



L'ALGERIE : LE CLIMAT SE DEREGLE, L'EAU SE RAREFIE, QUE FAIRE?

ALGERIA: THE CLIMATE IS CHANGING, THE WATER IS BECOMING SCARCE, WHAT TO DO?

REMINI B.

Département des Sciences de l'Eau et Environnement, Faculté de Technologie,
Université Blida 1, Blida 1600, Algérie,

reminib@yahoo.fr

RESUME

En Algérie le climat se dérègle, l'eau se raréfie, que faire ? Alors pour répondre à cette interrogation, l'histoire de l'hydraulique Algérienne et plus particulièrement les principaux ouvrages ancestraux ont été examinés dans ce papier. Evoquer l'histoire pour bien étudier le futur. Le réchauffement du climat s'accélère d'une année à l'autre, tout le monde a ressenti cette différence de température durant les 3 dernières années. Cependant avec le dérèglement du climat, l'Algérie risque d'avoir des problèmes d'eau à moyen terme si les dispositions ne seront pas prises par les services concernés. Dans ce modeste papier, des solutions qui s'adaptent au climat sec ont été proposées.

Mots clés : Algérie- Eau- Barrage souterrain- Recharge artificielle- Foggara- Climat.

ABSTRACT

Indeed, in Algeria the climate is changing, water is becoming scarce, what to do? So to answer this question, the history of Algerian hydraulics and more particularly the main ancestral works were examined in this paper. Evoke history to study the future well. Global warming is accelerating from year to

year, everyone has felt this temperature difference in the past 3 years. However with the climate change, Algeria risks having water problems in the medium term if the arrangements are not made by the services concerned. In this modest paper, solutions that adapt to the dry climate have been.

Keywords: Alegria- Water- Underground dam - Artificial recharge- Foggara- Climat.

INTRODUCTION

L'eau, cette denrée rare qui retrouver sa valeur dans les milieux secs. Sans elle, aucune vie n'aura lieu. Aujourd'hui, l'eau est menacée par la qualité et par sa quantité. La population mondiale a atteint le seuil de 8 milliards d'habitants et ainsi la demande en eau potable est devenue supérieure à la quantité accessible à l'homme. Le dérèglement du climat a un impact sur la régression du volume de stockage de l'eau. Certes, plusieurs régions du monde sont actuellement touchées par des pénuries d'eau, d'autres pourront avoir des problèmes d'eau à court termes et à moyen terme. Les régions arides et semi arides seront les plus touchés de la planète. Il est à signaler que l'Algérie a vécu une pénurie d'eau durant la sècheresse des années quatre-vingt-dix. Des barrages réservoirs étaient à sec comme ceux de Keddara (Boumerdes) ou de Foum El Gherza (Biskra). Les nappes ont vu leur niveau statique descendre de plusieurs mètre de profondeur comme celle de de la plaine de Mitidja. Une telle situation a engendré le phénomène de l'intrusion marine dans les aquifères côtiers comme celui de Tipaza ou de la baie d'Alger. Dans les régions arides d'Algérie, des puits traditionnels et des foggaras ont été asséchés suite à la multiplication des forages dans les zones de captage des foggaras. C'est ainsi qu'au début des années 2000, l'Algérie a mis en exploitation de grands barrages comme celui de Beni Haroun (Mila), Gragar (Relizane) et Koiudet Acerdoune (Bouira). Des forages profonds ont été réalisés dans le sud Algérien pour exploiter les nappes du Continental Intercalaire et le Complexe Terminal. Le projet du siècle a été mis en exploitation en 2007 pour alimenter toute la région de Tamanrasset. Il s'agit d'une canalisation longue de 750 km d'In Salah jusqu'à Tamanrasset. Un autre projet de grande envergure qui consiste à réaliser une vingtaine de stations de dessalement sur la cote Algérienne. Aujourd'hui, Onze (11) stations sont en service. Les services d'hydraulique prévoient la mise en exploitation de 70 stations d'épurations pour atteindre un volume de $700000 \text{ m}^3/\text{j}$ d'eau épurée. Plusieurs réseaux d'assainissement et d'AEP ont été rénovés et entretenu ce qui a diminué un peu les fuites d'eau. Cependant, il faut signaler que l'Algérie n'a pas réglé définitivement le problème de l'eau, puisque des pénuries d'eau ont

été enregistrées dans certaines régions. Seulement, l'Algérie doit relever le défi à court terme et à long terme puisqu'elle est classée parmi les pays qui sont menacées par les pénuries d'eau à cause du dérèglement du climat. Le présent article tente de donner les priorités à prendre par les services concernés pour minimiser les effets du dérèglement climatique sur la ressource en eau en Algérie.

REGION D'ETUDE

Ce papier a été réalisé sur la base de plusieurs missions effectuées depuis le début des années 90 jusqu'à l'an 2020. Plusieurs missions de travail ont été menées le long de cette période dans toutes les régions du pays.

L'Algérie ; un pays de l'Afrique du nord, d'une superficie de 2380000 km² avec un climat méditerranéen dans le Nord et un climat désertique dans le Sud. Le territoire Algérien est constitué de deux parties géographiques : les chaînes de l'Atlas au nord et le Sahara au sud qui représente plus de 84% de la superficie totale (fig. 1). Le Nord Algérien est constitué de l'Atlas Tellien et de l'Atlas Saharien situé plus au sud, deux chaînes montagneuses qui sont parallèles à l'ouest et se rencontrent vers l'Est. C'est au niveau de ces montagnes qui sont réalisés plus de 70 barrages réservoirs. Le littoral d'Algérie long d'une distance de 1200 km contient 16 stations de dessalement. C'est dans le sous-sol du sud Algérien que se trouve l'une des plus grandes nappes captives de la planète ; il s'agit bien de la nappe du Continental Intercalaire. Le sud Algérien est une région très riche en eau souterraine. Des nappes d'eau non évaluées se localisent sous les Grand Erg Occidental et Oriental, Erg Erraoui, Erg Chech, Erg Iguidi. Les nappes alluvionnaires des grands oueds comme oued Labiod, Oued Elhay, oued Mzi, oued Saoura et oued Bechar sont aujourd'hui non valorisés. Fort d'une eau de bonne qualité ces nappes inferoflux qui se remplissent à chaque crue peuvent devenir un réservoir de stockage des eaux douces dans le futur.



Photo 1. Une vue sur la Mitidja du nord Algérien (Photo. Remini, 2018)
Photo 2. Une vue sur l'erg Occidental du sud Algérien (Photo. Remini, 2014)

Figure 1 : Carte d'Algérie

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Le passé glorieux de l'hydraulique en Algérie

Evoquer l'histoire de de l'hydraulique en Algérie est une étape indispensable pour maîtriser mieux la problématique de l'eau à l'heure actuelle et dans le futur. Depuis plus de 9 siècles, avec des moyens rudimentaires, des techniques de génie ont été mises en œuvre pour capter et stocker des eaux douces dans des régions hyper arides. Pour faire face à des sécheresses répétées, la population du Sahara a inventé des systèmes hydrauliques traditionnels qui s'adaptaient à leur milieu.

Les foggaras de Touat, Gourara et Tidikelt

Pour vivre dans des régions hyper arides, des centaines de kilomètres de galeries souterraines ont été creusées dans le sous-sol des régions de Touat, Gourara et Tidikelt. Il s'agit des foggaras qui sont destinées à drainer les eaux de la nappe jusqu'à la surface du sol grâce à des galeries de faible pentes (fig. 2 et 3) (Remini and Kentaoui, 2018 ; Remini, 2017 ; Remini, 2019 ; Remini ; Ghachi, 2019 ; Boutadara and Remini, 2019 ; Remini and Berramdane, 2019).

La foggara est un puits horizontal équipé de puits verticaux qui sont destinés à l'aération de la galerie (Remini, 2017). Plus de 2283 de foggaras ont été creusées avec une galerie totale de 1100 km et 2700 puits verticaux. C'est énorme comme projet, ce qui démontre la valeur inestimable de l'eau dans un milieu sec. Malgré la concurrence des techniques modernes de captage des eaux, la foggara est toujours présente et participe actuellement à l'irrigation de l'agriculture oasienne. Aujourd'hui, il ne reste que 800 foggaras pérennes avec un débit qui avoisine la valeur de 2,5 m³/s. En se basant sur l'inventaire de 1998 qui a donné 907 foggaras en exploitation, environ 16 millions de m³ de terre ont été excavés du creusement de la galerie de longueur totale de 2230 km et de 273563 puits d'aération (Remini, 2008). Ce mégaprojet a été exécuté avec des moyens matériels rudimentaires. La foggara est l'une des techniques qui s'adapte dans un milieu sec. Voilà un cas que les décideurs doivent le prendre comme un exemple.



a) *Kasria de la foggara d'Ouled Said*
(Photo. Remini 2014)



b) *Kasria de la foggara d'El Meghier*
(Photo. Remini, 2009)

Figure 2 : La kasria d'une foggara : symbole du partage de l'eau

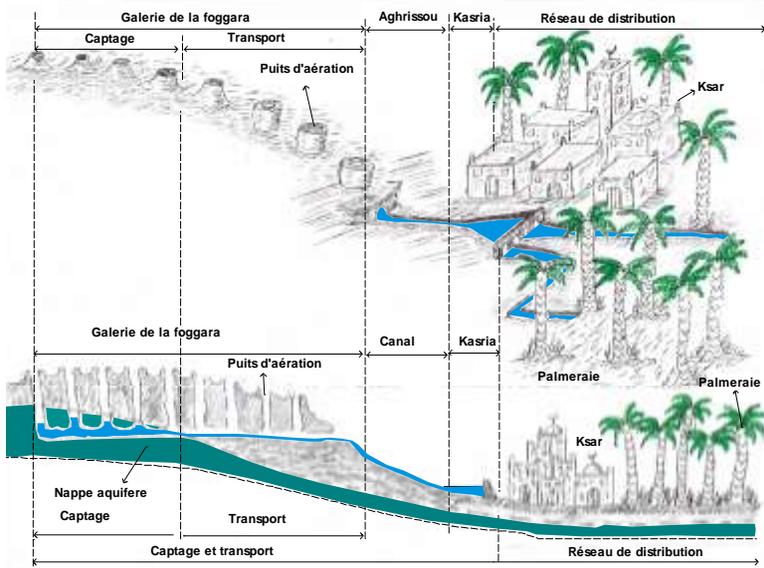


Figure 3 : Croquis d'une foggara de Touat, Gourara et Tidikelt (Remini, 2017)

Les Khottaras de la Saoura

Les oasis de la Saoura ont une longue histoire avec l'eau. Plusieurs techniques de captage des eaux ont été adoptées par la population de la Saoura, notamment les foggaras réalisées dans les oasis de Kenadsa, Taghit, Beni Abbes, Beni Ounif et Ouakda. Mais la technique originale de la région de la Saoura s'appelle la Khottara. Le puits à balancier de la Saoura est unique et originale au vue de sa grandeur et la spécificité de son montant bâtis en argile (fig. 4). La khottara de la Saoura peut élever l'eau d'une profondeur de 6 à 7 mètres. Une particularité dans l'oasis de Beni Abbes et d'Igli, le montant de la Khottara ne dépasse pas les 3 mètres. Plus de 1500 Khotteras ont été construites dans les oasis situées sur l'axe de l'oued Saoura (Remini et Rezoug, 2017). Il s'agit des oasis de Beni Abbes, El Ouata, Beni Iklef, Kerzas, dont plus de 600 ont été réalisés uniquement au milieu des palmeraies de Kerzas.

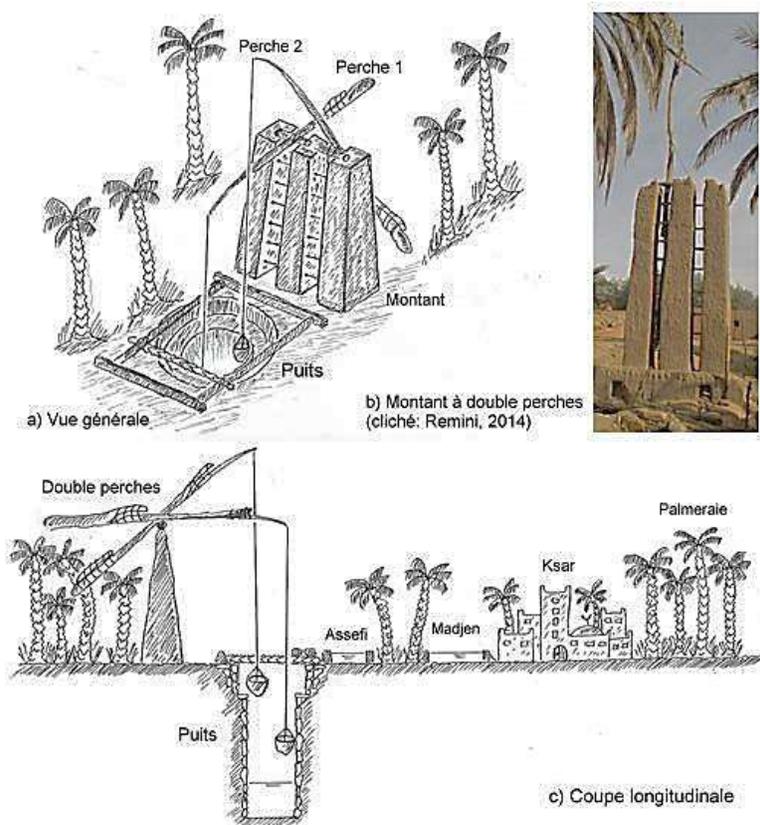


Figure 4 : Khottara de la Saoura : une technique originale de la région (Photo. Remini et Rezoug, 2017)

Les Ghout

Les ghouts du Souf; une centaine de palmiers plantés dans des cratères éparpillées en plein Grand Erg Oriental (fig. 5 et 6). Le ghout est un aménagement hydroagricole original de la région de Souf (Remini, 2019 ; Mounem et Remini, 2019). Le dernier recensement effectué par la direction Agricole de la wilaya d'El Oued en 2015 a donné 13364 ghouts. Cependant, 6199 ghouts ont été abandonnés (ghouts morts) suite au phénomène de la remontée de la nappe phréatique des années quatre-vingt-dix. Il reste aujourd'hui seulement 7165 ghouts en bon état qui contiennent 995980 palmiers dattiers (Remini et Souaci, 2019). Cote (1980) a évalué la quantité de sable excavée à 186 millions de m³ par les Erramal pour aménager 9700 ghouts. C'est

ainsi pour les ghouts aménagés dans toute la région de Souf évaluée à 13364, on a estimé la quantité totale de sable excavée à 250 millions de m³. Le fruit des palmiers des ghouts est de bonne qualité comparativement à ceux irrigués par les eaux de forages. Voilà un autre cas que les décideurs doivent le préserver

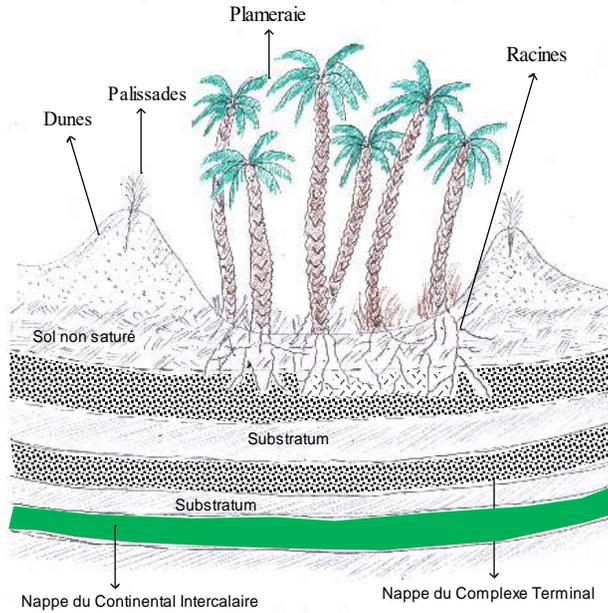


Figure 5 : Coupe longitudinale simplifiée d'un ghout de Souf (Remini, 2019)



Figure 6 : Ghout ; une caractéristique de la région de Souf (Remini, 2018)

Les barrages des sources ou barrages en cascade

Ce sont de petits barrages (Essed) réalisés sur le réseau hydrographique du Sahara Algérien. Aujourd'hui, plus de 90 % de ces ouvrages ont disparus. Ils restent quelques vestiges dans la région des Zibans et sur l'oued de Tiout. Généralement, ces barrages s'alimentent par les eaux de sources. Ils sont équipés par deux seguias (Rives droite et gauche) qui jouent le rôle d'un trop plein (évacuateur de crues). Donc l'eau s'écoule dans ces seguias d'une façon continue 24/24. Le barrage est toujours rempli d'eau. Après la diminution des sources d'eau naturelles qui jaillissaient à la périphérie de l'oued Labiod le long des oasis : Seriana, Sidi Okba, Garta et Thouda, la population locale a réalisé des barrages en cascade pour stocker et canaliser les eaux de l'oued Labiod vers les palmeraies (fig. 7 et 8).

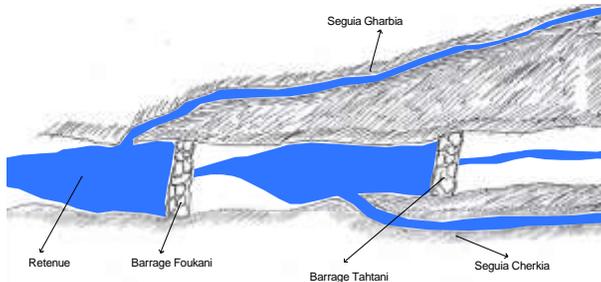


Figure 7 : Schéma du système des barrages en cascade dans l'oued Labiodh (Schéma Remini, 2018)

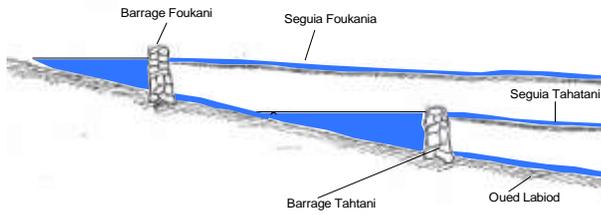


Figure 8 : Schéma d'une coupe longitudinale de l'oued Labiod (Schéma Remini, 2018)

Dans la suite, de ce paragraphe on cite quelques barrages qui existent mais qui ne fonctionnent pas. C'est le cas du barrage de Mena (Région des Zibans) (fig. 9). Dans l'oasis de Boussemghoune, malgré le faible débit des sources d'eau, le barrage toujours en bon état et même il contribue à l'irrigation des jardins (fig. 10). Cependant le barrage de Tiout dans la wilaya de Naama qui reste le

symbole de la petite oasis de Tiout ; une oasis à vocation touristique par excellence est dans un état acceptable (fig. 11). Seulement un travail de réhabilitation s'impose aujourd'hui pour sauvegarder ce patrimoine hydrotechnique. Ce type de barrage qu'on a surnommé le barrage de sources. L'eau remplit le barrage d'une façon continue. Dans ce cas, le volume du barrage de sources est toujours atteint et le surplus s'écoule dans la seguia (ou les deux seguias) sans interruption (fig. 12 et 13). La seguia dans ce cas a pris la place de l'évacuateur de crues d'un barrage classique. Le barrage de sources possède un double objectif ; le premier est de créer un micro climat humide dans une région sèche. Dans le deuxième objectif est d'assurer l'irrigation d'une façon continue. Etant plein durant toute l'année, le barrage de sources peut être aussi un lieu de repos et de plaisance pour la population ksourienne.



Figure 9 : Barrage à seguias destiné à l'irrigation dans l'oasis de Menaâ (Photo. Remini, 2018)



Figure 10 : Barrage de sources de l'oasis de Boussemmghoune (Photo. Remini, 2014)



Figure 11 : Barrage de sources de Tiout : Un patrimoine à sauvegarder (Photo. Remini, 2007)

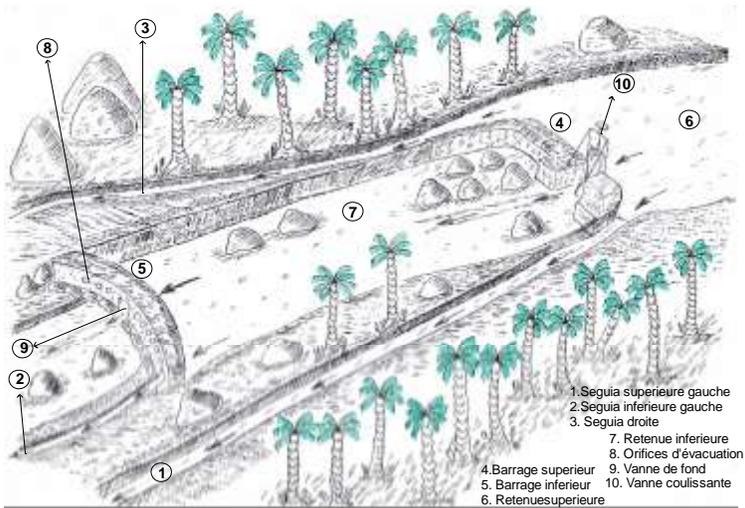


Figure 12 : Croquis du système de barrages de l'oasis de Tiout (Remini, 2019)

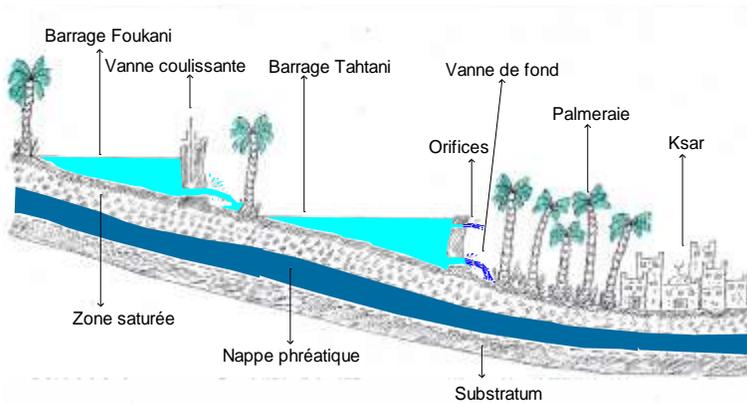


Figure 13 : Croquis de la coupe longitudinale du système de barrages de l'oasis de Tiout (Remini, 2019)

Le système de partage des eaux de crues dans la vallée de M'zab

S'il y a une population qui maîtrisait bien depuis plus de 7 siècles les crues, ce sont les Mozabites. Les crues enregistrées dans la vallée de M'zab demeurent des crues dévastatrices et dangereuses (fig. 14). En effet, grâce au génie des Mozabites, ils ont pu profiter des crues sporadiques pour irriguer et recharger les nappes phréatiques. L'aménagement de la vallée de M'zab a été mis en œuvre depuis plus de 7 siècles pour bénéficier des eaux de crues et de minimiser les inondations. Ce méga-aménagement est composé de plusieurs ouvrages hydraulique, tel que les Ahbas (barrages), les déversoirs, les galeries et les puits et de centaine de kilomètres de *segua*-ruelle équipées par plusieurs orifices de dimensions différentes (fig. (15(a et b))). Les palmeraies sont dotées de centaines de puits à traction animale pour assurer une irrigation permanente pour l'ensemble des jardins. Un tel mégaprojet hydraulique n'est autre que l'œuvre d'un génie, puisqu'il donne la priorité en premier lieu à l'irrigation. En deuxième lieu à la recharge artificielle de la nappe phréatique et en fin à la sécurité ; le surplus d'eau est évacué vers l'oued. On a préféré lui donné le nom Aménagement IRS qui veut dire : Irrigation de la palmeraie, Recharge de la nappe et sécurité de l'oasis (fig. 16, 17, 18 et 19) (Remini, 2018).



Figure 14 : Ahbas El Arch bâti sur l'oued Metlili (Crue de 20/04/2018) (Remini et OuledBelkhir, 2019)



a) Galerie souterraine



b) Barrage



c) Puits à traction animale

Figure 15 : Quelques ouvrages de l'Aménagement IRS (Remini, 2018)

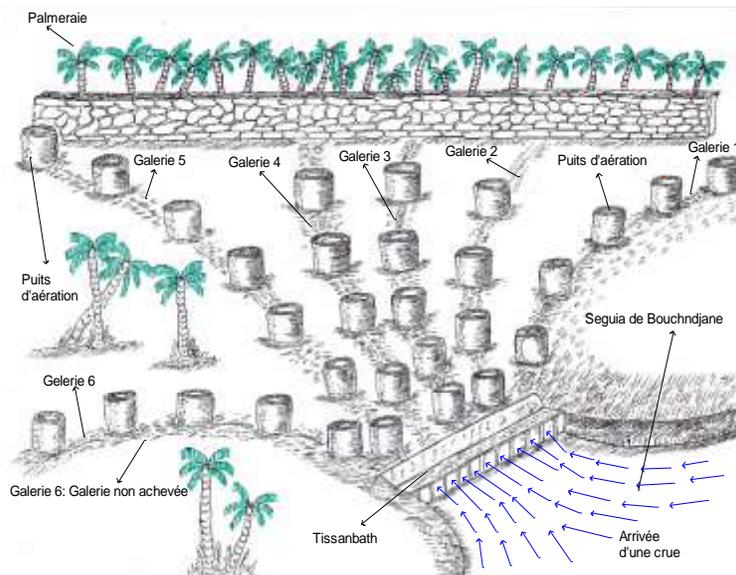


Figure 16 : Croquis du système de partage des eaux de crues dans l'oasis de Ghardaïa (Remini, 2018)

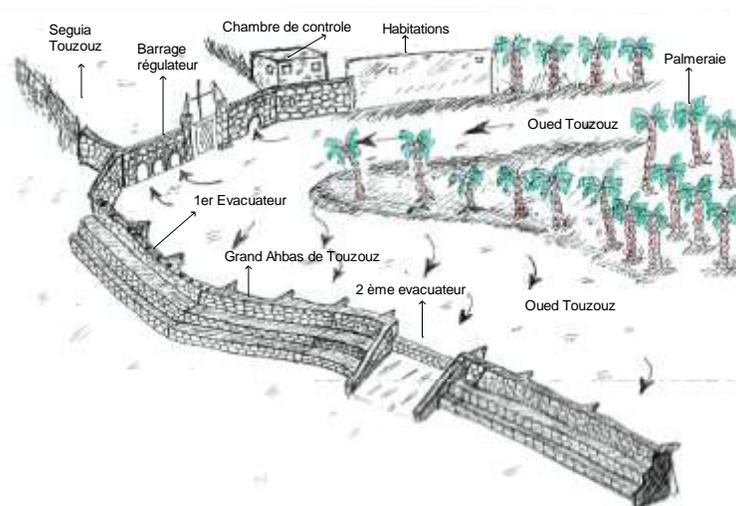


Figure 17 : Schéma d'une vue générale du grand barrage (Schéma Remini, 2020)

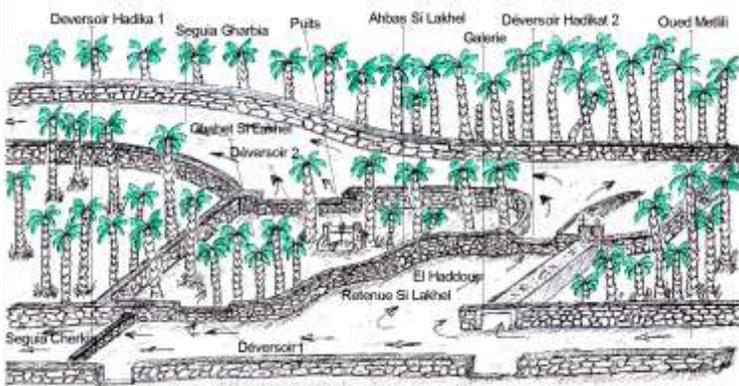


Figure 18 : Schéma général du lieu de partage des eaux de crues de Metlili (Remini et Ouled Belkhir, 2019)

Le grand Ahbas Foussa de l'oasis d'El Guerrara

Pour dévier l'oued Zegrir, un grand barrage a été réalisé perpendiculairement au sens de l'écoulement d'oued Zegrir. L'objectif est de ramener les eaux d'oued Zegrir vers la palmeraie pour assurer son irrigation et de réalimenter nappe. Le grand barrage d'El Guerrara appelé Ahbas Foussa est un ouvrage original construit avec la roche et le mortier du gypse et la chaux. Il est constitué d'une digue de longueur de 1,8 km et de 2 m de hauteur pour stocker une capacité de 2 millions de m³ (fig. 19 et 20), d'un système d'évacuation des eaux et d'un système de partage des eaux. L'originalité du barrage réside dans sa digue de 1,8 km de long. Elle est construite perpendiculairement à l'écoulement de l'oued Zegrir pour rectifier le sens de l'écoulement et de l'orienter vers la palmeraie (fig. 7).

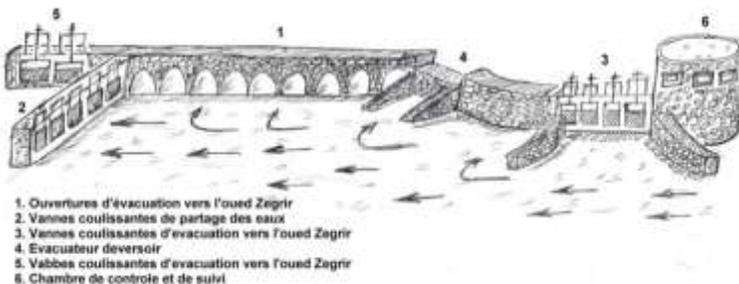


Figure 19 : Schéma du système de partage et d'évacuation des eaux de crues dans la palmeraie d'El Guerrara (Remini, 2019)



Figure 20 : Système de partage et d'évacuation des eaux de crues (Remini, 2019)

L'eau aujourd'hui

Juste après l'indépendance, l'état a lancé la construction de deux grands barrages. Il s'agit des barrages de Sidi Mhamed Ben Aouda d'une capacité de 300 millions de m³ et destiné à l'irrigation et à l'alimentation en eau potable. Le barrage de Djof Torba d'une capacité de 350 millions de m³ pour l'irrigation de la plaine Abadla (fig. 21).



a) Barrage de SMBA (Photo. Remini, 2014)



b) Barrage de DjorfTorba (Photo. Remini, 2016)

Figure 21 : Premiers barrages après l'Indépendance

Les années quatre-vingt, ont été marquées par deux évènements importants. Dans le nord Algérien, et suite à une longue sécheresse et pour atténuer les pénuries d'eau enregistrées à l'époque dans plusieurs endroits de la région du nord. A titre d'exemple, à Alger, un grand projet de transfert d'eau appelé projet

Spik. Composé de trois barrages qui sont reliés entre eux pour alimenter le grand Alger. Le barrage de Keddara (Boumerdes) d'une capacité de 140 millions de m³ est alimenté gravitairement par le barrage de Hamiz et par refoulement grâce au barrage de Beni Amrane à raison de 7 m³/s.

Un grand projet a été exécuté dans l'ouest du pays. Il s'agit de la ville d'Oran qui a connu de sérieux problèmes d'eau. Un grand projet de transfert d'eau a été réalisé pour satisfaire en eau potable la ville d'Oran, il s'agit du projet de MAO.

Dans le sud Algérien, un grand projet a été lancé au début des années quatre-vingt pour la valorisation de nouvelles terres agricoles dans le grand sud et plus particulièrement dans les régions de Touat et de Souf. Cette nouvelle situation a engendré un accroissement important de la demande en eau d'irrigation. C'est ainsi que de nouvelles techniques d'irrigation ont été utilisées comme le pivot et les forages profonds pour exploiter la nappe du Continental Intercalaire. Durant les années quatre-vingt-dix, une sécheresse aigüe a frappé le nord Algérien. La demande en eau d'irrigation et domestique a augmenté et la quantité d'eau existante est devenue insuffisante. Des barrages étaient dans un état sec comme ceux de Keddara, Fom El Gherza et Djorf Torba (fig. 22).



a) Une vue de la digue (Photo. Remini, 2019)

b) L'évacuateur de crue du barrage (Photo. ANBT)

Figure 22 : Barrage de Fom El Gherza destiné à l'irrigation depuis plus de 300000 palmiers dattiers

Le niveau statique des nappes a chuté de plusieurs mètres. C'est le cas de la nappe phréatique de la plaine de Mitidja qui a enregistré une régression de son niveau statique. Des conséquences catastrophiques ont été enregistrées à l'époque comme l'assèchement de plusieurs puits, l'affaissement du sol et des

routes dans plusieurs endroits de la Mitidja. La multiplication sans contrôle des forages dans les régions limitrophes à la mer a provoqué l'abaissement du niveau statique de la nappe, ce qui a engendré le phénomène de l'intrusion marine dans les aquifères côtiers. Des puits et des forages ont été abandonnés suite à l'élévation de la salinité de l'eau de la nappe à cause de la propagation du biseau salé. Ce phénomène s'est manifesté dans plusieurs endroits du littoral, notamment dans les régions de Tipaza, Alger et Annaba.

Il fallait attendre au début des années 2000, pour qu'un grand projet de dessalement des eaux de mer ait été lancé par le gouvernement algérien pour la réalisation de plusieurs stations de dessalement le long du littoral. Aujourd'hui, 11 stations de dessalement en service pour produire une capacité totale de l'eau potable de 2,1 millions de m³/j. La station de Magtaa est considérée comme la plus grande station d'Algérie qui produit un volume d'eau de 500 000 m³/s. Il est à noter que le projet de dessalement a beaucoup contribué au soulagement de la population et plus particulièrement Alger qui devenue aujourd'hui alimentée en eau 24h/24h.

De l'autre côté une dizaine de barrages ont été mis en exploitation. Seulement, il faut retenir que 3 grands barrages dont la capacité totale avoisinent les 2 milliards de m³, soit un volume de 25% de la capacité totale de 74 barrages en service. Il s'agit des barrages de Beni Haroun, Gargar et Kouidet Acedoune. Le barrage Beni Haroun seul détient une capacité de 1 milliard de m³ pour alimenter 6 wilayas de l'Est Algérien comme Milla, Oum El Bouaghi, et Constantine (fig. 23),



Figure 23 : Barrage de Beni Haroun: Une capacité de stockage de 1 milliard de m³ (Photo. Remini, 2014)

Il faut ajouter aussi que 30 stations d'épurations sont aujourd'hui opérationnelles et qui sont aujourd'hui destinées à épurer un volume de 600

m³/j. Seulement pour le moment, ces eaux épurées sont rejetées directement dans les cours d'eau (fig. 24).



a) Station d'Ouargla (Photo. Remini, 2018)



b) Station d'Oued Souf (Photo. Remini, 2019)

Figure 24 : Deux grandes stations d'épuration par lagunage d'Ouargla et d'Oued Souf

L'eau dans le futur

En matière de l'eau, le futur s'annonce dur avec une population galopante qui peut atteindre les 50 millions d'habitants en 2050. Une industrie qui se développe plus rapidement que les années quatre-vingt-dix. Sa demande en eau augmentera durant les 30 années à venir. L'agriculture qui a vu une croissance spectaculaire ces 10 dernières années. La demande en eau durant les 30 années à venir sera revue en hausse notamment avec une agriculture (à grande échelle) dans le sud Algérien avec l'apparition de deux grandes wilayas comme Biskra et El Oued. De nouvelles terres agricoles ont été valorisées dans le sud. Il est à signaler que le gouvernement a lancé un projet gigantesque de valorisation de deux millions d'hectares pour l'agriculture. De tels aménagements exigent des volumes d'eau importante. Les changements climatiques risquent d'avoir un effet négatif sur la ressource en eau dans les années à venir. Alors dès maintenant il faut mettre une stratégie pour palier au scénario le plus mauvais (pénuries d'eau) à court et à moyen terme.

Les moyens techniques pour maîtriser la situation de l'eau

Pour faire face au manque d'eau dans le futur immédiat, l'Algérie doit déployer des moyens techniques et adopter un politique de l'eau. Personne ne peut ignorer aujourd'hui les ouvrages hydrauliques que notre pays a réalisés depuis l'indépendance. Cependant, maintenant il faut réfléchir à d'autres options puisque de nouvelles données ont fait leur apparition. A titre d'exemple, dans le

nord Algérien, le réseau hydrographique est presque saturé et est devenu difficile à trouver un site favorable à la réalisation de nouveaux barrages. Le réchauffement climatique exige un changement de certaines données. En effet, les températures enregistrées durant les étés 2017, 2018 et 2019, incitent les spécialistes à réfléchir. Ainsi, 192 villes du monde ont enregistré des valeurs de températures les plus élevées de la planète durant l'été 2018. La ville d'Ouargla a été classée première puisque le thermomètre a indiqué une valeur de 51,3°C. Un tel phénomène accélère encore l'évaporation des lacs de barrages surtout dans les zones arides et semi arides. Des hauteurs de 2 jusqu'à 2.5 mètres sont évaporées chaque année. Des étés très chauds et très longs préparent un terrain sec et desséché pour les premières crues d'automne qui vont provoquer une érosion hydrique accélérée (fig. 25). Le sapement des berges s'accélère encore plus qu'avant (fig. 26). Des tonnes de terres érodées vont se déposer au fond des barrages. Il est à noter que le taux d'envasement a atteint aujourd'hui la valeur de 65 millions de m³/an et sera revu à la hausse dans les quelques années à venir (Remini, 2017b).



Figure 25 : Bassin versant de Beni Chougrane très dégradé. (Photo. Remini, 2015)



Figure 26 : Sapement des berges dans l'oued Labiod (Remini et Bensafia, 2016)

Le manque de sites pour les nouveaux barrages appuie la thèse d'entretenir les anciens barrages ou les barrages en exploitation afin de prolonger plus leur durée de vie. Réfléchir à d'autres techniques de stockage des eaux douces. Le mieux est d'entretenir le bassin versant puisque c'est le lieu de la production des particules solides. Aménager les bassins versants et réaliser les corrections torrentielles reste le meilleur moyen de lutter contre l'érosion et par conséquent contre l'envasement des barrages (fig. 27).



Figure 27 : Aménagement d'une partie du bassin versant de Beni Chougrane la correction torrentielle (Phot. Remini, 2015)

Cependant le problème se pose pour les barrages qui se trouvent dans un état très avancé en ensablement. Dans ce cas, la situation se complique, puisqu'on intervient directement dans la cuvette du barrage, mais la moindre perturbation au niveau du lac risque d'accélérer l'ensablement. Dans ce cas deux solutions s'imposent ; enlever la vase (par la technique de dragage) ou surélever la digue du barrage, mais son taux d'ensablement sera beaucoup plus important qu'avant. L'exemple des barrages de Foum El Gherza, Fergoug, Ksob et Foum El Gueiss qui ont subi ces dernières années des opérations de dragage sont actuellement dans un état critique vis-à-vis de l'ensablement. En effet, les deux barrages Foum El Gherza, Fergoug ont été dévasés pour la première fois respectivement en 1992 et en 2006 mais après une dizaine d'années de fonctionnement la boue est revenue dans la cuvette des barrages avec un volume beaucoup plus élevé qu'avant, ceci a poussé les services d'hydraulique de procéder au dragage des deux barrages respectivement en 2002 et en 2015, mais après 3 années seulement de service, la boue est de nouveau s'est déposée dans les cuvettes des deux barrages (fig. 28 (a et b)). Le même problème s'est posé pour les barrages de Hamiz, Zardezas, Bouhanifia et Ksob qui ont vu leur taux d'ensablement augmenter après la surélévation de leur digue (fig. 29(a et b)) (Remini, 2019 b).



a) Barrage de Foum El Gherza (Photo. Remini, 2018)



b) Barrage de Fergoug (Photo. Remini, 2015)

Figure 28 : Barrages de Foum El Gherza et Fergoug ensabés après une deuxième opération de dragage



a) Barrage de Ksob (Photo. ANBT)



b) Barrage des Zardezas (Photo. Toumi, 2016)

Figure 29 : Barrages de K'sob et Zardezas : L'envasement s'est accéléré après surélévation de leur digues

Aujourd'hui le plus grand barrage d'Algérie, le Beni Haroun est menacé d'envasement. En 10 années d'exploitation, sa capacité est passée de 1 milliards de m³ à 900 millions de m³ (2006-2016) (Remini et Toumi, 2017) . Aujourd'hui, la capacité avoisine les 800 millions de m³. Donc il est temps de surveiller l'ouvrage et de suivre son envasement avec des mesures de levés bathymétriques périodiques. En parallèle, l'entretien et l'aménagement de son bassin versant sont devenus aujourd'hui une nécessité. Le suivi périodique du bassin versant par des images satellites et sur le terrain est une option à ne pas écarter. Il faut aménager une ravine dès sa naissance par la technique de correction torrentielle et non pas après avoir atteint un état très avancé (Bad Land).

Si aujourd'hui, une première expérience sur la recharge artificielle de la nappe par les lâchers du barrage de Boukourdane a été une réussite puisque ces infiltrations d'eau permettent de remplir les puits et par conséquent les agriculteurs sont revenus à travailler dans leurs champs (fig. 30 et 31).

De l'autre côté, dans la région de Blida (Bougara), la première station de réalimentation de la nappe a été un succès pour les agriculteurs de la Mitidja. En effet, la déviation de l'oued El Harrach au niveau de la ville de Hammam Melouane permet à l'eau d'atteindre les bassins d'infiltrations. Une remontée du niveau statique de la nappe phréatique a été aperçue dans les puits sur un rayon de 20 km environ (fig. 32).



Figure 30 : Une vue générale sur le lac du barrage de Boukourdane (Photo: Remini, 2011)

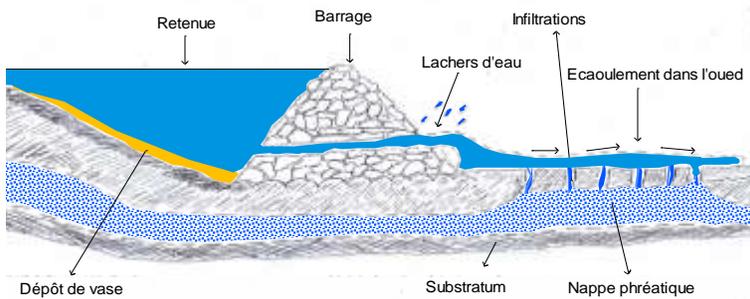


Figure 31 : Recharge de la nappe par les lâchers d'eau par la vanne de fond du barrage réservoir de Boukourdane (Remini et Mokadem, 2018)



Figure 32 : Un des bassins de la station recharge de Mitidja (Photo. Remini, 2010)

Aujourd'hui, il devient indispensable de généraliser la technique de recharge artificielle sur l'ensemble du territoire national. Nous devons prendre l'exemple de nos ancêtres qui étaient les pionniers de la réalimentation des nappes de la nappe puisque comme nous l'avons mentionné au début de cet article que cette technique a été pratiquée depuis plus de 7 siècles (fig. 33).

La leçon qu'on peut tirer de ce modeste travail est que les Mozabites ont donné beaucoup d'importance à la recharge artificielle de la nappe phréatique. C'était la seule technique valable dans les régions arides qui peut stocker une quantité non négligeable dans le sous-sol. Les volumes d'eau apportés par les crues peuvent s'évaporer rapidement s'ils ne sont pas infiltrés dans le sol. Malheureusement aujourd'hui avec tous les moyens matériels et humains que possède l'Algérie, nous n'avons même pas un site de recharge artificielle des nappes. Avec les défis des changements climatiques sur les ressources en eau en Algérie, le développement de la technique de la réalimentation artificielle des nappes devient la priorité des services d'hydraulique.



Figure 33 : Grand Barrage de Beni Izguen : Un lieu de recharge artificielle de la nappe (Photo. Remini, 2014)

Nous pensons que la technique de réalimentation artificielle des nappes sera dans le futur immédiat le système hydraulique le plus adopté dans les régions arides. En effet, dans un tel milieu, des crues sporadiques, rapides et dangereuses qui peuvent drainer en quelques heures plus de 50 mm de pluie. Le débit des crues peut atteindre la valeur de $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ comme celle qui a eu lieu dans la vallée de M'zab en octobre 2008 et qui a fait une quarantaine de morts. Le débit de la crue a atteint la valeur de $1200 \text{ m}^3/\text{s}$ dans l'oued M'zab (Ouled Belkhir, et Remini, 2018). L'écoulement atteint Sebkhata Soufioune soit environ une distance de parcours de 400 km. Ce type de crues est fréquent dans les régions arides et même semi arides. Mais en contrepartie dans ces régions, l'évaporation est très significative. Il devient difficile à un écoulement à surface libre de résister à ce phénomène. Donc il faut accélérer les infiltrations dans le sous-sol pour échapper à l'évaporation. Dans ce cas, le choix du site pour installer les bassins d'infiltration ou bien pour réaliser des seuils (barrages) est très important. Un sol perméable permet à l'eau d'atteindre beaucoup plus vite l'aquifère et évitera ainsi une perte d'eau par évaporation. Des quantités d'eau non négligeables drainées par les crues dans les oueds des régions arides peuvent être stockées dans des nappes inferoflux (fig. 34).



a) Oued Labiod(Photo. Remini, 2013)



b) Oued M'zab (Remini, 2012)



c) Oued Elhay (Photo. Remini, 2018)

Figure 34 : Les oueds des régions arides un lieu de recharge de la nappe inferoflux

Les barrages souterrains dans les oueds des zones arides peuvent stocker une masse d'eau non négligeable puis grâce à des forages et des puits on prélève de l'eau de bonne qualité pour l'alimentation en eau potable et pour l'irrigation. Si aujourd'hui l'Algérie dispose d'une dizaine de barrages souterrains réalisés sur les oueds dans la région de Tamanrasset, Illizi et Laghouat (oued Mzi) qui assurent une capacité totale de 10 millions de m³. Le barrage souterrain est l'ouvrage hydraulique de demain. Différent de la technique de la recharge artificielle des nappes, le barrage souterrain est réalisé sur le fond d'un oued. Une digue en béton ou en terre sert à bloquer l'écoulement laminaire des eaux qui s'écoulent dans les vides formés par la disposition des granulats (fig. 35 (a et b)). L'Algérie dispose actuellement de 9 barrages souterrains qui sont situés dans les wilayates du sud (Tableau 1). Il est dans l'urgence de généraliser cette technique dans tout le Sahara Algérien. Il est à noter que le barrage souterrain Tagmout réalisé sur l'oued Mzi de Laghouat est considéré comme l'un des premiers ouvrages réalisés dans le monde.

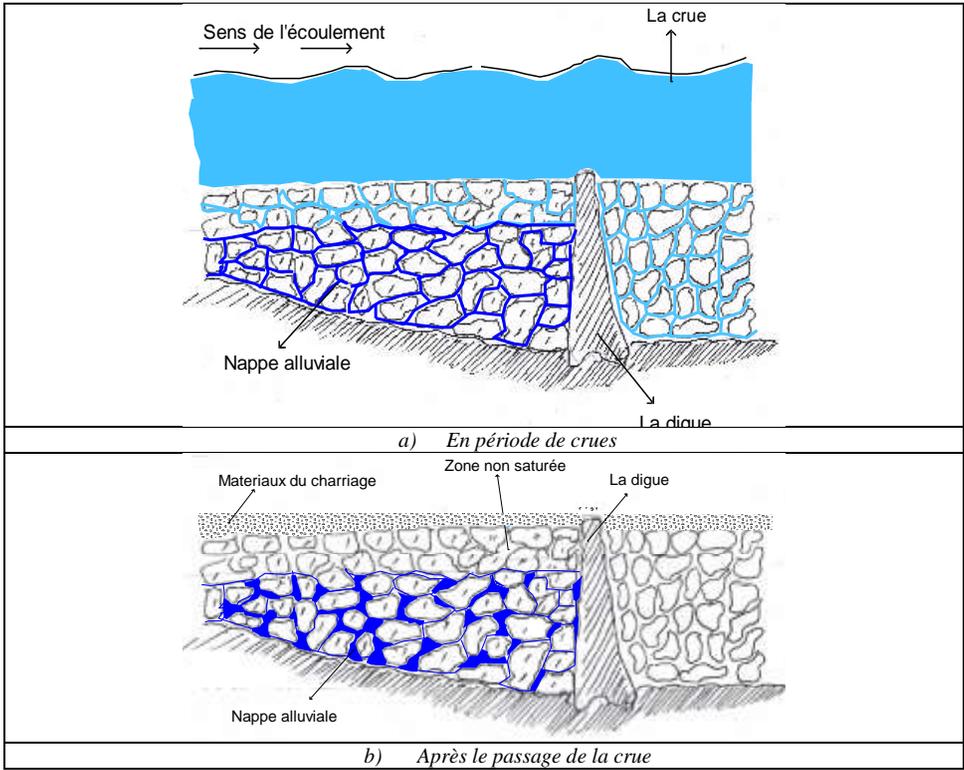


Figure 35 : Croquis d'un barrage souterrain (Schéma, Remini, 2020)

Tableau 1 : Barrages souterrains en Algérie

Wilaya	Nom de la nappe	Volume
Laghouat (Tadjmount)	Nappe alluvionnaire de Oued M'Zi	12 Millions de m3
Adrar (Timiaouine)	Eaux continentales	10 millions de m3
Tamenrasset (Oued Aguenard)	Nappe de Hoggar	1 million de m3
Djanet (Illizi)	Nappe alluvionnaire de Djanet.	2,2 millions de m3
Tamenrasset	Nappe alluviale d'oued Tamanrasset	0,8 millions de m3
Tamenrasset	Nappe alluviale d'oued Outoul	
Tamenrasset	Nappe alluviale d'oued Amguel	
Tamenrasset	Nappe Abaisseia	
Bayadh (Ouled Sidi Cheikh)		

Cependant il est intéressant de relever que l'exploitation des eaux de la nappe a été l'œuvre de nos ancêtres puisque depuis plus de 7 siècles ils captaient ces eaux par le système des foggaras. Grâce à une galerie souterraine équipée de puits verticaux est creusée au fond du lit de l'oued et se dirige ensuite vers l'oasis. Ces foggaras d'oued sont de courtes longueurs ne dépassant pas les 2 km. Ce type de foggara on le retrouve dans l'Ahaggar, Silet, Tamanrasset, Tindouf et Sifissifa. On a trouvé deux foggaras en service dans l'oasis de Sfisfifa qui exploitent la nappe inferoflux de l'oued (fig. 36 et 37).

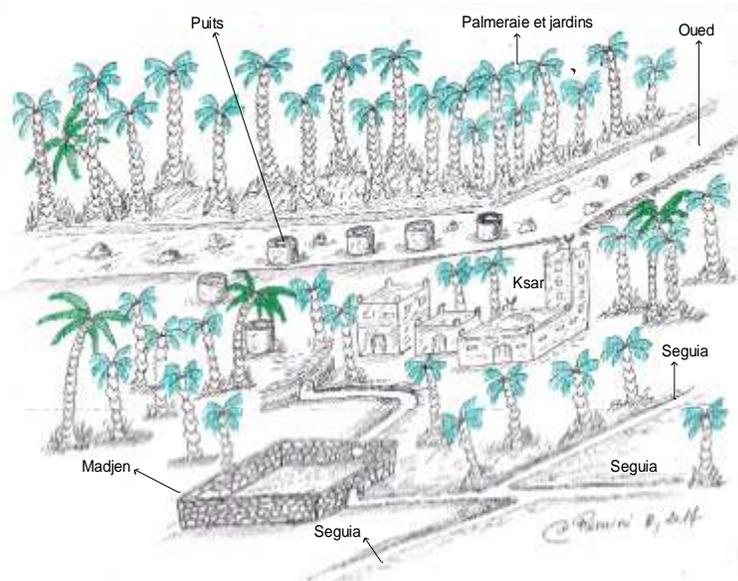


Figure 36 : Schéma probable d'une oasis à foggara d'oued (Remini et Abidi, 2019)

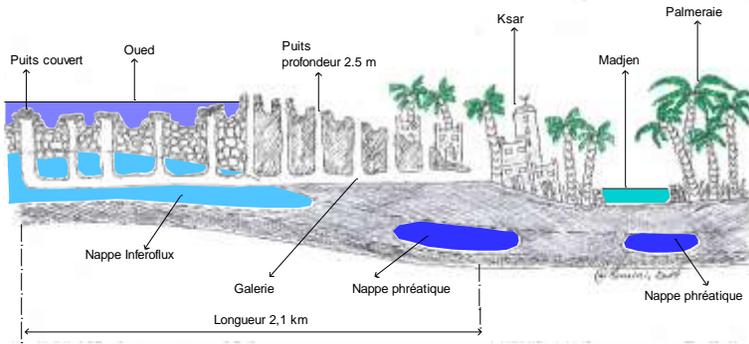


Figure 37 : Schéma probable d'une coupe longitudinale de la foggara de Tindouf (Remini et Abidi Saad, 2019)

Dans le nord Algérien, les nappes sont surexploitées puisque la capacité totale de ces nappes avoisine les 2 milliards de m³ d'eau. Seulement, plus de 90% de sa capacité sont exploités annuellement. A titre d'exemple, la nappe de la Mitidja qui est saturée n'arrive plus à satisfaire la demande en irrigation et en alimentation en eau potable. Seulement l'Agence Nationale des Ressources Hydriques a pris les devants puisque en 2017, le premier forage de la Mitidja a été foré sur une profondeur de plus de 200 m (fig. 38).



Figure 38 : Forage profond Mitidja (Remini, 2017)

En ce qui concerne, les eaux de surface dans le nord Algérien, les écoulements dans les cours d'eau estimées à 12.5 milliards de m³/an et avec un nombre de 74 grand barrages en exploitation, aujourd'hui l'Algérie pourra construire quelques barrages à court terme pour atteindre une capacité de 9.5 milliards de m³. Il est temps que l'Algérie s'engage dans la construction des retenues collinaires et ainsi de lancer un grand projet de 500 à 1000 retenues collinaires. Si on plonge un peu dans l'histoire de l'hydraulique Algérienne on se rend compte que la construction des barrages ne date pas d'aujourd'hui. Depuis plus de 7 siècles des barrages traditionnels ont été construits avec de la pierre et le mortier de Gypse sur les oueds du Sahara. C'est ainsi qu'on trouve actuellement des barrages qui étaient destinés à l'irrigation des palmeraies. D'une capacité de quelques milliers de m³, ces barrages sont réalisés en cascade le long de l'oued afin de permettre une irrigation pour toute la palmeraie qui se trouve sur les deux rives de l'oued. Grace aux seguias, l'eau du barrage arrive au point le plus

bas de la palmeraie. Destiné à capter les eaux de sources et de crues, ce type de barrage régularise aussi les crues. Ces barrages, ont les retrouves dans les régions de Zibans et les Monts des ksours.

L'entretien des barrages et plus particulièrement la lutte contre l'envasement des barrages deviennent aujourd'hui une nécessité pour les anciens barrages. Nous pouvons citer les solutions existantes comme le reboisement et l'aménagement des bassins versant, la correction torrentielle, le soutirage des courants de densité, l'évacuation des sédiments par les vannes de fond, le dévasement par le dragage et la surélévation du barrage. La surélévation des déversoirs par des faux fusibles a été expérimentée sur les barrages de Ghrib et de Beni Amrane dont les résultats sont jugés très satisfaisants tout en espérant quelle sera généralisée pour d'autres barrages (fig.39) (Remini, 2019).



Figure 39 : Surélévation du déversoir du barrage de Ghrib par les faux fusibles (Remini, 2019)

Pour les petits barrages envasés, le dragage reste l'unique solution pour prolonger sa durée de vie. Seulement, cette technique s'impose comme le dernier recours. Une telle opération peut être appliquée pour un grand barrage à condition d'utiliser plus de 3 dragues à la fois. Dans ce cas, on peut dévaser plus de 10 millions de vase par année. Seulement, le lieu de rejet d'une quantité importante de vase se pose. Lors des dernières opérations de dragage opérées au niveau des barrages de Foug El Gherza et Bouhanifia, un cycle fermé a été mis en œuvre ; la vase se dépose dans des bassins de décantation et l'eau revient à la retenue du barrage (fig. 40). Une telle solution ne peut pas être définitive, puisque au-delà d'un certain seuil de vase rejetée, le problème d'espace se pose.

Cependant ce problème peut être définitivement réglé, dans le cas où la vase sera utilisée comme matière première dans la fabrication de la brique et de la tuile. La vase peut être réutilisée aussi dans la poterie ou comme amendement pour les sols pauvres en matières organiques (fig. 42).

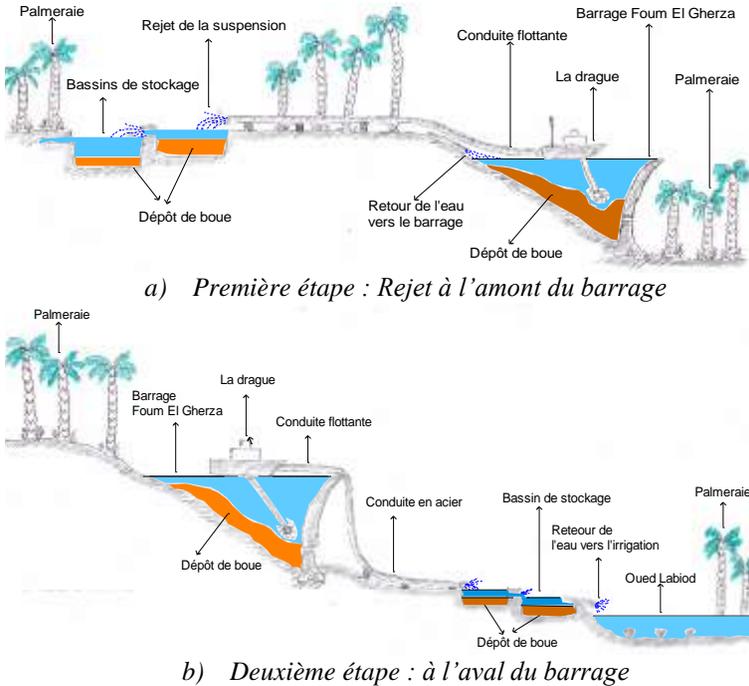


Figure 40 : Schéma du processus de dévasement du barrage de Foum El Gherza Deuxième opération de dragage (2015-2017) (Remini 2019)



Figure 41 : Opération de dragage du barrage de Foum El Gherza (2015- 2017)



a) Vase de Foum El Gherza Eléments de poterie



b) Vase de SMBA. Briques et tuiles

Figure 42 : Produits finis obtenus par la vase de dragage des barrages (Remini, 2019)

Pour les barrages moyennement et faiblement envasés, un suivi rugueux de l'envasement doit être pris en compte au niveau de chaque barrage. Des levés bathymétriques doivent être opérés chaque 2 à 3 année pour mieux suivre et estimer la durée de vie d'un barrage. Cependant dans les barrages situés dans les pays arides, la vase doit être gérée de la même manière que l'eau. Des consignes doivent être appliquées pour gérer mieux les pertuis de vidange. Les premières crues d'automne sont les plus chargées en particules fines et sont celles qui déclenchent les courants de densité dans les barrages (Remini, 2019) (fig. 43). C'est pour cette raison que les barrages dans les régions arides s'ensavent plus en automne. Donc de préférences, l'ouverture des vannes doivent être opérées juste après les crues pour évacuer le maximum du courant de densité (Remini, 2019) (fig. 41).



Figure 43 : Courant de densité dans un canal rectangulaire (Remini, 2019)



Figure 44 : Soutirage des courants de densité par les pertuis de vidange du barrage de Beni Haroun (Photo. ANBT)

Malgré des bassins versants dégradés, des barrages ont pu résistés à l'envasement grâce à la bonne gestion de la vase. On cite l'exemple du barrage de Meurad âgé de 1,5 siècle et qui est toujours en exploitation (fig. 45). Le même cas pour le barrage de Hamiz qui est en service depuis 1880. Il a été surélevé et dévaser par le dragage durant son exploitation. Quant au barrage d'Ighil Emda reste un des exemples de la bonne gestion des manœuvres des vannes. En effet, le barrage est situé à l'exutoire du bassin versant d'oued Agrioum qui est connu par son taux spécifique d'érosion le plus élevé dans le Maghreb évalué à $3400 \text{ t/km}^2/\text{an}$ (Demmak, 1982). Réalisé en 1950, le barrage d'Ighil Emda d'une capacité de 150 millions de m^3 s'envase par les courants de densité avec un taux d'envasement moyen de 3.2 millions de m^3/an . Cependant, la pratique efficace du soutirage des courants de densité a permet d'évacuer un volume de de 50 millions de m^3 depuis plus de 60 ans d'exploitation, ce qui a permis de multiplier sa durée de vie par 3. Il faut souligner aussi que le barrage d'Ighil Emda n'a jamais fait l'objet ni d'une surélévation de la digue ni d'un dévasement par dragage. La technique des soutirages de courants de densité est une technique qui doit s'appliquer aux barrages situés dans les régions semi arides et arides. Cette technique doit être généralisée pour l'ensemble des barrages. Pour les futurs barrages, il est souhaitable qu'ils soient équipés par une batterie de vannettes de soutirage. On note que les barrages Ighil Emda,

Erraguene, Zradezas, Ksob et Oued Fodda sont équipés par ce système hydraulique d'évacuation (fig. 46).



a) Barrage en 2013



b) Barrage en 2014

Figure 45 : Barrage Meurad Evacuation de 10000m³ de vas en 2014 (Photo. ANBT)



Figure 46 : Barrage d'Oued Fodda ; Cinq pertuis de vidange pour le soutirage des courants de densité (Photo. Remini, 2008)

Les manœuvres des vannes pour les barrages s'imposent dans les régions arides. Après chaque crue et plus particulièrement en période d'automne, l'ouverture des pertuis de vidange est obligatoire pour évacuer la boue déposée fraîchement au pied du barrage (fig. 47). Ouvrir la vanne en retard entrainera un tassement de la vase et par conséquent, on peut avoir un colmatage des pertuis de vidange. Plusieurs barrages ont vécu cette situation. Le barrage d'Oued Fodda, dont la vanne de fond a été bloquée après seulement 9 années de fonctionnement. Aujourd'hui, elle se trouve sous 40 mètres de vase. Une des deux vannes du barrage de Sidi Mhamed Ben Aouda se trouve colmaté par la boue.



Figure 47 : Barrage de Foum El Gherza : Evacuation de la vase drainée par la crue (Photo. Remini, 2010)

Le Sahara avec sa particularité d'une région qui possède deux grands aquifères à savoir le Continental Intercalaire et le Complexe Terminal. Un immense réservoir souterrain d'une capacité évaluée au début à 60000 milliards de m^3 d'eau puis a été réévaluée à 40000 milliards de m^3 d'eau. La nappe du Continental Intercalaire est de l'avenir de l'agriculture Saharienne, mais la gestion de ce gisement doit être optimale (sans gaspillage) puisque c'est une eau albienne très ancienne qui se renouvelle peu à raison de 1 million de m^3 /an. Seulement, suite à une étude récente, la nappe profonde du Continental Intercalaire se recharge graduellement avec un volume de 2 millions de m^3 /an. C'est peu par rapport au volume des prélèvements évalué à 5 milliards de m^3 /an (fig. 48). Dans la vallée d'oued Righ, les agriculteurs utilisaient les eaux du Continental Intercalaire et du Complexe Terminal pour l'irrigation des palmeraies. Toutes les eaux de drainage et usées sont évacuées par le canal d'oued Righ vers le chott Melghir (fig. 49). Un volume évalué à 5 millions de m^3 /s est rejeté dans le chott Melghir ; un volume immense qui pose un problème écologique et environnemental. La réalisation des stations d'épuration par lagunage permet de récupérer un volume de 5 m^3 /s d'eau épurée. Une partie d'eau sera destinée pour l'irrigation et une autre sera considérée comme un débit écologique et sera rejeté directement le chott Melghir.



Figure 48 : Forage Profond dans la vallée d'Oued Righ (Photo. Remini, 2010)



Figure 49 : Une vue sur le canal d'Oued Righ (Photo. Remini, 2006)

Pour ce qui est des foggaras, nous pensons qu'il n'est pas possible de creuser de nouvelles foggaras. Cependant, il est possible de récupérer les foggaras dégradés et abandonnés par l'entretien et la réhabilitation. Dans ce cas, l'agriculture oasienne peut être sauvegardée. La foggara restera malgré la concurrence des techniques modernes, le meilleur moyen d'irrigation des régions arides. De l'eau puisée sans énergie, elle s'écoule dans la galerie par gravité jusqu'à la surface du sol, puis dans les seguias pour atteindre ensuite les jardins et les palmeraies. D'une bonne qualité, riche en minéraux puisqu'elle a parcouru plusieurs kilomètres dans le sous-sol en traversant plusieurs types de roches. La sauvegarde des oasis et les systèmes hydrauliques ancestraux deviennent une nécessité. La prospection et des études doivent être menées pour déterminer et trouver de nouvelles nappes souterraines plus particulièrement dans le Sahara Algérien. Des nappes existantes, mais qui n'ont jamais été identifiées comme les nappes des Grands Ergs Occidental et Oriental et la nappe de l'Erg Erraoui, les nappes qui se cachent sous les petits Ergs dispersés dans le Sahara. L'identification et la caractérisation des nappes inféro flux dans plusieurs oueds du Sahara dont le but de construire de nouveaux barrages souterrains. Le projet des Djoubs doit être relancé et faire de nouvelles prospections pour la localisation de nouveaux sites favorables dans les oueds du Sahara (fig. 50).



Figure 50 : Le Djoub. Une technique de stockage des eaux de crues dans les régions arides (Photo. Remini, 2014)

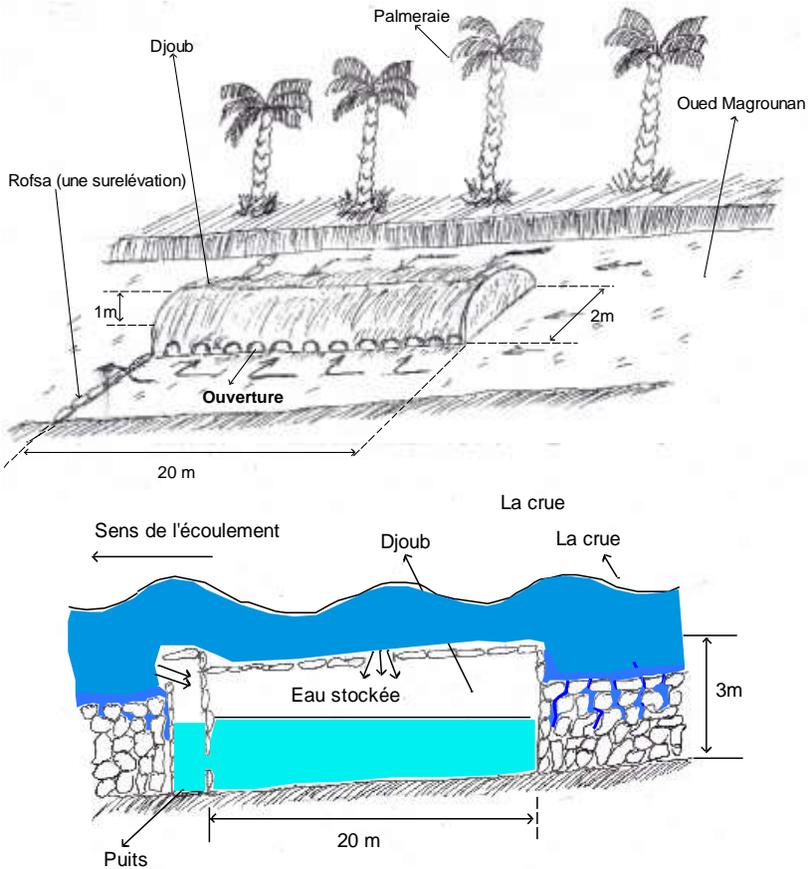


Figure 51 : Croquis du Djoub réalisé sur l'oued Magrounan (El Guerrara) (Photo. 2014)

REMERCIEMENTS

Ce modeste papier est l'aboutissement d'un long parcours dans notre vaste pays Algérie. Evidemment, sans l'aide de toutes les personnes qui m'ont hébergé chez eux, qui m'ont donnés une information, une donnée ou une idée, qu'ils trouvent ici mes vifs remerciements. Sans citer les noms, c'est grâce à vous que j'ai découvert ce beau pays. A ma petite famille, j'ai pris de votre temps pour préparer cette étude.

CONCLUSION

L'eau ; ce liquide précieux sera dans les années à venir un liquide rare dans plusieurs régions de la planète et plus particulièrement dans les pays arides et semi arides. Dérèglement du climat et croissance démographique dans le monde seront les causes principales de la rareté de l'eau douce. L'Algérie est parmi les pays qui sont menacés par les pénuries d'eau dans les années à venir. Cependant une nouvelle stratégie d'eau s'impose pour palier à des problèmes d'eau dans les années à venir. Dans cet article nous avons énuméré les principales suggestions à tenir compte pour améliorer la situation en eau dans le futur. Certes, l'Algérie possède encore de grandes ressources d'eau mais qui ne sont pas encore exploitées convenablement. L'exploration et la caractérisation de nouvelles nappes sous les Ergs et sous les lits des oueds (nappe infero flux) est une piste à explorer. La nappe du Grand Erg Occidental, la nappe du Grand Erg Oriental et la nappe de l'Erg Erraoui ne sont pas encore identifiées et quantifiées. Les eaux de crues dans les régions arides et semi arides ne sont pas exploitées convenablement ; une grande partie s'évapore dans l'atmosphère et l'autre partie se perd dans le sable des dunes. Seules les techniques de la recharge artificielle et les barrages souterrains peuvent résoudre ce problème. Dans le sud Algérien la mer du sous-sol constituée par les eaux très anciennes de la nappe du Continental Intercalaire d'une capacité évaluée à 60000 milliards de m³ reste un gisement inépuisable s'il est géré modérément, puisque sa recharge reste très faible. L'exploitation anarchique de cette nappe risque de renouveler le problème environnemental des années quatre-vingt-dix qui a provoqué la remontée de la nappe dans les régions du Souf et d'Ouargla. Seule la vallée d'Oued Righ a échappé à ce désastre écologique grâce au rôle joué par le canal d'Oued Righ. Il a permis d'évacuer un débit des eaux de drainage égal à 5 m³/s vers le chott Melghir ; une quantité d'eau appréciable doit être aujourd'hui traitée pour la réutiliser dans l'irrigation et de rendre ce canal à vocation

touristique. L'agriculture oasienne doit être protégée et améliorée par la restauration des systèmes d'irrigation traditionnelle comme les foggaras.

Dans le nord algérien, pour atteindre la capacité de stockage des eaux de surface à 9,5 milliards de m³, la prospection de nouveaux sites pour la réalisation de nouveaux barrages. Cependant l'entretien et la lutte contre l'envasement des barrages doit être une priorité pour les services d'hydrauliques. Un suivi rigoureux de l'évolution de l'envasement dans chaque barrage doit être appliqué par des mesures bathymétriques périodiques à raison de deux à trois années. Des batteries de vannettes de soutirages doivent être incorporées dans la construction des nouveaux projets de barrages. La réalisation de nouvelles stations de dessalement des eaux de mer doit être poursuivie pour atteindre la capacité de 3 millions de m³/j. Cependant, la protection de l'environnement marin s'avère une urgence et doit être protégé par la maîtrise des lieux des rejets et l'intensité de la saumure. Une carte des rejets de la saumure (une eau très concentrée en sel) dans le milieu doit être élaborée. Il est à rappeler qu'aujourd'hui, cette saumure est rejetée dans la mer sans tenir compte de la vie aquatique. La réalisation des barrages souterrains et le développement des techniques de recharge des nappes dans les régions arides devient est une solution émergente et une alternative qui vise à augmenter les volumes d'eau souterrain.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- MILOUDI A/M., REMINI B. (2018). The Ghout of Souf: an original hydro agricultural system. Geoscience Engineering. Vol. LXIV, No. 3, pp. 30-37.
- REMINI B. (2017a). La foggara de Tadmaït : sans énergie de l'eau du sous-sol à la surface du sol. Larhyss Journal, n°32, Dec, pp. 301-325.
- REMINI B. (2017b). Une nouvelle approche de gestion de l'envasement des barrages. Larhyss Journal, n°31, Sept, pp. 51-81.
- REMINI B. et REZOUG C., 2017. La khottara de la Saoura : un patrimoine hydraulique en déclin. Larhyss Journal, n°30, Juin, pp. 273-296.
- REMINI B. (2008). La foggara. Editions Office des Publications Universitaires (OPU). 136 p.
- REMINI B., MOKADEM F/Z. (2018). Boukourdane (Algérie) : un barrage réservoir qui s'envase peu. Larhyss Journal, N°35, Sep, pp. 29-44.
- REMINI B., MAAZOUZ M. (2018). The density current in the Fom El Gherza dam (Algeria). Larhyss Journal, N°35, Sept., pp. 87-105.

- REMINI B., KOUNTAOUI A., (2018). Les foggaras des oasis de Zaouiet Kounta (Algérie) : un patrimoine menacé. Larhyss Journal, N°35, Sep, pp. 169-195.
- 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., 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. (2019). Dams in cascade (Tiout oasis, Algeria): a hydraulic heritage to save. Larhyss Journal, N°37, Mars, pp. 175-206.
- REMINI B. (2019b). L'Algérie : de la boue au fond des barrages, que faire ? Larhyss Journal, N°40, Dec, pp. 213-247.
- REMINI B., GHACHI M. (2019). Sharing the waters of the Irsan foggara of in Ghar oasis (In Salah-Algeria).Larhyss Journal, N°37, Mars, pp. 93-114
- BOUTADARA Y., REMINI B. (2019). Quand la foggara Hadj Amar Lekbir inonde l'oasis Kessiba (Adrar-Algérie). Larhyss Journal, N°38, Juin, pp. 103-116
- REMINI B., BOUABIBSA R., MOUDJED K. (2019). Beni Haroun et Koudiat Acerdoune (Algérie) : deux grands barrages algériens menacés par le phénomène de l'envasement. Larhyss Journal, N°38, Juin, pp. 131-151.
- REMINI B., BERRAMDANE C. (2019). Les foggaras d'Aoulef Arab (Algérie) : le déclin d'une irrigation oasisienne. Larhyss Journal, N°38, Juin, pp. 177-199.
- REMINI B. (2019). Les foggaras du Sahara : le partage de l'eau l'œuvre du génie oasien. Larhyss Journal, N°39, Sept., pp. 25-57.
- REMINI B. (2019). La foggara et le Ghout (Algérie) : quand le forage sonne le déclin. Larhyss Journal, N°39, Sept, pp. 275-297.
- 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.
- REMINIB. 2019. 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. 2019. Les courants de densité : un phénomène naturel qui se manifeste dans les milieux arides. Larhyss Journal, N°40, Dec.
- REMINI B., BENSALIA D. (2016). Envasement des barrages dans les régions arides. Exemples algériens. Larhyss Journal, n°27, Sept, pp. 63-90
- REMINI B., TOUMI A. (2017). Le réservoir de Beni Haroun (Algérie) est-il menacé par l'envasement ? Larhyss Journal, n°29, Mars, pp. 249-263.
- REMINI B., ABIDI SAAD N. (2019). La foggara de Tindouf (Algérie) : un patrimoine hydraulique en déclin. Larhyss Journal, n°39, Sept, pp. 215-228.