

Du système hydraulique ancestral des M'zab aux techniques alternatives pour la gestion des inondations

From the hydraulic system of ancestral M'Zab to Sustainable Urban Drainage Systems for the management of floods

Benmamar S.⁽¹⁾, Poulard C.⁽²⁾, Berreksi A.⁽³⁾, Paquier A.⁽²⁾, Sioussiou R.⁽¹⁾

(1) ENP d'Alger, Ecole Nationale polytechnique d'Alger, 10 Avenue Hassen Badi El Harrach Alger, benmamar@yahoo.fr et saida.benmamar@g.enp.edu.dz
(2) Irstea, Unité de Recherche Hydrologie –Hydraulique, 5 rue de la Doua, CS 70077, F-69626 VILLEURBANNE Cedex **(3) Université de Bejaia**, Campus Targa Ouzemour

RÉSUMÉ

« Dans le temps, il y avait tout un système hydraulique qui permettait de canaliser les fortes pluies dans la vallée du M'Zab ». Cette dernière fondée au XI^{ème} siècle, est un véritable musée à ciel ouvert situé en plein désert. En raison du climat aride de la vallée du M'Zab, les réserves d'eau souterraines constituent principalement la base de la formation des oasis. La localisation des oasis tient compte de la conjonction possible de trois facteurs : le niveau de la nappe, le mode de prélèvement de l'eau et la présence de terres alluviales cultivables.

Pour cette raison, en 1306, un système hydraulique très complexe a été conçu pour exploiter les crues aux profits de l'irrigation, de la recharge de la nappe et de modérer leurs puissances.

Cependant, la crue qui a submergé la vallée en Octobre 2008, a causé d'énormes dégâts au dudit système et à la ville de Ghardaia.

Il est aujourd'hui indispensable d'intégrer la gestion des eaux de pluie dans tous les projets d'aménagements dans la vallée de M'Zab. Les techniques alternatives, constituent les nouveaux moyens d'action permettant de répondre à la problématique.

ABSTRACT

"At one time, there was a whole hydraulic system to channel heavy rains in the M'Zab Valley". The valley was settled in the 11th century and is a genuine open-air museum in the middle of the desert. Because of its arid climate, groundwater reserves constitute the main basis for the formation of the oases. The location of the oases is determined by the possible combination of three factors: groundwater level, the methods by which the water is drawn and the presence of cultivable alluvial land. In 1306, a very complex hydraulic system was therefore designed to exploit flooding for irrigation purposes, to recharge the aquifer and to reduce the power of the floods.

However, the flood which submerged the valley in October 2008 caused enormous damage to this system and to the town of Ghardaia. Today, it is essential to take account of stormwater management in all development projects in the M'Zab Valley. Sustainable urban drainage systems provide new ways of responding to the problem.

MOTS CLÉS

Crues, Ghardaia, Système Hydraulique, Techniques Alternatives, Vallée du M'Zab

1 INTRODUCTION

À travers le temps, et jusqu'à l'âge moderne, les travaux de drainage, en règle générale, n'ont pas été considérés comme des infrastructures nécessaires fournissant des conditions pour le développement et la commande des centres urbains (Matos, 2003). Néanmoins, les systèmes de drainage de l'eau de pluie ont été trouvés dans beaucoup de villes anciennes, notamment dans la vallée du M'Zab.

Toute la vie des Mozabites est régie par les caprices de l'oued. La vallée du M'Zab souffre de la sécheresse, et les rares eaux pluviales sont exploitées de manière utile. Les Mozabites ont inventé un système hydraulique unique au monde, un réseau de tunnels souterrains utilisé pour capturer les eaux de pluie et les amener aux oasis. Ce système de distribution permet à tous les jardins de recevoir la même quantité d'eau. En outre, ce réseau permet à la ville de Ghardaïa d'éviter les crues de l'oued (rivière). L'ingéniosité du procédé réside dans sa conception et son adaptation aux conditions de la vie et du climat sahariens. La vallée du M'Zab est classée comme patrimoine national en 1971 et patrimoine de l'humanité par l'UNESCO depuis 1982.

Sous l'effet de la croissance démographique et des activités économiques et industrielles, la vallée du M'Zab a connu, depuis les années 70 un mouvement très fort et accéléré d'urbanisation. Il n'a fallu que très peu de temps pour voir l'espace entre les villes (les oasis) s'urbaniser et devenir une agglomération géante le long de la vallée. La consommation de l'eau courante quant-à-elle, a augmenté entraînant une multiplication des volumes évacués et leur non maîtrise dans un système très sensible et fragile.

2 TECHNIQUES ALTERNATIVES

Les techniques alternatives sont des ouvrages d'assainissement pluvial qui peuvent prendre différents aspects. Elles reposent sur les deux principes suivants (Azzout et al., 1994) :

- La rétention de l'eau de pluie et de ruissellement, pour réguler les débits et étaler les apports à l'aval.
- L'infiltration dans le sol, lorsqu'elle s'avère possible, pour réduire les volumes s'écoulant vers l'aval.

Il existe donc des ouvrages différents suivant leur fonction :

- Les ouvrages de rétention : ils stockent temporairement les eaux pluviales avant de les restituer, vers un exutoire, à débit limite grâce à un organe de régulation.
- Les ouvrages d'infiltration : leur exutoire est le sol. En effet, ils contiennent les eaux pluviales collectées, pendant qu'elles s'infiltrent directement.
- Les ouvrages de rétention infiltrants, alliant les deux fonctionnements décrits ci-dessus. L'évacuation des eaux pluviales se fait en partie vers un exutoire à débit limité, grâce à un organe de régulation, et par infiltration dans le sol.

L'enjeu des techniques alternatives est d'accompagner les réseaux existants en stockant et en régulant les eaux pluviales, afin d'une part, de participer à la gestion des risques d'inondation, et d'autre part, de réduire la pollution des milieux naturels. Elles se différencient des réseaux traditionnels de collecteur par leur capacité à s'intégrer dans le tissu urbain, sous la forme de noues, fossés, tranchées, puits d'infiltration, bassin, toitures stockantes...

Ces techniques de gestion des eaux pluviales utilisées en milieu urbain ont pour une majorité été inspirées des techniques ancestrales dans les zones arides de par le monde (exemple : système hydraulique ancestral de Ghardaïa).

3 SYSTEME HYDRAULIQUE ANCESTRAL DES M'ZAB

La connaissance des ouvrages fait partie des problématiques au cœur de la gestion des eaux pluviales. Elle est une condition sine qua non d'une maintenance. La pérennité des ouvrages et la préservation de leurs fonctionnalités en dépend.

Les mozabites ont mis en place un système hydraulique constitué d'ouvrages à but multiples qui assure l'irrigation et la protection de l'oasis. «Les Oumanas (sages) » contrôlent, assurent la maintenance et le suivi permanent de ces ouvrages.

Les eaux pluviales sont canalisées depuis le bassin versant de l'oued M'Zab qui s'étend en amont sur plusieurs centaines de kilomètres, de manière naturelle jusqu'à un lieu appelé « Amlaga » qui constitue le point de confluence de deux des plus importants Oueds à savoir, Oued Labiodh et oued Laadirah.

Le système est subdivisé en deux parties :

- Celle qui collecte et canalise les eaux de pluies orageuses vers le système de partage,

- Et celle qui partage les eaux collectées au niveau de la palmeraie.

3.1 Description du système

Le système de collecte des eaux est composé des ouvrages suivants (Djoudi, Rafa ; 2009) :

- Deux (02) Canaux de collecte en parallèles (canal *Bouchemdjene*, canal *Bouchène*) ;
- Des ouvrages de régulation appelé "*Tissambads* de régulation" (figure 1) ;
- Des déversoirs latéraux à côté de chaque ouvrage de régulation (figure 1) ;
- Une digue (appelée digue d'*Inirez*) (figure 1) ; et
- Un barrage collinaire (barrage de *Bouchène*).

3.1.1 Canaux de collecte des eaux

Les canaux de collecte des eaux de *Bouchemdjene* et *Bouchène* sont analogiques à **des noues de stockage et de rétention**, rétention totale des les premières mm de pluie, stockage et ensuite restitution des pluies fortes. Leurs parois latérales sont conçues en pierres.

3.1.2 Les ouvrages de régulation "Tissambads"

L'ouvrage de régulation est constitué de plusieurs orifices rectangulaires en série appelés "*tissambads*" (*Photo 1*). Ces orifices permettent la régulation du niveau d'eau aval dans les canaux à l'aide de vannes métalliques. Ces dernières sont des organes mobiles, permettant de modifier localement la section d'écoulement de la fermeture à l'ouverture complète (*Photo 1*) (*Sinniger & Hager, 1988*).

3.1.3 Les déversoirs

Pour éviter la surverse au-dessus des ouvrages de régulation (et leur rupture quasi certaine) lors des crues, les Mozabites ont aménagé deux types de déversoirs.

- Des déversoirs latéraux qui permettent, à partir d'un certain niveau, d'évacuer le surplus du canal (*Photo 2*). La lutte contre les inondations s'oriente aujourd'hui vers des concepts comme celui du ralentissement dynamique des crues à l'aide d'ouvrages écrêteurs placés latéralement dans le lit majeur (*Ladreyt, S., Laborie, V., 2005*).
- Et un déversoir qui permet, à partir d'un certain niveau, d'évacuer le surplus de l'ouvrage *Tissambads* de partage vers le barrage de *Bouchène*.



Photo1 : Tissambads de régulations du canal de Bouchène Photo 2 : Déversoir latéral du canal Bouchemdjene vers le canal de Bouchène

3.1.4 Ouvrage de rétention : Digue d'*Inirez*

La digue se situe à l'exutoire de l'un des affluent de l'oued M'Zab qui est "*Inirez*". Elle est conçue pour réguler le débit pendant les crues. Cet ouvrage est toujours vide sauf pendant les crues (**ouvrage de rétention**). Le déversoir de cette digue est subdivisé par des piles de différentes formes et tailles. Ces dernières servent à imposer à l'écoulement une direction déterminée, pour que le débit soit distribué uniformément tout au long du déversoir. Huit (08) pertuis (orifices de fond) sont placés au point bas de la digue et sont équipés de vannes métalliques (*Photo 3*). Lors des crues, ces vannes sont manœuvrées par les *Oumanas*.

3.1.5 Ouvrage de rétention infiltrant : Le barrage de Bouchène

Le barrage de *Bouchène* est constitué d'une digue en terre consolidée de pierre et d'un déversoir latéral. Il permet le stockage des eaux de crue dans un lac momentané, pour faciliter leurs infiltrations vers la nappe phréatique. Il reçoit l'eau excédentaire du canal de *Bouchemdjene*. Des puits capteurs

de diamètre de 2 m (Photo 4) sont également forés dans la retenue du barrage, permettant l'alimentation de la nappe. Ce barrage joue le rôle **d'ouvrage de rétention infiltrant**.

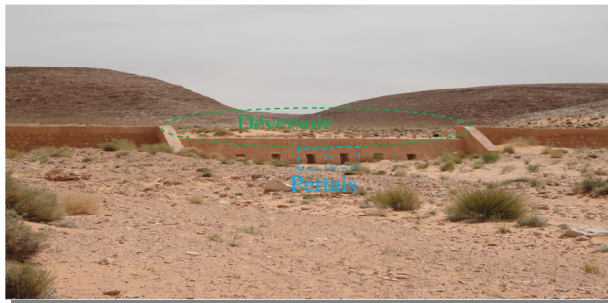


Photo 3 : Digue d'Inrez à sec



Photo 4 : Puit capteur du barrage Bouchène

3.2 Fonctionnement du système

Le principe général de fonctionnement est le suivant : Le canal principal *Bouchemdjene*, est alimenté par la confluence de *Labiodh* (ou *Al Abiodh*) et *Laadirah*, ainsi que par *Inrez*. A l'entrée du canal, un système composé des *tissambads* de régulation et un déversoir latéral chargé de réguler les arrivées d'eau en évacuant les surplus vers le canal *Bouchène*. Au niveau d'*Inrez*, un système semblable est mis en place. Enfin, à l'aval de ce canal, l'ouvrage *tissambads* de partage accompagné d'un déversoir permet de réguler les eaux vers les jardins, et évacuer le surplus vers le barrage de *Bouchène*. Le canal *Bouchène* permet d'alimenter le canal souterrain de *Takdhite* et le barrage de *Bouchène*, par les eaux de surplus du canal *Bouchemdjene*. Ce canal achemine les eaux jusqu'au système de transfert de ces eaux vers le canal souterrain de *Takdhite*. A l'amont de ce système, deux déversoirs de trop pleins situés respectivement : juste à l'aval du premier déversoir de canal de *Bouchemdjene* et au niveau de la confluence d'*Inrez* et canal *Bouchemdjene*. Le système hydraulique de collecte et de canalisation des eaux pour la palmeraie supporte un débit maximum évalué à $60\text{m}^3/\text{s}$. Dans le cas où le débit de crue dépasse le débit maximum, l'écoulement sera déversé dans l'Oued M'Zab.



Figure 1 : Figure schématique du système (**Google earth, 2011**)

L'eau de crue qui arrive aux "*Tissambads* de partage de *Bouchemdjene*" est drainée par des canaux souterrains, dont les ouvertures maçonnées en pierre plates sont soumises à de minutieux calculs,

afin de permettre une répartition équitable (Djoudi, Rafa, 2009). Ces canaux souterrains s'étendent sur des centaines de mètres, ils sont percés par des puits d'aération pour ne pas avoir de refoulement vers les "Tissambads". Les canaux débouchent dans les différentes ruelles des quartiers. Une dégradation générale du système est observée suite au vieillissement.

3.3 Dysfonctionnement du système

Ces dernières années, certaines difficultés de fonctionnement du système furent constatées. C'est principalement l'état d'abandon des sites, l'envahissement végétal, la prolifération des décharges sauvages dans l'oued M'Zab et le manque d'entretien.

Ce système a assuré l'approvisionnement en AEP pour des générations d'habitants mais l'explosion démographique des années 50 avec ses contraintes sur le plan écologique et la découverte d'une nouvelle source hydrique (le continental intercalaire) ont causé la détérioration et par conséquent la dégradation de l'oasis et de la nappe phréatique.

On a pu assister à une extension anarchique de l'habitat dans la palmeraie ainsi que dans des zones inondables, parfois même dans le lit mineur de l'oued. Ce dernier phénomène a gravement modifié les conditions de passage des crues et accru de façon inadmissible les risques de destruction et d'accidents majeurs liés à ces événements.

4. PROTECTION DE LA VALLEE CONTRE LES CRUES DE L'OUED M'ZAB

Les crues qui ont eu, de tous les temps des retombées bénéfiques sur la vie quotidienne de la population locale et sur l'écosystème, sont un heureux événement, mais la crue du 01 Octobre 2008 qualifiée exceptionnelle a eu en revanche des conséquences tragiques en pertes humaines et matériels. Elle a été évaluée à 1200 m³/s (Medejerab, 2009). Cette crue a submergé le système hydraulique et a détruit plusieurs ouvrages.

Les dégâts matériels occasionnés sont principalement dus aux coulées boueuses liées au transport de matière en suspension (MES) pendant la crue.

En règle générale, le périmètre d'une étude doit remonter suffisamment en amont pour trouver les solutions, et suffisamment à l'aval pour diagnostiquer toutes les conséquences d'une action (Poulard et al., 2013).

Les pouvoirs publics Algériens ont déployé, des efforts considérables visant à mettre en place un plan pour la protection de la vallée du M'Zab contre les crues cycliques de l'Oued, portant notamment sur la réalisation de nombreux ouvrages hydrauliques tant en amont de la vallée qu'à son aval, le calibrage et l'endiguement de l'oued M'Zab sur plusieurs kilomètres.

Ces ouvrages sont des digues de rétention dont la hauteur sur terrain naturel est respectivement de 15 m, 17 m et 9 m pour les sites d'El Abiod (barrage écrêteur des crues dans la partie amont du bassin), El Haimeur et Bou Brik. Les débits relâchés pour une crue centennale sont respectivement de 25, 20 et 5 m³/s : ces débits sont délivrés par une vidange de fond constituée d'un pertuis protégé d'une grille largement dimensionnée, suivi d'un conduit bétonné de section approximative 1,5 m². Pour les événements plus rares, les crues sont évacuées par un évacuateur à surface libre, dont la longueur déversante est respectivement de 150, 150 et 75 mètres : le débit maximal évacué pour une crue décennale est alors de 220, 230 et 70 m³/s.

Une forte implication de la société civile a entraîné de multiples modifications dans la réalisation de ces ouvrages.

5. CONCLUSION

La gestion des eaux pluviales est à l'heure actuelle une problématique qui concerne toutes les wilayas d'Algérie. Les Mozabites ont hérité d'un système complexe de gestion de ces eaux et qui présentent une valeur patrimoniale très importante. Il ne s'agit pas de maintenir des techniques hydrauliques primées ou encore de chercher à figer l'histoire. Il s'agit au contraire de réparer et de rétablir les fonctions endommagées c'est l'histoire et le patrimoine qu'on ne doit pas négliger.

De nombreux pays ont adopté des modes alternatifs de gestion des eaux pluviales, ce qui n'est pas le cas de l'Algérie. De nombreux freins subsistent :

- Un réel manque d'informations concernant ces techniques et de leurs potentialités auprès des différents acteurs susceptibles de les proposer, de les prescrire ou de les utiliser.
- Modification nécessaire des méthodes de travail.

- Intérêt économiques divergents.
- Difficultés de gestion du fait de la diversité des ouvrages et de leur taille restreinte.
- Peur de la nouveauté.

BIBLIOGRAPHIE

Azzout, Y., Barraud, S., Cres F.Y. et Alfakih, E., (1994). *Techniques alternatives en assainissement pluvial*. Edition Tec & Doc, Lavoisier, 388pages.

Ballalou, Z. (2011). *Développement du système culturel territorial de la vallée du M'Zab ; Enjeux et perspectives*. Réhabilitation des villes à secteurs sauvegardés en Europe et au Maghreb, 16 mai, 60pages.

Djoudi H., Rifa, A., (2009). *Fonctionnement du système hydraulique de partage de la palmeraie Est de Ghardaïa*. Mémoire de projet de fin d'études en Hydraulique de l'Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, 70pages.

Ladreyt, S., Laborie, V. (2005). *Notice sur les déversoirs : Synthèse des lois d'écoulement au droit des seuils et déversoirs*. Centre d'études techniques maritimes et fluviales, Département Environnement littoral et cours d'eau, 86pages.

Matos, R., Cardoso, A., Ashley, R., Duarde, P., Molinari, A., Schulz, A., (2003). *Performance Indicator for Wastewater services*. IWA Manuel of best Practice, London, IWA Publishing, 174 pages.

Medejerab, A., (2009). *Les inondations catastrophiques du mois d'octobre 2008 à Ghardaïa- Algérie*. Geographia Technica. Numéro spécial, 2009, pp. 311 – 319.

Poulard, C., Berthier, E., Breil, P., Labbas, M., Henine, H., Hauchard, E., Radzicki, K., (2013). *La gestion des eaux pluviales coule de source, de l'amont à l'aval, du rural à l'urbain et vice versa*. Novatech 2013

Sinniger, R., Hager, W.H., (1988). "Constructions hydrauliques". *Traité de Génie Civil* 15. PPR: Lausanne, 437 pages.