

Evaluation et exploitation des ressources en eau dans un système aquifère sud méditerranéen exemple de Annaba – El Tarf (Nord Est de l'Algérie)

BOUSNOUBRA H.¹, CHETTAB N.², KHERICI N.¹, ROUSSET Cl.³

1-Université BADJI Mokhtar. Faculté des sciences de la terre. Département de Géologie

2- Université BADJI Mokhtar. Faculté des sciences économiques et de gestion. Département d'Economie
Annaba. Algérie.

3-Université de Provence. Laboratoire de chimie et environnement..France

Résumé

De part son climat à dominance continentale, l'Algérie s'inscrit parmi les pays à faibles potentialités hydriques et à faible dotation . De plus, ses ressources en eau sont doublement menacées, d'une part par l'augmentation de la population , d'autre part par la dégradation engendrée par l'activité humaine. A long terme, en raison des pressions accrues sur les ressources en eau , l'eau va constituer un enjeu socio-économique voire même écologique. C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude.

La synthèse des données physico-chimiques (géologiques, hydrogéologiques, hydrochimiques) et démographiques sur une longue période d'observation, a permis d'étudier la situation actuelle des ressources en eau, en vue d'une meilleure exploitation et gestion future de ces ressources, qui se trouvent fragilisées par des contraintes socio-économiques .

La confrontation entre offre et besoins en eau en rapport avec le développement socio-économique a montré une insuffisance importante et un déficit considérable dans la dotation et la distribution des eaux. Cette situation nécessite la mise en place d'un schéma d'exploitation plus efficace et plus fiable et des recommandations opérationnelles pour une gestion optimale à long terme de ces ressources.

Mots clés: Ressources en eaux, évaluation, approvisionnement, gestion, Annaba-El Tarf.

Evaluation and exploitation of water resources in a south mediterranean aquifer : example of Annaba-El Tarf (North-East of Algeria)

Abstract

Besides its climate, Algeria is classified among the countries which have weak water potentialities and endowment. Moreover, water resources are threatened for a double reason, on the one hand by the population increase and on the other by the degradation which is due to the human activity. Because of the increase pressure on water resources, the latter will to a long term constitute a socio-economic stable indeed ecological. This present study fits in with this contest.

The synthesis of physico-chemical (geological, hydrogeological, hydrochemical) and demographically data , on a long period of observations, has allowed to study the present position of future resources of water, as to a better exploitation and the future resources management which have been weakened by the socio-economical constraints.

The collation between water supply and demand with respect to the socio-economical development has showed an important lack and a substantial deficit in water dotation and management. This situation lets look for other solutions to fill up the present deficit and the futures needs .

Key words: Water resources, evaluation, provisioning, management, Annaba-El Tarf.

INTRODUCTION

L'environnement de la ressource en eau de surface et souterraine, constitue un enjeu socio-économique, voir même écologique dans le monde (Mokollo, 1984; Margat, 2000; Weihong, 2000;...) et en particulier en Algérie (Mébarki, 1984, Ghachi, 1986, Khérici, 1985 ; 1993; Djabri, 1996). Sa gestion, en fonction des usages essentiels, oblige chaque pays à prendre des décisions importantes. Selon la FAO, la demande mondiale en eau potable va doubler tous les vingt ans. A l'échelle mondiale, les ressources en eau renouvelables disponibles par habitant, sont aujourd'hui inférieures de moitié à ce qu'elles étaient dans les années soixante, ce taux devrait encore chuter de moitié d'ici l'an 2025 pour certains pays. Dans le bassin méditerranéen oriental, la demande en eau est largement supérieure à l'offre (Conseil d'Europe, 2000), d'où des conflits transfrontaliers peuvent être provoqués; ainsi les besoins en eau par personne sont très faibles et sont souvent inférieurs à 400 m³/personne/an (Malt, Moyen Orient, Algérie, Tunisie, Libye).

L'Algérie, très peu favorisée par la nature de son climat, est confrontée à un déficit hydrique chronique à cause du déséquilibre entre les ressources et les besoins. Ces derniers ont tendance à augmenter dans le temps.

La présente étude, basée sur une documentation abondante, admet une vision synthétique accompagnée de chiffres régionaux, s'inscrivant dans ce contexte. Elle recouvre la région de Annaba-EL Tarf (extrême Nord-Est algérien), permettant une évaluation des ressources en eau et une confrontation entre offres et besoins en eau en rapport avec le développement socio-économique à long terme.

CADRE GENERAL

La région d'étude d'une superficie d'environ 1000 km² se situe à l'extrême Nord Est algérien (Fig.1), limitée au Nord par la mer méditerranée, à l'Est par la frontière algéro-tunisienne, à l'Ouest et au Sud par les wilayas de Skikda, Guelma et Souk Ahras.

C'est l'une des régions les plus arrosées d'Algérie. Elle est soumise au climat méditerranéen, caractérisé par une saison pluvieuse d'octobre à mai et un été sec et ensoleillé. Les moyennes annuelles des précipitations sont du Sud au Nord très variables de 450 à 1000 mm (plus de 1000 mm à Cap Rosa), celles de l'évapotranspiration varient de 500 à 540 mm/an avec une infiltration comprise entre 80 et 280 mm/an. Bien entendu l'infiltration est évaluée après estimation du ruissellement par la méthode de TIXERON-BERKALOFF ($R = P^3/3ETP^2$) et complétée par une comparaison des conditions environnantes de chaque zone du terrain étudié. Ainsi les facteurs pris en compte sont: la topographie, la végétation, la nature du sol et l'intensité de la pluie. De ce fait la faible topographie, la présence de couverture végétale, la bonne perméabilité du sol et la faible intensité de la pluie influent avantageusement pour l'infiltration, le cas contraire agit positivement sur l'autre paramètre (ruissellement).

La géologie de la région indique deux grands ensembles principaux, l'un constitué d'affleurements de bordures, caractérisé par des formations paléozoïques et tertiaires et l'autre, composé de formations de remplissage définissant le Quaternaire (Fig. 2).

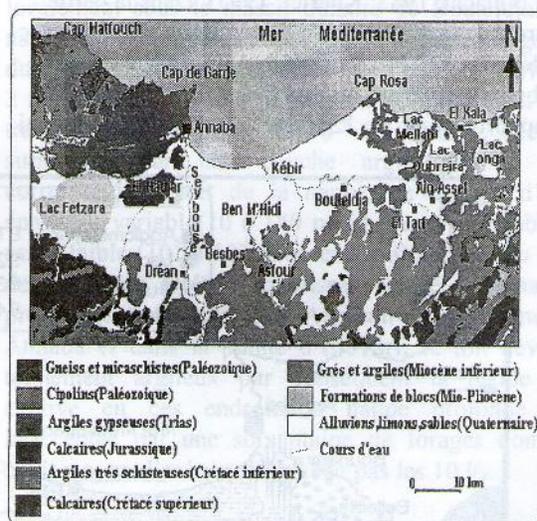


Fig. 2: Carte Géologique de la zone d'étude (Vila, 1980)

A la suite des conséquences orogéniques de la phase alpine du Miocène inférieur, il s'est produit dans le domaine étudié un enfoncement progressif des grès (grès numidiens), sous un remplissage de formations continentales (galets, graviers, sables, argiles, ...etc.) plio-quaternaires. Ce remplissage constitue l'essentiel des réservoirs aquifères des plaines (Annaba, El Tarf, El Kala ...) du fait de sa structure lithologique (Fig.3). Ainsi les formations de bordures (métamorphiques et gréseuses) sont de moindre potentialités hydriques et ne constituent

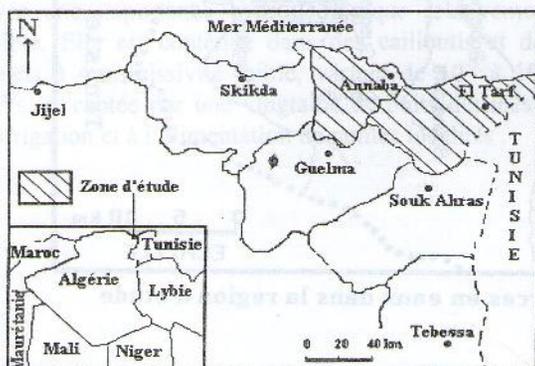


Fig. 1: Carte de situation géographique de la zone d'étude

généralement que des zones d'alimentation des nappes par ruissellement.

(Khérici, 1993; Djabri, 1996). Ces oueds et leurs affluents sont captés dans des barrages et de retenues collinaires régularisant un volume d'eau important (Tab. 1).

Malgré les volumes ruisselés relativement élevés (environ 668 Mm³/an), seule une quantité d'eau limitée est mobilisée donnant actuellement 100 Mm³. Ce potentiel hydrique se limite donc, aux eaux du barrage de la Chaffia (95 Mm³) et aux eaux des retenues collinaires (environ 5 Mm³/an), utilisé pour l'alimentation en eau potable, l'irrigation et l'industrie

Tableau 1: Apport annuel moyen des oueds, période d'observation (1967/2000)

Oueds	Apports annuels moyens Mm ³	Barrages, retenues collinaires et utilisation
Bouamoussa	127	Barrage de Cheffia 95 Mm ³ (AEP, AEI, AEA)
Seybouse (Chihani)	122	-
Boulathane	15	Barrage en projet 42 Mm ³ (AEA)
Guergour	08	Barrage en cours de réalisation 20Mm ³ (AEA)
Kébir Est (Ain El-Assel)	295	Barrage en projet Mexcna 40 Mm ³ (AEP, AEA)
Zitouna	52	Retenue collinaire 3 Mm ³ (AEA)
Bouhalloufa	49	Barrage en cours de réalisation 20 Mm ³ (AEA)
Total	668 Mm³	

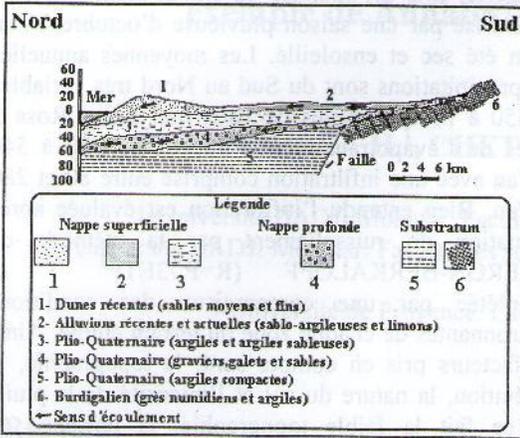


Fig. 3: Coupe schématique du système aquifère de Annaba-El Tarf

RESSOURCES EN EAU DE SURFACE ET POTENTIEL HYDRIQUE

Le réseau hydrographique est développé surtout dans la partie nord orientale (Fig. 4), avec essentiellement l'oued Kébir Est, qui prend naissance en Tunisie, avec un apport annuel de l'ordre de 295 Mm³ (Ghachi, 1982; Khérici, 1993). Dans la partie centrale de la région passe l'oued Bouamoussa avec un débit de 127 Mm³/an environ. Enfin l'oued Seybouse provenant du Sud Ouest de la région avec un apport annuel de 122 Mm³ à la station de Chihani

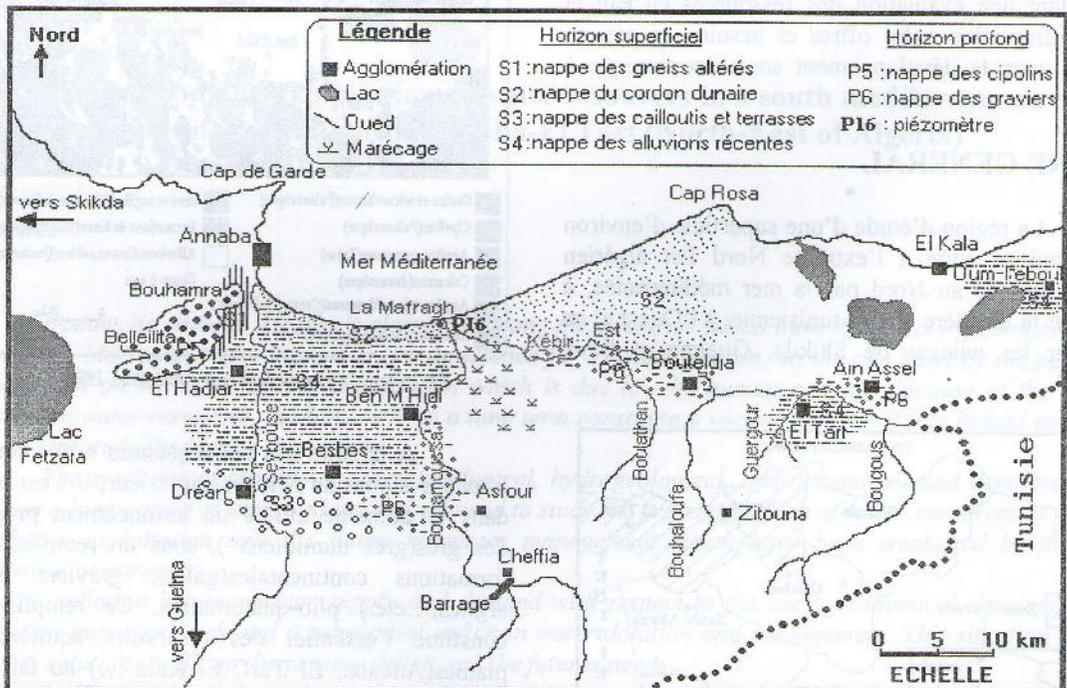


Fig. 4: Localisation des principales ressources en eaux dans la région d'étude

RESSOURCES EN EAUX SOUTERRAINES ET POTENTIEL HYDRIQUE

Pour estimer les ressources en eaux souterraines dans la région, il est nécessaire d'identifier et de définir les différents systèmes aquifères (Fig. 3).

Selon la variation lithologique latérale et verticale, nous pouvons identifier deux principaux horizons aquifères, l'un superficiel et l'autre profond (Fig. 4), dont les forages et les puits qui les traversent, fonctionnent périodiquement (certains forages, destinés à l'irrigation, ne fonctionnent qu'en périodes sèches).

Horizon superficiel

Il représente quatre types de nappes aquifères superficielles: la nappe des gneiss altérés, la nappe du cordon dunaire, la nappe des cailloutis et terrasses et la nappe des alluvions récentes.

-La nappe des gneiss altérés (S1) est située sur les flancs des massifs métamorphiques de Annaba (Bouhamra-Belleilita). Elle est captée par une dizaine de puits et de forages dont leur débit moyen ne dépasse pas les 3 l/s. Elle a une épaisseur de 15 m et une transmissivité moyenne de 10^{-5} à 10^{-4} m²/s.

-La nappe du cordon dunaire (S2) est une nappe libre (Khérici 1993) limitée sur une bande littorale de 0.5 à 2 km de largeur à l'Ouest et de 10 à 15 km à l'Est, contenue dans des sables dunaires éoliens de granulométrie fine à moyenne où s'intercalent des lentilles d'argiles. Le long du littoral, la nappe est drainée par la mer méditerranée; à l'Est elle est alimentée par les eaux de ruissellement des massifs numidiens et au Sud elle alimente la nappe des graviers et affleure en plusieurs points sous forme de marécages. Son épaisseur varie de 15 m (à Annaba) à 120 m (à Bouteldja). Elle a une transmissivité qui oscille entre 10^{-3} et 10^{-2} m²/s et une porosité efficace de l'ordre de 11% (Khérici, 1985, 1993); elle est exploitée par une quarantaine de puits et de forages dont le débit moyen avoisine les 25 l/s.

-La nappe des cailloutis et terrasses (S3) apparaît seulement au Sud de Annaba avec une importance hydrogéologique relativement faible. Elle est contenue dans des cailloutis et des galets à transmissivité faible, variant de 10^{-5} à 10^{-4} m²/s, et captée par une vingtaine de puits destinés à l'irrigation et à l'alimentation de petites localités.

- La nappe des alluvions récentes (S4) est formée par des alluvions récentes et actuelles à texture argilo-sableuse, couvrant la majeure partie des plaines avec une épaisseur variant de 10 m (à Annaba) à 50 m (à Bouteldja), on la retrouve également dans la plaine d'El Tarf et de Oum Teboul, mais avec une épaisseur relativement faible. La transmissivité de cette nappe varie de 10^{-6} à 10^{-3} m²/s. Elle est captée par une soixantaine de forages et puits dont le débit moyen varie de 2 à 15 l/s.

Horizon profond

Il est représenté localement par deux types de nappes profondes: la nappe des cipolins et la nappe profonde des graviers.

-La nappe des cipolins (P5) est contenue dans des cipolins fissurés, localisée au Nord Ouest de Annaba (massif de Bouhamra-Belleilita); captée par moins de cinq forages, son épaisseur varie de 12 à 80 m. Les débits moyens d'exploitation des forages sont de l'ordre de 15 l/s et les transmissivités varient de 5.10^{-5} à 10^{-3} m²/s.

-La nappe des graviers (P6) se situe en dessous de l'aquifère superficiel, couvrant les plaines d'effondrement; elle s'étend du côté du lac Fetzara à l'Ouest jusqu'à la plaine d'El Tarf et disparaît localement sous le massif dunaire de Bouteldja. La nappe est contenue dans des graviers, sables et galets du Plio-quatenaire. L'épaisseur de l'aquifère varie de 2 m (à Asfour) à 150 m (à Bouteldja), présentant une transmissivité moyenne de 10^{-4} à 10^{-3} m²/s; elle est surmontée par une couche argilo-sableuse qui correspond au toit de la nappe, ce dernier d'une épaisseur variable (10 à 140 m) et d'une perméabilité assez faible (10^{-9} à 10^{-8} m/s) tend à disparaître au Sud de Annaba (à Dréan) en laissant place à la nappe profonde qui devient libre. Au centre de la plaine de Annaba et dans la plaine d'El Tarf, le toit devient totalement argileux par conséquent la nappe est captive en ces endroits. La nappe profonde est interceptée par une soixantaine de forages dont le débit moyen d'exhaure n'excède pas les 10 l/s.

POTENTIEL HYDRIQUE DES EAUX SOUTERRAINES

A partir d'approches hydrogéologiques simples et en se basant sur les formules de réserves renouvelables définies par Castany, 1982 et Detay 1993; 1997, nous avons estimé le potentiel hydrique du système aquifère de Annaba - El Tarf que nous avons consignés au tableau 2.

Tableau 2: Réserves renouvelables des systèmes aquifères de Annaba-El Tarf(1967-2000)

Zones	Systèmes aquifères	Superficie(km ²)	S ou m _e (%)	Réserves renouvelables(Mm ³)
Annaba	Alluvions récentes et actuelles	320	13	40
	Terrasses	Faibles potentialités hydriques		
	Gneiss altérés	67	2	1.5
	Cordon dunaire	10	10	3
	Graviers	300	0.2	13
	Cipolins	80	0.5	2
Total	Système aquifère de Annaba			60
El Tarf	Plaine de Bouteldja	110	0.2	16
	Plaine d'El Tarf	100	0.1	15.5
	Plaine d'OumTeboul	50	0.15	9.52
	Massif dunaire de Bouteldja	170	20	34
Total	Système aquifère d'El tarf			75
Total	Systèmes aquifères de Annaba-El Tarf			135

S :coefficient d'emmagasinement m_e : porosité efficace

Il apparaît que le système aquifère de Annaba globalise un volume total en eaux souterraines de l'ordre de 60 Mm³ dont la nappe alluvionnaire fournit à elle seule 40 Mm³. Quant au système aquifère d'El Tarf, il révèle un volume total de 75 Mm³ dont la principale nappe est celle du massif dunaire fournissant plus de 34 Mm³.

Les ressources en eaux souterraines exploitables des systèmes aquifères de Annaba-El Tarf se localisent principalement dans les formations du Plio-quaternaire. Ces derniers offrent une réserve renouvelable de l'ordre de 135 Mm³ avec un potentiel d'eau souterraine mobilisable extraite par forages de l'ordre de 83 Mm³.

En somme, on note que le volume des ressources en eaux superficielles et souterraines s'élevé à plus de 800 Mm³; seule une quantité limitée de ces ressources est mobilisée soit 100 Mm³ d'eau superficielle et 83 Mm³ d'eau souterraine.

SITUATION ACTUELLE DE L'APPROVISIONNEMENT EN EAU ET BESOINS FUTURS

BESOINS EN EAU POTABLE

La population urbaine et agglomérée dans la région de Annaba-El Tarf est en augmentation croissante, néanmoins le taux d'accroissement global moyen a tendance à diminuer dans le temps. Il s'approchait de la valeur de 3.5% dans les années 90, alors qu'actuellement il se réduit à 1.8% pour la population de Annaba et à 2% pour la population d'El

Tarf. De ce fait en l'an 2000, la population est de 574050 habitants pour la Wilaya de Annaba et de 355550 habitants pour la wilaya d'El Tarf. A partir de ces taux d'accroissement une évolution de la population a été calculée en fonction du temps afin de prévoir les besoins.

Le volume distribué est le cumul des volumes enregistrés sur les compteurs des différents abonnés(usagers). Si nous prenons comme année de référence l'année 2000, le volume total(AEP, AEI, AEA) produit pour la région de Annaba-El Tarf varie en fonction des saisons, autour de la valeur de 78 Mm³(EPEA, 2001), dont 44 Mm³ sont affectés à l'AEP. Ce dernier distribué sur la totalité de la population (929600hab.) pour une dotation de 150 l/hab./j, soit un taux de satisfaction de 87%, étant donné les besoins en eaux de 50,89 Hm³ enregistrés pour la même année. Pour le même volume distribué en l'an 2005 le taux de satisfaction décroît aux environs de 78% du fait de l'augmentation de la population (1020164 hab.) par conséquent les besoins en eau augmentent à 55.85 Mm³; en maintenant le même raisonnement à l'horizon 2015 les besoins en eau atteignent 67.27 Mm³ avec un taux de satisfaction de 65% en rapport avec une population qui sera de 1228705 habitants et enfin en l'an 2025, les besoins en eau avoisinent 81 Mm³ qui correspondraient à une population de 1480011 habitants et un taux de satisfaction de 54%.

BESOINS EN EAU D'IRRIGATION

La consommation en eau d'irrigation varie selon le type de culture(Tab.3), la superficie irriguée, les conditions climatiques et les techniques d'irrigation employées.

Tableau 3: Besoins en eau d'irrigation du domaine de cultures en plein champs dans la région de Annaba-El Tarf(Khérici, 1993)

Type de culture	Agrume	Néflier	Sorgho	Mais	Tomates industrielles	Pomme de terre	Melon-pastèque	Haricot vert	Piment-poivron	Concombre	Autres maraichers
Besoin (m ³ /ha /an)	5040	2880	3840	1920	5360	720 à 1200	1680	1680	4800	4080	2400

En raison de sa géomorphologie(vastes plaines alluviales à faibles pentes) et de son climat favorable, la région compte une superficie agricole importante de l'ordre de 20866 hectares(ANAT, 2000) se répartissant comme suit:

- Périmètre d'irrigation de Bounamoussa avec 13976 ha.
- Périmètre d'irrigation de Bouteldja avec 4310 ha.
- Périmètre d'irrigation d'El Tarf avec 2580 ha.

Du point de vue superficie, les différents maraichers, le melon-pastèque et la tomate industrielle occupent les premiers rangs. En utilisant une norme d'irrigation moyenne de 5000 m³/ha/an, le besoin total serait de 100 Mm³/an. Ce chiffre relativement important dépasse largement les ressources actuellement

mobilisées; c'est pourquoi nous avons jugé utile d'adopter une norme locale moyenne de 3600 m³/ha/an donnant ainsi un besoin total en l'an 2000 de l'ordre de 75 Mm³/an. Or les affectations ne sont que de 6 Mm³/an dont le déficit est comblé en partie par des prélèvements illicites d'eau de rivières, de puits et de forages eu égard de leur potabilité souvent douteuse. Ainsi la demande en eau d'irrigation évolue dans le temps en rapport avec la mise en valeur des terres agricoles(Fig. 5). Entre autre, la figure 5 montre une évolution assez marquée de 1987 à 1990 des besoins en eaux d'irrigation, ce qui correspondrait, au début de la privatisation du secteur agricole par dissolution des domaines autogérés.

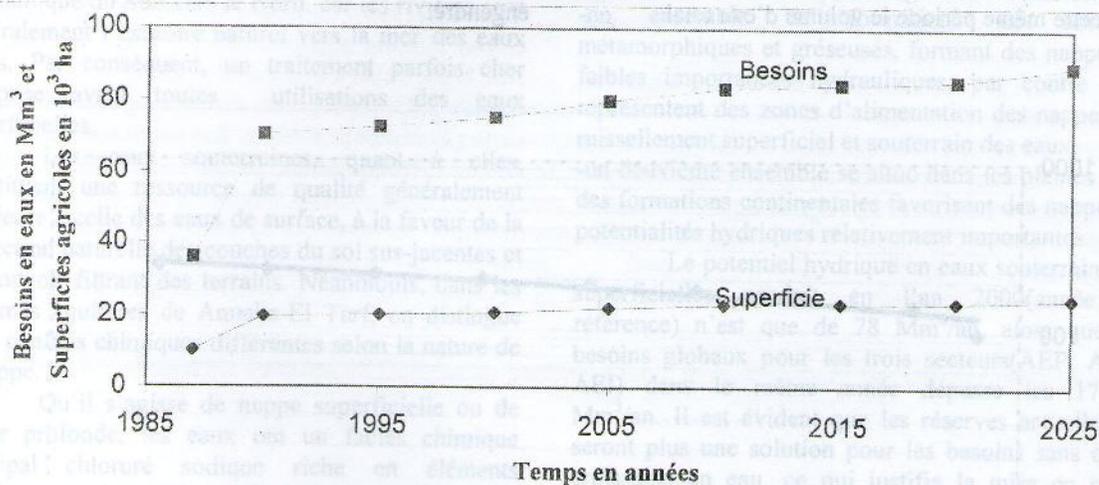


Fig. 5 :Evolution des besoins en eaux d'irrigation en fonction du temps

BESOINS EN EAU INDUSTRIELLE

Les quantités d'eau nécessaires pour l'industrie sont différentes et correspondent à des emplois de valeurs ajoutées inégales. La projection des besoins en AEI(alimentation en eaux industrielles) pour les horizons futurs, est établi sur la base d'un rapport moyen globalisé de

l'ANAT(agence nationale d'aménagement du territoire 1996, 2000), mettant en rapport les besoins totaux en eau des zones industrielles sur le nombre d'emploi, où la moyenne théorique est de 740 m³/El/an.

Il se dégage que les besoins en eau industrielle sont de l'ordre de 45,95 Mm³/an (2000), or les affectations à la même année sont de 28 Mm³ ne couvrant que 60% des besoins réels (Tab.4). Pareillement pour l'agriculture, le déficit observé est satisfait en partie par des lâchées irrégulières provenant du barrage Bouhamdane situé au Sud (dans la wilaya de Guelma) et voir dans certains cas par le recyclage des eaux usées industrielles. Il convient de noter que le développement industriel dans la région

d'étude est très marqué entre 1987 et 1995 dû sans doute à la politique de privatisation de ce secteur.

RESULTATS ET SYNTHESE

D'après l'étude (Tab. 4), les données de l'année 2000 montrent une insuffisance importante en eaux potables, d'irrigation et industrielles, avec relativement un déficit accru, à titre indicatif :

Tableau 4: Evolution globale des besoins (Mm³/an) en eaux dans la région de Annaba-El Tarf

Années	1987	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Besoins en Mm ³ /an									
AEP (150l/j/ha)	39,97	42,26	46,37	50,89	55,85	61,29	67,27	73,83	81,03
AEI (740m ³ /EI/an)	21,07	28,01	40,88	45,95	49,41	52,88	56,35	59,8	63,29
AEA (3600m ³ /Ha/an)	36,10	70,30	72,40	75,12	79,92	83,47	84,55	85,58	89,67
Besoins globaux	97,14	140,57	159,65	171,96	185,18	197,64	208,19	219,21	233,99

-AEP: pour une dotation de 150 l/j/hab., les besoins sont d'environ 50,89 Mm³/an, le taux de satisfaction n'est que de 87%.

-AEA: pour une superficie de 20,86.10³ ha et une dotation de 3600 m³/ha/an, les besoins sont de 75,12 Mm³/an.

-AEI: pour une estimation de 740 m³/EI/an (ANAT 1996, 2000), les besoins d'eau industrielle sont d'environ 45,95 Mm³ dépassant largement le volume disponible (distribué) actuellement.

Les besoins globaux pour les trois secteurs utilisateurs en l'an 2000 sont de 171,96 Mm³/an, alors qu'à cette même période le volume d'eau total

produit n'est que de 78 Mm³ (Fig. 6). On remarque donc qu'un déficit global de 93,96 Mm³ est déjà engendré.

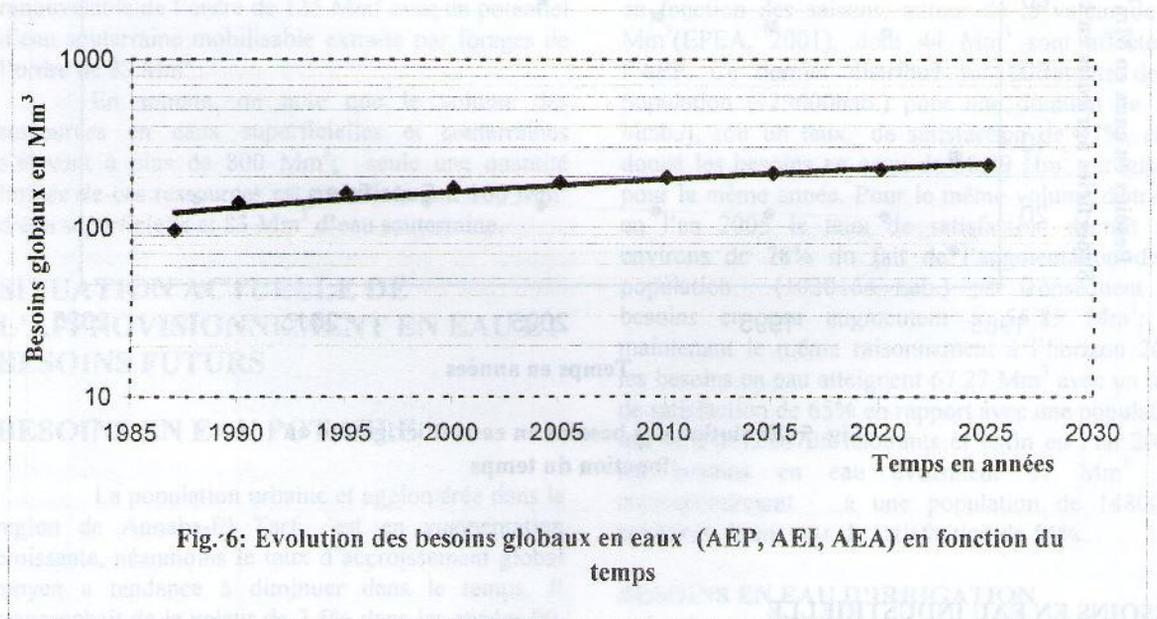


Fig. 6: Evolution des besoins globaux en eaux (AEP, AEI, AEA) en fonction du temps

Dans tous les cas, les réserves en eau disponibles restent toujours insuffisantes avec une importante croissance des besoins, obligeant le recours à d'autres solutions telles que la protection

des eaux des oueds en trouvant un autre moyen d'évacuation des eaux usées vers la mer, l'implantation d'autres barrages, le recyclage des

eaux usées(Lazarova et al. 1998) afin de combler en partie le déficit cumulé et prévu dans la région à moyen terme . Ainsi les eaux prétraitées peuvent servir aux industries(lavage, refroidissement d'acier, alimentation des chaudières...etc.), à l'agriculture où le sol est un filtre efficace naturel et à l'usage domestique(alimentation des chasses d'eau, lavage des routes, réseaux d'incendies ...etc.). Aussi il faut se pencher sur une gestion adéquate et une politique de facturation tangible basée sur un prix de revient réel de cette ressource combien vitale, car les pays en voie de développement ont tendance à trop subventionner la consommation des eaux au profit d'autres ressources naturelles plus abondantes. Actuellement en Algérie le m³ d'eau est facturé à 3,60 D.A.(soit environ 0,05 Euro.).

CHIMISME DES SYSTEMES AQUIFERES DE ANNABA-EL TARF

La gestion des eaux pour les trois secteurs utilisateurs doit impérativement vérifier la crédibilité de la qualité chimique. Cependant, on remarque d'une façon générale, que les eaux superficielles sont les plus chargées en sels de chlorures(Plus de 500 mg/l à l'oued Seybouse et plus de 3000 mg/l à l'embouchure de l'oued kébir Est) avec une dégradation de la qualité physico-chimique et biochimique du Sud vers le Nord, car les rivières sont généralement l'exutoire naturel vers la mer des eaux usées. Par conséquent, un traitement parfois cher s'impose avant toutes utilisations des eaux superficielles.

Les eaux souterraines, quant à elles, constituent une ressource de qualité généralement meilleure à celle des eaux de surface, à la faveur de la protection naturelle des couches de sol sus-jacentes et du pouvoir filtrant des terrains. Néanmoins, dans les systèmes aquifères de Annaba-El Tarf, on distingue deux qualités chimiques différentes selon la nature de la nappe.

Qu'il s'agisse de nappe superficielle ou de nappe profonde, les eaux ont un faciès chimique principal chloruré sodique riche en éléments chimiques majeurs(Cl⁻, Na⁺, SO₄²⁻, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, HCO₃⁻ et NO₃⁻) dus essentiellement aux formations du Plio-quatenaire et des eaux de marais riches en NaCl(Khérici, 1985; 1993). Cependant ces eaux restent généralement, pauvres en éléments en traces et toxiques (Cr⁶⁺, Fe²⁺, Pb²⁺, Mn²⁺, Al³⁺, Cu²⁺...etc.) elles sont dures à très dures avec un pH supérieur à 7. Les valeurs des éléments chimiques restent inférieures aux normes de potabilité; toute fois on remarque au Sud du système aquifère de Annaba(Dréan) des teneurs parfois excessives en nitrates avoisinant par endroit 90 mg/l (Khérici et al., 1991) dans le premier horizon, liées à l'utilisation intensive des engrais où la région est à vocation agricole.

Relativement au premier horizon, les eaux du deuxième horizon semblent avoir une qualité meilleure.

Intrusion marine

Concernant l'intrusion marine, étant donné la proximité des systèmes aquifères de la région à la mer, les analyses physico-chimiques montrent une invasion marine localisée (Bousnoubra et al., 2001), elle se manifeste surtout au niveau du piézomètre P16 près de l'embouchure de l'oued Kébir(Fig. 4) avec des valeurs de conductivité de l'ordre de 10 mmhos/cm et qui ont tendance à s'équilibrer, dans le temps avec celles de la mer. Ailleurs les eaux du système aquifère sont loin d'être contaminées par la mer, en conséquence elles peuvent être utilisées par tous les secteurs consommateurs sans danger.

CONCLUSION

La région étudiée, d'une superficie de 1000 km², est soumise à un climat méditerranéen. Avec une pluviométrie moyenne de 850 mm/an et une évapotranspiration réelle de l'ordre de 500 mm/an, la région révèle une infiltration variant de 80 à 280 mm/an.

La géologie reflète l'hydrogéologie de la région, elle se résume en deux grands ensembles:

-un ensemble de formations de bordures métamorphiques et gréseuses, formant des nappes de faibles importances hydrauliques; par contre elles représentent des zones d'alimentation des nappes par ruissellement superficiel et souterrain des eaux.

-un deuxième ensemble se situe dans les plaines avec des formations continentales favorisant des nappes de potentialités hydriques relativement importantes.

Le potentiel hydrique en eaux souterraines et superficielles produit en l'an 2000(année de référence) n'est que de 78 Mm³/an, alors que les besoins globaux pour les trois secteurs(AEP, AEA, AEI) dans la même année dépasse les 171,96 Mm³/an. Il est évident que les réserves actuelles ne seront plus une solution pour les besoins sans cesse croissants en eau, ce qui justifie la mise en place d'une nouvelle stratégie de gestion des ressources plus fiable et plus efficace en ce qui concerne notamment:

- La mobilisation optimum des ressources en eaux superficielles et souterraines, par la mise en place d'une gestion à l'échelle des bassins hydrographiques qui sera basée sur une conception du bassin versant comme unité de base de référence.
- La gestion de la demande qui doit se faire par une tarification appropriée et la lutte contre les fuites des réseaux d'A.E.P
- La réduction de la demande en eau agricole par des techniques d'irrigation adéquates.

- L'exploitation des ressources en eau non conventionnelles, par le recyclage des eaux usées en réduisant leur influence sur l'environnement.
- la protection du milieu naturel afin de préserver l'eau pour le prochain millénaire.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Agence Nationale d'Aménagement du Territoire(A.N.A.T).(1996,2000). **Aménagement des Wilayas de Annaba et El Tarf. Rapports inédits.**

Bousnoubra, H., Khérici, N. (2001). Utilisation de méthodes simples pour localiser le biseau salé dans le système de nappes aquifères superposées de Annaba (Nord-Est de l'Algérie). *Revue Vecteur Environnement.* volume 34, n°1, 43- 52.

Castany, G. (1982). Principes et méthodes de l'hydrogéologie. Ed. Dunod. Paris. 237p.

Conseil d'Europe(2000). **Insuffisance des ressources en eau et agriculture; Rapport de la commission de l'agriculture , du développement et de l'alimentation .**26 p.

Detay, M. D'Arras, D., Suzanc, P.(1992). La Gestion des ressources en eau en région parisienne ouest .La Houille Blanche .Revue internationale de l'eau. Volume 4 ,pp295-308.

Detay, M.(1993). Le forage d'eau. Réalisation ,entretien, réhabilitation. Edition Masson. Ingénierie de l'environnement, pp 4-16.

Detay, M.(1997). La gestion active des aquifères. Edition Masson, pp 53-56.

Djabri, L. (1996). Mécanismes de la pollution et vulnérabilité des eaux de la Seybouse. Origines géologiques, industrielles, agricoles et urbaines. Thèse de doctorat es-sciences. Université de Annaba. Algérie. 261p.

Ghachi, A. (1986). **Utilisation de la ressource en eau en Algérie: le bassin de la Seybouse.** Edition de l'OPU. Alger. N°2-2-1910. 508p.

Khérici, N. (1985). Aquifères sableux de bord de mer, hydrodynamique et hydrochimie: exemple de Bouteldja(Nord-Est algérien. Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle, USTL Montpellier. France. 202p.

Khérici, N., Messadi, D. (1992). **Importance des ressources en eaux souterraines des massifs dunaires du Maghreb .** *Revue Géologie Méditerranéenne, Tome XIX, N°2, 69-76.*

Khérici, N. (1993). Vulnérabilité à la pollution chimique des eaux souterraines d'un système de nappes superposées en milieu industriel et agricole (Annaba-La Mafragh. Nord Est algérien. Thèse de doctorat ès sciences, Université de Annaba. Algérie. 170p.

Lazarova, V., Levine, B., Renaud, P. (1998). La réutilisation des eaux usées: un enjeu de l'an 2000. *Revue l'Eau, l'Industrie, les Nuisances* N°12. 39-46.

MARGAT,J. (2000). Combien d'eau utilise-t-on et use-t-on ? pourquoi faire ? *Revue de la Houille Blanche.* *Revue internationale de l'eau.* N°2, 13-28.

Mébariki, A.(1984). Ressources en eaux et aménagement en Algérie: le bassin du Rhumel. Edition OPU. Alger. N°1212-09-84. 302p.

Moukolo, N. (1984). Ressources en eaux souterraines et approvisionnement. Région de Brazzaville et Pointe Noire (Congo). Thèse de doctorat de 3^{ème} cycle. USTL. Montpellier. France.130p.

Vila, JM(1980). La chaine alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens. Thèse de Doc. Sc. Nat. Univ. PetM Curie.ParisIV.450p.

Weihong, D. (2000). **Eau en Chine-protection de cette ressource précieuse.** *Revue de la Houille Blanche, Revue internationale de l'eau.* N°2. 55-65.