

Ressources hydriques en Algérie du Nord

Assessment of Water Resources in Northern Algeria

A. BOUDJADJA¹, M. MESSAHEL¹, H. PAUC^{*2}

Reçu le 8 janvier 2001, accepté le 8 octobre 2002**.

SUMMARY

In Algeria, water has a strategic place in economic development, because of its scarcity and a perturbed, non-equilibrated natural cycle. Because of the limited water resources, and the need to meet the demands for the desired quantity and quality of water by the year 2010, planners must develop reasonable alternatives that take into account multiple purposes and objectives. In addition to the growing demography, 60% of the population resides in the northern range of Algeria, which represents one tenth of the total area of the country. Furthermore, inadequate water treatment due to a lack of appropriate technology, siltation of existing dams and limited capacities for water storage hamper the decision-making process.

The projected data for year 2010 show structural difficulties and organizational inadequacies that are linked to the multiple operating structures in charge of collecting and conveying the information. The other major difficulty is based on the quality of the information (e.g., empirical methods and a lack of data). For example, the evaporation rate is estimated by the traditional method of a Colorado pan in which the data are mostly discontinuous. The reservoir silt load is evaluated by irregular bathymetric measurements and the results are extrapolated over a year, sometimes from one year to the next. The volume of water losses during water transport and distribution is evaluated for only a very small portion of the network and is then generalized to the entire drinking water and irrigation system.

The eleven watersheds of northern Algeria encompass an area of about 130,000 km² and offer a surface water potential of approximately 11·10⁹ cubic meters (m³) in which only 2.13·10⁹ m³ were collected by 98 functional dams in 1995. According to the forecasts made in 1995, the creation of new reservoirs (17 dams are actually under construction, 25 are about to start construction, and 810 sites for small reservoirs are in the study phase) will increase the mobilized volume of water to about 5.89·10⁹ m³. The silt load for

1 Université de Blida - Institut du Génie Rural, Route de Soumaa, BP 270 - Ouled Yaich, 09000 Blida, Tél. (00 213) 0 21 49 66 25, (00 213) 0 25 43 39 40 - Fax (00 213) 0 25 43 11 64.

2 Université de Perpignan - Laboratoire de Sédimentologie Marine, 52, avenue de Villeneuve, 66860 Perpignan, France. Fax (33) 04 68 66 20 4.

* Correspondance. E-mail : pauc@univ-perp.fr

** Les commentaires seront reçus jusqu'au 30 mars 2004.

1995 as estimated by the National Dams Agency (ANB) for all the operational reservoirs corresponded to about $0.02 \cdot 10^9 \text{ m}^3$. Watershed erosion and the rapid degradation of the forest cover will raise this silt load to $0.482 \cdot 10^9 \text{ m}^3$. This situation is very alarming for the water resources and consequently in December 2001, the exploitation of major dams (Keddara, Fergoug, Oued Fodda, Ghrib, Beni Amrane, Ksob, Foum el Gherza, Foum el Gueiss) was temporary interrupted. Operations at the Ain Dalia and Hamman Grouz reservoirs were also interrupted in October 2002 due to silt load problems.

The water losses from the distribution network, which were estimated around $1.193 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ in 1995, will be reduced to about $0.532 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ in the year 2010 by special renovation programs. The volume of water lost by evaporation represented $0.427 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ in 1995 and will double for year 2010 to reach $0.883 \cdot 10^9 \text{ m}^3$, according to the ANB.

In 1995, groundwater was pumped at a volume of about $0.849 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ from an estimated total reserve of $1.256 \cdot 10^9 \text{ m}^3$. The urgent program of installing an additional 2000 wells will raise the extracted volume to $1.180 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ by the year 2010. In the northern portion of the country, the water needs will evolve in the following manner:

- from $0.791 \cdot 10^9$ to $1.524 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ per year for drinking water;
- from $1.216 \cdot 10^9$ to $7.630 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ per year for agricultural needs;
- from $0.120 \cdot 10^9$ to $0.230 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ per year for industry.

It seems clear that the forecast made in 1995 is infeasible and unrealistic. This prediction overevaluates the financial and technical capacities to carry out all the planned projects and also overestimates the land surface for the agricultural development program. The state of water resources and their distribution for the year 2002 already indicate depletion. Accordingly, the following incentive plans were proposed:

- Urgent programs for providing potable drinking water from treated seawater for coastal big cities (Algiers, Oran, Arzew, and Annaba). This alternative has been implemented starting September 2002 for Annaba and Arzew.
- Encouraging and developing agricultural crops that consume less water and encouraging use of modern techniques for irrigation (drop irrigation).
- Activating the construction of the 800 planned watershed reservoirs.
- Implementing a program for treating and recycling waste waters.

The groundwater quality analysis in the northern portion of Algeria, based on the nitrate and chloride concentrations, led to the following conclusion:

- Increasing nitrate concentrations for groundwater samples (up to $175 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ for Chlef, $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ for Sidi Bel Abbes, and values exceeding the permissible level of $45 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ for over half of the sampling points throughout the Mitidja).
- The dilution effect during flood events does not overcome the contamination of groundwater by the nitrates.
- Most of the coastal aquifers are contaminated by seawater intrusion. The chloride concentration values are about $3,650 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ for Algiers region (Mazafran) and sometimes exceed $4,000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ in the eastern portion of the country (Bourchaid, Kissir).
- Water samples from dams and large reservoirs were not contaminated by nitrates because of the absence of agricultural activities in the watershed.

The degraded water quality and its scarcity complicate the problem of water supply that is already critical in the region.

In conclusion, the gap between water needs and the available water resource is very difficult to close. The purpose of this article is to review some of the effects of water shortage and its components. The present article emphasizes the need to implement a change in the decision-making process for controlling and managing water. Improved management of water supplies must not only take into account the available water but also has to optimize and rationalize its use. An urgent planning program should also be developed for treating and recycling waste water and for protecting the environment.

Key-words: *water supply, dams, chlorides, water deficit, surface water, ground water, silt load, nitrates, water loss, management, recycled water.*

RÉSUMÉ

En Algérie, l'eau revêt un caractère stratégique du fait de sa rareté et d'un cycle naturellement perturbé et déséquilibré. Qu'il s'agisse de l'eau souterraine ou de l'eau de surface, les ressources sont limitées et, compte tenu des problèmes démographiques et de l'occupation de l'espace (sachant que près de 60 % de la population algérienne sont concentrés dans la frange septentrionale du territoire qui ne représente que le dixième de la surface totale du pays), d'importants efforts sont nécessaires en matière d'urbanisation intégrée et de gestion rigoureuse dans l'exploitation des réserves, si on veut atteindre la satisfaction des besoins à l'horizon 2010. S'y ajoutent des problèmes de faible mobilisation et de mauvais recyclage par manque de maîtrise des stations d'épuration et l'envasement des retenues.

Les 11 bassins versants exoréiques de l'Algérie du Nord couvrant une surface de 130 000 km² présentent des potentialités en eaux de surface de 11·10⁹ m³ dont seulement 2,13·10⁹ sont mobilisés par les 98 barrages en fonctionnement en 1995. Les besoins estimés à l'horizon 2010 évalués à 9,384·10⁹ m³ se décomposent en 1,524·10⁹ m³ pour l'eau potable (AEP), 0,23·10⁹ m³ pour l'industrie (AEI) et 7,63·10⁹ m³ pour l'agriculture (AEA) (tableau 6). Sachant que les réserves en eaux souterraines sont évaluées à 1,25·10⁹ m³, le renforcement de la mobilisation des eaux de surface par 3,834·10⁹ m³ et des eaux souterraines par le captage de 0,33·10⁹ m³ supplémentaires constituent la projection faite en 1995 pour l'horizon 2010 par les différentes institutions publiques intervenant dans la mobilisation et la gestion des ressources en eaux. Cet objectif est déjà fortement entamé en 2002 car fixé dans un contexte de cloisonnement des différentes structures (Hydraulique et Agriculture) et de difficile circulation de l'information entre elles. Il surévalue les capacités de réalisations des barrages, les surfaces à mettre en valeur dans le cadre du programme de développement agricole ainsi que les dotations par habitant en matière d'eau potable. Cette situation constitue un facteur aggravant la difficulté d'une appréhension correcte aussi bien des besoins que des différentes projections sur l'avenir. Les données présentées dans cette synthèse montrent qu'il est désormais impératif que l'aménagement du territoire tienne compte des quantités disponibles afin de rationaliser l'utilisation, la protection de la qualité et la récupération par le recyclage.

La qualité chimique des eaux de l'Algérie du Nord est appréciée par les teneurs en nitrates et en chlorures des aquifères côtiers. Cependant, le développement économique et social conduit à une dégradation rapide de cette qualité des eaux, ce qui incite lourdement à œuvrer pour un meilleur recyclage et une meilleure protection des ressources. A défaut, la sanction serait la non satisfaction des besoins en eaux potable, d'irrigation et industrielle. Malheureusement, il semble que l'écart entre disponibilité et besoins soit difficile à réduire. Le but de cet article est de tenter une revue des causes du manque d'eau et des facteurs aggravants.

Mots clés : *apports, barrage, chlorures, dégradation, eau de surface, eau souterraine, envasement, nitrates, qualité chimique.*

1 – INTRODUCTION

En Algérie, l'eau est une ressource fondamentalement préoccupante du fait de sa rareté et du développement économique et social désordonné. Cela entraîne une suite de problèmes de gestion au sens large : pertes, gaspillages, traitements aléatoires, dégradations et manque de protection de la ressource, qui s'ajoutent aux conditions naturelles défavorables. En effet, la complexité de la problématique de l'eau en Algérie et particulièrement celle du Nord du pays s'explique par :

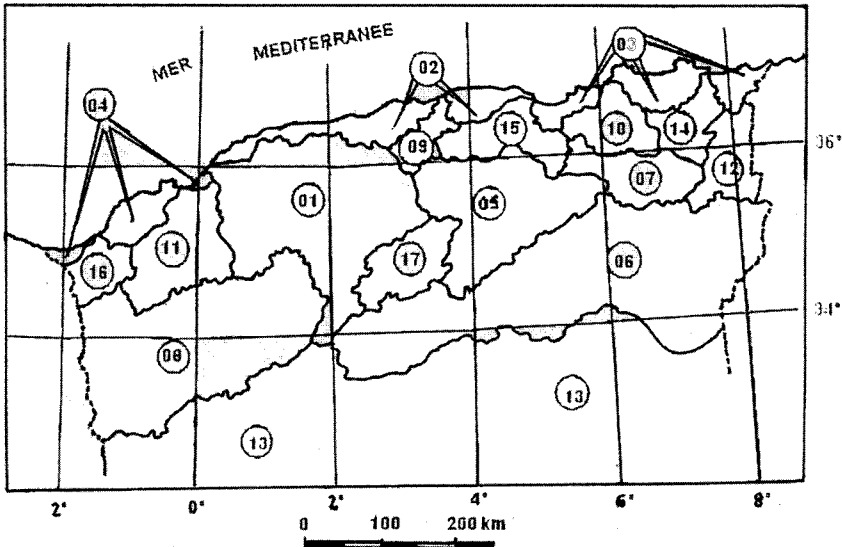
- les caractéristiques naturelles et la répartition de population : Cette région représentant à peine 7 % de la surface du pays, soit 166 721 km², reçoit cependant 92 % des écoulements. La tranche pluviométrique la plus intéressante (supérieure à 700 mm/an) n'y concerne que 30.10³ km² et seulement 7 % des bassins versants nécessitant un traitement contre l'érosion ont été pris en charge en 1985 (ARRUS *et al.*, 1985). D'autre part, près de 60 % de la population du pays sont concentrés sur cette partie du territoire national (Office National des Statistiques : recensements de 1966, 1977, 1987 et 1994).
- La connaissance précise de l'état des ressources hydriques qui reste à parfaire en raison de l'information fragmentaire au niveau des grandes structures publiques et la mauvaise coordination qui existe entre elles, ce qui nuit à la dynamique qu'impose l'enjeu.
- Le mauvais recyclage par manque de maîtrise des stations d'épuration (technicité et moyens financiers nécessaires) qui s'est traduit par l'arrêt provisoire de la quasi totalité des stations existantes (145/150). Problèmes aux conséquences dramatiques particulièrement dans les grandes wilayates (préfectures) relativement industrialisées dont Oran où seule une station sur les 21 fonctionne (KHOUTI *et al.*, 1995), Alger où une seule est fonctionnelle et Constantine où 2 stations uniquement assurent un recyclage intermittent (Institut National des Études de Stratégie Globale : INESG, 1995).

Le but de cet article est de tenter une revue des causes du manque d'eau et des facteurs aggravants.

La complexité du problème conduit à proposer une démarche issue des questions fondamentales :

- question des ressources : sont-elles toutes connues ? sont-elles renouvelables ? peut-on définir de nouveaux sites de mobilisation (barrages) ?
- question de besoins : quels seront-ils et quel sera le taux de satisfaction des besoins ?
- question de gestion : identification des sources de dégradation ? problème des pertes dans les réseaux et remèdes possibles ? traitement des eaux et réutilisation des eaux réhabilitées ? protection de l'environnement ? quelle gestion permet-elle la conservation des ressources ?
- de quels ordres sont les difficultés : scientifiques ? techniques ? réglementaires ?, financiers ? compétence ?

Les cartes des figures 1 et 2 situent les bassins versants étudiés ainsi que les grandes plaines alluviales de l'Algérie du nord.



- | | | |
|-------------------------|---------------------------------|-------------|
| 01 Chlef | 07 Hauts plateaux constantinois | 13 Sahara |
| 02 Côtier Algérois | 08 Hauts plateaux oranais | 14 Seybouse |
| 03 Côtier Constantinois | 09 Issers | 15 Soummam |
| 04 Côtier Oranais | 10 Kebir-Rhumel | 16 Tafna |
| 05 Chott Hodna | 11 Macta | 17 Zahrez |
| 06 Chott Melrihr | 12 Medjera | |

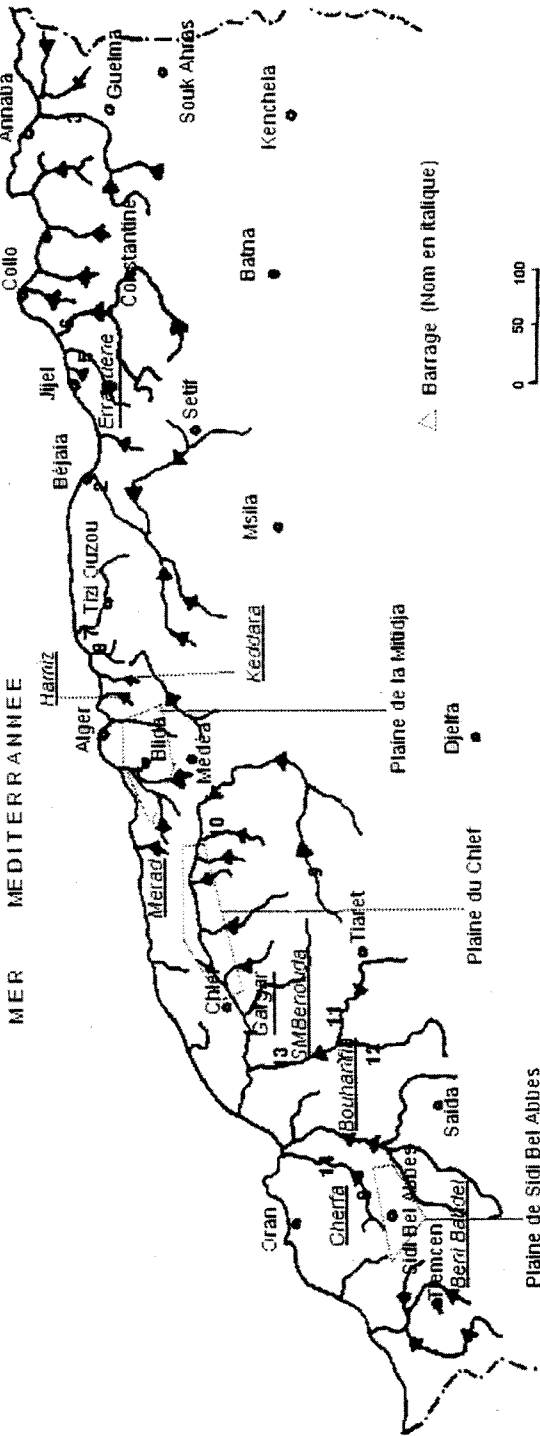
Les bassins versants 01, 02, 03, 04, 09, 10, 11, 14, 15, 16 sont ceux concernés par les calculs du bilan dans le présent article.

Figure 1 Les principaux bassins versants de l'Algérie.
The principal catchments of Algeria.

2 - LES DONNÉES DE BASE

Le présent bilan se base sur les chiffres qui émanent d'organismes publics algériens (Agence Générale d'Irrigation et de Drainage : AGID, Agence Nationale des Ressources Hydriques : ANB, Agence Nationale des Barrages : ANRH, Ministère de l'Hydraulique et de l'Équipement) et de nos calculs et interprétations.

La collecte des données de base et des projections sur l'an 2010 a révélé des difficultés structurelles liées à la multiplicité des organismes chargés de leur collecte, à la difficile circulation de l'information entre eux et à leur déficit organisationnel qui se traduit par de grands dysfonctionnements des antennes locales et régionales. L'autre difficulté est celle liée à la qualité de l'information disponible : méthode empirique d'évaluation et discontinuité des séries d'information. Ainsi les volumes de l'envasement, l'évaporation et les fuites ne représentent que des estimations globales pour les raisons suivantes :



Quelques-uns des principaux cours d'eau

- 1 Oued Chlef, 2 Oued Soumame, 3 Oued Seybouse, 4 Oued Mazatran, 5 Oued Kissir, 6 Oued Rhumel, 7 Oued Sebaou, 8 Oued Issers, 9 Oued Namous, 10 Oued Deurdeur, 11 Oued Mina, 12 Oued El Abiod, 13 Oued Mina, 14 Oued Allatah.

Figure 2 Localisation des barrages et des grandes plaines concernées par l'examen de la qualité des eaux.
 Location of major dams and principal plains that are of concern in a water quality context.

- L'évaporation est estimée par la méthode traditionnelle du bac Colorado dont les relevés sont très discontinus. Les résultats obtenus correspondent à des extrapolations peu fiables au vu des fortes variations mensuelles et inter annuelles des températures.
- L'envasement est apprécié par des relevés bathymétriques très irréguliers. Les résultats des campagnes de mesures sont alors extrapolés sur toute l'année voire d'une année à l'autre.
- Les fuites sont évaluées approximativement pour quelques réseaux ou tronçons uniquement puis généralisés à l'ensemble des réseaux d'irrigation et d'eau potable.

3 - LES RESSOURCES HYDRIQUES DE SURFACE

On estime que, pour un apport pluviométrique annuel total de 65.10^9 m³ le cycle de l'eau de l'ensemble des régions telliennes (versants Nord de l'Atlas Saharien, Hauts plateaux et Atlas Tellien) se décompose ainsi (ARRUS, 1985) :

- un ruissellement de 15.10^9 m³, (23,1 %) ;
- une infiltration de 3.10^9 m³, (4,6 %) ;
- une évaporation de 47.10^9 m³, (72,3 %).

Cette distribution traduit à elle seule un grand déséquilibre au détriment de l'infiltration (4,6 %) qui limite considérablement la possibilité de réalimentation des aquifères. La prédominance du secteur montagneux en Algérie du Nord explique le taux élevé du ruissellement (23,1 %). Il est d'ailleurs probable que ce taux a considérablement augmenté depuis la publication de ces données. En effet, le ruissellement est inversement lié à la densité de la couverture végétale et au travail aratoire du sol. Depuis une décennie, la déforestation et l'abandon de plusieurs centaines d'hectares dans les régions montagneuses telliennes ont diminué, d'environ 10 %, le couvert végétal des piémonts du tell septentrional (BOUDJADJA, 1995). Le taux élevé du ruissellement impose la construction d'ouvrages de mobilisation (digues, retenues collinaires, barrages) capables de conserver un certain temps les eaux de ruissellement.

L'ensemble des 11 bassins exoréiques de l'Algérie du nord fournit une potentialité d'écoulement de surface de $11,060.10^9$ m³ par an (DJELFI, 1996) valeur très proche de celle déterminée par nos soins (présente étude) qui est de $11,290.10^9$ m³. Le tableau 1 en donne la répartition par groupes d'oueds (cours d'eau intermittents) de même importance.

L'ensemble de ces oueds représente 92 % du total des écoulements en Algérie, bien qu'ils ne drainent que 7 % de la surface du territoire, puisqu'il faut exclure le Sahara et les Hauts plateaux. Il se trouve comme déjà dit que plus de 60 % de la population vit dans cette partie septentrionale de l'Algérie, qui supporte également la quasi-totalité de l'activité industrielle et agricole à l'exception évidemment des hydrocarbures.

Il en résulte que la région d'Algérie détenant les ressources hydriques concentre l'ensemble des pollutions domestiques, agricoles et industrielles (PAUC *et al.*, 1996).

Tableau 1 Les principaux Oueds exoréiques de l'Algérie du Nord et leurs apports annuels.

Table 1 *Principal ephemeral streams in Northern Algeria and their annual water supply.*

Principaux oueds	Apport moyen 10 ⁹ m ³ /an
Oued Chlef, Oued Kebir et Oued Rhumel	2,250
Oued Seybouse, Oued Sebaou, Oued Soummam, Oued El Kebir Est, Oued Isser Oued Djendjen, Oued Tafna, Oued Sidi Khelifa, Oued Kebir Ouest, Oued Macta Oued Agrioun, Oued El Hor, Oued Mazafran, Oued Guebli, Oued Kissir, Oued Drass Oued Damous, Oued Saf Saf, Oued El Arab, Oued El Ksob, Oued Hamiz, Oued Krani, Oued Nador, Oued Sebt, Oued El Hachem.	6
Oued Messelmoun, Oued Boudouaou, Oued Acif Taida, Oued El Hai, Oued El abid.	
Oued Ibahrissen, Oued Sikkek, Oued Allalah, Oued Chemoura.	0,700
Autres oueds de moindre importance	2,340
Total	11,29

4 – CAPACITÉS ET ÉTAT DE MOBILISATION DES EAUX DE SURFACE EN ALGÉRIE DU NORD

Actuellement, 98 ouvrages de retenues des eaux de surface sont en exploitation, ils représentent une capacité totale initiale de $4,319.10^9$ m³. Ils se répartissent d'après les données de l'ANB en :

- 40 barrages de capacité égale ou supérieure à 10.10^6 m³ totalisant un volume de retenue initiale de $4,237.10^9$ m³ pour un volume régularisable prévu de $2,052.10^9$ m³ ;
- 58 petites retenues de moins de 10.10^6 m³ qui totalisent $0,082.10^9$ m³.

Les ouvrages en cours de réalisation porteront ce nombre à 143. D'ores et déjà, l'Algérie se situe au premier rang des pays en voie de développement en nombre de retenues. Cependant, compte tenu de la qualité médiocre des sites possibles, les capacités de mobilisation en Algérie du Nord sont inférieures à celles du Maroc par exemple. Ce pays totalise un stockage de 10.10^9 m³ avec seulement 80 barrages. La rareté des sites de grandes dimensions a conduit à rechercher la multiplication de petites retenues et l'aménagement des cours d'eau et versants afin de limiter le problème de comblement sédimentaire des cuvettes.

Par ailleurs une diminution générale de la pluviométrie de l'ordre de 20 % au cours des 5 dernières décennies a été observée (ANRH 1993). Comme les autres facteurs du climat sont inchangés, il n'est guère crédible de voir là un

effet d'un éventuel changement de climat, mais plutôt de l'évolution du couvert végétal à la suite des pratiques agricoles (BENABDELLI *et al.*, 1995). Selon COTE (1983), le couvert végétal de l'Algérie du Nord est passé de 25 % à 10 % en un demi-siècle et seuls 6 % de la surface des bassins versants sont boisés. Cela entraîne des taux très importants d'érosion spécifique notamment dans les bassins versants côtiers (tableau 2).

Tableau 2 Érosion spécifique E_s et apports solides A_s .

Table 2 Specific erosion (E_s) and silt load supply A_s .

Pays	Oueds	Surfaces (km ²)	E_s (T/(km ² /an))	A_s (T/an) 10 ^{3*}
Maroc	Nekor	780	5900	4602
	Moulaya	51800	130	6734
	Oum Rabia	28500	420	11970
Tunisie	Mellegue	10300	695	7159
	Kébir	22	1313	29
	Medjerda	21800	430	9374
Algérie	Allalah	295	2701	797
	Damous	577	2879	1661
	Es Sebt	112	2950	330,5
	Messelmoun	218	3029	660,4
	El Hachem	217	2905	630,6

* les chiffres sont arrondis.

Du fait de la faiblesse des précipitations, de l'envasement et des fortes évaporations, les 98 ouvrages en fonctionnement, prévus pour retenir 4,319.10⁹ m³, ne contenaient en fait que 2,134.10⁹ m³ comme volume régularisé. Avec la réception des nouveaux ouvrages en projet (17 barrages en cours de réalisation et 25 en voie de lancement des travaux ainsi que l'étude de 800 sites de retenues collinaires), ce volume devrait être porté à 5,892.10⁹ m³; telles étaient la situation et les prévisions en 1995 qui ambitionnaient presque le triplement des volumes à mobiliser à l'horizon 2010 (Ministère de l'Hydraulique et de l'Équipement 1993). En 1995, il apparaissait que la perte de capacité des barrages et des retenues était de l'ordre de 50 %. Un objectif fondamental est donc de s'efforcer de minimiser le volume des déperditions. Le tableau 4 en dresse la situation.

5 - RÉDUCTION DES CAPACITÉS DE MOBILISATION PAR ENVASEMENT

Les taux très importants d'érosion spécifique, résultant dans une large mesure du déboisement et des pratiques agricoles, aboutissent au comblement souvent rapide des bassins de retenues. Il en résulte automatiquement une forte diminution de leur capacité à stocker les eaux de surface, créant un

fort déficit comme l'ont montré BENGHEDACHE et CHABOUNI (1995). Le tableau 3 présente quelques-uns de leurs résultats et montre l'ampleur du phénomène.

L'envasement annuel estimé par l'ANB pour l'ensemble des retenues en exploitation en 1995 correspond à peu près à $0,02.10^9$ m³ soit l'équivalent de deux petites retenues. Il est indéniable qu'avec la réception des nouvelles infrastructures et l'accélération de l'érosion en raison de la dégradation du couvert végétal des versants, ce volume sera nettement plus important en 2010. Les prévisions l'estiment à $0,482.10^9$ m³ (ANB, 1995) valeur très forte comparée à la précédente. Ceci représente le cumul des volumes perdus dans les barrages existants auxquels s'ajoutent les pertes dans les nouvelles retenues (43 barrages et 800 retenues collinaires). Cette situation est très préoccupante quant à la situation future des ressources en eau. Par ailleurs, la lutte contre l'envasement est coûteuse et pose de gros problèmes aussi bien pour la sécurité des ouvrages (déchaussement de digues) que pour l'évacuation des vases qu'on ne peut pas toujours remobiliser dans les eaux fluviales. L'accroissement rapide de l'envasement et la faiblesse de la pluviométrie cette décennie ont déjà fortement entamé les prévisions faites pour 2010. Ainsi, d'importants barrages (Keddara, Fergoug, Oued Fodda, Ghrib, Beni Amrane, Ksob, Foug El Gherza, Foug El Gueiss) ont déjà été mis en arrêt provisoire d'exploitation en décembre 2001, d'autres (Ain Dalia, Hammam Grouz) l'ont été en octobre 2002.

Tableau 3 Envasement de quelques barrages en exploitation.

Table 3 Active dams and their silt load status.

Barrages	Mise en exploitation	Capacité totale initiale	Capacité en 1996	Capacité perdue 1997
Fodda	1932	228	128	100
Bougezoul	1934	55	16,6	38,4
Ksob	1939/1975 *	37	25	12
Zardezas	1948/1975*	31	18,8	12,2
Ighil Amda	1954	155	69,7	85,3
Djorf Tolba	1969	360	299	61
Fergoug	1970	18	8	10
Sly	1985	285	275,7	9,3
Bouroumi	1986	220	215,5	4,5
AinZebda	1986	125	122,6	2,4
Gargar	1988	450	440	10

* barrage dont les digues ont été surélevées.

Les capacités sont exprimées en millions de m³.

6 – LES PERTES PAR ÉVAPORATION ET LES FUITES DANS LES RÉSEAUX

L'aridité du climat se traduit par une forte évaporation sur les retenues et réduit considérablement leur capacité de stockage. Malgré les pertes engendrées aucune évaluation précise n'a été faite à ce jour ; les services concernés ne prévoient ni l'utilisation de méthodes d'appréciation plus précises ni la recherche de moyens de lutte contre ce phénomène. L'évaporation est estimée à partir de la méthode traditionnelle du bac Colorado. Ainsi, l'évaporation dans les retenues de barrages est l'un des termes les plus imprécis du bilan hydrique. Le volume évaporé des retenues estimé en 1995 par la méthode du bac Colorado représente $0,427.10^9 \text{ m}^3$ (Ministère de l'Hydraulique et de l'Équipement). Les estimations de l'ANB à l'horizon 2010 prévoient le doublement de ce volume qui serait de $0,883.10^9 \text{ m}^3$.

L'autre cause de pertes considérables en eau est celle causée par les fuites dans les réseaux aussi bien d'AEP que pour l'irrigation des grands périmètres. La vétusté de l'infrastructure, le mauvais entretien et la non maîtrise des poses des nouveaux réseaux occasionnent près de 40 % de perte des volumes produits (TAABANI, 1995) soit $1,193.10^9 \text{ m}^3$ en 1995. Dans le but de réduire ces fuites, des programmes spéciaux de réfection et de réhabilitation sont prévus, ils ramèneraient le volume des pertes à $0,532.10^9 \text{ m}^3$ en 2010.

7 – LES EAUX SOUTERRAINES EN ALGÉRIE DU NORD

La géomorphologie de l'Algérie du Nord est dominée par des reliefs à fortes pentes. Elle est associée à une lithologie essentiellement marneuse, qui donne des séries peu ou pas perméables, mais aussi érodables. Ces caractéristiques entraînent que l'Algérie du Nord est défavorisée en matière d'eaux souterraines. Pratiquement, seules les grandes plaines alluviales plio-quadernaires en sont pourvues : Soummam, Mitidja, Djendjen, Sébaou, Annaba, Sidi Bel Abbès, Mostaganem, Mascara, Oran et les petites vallées qui entaillent l'Atlas Tellien. La puissance des horizons aquifères dépasse rarement les 30 mètres d'épaisseur. Par ailleurs, du fait de l'imperméabilité des sols, la réalimentation naturelle des aquifères est très faible.

En conséquence, les réserves en eaux souterraines sont en quantité limitée.

De plus, nombre d'entre eux sont surexploités au point que ceux qui se trouvent en bordure du littoral sont totalement dégradés par l'avancée des biseaux salés. Se trouvent dans cette situation les aquifères du bas Chlef et d'Oran à l'Ouest, du Sébaou, du Mazafran, du Nador, d'El Hachem au centre, et de Djendjen, la Soummam, du Zitoun et de Taher à l'Est.

Institutions (ANRH, Ministère de l'hydraulique et de l'Équipement) et chercheurs s'accordent autour d'un bilan de réserves exploitables de l'ordre de $1,256.10^9 \text{ m}^3/\text{an}$ (BENABDELLI et al., 1995, DJELFI, 1996 et HASSANI, 1993). En

1995, un volume de $0,849.10^9$ m³ a été soutiré. Il est prévu de porter ce volume à $1,180.10^9$ m³ en 2010 soit un accroissement de 38 % (CHAREF et KOUTI ; 1995). Un programme d'urgence de 2000 forages permettra ce renforcement en même temps que des efforts sont faits pour destiner les eaux souterraines aux seuls besoins en eau potable.

8 – ESTIMATION DES BESOINS EN EAU

Les différents bilans et les projections à terme établis par les chercheurs et les services Techniques du Ministère de l'Hydraulique et de l'Équipement font ressortir les besoins suivants :

8.1 L'eau potable

Les projections du nombre d'habitants dans le Nord de l'Algérie prévoient un passage de 15 à 25 millions d'habitants en 2010, dont 20 millions en zones urbaines (Office National des Statistiques : ONS 1994). Cela entraîne que les besoins en eau potable passeraient de $0,791.10^9$ m³ par an (valeur de 1995) à $1,524.10^9$ m³ soit une augmentation de 92 %. L'importance des volumes demandés implique un prélèvement dans le capital propre des nappes dont le renouvellement est hypothéqué puisqu'il n'est que de $1,256.10^9$ m³/an. Pour cette raison, la recherche d'autres sources, par exemple le recyclage des eaux usées grâce à des stations de traitement, et, même le dessalement de l'eau de mer autour des grands centres industriels portuaires a été choisie comme palliatif.

Des mesures d'accompagnement d'ordre politique ou réglementaire paraissent nécessaires afin de ne pas aggraver la situation. Par ailleurs la promotion et la généralisation de l'aménagement des cours d'eau au niveau des grandes plaines (Ain Defla, Chlef, Mitidja, Sébaou, Soummam, Mostaganem) peut contribuer à renforcer les infiltrations vers les nappes aquifères.

8.2 L'eau d'irrigation

L'agriculture est traditionnellement un secteur fortement consommateur d'eau. En 1995, elle a absorbé $1,216.10^9$ m³ (AGID 1995 et DJELFI, 1996). En se basant sur les programmes de développement agricole, de mise en valeur des terres et des capacités agro-pédologiques des sols, les besoins en 2010 ont été évalués à $7,630.10^9$ m³ soit un sextuplement par rapport à la consommation de 1995 ! Il est manifeste que compte tenu des pertes dans les retenues, des aléas de pluviosité et des besoins accrus en eau potable, cette demande est totalement irréaliste. Il faut privilégier la promotion de cultures peu avides d'eau, renforcer le programme de développement des techniques d'irrigation économes d'eau (goutte à goutte notamment), de promouvoir parallèlement la construction des petites retenues (seuils – retenues dans les oueds importants, et d'accélérer la réalisation du programme des

800 retenues collinaires prévues) et d'investir dans un programme de recyclage des eaux usées.

8.3 L'eau pour l'industrie

Il est très difficile de cerner la consommation réelle des industries car elles sont le plus souvent branchées sur le réseau général, et donc utilisent l'eau potable. Il s'agit là d'un gaspillage important de ce type d'eau. Tous secteurs confondus, l'industrie aurait utilisé en 1995 un volume de $0,120.10^9$ m³. Les besoins exprimés par le secteur industriel pour les années 2010 seraient de $0,230.10^9$ m³, soit presque un doublement.

8.4 Confrontation ressources – besoins et remarques sur les prévisions de 1995

Le tableau 4 traduit la situation en 1995. Il montre que près de la moitié des ressources mobilisées a été perdue sous diverses formes (Envasement, Evaporation et fuites dans les réseaux) soit $1,640.10^9$ m³. L'équilibre qui semble se dégager entre les volumes mobilisés et donc disponibles de $2,983.10^9$ m³ et les besoins de $2,127.10^9$ m³ n'est qu'apparent en raison des très grandes disparités régionales dans l'accès aux ressources en eaux. En effet les grands centres industriels (Alger, Oran, Annaba, Constantine, Arzew, Béjaïa, Tizi Ouzou) ainsi que beaucoup de grandes villes n'ont vu leurs besoins satisfaits que dans des proportions de 50 %. Le rationnement de l'eau potable dans toutes les villes a été de rigueur dès 1995 ; date à partir de laquelle d'importants déficits sont constatés.

Tableau 4 Situation des ressources mobilisées, consommées et perdues en 1995 (en 10^9 m³).

Table 4 *Situation of mobilized resources, needs and losses for 1995.*

Ressources mobilisées		Besoins		Pertes	
Eaux de surface	2,134	AEP	0,791	Envasement	0,020
Eaux souterraines	0,849	AEI	0,120	Fuites	1,193
		AEA	1,216	Évaporation	0,427
Totaux	2,983		2,127		1,64

Le tableau 5 synthétise les capacités de mobilisation des différentes catégories d'eau et met en valeur les pertes sous différentes formes telles que prévues pour 2010. (DJELFI, 1996, BENABDELLI *et al*, 1995). Il met en évidence que presque le tiers des ressources mobilisées (eaux de surface et eaux souterraines), soit $1,897.10^9$ m³ est perdu, de sorte que seulement $5,251.10^9$ m³ constituent le volume espéré pour être effectivement utilisé. Les fuites estimées sont considérables et tiennent comptent des programmes de rénovations et de réhabilitations des réseaux représentent tout de même des proportions considérables. Le cumul de l'envasement (barrages existants, prévus et retenues collinaires) représenterait le double des besoins en eaux nécessaires à l'industrie. Le tableau 6 établit la confrontation synthétique entre les ressources prévues et les besoins pour 2010.

Tableau 5 Synthèse des capacités de mobilisation en 2010 en 10^9 m³.**Table 5** Mobilizing water resources capacities for year 2010 in billion m³.

Potentialités	Ressources Mobilisables*	État des ressources prévues pour être mobilisées en 2010			
		Eaux de Surface	Eaux Souterraines	Pertes	Disponibilités
12,316	7,148	Retenues collinaires		Envasement	0,482
		0,076		Fuites	0,532
		Barrages	1,180	Évaporation	0,883
		5,892			5,251
		Total		1,897	
		5,968			

* les ressources mobilisables constituent l'ensemble des eaux souterraines auxquelles s'ajoutent les écoulements de surface dont la mobilisation au moyen de barrages est possible. La différence entre les potentialités (eaux souterraines et écoulements de surface) et les ressources mobilisables constitue les pertes par écoulement vers la mer.

Tableau 6 Confrontation besoins - potentialités en 2010 (en 10^9 m³.)**Table 6** Relation between needs and water potential capacities for year 2010 in billion m³.

Besoins en eaux				Déficit en 2010	
AEP 1,524	AEI 0,230	AEA 7,630	Total 9,384	Volume 4,133	
Ressources disponibles			5,251	Satisfaction 56 %	

Devant l'urgence, les moyens (humains et financiers) ont été mis en œuvre pour la réception rapide des infrastructures en phase de réalisation (Sikkak, Tichy-Haf, Koudiat M'douar, Ouled Mellouk et Sidi Mohamed Bentaiba) ainsi que l'accélération des projets de transfert. Il s'agit des projets de Béni Harou-Oued El Atmania (Constantine), Taksebt-Keddara (Alger) et Mostaganem-Arzew-Oran (Rapport du Conseil des Ministres du 30 décembre 2001). D'autre part, le programme établi par le Ministère de l'Hydraulique et de l'Équipement (Conseil des Ministres ; janvier 2002) concerne la réhabilitation des stations de traitement existantes et la réalisation d'unité de dessalement d'eau de mer pour Alger, Arzew et Oran. Ces installations prévues pour être fonctionnelles en juillet 2002 renforceront l'offre de 220.10^3 m³/j pour Alger, 120.10^3 m³/j pour Arzew et 100.10^3 m³/j pour Oran soit un apport supplémentaire total de $0,16.10^9$ m³.

Cette situation souligne l'importance des efforts à fournir en matière de protection et de rationalisation dans l'utilisation de la ressource et la nécessité d'une vision plus large de protection de l'environnement dont l'eau est l'élément vital.

9 – DÉGRADATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU

La qualité chimique de l'eau constitue, en plus de l'aspect quantitatif qui vient d'être exposé, un autre problème tout aussi préoccupant. La qualité des eaux s'est dégradée comme les autres paramètres de l'environnement, en conséquence de plusieurs facteurs :

- La majorité des unités industrielles est dépourvue d'infrastructure de pré-traitement et leurs rejets ne font l'objet d'aucun contrôle ;
- Les rejets des réseaux d'assainissement se font à ciel ouvert dans les oueds et atteignent donc facilement les nappes phréatiques ;
- Les agriculteurs réalisent leurs travaux d'amendement de manière empirique par manque de soutien technique, ce qui fournit à l'environnement des quantités incontrôlées de nitrates en particulier.
- L'absence d'une véritable politique environnementale.

Dans le cadre de cet article on se limitera au suivi des nitrates en tant qu'indicateur de la pollution d'origine agricole et domestique et des chlorures en tant qu'indicateur de la contamination des aquifères côtiers par l'eau de mer. Cette évaluation est basée sur les analyses des nappes dans les grandes plaines de la Mitidja, de Sidi Bel Abbès et du Chlef, et des eaux de surface de certaines retenues. On soulignera que les données disponibles sont rares, relativement anciennes mais parlantes.

9.1 Les eaux souterraines

Les eaux souterraines constituent le réservoir essentiel des eaux de boissons. Or on constate que leur teneur en nitrates augmente jusqu'à dépasser il y a une dizaine d'années les normes de potabilité (tableaux 7, 8 et 9). On prendra comme exemple le bassin du Chlef (tableau 7), de Sidi Bel Abbès (tableau 8) et du Mazafran (tableau 9). De nombreux points d'eau de la plaine du Chlef (par exemple : 110, 85, 39, 108 et 20 (tableau 7) présentent, malgré la dilution induite par les hautes eaux, des concentrations très élevées, variant entre 77 et 175 mg.L⁻¹, soit 66 à 288 % au-dessus de la norme admise de 45 mg.L⁻¹. De nombreux points de la plaine de Sidi Bel Abbès (par exemple : 169, 63 et 187 (tableau 8) montrent des concentrations comprises entre 100 et 200 mg.L⁻¹, soit 122 à 334 % au dessus de la valeur admise. Enfin, dans la plaine de la Mitidja (tableau 9), la moitié des puits présentent des concentrations en nitrates supérieures à 45 mg.L⁻¹. Seule la partie occidentale du bassin semble encore préservée. On constate, à l'examen du tissu urbain, agricole et industriel, que l'enrichissement en nitrates est étroitement lié aux activités agricoles et aux rejets domestiques urbains surtout lorsque les couches superficielles sont perméables. Par ailleurs, la surexploitation des aquifères côtiers, peu compensée par les apports aléatoires d'eau douce fluviale, conduit très souvent à une contamination des eaux souterraines par les eaux de mer (PAUC *et al.*, 1996 b). Ainsi, dans la région de l'Algérois, les concentrations en chlorures des eaux souterraines sont passées de 355 mg.L⁻¹ en 1989 à 3900 mg.L⁻¹ en 1993 dans deux forages de la vallée du Nador (70 km à l'Ouest d'Alger) (BOUDJADJA, 1996). Le forage qui alimente la ville de Douaouda, situé dans la vallée du

Mazafran (40 km à l'Ouest d'Alger a vu sa concentration en chlorures passer de 460 à 3650 mg.L⁻¹ (BOUDJADJA *et al.*, 1997). Dans la région orientale du pays, les plaines de Kissir, Bourchaïd, Soumam et Oued El Kebir montrent la même contamination. Dans les plaines côtières oranaises, la contamination est beaucoup plus grave car la concentration en chlorures dépasse 4000 mg.L⁻¹ depuis longtemps excluant totalement ces eaux de la consommation humaine.

Les deux seuls paramètres nitrates et chlorures montrent que la qualité des eaux souterraines est aussi préoccupante que sa quantité disponible. Nous ne disposons pas malheureusement de données récentes pour évaluer la dégradation de la qualité.

Tableau 7 Minéralisation et évolution des Nitrates de quelques points d'eau caractéristiques de la plaine du Chlef.

Table 7 *Mineralization and evolution of nitrate in some water location point in the region of Chlef.*

Puits*	N° Carte**	Coordonnées géographiques		Jan. 1990	Fév. 1991	Août 1991	Nov. 1992
		X	Y				
110	83	433 25	332 250	98	73	210	185
116	«	428 75	331 990	95	82	225	155
39	«	425 85	327 250	93	65	90	110
85	«	424 35	329 250	74	85	175	140
8	84	462 30	322 300	43	51	/	66
143	«	458 75	320 300	64	66	60	60
127	«	441 05	326 350	62	93	86	75
7	85	470 30	324 125	86	65	70	/
20	«	477 35	323 500	71	68	79	80
38	»	480 95	332 900	66	70	78	75

* le numéro d'inventaire est celui de L'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH)

** carte au 1/50 000 : 83 Ain Defla, 84 Miliana et 85 Djendel.

Les concentrations sont exprimées en 10⁻³ g/L.

Tableau 8 Minéralisation en Nitrates de quelques points d'eau caractéristiques de la plaine de Sidi Bel Abbès (Mars 1992).

Table 8 *Nitrate mineralisation of some specific water location point in the region of Sidi Bel Abbès.*

Puits*	176	169	198	63	187	153
NO ₃ (10 ⁻³ g/L)	86	100	96	196	196	67

* le numéro d'inventaire est celui de L'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH).

Tableau 9 Minéralisation et évolution des Nitrates de quelques points d'eau caractéristiques de la plaine de la Mitidja.**Table 9** Mineralization and evolution of nitrate in some water location point in the region of Mitidja.

Puits*	N° Carte**	Coordonnées géographiques		Mai 1995	Jan. 1986	Sept. 1986	Sept. 1987
		X	Y				
5	21	552 70	385 600	64	44	88	50
200	21	558 00	381 400	49	98	91	/
192	21	556 44	382 630	61	/	130	97
808	42	491 40	356 010	65	23	23	78
291	42	488 60	352 230	48	51	58	97
193	«	493 25	357 700	/	32	59	52
307	«	512 54	357 180	/	98	56	53

* le numéro d'inventaire est celui de L'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH).

** carte au 1/50 000 : n° 21 Alger et n° 42 Larbaa.

Les concentrations sont exprimées en 10^{-3} g/L.

9.2 Les eaux de surface

Les rares analyses dont on dispose semblent montrer que la pollution par les nitrates touche moins les retenues de barrages. Ceci s'explique par la configuration des retenues en amont desquelles il n'y a pratiquement presque aucune activité agricole (zones montagneuses aux pentes raides et de très faible densité de population).

La baisse des concentrations en période des hautes eaux dans certains oueds atteste cependant de leur vulnérabilité durant les périodes de moyennes et basses eaux (tableau 10).

Tableau 10 Teneurs en nitrates et leur évolution dans quelques retenues de barrages et cours d'eau (1991-1992).**Table 10** Evolution of nitrate concentration in some dams and streams (1991 - 1992).

Oueds - Barrages	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
Oued Mazafran	20	25	30	47	50
Oued Chlef Moyen	24	25	35	30	48
Barrage Hamiz	5	6	5	7	9
Barrage Ghrib	12	8	17	10	10

Les concentrations sont exprimées en 10^{-3} g/L.

10 – CONCLUSIONS

Du point de vue quantitatif, les ressources hydriques de l'Algérie du Nord sont limitées. Si les autres paramètres du milieu, taux démographique, urbanisation, pratiques agricoles, suivent leur évolution prévisible, l'écart entre les ressources disponibles et les besoins ira en croissant dans les prochaines années. Il est par conséquent urgent de mobiliser des ressources autres que conventionnelles. En particulier la pratique du recyclage systématique des eaux usées doit être promue fortement, c'est le secteur le plus prometteur. Parallèlement, la généralisation de la petite hydraulique rurale (captages des sources à usage local, retenues collinaires) et la rationalisation de l'irrigation, doivent être encouragés. La solution extrême, car elle est très coûteuse s'est imposée en janvier 2002 pour Alger, Arzew et Oran. Elle consiste en une option pour les usines de dessalement sur la côte, fonctionnant bien évidemment au gaz naturel. En outre, d'autres mini stations de dessalement sont décidées pour les villes à vocation touristique (Tipasa, Béjaïa, Ténès, Zemouri etc.).

Du point de vue qualitatif également, les eaux qu'elles soient de surface ou souterraines, se dégradent de façon continue en liaison avec l'environnement. Cette situation, si elle n'est pas enrayerée, entraînera des coûts de traitement très élevés des eaux potables. Une politique drastique de l'environnement doit être entreprise, afin de limiter les rejets, entre autres, des nitrates, phosphates etc. afin de limiter les pompages trop puissants dans les bassins littoraux pour éviter de faire remonter les sels dans les nappes côtières.

Le survol que nous venons de tenter montre que le problème de l'eau en Algérie du Nord est fondamental et pratiquement stratégique tant l'écart entre les ressources et les besoins augmente, tant du point de vue quantitatif que qualitatif. La maîtrise de cette problématique passe par la promotion renforcée d'un certain nombre de pratiques tendant à mieux gérer la ressource, la consommation, la recherche.

- Gestion de la ressource : construction de retenues collinaires, aménagement des cours d'eau (alimentation des nappes et agriculture) ; réalimentation des aquifères ; aménagement des versants pour lutter contre l'envasement des barrages.
- Gestion de la consommation : protection de l'environnement (recyclage des eaux usées) ; subordination de la politique d'aménagement à la question de l'eau ; maîtrise de la démographie.
- Promotion de la Recherche : renforcement de la formation de cadres en Sciences de l'eau (hydrogéologues, hydrauliciens, chimistes de l'eau, traitement des eaux usées etc.) ; révision et renforcement des services de gestion des eaux (de la recherche au traitement) ; étude de la possibilité d'utiliser des ressources en eau non conventionnelles (eaux usées) en agriculture.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AGID : Agence Générale d'Irrigation et de Drainage, Aménagement hydroagricole de la Mitidja, 1995. Projet.
- AGID : Agence Générale d'Irrigation et de Drainage, Aménagement hydroagricole du Sahel Algérois Ouest, 1998. Projet.
- ANB : Agence Nationale des Barrages, 1995. Rapports sur les infrastructures hydrauliques. Doc internes.
- ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques, 1993. Annales pluviométriques.
- ARRUS R., 1985. « L'eau en Algérie ». Office des Publications Universitaires (OPU) Alger.
- BENABDELLI K., MEDERBAL K., MOHAMMEDI H. *Comptes rendus 2^e colloque national : Climat – Environnement*. Environnement écologique et gestion intégrée des ressources hydriques. Centre Familial Bouisville Oran 24/25. Déc. 1995. pp 58-61.
- BENGHEDACHE B., CHABOUNI I. *Comptes rendus 2^e colloque national Climat – Environnement*. L'ensablement des barrages en Algérie. Centre Familial Bouisville Oran 24/25. Déc. 1995. pp 24-31.
- BOUDJADJA A., 1995. *Comptes rendus des 2^e Journée Scientifique et Technique du Génie Rural*. Estimation empirique et expérimentale du transport solide dans la région Ouest du Côtier Algérois. Université de Blida. 22 Nov. 1995. pp 22-28.
- BOUDJADJA A., 1996. *Actes du 1^{er} Forum Régional sur les eaux et maladies à transmission hydrique*. Dégradation des caractéristiques et de la potabilité chimique des eaux souterraines dans la région côtière de la Wilaya de Tipasa et suggestions pour la préservation de leur qualité. Sanitaire de Tipasa 13 mai 1996. pp 1-10.
- BOUDJADJA A., MESSAHEL M., HADJ KADDOUR B., 1997. Ground water quality degradation in coastal aquifers case study : O. Nador and O. Mazafran aquifers Algiers. International Conference on Water Problems in the Mediterranean Countries, Near University Nicosia, North Cyprus. 17/21 Nov. 1997.
- BOUDJADJA A., 1999. *Comptes rendus du regroupement régional de l'éducation environnementale de Tipasa*. L'eau en Algérie : une urgence et un défi. CEM. Rabta Tipasa 14/15 Mai 1999.
- CHAREF O., KOUTI A., 1995. *Comptes rendus 2^e colloque national Climat-Environnement*. La politique actuelle de l'eau en Algérie. Centre Familial Bouisville Oran 24/25. Déc. 1995. pages 1- 6.
- CONSEIL DES MINISTRES. Rapport du conseil d'urgence sur l'eau. Liberté n° 2811 du 6.01.2002.
- COTE M., 1983. L'Espace Algérien. Office des Publications Universitaires (OPU) Alger.
- DJELFI M., 1996. Mobilisation et accroissement des ressources en eaux des bassins versants tributaires de la Méditerranée. Th. Magister. École Nationale de l'Hydraulique de Blida 220 p.
- KHOUTI A., 1995. *Comptes rendus 2^e colloque national : Climat – Environnement*. L'eau dans la wilaya d'Oran : un problème environnemental de premier ordre. Centre Familial Bouisville Oran 24/25. Déc. 1995. pp 148-157.
- MINISTÈRE DE L'HYDRAULIQUE ET DE L'ÉQUIPEMENT – COMMISSION DE LA COMMUNAUTÉ ÉCONOMIQUE EUROPÉENNE, 1990. Stratégie de la gestion des eaux dans les pays méditerranéens horizon 2010. Actes de la conférence ministérielle, Alger.
- HASSANI I., 1993. Les eaux souterraines : une ressource en péril. El Watan du 17 mai 1993.
- INSTITUT NATIONAL DE LA STRATÉGIE GLOBALE : INESG, rapport de 1995.
- OFFICE NATIONALE DE LA STATISTIQUE. ONS, Revue Statistiques, Annales et publications des résultats des recensements de 1966, 1987, 1997, enquête par sondage 1994.
- PAUC H., BENSLAMA L., BERKANE S. 1996b, Les apports fluviaux en Méditerranée, leurs charges polluantes, leurs effets sur le milieu, 8^e Rencontre de l'Agence Régionale pour l'Environnement PACA. 10-11 octobre 1996, Nice.

-
- TAABANI M., 1995. *Comptes rendus 2^e colloque national : Climat – Environnement. L'eau et l'aménagement dans l'ouest algérien : ressources, utilisation et arbitrage*. Centre Familial Bouisville Oran 24/25. Déc.1995. pp. 108-123.