

**L'EAU A GHARDAIA (ALGERIE),
UN SYSTEME ARTIFICIEL PAR EXCELLENCE**

Water at Ghardaia (Algeria), an ultimate artificial system

DAHMEN Abdelkrim^{1,2}, KASSAB Tsouria^{1,2}

¹Laboratoire Villes, Architecture et Patrimoine

²Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme El-Harrach Alger

abdahmen@gmail.com, tsouriakassab@yahoo.fr

Résumé

Le patrimoine de l'eau en Algérie présente une variété de systèmes hydrauliques ayant tous contribué à pérenniser l'établissement humain dans les contrées sahariennes. L'un des exemples les plus significatifs ici serait la Vallée du M'zab. L'objet de cet article est de démontrer le caractère exceptionnel du système hydraulique du M'zab, à Ghardaïa. Il s'agit de montrer comment le génie des Mozabites a permis, non seulement d'exploiter la nappe phréatique contenue dans les calcaires du Turonien, mais aussi de l'appriivoiser suivant un système original de captage-restitution par puits capteurs pour optimiser l'exploitation des crues saisonnières. Durant des siècles, le savoir, l'organisation sociale, la norme basée sur le rite Ibadite, mais surtout la maîtrise technique ont contribué à créer un système d'occupation du territoire et de gouvernance qui a su concilier urbanité, bien-être et développement durable. Nous ne connaissons pas une autre région au monde qui ait entrepris d'appriivoiser une nappe phréatique pour en disposer à volonté comme d'un réservoir souterrain.

Mots clés : M'zab, patrimoine de l'eau, crue d'oued, puits-capteur, artificiel

Abstract

The water heritage in Algeria presents various hydraulic systems which have contributed to sustain human settlements in the Saharan regions. One of the most indicative examples could be the M'zab Valley in the region of Ghardaïa. The main focus of this paper is to figure out the outstanding character of the M'zab hydraulic system in Ghardaïa. The question is not only to show how the Mozabits' genius has enabled the Turonian aquifer exploitation. It is also to illustrate how they tamed it through an original system of catchment-restitution, using feeding-wells to optimize the seasonal flood exploitation. For centuries, the knowledge, the social organization, the norms based on the Islamic Ibadite rite, but more likely the mastering of the technique, have contributed to create a spatial planning and a governance system which has been able to reunite urbanity, well-being, and sustainable development. It would be hard to find another area around the world

which undertook to domesticate an aquifer to dispose at will as an underground reservoir.

Keywords: M'zab, water heritage, river flood, feeding-well, artificial

« Depuis notre lointain ancêtre qui, en grattant la terre, a conçu le premier canal d'irrigation en dérivant par écoulement gravitaire les hautes eaux d'une rivière, depuis l'apparition des technologies premières, des grands programmes d'aménagement en Mésopotamie et en Chine, depuis les premières villes, l'hydraulique n'a cessé d'accompagner le développement des civilisations. » Pierre-Louis Viollet (2000).

Introduction

Durant des siècles, les structures hydrauliques ont constitué les aspects les plus savants dans les pratiques quotidiennes des établissements sahariens (Moulias, 1927). L'ensemble représente un patrimoine de l'eau qui brasse les aspects matériels et immatériels. Dans cet ensemble, le système hydraulique de la Vallée du M'zab revêt une importance particulière compte tenu des efforts exceptionnels réalisés par l'homme pour implémenter et maintenir la viabilité du système.

Néanmoins, l'importance des systèmes hydrauliques dans les établissements humains ne se retrouve pas avec autant d'évidence dans l'intérêt porté par les différentes études à travers l'histoire. De tous les travaux consacrés à la Vallée du M'zab, les aspects propres à l'organisation et au fonctionnement du système hydraulique restent peu étudiés. La première représentation graphique du profil du puits-captateur du M'zab n'a été publiée que récemment (Dahmen 2015). L'objet du présent travail est de démontrer le caractère exceptionnellement artificiel du système hydraulique de la vallée du M'zab.

Après une présentation de la région et un bref aperçu historique, nous procéderons à la description du système hydraulique de la Vallée, avec ses aspects essentiels : Le captage et la restitution.

Pour une meilleure compréhension, nous avons estimé plus approprié de faire référence à la situation du système à l'époque antérieure aux changements intervenus depuis l'entrée en exploitation de la nappe de l'Albien.

Nous ferons cas ensuite des menaces actuelles qui tendent à le disqualifier, pour parvenir, enfin, à démontrer et conclure à l'exceptionnalité du système hydraulique de la Vallée du M'zab, qualifié d'artificiel par excellence.

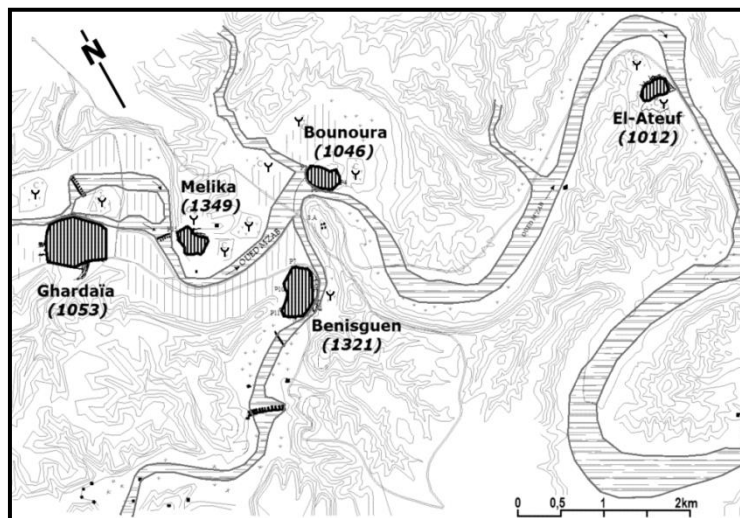
1. Présentation

La région du M'zab marque une situation géographique et hydrographique très particulières où le savoir-faire a produit des travaux hydrauliques très ingénieux. Située à environ 600 km au sud d'Alger, la région est desservie par un plateau calcaire d'une altitude de 250 à 750 m.

La pluviométrie moyenne ne dépasse pas les 100 mm par an. Cependant, le plateau, pierreux et incliné vers le Sud, fait que l'eau des précipitations coule rapidement et sans grande infiltration vers la vallée du M'zab suivant un réseau de rivières : M'zab, Metlili, Seb-Seb, N'sa et Zeghrir. C'est ce réseau qui constitue la Chebka du M'zab, qui fait partie du réseau orographique intérieur prenant naissance au sud de Laghouat pour s'échouer dans les dépressions de la vallée de l'Oued-Righ à l'ouest de la ville de Ouargla. Les nappes phréatiques de la vallée vont jusqu'à une profondeur de 55 m dans la couche calcaire du Turonien. Vers 1012, les premières formes d'exploitation hydrauliques ont permis la création de la première des oasis mozabites, El-Ateuf, celle qui est actuellement la plus en aval.

Les persécutions successives ont conduit les Ibadites vers la Vallée du M'zab (Bakelli, 2009). Depuis le début du XI^e siècle, les Mozabites ont fondé un ensemble de ksour construits sur les collines rocheuses le long de la rivière tout en exploitant la vallée pour l'agriculture. El-Ateuf puis Bounoura et Ghardaïa sont fondés durant la première moitié du XI^e siècle. Presque deux siècles après, sont fondés Beni-Izguen et Melika (Fig 1). D'autres villes suivront plus loin, comme Guerrara (1631) et Berriane (1679) au nord.

Figure 1. La vallée du M'zab et ses ksour à partir de photo aérienne.



Source : Carte préparée à partir des données de l'Office de Promotion de la Vallée du M'zab (OPVM)

A chaque ville, ou ksar, correspond une palmeraie qui comprend les jardins et les demeures d'été. La prospérité de la vallée tient à l'exploitation judicieuse des crues saisonnières des oueds. Le résultat en a été une civilisation urbaine qui va marquer de son influence une bonne partie du Maghreb et jusqu'au Soudan comme le témoignent certaines permanences architecturales (Shacht, 1954).

Les traces de présence humaine sont attestées depuis le paléolithique et remonteraient jusqu'à 20000 ans (Roffo, 1934 ; Abonneau, 1983). Les gravures rupestres qui ponctuent la vallée du M'zab depuis Berriane au nord jusqu'à El-Ateuf au sud font partie de la période libyco-berbère et dateraient de l'âge de Bronze (Flamand, 1921 ; Bonète, 1962 ; Sari, 2003). La vallée semble avoir connu une occupation berbère durant au moins la seconde moitié du premier millénaire chrétien, probablement poussée au sud par le limes romain et l'invasion vandale (Amat, 1888 ; Camps, 2007).

À première vue, on est tenté de considérer le M'zab comme un système à base de digues, car il existe bien un réseau de digues pour retenir les crues et dévier l'eau vers les jardins. Cependant, la réalité est plus subtile.

Les crues n'étant pas assez fréquentes pour assurer une alimentation prospère, le génie des Mozabites a été de réaliser une infiltration artificielle plus rapide et plus efficiente que celle des digues et des barrages. Cela produit un système très particulier qui peut présenter quelques nuances d'un ksar à un autre. Dans le présent article, nous nous intéressons au système hydraulique de la palmeraie de Ghardaïa dans sa partie amont.

2. Le partage des eaux

La première forme d'exploitation était basée sur le puisage à partir de puits creusés dans la vallée.

A Ghardaïa, le premier puits est creusé dans la vallée en 1047 par Ba-Aïssa ou-Alouane (Fig 2). Il s'agit du puits Loubira, restauré en 2006 mais qui est à sec aujourd'hui. La première canalisation est le canal de la palmeraie Ath-Naâlouf qui descend de Chaâbet In-Irez.¹

Figure 2. Puits Loubira, premier puits réalisée dans la Vallée de Ghardaïa

¹Ces données historiques sont recueillies auprès de l'Office de Promotion de la Vallée du M'zab (OPVM).

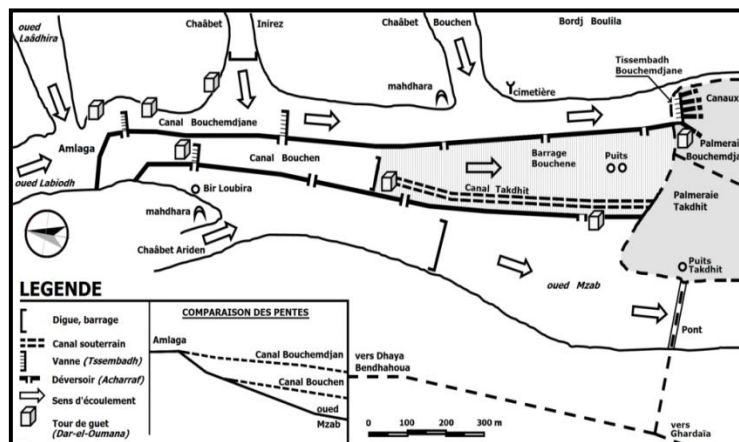


Source :
Dahmen,
2016

Vers 1707, un érudit local, Cheikh Hamou-Lhadj, est venu s'entendre avec les Ath-Naâlouf pour canaliser les crues des affluents Labiodh et Laâdhira vers la palmeraie Bouchemdjane. Il a été convenu qu'une part du débit soit versée dans le canal des Ath-Naâlouf à partir d'une ouverture, appelée en Berbère local : Akdhi (Takdhit au féminin). Dès lors, le canal et la palmeraie des Ath-Naâlouf s'appellent désormais Takdhit (Hadj-Said, 1992). Le grand canal Bouchemdjane est réparti entre les canaux : Ba-Nouh, Hamou-Aissa, Ammi-Younes, Mouch et Chaâba-n-Oudjenna. Les travaux d'aménagement auraient duré quarante ans². Les deux parties ont convenu d'exploiter le vide entre les deux canaux. C'est ainsi que fut créé le barrage Bouchene et son canal d'alimentation qui porte le même nom, le canal Takdhit devient alors enterré.

Un traité bilatéral est adopté assurant la protection et l'entretien du barrage. Des dérivations depuis le canal Bouchemdjane sont construites ultérieurement.

Figure 3. Carte du système de partage des eaux Ghardaia-Nord. Préparée à partir des données recueillies auprès de l'Office de Promotion de la Vallée du M'zab (OPVM)



² Données recueillies auprès de l'OPVM 2016.

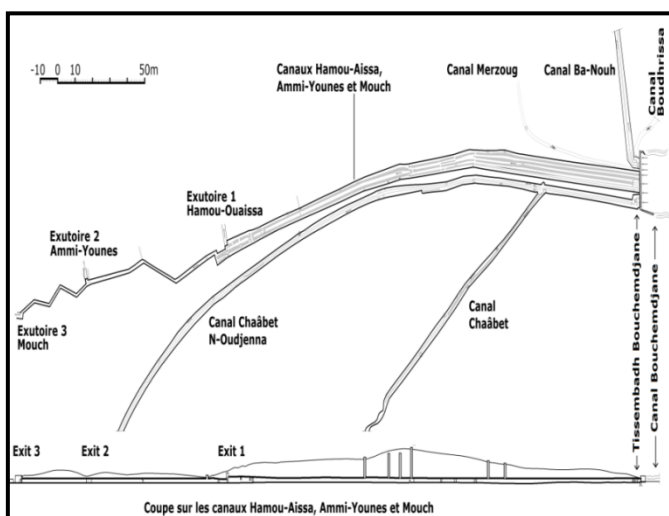
Source : Carte préparée à partir des données de l'OPVM 2016

Il s'agit des canaux Boudhrissa et Merzoug. Un canal est dérivé également depuis le canal Chaâba-n-Oudjenna, il est abandonné après que l'on s'est rendu compte que son débit se perd dans une faille. Depuis, le système a pris la forme que nous connaissons aujourd'hui (Fig 3).

A l'arrivée des crues, l'eau est bloquée en amont par un système de digues permettant de réguler le débit au moyen de vannes, *Tissembadh*. L'eau est déviée dans les canaux Takdit et Bouchemdjane ainsi que dans le barrage Bouchene. A chaque niveau de déviation, des vannes régulent le débit. Le surplus est redirigé vers l'oued par des tremplins appelés *Acharraf*.

L'eau emprunte les canaux de distribution pour parvenir aux jardins ainsi qu'aux puits-capturs qui alimentent directement la nappe phréatique du Turonien. Des crues plus importantes permettent encore de retenir l'eau en amont des différentes digues. Le surplus est reversé dans l'oued. Vannes et déversoirs d'un côté, règlement du niveau des canaux de l'autre, permettent d'utiliser l'eau à bon escient (Fig 4).

Figure 4. Plan des canaux de partage du canal Bouchene avec coupe de profil du groupe de canaux Hamou-Ouaissa, Ammi-Younes et Mouch avec leurs puits d'aération.



Source : Dessins préparés à partir des données de l'OPVM 2016

Le canal Bouchemdjane se déverse dans un ensemble de canaux à partir du dispositif de distribution, le Tissembadh Bouchene (Fig 4). Les canaux Hamou-Aissa, Ammi-Younes et Mouch sont groupés et présentent, en plus des sorties de canalisation privées, des dispositions de transfert de débit entre eux qui résultent sans doute du développement de la gestion des partages et des successions.

Les jardins sont desservis par un réseau de distribution utilisant les chemins de desserte de la palmeraie. Ce sont pour la plupart des chemins pédestres pour les hommes et les bêtes. Parfois, le chemin accuse une dépression tout en laissant de minces bandes surélevées qui peuvent servir à aménager des séguias desservant des jardins plus en amont. L'entrée du jardin présente un seuil élevé qui ne laisse passer l'eau que par une fente. Celle-ci correspond à la part de débit du propriétaire (Fig 5).

Figure 5. Ghardaia-Nord, ruelles de la palmeraie servant de réseau de distribution de l'eau des crues. Les fentes de droite représentent un exemple de parts d'eau



Source : Dahmen, 2016

La largeur de la fente est déterminée suivant un calcul des parts basé sur le nombre de palmiers par jardin.

La mesure est réalisée à l'aide de noyaux d'un type de dattes locales appelées *Takerboucht* dont les noyaux présentent des dimensions relativement stables.

L'eau des crues est distribuée suivant un ordre de priorité. L'alimentation concerne d'abord les jardins. Quelle que soit la valeur du partage, lorsque l'eau couvre le jardin jusqu'à hauteur du genou, l'eau est redirigée vers les puits capteurs, puis vers le barrage et les digues en amont. Auparavant, les jardins bordant l'oued avaient des déversoirs pour se débarrasser de l'excédent d'eau de crue.

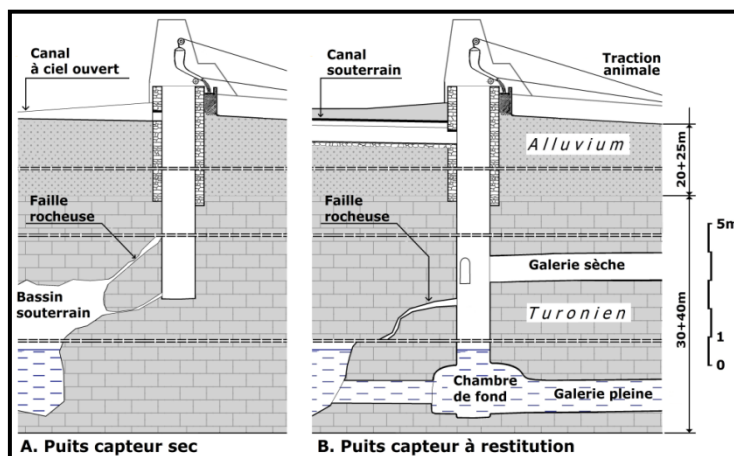
3. Le captage-restitution

En plus de l'infiltration naturelle vers la nappe phréatique par les digues et le barrage, L'alimentation artificielle de la nappe est assurée par les puits capteurs. Ce sont des puits qui rencontrent des failles rocheuses qui sont en contact avec le

réseau des failles profondes et des cavités créées par la dissolution des calcaires par le gaz carbonique contenu dans les eaux pluviales charriées par les crues.

Les eaux chargées en gaz carbonique renforcent, avec le temps, la capacité de ces bassins souterrains. L'alimentation de captage à partir de la crue est assurée par un canal qui peut, selon le cas, être souterrain ou en plein air. Un puits capteur peut fonctionner exclusivement pour le captage, il reste alors à sec en dehors des crues (Fig 6 à gauche). Il peut aussi servir à la restitution lorsqu'il rencontre des failles profondes situées au-dessous du plafond de la nappe (Fig 7 à droite). Son débit est alors important compte tenu que sa réalimentation est directe depuis les failles rocheuses.

Figure 6. Profil d'un puits *Tamehrit* dans la Vallée du M'zab.



Source : Dahmen, 2016

Les puits du M'zab servant dans l'irrigation sont de trois catégories. D'abord les puits ordinaires qui puisent dans la nappe phréatique alluvionnaire proche de la surface. Leur profondeur est de l'ordre de 20 à 25 mètres. Le puisage dure de six à trente mois sans réalimentation.

La seconde catégorie de puits est celle à puisage permanent, appelés *Warwara*. Ils drainent l'eau de la nappe la plus profonde contenue dans le Turonien, située à une profondeur qui arrive à 55 mètres (Charlet, 1905). Les puits *Warwara* donnent de l'eau de façon continue lorsque le puisage ne dépasse pas une certaine cadence.

La troisième catégorie comprend les puits qui donnent de l'eau sans interruption et sans limitation de puisage ; ils s'appellent *Tamehrit*. Les puits des deux dernières catégories peuvent parfois servir de puits capteurs.

Les puits comportent dans leur fond une chambre, plus large que le diamètre du puits. Elle peut se prolonger par des galeries horizontales visant toujours à

renforcer la capacité de drainage. Le procédé existe même au Nord comme un moyen de chercher plus de greffons. Réalisées de façon successive, ces galeries finissent par se recouper pour former un réseau qui tend à mutualiser la capacité de restitution des puits. Certains puits capteurs sont connectés à des failles majeures. La réalimentation peut alors accueillir toute la crue. Parfois le canal d'alimentation du puits déverse l'eau des crues pendant plusieurs jours (Fig 7). Après captage de l'eau de crue, le puisage s'arrête pour une durée de deux semaines environ, le temps que l'eau sédimente et redevienne pure.

Figure 7. Puits capteur Takdhit (à gauche) qui n'est plus utilisé avec l'urbanisation avancée de la palmeraie. Photo 4. Puits Acherroun (à droite) à Beni-Isguen en plein captage de l'eau de la crue de septembre 2015.



Source : Dahmen, 2016

La nature alluviale du lit de l'oued, le réseau des galeries qui relie le fond des puits et les failles rocheuses dans le Turonien renforcent la vitesse d'infiltration par les puits autant qu'ils permettent à ceux-ci de drainer l'eau de la nappe en dehors des crues.

4. La gestion

La gestion de l'eau est régie par une législation écrite se basant sur le rite ibadite et sur l'expérience accumulée dans la vallée (Feliu, 1909). Une référence particulièrement suivie : le livre d'un érudit de Djebel Neffoussa (Libye). Il s'agit de A. Al-Fursuta-i (1997) dont le père aurait inventé le système socio-politique traditionnel de la Azzaba (Hadj-Said, 1992).

Le système est géré par un groupe de contrôleurs appelé Oumana-Essayl³, sous l'autorité de la Djemâa appelée *Azzaba*⁴. Les Oumana-Essayl guettent la météorologie et les changements climatiques. Un savoir-faire local permet de prévenir les crues. Tout le processus décrit plus haut est conduit par la corporation qui dispose de tours de guet servant également au dépôt de l'équipement de travail. Un système de signes par miroirs, ou par le feu, permet la communication entre les différents points de déviation de l'eau jusqu'aux jardins.

Jusqu'à aujourd'hui, la corporation supervise l'alimentation gratuite du ksar en eau potable. A côté du barrage de Bouchen, un point de puisage alimente les camions citernes (Fig 8). Ceux-ci approvisionnent les réservoirs qui ponctuent les rues du ksar après tarissement des puits du ksar.

Figure 8. Point d'approvisionnement en eau potable près du barrage Bouchene à Ghardaïa Nord



Source : Dahmen, 2016

L'eau ainsi distribuée est préférée à celle des forages profonds de l'Albien. Néanmoins, la qualité subit de plus en plus la pollution produite simultanément par l'accumulation des infiltrations par les eaux vannes, issues de l'Albien, et la rétention des barrages aménagés en amont de la région ; ce qui réduit l'eau des crues et le lavage périodique de l'aquifère.

Les crues sont divisées en volume, faute de pouvoir procéder autrement et ce, compte tenu de l'instantanéité du phénomène. En revanche, la division dans les jardins s'effectue par durées de puisage, selon un système de mesure. Le jour est divisé en 24 unités appelées *kharrouba*, subdivisée en sous-unités (Tab. 1).

³En Berbère : *Laoumna-n-essayl*. C'est une forme traditionnelle de police de l'eau. Elle dépend d'une corporation plus large appelée Oumana-el-Ârch, une forme de police de l'urbanisme qui administre le cadre bâti du ksar. L'activité commerciale relève quant à elle de la Azzaba.

⁴La Azzaba est une forme socio-administrative qui incarne le pouvoir traditionnel à Ghardaïa. Elle est devenue aujourd'hui une instance civile consultée et respectée

Le premier recensement établi par l'administration coloniale en 1884 fait état de 3600 puits dont 512 secs dans toute la vallée (Robin, 1884). Les puits sont classés selon la durée de leur autonomie. En début du siècle, le commandant Charlet (1905) en donne une description⁵.

Tableau1. Subdivisions de l'unité temps de puisage au M'zab.
(Le jour comprend 24 unités appelées *Kharrouba*)

1 jour-nuit	= 24	1	= 1 H
	Kharrouba,	Kharrouba	
1	= 8 Tmen,	1 Tmen	= 7,5 Mn
Kharrouba			
1 Tmen	= 3	1	= 2,5 Mn
	Mouzouna,	Mouzouna	
1	= 30 Dirham,	1 Dirham	= 5
Mouzouna			secondes

Source : Moulias (1927).

Les différentes unités sont qualifiées de blanches ou noires selon qu'elles correspondent au jour où la nuit.

Dans la pratique, seule la *Kharrouba* est utilisée dans la mesure des parts, les subdivisions servent pour le calcul. Quelle que soit la valeur de la part, elle est additionnée autant de fois jusqu'à faire un quart de jour pour être donnée en une seule fois. Le temps est mesuré par l'ombre pendant le jour et par la position des étoiles pendant la nuit⁶. Auparavant, l'alimentation domestique des quartiers du ksar se faisait depuis les puits du ksar ; l'enjeu de partage n'est pas aussi crucial que pour les puits de la palmeraie.

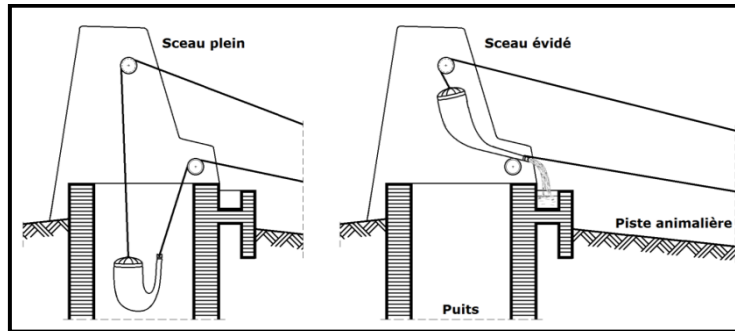
Le puisage se fait par extraction animale. Le puits alimente un bassin ou une séguia d'irrigation. Une piste est aménagée pour le va-et-vient de l'animal. Elle est légèrement inclinée vers le bas pour alléger l'effort d'extraction. Les puits du M'zab sont connus par leur système de *delou* (seau) en cuir qui se déverse tout seul par un tube qui le prolonge et qui reste plié lors de la montée (Fig. 9).

⁵Selon l'auteur, 302 puits tarissent six mois après la crue, 900 tiennent une année, 490 tiennent plusieurs années mais avec un débit faible, et 19 puits exceptionnels ne tarissent jamais.

⁶Il est intéressant de noter que la terre de prédilection de la mesure par les étoiles est l'Oman, une société Ibadite aussi. Il n'est pas exclu que le savoir astronomique utilisé soit le fruit d'un échange entre sociétés de même rite, même si de tout temps les gens du M'zab ont plus entretenu des rapports avec les Ibadites berbères de Djebel Neffoussa (Lybie) et ceux de Djerba (Tunisie).

Le système permet une optimisation du temps de puisage ; ce qui semble avoir contribué à sa diffusion dans le Maghreb. Il aurait soudoyé certains chefs militaires français stationnés dans les oasis⁷. Un puits peut irriguer un seul jardin dans le cas d'un seul propriétaire.

Figure 9. Variante du puisage avec *Delou* au M'zab par un système de double poulie. La poulie basse peut être plus élevée et l'embout du delou plus long.



Source : Dahmen, 2016

Dans la pratique, le plus souvent ce sont plusieurs jardins qui sont irrigués par un seul puits. Selon la tradition locale, un jardin unique s'appelle Ghaba. Il peut se diviser en plusieurs parties appelées Haouza avec une moyenne de 50 palmiers chacune. Un puits alimente jusqu'à vingt jardins.

Bien que géré par la corporation des Oumana-es-Sayl, le système de captage et de distribution des crues engage toute la société. La crue est un évènement exceptionnel. C'est un moment attendu et célébré. Il est souvent accompagné d'expressions festives montrant la joie de tous les habitants venant accueillir le prélude d'une année heureuse. En revanche, l'extraction à partir des puits est une tâche presque d'ordre mécanique tant elle est ardue et nécessite beaucoup d'efforts. La main-d'œuvre est souvent extérieure. Aux anciens esclaves a succédé une main-d'œuvre bon marché, originaire le plus souvent du bassin de Gourara et de Touat.

Le système hydraulique est au centre de l'écosystème oasien. Il conditionne l'ordre spatial, bien que celui-ci réponde aussi à d'autres impératifs d'ordre politique et sécuritaire. Les monticules, ou parties hautes, du relief raviné sont consacrés à l'habitat. Celui-ci s'organise de façon circulaire autour de la mosquée et marque ses limites avec le marché et les cimetières.

Le bâti est exclusivement en pierre calcaire et bois de palmier. Plâtre et chaux traditionnels servent de mortier ou d'enduit selon le cas. Les vallées longeant les

⁷Comme le puits de la résidence du Major Laing à Ghadamès qui comporte deux pistes animales d'extraction (Mircher, 1863).

rives de l'oued intermittent offrent un sol irrigable et servent ainsi d'espace pour les jardins de la palmeraie. Les jardins abritent les demeures d'été, utilisées du mois de mai au mois d'octobre. Elles sont bâties en terre crue et contribuent ainsi à préserver un certain confort thermique dans le microclimat de la palmeraie. La séparation est très nette entre ksar, palmeraie, cimetières et réseau d'écoulement.

Il est plus que probable que l'organisation hydraulique, comme l'organisation spatiale du territoire, s'est consacré au terme d'un processus de formation et de consolidation qui aura duré, nous l'avons vu, jusqu'au XVIII^e siècle. La pérennité du processus a conduit à un développement synergique entre les aspects technologiques, économiques et socioculturels qui fondent l'originalité d'un site qui associe bien-être, urbanité et développement durable en plein Sahara.

En effet, l'hostilité du désert et la relative austérité du mode de vie n'ont pas empêché le développement d'un écosystème basé sur une activité agricole et commerciale, un mode de vie urbain, une technologie appropriée, une gestion consensuelle, une cohésion sociale, une économie des moyens, un respect de l'environnement et un système hydraulique efficient. La tradition orale locale indique que celui-ci permet par temps de sécheresse une autonomie de sept ans. Le non-respect de ce système, surtout suite à l'urbanisation de la palmeraie, aurait conduit à la catastrophe de 2008, lorsqu'une crue exceptionnelle frappa la région.

5. Les menaces

Le développement postindépendance et les programmes successifs d'équipement de la vallée ont contribué à la mutation du modèle urbain de la vallée. La pression foncière et la demande de logements ont fini par faire déborder le bâti sur l'espace des palmeraies. Les jardins qui, jadis, ne contenaient qu'une demeure d'été construite en terre crue, sont de plus en plus urbanisés par des habitations pérennes en béton. De plus en plus de propriétaires ne veulent plus recevoir les eaux de crues.

A Ghardaia, l'oued M'zab est constamment resserré, les crues qui, jadis, apportaient la vie sont devenues pour les gestionnaires des moments de grande appréhension. C'est à croire qu'elles ne sont plus les bienvenues.

Le gouvernement répond par des projets spéciaux : un canal souterrain qui traverse le centre-ville de Ghardaïa est réalisé, moyennant une enveloppe de 760 millions de dinars. Il devrait prémunir des crues. De même, un barrage d'une capacité de 27 millions de m³/an est programmé en amont (Makedhi, 2006).

La situation a conduit à une dépréciation du système de partage des eaux sans pour autant arriver à prémunir des catastrophes. La crue dévastatrice du début d'octobre 2008, qui a coïncidé avec une fête religieuse, a montré combien le système traditionnel de partage des eaux a été mutilé. Le triste évènement a mis à

nu l'incohérence de la gestion hydraulique et urbaine. Dans la batterie des mesures prises en réaction à la catastrophe, un projet de restauration du système de partage des eaux de Ghardaïa⁸ est entrepris, sous l'auspice du ministère de la culture, par l'Office de promotion de la Vallée du M'zab (OPVM), organe gestionnaire du plus vaste patrimoine culturel inscrit à l'Unesco. Les travaux d'étude ont commencé en 2010 et sont terminés et validés par le ministère de la culture depuis deux ans. Les études de restauration n'ont concerné que la partie amont du système de partage qui s'arrête aux exutoires des canaux de distribution. La restauration de la partie aval est moins évidente avec l'urbanisation. Selon les informations recueillies auprès des services de l'OPVM, les travaux devraient être lancés en 2017. L'enveloppe de financement accordée au projet semble couvrir partiellement les dépenses⁹. En plus, le projet ne semble pas rencontrer d'engouement de la part des entrepreneurs. Trois appels d'offres ont été déclarés infructueux. Ces éléments suscitent des soucis quant à la maîtrise du savoir-faire en rapport avec les aménagements hydrauliques traditionnels. Ils portent à penser aussi qu'il existe une certaine difficulté à faire adapter les travaux de restauration aux procédures administratives de financement public, plus habituées aux études classiques d'architecture et de génie civil.

6. Système artificiel par excellence

A Ghardaia, il n'existe point de sources ni de puits artésiens. Depuis des siècles, beaucoup d'efforts ont été consentis en vue de trouver des nappes artésiennes¹⁰. Même la technique de la foggara a été tentée, en vain (Moulias, 1927). A cet effet, il est à rappeler qu'à l'instar du canal Takdhit, les canaux souterrains de partage des eaux du canal Bouchene étaient initialement découverts. Ils ont été construits et recouverts dans un souci de protection (Fig 10). Cela explique l'usage délibéré du mot foggara par les autochtones et certains auteurs pour les désigner (Remini et al, 2012 ; Djellouli-Thabet, 2015).

Les crues sont rares mais peuvent être d'un apport exceptionnel. Le génie mozabite a été d'avoir su développer un montage de structures hydrauliques qui retiennent, dévient, emmagasinent et restituent l'eau.

⁸Un système de partage similaire existe dans la vallée de l'Oued N'tissa à Beni-Izguen. Il connaît la même dépréciation bien qu'il n'eut pas à subir la catastrophe avec la même acuité. Récemment, des membres de la société civile ont entamé avec l'aide de l'Assemblée Populaire Communale de Bounoura dont dépend le lsar de Beni-Izguen des procédures pour la restauration du système.

⁹Le Bureau d'études aurait été convié à proposer une liste de travaux prioritaires qui ne dépasserait pas les 45 million de dinars.

¹⁰La Vallée du M'zab se trouve géographiquement entre l'Oued-Righ à l'est et El-Golea au sud-ouest. Ces deux régions sont de très anciennes régions artésiennes. Le fait que le M'zab se situe entre les deux a dû nourrir la volonté d'explorer le sous-sol à la recherche d'une eau jaillissante. Cette quête s'est prolongée même durant l'époque coloniale dans le cadre des grandes investigations artésiennes qui ont commencé au Sud après la prise de Laghouat en 1853 (Berbrugger, 1956).

Les initiatives humaines pour apprivoiser l'eau constituent toutes des systèmes artificiels qui ont servi l'établissement humain.

Il est possible d'imaginer à travers le globe l'aménagement de barrages, de digues ou de retenues. Nous pouvons faire état des techniques de divertissement de l'eau des grands fleuves depuis les Assyriens sur le Tigre ou les Egyptiens sur le Nil, ou encore les foggaras qui atteignent en Iran le nombre de 32 000 qanats en 1973 et ce, uniquement pour les éléments vivants (Semsar et Khaneiki, 2010).

Figure 10. L'apparence actuelle des canaux de distribution à partir du canal Bouchene. Les margelles en blanc marquent le haut des puits d'aération des canaux



Source : Dahmen, 2016

Nous pouvons encore admirer les grands bassins d'Angkor (Unesco, 2016b), capitale de l'Empire Khmer au Cambodge, ou le Grand Canal chinois avec ses 2000 km de parcours navigables qui ont nécessité 12 siècles de travail (Unesco, 2016c). Toutes ces infrastructures gigantesques dénotent un art exceptionnel de maîtrise de l'eau à partir de structures artificielles créées par l'homme.

Plus localement, le génie humain a su développer une variété de systèmes hydrauliques parfaitement adaptés aux contextes naturels des territoires sahariens, notamment en Algérie. Ce patrimoine de l'eau (Djellouli-Thabet, 2015) va du plus grand appareil hydraulique qu'est la foggara (Savornin, 1947) au plus simple appareil qu'est le système Bour (Savornin, 1950) sur les bandes limitrophes des deux Grands ergs, dans le Souf et le Nord Gourara. Nous pouvons citer le système artésien de l'Oued-Righ, le système source des Zibans, le système des digues dans la Vallée de la Saoura ou à Laghouat, ou encore le système d'inféoflux comme à Djanet. A chaque fois, un génie humain exceptionnel a su apprivoiser les eaux courantes ou cachées, souvent avec des moyens dérisoires.

Qu'il s'agisse des systèmes présents en Algérie ou de ceux dont l'existence est attestée ailleurs, à travers l'histoire de l'humanité, on ne connaît pas de région autre que la Vallée du M'zab qui se prévaudrait d'avoir si bien imaginé comment apprivoiser une nappe souterraine et en disposer comme réservoir souterrain à

alimenter artificiellement par des canaux verticaux pour multiplier sa capacité hydrique et parer aux années de disette par restitution.

La vallée du M'zab est classée au patrimoine mondial (Unesco, 2016a) depuis 1982, compte tenu de trois critères¹¹.

Elle est reconnue pour son architecture influente (critère II), pour son organisation spatiale comme témoignage exceptionnel de la culture ibadite (critère III) et comme exemple d'interaction extrêmement efficiente entre l'homme et l'environnement (critère V) et ce, par l'articulation entre ksar, palmeraie et système hydraulique (Icomos, 1982)¹². Cependant ce système hydraulique qui concrétise un savoir-faire exceptionnel (critère I) n'a pas été reconnu en tant que tel. Nous ne sommes pas certains que le dossier d'inscription en ait fait référence¹³.

Malheureusement, le classement ne s'est pas basé sur le caractère exceptionnel de l'art de l'eau qui a pourtant servi à générer cette civilisation. Ces dernières années, il est possible de lire sur le site du Centre du patrimoine mondial de l'Unesco une allusion claire aux « *ingénieux systèmes de captage et de répartition de l'eau et de création de palmeraie.* » (Unesco, 2016). Serait-ce une manière implicite de reconnaître quelque valeur au génie hydraulique ? Il est vrai que depuis une décennie nous remarquons un regain d'intérêt pour un patrimoine de l'eau, de plus en plus global (Cote, 2015 ; Willems et Schaik, 2015).

Conclusion

L'établissement humain dans la vallée du M'zab est conditionné par l'exploitation de la nappe alluviale et son extension dans les calcaires du Turonien. L'eau souterraine est réalimentée par les crues saisonnières de l'Oued M'zab et ses affluents. Au moment où l'on ignorait l'existence de la nappe profonde du Continental Intercalaire (l'Albien), et ignorait comment l'exploiter, compte tenu de la profondeur, les réserves souterraines sont renforcées par un système exceptionnel de captage-restitution au moyen de puits qui, en recoupant les failles rocheuses, accélèrent sensiblement le processus de réalimentation.

11 Les critères de classement au patrimoine mondial de l'Unesco sont au nombre de dix. Six critères concernent le patrimoine culturel et quatre pour le patrimoine naturel.

12 L'allusion au système hydraulique a été rajoutée ultérieurement, elle ne figure pas sur le rapport de 1982.

13 Les experts de l'ICOMOS qui évaluent les demandes des Etats parties retiennent les critères en rapport avec leur expertise et indépendamment des propositions contenues dans le dossier d'inscription. Ceci étant, dans le cas du M'zab, le critère (I) n'a pas été discuté. Cela prouve qu'il n'a pas été proposé par l'Etat partie.

En moins de deux siècles une civilisation urbaine est arrivée à prospérer au Sahara jusqu'à devenir une plate-forme du commerce transmaghrébin et transsaharien.

De pays refuge, censé protéger des Berbères ibadites persécutés, le M'zab s'est développé jusqu'à s'ouvrir à la présence juive et arabe et contribuer par l'aide financière et militaire à protéger les côtes algériennes et tunisiennes (Djerba), des attaques espagnoles du temps de la présence Ottomane.

Le système hydraulique de la Vallée du M'zab n'est sans doute pas exceptionnel par son envergure ni par l'importance de la civilisation qu'il a engendrée.

Sa particularité tient au rapport entre l'ingéniosité du savoir-faire, la limite des moyens et surtout au pouvoir d'imagination qui a permis d'appriivoiser des eaux cachées. En plein Moyen âge, le génie des hommes a poussé les limites du possible en transcendant les aménagements visibles, créés par l'homme, par un savoir-faire qui maîtrise les aménagements souterrains de la nature : un aquifère. C'est comme si la nappe souterraine devenait, par l'alimentation directe des puits capteurs, une nappe artificielle. D'où le qualificatif de système artificiel par excellence.

Remerciements

Nos remerciements vont à tous ceux qui ont apporté une contribution à cette étude.

D'abord, à un des auteurs, qui est en même temps chef de projet de la restauration du système de partage des eaux du ksar de Ghardaïa. Sa contribution ayant été très utile à la préparation de ce travail.

Puis aux organismes et autres fournisseurs de données, dont les apports respectifs indéniables méritent d'être salués : il s'agit de la corporation des Oumana-Essayl en charge de la gestion du partage et de la distribution des eaux du ksar de Ghardaïa ; le bureau d'études AURBHYT sis à Beni-Isguen ; l'ingénieur hydraulicien, Rostom Sioussiou, spécialiste de l'hydraulique traditionnelle et superviseur de chantiers de restauration de puits traditionnels ; ainsi que les services de l'Office de promotion de la Vallée du M'zab, pour la vérification de certaines sources historiques.

BIBLIOGRAPHIE LATINE

ABONNEAU A, 1983, *Préhistoire du M'zab*, thèse de 3^e cycle, univ. Paris-1.

AMAT C. (1888). *Le M'zab et M'zabites*. Alger, Challamel.

BAKELLI A. (2009). *De l'histoire des Ibadites au Maghreb. Regard libre sur les chroniques d'abu Zakaria*. Casbah éditions, Alger.

BERBRUGGER A, 1862, *Les puits artésiens des oasis méridionales de l'Algérie*, Bastide, 2^e édition, Alger.

BONETE Y, 1962, *Gravures rupestres du M'zab*, in Bulletin de Liaison Saharienne, n° 45, pp. 16-29.

CAMPS G, 2007, *Les Berbères*, Alger, Barzakh. 1^{ère} publication 1980 aux Hespérides France.

CHARLET L-T, 1905, *Les palmiers du M'zab*. In : *Bulletin de la Société de Géographie d'Alger et de l'Afrique du Nord*. T-X. Zamith & Cie, Alger, pp-11-87.

COTE M, 2015, *Les patrimoines culturels de l'eau, introduction pour une étude thématique dans l'esprit de la Convention du patrimoine mondial*. In : Icomos. 2015. *Les patrimoines de l'eau. Les patrimoines culturels de l'eau au Moyen-Orient et au Maghreb. Etude thématique*. Icomos, 1^{ère} édition, Paris, pp. 27-41.

DAHMEN A, 2015, *Major hydraulic systems in Algeria*. In: *Proceedings of Second IWA Workshop on: Evolution of Qanat and Relevant Hydraulic Technologies*, UNESCO-ICQHS, Yazd (Iran), 141-154.

DJELLOULI-THABET Y, 2015, *Le patrimoine de l'eau en Algérie : une succession d'héritages*. In : International Council on Monuments and Sites (ICOMOS), *Les patrimoines culturels de l'eau. Les patrimoines culturels de l'eau au Moyen-Orient et au Maghreb*, France. pp. 79-100.

FELIU E. (1909). *Etude sur la législation de l'eau dans la chebka du M'zab*. Blida, Mauguin.

FLAMAND G-B-M, 1921, *Les pierres écrites (Hdjrat-mektoubat) gravures rupestres et inscriptions rupestres du Nord-Africain*. Paris, Masson.

ICOMOS (International Council on Monuments and Sites). (1982), *Rapport sur l'inscription de la Vallée du M'zab sur la liste du Patrimoine Mondial*. N° 188, Paris.

MAKEDHI M, (2006). *Transfert d'eau In Salah – Tamanrasset*. In: *Quotidien El-Watan*, Edition du 14 mai 2006.

MIRCHER. J, 1863, *Mission de Ghadamès (septembre, octobre, novembre & décembre 1862)*. *Rapports officiels et documents à l'appui*. Alger, Duclaux.

MOULIAS D, 1927, *L'organisation hydraulique des oasis sahariennes*. Alger, Carbonel.

REMINI B, ACHOUR B, OULED-BELKHIR C, BABA-AMAR D, 2012, *The M'zabfoggara: an original technique for collecting the water rising*, in: *Journal of Water Land Development*, Poland, N° 16, (I-VI), pp. 49-53. DOI: 10.2478/v10025-01k82-0024-x

ROFFO P, 1934, *Les civilisations paléolithiques du M'Zab*, Alger, Heintz.

ROBIN C-D-T, 1884, *Le M'zab et son annexion à la France*. Alger, Jourdan.

SARI J, 2003, *M'zab : une création ex-nihilo en harmonie avec les principes égalitaires de ses créateurs*. Alger, Anep.

SAVORNIN J, 1947, *Le plus grand appareil hydraulique du Sahara (nappe artésienne de l'albien)*. In : travaux de l'Institut de Recherches Sahariennes (IRS), Université d'Alger, t.4, pp.25-66.

SAVORNIN J, 1950, *Le Bas Sahara (l'appareil artésien le plus simple du Sahara)*. In : travaux de l'IRS, t.6, 45-62.

SCHACHT J, 1954, *Sur la diffusion des formes d'architecture religieuse musulmane à travers le Sahara*. In : travaux de l'IRS, t.11, pp. 11-27.

SEMSAR-YAZDI A., KHANEIKI M-L, 2010, *Veins of the desert*, International Center on qanatas and Historic Hydraulic Structures (ICQHS-UNESCO), Yazd (Iran). Iranian Water Resources Management Organisation (IWRMO).

UNESCO, 2016a, *La Vallée du M'zab*. In : Site du Patrimoine mondial : <http://whc.unesco.org/fr/list/188/> consulté le 2 novembre 2016.

UNESCO, 2016b, *Angkor*. In : Site du Patrimoine mondial : <http://whc.unesco.org/fr/list/668/>, consulté le 2 novembre 2016.

UNESCO, 2016c, *Le Grand Canal*. In : Site du Patrimoine mondial : <http://whc.unesco.org/fr/list/1443/>, consulté le 2 novembre 2016.

VIOLLET P-L, 2000, *L'hydraulique dans les civilisations anciennes*. Presses de l'Ecole nationales des Ponts et chaussées, Paris.

Willems W-J-H, SCHAIK H-P-J, 2015, *Water heritage, material, conceptual and spiritual connetions*. Leiden, Sidestone Press.

BIBLIOGRAPHIE ARABE

الْفُرْسُطَائِي (Al-Fursuta-i)، أبو العباس بن محمد بن بكر النفوسي. (1997). "القسم وأصول الأراضي"، تحقيق بكير بن محمد الشيخ بلحاجود. محمد بن صالح ناصر، الطبعة الثانية، جمعية التراث، القرارة (غرداية).
- الحاج سعيد (Hadj-Said) يوسف بن بكير. (1992). تاريخ بني ميزاب، دراسة اجتماعية