- REMINI B., OULED BELKHIR C. (2019). Le système ancestral de partage des eaux de crues de l'oasis de Metlili (Algérie) : un patrimoine hydraulique oublié ! *Larhyss Journal*, N°40, Dec, pp. 213-247.
- REMINI B. (2019c). L'oasis d'El Guerrara (Algérie) : irrigation et recharge des nappes assurées par les inondations. *Larhyss Journal*, N°40, Dec, pp. 213-247.
- REMINI B. (2019a). Les foggaras du Sahara : le partage de l'eau l'œuvre du génie oasien. *Larhyss Journal*, N°39, Sept., pp. 25-57.

- REMINI B. (2019b). La foggara et le Ghout (Algérie) : quand le forage sonne le déclin. Larhyss Journal, N°39, Sept, pp. 275-297.
- REMINI B. (2018). The foggaras of the oasis of Ghardaia (Algeria): the sharing of flood waters. Larhyss Journal, N° 36, pp. 157-178.
- REMINI B. (2017). La foggara de Tadmaït : sans énergie de l'eau du sous-sol a la surface du sol. Larhyss Journal, N°32, Dec, pp. 301-325.
- 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 (I-VI), pp. 49-53.
- REMINI B., REZOUG C. (2017). La khottara de la Saoura : un patrimoine hydraulique en déclin. Larhyss Journal, N°30, Juin, pp. 273-296.
- REMINI B., ACHOUR B. (2016). The water supply of oasis by Albian foggara: an irrigation system in degradation. Larhyss Journal, N°26, Juin, pp. 167-181
- ZEGAIT R., REMINI B. OULED BELKHIR C. (2018). Gestion irrationnelle des ressources en eau dans le Sud algérien (Cas de la vallée de M'Zab). Journal International Sciences et Technique de l'Eau et de l'Environnement, Vol. III – N°1, Avril, pp. 223-231.