



## LA PROBLEMATIQUE DE L'EAU EN ALGERIE DU NORD

**REMINI B.**

Département des Sciences de l'eau et de l'environnement,  
Faculté des sciences de l'ingénieur, université Saad Dahlab - Blida,  
Membre du laboratoire de recherche LARHYSS –Université de Biskra.  
Tel/Fax : 025 43 39 40, Email : reminib@yahoo.fr

### RESUME

L'eau est menacée dans sa qualité et dans sa quantité. Malgré la construction de nouveaux barrages et le recours au dessalement, l'Algérie enregistrera un déficit en eau de 1 milliard de m<sup>3</sup> d'ici l'an 2025. La seule région qui semble échapper au déficit à cet horizon, est la région hydrographique du Constantinois – Seybouse - Mellègue, sachant qu'elle était déficitaire à l'horizon 2000 et a pu résorber ce déficit grâce au volume régularisable élevé assuré par les barrages en construction. A titre d'exemple, le barrage de Beni Haroun permet de régulariser un volume de 432 millions de m<sup>3</sup>. Les régions de l'Algérois-Soummam- Hodna et l'Oranie-Chott - Chergui sont déficientes, ce qui a engendré une diminution des eaux destinées à l'irrigation dans le but de privilégier l'alimentation en eau potable (A.E.P) dans ces régions. Ce déficit sera beaucoup plus accentué au niveau des régions de Cheliff-Zahras et de l'Algérois-Soummam-Hodna à l'horizon 2025. La confrontation entre ressources - besoins est un indicatif révélateur et très significatif qui nous oriente quant à l'avenir de la politique de l'eau que nous menons afin d'atténuer l'effet du déficit. Il est clair que l'Algérie du nord enregistre d'un côté, un manque énorme en ressources au moment même où les besoins augmentent et d'un autre côté, le volume d'eau mobilisable est en diminution. Ceci est dû aux différents problèmes naturels ou humains qui touchent les sites susceptibles de capter les eaux. Nous examinons dans cette étude les principaux problèmes techniques qui affectent la quantité et la qualité des ressources en eau. Il s'agit de l'envasement des barrages, l'évaporation des lacs de barrages, les fuites à travers les rives et les fondations des barrages, l'eutrophisation des eaux de barrages et l'intrusion des eaux marines dans les aquifères côtiers. Partant de ce constat, nous proposons une série de suggestions dans le but de sauvegarder nos ressources mobilisées, tout en tentant de les augmenter au

maximum, dans la mesure du possible, ce qui aura pour effet la baisse du déficit et le relèvement du taux de satisfaction. En ce sens, notre but est l'amélioration de la situation actuelle et future afin d'arriver au stade d'équilibre.

**Mots clés :** Algérie- Eau- Barrages - Stratégie.

#### **ABSTRACT**

Water is threatened in its quality and its quantity. In spite of the construction of new dams and the recourse to desalination, Algeria will record a water deficit of 1 billion m<sup>3</sup> from here the year 2025. The only area which seems to escape the deficit at this horizon is the hydrographic area of Constantinois - Seybouse - Mellègue, knowing that it was overdrawn by 2000 and could reabsorb this deficit thanks to the high régularisable volume ensured by the dams in construction. As example, Beni Haroun dam which makes it possible to regularize a volume of 432 million m<sup>3</sup>. Areas of the Algérois-Soummam-Hodna and Oranie-Chott Chergui are overdrawn, which generated a reduction in the water intended for the irrigation with an aim of privileging the drinking water supply (A.E.P) in these areas. This deficit will be accentuated much more on the level of the areas of Chliff-Zahras and the Algérois-Soummam-Hodna by 2025. Confrontation between resources - needs is a revealing and very significant code which directs us as for the future of the policy of water that we carry out in order to attenuate the effect of the deficit. It is clear that Algeria of north records of with dimensions, an enormous lack in resources at the time even or the needs increase and of another with dimensions, the volume of mobilizable water is in reduction. This is due to the various natural or human problems which touch the sites likely to collect water. We examine in this study the principal technical problems which affect the quantity and the quality of the water resources. It is about: the silting of the dams, the evaporation of the storage reservoirs, leakages through banks and foundations of the dams, the eutrophication of water of dams and the intrusion of marine water in the aquifers coastal. On the basis of this report, we propose a series of suggestions with an aim of safeguarding our mobilized resources, while trying to increase them to the maximum, as far as possible, which will cause the fall of the deficit and the raising of the rate of satisfaction, in the sense, our goal is the improvement of the current and future situation in order to arrive at the stage of balance.

**Key words:** Algeria - Water - Dams - Strategy.

## **INTRODUCTION**

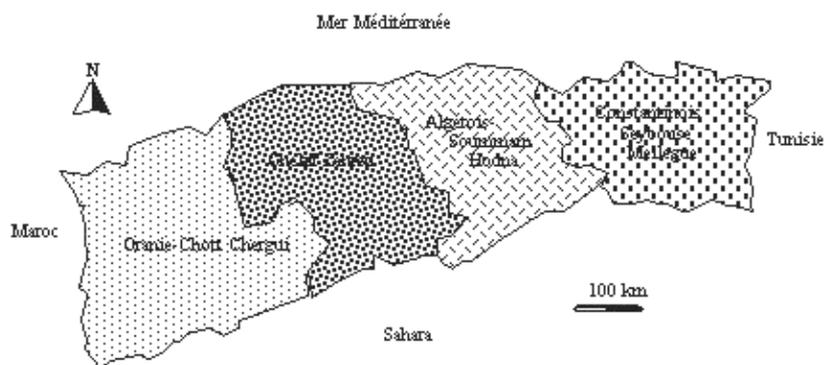
En Algérie, la qualité des eaux superficielles se dégrade dans des bassins d'importance vitale sous l'effet des rejets de déchets urbains et industriels, les barrages réservoirs s'ensavent et perdent de la capacité utile et le rejet de la vase dans les cours d'eau pose d'énormes problèmes écologiques et environnementales. Les eaux souterraines sont polluées à partir de la surface et sont irréversiblement endommagées par l'intrusion d'eau saline, la surexploitation des couches aquifères entame la capacité de celle-ci à retenir l'eau, ce qui provoque l'enfoncement des couches sous-jacentes. Nombre de villes se révèlent incapables de fournir en quantité suffisante de l'eau potable et des équipements d'hygiène.

L'engorgement et la salinification des terres déterminent une baisse de la productivité des périmètres irrigués. Dans un tel contexte, il devient prioritaire d'établir une stratégie pour localiser, quantifier et protéger les ressources en eau de façon à pouvoir les exploiter d'une manière rationnelle et en bonne qualité.

## **DISPONIBILITES DE L'EAU EN ALGERIE DU NORD**

En Algérie, l'eau est une ressource de plus en plus précieuse. La concurrence que se livrent l'agriculture, l'industrie et l'A.E.P pour avoir accès à des disponibilités limitées en eau grève d'ores et déjà les efforts de développement de nombreux pays. La pluviométrie moyenne annuelle en Algérie du nord est évaluée entre 95 et 100  $10^9$  m<sup>3</sup>. Plus de 80  $10^9$  m<sup>3</sup> s'évaporent, 3  $10^9$  m<sup>3</sup> s'infiltrent et 12.5  $10^9$  s'écoulent dans les cours d'eau. Dans l'Algérie du nord, l'apport principal vient du ruissellement. Les eaux de surface sont stockées dans les barrages. En 2002, l'Algérie dispose de 52 grands barrages d'une capacité de 5,2 milliards de m<sup>3</sup>. Le reste (7.3  $10^9$  m<sup>3</sup>) se déversent directement dans la mer. Le problème de l'eau est aggravé ces dernières années par une sécheresse qui a touché l'ensemble du territoire de notre pays, et qui a montré combien il était nécessaire d'accorder la plus grande attention à l'eau. Le découpage de l'Algérie du Nord en quatre régions repose sur les critères suivants :

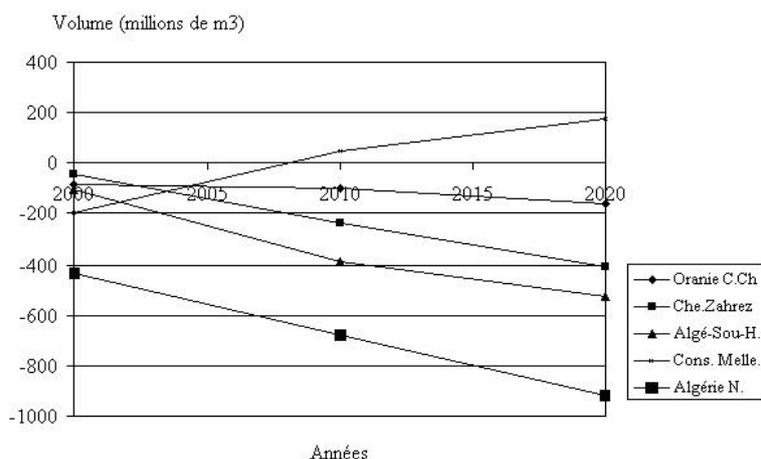
- Les caractéristiques géographiques et naturelles des régions
- Le groupement des bassins versants et sous bassins hydrographiques, entre lesquels existent des nécessités de transfert (figure 1).



**Figure 1 :** Découpage de l'Algérie du nord en quatre régions

- 1- Oranie - Chott Chergui
- 2 - Chellif - Zahrez
- 3 - Algérois - Soummam - Hodna
- 4 - Constantinois - Seybouse - Mellegue

Les confrontations sont établies en comparant les ressources en eau existantes avec les besoins en eau de façon à ce que les mesures à prendre pour satisfaire les demandes en eau puissent être évaluées. Les calculs de la confrontation présentent comme intérêt, l'évaluation de la situation de gestion des ressources en eau et de suivre le développement pour optimiser les choix de systèmes d'économie hydraulique et de déterminer la politique de l'eau. Nous avons dressé les confrontations globales et régionales de l'Algérie du Nord pour les deux horizons choisis sur la figure 2.



**Figure 2 :** Confrontation ressources-besoins pour différents horizons

Nous remarquons que la confrontation globale à l'horizon 2020 a permis de quantifier un déficit d'environ 0,9 milliards de m<sup>3</sup> dans l'Algérie du Nord. La seule région qui semble échapper au déficit à cet horizon, est la région hydrographique du Constantinois – Seybouse - Mellègue, sachant qu'elle était déficitaire à l'horizon 2000 et a pu résorber ce déficit grâce au volume régularisable élevé assuré par les barrages en construction. A titre d'exemple, le barrage de Beni Haroun qui permet de régulariser un volume de 432 millions de m<sup>3</sup>. Nous constatons qu'actuellement, les régions de l'Algérois-Soummam-Hodna et l'Oranie-Chott - Chergui sont déficitaires, ce qui a engendré une diminution des eaux destinées à l'irrigation dans le but de privilégier l'alimentation en eau potable (A.E.P) dans ces régions. Ce déficit sera beaucoup plus accentué au niveau des régions de Chliff-Zahras et de l'Algérois-Soummam-Hodna à l'horizon 2020. La confrontation entre ressources - besoins est un indicatif révélateur et très significatif qui nous oriente quant à l'avenir de la politique de l'eau que nous menons afin d'atténuer l'effet du déficit. Il est clair que l'Algérie du nord enregistre d'un côté, un manque énorme en ressources au moment même où les besoins augmentent et d'un autre côté, le volume d'eau mobilisable est en diminution. Ceci est dû aux différents problèmes naturels ou humains qui touchent les sites susceptibles de capter les eaux.

## **LES PRINCIPAUX PROBLEMES HYDRAULIQUES EN ALGERIE**

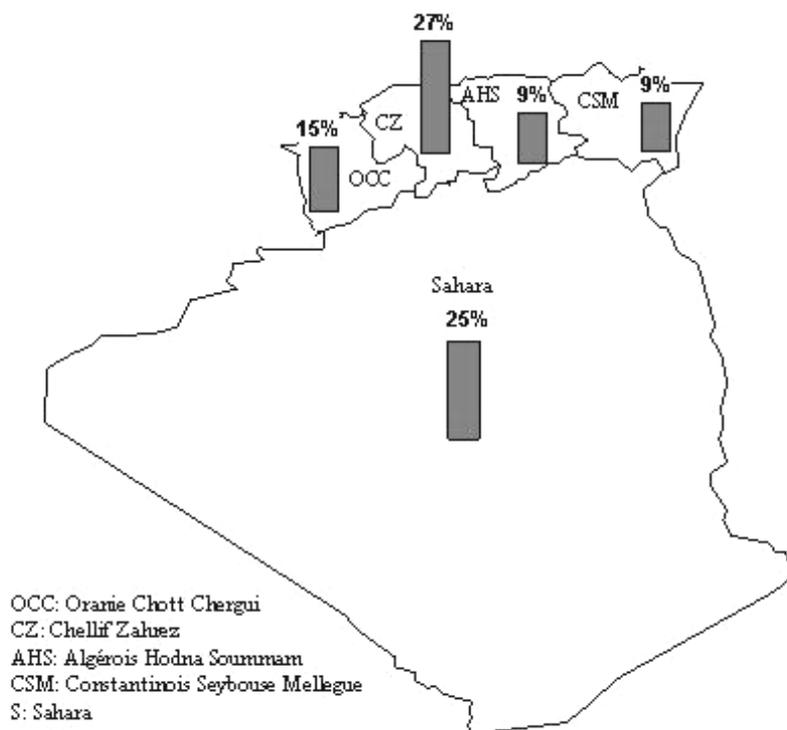
La rareté grandissante des ressources en eau qui résulte de la diminution des quantités disponibles par habitant, la dégradation de la quantité et les objectifs de développement économique et social imposent donc l'élaboration et la définition d'une stratégie de gestion de l'eau à moyen et à long terme. Le problème de l'eau est aggravé ces dernières années de sécheresse qui ont touché l'ensemble du territoire, ont montré combien il était nécessaire d'accorder la plus grande attention à l'eau. Cette ressource vitale est menacée dans sa qualité et dans sa quantité. Malgré la construction de nouveaux barrages et le recours au dessalement, l'Algérie enregistrera un déficit en eau de 1 milliard de m<sup>3</sup> d'ici l'an 2025.

Nous examinons dans cette étude les principaux problèmes techniques qui affectent la quantité et la qualité des ressources en eau. Il s'agit des problèmes suivants :

### ***Envasement des barrages en Algérie***

En Algérie, les 52 grands barrages reçoivent 32 millions de m<sup>3</sup> de matériau solide annuellement. La répartition des barrages sur les cinq bassins hydrographiques indiquent clairement que les barrages de la région de Chéllif – Zahrez sont les barrages les plus menacés par le phénomène de l'envasement,

puisque le taux de sédimentation annuel est de 0,75% (fig. 3). Ceci est dû à la forte érosion des bassins versants de la région, favorisé par la nature des sols et l'absence de boisement. Même pour les petits barrages, le taux de comblement évalué en 2002 dans le bassin hydrographique Chellif –Zahrez est de 16% de la capacité totale, il est beaucoup plus grand par rapport à celui des autres régions (Remini et Hallouche, 2003).

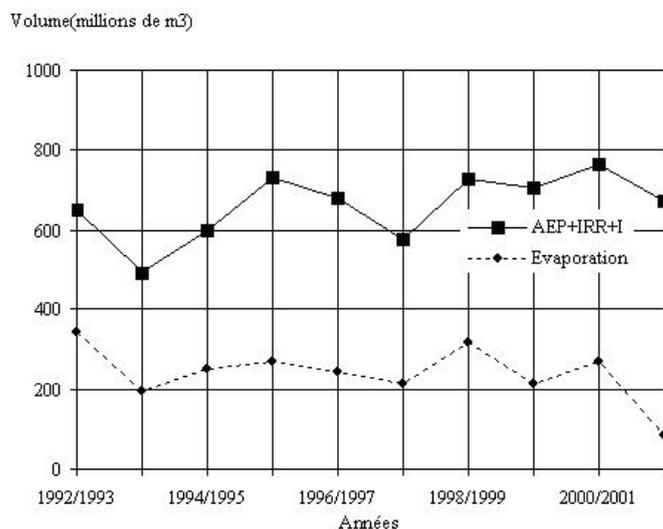


**Figure 3** : Répartition du taux de comblement annuel des grands barrages dans les bassins hydrographiques (Remini et Hallouche, 2003).

### **Evaporation des lacs de barrages**

Un milliard de m<sup>3</sup> d'eau sur les 13 milliards de m<sup>3</sup> stockés dans les 90 barrages du Maroc s'évapore chaque année. Sur l'oued Ziz (Maroc), un barrage classique retient un grand volume d'eau dont une partie (20 à 25%) est perdu par évaporation. L'évaporation des eaux du barrage Monsour Ed-dahbi s'élève à 40 millions de m<sup>3</sup>/an (Lahlou A., 2000). Le phénomène de l'évaporation des lacs des barrages en Algérie est considérable ; une perte de volume très élevée est enregistrée annuellement dans les barrages. Les mesures de l'évaporation se font à l'aide d'un bac Colorado installé à proximité de la retenue.

Nous avons représenté sur la figure 4, l'évolution du volume évaporé dans les retenues de 39 barrages, d'une capacité de 3,8 milliards de m<sup>3</sup> durant la période:1992-2002. Sur le même graphe, nous avons illustré l'évolution de la consommation en A.E.P., l'irrigation et l'industrie pour mieux montrer l'ampleur de l'évaporation.



**Figure 4 :** Evolution de l'évaporation dans les barrages algériens (39 barrages).

Légende : A.E.P : Adduction en eau potable, Irr. : Irrigation, I : Industrie

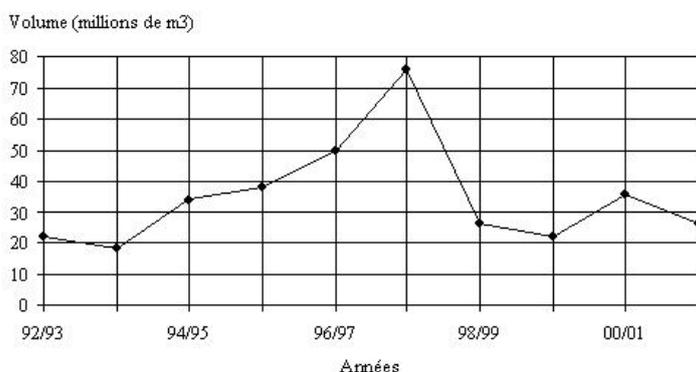
Il est intéressant de constater que durant la période : 1992-2002, la quantité évaporée représente la moitié du volume consommé par l'irrigation, l'alimentation en eau potable et l'industrie, ce qui est considérable. La valeur maximale de l'évaporation enregistrée a été de 350 millions de m<sup>3</sup> d'eau durant l'année 1992/1993, par contre la valeur minimale avoisine les 100 millions de m<sup>3</sup> en 2001/2002. La moyenne annuelle de l'évaporation est de 250 millions de m<sup>3</sup> pour les 39 barrages, soit une perte moyenne annuelle de 6,5 % de la capacité totale. Le volume d'eau total perdu durant dix années d'exploitation (1992-2002) avoisine la valeur de 2.5 milliards de m<sup>3</sup>.

### **Fuites dans les barrages**

Le problème est beaucoup plus grave qu'on imagine, il ne s'agit plus de perte de la capacité de l'eau, mais plutôt la déstabilisation de l'ouvrage. En réalité l'eau des fuites ne se perd pas, il peut être récupérée et réutilisée pour l'agriculture et à la limite le laisser s'infiltrer pour réalimenter la nappe. A titre d'exemple, un réseau de collecte des fuites d'eau installé à l'aval du barrage de Foum El Gherza permet de récupérer en moyenne 5 millions de m<sup>3</sup>/an et de les utiliser pour l'irrigation. Cette irrigation forcée pose des problèmes de salinité des sols, puisque l'eau coule en continue. Mais le grand problème réside dans la

circulation des eaux dans les failles de la roche dont la section mouillée augmentera dans le temps suite au changement de températures et les variations de la vitesse de l'écoulement (variation du plan d'eau) qui engendreront l'érosion de la roche et avec le temps c'est le glissement au niveau des berges et l'ouvrage sera en danger.

Environ 22 barrages ont fait l'objet des mesures périodiques des fuites en Algérie durant les dix dernières années (1992-2002). Certains barrages enregistrent une perte annuelle par fuite avoisinant même la valeur de 10% de leur capacité comme ceux de Ouizert, Foum El Gueiss et Foum El Gherza. La figure 5 représentant l'évolution du volume de fuites de 22 barrages durant la période : 1992-2002. Il est intéressant de constater que le volume minimum perdu a été enregistré durant l'année 1994-1995, soit 20 millions de m<sup>3</sup>. Par contre durant l'année 1998-1999, plus de 75 millions de m<sup>3</sup> d'eau de perte par les fuites ont été enregistrés.



**Figure 5 :** Variation des débits de fuites dans les barrages algériens (22 barrages)

Le volume total des fuites enregistré durant la période 1992-2002 avoisine les 350 millions de m<sup>3</sup>, alors que le volume moyen perdu annuellement est de 40 millions de m<sup>3</sup> d'eau. Ces mesures des débits de fuite sont effectuées par la méthode volumétrique. Les eaux perdues sont collectées à l'aide des réseaux de canaux depuis les résurgences et les sources de fuites jusqu'aux périmètres à irriguer.

**Eutrophisation des retenues de barrages**

Ces dernières années les rejets des eaux usées d'origine urbaine et industrielle ont augmenté dans les oueds. Ceci constitue une menace pour la qualité des ressources en eau dans les barrages. Plusieurs tronçons d'oueds sont déjà pollués (Tafna, Mekerra, Chellif, Soummam et Seybouse). Si le phénomène persiste encore, des retenues de barrages comme Beni Bahdel, Bakhada,

Ouizert, Bouhanifia, Fergoug, Oued Lekhel Hammam Grouz et Oued Harbil seront pollués. En plus de ces rejets, le dépôt des sédiments dans les retenues de barrages génère l'eutrophisation des eaux de retenues. L'eutrophisation est l'enrichissement d'une eau en sels minéraux (nitrates et phosphates notamment) entraînant des déséquilibres écologiques comme la prolifération de la végétation aquatique et l'appauvrissement en oxygène dissous. Le processus de vieillissement passera une retenue d'un état de faible niveau nutritif (oligotrophique) à un état intermédiaire (mésotrophique), puis à un état de haut niveau nutritif (eutrophique). Le phosphore et l'azote sont des substances nutritives limitant le cycle de croissance de la végétation dans la retenue. Le phosphore est transporté en solution dans les retenues et se fixe aux sédiments. Une fois déposées dans la retenue, les sédiments libèrent le phosphore et contribuent au processus d'eutrophisation (Bachman, 1980; Schreiber, 1980 in Stigter C. et al., 1989). Selon Thornton et al. (1980 in Stigter C. et al., 1989), la turbidité et la formation d'algues sont inversement proportionnelles. L'accroissement de la turbidité a un impact sur le processus biologique du fait d'une modification de la température. Le blocage du passage de la lumière par les sédiments en suspension a un effet sur le phénomène de photosynthèse.

### ***Intrusion des eaux marines dans les aquifères côtiers***

En Algérie, le phénomène a pris de l'ampleur ces vingt dernières années à cause de la sécheresse qui a frappé le nord algérien, associé aux pompages excessifs et anarchiques. Aujourd'hui, toutes les régions du littoral algérien (1200km) sont menacées par ce phénomène; plusieurs lieux de contaminations des nappes ont été signalés le long du littoral. La région du centre n'a pas échappé à ce phénomène, notamment les nappes des plaines de Oued Nador, Oued Mazafran et la région de Bord El Bahri.

### **STRATEGIE POUR AUGMENTER LE STOCKAGE DE L'EAU**

Pour éviter de répercuter fatalement le déficit en eau d'ici l'an 2025, il faut mobiliser le maximum des ressources superficielles et souterraines, cherchant de nouvelles ressources, lutter contre les pertes et améliorer la qualité des eaux disponibles. C'est la qualité de l'eau qui est devenue un problème crucial, car depuis une trentaine d'années, cette qualité est menacée par les activités humaines. L'augmentation des besoins d'une région dans les trois grandes catégories (industrie, agriculture, particuliers) demande une planification innovatrice des ressources hydriques. Il est clair que l'Algérie enregistre d'un côté un manque énorme en ressources, au même moment où les besoins augmentent, et de l'autre côté le volume d'eau mobilisable est en diminution, et ceci est dû aux différents problèmes naturels ou humains qui touchent les sites susceptibles de capter les eaux. Partant de ce constat, nous proposons une série

de suggestions dans le but de sauvegarder nos ressources mobilisées actuellement, tout en tentant de les augmenter au maximum, dans la mesure du possible, qui aura pour effet la baisse du déficit et le relèvement du taux de satisfaction, en ce sens que, notre but est l'amélioration de la situation actuelle et future afin d'arriver au stade d'équilibre. Notre proposition est la suivante.

### ***Entretien des barrages actuels et lutte contre l'envasement***

Pour prolonger la durée de vie des grands barrages, l'entretien de ces ouvrages est devenu aujourd'hui une nécessité pour les services d'hydraulique. Les barrages s'ensavent, l'eau des retenues s'évapore et se perd par infiltrations à travers les berges et les fondations. L'actualisation de nos données en 2002 a donné un volume de 32 millions de m<sup>3</sup> de vase déposée annuellement dans les 52 grands barrages algériens. Le volume de vase estimé est de 1 milliard de m<sup>3</sup> en 2004. Cette quantité sera de 1,1 milliards de m<sup>3</sup> en 2010 et 1,35 milliards de m<sup>3</sup> en 2020 pour le même nombre de barrages. Plusieurs barrages seront abandonnés d'ici l'an 2010 si des dispositions nécessaires ne seront pas prises. Il s'agit des barrages : Ghrib, Oued Fodda, Beni Amrane, Hamiz, Foug El Gherza, Boughezoul, Fergoug, Bouhanifia, Zardezas et K'Sob. En plus de la diminution du volume utile des barrages, la stabilité de certains ouvrages est menacée par la forte poussée des vases. La rareté des sites favorables à la réalisation de nouveaux barrages a poussé les services de l'hydraulique à entretenir les barrages en exploitation. Plusieurs méthodes (curatives et préventives) de lutte contre l'envasement ont été appliquées depuis les années trente. Nous pouvons déterminer les principaux moyens techniques de lutte contre l'envasement utilisés actuellement dans les différents bassins versants et barrages algériens.

### ***Aménagement des bassins versants***

Dans le cadre de la protection des bassins versants, un programme spécial a été lancé par les services des forêts. Il s'agirait de traiter une superficie de 1,5 millions d'hectares d'ici l'an 2010. Soit un rythme de réalisation de 67000 ha/an. Actuellement deux bassins versants sont en cours de traitement à titre expérimental afin de dégager une nouvelle approche qui puisse répondre aux objectifs d'aménagement intégré, il s'agit des bassins versants des oueds Mebtoul et Boussalem.

### ***Réalisation des barrages de décantations***

La meilleure façon d'éviter l'envasement, c'est d'empêcher la vase d'arriver jusqu'au barrage, cela peut se faire par la création de retenues pour la

décantation des apports solides, ce qui revient à construire un autre barrage en amont. La réalisation du barrage de Boughezoul en amont de celui de Ghrib, bien qu'édifié essentiellement pour amortir les crues de oued Chellif, a permis de retenir depuis sa création un volume de près de  $50 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  de vase qui, sans elle, seraient venus s'ajouter aux  $150 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  qui se sont déposés dans celle de Ghrib (en l'an 2000). Le barrage de Boughezoul a ainsi réduit l'envasement du Ghrib de près de 18 %.

### Surélévation des barrages

L'un des moyens de lutte utilisés en Algérie est la surélévation de la digue. Cette méthode consiste, lorsque le taux de comblement est avancé, à augmenter la hauteur de la digue d'une taille variable, permettant la constitution d'une réserve complémentaire pour compenser la perte du volume occupé par la vase. Cette technique a été réalisée sur 04 barrages: Bakhada, K'sob, Zardézas et Boughezoul. La surélévation des barrages permet d'augmenter la capacité de la retenue et donc de compenser la valeur envasée. La nouvelle situation ainsi créée ne peut qu'influencer l'évolution des dépôts des sédiments dans la retenue. Nous avons constaté que l'envasement a augmenté plus rapidement après cette surélévation, ce fait étant confirmé par l'examen du tableau 1, pour les quatre barrages cités ci dessus.

**Tableau 1 :** Vitesses de sédimentation moyennes des barrages surélevés  
(Remini, 1997)

Barrages	Vitesse de sédimentation ( $10^6 \text{ m}^3 / \text{an}$ )	
	Avant surélévation	Après surélévation
ZARDEZAS	0,30	0,70
K'SOB	0,25	0,29
BOUGHZOUL	0,34	0,50
BAKHADA	0,05	0,15

### La technique de chasse

La technique de chasse consiste à évacuer une quantité des sédiments par les pertuis de vidange à l'arrivée des crues. Elle est appliquée souvent au barrage de Beni Amrane. Ce dernier d'une capacité de  $15,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  a été doté de six vannes de fond. Environ  $2,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  de vase ont été évacués durant la période 1988-1993. L'évacuation des sédiments par les pertuis de vidange n'est efficace que pour la zone proche des vannes.

L'efficacité des chasses opérées dans le temps au niveau du barrage n'a pas dépassé les 26 % du total des sédiments entrants (Remini, 2002). L'ouverture de

la vanne de fond au barrage de Foug El Gherza a permis d'évacuer environ  $0,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  de vase durant l'année 1989/1990 et une quantité de  $0,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  de vase de 1990 à 1993 (Remini, 2002).

### *Soutirage des courants de densité*

La majorité des retenues en Algérie présentent les conditions favorables à l'apparition des courants de densité (forte concentration en sédiments fins et la forme de la retenue de type canal). En effet, la forte concentration en sédiments dans les cours d'eau surtout en période de crues et la forme géométrique de la cuvette (de type canal) donnent naissance aux courants de densité à l'entrée d'une retenue et peuvent se propager jusqu'au pied du barrage. L'ouverture des vannes de fond au moment opportun peut évacuer une forte quantité en sédiment. Cette technique est utilisée dans les barrages d'Ighil Emda, d'Erraguene et de Oued El Fodda. Le barrage d'Ighil Emda a été équipé d'un dispositif installé spécialement pour le soutirage des sédiments et constitué de 8 vannettes de dévasement et 3 vannes de dégrèvement. Une quantité importante évaluée à  $46 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  a ainsi été évacuée en 46 ans d'exploitation (1954-2000). Durant la période 1984-1992, le rendement a atteint 55 %. En effet, une quantité de vase de  $8,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  a été évacuée pour un apport total de  $15,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  dans la retenue. Pour tenter de résoudre le problème de l'obturation de la vanne de fond du Barrage de Oued El Fodda (obturée en 1948 et se trouve actuellement sous 45 m de vase), cinq vannettes de dévasement ont été installés en 1961. La retenue avait initialement (1932) une capacité de  $228 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  qui a été ramenée progressivement à  $124 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  en 1994, mais en l'absence de soutirage, cette capacité en 1994 aurait été inférieure puisque réduite à  $100,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ . Durant la période : 1961-1994, une quantité de  $57,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  de vase est arrivée dans la retenue, alors que seulement  $21,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  de vase ont été évacués, soit un rendement de 37 %. Malgré le faible taux d'envasement dans la retenue, le barrage d'Erraguene a été équipé d'un système de soutirage, composé de 4 vannettes de dévasement et de deux vannes de dégrèvement. Une quantité de vase évaluée à  $10 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  a été évacuée en 38 années d'exploitation (1962-2000), alors que  $19 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  se décantaient dans la retenue, soit un rendement moyen de 32 % (Remini et Hallouche, 2004).

### *Dragage des barrages*

Malgré le coût onéreux de l'opération de dragage qui revient environ à celui de la réalisation d'un nouveau barrage, la technique de dragage devient indispensable pour les barrages dont la stabilité est en danger ou bien dans le cas où les sites pour la réalisation de nouveaux ouvrages deviennent rares. Suite

à l'accélération de l'envasement du barrage de Fergoug III (actuel), l'Algérie a acquit en 1989 une nouvelle drague suceuse refouleuse baptisée « REZOUG Youcef ». La drague d'un poids total de 300 tonnes, est conçue pour refouler à une hauteur de 28 mètres, dans une conduite de 700 mm avec un débit maximum de mixture de 1600 l/s pour une profondeur de dragage de 3 à 16 m. Les résultats obtenus par cette drague sont représentés dans le tableau 2.

**Tableau 2** : Résultats des travaux de la drague « REZOUG Youcef »

Capacité initiale du barrage (1970)	$18.10^6 \text{ m}^3$
Capacité avant dévasement	$3,9.10^6 \text{ m}^3$
Volume de vase	$14,1.10^6 \text{ m}^3$
Volume dévasé (densité 1,6)	$6,5.10^6 \text{ m}^3$
Profondeur maximum de dévasement	$16.10^6 \text{ m}^3$
Quantité d'eau utilisée	$7.10^6 \text{ m}^3$

Du fait de l'apport solide important, la retenue du barrage des Zardezas (Skikda) d'une capacité initiale de  $31.10^6 \text{ m}^3$  s'est réduite à une capacité d'environ 13 millions de  $\text{m}^3$  en 1993; soit un volume de vase d'environ  $18.10^6 \text{ m}^3$ . En effet, pour des raisons de sécurité de l'ouvrage, il a fallu baisser le niveau de la retenue normale de 2 m en 1976 et en 1990; le volume régularisé qui était de  $20.10^6 \text{ m}^3$  s'est trouvé réduit à environ  $10.10^6 \text{ m}^3$  et cela s'est fait au détriment de l'approvisionnement de la population de Skikda et du périmètre Saf Saf. Le dragage de la retenue est devenu une nécessité. C'est durant l'été de 1993 que les opérations de dragage ont commencé par le dévasement de la partie qui se trouve près de l'ouvrage pour minimiser la poussée des sédiments. Actuellement, l'opération de dragage se poursuit dans l'ensemble de la retenue.

### **La réalisation de nouveaux barrages en Algérie**

Pour récupérer une partie des milliards de  $\text{m}^3$  d'eau qui se déversent dans la mer, la prospection des meilleurs sites et la réalisation de nouveaux barrages en Algérie s'avèrent indispensables. Depuis une vingtaine d'années l'Algérie a entrepris de développer un programme ambitieux de construction de grands barrages. Durant les années quatre vingt, 19 barrages d'une capacité totale de 2 milliards de  $\text{m}^3$  ont été mis en exploitation à raison de 2 barrages en moyenne par année. Durant les années quatre vingt dix, 07 barrages d'une capacité totale de 650 millions de  $\text{m}^3$  ont été réceptionnés. A la fin du mois de décembre 2002, l'Algérie disposait de 52 grands barrages totalisant une capacité de 5,2 milliards de  $\text{m}^3$ . Actuellement 29 barrages sont en construction, dont 17 ont une capacité supérieure à 10 millions de  $\text{m}^3$ , et 12 ont une capacité inférieure à 10 millions de  $\text{m}^3$ . La capacité totale de ces ouvrages est de 2,9 milliards de  $\text{m}^3$  permettant de régulariser un volume annuel de 1,3 milliards de  $\text{m}^3$ . Avec ces barrages en construction, la capacité totale sera portée à 7,1 milliards de  $\text{m}^3$ , et le volume régularisé à 3,4 milliards de  $\text{m}^3/\text{an}$ , soit plus de 57% du volume mobilisable

estimé à 6 milliards de m<sup>3</sup>. Les 43% restants des ressources en eau superficielle peuvent être mobilisés par d'autres barrages. Selon l'Agence Nationale des Barrages, 67 barrages et transferts sont en cours de lancement ou en étude. En 2005, le nombre de barrages achevés était de 66 avec une capacité de 7,65 milliards de m<sup>3</sup>. Cet ensemble d'ouvrages de mobilisation de plus de 100 grands barrages et de transfert et d'adduction des eaux de surface sera achevé à l'horizon 2010, il mobilisera plus de 10 milliards de m<sup>3</sup> (Kalli, 2002).

### **Réalisation des petits barrages et retenues collinaires**

Le manque de sites favorables à la réalisation de grands barrages, nous incite à réaliser des retenues collinaires. Ce sont des petits barrages de faible profondeur construits avec des digues en terres qui permettent une gestion locale de ce mode de stockage. L'Algérie dispose actuellement de plus de 61 petits barrages répartis sur les 04 bassins hydrographiques de l'Algérie du nord, comme le montre le tableau 3.

**Tableau 3** : Répartition des petits barrages dans l'Algérie du nord

Bassin hydrographique	Nombre	Capacité
Oranie Chott Chergui	16	30
Chellif Zahrez	6	3
Algerois Soummam HODna	28	34
Constantinois Seybouse Mellegue	11	14

L'Algérie s'est engagée au début des années quatre vingt avec un programme ambitieux pour la réalisation d'un nombre considérable de retenues collinaires. Malheureusement, cette expérience s'est soldée par un semi échec, puisque plusieurs retenues se sont envasées durant les premières années d'exploitation, d'autres ont été emportées par les premières crues.

Actuellement, l'Algérie a programmé la réalisation de plus de 500 retenues collinaires durant les 05 années à venir dans le but de conserver l'eau et le sol et même de minimiser l'arrivée des sédiments dans les grands barrages. Ces petits ouvrages économiques peuvent mobilisés plusieurs millions de m<sup>3</sup> des eaux superficielles qui seront destinées à l'irrigation. Cependant, la réalisation d'un tel ouvrage nécessite une étude technique sérieuse très poussée de telle façon à éviter deux grands problèmes :

- Envasement rapide de la retenue lors d'une crue ou deux
- Destruction de la digue à l'arrivée d'une crue, suite à la non connaissance de la ligne de saturation dans la digue.

### ***Utilisation de la Recharge artificielle des nappes***

Plusieurs problèmes hydrauliques peuvent être solutionnés, si on a recours à la recharge artificielle des nappes. La diminution dangereuse du niveau de la nappe de Mitidja suite à la surexploitation de son eau a même provoqué plusieurs cas d'affaissement des routes dans la région. Le pompage intensif de la nappe a engendré l'intrusion des eaux marines dans les aquifères côtiers de la plaine de Oued Nador. Le biseau salé ne cesse de se propager dans la nappe. Il est temps de généraliser cette méthode de stockage d'eau en Algérie, surtout qu'elle ne demande pas assez de moyens matériels. Cependant, il faut d'abord faire une prospection des aquifères souterrains capables de stocker l'eau et de déterminer les endroits à la réalisation d'un tel ouvrage hydraulique. Il serait souhaitable dans le cas de la réalisation d'un barrage qu'il soit combiné avec la recharge artificielle des nappes. La réalimentation artificielle des nappes peut être une solution alternative aux milliards de m<sup>3</sup> qui se déversent encore dans la mer et qui ne peuvent pas être mobilisées à travers la réalisation des barrages. Elle peut aussi résorber le phénomène de rabattement des niveaux de nappes dû au déficit de la mobilisation de la ressource superficielle.

### ***Recyclage et réutilisation des eaux usées***

Actuellement, l'eau usée traitée provenant des stations d'épuration existantes, lorsque celles-ci sont opérationnelles, est rejetée dans les oueds, mais dans les régions où les besoins en eau ne sont pas satisfaits. Il serait donc illogique de continuer de déverser l'eau traitée dans les oueds. Actuellement le parc d'installation d'épuration se compose de 77 stations (secteur urbain 35, secteur industriel 34, secteur du tourisme 8). Les capacités de traitement installées sont estimées à la fin 1987 à près de 140 millions de m<sup>3</sup> / an. Actuellement, la plupart des stations d'épuration sont à l'arrêt pour diverses raisons, notamment celle concernant la maintenance.

Etant donnée la situation critique que vit l'Algérie en matière de ressources en eau, nous sommes dans l'obligation de trouver des solutions rapides à ces stations, car, si dans un passé non lointain, la ressource en eau non conventionnelle en Algérie était évoquée très timidement, aujourd'hui elle devient une solution alternative aux ressources conventionnelles qui se font de plus en plus rares.

En considérant les rejets en milieu urbain, de l'ordre de 75% des débits consommés, les volumes d'eaux usées rejetées à travers les réseaux d'assainissement ont été évalués à 350 millions de m<sup>3</sup> en 1979 et 660 millions de m<sup>3</sup> en 1985. Les prévisions de rejet d'eaux usées des agglomérations urbaines sont évaluées à près de 1300 millions de m<sup>3</sup> en 2020. Les eaux recyclées des quatre régions en 2020 se répartissent comme suit (tableau 4).

**Tableau 4 : Recyclage des eaux usées des 4 régions de l'Algérie du Nord en 2020**

Régions Designations	Oranie C. Chergui	Chélif Zahras	Algérois S. Hodna	Constantinois Sey.Mellègue	Total Algérie du Nord
Eaux usées épurées en (Mm <sup>3</sup> / an) Horizon 2020	90	90	230	140	<b>550</b>

### *Dessalement de l'eau de mer*

En matière de dessalement d'eau de mer et de déminéralisation, l'expérience Algérienne date des années 60. Vers la fin des années 90, il existait 43 unités de dessalement d'une capacité de traitement de près de 100000 m<sup>3</sup> par jour. Ce débit est destiné pour une grande partie à l'industrie pétrolière d'ARZEW et de SKIKDA. Des unités de déminéralisation d'eau saumâtre ont été réalisées à Abadla (1700m<sup>3</sup>/j), D'Ouenza (4000 m<sup>3</sup>/j), Ouled Djellal (3000 m<sup>3</sup>/j) et celle de SONIC à Mostaganem (40000 m<sup>3</sup>/j). Quelques actions ont été engagées au sein du haut commissariat à la recherche concernant des projets de développement tels que :

- L'étude et la réalisation d'une unité de dessalement par osmose inverse d'une capacité de 200 m<sup>3</sup> /j.
- L'étude et la réalisation d'une unité de dessalement d'eau de mer par la technique multi flash, d'une capacité journalière de 480 m<sup>3</sup>.

Suite à la sécheresse de ces dernières années qui a provoqué un manque d'eau potable dans la majorité de communes, un programme d'urgence a été élaboré par le gouvernement pour palier au déficit des ressources en eau. Il s'agit de réaliser 21 stations de dessalement d'une production de 57500 m<sup>3</sup>/j réparties comme le montre la figure 6.

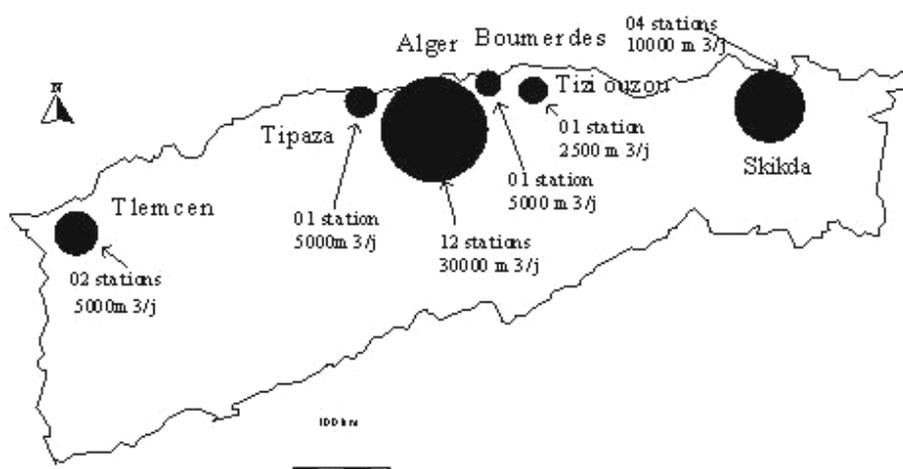


Figure 6 : Répartition des stations de dessalement.

Le dessalement des eaux de mer reste une solution sûre, vu la sécheresse qui sévit ces dernières années dans notre pays. Seulement, il serait préférable que les unités de dessalement destinées à l'alimentation en eau potable de la population fonctionnent uniquement durant les périodes de crises et d'une longue sécheresse.

#### ***Production de l'eau douce à partir de l'humidité atmosphérique***

Les possibilités d'obtention de l'eau à partir de l'air sont impressionnantes. La formation de rosée peut être importante même en atmosphère relativement sèche, comme dans les déserts continentaux. La récupération de la vapeur d'eau atmosphérique qui n'a pas encore été exploitée à grande échelle pourrait donc devenir une réalité dans le futur. Aujourd'hui, la quantité d'eau récupérée reste faible, et l'objectif de plusieurs chercheurs réside dans la possibilité d'obtenir de l'eau même dans les régions sèches y compris les déserts. Selon certains experts, le littoral algérien contient une humidité spécifique moyenne de 15g/kg air sec durant le mois de juillet et peut donc constituer un site de production non négligeable (Mohammedi, 1995). Il est possible de produire de l'eau à partir de l'atmosphère, mais il reste à l'extraire d'une façon économique.

#### ***La lutte contre les fuites des différents réseaux***

La lutte contre les fuites des différents réseaux s'effectue par une distribution des quantités d'eau de la manière la plus juste et la plus équitable possible, la lutte à toute épreuve contre le gaspillage et les pertes d'eau par une meilleure

gestion et exploitation du réseau et la réhabilitation des réseaux, dont les qualités techniques ne répondent pas aux normes exigées actuellement, en sachant que l'Algérie dispose d'un réseau de 40000 km (A.E.P et A.E.R ) avec un taux de fuite d'environ 40%, ce qui représente un volume de perte considérable.

### *La lutte contre l'intrusion des eaux marines dans les aquifères côtiers*

Contrairement à certains auteurs qui disent que l'intrusion des eaux marines dans les aquifères côtiers est un phénomène irréversible, ce problème peut être solutionné. La recharge artificielle de la nappe contaminée s'avère une technique sûre et peut repousser le biseau salé. Aucune étude sérieuse n'a été faite en Algérie. On assiste ces vingt dernières années à une évolution spectaculaire des secteurs vulnérables à l'intrusion le long du littoral suite à la sécheresse, au pompage anarchique de la nappe et à l'extraction abusive du sable marin. Avant d'appliquer la recharge artificielle, il serait judicieux de tenir compte des recommandations suivantes:

- Arrêter immédiatement les forages et puits fortement contaminés
- Arrêter l'exploitation dans les secteurs vulnérables à l'intrusion
- Généraliser la microirrigation ;
- Programmer des campagnes de mesure de la piézométrie pour suivre les fluctuations du niveau de la nappe
- Faire des analyses chimiques et géophysique pour suivre et localiser l'interface eau douce- eau salée
- Etudier et modéliser la propagation du biseau salé

L'application de ces recommandations ralentit uniquement la propagation du biseau salé vers d'autres secteurs, il devient nécessaire de compléter ces recommandations par l'utilisation de la recharge artificielle de la nappe.

## **CONCLUSION**

En Algérie, un déficit de 1 milliards de m<sup>3</sup> sera enregistré en 2025 (dans le cas d'une mauvaise gestion de l'eau et d'une non maîtrise des ressources non conventionnelles). La seule région qui semble échapper au déficit à cet horizon est la région hydrographique du Constantinois – Seybouse – Mellegue grâce au volume régularisable élevé assuré par les barrages en construction, notamment celui de Beni Haroun qui permet de régulariser un volume annuel de 430 millions de m<sup>3</sup>. Le stockage de l'eau a toujours figuré au premier plan des préoccupations des états de la région du Maghreb. Aujourd'hui, le stockage des

eaux superficielles et souterraines représente 30 milliards de m<sup>3</sup> (sans tenir compte des eaux fossiles des nappes profondes) répartis comme suit : 19 milliards de m<sup>3</sup> au Maroc, 9 milliards de m<sup>3</sup> en Algérie et environ 3 milliards de m<sup>3</sup> en Tunisie. Les eaux superficielles stockées dans les 250 barrages du Maghreb représentent environ 70% des réserves globales d'eau douce.

Pour palier au déficit d'eau prévu d'ici 2025 dans la région, il faut augmenter la capacité de stockage, minimiser les pertes et explorer d'autres réservoirs beaucoup plus rentables. Le manque de sites favorables et du coût excessif du projet réduisent les chances de réaliser les grands barrages. Le Maghreb est une région semi aride et aride, le taux d'évaporation dépasse dans certains endroits les 2 m/an. A titre d'exemple, au Maroc, on enregistre une perte par évaporation de 1 milliard de m<sup>3</sup>/an sur les 14 milliards de m<sup>3</sup> stockés dans les barrages. En Algérie, environ 200 millions de m<sup>3</sup>/an sont perdus sur les 5 milliards de m<sup>3</sup> stockés dans les barrages. L'érosion hydrique est considérable dans la région du Maghreb. On enregistre chaque année un envasement évalué à plus de 130 millions de m<sup>3</sup> dans les barrages des trois pays. Un autre problème qui est en train de prendre de l'ampleur dans la région, est l'eutrophisation des lacs et de barrages. C'est pour ces raisons qu'il est temps de recourir de préférence aux petites et moyennes retenues, ainsi qu'aux aquifères et d'éviter les grands ouvrages. En Algérie, un projet de construction de 500 retenues collinaires a été lancé depuis l'an 2000. La recharge artificielle des nappes constitue le meilleur moyen de stocker l'eau, elle permet d'éviter des pertes considérables par évaporation et par envasement et d'avoir une eau de meilleure qualité. Malheureusement, cette technique est au stade embryonnaire dans la région du Maghreb et plus particulièrement en Algérie. Il est temps d'explorer de nouveaux réservoirs souterrains (gîtes aquifères) et d'élargir l'expérience à toute la région, il est également souhaitable de combiner les deux options ; construction de barrages de petites et moyennes capacités et les aquifères. L'expérience réalisée au niveau du barrage de Boukourdane (Algérie) par les services de l'hydraulique a permis d'accroître le volume de la nappe alluviale de la plaine de oued El Hachem. Les opérations des lâchers par la vidange de fond ont un effet positif, puisque le niveau de la nappe augmente même dans les endroits critiques. Comment définir la meilleure stratégie pour stocker l'eau ? La recherche de meilleurs sites de stockage s'impose et une telle stratégie nécessite la combinaison d'installations de stockage en surface de différentes tailles et d'un système de recharge des nappes phréatiques. La combinaison des deux options exige la connaissance de l'hydrologie et l'hydrogéologie de la région, ainsi que l'existence des nappes aquifères adéquates pour le stockage de l'eau.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- LAHLOU A., 2000, *Quel environnement pour l'Afrique du nord*. Edition Dar El Qualam, Rabat (Maroc), 265 p.
- MOHAMMEDI K., 1995, Possibilité de production d'eau douce à partir de l'humidité atmosphérique. Actes du 2ème colloque national climat - environnement. L'eau, une réalité, une urgence, un déficit, Oran (Algérie), 24 -25 décembre.
- REMINI B., 1997, *Envasement des Retenues de barrages en Algérie. Mécanisme et moyen de lutte par la technique du Soutirage*. Doctorat d'état, E.N.P, Mars, 342 pages.
- REMINI B., HALLOUCHE W., 2003, Les barrages du Maghreb face au phénomène de l'envasement, *Revue VECTEUR Environnement* (Canada). Novembre, Vol 36 no 6, pp. 27-30.
- REMINI B., HALLOUCHE W., 2004, Sédimentation des barrages en Algérie. *Revue Internationale La Houille Blanche*. N°1, janvier. pp.1-5.
- STIGTER C. et al., 1989, Sedimentation control of reservoirs. Bulletin de la commission internationale des grands barrages (C.I.G.B), 159 p.