Axe : Risques urbains, vulnérabilités de la ville et environnement urbain durable

Ghardaïa face aux risques environnementaux

Par DJELLOULI Yamna (1) et SIOUSIOU Rostom (2)
(1) ESO GREGUM Université du Maine Le Mans
(2) Ingénieur hydraulicien, Ghardaïa
yamna.djellouli@univ-lemans.fr et arsetom@yahoo.fr

Résumé:
La ville de Ghardaïa, située dans le Sahara septentrional algérien au niveau de la vallée du M'zab classée patrimoine national en 1971 et au patrimoine de l'Humanité par l'Unesco en 1982, subit de nombreux risques environnementaux. Elle a été touchée par plusieurs inondations dont celle du 1er septembre 2008 qui a été marquante. Les aménagements proposés ces dernières années ont montré leurs limites et les actions menées récemment ne semblent pas répondre à une démarche de développement durable, alors que depuis des siècles d'ingénieux ouvrages comme le système de partage des eaux, respectaient l'environnement et la demande sociale. Par ailleurs, avec l'extension de nombreuses parcelles agricoles sur des sols pauvres, irriguées par l'eau fossile de l'albien, apparaissent des pollutions dues aux intrants et aux résidus de sels dans le sol. Sur la base d'une documentation approfondie, de la connaissance du terrain et de la rencontre de différents acteurs, notre recherche devrait proposer une réflexion et des outils à mettre en place pour mieux gérer l'ensemble du bassin versant de l'oued M'zab. Comment protéger les populations et leurs biens si ce n'est par une bonne gouvernance et une implication de tous les acteurs en charge de ce territoire.

Mots clés :

Epandage de crues ; inondations, aménagement, alimentation artificielles des aquifères ; Vallée du M'Zab ; Ghardaïa, Système de partage des eaux ; Tissambads ;

A 600 Km au Sud de la capitale Alger, la vallée du M'Zab se trouve dans la partie centrale du Sahara septentrional aux portes du désert. Elle atteint, à hauteur de Ghardaïa, une altitude de 500 mètres. Elle couvre, parmi les treize communes de la Wilaya de Ghardaïa, celles de Daya Ben Dahoua, Ghardaïa, Bounoura et El-Atteuf. Selon les références du découpage administratif de ces communes, elle aurait une superficie de 4 035 Km2 parmi les 86 105 Km2 de la wilaya. Elle est limitée au nord par la daïra de Berriane, au nord-ouest par le grand Erg Occidental, au sud-ouest par la daïra de Metlili et à l'est par Zelfana (Figure 1).
Cette vallée exceptionnelle (photo 1) est mise en valeur par les Mozabites au 11ème siècle. Cinq ksour communément appelés « pentapole » ont été créés sur le tracé de l'oued M'Zab et sont proches les uns des autres : Ghardaïa, Mélika, Ben-Isguen, Bounoura, et El-Atteuf. Etalée sur environ 20 km de long et 2.5 km de largeur moyenne, elle fut classée dans le patrimoine national en 1971 et mondial en 1982. Ce label ne l'épargne pas des problèmes environnementaux qui pèsent aussi bien sur la ville qui s'étale et consomme de l'espace, que sur les parcelles agricoles, irriguées par l'eau fossile et qui risquent d'être polluées par les intrants chimiques.

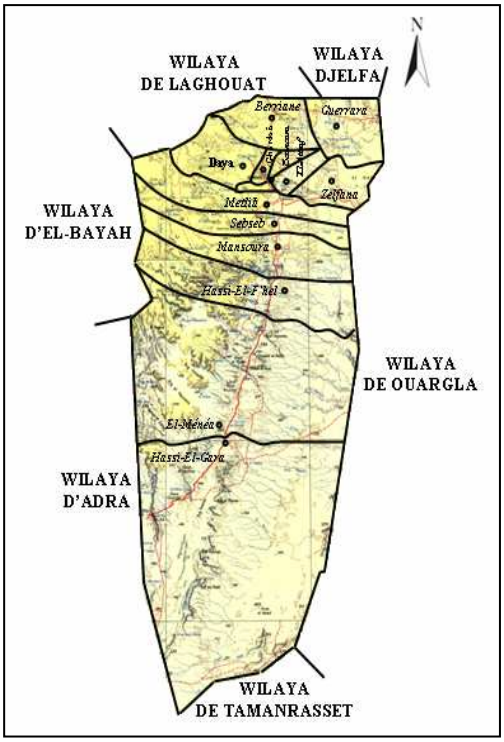

Photo 1 Palmeraie de la vallée du M'zab (Djellouli, 2009)

Figure 1 Situation géographique de la vallée du M'zab

<u>Caractéristiques principales de la vallée du M'zab</u>

Du point de vue géologique, la vallée est située aux bordures occidentales du bassin sédimentaire secondaire du Sahara, sur un grand plateau subhorizontal de massifs calcaires d'âge Turonien appelé couramment "la dorsale du M'Zab". L'épaisseur de ses massifs calcaires recoupés par les sondages est de l'ordre de 110 mètres. Sous les calcaires du Turonien on recoupe une couche imperméable de 220 mètres formée d'argile verte et de marne, riche en gypse et en anhydrite; celle ci est attribuée au Cénomanien. L'étage de l'Albien est représenté par une masse importante de sables fins, à grès et d'argiles vertes. Elle abrite des ressources hydrauliques considérables avec une épaisseur est de l'ordre de 300 mètres. Les alluvions quaternaires formées de sables, galets et argiles tapissent le fond des vallées des oueds de la dorsale, d'une épaisseur de 20 à 35 mètres. Ces alluvions abritent, selon l'ANRH (2007) des nappes superficielles d'Inféro-flux (nappes phréatiques).

Du point de vue climatique, la région est soumise à un étage bioclimatique saharien. On enregistre des valeurs d'évaporations annuelles de l'ordre de 2500 mm pour une pluviométrie moyenne annuelle de 60 mm en moyenne. Ces dernières années, la région est touchée par les excès climatiques, notamment les inondations dont celles meurtrières d'octobre 2008.

L'eau est un enjeu important dans la vallée du M'zab. La Wilaya de Ghardaïa satisfait ses besoins en eau potable et pour l'irrigation à partir de la nappe du Continental Intercalaire ; le complexe terminal est également exploité dans la zone de Guerrara. Des moyens importants sont déployés pour mobiliser des capacités de plus en plus accrues et répondre à la demande en eau. Ainsi, on est passé de 288 forages en 1999 à 379 forages en 2008, soit plus de 10 forages par an. Le volume global mobilisé de l'albien est de 360 millions

de M^3/an. Par ailleurs, 5716 puits agraires, puisant dans les nappes phréatiques, sont recensés et totalisent un volume de 48 millions de M3/an, soit 11.76 % de la consommation.

Le tableau 1 montre que seulement 16 % de la superficie de la wilaya de Ghardaïa est arable et que seulement 0.3 % du sol est cultivable. L'irrigable est indispensable dans une région aussi aride et c'est en majeure partie depuis la nappe du Continental Intercalaire de l'albien, qu'est puisée cette eau, denrée rare et fossile.

Notons que la situation démographique et l'occupation du sol ont été récupérées du D.P.A.T au 31/12/2008.

Tableau 1 : Répartition générale des terres - campagne 2007/2008 (Unité : ha).

Commune	*Surface Agricole Utile*	*Pacages et parcours*	*Terres Improductives des exploitations*	*Surface Agricole Totale*	*Terres improductives non affectées à l'agriculture*	*Total*
Ghardaïa	*1 128*	*13 616*	*11*	*14 755*	*15 245*	*30 000*
Daya	*1 386*	*109 193*	*10*	*110 589*	*106 911*	*217 500*
El-Atteuf	*1 164*	*14 332*	*8*	*15 504*	*59 496*	*75 000*
Bounoura	*906*	*37 714*	*7*	*38 627*	*42 373*	*81 000*
S/T Vallée	*4 584*	*174 855*	*36*	*179 475*	*224 025*	*403 500*
Total Wilaya	***26 519***	***1 344 220***	***172***	***1 370 911***	***7 285 089***	***8 656 000***

Le tableau 2 indique que 42% de la population de la wilaya de Ghardaïa occupe 2.14 % de sa superficie, à l'intérieur de la vallée du M'Zab, avec un taux de croissance non négligeable.

Tableau 2 : Paramètres démographiques et densité de peuplement par commune

Commune	*Population*	*Taux brut (en ‰) Natalité*	*Taux brut (en ‰) Mortalité*	*Taux de mortalité Infantile (en ‰)*	*Taux de croissance naturel (en %)*	*Superficie (Km^2)*	*Densité ($Hab/km^{2)}$*
Ghardaïa	*109 180*	*37,88*	*2,16*	*5,78*	*3,57*	*300,00*	*363,93*
Daya	*12 392*	*10*	*2,42*	*33,33*	*0,76*	*2 175,00*	*5,7*
El-Atteuf	*16 050*	*16,65*	*1,68*	*0*	*1,5*	*750,00*	*21,4*
Bounoura	*35 972*	*19,54*	*14,31*	*187,5*	*0,52*	*810,00*	*44,41*
S/T Vallée	*173 594*					*4 035,00*	*43,02*
Total Wilaya	***383.408***	***28,96***	***4***	***25,31***	***2,5***	***86 560,00***	***4,48***

Ces dernières années la vallée du M'zab a connu une croissance importante, avec la décentralisation et l'installation d'entreprises dans la région et les emplois créés dans les domaines de l'industrie, l'agriculture, le BTP, le tertiaire, … (tableau 3)

Tableau 3 : Répartition des occupés selon la commune et la branche d'activité

Communes	*Occupés*	*Dont*				
		Agriculture	*Administration (Fonction publique)*	*BTP*	*Industrie*	*Autres secteurs*
Ghardaïa	*25 286*	*928*	*4 972*	*2 879*	*947*	*15 560*
Daya	*2 967*	*895*	*359*	*332*	*39*	*1 342*
El-Atteuf	*4 689*	*561*	*444*	*488*	*78*	*3 118*
Bounoura	*9 545*	*746*	*1 886*	*1 040*	*4 321*	*1 552*
S/T Vallée	42 487	3 130	7 661	4 739	5 385	21 572
Total Wilaya	***82 923***	***15 930***	***14 442***	***9 120***	***7 992***	***35 439***

Le bassin versant de l'oued M'zab couvre une surface de 1300 km^2, (figure 2) trois barrages contrôlent les crues de tout le bassin qui a connu des inondations ces dernières décennies de plus en plus fréquentes: en 1991, en 2004, en 2008.

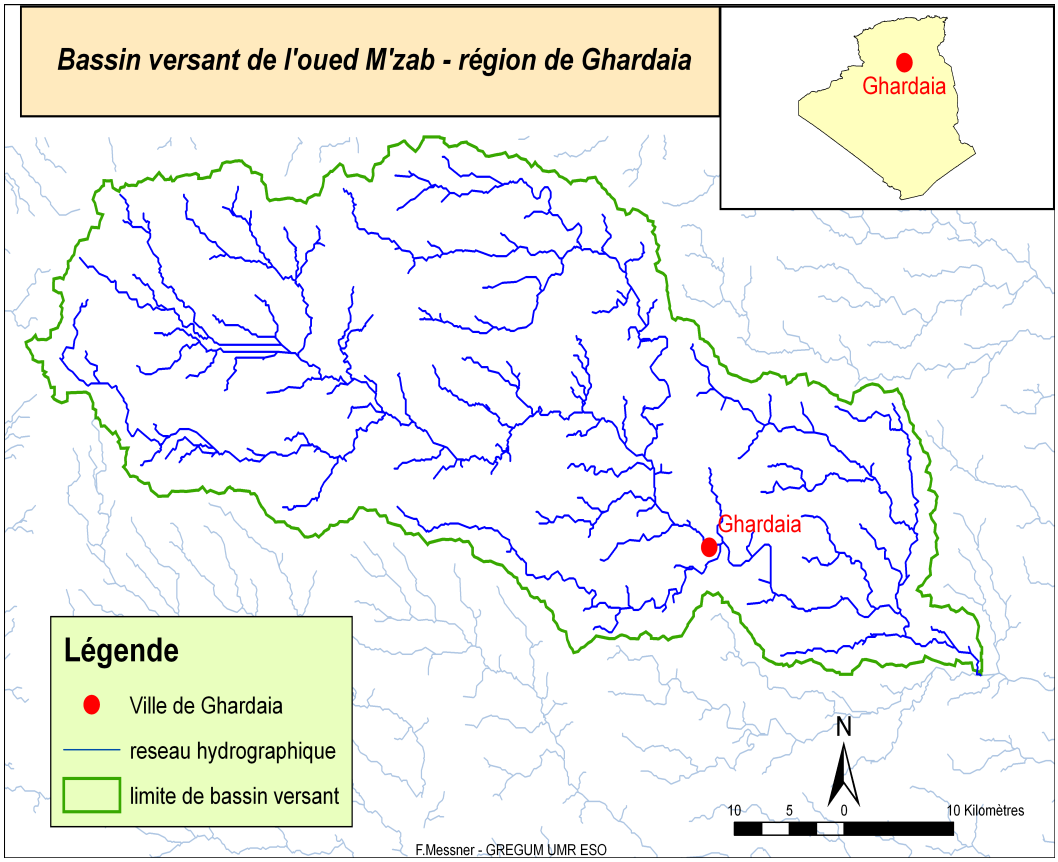

Figure 2 a – Bassin versant de l'oued M'zab et ses affluents (Djellouli et Sioussiou, 2009)

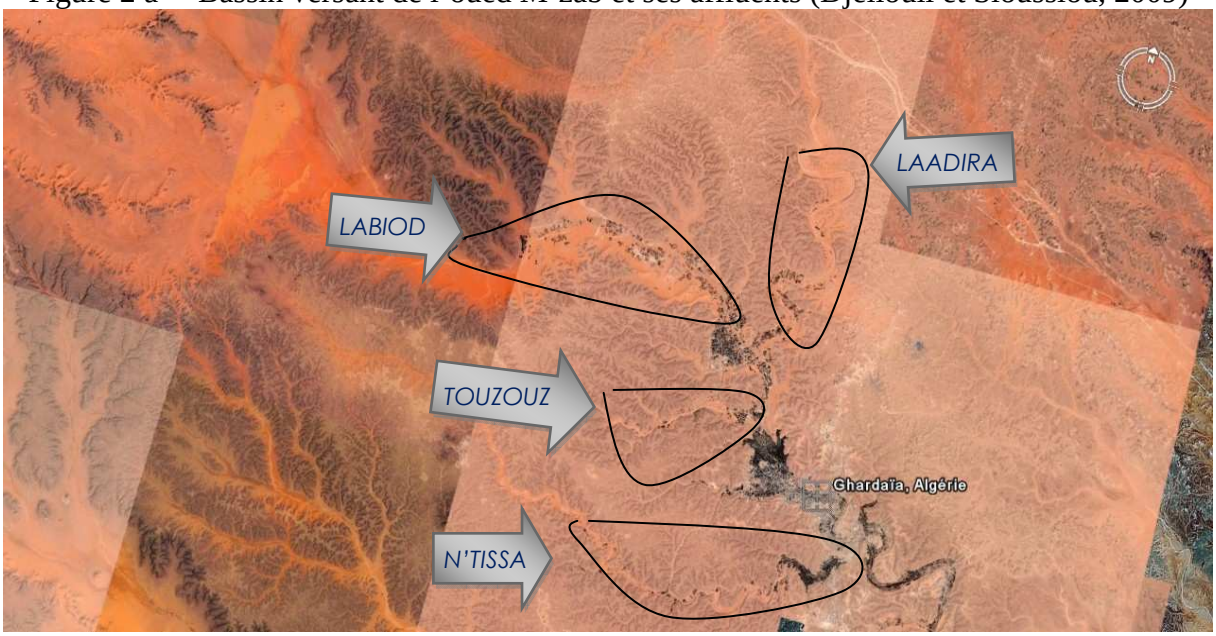

Figure 2 B - Positions géographiques des principaux affluents de l'Oued M'Zab.

A l'origine, la sédentarisation dans la vallée du M'Zab était fondée sur le concept oasien : Association symbiotique dans un même lieu de trois éléments fondamentaux qui sont **l'eau, la palmeraie et le ksar.** Ces trois éléments sont contigus, l'un protégeant l'autre et l'un profitant des effets positifs de l'autre ; une sorte de « bulle environnementale » qui a permis à l'homme de vivre et de s'adapter aux conditions environnementales de l'hostilité saharienne. Dans ses travaux sur l'utilisation de l'eau dans les écosystèmes oasiens Spiga (2008) propose quelques pistes pour intervenir sur le patrimoine hydraulique de la vallée du M'Zab dans le cadre du plan de sauvegarde.

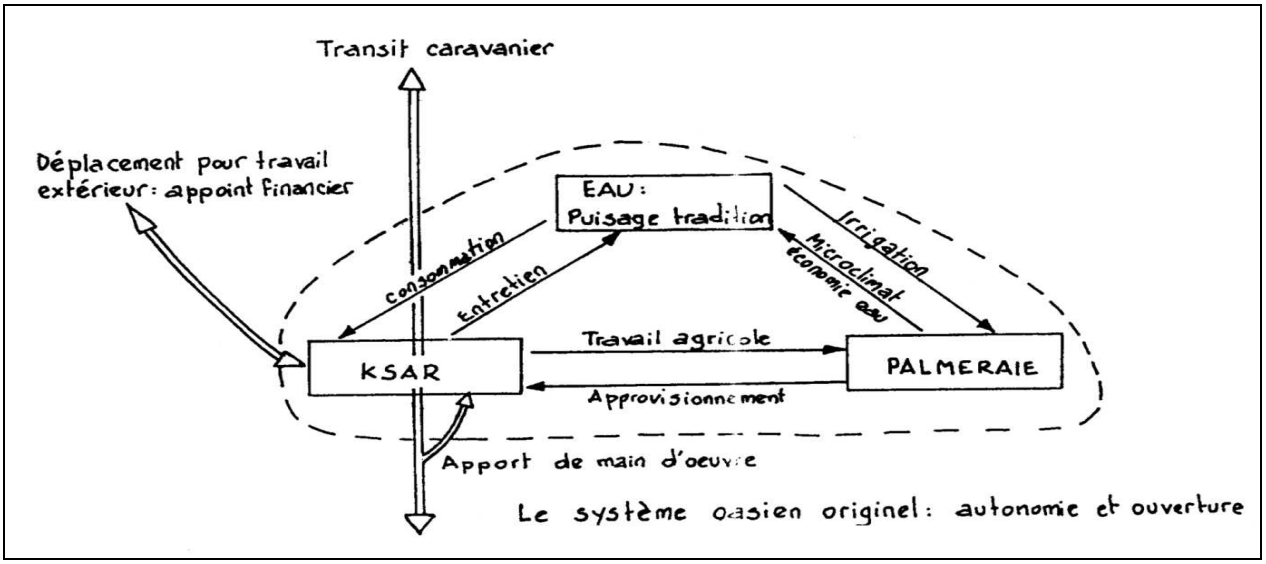

Figure 3 - Schéma théorique du système oasien originel (*in* Spiga, 2008)

.

La vallée du M'zab, ses potentialités et son savoir-faire

Les données présentées (tableau 1) montrent que l'immense étendue de la wilaya ne peut être cultivée que dans des proportions très restreintes. L'espace pour pouvoir s'installer et développer une agriculture est très limité, contrairement aux autres régions sahariennes telles les Zibans ou le Touat par exemple. La région du M'Zab est particulièrement pauvre en sol agricole, c'est une chebka rocheuse, avec seulement le réseau hydrographique qui présente des alluvions, plutôt grossiers, de type calcaire et très filtrants, donc nécessitant une amélioration en ph et en texture que seul le système d'***épandage de crues*** peut assurer l'amélioration de façon économiquement favorable, garantissant une agriculture biologique. Aussi, le rapport des précipitations moyennes annuelles de 60 mm/an aux valeurs d'évaporations annuelles de plus de 2000 mm/an, mettent en évidence l'austérité de la région par rapport au stress hydrique. On sait qu'en l'absence de la nappe fossile de l'albien, seule les nappes superficielles, alluvionnaires et du Turonien, alimentées artificiellement par un ingénieux système hydraulique, permettaient, permettent et permettront l'implantation humaine et agricole dans ces lieux.

Ce système consiste à récupérer, en amont de la palmeraie, les eaux des crues dans des canaux, qui vont par la suite les acheminer vers un ouvrage de partage des eaux, pour l'épandage dans les jardins et le remplissage de la nappe phréatique. L'ensemble des ksour de la pentapole a sensiblement le même système hydraulique, qui sera décrit succinctement.

Ce système est subdivisé en deux parties essentielles où l'une collecte et canalise les eaux ruisselées vers l'ouvrage de partage, et l'autre distribue équitablement, dans les jardins de la palmeraie les eaux collectées. Ceci assurera la submersion des jardins, le lessivage des sels accumulés pendant une ou plusieurs saisons d'irrigation, l'apport de limons, des sables fins et de la matière organique naturelle. Outre cela, il important de citer deux éléments fondamentaux dans cet aménagement ancestral qui a eu le mérite du classement dans le patrimoine de l'Humanité en 1982, qui sont :

Une série de « diguettes » installées le long de l'oued, dans la partie traversant la palmeraie et qui constituent des seuils d'épandage pour les crues sur les rives de l'oued, engendrant donc tous les effets de valorisation et d'amortissement en cas de fortes crues. Les *oumanas essail (*)*, association bénévole qui assure le contrôle du fonctionnement du système de partage traditionnel ainsi que son entretien, comptaient quinze diguettes, pour le cas de la palmeraie de Ghardaïa, dont il ne reste trace que de trois ouvrages où seulement deux sont encore fonctionnels.

- Une série de puits capteurs d'eau qui atteignent le Turonien et qui ont la faculté d'absorber toute la quantité d'eau qui leur est déversée. Ces puits sont alimentés soit par le réseau de canaux de l'ouvrage de partage, soit par l'effet des seuils d'épandage que constituent les diguettes. Les résultats de terrain montrent que le puits capteur qui est bien entretenu peut évacuer un débit d'eau de 0.5 à 1 M^3/s. Les enquêtes auprès des *oumanas essail*, indiquent que la palmeraie de Ghardaïa comptait plus de 120 puits capteurs.

En effet, la faculté de cet aménagement hydraulique ingénieux à valoriser tous les ruissellements dès leurs tailles, les plus faibles jusqu'aux crues dévastatrices, sont importants à noter. La moindre goutte d'eau ruisselée dans les sous bassins versants amont est récupérée dans des canaux et déviée vers l'ouvrage de partage pour la submersion des jardins. En cas de crues importantes, l'excédent d'eau, par rapport à l'ouvrage de partage rejoint le cours de l'oued pour s'amortir dans les différents seuils d'épandage qui, à leurs tour alimentent la nappe alluvionnaire par infiltration et la nappe du Turonien à travers les puits capteurs, ce qui assure l'évacuation de l'eau du lessivage des jardins vers l'aval et le stockage de l'eau propre (Pavard, 1974).

Trois éléments sont donc essentiels pour cela :
- Un bassin versant amont qu'il faut maintenir propre et indemne de toute source de pollution et d'une superficie suffisante pour transformer ce minimum de précipitations en débits et volumes satisfaisant les besoins en eau de la région.
- Un système de collecte, de distribution et d'alimentation artificielle de l'aquifère de surface, donc du fameux système hydraulique ancestral dont il faut préserver la fonctionnalité.
- Un réservoir souterrain de stockage, constituant la source d'eau permanente, qu'il faut protéger contre toute pollution et dont il faut garantir un lessivage régulier par épandage de crue. Notons que toute activité agricole est subordonnée d'irrigation, donc de salinisation du sol, avec toutes les infrastructures de puisage y afférents, qu'il faut maintenir en bon état de fonctionnement.

La vallée du M'zab entre pression socio économique et perturbations environnementales

Face à un accroissement permanent de la population locale et de la population venue des autres régions du pays (tableau 2), surtout dans le cadre de la fonction publique et du BTP (tableau 3), la demande en logements ne fait qu'augmenter. Il fallait donc créer de nouveaux sites urbains. Autrefois, cela ne pouvait se faire que sur les butes calcaires que compte la chebka du M'Zab, afin de préserver le minimum de sol arable dans la vallée et maintenir l'équilibre oasien très fragile. Malheureusement la quasi-totalité de l'extension urbaine s'était faite au détriment de terrains agricoles limitrophes des nappes superficielles les plus alimentées dans toute la région, face à une demande grandissante et à une gouvernance faible sur ces questions stratégique d'aménagement du territoire. L'étalement urbain et la consommation de l'espace utile représente un véritable problème social, environnemental et économique Une bonne partie de ces terrains constituait des espaces d'épandage de crue, donc à fortiori, partie intégrante du système hydraulique. Plus de 1000 ha de terre arable à l'intérieur de la vallée a été urbanisée. De l'oasis de Ghardaïa qui constituait « la perle du désert », il ne reste pas plus du dixième qui n'est pas construit. Des travaux de desserte en gaz naturel pour l'ensemble de la palmeraie sont presque achevés. Certains pensaient que les mises en valeurs agricoles le long des affluents de la vallée pouvaient se substituer à ces terres précieuses. Les travaux sur la caractérisation et la vulnérabilité de l'aquifère alluvionnaire de la vallée du M'Zab de Mellak (2009) ont montré l'inefficacité de cette thèse, car au vu de la nature climatique et pédologique de la région et en l'absence d'un aménagement hydro agricole selon le concept traditionnel, ces nouvelles exploitations agricoles ne pouvaient être économiquement efficientes sans recours à la nappe de l'albien (qui entraîne à la salinisation) et à l'utilisation des fertilisants chimiques, sachant que ces éléments sont, en grande partie, drainés naturellement vers la vallée. Une campagne d'analyses physico-chimiques établie le long des quatre affluents les plus importants de la vallée ont confirmé nos hypothèses. Outre cela, une autre thèse stipule que l'on peut reprendre le même concept de ce système hydraulique pour cette mise en valeur agricole de périphérie. Globalement, cela ne manque pas d'intérêt. Toutefois, il ne faut surtout pas espérer pouvoir reproduire la palmeraie de Ghardaïa sur un autre site de la région. En effet, il importe de souligner le choix **optimisé** du lieu d'implantation de son système hydraulique, profitant des crues lointaines et importantes (des oueds Labiod, Laadhira, …) ou d'averses locales (Inirez, Bouchène, Touzouz,…) ; sur un total de 47 crues inventoriées depuis 1921 jusqu'à 1995, 43 sont passées par le système de partage de Ghardaïa, soit un ratio de 91.49 %. C'est l'oasis de la région, la plus alimentée en eau superficielle, que ce soit en fréquence ou en quantité, ce qui est remarquable.
A cette valeur, il faut associer la nature géologique et hydrogéologique que présente ce site naturel précis, et qui ont donné naissance à ces puits de captage et à ces puits intarissables qui

alimentent en eau douce de boisson l'ensemble de la vallée. Cette situation exceptionnelle n'est pas garantie ailleurs, et même si par chance on pourrait l'atteindre (c à d retrouver une zone géologiquement favorable), cela demandera un investissement « miraculeux » pour un résultat limité par les possibilités hydrologiques.
Mais, pourrait-on sacrifier un système classé au patrimoine universel et un site protégé pour l'avantage d'une extension urbaine non réfléchie ? .

Concilier aménagement et préservation du patrimoine ?

Nos enquêtes montrent que l'urbanisation de ces espaces d'épandage de crue et la démolition d'une grande partie du système hydraulique ancestral sont les causes principales des inondations de la ville dès qu'arrive une simple crue décennale (Djellouli et Sioussiou 2009). Afin d'y remédier, des sommes très importantes ont été déployées pour des aménagements hydrauliques modernes à l'amont et à l'intérieur de la vallée : deux barrages en terre dépassant les 30 millions de m^3 de retenues sont installés sur les affluents les plus importants de l'Oued M'Zab (Labiod et Laadhira), ne laissant passer à travers leur pertuis de fond que des débits insignifiants (il faut attendre que les deux barrages soient entièrement remplis pour avoir droit à un débit d'environ $40m^3/s$). Ceci rend le fonctionnement du système de partage tributaire des averses locales ce qui entraîne une limitation considérables en fréquence et en quantité d'eau. Cependant, de par le relief et la nature géologique de la chebka du M'Zab, les quantités d'eau recueillies dans les « volumes morts » de ces barrages ne peuvent que rejoindre par écoulement souterrain l'intérieur de la vallée, drainant dans leur passage les eaux résiduaires des agglomérations urbaines (> 12 000 hab.) et surtout des exploitations agricoles, qui ne peuvent être efficientes, dans leur conception actuelle, que par une forte consommation en eau et en fertilisants chimiques et qui ne subissent qu'un drainage naturel dans la nappe alluvionnaire : A cette fin, une caractérisation précise hydrogéologique s'impose.

Par ailleurs, une « originalité » au niveau de la région est que l'ensemble de l'assainissement urbain de la ville passe par un collecteur principal qui est enterré pour une bonne partie le long du lit mineur de l'Oued M'Zab. Ce dernier sera dallé en béton armé pour faire d'un cours d'eau naturel un canal artificiel, éliminant le minimum de superficie d'infiltration que la nature avait imposé, car non habitable. Outre cela, sur le parcours de la vallée du M'Zab, le lit de l'Oued a cumulé des remblaiements sauvages depuis des années et couvre des ouvrages hydrauliques relevant du patrimoine historique qui requièrent fouilles et réhabilitation. Ils seront aussi d'un apport considérable dans la protection de la vallée contre les inondations. Malheureusement, ce trésor est destiné à être enterré sous le béton.
Enfin, il apparait que les travaux d'aménagements entrepris sont fondés sur la considération que la vallée du M'Zab est un simple site urbain qu'il faut protéger des inondations. La prise en considération de la particularité de cet espace remarquable, de la sauvegarde d'un patrimoine mondial ne semble pas prise en compte.

Il est à noter que c'est tout un système oasien qui a fonctionné durant des siècles qui est actuellement perturbé par les actions anthropiques non concertées, ayant pour but de répondre rapidement et non durablement à une demande sociale et économique, certes, mais sans prise en compte du maintien de l'équilibre de l'écosystème naturel oasien dont la vie durable, dans cette région du monde, dépend impérativement. Pour une société avertie, comme celle de la vallée du M'zab, il est beaucoup moins grave d'affronter les inondations que d'affronter la sécheresse et le processus de désertification.
Avec les changements climatiques, les risques d'inondation et de pollutions augmentent considérablement, d'où la nécessité d'aménagements mieux adaptés dans cette zone

hyperaride. La gestion du bassin versant de l'oued M'zab devrait être une gestion intégrée et nécessite un aménagement d'amont en aval,
- à la fois en zone urbaine pour protéger les populations,
- dans les palmeraies où la réhabilitation des puits pour récupérer l'eau douce renouvelable et donc durable est indispensable,
- et de ne pas compter uniquement sur les eaux fossiles non renouvelables
Ces aménagements nécessitent la prise en compte d'études d'impacts préalables prenant en compte l'augmentation de la population, l'étalement urbain qui est presque incontrôlable aujourd'hui, les scénari de changement climatique proposés par le GIEC (2007), pour assurer un développement durable et/ou soutenable.

Système hydraulique ancien, ingénieux et efficace

Bibliographie :

Amirat M., Ben Dara I., 1997. Etude sur l'eau de la vallée de M'Zab. Mémoire d'ingénieur, Ouargla, Centre Universitaire de Ouargla, 79p.
ANRH, 2007 – Note relative sur les ressources en eau de la wilaya de Ghardaïa.
ANRH, 2003 – Note relative à l'étude de la nappe phréatique de la vallée du M'zab.
Ballalou Zoheir 2008 - Revitalisation urbaine pour la sauvegarde du patrimoine. Cas de la Vallée du M'Zab. Communication Colloque international sur la Réhabilitation et revitalisation urbaine, Oran, du 19 au 21 octobre 2008
BNEDER, 1988. Etude des ressources du milieu pour la mise en valeur dans la Wilaya de Ghardaïa : Analyse de la situation actuelle, Alger, BNEDER, 164p.
Djellouli et Sioussiou, 2009 - Le bassin versant du M'zab, région méditerranéenne hyperaride (Algérie) : ressources en eau, risques et gestion. Communication à la Conférence du Réseau International des Bassins versants, RIOB, Beyrouth, octobre 2009.
Djoudi Hakima & Rafa Amina 2009 - Fonctionnement du système hydraulique de partage de la palmeraie Est de Ghardaïa. Mémoires de fin d'études d'ingénieurs, ENP Alger.
Dubost D., 2002. Ecologie, Aménagement et Développement des Oasis algériennes. Biskra, CRSTRA, 423p.

Hassani Thanina 2009 - Contribution à la caractérisation des eaux de puits de la palmeraie EST de la commune de Ghardaïa. Mémoires de fin d'études d'ingénieurs, ENP Alger.
Mellak Dris 2009 - Etude de la vulnérabilité de l'aquifère alluvionnaire de la vallée du M'Zab. Mémoires de fin d'études d'ingénieurs, ENP Alger.
Nouh-Mefnoune B., 2006. Contribution à la stratigraphie de la barre carbonatée Cénomano-Turonienne de la plate-forme saharienne: étude des affleurements de Ghardaïa (dorsale du M'Zab). Mémoire d'ingénieur, Bab Ezzouar, USTHB, 136 p.
Rezzag K., Ben Yahkoum R., 2005. Influence des eaux usées sur la nappe phréatique (cas de la vallée d'Oued M'Zab). Mémoire d'ingénieur, Ouargla, Université de Ouargla, 61p.
Saoucha Lamia 2009 : Etude de faisabilité d'une digue sur Oued Laadhira, W. Ghardaïa. Mémoires de fin d'études d'ingénieurs, ENP Alger.
Spiga Yassine : L'utilisation de l'eau dans les écosystèmes oasiens : quelques pistes pour intervenir sur le patrimoine hydraulique de la vallée du M'Zab dans le cadre du plan de sauvegarde ; *atelier régional la route des ksour, Ghardaïa le 11, 12 &13 Juin 2008*
Les oasis du M'Zab sont les seules oasis artificielles du Sahara (Claude Pavard: Lumières du M'Zab).

* Décret exécutif N° 209/05 du 04/06/2005, portant la création et délimitation du secteur sauvegardé de la vallée du M'Zab