

L'ALGERIE, UN PAYS EN VOIE DE DÉVELOPPEMENT A-T-ELLE DÉJÀ DÉVELOPPÉ UN BISEAU SALÉ?

Larbi Djabri

Professeur. Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie. E-mail: djabri_larbi @ yahoo.fr

Azzedine Hani

Doctorant en Hydrogéologie. Université de Lille, France. E-mail: hani_2002@ yahoo.fr

Jacky Mania

Professeur. Université de Lille, France. E-mail:jacky.mania@eudil.fr

Jacques Mudry

Professeur. Université de Besançon, France. E-mail: jacques.mudry@univ-fcomte.fr

RESUME

Les changements climatiques accompagnés de sécheresses prolongées ont-ils créé une rupture de l'interface eau douce-eau salée, entraînant par la même occasion l'apparition du biseau salé? Tout porte à croire que cette tendance existe bel et bien. L'Algérie à l'instar de tous les pays riverains de la Méditerranée, a connu une sécheresse aiguë au cours des deux dernières décennies. Ce manque d'eau a entraîné une sollicitation très accrue des nappes pour pallier au déficit quantitatif. Cette surexploitation des nappes a entraîné une augmentation de la minéralisation, ce qui a amené les gestionnaires à procéder au mélange des eaux des champs captants avec celles des barrages pour atténuer la salinité. Par le biais de ce travail, nous allons essayer de démontrer la présence du biseau salé et son extension sur le terrain.

INTRODUCTION

L'Algérie, en contact avec le bassin méditerranéen et le Sahara, est située au Nord de l'Afrique entre le Maroc et la Tunisie avec lesquels elle forme le Maghreb (figure 1). Vaste territoire de 2.4 millions de km², elle offre des paysages diversifiés qui s'étendent de la mer Méditerranée au Nord, jusqu'au Sahara central au Sud. Néanmoins, elle est caractérisée par de multiples contrastes physiques, climatiques et humains.

Au plan physique, le territoire algérien est caractérisé par une complexité topographique. Il est constitué de trois grands ensembles très nettement différenciés:

- la frange tellienne qui n'occupe que 4% de la superficie du pays et réunit les plaines littorales, les plaines telliennes et les massifs montagneux; c'est la zone la mieux arrosée de l'Algérie,
- les hauts plateaux et l'Atlas saharien occupent 9% du territoire,
- le sahara, vaste désert, qui s'étend sur 75% de l'espace du pays.



Figure 1. Situation géographique du littoral algérien.

L'Algérie dispose d'un littoral de 1200 km de longueur, qui présente des richesses maritimes, des activités touristiques et portuaires. Les précédents recensements montrent que l'Algérie a connu un accroissement rapide de la population, passant de 12 millions d'habitants en 1966, à 32 millions actuellement, dont 60% vivent en zone littorale. Cet accroissement de la population entraîne une demande en eau importante. A cette situation que l'on qualifie de normale, on doit ajouter les effets de la sécheresse qui touche le pays. Cet état de fait a amené les décideurs à opter pour deux solutions:

- l'augmentation du nombre de forages, donc une sollicitation plus accrue des nappes littorales, d'où une perturbation de l'équilibre de l'interface eau salée-eau douce,
- le dessalement de l'eau de mer.

CONTEXTE GEOLOGIQUE

Géologie régionale des zones côtières

D'une manière générale, les zones côtières contiennent des nappes qui peuvent être plus ou moins intéressantes. Leur importance reste conditionnée par les formations géologiques affleurantes; ces dernières sont en général à dominante sableuse (cas du massif dunaire de Bouteldja, massif de Guerbes, Skikda, El-Kala, Jijel, Béjaïa, Alger, Tipaza, Cherchel, Oran, Aïn Témouchent et Arzew).

L'extension de ces formations sableuses n'est pas homogène sur tout le littoral algérien. On note que ces formations sont plus importantes à l'Est qu'à l'Ouest. On remarquera que les débits extraits dans la zone Est sont plus importants que ceux extraits dans la zone Ouest. Cette situation est encore aggravée par la faiblesse des précipitations entre les deux zones. En effet, les précipitations sont de l'ordre de 1000 mm/a, voire 1200 mm/a à l'Est, contre 400 mm/a à l'Ouest (donc il pleut trois fois moins). Notons également que les aquifères ne sont pas continus et peuvent être interrompus par des massifs montagneux (cas de la ville de Béjaïa).

CARACTERISTIQUES DES AQUIFERES COTIERS

Le littoral algérien referme plusieurs nappes dont la disposition est très variable. Le tableau 1 suivant récapitule quelques caractéristiques des aquifères côtiers de l'Algérie.

Ces chiffres ne donnent qu'un aperçu très exhaustif de l'état des sollicitations des nappes profondes. Les pompages d'eau effectués sur les puits domestiques fussent-ils peu importants doivent être pris en considération puisqu'ils peuvent perturber l'équilibre de l'interface eau douce-eau salée.

Les débits extraits et le nombre d'ouvrages implantés ne sont pas les mêmes sur les zones côtières du pays. Cet état de fait nous amène à dire que l'importance des nappes (extension, perméabilité, ...) n'est pas la même sur tout le littoral. Par ailleurs, le nombre des forages est beaucoup plus lié à la demande. A titre indicatif, la wilaya d'Alger contient 200 ouvrages avec un débit de 1000 l/s. Les rations extraites des nappes ne suffisent à couvrir les besoins en eau, car l'industrie en est une grande consommatrice; c'est pourquoi on utilise également les eaux des barrages. Cependant, la sécheresse prolongée a amené les décideurs à forer plus pour soit-disant avoir plus, mais ceci peut briser l'équilibre eau douce-eau salée. Pour éviter cette rupture, il est souhaitable de mener à bien les études hydrogéologiques, de procéder à des études comparatives très rapprochées dans le temps pour pouvoir

détecter la présence ou non de l'intrusion marine. Parmi les outils nous permettant de mettre en évidence l'intrusion marine notons: la piézométrie, la géophysique et l'hydrochimie.

ETAT ACTUEL DE L'INTRUSION MARINE EN ALGERIE

Aquifères affectés

D'une manière générale, très peu d'études ont été réalisées sur l'intrusion marine. Les études réalisées concernent la région d'Oran où se pose un double problème: la rareté de l'eau et la salinité de l'eau. Ce problème a été abordé par Mansour dans son travail de Magister.

L'intrusion marine au niveau de la baie d'Alger a également fait l'objet d'une étude réalisée par Mania et al. 1985. La zone Est du pays par contre, a fait l'objet de plusieurs études se ramenant à l'avancée du biseau salé. La dernière a été réalisée par Debieche (2002) qui a montré un accroissement des concentrations en chlorures au fur et à mesure que l'on s'approche de la mer. Toutes ces études ont montré une pollution marine très localisée; cependant, et pour être affirmatif sur l'extension et la durée de cette intrusion, il est souhaitable de procéder à des contrôles continus de la qualité de l'eau des ouvrages proches de la mer. Actuellement, ce travail ne peut être réalisé que sur les puits domestiques, car les forages sont en exploitation et sont rarement équipés de piézomètres. En définitif, nous pouvons dire que

Région Caractéristiques	Massif dunaire Boutel-dja	Annaba	Skikda	Jijel	Béjaïa	Alger	Tipaza	Mostaganem	Oran
Etat de la nappe	Existe partout	Existe partout	Existe partout	Existe partout	Partiellement	Partiellement	Partiellement	Partiellement	Pres-que pas
Types de nappe	NL	NL+NC	NL+NC	NL+NC	NL+NC	NL+NC	NL+NC	NL	NL+NC
Perméabilités moyennes (m/s)	$4 \cdot 10^{-4}$	$10^{-4} - 10^{-6}$	10^{-4}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-4}
Profondeurs maximum (m)	120	5 à 100	5 à 120	10 à 100	10 à 130	5 à 50	10 à 65	80	5 à 80
Epaisseurs moyennes (m)	10 - 150	15 - 80	20 - 60	20 - 70	15 - 30	3 - 30	5 - 10	30	10 - 30
Nb d'ouvrages	81	87	118	75	56	202	30	30	13
Débit global extrait (l/s)	1264	1311	1560	1721	1287	1000	400	350	230

Tableau 1 - Quelques caractéristiques des aquifères côtiers.

seules les nappes libres sont sujettes à une pollution marine pour le moment.

Les grandes villes algériennes conçues pour un certain nombre d'habitants ont vu leurs populations augmenter d'une manière extraordinaire, pouvant atteindre 5 à 6 fois le taux préalable. A cela, il faut ajouter l'implantation sur les villes côtières d'une industrie grosse consommatrice d'eau (SNS, pétrochimie, Asmidal, raffinerie, véhicules industriels, ...). Tous ces facteurs contribuent à l'accroissement de la demande en eau. Cette situation s'est encore accrue au cours des vingt dernières années à cause de la sécheresse qu'a connu et que connaît encore le pays. Ceci a pour conséquence une sollicitation plus intense de la nappe. A titre indicatif, 40 forages (pour l'année 2002) ont été implantés dans la plaine de la Mitidja (10, voire 15 kilomètres de la côte) pour renforcer l'alimentation en eau potable de la ville d'Alger (barrages presque vides), et vont, par voie de conséquence, perturber d'avantage l'équilibre eau douce-eau salée.

Pour mettre en évidence l'existence d'une intrusion marine, on peut faire appel aux outils suivants:

- Piézométrie: Le contrôle du sens de l'écoulement nous renseigne sur le sens de déplacement de l'eau; c'est le cas de la nappe de Annaba où l'on note un écoulement orienté Nord-Sud (très localisé), de la mer vers le continent
- La géophysique: La comparaison des résultats obtenus au cours de deux campagnes successives et proches dans le temps (le changement des valeurs de résistivité) peut indiquer une intrusion marine ou non. Ce travail a été réalisé sur la baie d'Alger par Mania (1985).
- La chimie des eaux, par le biais du contrôle des concentrations entre deux périodes de prélèvement constitue un atout important pour la mise en évidence du biseau salé. Djabri a réalisé un travail dans ce sens sur la plaine de Annaba.
- La modélisation constitue un élément déterminant quand à l'indication du biseau salé.

Les modèles réalisés par Hani (Bouteldja) (2000) et Benziada (Mitidja) (1994) mettent en évidence une pollution marine.

Les autorités de l'eau

Comme ses pairs, l'Algérie essaye de mettre en place une politique de l'eau bien définie. Pour mettre en oeuvre ce grand chantier, un ministère des ressources en eau a été créé en 1999. Sous la coupe de ce ministère, nous trouvons les organismes suivants:

- les directions de l'Hydraulique de chaque wilaya,
- l'A.N.R.H (Agence Nationale des Ressources Hydriques); on dénombre les agences régionales et les directions wilayales,
- les agences de bassins, au nombre de 5, englobant tout le pays,
- les agences de barrages.

Deux autres ministères sont proches de la gestion de l'eau:

- le ministère de l'Environnement: les inspecteurs de l'environnement sont appelés à veiller sur les causes de la pollution de l'eau,
- le ministère de l'Agriculture: les eaux d'irrigation influencent le rendement agricole.

Comme on vient de le voir, beaucoup d'institutions gravitent autour du problème de l'eau; cependant, nous déplorons une dégradation quasi constante de la qualité de cette denrée vitale. Ce constat amer nous amène à nous poser la question suivante: Qui fait quoi?

La première réponse est c'est qu'il n'existe aucune coordination entre les organismes et quand elle existe, elle est le résultat de relations personnalisées. Le cauchemar algérien (terrorisme) qui date d'une douzaine d'années a fait que les techniciens ne pouvaient se déplacer sur terrain, ce qui a entraîné un arrêt total des études. Depuis 2 ou 3 années maintenant, les sorties sur sites ont repris mais les retards accusés sont importants et ne peuvent être comblés de suite.

Un autre grand problème se pose et concerne l'unification de la législation et son interpréta-

tion. De par le monde, il est admis le principe suivant: pollueur payeur. Pour appliquer ce principe, il faudrait une harmonisation des textes; or on s'aperçoit que ce n'est pas le cas. Nous détaillons dans ce qui va suivre la procédure relative à l'emplacement d'une usine X sur un site Y.

Les pouvoirs publics exigent dans ce cas une étude d'impact, chose que le président de la société X va réaliser chez un bureau d'études Z, qui va estimer qu'il n'y a pas de problèmes et de ce fait, la société X aura son agrément et après, bonjour les dégâts.

Nous, nous pensons qu'il faut agir à la racine, c'est-à-dire faire l'étude des sites au début, ce qui permettra d'évaluer les risques de pollution et donc de décider des correctifs à apporter.

Toujours est-il que le problème de l'eau est crucial, surtout pour un pays comme l'Algérie, car avec la sécheresse à répétition, des problèmes vont en grandissant et il faudra chercher des palliatifs. Nous pensons que cinq solutions sont envisageables: recenser tous les ouvrages, revoir le réseau de distribution, le rationnement de l'eau (appliqué actuellement), le lagunage, le dessalement d'eau de mer (quelques cas), l'importation de l'eau (quelques essais).

Recensement des ouvrages

Beaucoup de forages illicites ont été réalisés et sur lesquels on n'a aucune idée (débit, perméabilité, profondeur, ...). Ces ouvrages constituent donc une perte sèche pour les nappes. En majorité, ils sont destinés à l'agriculture.

Le réseau de distribution

Le réseau de distribution est mal adapté et présente plus de 50% de fuites, ce qui est considérable, car cette eau disparaît dans la nature. Elle constitue une perte sèche. Donc, cela ne sert à rien d'économiser de l'eau lorsqu'on sait qu'elle ne servira à rien.

Le rationnement de l'eau

La baisse des niveaux des barrages (sécheresse et entassement) a fait qu'on a cherché une

solution palliative consistant à rationner l'eau. Actuellement, des villes réputées contenant des potentialités non négligeables comme Annaba, Skikda, ..., ont de l'eau un jour sur trois et ceci, malgré l'implantation de nouveaux forages. A Alger, l'eau est distribuée un jour sur quatre. Le rationnement et sa mise en oeuvre ont été à l'origine du mécontentement populaire. Un autre problème a été créé par ce mode de distribution et il est lié au gaspillage de l'eau. En effet, lorsqu'il y a l'eau au robinet, on remplit tout, car on ne sait pas quand arrivera le prochain tour; mais quand ce jour arrive, on verse tout et on recommence, donc gaspillage.

Le lagunage

Une société de consommation comme la nôtre, gaspille par définition. Pour récupérer une partie de cette eau, le lagunage semble tout indiqué, car le soleil ne manque pas, il est moins coûteux et ne nécessite pas une haute technologie. L'eau ainsi récupérée, peut être réutilisée par l'agriculture ou la recharge artificielle. Il suffit juste de faire un suivi rigoureux.

Le dessalement de l'eau de mer

Cette alternative plaît beaucoup aux décideurs algériens. Actuellement, on pense installer des stations monoblocs pour les villes les plus touchées, telles que Alger, Oran et Arzew, où se pose le problème de qualité et de quantité. Cependant, une question se pose d'elle-même: qu'allons-nous faire du sel récupéré.

Importation de l'eau

Quelques tentatives ont été réalisées par les méthaniers. Là aussi, ce sera coûteux et quand on sait que c'est vital, alors peut-être que le prix de l'eau sera aussi élevé que celui du pétrole ou plus.

Comme on vient de le voir, les solutions préconisées présentent toutes des avantages et des inconvénients. Nous pensons qu'il faudrait choisir les moins coûteuses et les plus efficaces. mais, au préalable, une étude hydrogéologique à travers le pays s'impose. Celle-ci

nous permettra de connaître les vraies potentialités que renferment les nappes, ensuite, il faut économiser cette denrée, en réparant le réseau de distribution. Il serait également souhaitable d'expérimenter le lagunage. Ainsi, les décideurs doivent se pencher sérieusement sur le problème de l'eau afin de proposer les solutions les plus adéquates. Il faut instaurer une politique de contrôle continu de la quantité et de la qualité, et de proposer les aménagements adéquats.

CAS ETUDIÉS

Nous disposons de plusieurs études réalisées sur l'état du biseau salé. Nous citerons: Mania et al. (1985): Couplage des données hydrogéologiques, géophysiques et hydrochimiques. Cas de la baie d'Alger. Djabri (2000): Utilisation des données hydrogéologiques et hydrochimiques. Cas de la plaine de Annaba. Hani (1995): Mise en évidence de l'intrusion marine par modèle mathématique. Cas du massif dunaire de Bouteldja. Hamidi (1989): Hydrogéologie des complexes dunaires de l'Oranie. Benziada (1994): Bassin côtier algérois. Nouacer (1993): Massif de Bouteldja. Khouli (2001): Région de Cherrhell. Debiheche (2002): Cas de deux nappes superposées.

Comme on vient de le voir, l'intrusion marine est un cas particulier de l'hydrogéologie qu'il faut traiter avec prudence. Pour mettre en évidence l'intrusion, nous nous sommes intéressés au cas de la plaine de Annaba. Nous avons utilisé l'outil hydrochimique, couplé à la piézométrie, à la géologie, à la géophysique et à la climatologie.

Situation géographique

La plaine de Annaba se situe au Nord-Est de l'Algérie (figure 2). Elle est limitée au Nord par la mer Méditerranée, à l'Ouest par le massif de Beleita (287 m) et de Boukhadra (152 m), au Sud par la chaîne numidique orientale (1411 m) et à l'Est par l'oued Bounamoussa.

Contexte géologique et hydrogéologique

La basse plaine de la Seybouse se situe au Nord-Est de l'Algérie (figure 3); elle présente une superposition de deux nappes: la première superficielle, constituée essentiellement par des formations sablo-argileuses, la seconde profonde, formée par des dépôts graveleux avec une matrice sablo-argileuse (figure 2). Ces deux nappes sont confondues dans la partie Sud de la nappe. Plus on se dirige vers le Nord et plus les deux nappes sont séparées par une couche argileuse devenant de plus en plus épaisse (0 à 50 m). Cette dernière joue un rôle isolant entre les deux nappes, sa perméabilité verticale étant de 10^{-9} à 10^{-8} m/s. Cela n'empêche pas un contact entre les deux nappes par effet de drainance. La nappe des graviers est moins profonde (5-20 m) dans sa partie Sud (zone latérale de contact entre la nappe superficielle et la nappe des graviers), et profonde (50 à 80 m) vers le Nord, sous l'effet de la couverture argileuse. Le prolongement du passage entre les deux parties s'effectue sur une distance de 25 km. L'écoulement général des eaux souterraines dans la nappe de graviers se fait selon la direction Sud-Nord, avec un gradient important en amont (6×10^{-4}) et plus faible en aval (4×10^{-4}). Le coefficient de perméabilité moyen de l'ensemble de l'aquifère est de 4×10^{-4} m.s⁻¹.



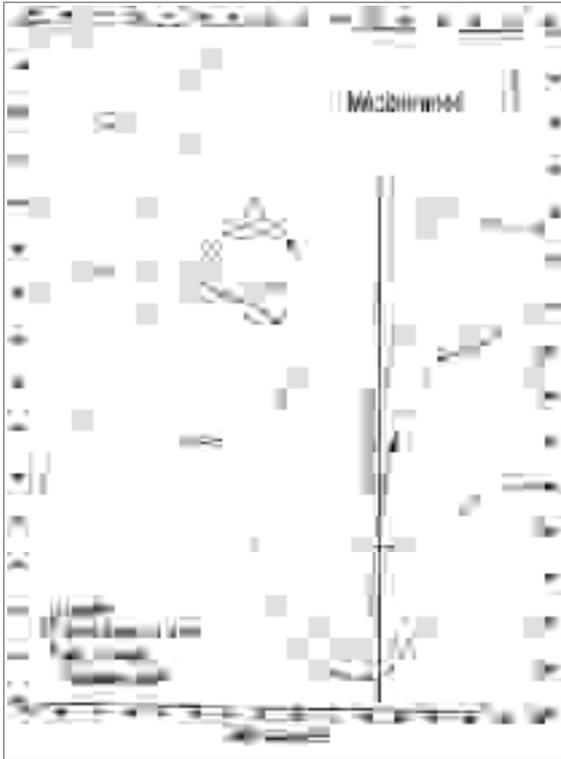


Figure 3: carte piézométrique de la plaine de Annaba.

Matériel et méthodes

Pour réaliser le présent travail, nous disposons d'analyses chimiques se rapportant à cinq mois de prélèvements, à raison de 50 échantillons par mois: novembre 1999 (50 échantillons), décembre 1999 (50 échantillons), janvier 2000 (50 échantillons), février 2000 (50 échantillons) et mars 2000 (50 échantillons). Les paramètres physico-chimiques (pH, t° , conductivité) sont mesurés in situ à l'aide d'un appareil multiparamètres WTW. L'analyse des éléments chimiques a été effectuée par absorption atomique en flamme pour les cations et par calorimétrie pour les anions.

Méthodologie

La région possède un climat de type méditerranéen avec deux saisons, l'une sèche et l'autre humide. L'historique des précipitations révèle une baisse assez sensible des précipitations; on passe de 1000 mm/a à 500 mm/a.

L'interprétation des sondages électriques (C.G.G) a mis en évidence deux nappes d'inégales extensions: une superficielle et une autre profonde.

L'interprétation de la carte piézométrique (figure 3) montre en général un écoulement Sud-Nord avec une relation mixte oued-nappe. On note également un écoulement Nord-sud c'est-à-dire de la mer vers la nappe; celui-ci est lié au changement topographique butte de Daghoussa. La topographie est l'élément qui peut contribuer à faciliter l'intrusion marine.

La partie consacrée à l'hydrochimie a été abordée par l'outil statistique. L'analyse en composantes principales réalisée pour chaque période de prélèvements (figure 4) a montré une compétition entre le NaCl et CaSO₄, conférant ainsi à l'eau une salinité. La carte (figure 5) de répartition des échantillons prélevés montre que les eaux riches en NaCl sont proches de la mer. Cette dis-



Figure 4: cercle ACP.

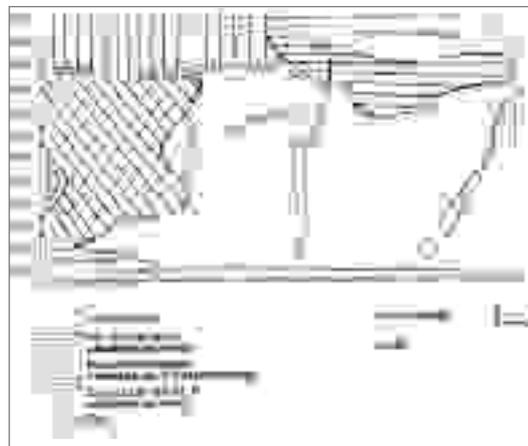


Figure 5: carte d'emplacement des familles des eaux.

position nous a contraint à chercher l'origine de la salinité. Pour démontrer l'origine de cette salinité, nous allons procéder par élimination.

Le dosage du strontium nous a permis d'établir la carte (figure 6) du rapport Sr/Ca. L'observation de cette carte montre que les valeurs du rapport Sr/Ca oscillent entre 0.1% et 9.2%. Cependant, on note qu'en bordure de mer, la valeur du rapport Sr/Ca ne dépasse pas 2%. Donc, on peut écarter l'influence des formations évaporitiques sur la salinité des eaux.



Figure 6: carte de repartition du rapport Sr/Ca.

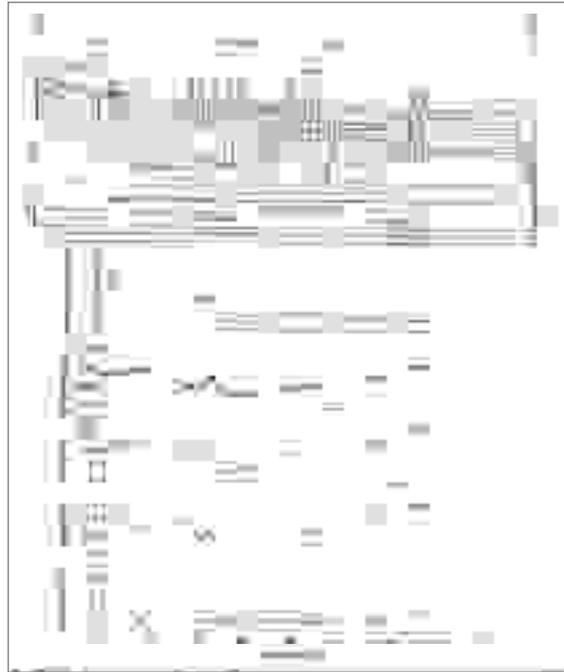


Figure 7: profils d'évolution du Sodium, Chlorure et potassium au niveau de la plaine de Annabe Direction Sud - Nord.

également due aux embruns marins. Pour plus de certitude, on doit couvrir toute la région. Les résultats sont reportés dans le tableau 2:

Nous disposons des analyses isotopiques (¹⁸O, UT) de 17 échantillons. Ces derniers se rapportent aux oueds Seybouse et Meboudja, aux puits et aux rejets. Nous allons nous intéresser au

Dans son travail, Debieche (2002) a démontré un accroissement des concentrations des chlorures et du sodium (figure 7) au fur et à mesure qu'on s'approche de la mer. Cette tendance confirme ce qui a été obtenu par l'analyse en composantes principales.

Sur recommandation du Pr Jacques Mudry, nous avons procédé au suivi des points présentant un accroissement des concentrations. Les résultats obtenus mettent en évidence une présence des bromures dans l'eau. Le calcul du rapport Br/Cl donne des valeurs oscillant entre 0.3 et 3.4. Cette variation des valeurs du rapport Br/Cl indique bien une influence marine et qui peut être

Nom de l'ouvrage	Rapport Br/Cl (%)
P ₁	1.2
P ₂	0.3
P ₅	2.16
P ₆	1.15
F ₁	0.43
F ₂	3.4
F ₅	1.15
F ₁₃	0.03

Tableau 2 - Valeurs du rapport Br/Cl - Nappe de Annaba.

Points d'eau	Origine des eaux	Type d'aquifères	Minéralisation totale	d ¹⁸ O (‰) Smow	d ² H (‰) Smow	Tritium UT
1- Puit avant Chihani	O	GN	1708	-5.85	-39.3	16.1
2- Puit à Chihani	O		1678	-5.31	-35.2	10.6
3- Seybouse à Dréan	O		1724	-5.75	-30.1	9.3
4- Rejet ECOTEC	R _i		3630	-4.21	-27.6	24.5
5- Seybouse à Dréan	O		1872	-5.71	-38.7	8.0
6- Seybouse à Chbaïta	O		1779	-6.0	-36.6	10.1
7- Seybouse à El-Hadjar	O		1736	-5.63	-34.5	11.6
8- Seybouse à Oasis	O		1980	-5.55	-37.7	11.1
9- Meboudja Pont Bouchet	O		2100	-2.24	-22.1	6.1
10- Seybouse Sidi Salem	O		6500	-4.54	-29.0	10.4
11- Rejet S.N. METAL	R _i		6250	-3.48	-23	9.0
12- Rejet ORELAIT	R _i		1020	-6.5	-42.6	9.1
13- Meboudja à Hadjar Diss	O		2730	+0.12	-18.3	6.8
14- 1er rejet S.N.S	R _i					11.1
15- 2ème rejet S.N.S	R _i		1350	-5.60	-50.3	8.0
16- Meboudja après S.N.S	O		2120	-1.82	-13.2	7.9
17- Zone industrielle sidi Amar	R _i		2120	-2.26	-20.6	8.8

Tableau 3 - Résultats des analyses isotopiques - Nappe de Annaba.

tritium, car il définit l'âge de l'eau. Tous les échantillons analysés présentent une UT supérieure à 6, ce qui implique des eaux relativement récentes, donc on a une néo-salinité. Le tableau 3 suivant donne les valeurs obtenues.

La combinaison des résultats obtenus par les différentes méthodes montre une salinité due probablement à l'intrusion marine.

CONCLUSION

Le travail réalisé nous permet de faire le constat sur le problème d'eau que connaît le pays. Cette crise de l'eau a incité les décideurs à chercher des solutions de sortie pour satisfaire les populations. Les solutions proposées peuvent avoir des répercussions négatives sur les nappes, car comme nous avons essayé de le démontrer, les sollicitations des nappes côtières exposent ces dernières à l'intrusion marine. Pour rétablir l'équilibre eau douce-eau salée, il est souhaitable de réa-

liser des études hydrogéologiques complètes et à travers tout le littoral, ce qui permettra les calculs exacts des ressources et donc proposer les scénarios d'exploitation les plus adéquats, car tout passe par une bonne gestion de cette ressource hélas épuisable comme toute chose dans cette vie.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Benziada, M. 1994. Etude hydrogéologique et hydrologique de la plaine de la Mitidja-Est. Application d'un modèle mathématique « ASM » au bassin côtier algérois, Algérie. Thèse de Doctorat de l'Université de France-Comté. Sciences de la Terre. 242 pages.
- Debièche, T.H. 2002. Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle: Application à la basse plaine de

- la Seybouse N.E algérien. Thèse de Doctorat de l'Université de Franche-Comté. Sciences de la terre. 199 pages.
- Djabri. L. 1996. Mécanismes de la pollution et vulnérabilité des eaux de la Seybouse. Origines géologiques, industrielles, agricoles et urbaines. Thèse de Doctorat d'Etat. Université de Annaba. 261 pages.
- Hamidi M. 1989. Hydrogéologie des complexes dunaires à l'Ouest d'Oran: de Cap Salcon (Oran) à Terga (Béni Saf), Algérie. Thèse de Magister. Université d'Oran. 369 pages.
- Hani. A. et al. 2000. Etude de l'intrusion marine par modèle hydrodispersif. Cas de l'aquifère dunaire de Bouteldja (N.E algérien). ESRA S3. pp 47-50.
- Hsissou. Y. et al. 1997. Dynamique et salinité de la nappe côtière d'Agadir (Maroc). Influence du biseau salé et des faciès évaporitiques. Hydrochemistry (Proceedings of the Rabat Symposium April 1997). IASH Publ. N°244. 1997. pp 73-82.
- Khouli. M.R. 2001. Contribution à l'étude hydrogéologique de la plaine alluviale de Oued El Hachem (région de Cherchell). Approche hydrodynamique et hydrochimique. Mémoire de Magister de l'Université de Blida. 150 pages.
- Mania J. et al. 1985. Pollution saline de la nappe côtière à l'Est d'Alger. Revue Hydrogéologie. N°3. 1985. pp 213-226.
- Nouacer. R. 1993. Essai de synthèse des caractéristiques hydrogéologiques et hydrochimiques de la nappe du massif dunaire de Bouteldja. Thèse de Magister de l'Université de Annaba. 122 pages.
- N.B: D'autres informations ont été tirées des sites internet des agences des bassins de l'Algérie. Des dizaines de mémoires d'ingénieurs ont porté sur les zones littorales et faute d'espace n'ont pu être pris en considération.