



ELSEVIER

Desalination 137 (2001) 297–309

DESALINATION

www.elsevier.com/locate/desal

## Déminéralisation des eaux saumâtres de Brédéah dans la région du bassin hydrographique Oranie–Chott–Chergui Partie I : Hydrogéologie de la nappe de Brédéah

B. Dahmani<sup>a\*</sup>, C. Bithorel<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Faculté de Sciences, Département de Chimie, Université de Tlemcen, Algeria  
Tel/fax: +213 (7) 212451; email: b\_dahmani@mail.univ\_tlemcen.dz

<sup>b</sup>Département de Déminéralisation par Membranes, Traitement des eaux, Degrémont, Paris, France

Received 2 November 2000; accepted 21 November 2000

### Abstract

L'alimentation en eau potable de la ville d'Oran s'est faite antérieurement à 1880 par le captage de la source de Ras El Aïne débitant 50 l/s environ d'eau douce. L'accroissement des besoins a nécessité après cette date l'adduction des eaux de Brédéah jusque là de bonne qualité avec un débit voisin de 80 l/s. Les sources de Brédéah se sont ainsi transformées en station de pompage avec des débits allant progressivement jusqu'à 350 l/s. Ces pompages rabattant la nappe jusqu'à plus de 7 m ont provoqué une invasion d'eaux salées. Le résidu sec des eaux pompées augmente sans cesse avec l'intensité et la fréquence de ces pompages; il est passé de 0,76 g/l en 1888 à 7 g/l en 1999 [1–3]. La qualité de ces eaux de plus en plus salées est le résultat, sans aucun doute, d'un mélange eau douce - eau salée du à la présence de deux aquifères superposés sans limites étanches les isolant. L'intensité de plus en plus élevée des pompages le long du couloir Bou-Tlelis-Oran laisse supposer que ces nappes, "superposées" à ce niveau, souffrent d'un régime de surexploitation. En effet, mis à part les quantités utilisées pour l'irrigation jusqu'à là non maîtrisées, le débit extrait pour l'alimentation eau potable d'Oran, Misserghin et Bou-Tlelis est évalué actuellement à 700 l/s. Les Adductions, prévues dans le cadre du programme d'urgence relatif au renforcement de cette alimentation en raison de la sécheresse, vont porter ce débit au-delà du mètre cube par seconde. Les entreprises chargées de la distribution des eaux potables pour la ville d'Oran dont les besoins sont de 320,000 m<sup>3</sup>/j; mais dont la disponible en 1999 est de 105,000 m<sup>3</sup>/j, ce déficit de 2/3 des besoins pousse les gestionnaires à mélanger les eaux de brédéah avec celles qui arrivent du barrage de Beni-Bahdel (W. Tlemcen) et celles qui sont pompées aux forages F1 et F4. Pour résoudre ce problème il faudrait, une distribution rationnel des ressources existantes et implanter des forages comme les F1 et F4 sur le flanc sud de Murdjadjo et comme

\*Corresponding author.

*Presented at the conference on Desalination Strategies in South Mediterranean Countries, Cooperation between Mediterranean Countries of Europe and the Southern Rim of the Mediterranean, sponsored by the European Desalination Society and Ecole Nationale d'Ingenieurs de Tunis, September 11–13, 2000, Jerba, Tunisia.*

0011-9164/01/\$ – See front matter © 2001 Elsevier Science B.V. All rights reserved  
PII: S0011-9164(01)00232-6

une amélioration de la qualité a pu être constatée lorsque l'on s'éloigne de la zone de contamination que constitue Sebkha, il faudrait multiplier des recherches pour retrouver plus en amont les eaux alimentant les quatre puits de Brédéah. Pour rendre l'eau de captage du champ de Brédéah potable, il est nécessaire d'installer une usine de déminéralisation de ces eaux. C'est à ce titre qu'un projet de déminéralisation des eaux du champ de Brédéah avait été lancé par la Direction de l'Hydraulique de la Wilaya d'Oran sous l'égide du Ministère des ressources en eau et auquel nous contribuons [4].

**Keywords:** Hydrogeology; Brackish water; Demineralization; Reverse osmosis

In French. [English title: Demineralization of brackish water in Brédéah in the region of the Oranie–Chott–Chergui hydrographic basin. Part I: Hydrogeology of the Brédéah area]

## 1. Introduction

### 1.1. Potentialités des ressources en eaux et leurs affectations en Algérie

Le territoire algérien couvre une superficie de 2,381,000 km<sup>2</sup>, ce qui représente 8% du continent africain. Cependant, il faut souligner que 80% de cette étendue correspond à une zone désertique où les précipitations sont quasi nulles; c'est donc seulement dans le Nord du pays où jouit un climat méditerranéen que l'on peut parler de mobilisation des eaux de surface.

Selon la nouvelle politique de l'eau, le territoire algérien est découpé en cinq régions de bassins hydrographiques qui sont: Oranie–Chott–Chergui [I], Chellif–Zahrez [II], Algérois–Hodna–Soummam) [III], Constantinois–Seybouse–Mellègue [IV] et le Sud [V]. Le découpage hydrographique adopté a été essentiellement basé sur les conditions retenues suivantes: unité géographique de la ressource en eau superficielle et souterraine dans le bassin versant; équilibre en ressources en eaux entre les bassins hydrographiques; équilibre en potentialités humaines entre les régions hydrographiques; équilibre en nombre et importance d'infrastructures hydrauliques et de transferts entre les régions; viabilité économiques entre les régions (voie de communication, étendue de la région, infrastructures urbaines) et répartition équilibrée entre le nombre de wilayates (Département administratifs) et leurs importances.

#### 1.1.1. Potentialités en eau de surface de la Région Oranie–Chott–Chergui et en Algérie

La région hydrographique Oranie–Chott–Chergui couvre une superficie (S) d'environ de 77,869 km<sup>2</sup>, soit le tiers de l'Algérie du Nord, c'est la région la plus occidentale de l'Algérie. Elle est limitée au Nord par la mer Méditerranée, à l'Est par la région Chéllif Zahrez, à l'Ouest par le Maroc et au Sud par le bassin du Sahara. La population de cette région est évaluée en 1995 (P<sub>1995</sub>) à 4,5 millions d'habitants dont 2,9 en milieu aggloméré et 1,7 millions en milieu épars. L'activité de la région porte sur différents domaines, qui sont: l'industrie, l'agriculture et le tourisme.

La pluviométrie moyenne de la région Oranie–Chott–Chergui est de 318 mm (h), soit un volume d'eau précipitée (V) de 24,600 millions de m<sup>3</sup>, alors que les écoulements annuels (E) en eau de surface sont estimés à environ à 971 millions de m<sup>3</sup>.

Soit annuellement un volume d'eau précipité environ de 100 milliards de m<sup>3</sup> et un écoulement de 12 milliards de m<sup>3</sup> en Algérie.

#### 1.1.2. Potentialités en eau souterraine en Algérie

Les ressources en eau souterraines évaluées par le Plan National de l'Eau est de 1,9 milliards de m<sup>3</sup> par an dans le nord du pays. Les potentialités du Sud sont de 63 Milliards de m<sup>3</sup>.

Table 1  
Comparaison entre les régions de bassins hydrographiques au Nord de l'Algérie [5]

Région	I	II	III	IV
S, km <sup>2</sup>	77,869	56,227	47,908	44,179
P <sub>1995</sub> , million	4,5	4,06	9,78	6,6
h, mm	318	418	442	581
V, million m <sup>3</sup>	24,600	23,500	21,200	26,000
E, million m <sup>3</sup>	971	1,947	4,303	4,565

Ces ressources sont difficilement renouvelables. Les volumes exploitables annuellement sont estimés à 5 milliards de m<sup>3</sup>.

Quelque soit l'importance des infrastructures, les ressources superficielles restent étroitement dépendantes de la pluviométrie, cas de l'Algérie où la sécheresse a sévit depuis plus de deux décennies dans le pays, principalement dans la région ouest du pays, a considérablement affecté le niveau des réserves d'eau qui a atteint un seuil critique et ne permet plus une amélioration et une distribution correcte, cette situation a gravement pénalisé tous les secteurs (population, agriculture et industrie). Le déficit entre l'évolution de la ressource mobilisable et de la demande totale en eau des différents horizons est de 283 millions de m<sup>3</sup> en l'an 2000, de 301 millions de m<sup>3</sup> en l'an 2010 et de 351 millions de m<sup>3</sup> en 2020 dans la région hydrographique de l'Oranie-Chott-Chergui [5]. De ce fait, le recours à des ressources en eau non conventionnelles telles que le recyclage des eaux usées, dessalement des eaux de mer et déminéralisation des eaux saumâtres s'impose afin de pouvoir compenser le déficit en eau. Pour faire face à la demande en eau potable d'une partie des grandes villes du littoral à partir du dessalement d'eau de mer au-delà de l'horizon 2020 et même avant pour certaines, par exemple la ville d'Oran, nous paraît inévitable, surtout si la cadence de la croissance de cette demande continue d'une manière incontrôlée.

### 1.2. Situation géographique et morphologique de la nappe de brédéah

Le secteur se situe au Sud-Ouest de la ville d'Oran. Il comprend le flanc Sud-Ouest du Djebel Murdjadjo et la pleine qui borde la grande Sebka (Fig. 1). La région ainsi délimitée comporte deux zones bien distinctes: une zone Nord, caractérisée par des formations carbonatées de couleur blanchâtre, traversées par des "Chaabates" ne présentant un écoulement superficiel qu'au moment des pluies importantes. La végétation dense dans les oueds et les "Chaabates" est plus clairsemés sur les plateaux et la zone sud, correspond à la plaine de Bouyakor. Elle s'étend à l'Est vers Misserghine et à l'Ouest vers Bou-tlelis. La ceinture Nord de la plaine est fertile, les terres sont occupées par des cultures maraîchères et des plantations d'arbres fruitiers. Au Sud de la plaine s'étend la grande Sebka d'Oran, dans laquelle s'accumulent les eaux de pluie et de ruissellement lors des périodes humides et qui s'assèche en été.

### 1.3. Historique du captage des sources Brédéah pour l'alimentation en eau de la ville d'Oran

Le problème de l'eau a depuis longtemps existé pour les habitants d'Oran. Cette ville qui ne cesse de s'étendre en superficie et dont le nombre d'habitants croit très rapidement. Pour satisfaire les besoins en eau potable des recherches avaient été réalisées sur un rayon de plusieurs kilomètres autour d'Oran. Les premiers chercheurs pensaient qu'il fallait aller capter l'eau dans les plaines du Chéelif, de la Macta et de la Tafna. Les résultats obtenus ont été pratiquement négatifs, les recherches se sont orientées vers le secteur de Brédéah. Les sources de Brédéah se trouvent à environ 26 km à l'Ouest d'Oran, à proximité de la route nationale n° 2 menant à Aïn Temouchent. La nappe alimentaire des sources de Brédéah se trouve à une profondeur de 85 à 100 m au dessous du niveau

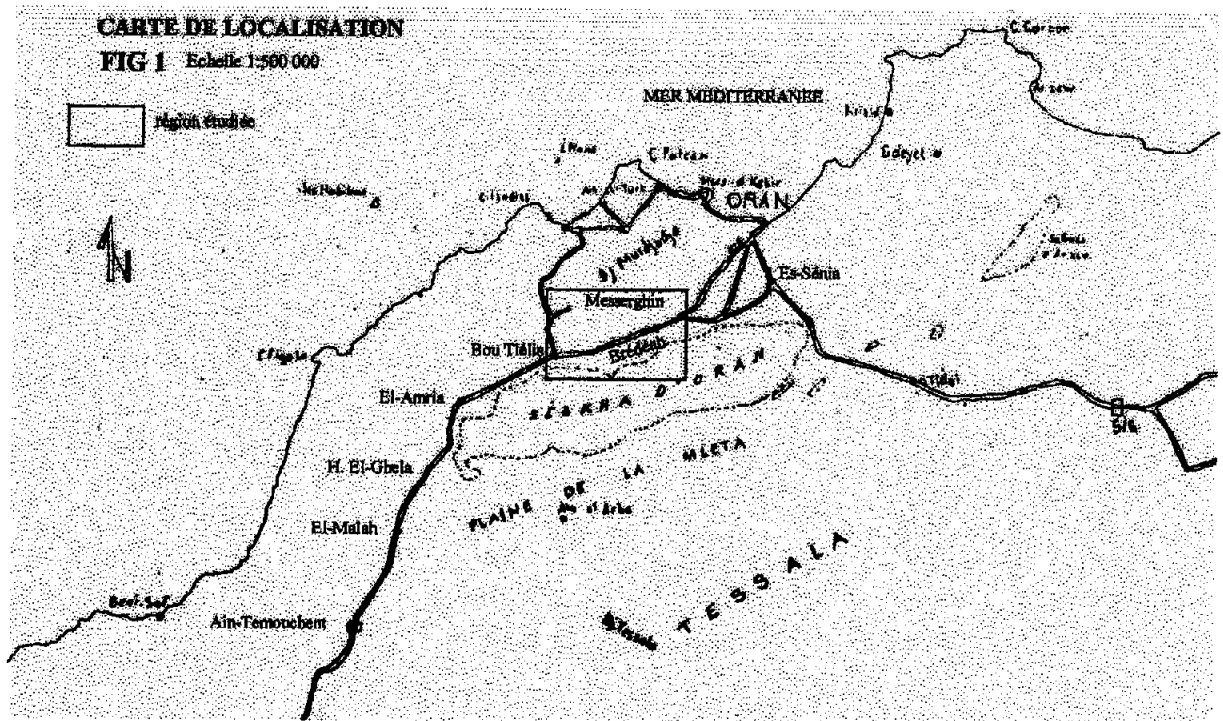


Fig. 1. Carte de localisation.

du sol. Le point d'émergence actuel est à 88,5 m au dessus du niveau de la mer. Depuis la réalisation du captage, la station de Brédéah n'a pas cessé d'alimenter en eau la ville d'Oran. Mais ces eaux ne plaisaient guère aux habitants. Ce n'est qu'en 1952 et après la construction du barrage de Beni – Bahdel (1934–1941) que le problème de l'eau a été partiellement résolu. La Station de Brédéah ne servant à partir de ce moment qu'à renforcer la demande pendant les heures de pointe ou lors des travaux sur la conduite qui relie le barrage à Oran. Les eaux pompées de la station sont conduites vers les bassins d'Ain-El-Baida, au B.C. 8 (situé à l'Est) pour être mélangées aux eaux de Béni-Bahdel avant d'être entraînées dans les réseaux de distributions en eau potable. La demande en eau s'étant considérablement accrue à Oran et dans sa région au cours des dernières années, le barrage

de Beni-Bahdel, les sources de Brédéah, deux forages à l'Est de Brédéah à Ras-El-Ain, le barrage Fergoug n'arrivent pas à satisfaire les besoins. A défaut d'eaux superficielles, il est nécessaire d'estimer le potentiel aquifère souterrain de façon à assurer une meilleure gestion des eaux et leur répartition entre l'alimentation humaine, industrielle et l'agriculture.

#### 1.4. Cadre géologique et structural

La région étudiée présente une hétérogénéité de ses faciès mais dans l'ensemble, elle comporte deux zones bien distinctes. L'une carbonatée et l'autre alluvionnaire. La formation carbonatée (Djebel Murdjadjo) Karstique miocènes en amont reposant sur un substratum schisteux d'âge mésozoïque plonge au dessous de la formation

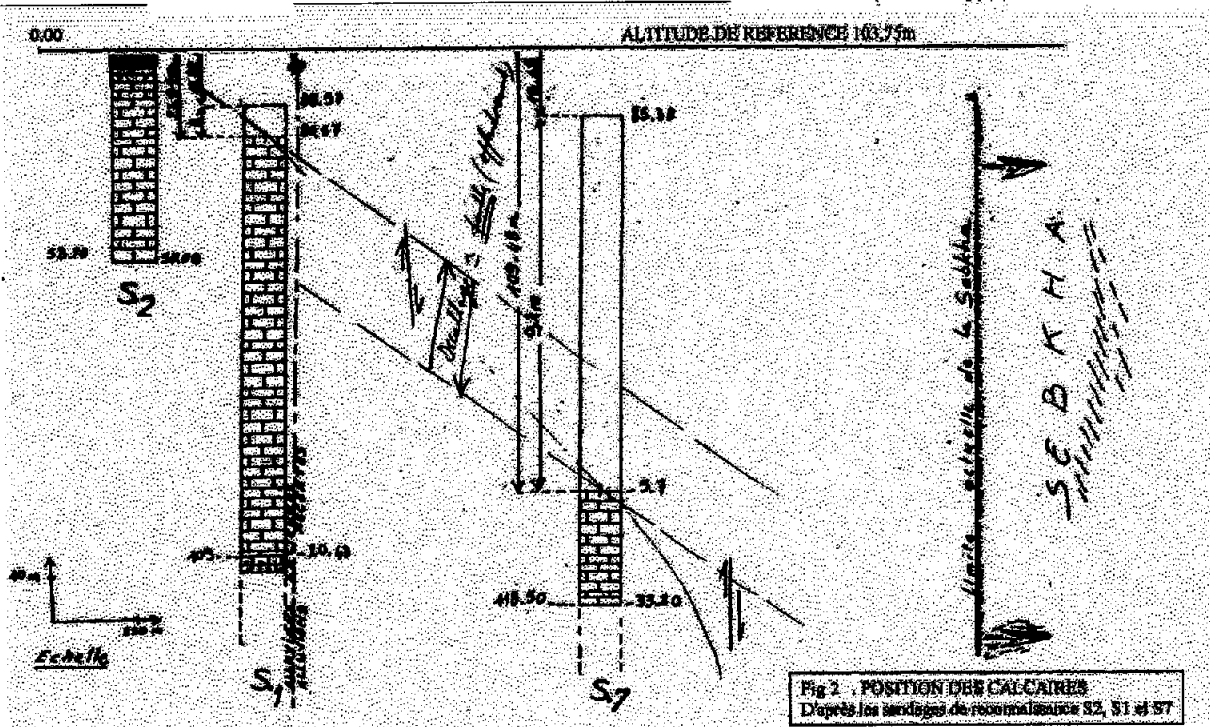


Fig. 2. Position des calcaires.

alluvionnaire quaternaire en aval, passant au Sud à des limons salés constituant le fondement de la cuvette de la Sebkha. Le captage de brédéah est situé dans la zone intermédiaire (Fig. 2).

## 2. Hydrogéologie

Il existe deux types d'aquifères: Miocène et Quaternaire [1,2].

### • Aquifères Miocène:

Cet aquifère est libre du Nord et peut devenir captif sous les argiles de la dépression de la Sebkha. Les calcaires du Murdjadjo d'âge miocène contiennent la plus importante "nappe" de la région, aussi bien en ce qui concerne les dimensions, les capacités de réserve. La nappe se situe dans les calcaires hétérogènes, calcaires récifaux et calcaires à algues. La circulation des

eaux se fait essentiellement par les fissures du Korst. En amont de l'aquifère calcaire du Murdjadjo, on note l'existence d'une nappe réduite en extension contenue dans les grès de base, conglomérat d'âge miocène. Elle draine ses eaux vers les calcaires. De même à l'Est, où on a une autre nappe contenue dans les calcaires à tripoli limités à leur partie inférieure par les marnes à tripoli de pierres jaunes silex jouant le rôle de substratum local. Ce contact est marqué par les extuaires des sources de Misserghin. Les forages F1, F2 et F4 traversent essentiellement les calcaires fissurés aquifères, leurs débits sont respectivement de 39; 11 et 29 l/s. Les sources importantes de la région étudiée sont celles de Brédéah, captées aujourd'hui par l'intermédiaire de puits en raison de l'abaissement du niveau statique qui se situe actuellement à près de 04 mètres au-dessous du niveau du sol, alors qu'à

l'origine elles constituaient des émergences naturelles. Avant le captage le débit maximum était estimé à 24,000 m<sup>3</sup>/j. Le débit moyen journalier d'exhaure a atteint au mois de juin 1982,  $Q = 43,337 \text{ m}^3/\text{j}$  (1800 m<sup>3</sup>/h).

- **Aquifère quaternaire:**

Cet aquifère s'étend de la bordure de la grande Sebkhah au Sud du Murdjadjo, en occupant toute cette plaine. Les eaux de cet aquifère sont contenues dans les alluvions hétérogènes. L'eau est à une très faible profondeur (3 à 4 m). Les puits sont rares en bordure de la Sebkhah et plus nombreux au Nord, puisqu'on se rapproche du Murdjadjo où certains atteignent les calcaires sous un faible recouvrement alluvial. Une seule source a été reconnue, c'est la source de Sidi Mbark ( $x = 189,70; y = 260,10$ ). c'est une source péenne, située en bordure de la grande Sebkhah, à l'extrémité Est de la carte d'inventaire des points d'eau, son débit est très faible, estimé à 0,5 l/s en janvier 1982, elle se déverse dans la grande Sebkhah.

Si ces deux aquifères sont individualisés à certains endroits du versant Sud du Murdjadjo à d'autres, ils se juxtaposent et les eaux sont alors en communication constante suivant des caractéristiques hydrodynamiques complexes et avec des alimentations multiples.

- **Piezométrie:**

Lors de la campagne piézométrique effectuée les 23 et 24 janvier 1982, 88 puits ont été recensés et il s'agit de la piézométrie de la nappe située dans la plaine qui est bordée par la grande Sebkhah au Sud et les calcaires du Murdjadjo au Nord. Le tracé piézométrique de la nappe est relativement complexe, la surface apparaît très irrégulière. On remarque l'existence de protubérance qui peuvent atteindre des altitudes de 87 m à l'Ouest de Brédéah et des dépressions qui descendent jusqu'à 78,5 m, soit une différence de charge de 8,5 m. Le gradient

hydraulique n'est pas constant, il varie d'un point à un autre en raison de l'hétérogénéité du terrain aquifère. L'écoulement se fait du Nord vers le Sud. Un écoulement inverse (Sud-Nord) a été observé à Daiet El-Hamra. La dépression de 78,5 m attire les eaux du Sud, ce qui peut indiquer une zone à plus grande perméabilité permettant aux eaux salées retenues dans la formation de la Sebkhah de s'écouler dans ce sens. Comme il peut aussi s'agir d'une zone qui appartenait auparavant à la Sebkhah. La position de la station des eaux de Brédéah "explique le faible rabattement du niveau dynamique dans les forages (côte du forage central à l'arrêt était égale à 83,5 m). Ces forages se trouvent près d'une zone d'axes de drainages des eaux souterraines et de plus les assises calcaires constituant la nappe ne sont pas profondes. Les résultats obtenus d'après la piézométrie sont très significatifs, ceci malgré le non nivellement des puits. L'écoulement superficiel des eaux souterraines dominant se dirige du Nord vers le Sud et la nappe des calcaires du Murdjadjo alimentant les alluvions quaternaires. Le débit que fournissent les sources de Brédéah nous donne une idée sur le débit que peut fournir la nappe des "Calcaires-Alluvions", puisque ces sources ne constituent qu'un seul point de débordement de cette nappe. Quant à l'écoulement inverse, Sud-Nord, observé à Daiet El Hamra il peut s'agir d'un écoulement préférentiel local provenant des eaux contenues dans la formation semi-perméable de la Sebkhah (Fig. 3).

- **Nappe de Brédéah:**

Le bassin d'alimentation des captages de Brédéah est limité à l'Ouest par les calcaires marneux de Bou-Tlelis, au nord par la ligne de crête du Murdjadjo. A l'Est la limite n'est pas franche, on ne note que quelques affleurements locaux du substratum qui remonte. Au Sud la limite n'est pas connue, on ignore ce qui se passe réellement sous le recouvrement de la grande



Sebkha. Pour la limite Est on prend hypothétiquement comme limite la ligne d'émergence des sources de Misserghin. Pour la limite Sud, on a deux hypothèses: Soit les calcaires du Murdjadjo se prolongent sous la Sebkha formant un synclinal en affleurant de l'autre côté de la rive de la Sebkha, au Tessela avec un pendage vers le Nord. Soit par le phénomène de subsidence, la limite Sud du bassin d'alimentation sera la limite actuelle de la Sebkha.

- Hydrochimie:

Le problème de la salinité des eaux des sources de Brédéah a attiré l'attention des organismes chargés de la gestion des eaux potables et les a amené à faire procéder à un certain nombre d'études. Malgré tous ces travaux échelonnés sur des nombreuses années aucune réponse définitive n'a pu être apportée. Pour certains auteurs la salinité serait liée à la proximité de la grande Sebkha: les pompages intensifs ayant progressivement amené les eaux saumâtres au contact des forages d'exploitation, sans préciser d'où proviennent ces eaux salées. Cette hypothèse est fondée sur les observations faites en 1952 après la mise en service du barrage de Beni-Bahdel: une régression de la salinité des eaux ayant été constatée chaque fois que les pompages étaient mis à l'arrêt pendant un temps suffisamment long, la salinité augmentait dès que les pompages repris. D'autres auteurs sont de l'avis que la salinité provient des excès de pompage, ils ne précisent pas dans leurs rapports la provenance des eaux salées, se contentant d'affirmer que "les pompages importants ont attiré les eaux salées et rompues l'équilibre original".

L'étude la plus récente est celle effectuées par B. Sourisseau. Partant d'un avis contraire à celui de ses prédécesseurs il s'efforce de démontrer que la salinité des eaux ne provient pas de la Sebkha; mais de la mise en solution par les eaux

Table 2

Résultats de l'analyse en mg/l de l'échantillon de sel de 10 g, ramassé au centre de la Sebkha et analysé à l'INRH d'Oran.

Ca <sup>++</sup>	60
Mg <sup>++</sup>	10
Na <sup>+</sup>	3680
K <sup>+</sup>	7
Cl <sup>-</sup>	5753
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	96
HCO <sub>3</sub> <sup>-3</sup>	13
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1
Cont. 25°C, mmhos	17,1
RS, mg/l	9900
pH	7,5

d'exhaure, de lentilles de gypse de sels interstratifiés dans les formations quaternaires. Il en donne comme preuve l'analyse "d'un échantillon de sel " pris du centre de la Sebkha au mois d'août 1975 et analysé au laboratoire de l'INRH d'Oran. Dans cet échantillon la concentration des sulfates était plus faibles que celle des eaux de la nappe des alluvions. Il conclut que la salinité des eaux de la nappe des alluvions qui s'accompagne toujours d'un enrichissement en sulfates, ne provient pas d'apport par la grande Sebkha (Table 2).

## 2.1. Caractéristiques chimiques des eaux souterraines

### 2.1.1. Miocène

- Nappe des calcaires libres:

Dans cette partie de la nappe les puits témoins suivants ont été retenus et numérotés d'Ouest en Est. Pour lesquels les analyses régulières portant sur des périodes plus ou moins longues sont connues: 74-57 bis-67-65-64-77. Les diagrammes de ces puits montrent que leurs eaux sont *chlorurées-sodiques*. Pour le n° 64 qui est le forage principal du captage de Brédéah, les



Table 3  
L'analyse chimique du 09/12/1982 a donné les résultats en mg/l

Ca <sup>++</sup>	76
Mg <sup>++</sup>	56
Na <sup>+</sup>	90
K <sup>+</sup>	4
Cl <sup>-</sup>	212
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	53
HCO <sub>3</sub> <sup>-3</sup>	323
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	28
Cont. 25°C, mmhos	1,3
RS, mg/l	820
pH	7,8

teneurs en chlorures sont de 1246 mg/l en avril 1982 et 325 mg/l (valeur minimale) en mai 1983 à 4620 mg/l (maximal) en janvier 1882. Cette teneur tombe à des valeurs comprises entre 331 mg/l et 392 mg/l au puits n°65 situé à moins d'un kilomètre plus au Nord (mais qui n'est pas équipé de pompe).

- Nappe des grès et conglomérats de base (miocène)

Le seul exutoire connu, de cet aquifère est la source d'Ain Terziza (Table 3). Les eaux de la source d'Ain-Terziza sont chlorurées bicarbonatées.

- Etude des forages d'exploitation sur le flanc Sud de Murdjadjo

1. Forage n° 1 (F1) (Table 4): L'eau est bicarbonatée-chlorurée et de pH constant à 8,3; les concentrations des anions et des cations ne varient pas beaucoup. La qualité des eaux du point de vue de potabilité est passable à bonne.

2. Forage n° 3 (F3) (Table 5): Le résidu sec (RS) du niveau supérieur a atteint 2,3 g/l et celui du niveau inférieur a dépassé 7 g/l. Les deux échantillons ont été analysés, un au début du pompage et l'autre après 8 heures de pompage et qui est marqué par une diminution des

concentrations des ions sauf Mg a au contraire augmenté. Le pH est basique, la qualité chimique s'est légèrement améliorée.

3. Forage n° 4 (F4) (Table 6). Le résidu sec (RS) est marqué par une légère tendance à l'augmentation, il était de 0,7 g/l au début du pompage et il est arrivé à 0,82 g/l à la fin du pompage, le pH est basique. Les eaux sont chlorurées-sodiques, leur qualité est passable à bonne La qualité des eaux de ces forages est variables. Cette variation est sans doute liée à la présence d'évaporites au sein de la formation (Table 7).

- Miocène–Quaternaire (Calcaires - Alluvions)

Les puits témoins de cette partie avale de la nappe sont: d'Ouest à l'Est: 51; 59; 58; 43; 39; 37; 35 bis; 29; 27; 26 bis; 25; et 21. Six de ces puits sont dans la partie Nord de la nappe bicouches et les autres sont situés plus au moins au Sud de cette nappe. Si on compare les valeurs observées sur les puits n° 58 et 39, qui le premier situé dans la partie Nord, on constate que sur 4 mois les concentrations sont plus élevées au puits n° 39 situé lion de la Sebkhah qu'au puits n°58.

### 2.1.2. Commentaire des résultats

En prenant les facteurs susceptibles d'entraîner des modifications de la chimie des eaux dans la nappe des captages de Brédéah tels que *fort débit d'exploitation fait appel aux eaux souterraines de la Sebkhah; dissolution des sels interstratifiés et le débit.*

On sait qu'en pompant dans une nappe, on la déprime, on obtient donc un cône de dépression qui a pour centre le lieu de pompage (cas d'une nappe horizontale). Dans la station de Brédéah l'exhaure atteint en moyenne 30,000 m<sup>3</sup>/j. Débit énorme pouvant être poussé pendant les mois d'été à plus de 50,000 m<sup>3</sup>/j. Au mois de juin 1982 le débit a atteint 1300030 m<sup>3</sup>. Le jour du 09 juin 1982 le débit de pompage a atteint 51360 m<sup>3</sup>.

Table 4

Les analyses chimiques en mg/l des eaux de ce forage pendant l'essai de pompage de longue durée par l'INRH ont donné les résultats

Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	RS	DH	Durée, h
38	50	92	4	176	62	268	22	660	8.3	30
38	52	92	4	117	50	229	16	820	8.3	31
62	50	92	4	179	50	336	10	966	8.3	36
30	55	90	4	190	74	209	11	660	8.3	30
54	55	87	4	172	48	284	11	900	8.3	36
38	47	87	4	179	43	246	14	600	8.3	29
42	42	87	4	165	43	253	15	620	8.3	28

Table 5

Résultats d'analyses chimiques

Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	RS	DH	pH	Durée, h
170	55	451	15	820	204	410	31	2300	65	7.7	Début
120	80	361	11	591	197	392	26	1760	63	7.8	8

Table 6

Ses échantillons ont été prélevés pendant l'essai de pompage de longue durée (les concentrations sont données en mg/l)

Date, 79	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	RS	pH	DH°	Obs
16/5	70	50	115	3	219	17	284	29	700	7.5	38	Début
16/5	64	52	94	3	186	14	284	35	680	7.6	37	10h
17/5	66	52	99	3	190	31	284	26	680	7.5	38	20h
17/5	66	42	102	3	190	43	284	32	720	7.5	34	30h
17/5	68	53	108	3	202	43	284	27	740	7.5	39	40h
18/5	68	46	115	3	206	29	284	25	860	7.5	36	50
18/5	70	56	117	3	209	91	287	23	800	7.5	40	60
19/5	72	49	120	3	219	48	287	29	800	7.5	38	70
19/5	72	60	97	3	258	67	287	34	820	7.5	43	72

Table 7

Variation chimique de l'eau des forages— F1, F3 et F4

Forage	RS, g/l	D°, h
F1	0,6–0,96	28–36
F3	1,76–2,30	63–65
F4	0,68–0,86	34–43

La nappe est à perméabilité de fissures et inclinée. La circulation des eaux souterraines se fait dans des fissures de formes, de dimensions et de faciès différents. Pour vérifier si le débit de pompage, dans la station de Brédéah, intervient dans le phénomène de la salinité des eaux, les documents suivants ont été utilisés:

- Carte piezométrique: Sur cette carte on n'observe pas de cône de dépression, malgré les forts débits de pompage à la station des eaux d'Oran. Il n'y a pas d'apport significatif d'eaux souterraines du Sud vers le Nord (Fig. 3).
- Données de diagramme (1) de clair (1952–1958): Ce diagramme montre l'évolution de la concentration en chlorures dans deux forages voisins de la station de Brédéah sur une période de 7 années. En prenant chaque forage à part et en analysant le diagramme on constate que l'évolution de la concentration en chlorures ne varie pas en fonction des débits de pompage;
- Diagramme (2) (1982–1983): Ce diagramme a été établi d'après les résultats des analyses chimiques fournis par l'INRH d'Oran, et les mesures de débits dans la station de Brédéah (fournies par les services des eaux d'Oran).  
A la lecture de ce diagramme, on constate que la concentration en  $\text{Cl}^-$  atteint 4 108 mg/l la journée du 09 juin 1982 avec un débit de pompage journalier de 51,360 m<sup>3</sup> (débit mensuel: 1,300,030 m<sup>3</sup>), par contre la journée du 06 janvier 1982, la concentration atteint aussi un maximum de 4620 mg/l avec un débit de 19,200 m<sup>3</sup>/j, alors que le débit est deux fois et demi moins important.  
Au mois d'août, septembre et novembre 1982, la concentration en chlorures est de 1600 mg/l en moyenne, alors que le débit est de près de 1,200,000 m<sup>3</sup>/mois. Les jours de prélèvement des échantillons pendant ces mois, les débits étaient à près de 45,000 m<sup>3</sup>/j, en fonction des ces observations on arrive à la conclusion: c'est à dire que; la concentration en sels minéraux n'augmente pas — forcément uniquement — en fonction des débits de pompage dans la station de Brédéah ou bien que les débits instantanés ne donnent pas les vraies valeurs de la déminéralisation d'ensemble des eaux de la nappe.
- Dissolution des sels interstratifiés du miocène: L'étude géologique a montré que la région est caractérisée par une sédimentation lagunaire (Miocène). Si les gypses apparaissent en surface dans des endroits connus, il pourrait y avoir d'autres lentilles des sels que les gypses dans beaucoup d'endroits non connus dans le sous-sol et qui ne sont pas rencontrés par les sondages. La dissolution des lentilles des sels interstratifiées charge les eaux souterraines en sels minéraux. Pour les chlorures par exemple, on trouve que la concentration est plus élevée près de Daiet–El Hamra au puits n° 26 bis (3389 mg/l). Dans cette zone on peut penser qu'il existe des lentilles de sels interstratifiés.
- Interprétation des cartes d'isoteneur: Des puits témoins ont été choisis, dont les données sont à l'INRH d'Oran, ont permis de tracer des cartes d'isoteneurs.
- Carte de chlorures: Comme on vient de le voir ci-dessus, les chlorures ne proviennent pas uniquement des eaux salées contenues dans la formation de la Sebkha, ceci en raison des dômes de forte concentration (supérieur à celle des eaux des puits situés très près de la Sebkha) observés au puits n° 26 bis, près de Daiet–El Hamra et le puits n°59, mais il est fort possible qu'il existe des lentilles des sels dans la zone de captage de ces puits.
- Carte de sulfates: Dans cette carte, on observe également des zones de forte concentration, au puits n° 39, dont la teneur au sulfates dépasse 600 mg/l, alors que sur d'autres points d'eau situés tous près de la Sebkha la teneur est faible. Entre les deux puits n° 74–57 bis captant les calcaires, la teneur varie de moins de 200mg/l à plus de 500mg/l, la même teneur qu'on trouve près de Daiet–El Hamra, où les calcaires sont profonds. En général la teneur en sulfates est plus élevée au sud qu'au Nord près des affleurements de

calcaires. Les zones à forte concentration: Daiet-El Hamra, plaine de Bou Yakour devraient être inondées par la Sebkha dont les eaux se sont aujourd'hui retirées à un niveau plus bas. La courbe d'isoteneurs 600 pourrait être l'ancienne limite de la Sebkha.

- Carte du résidu sec: A l'Ouest de la carte, le résidu sec croît régulièrement du Nord vers le Sud, de 1000 mg/l à 7000 mg/l. Au centre et à l'Est, on observe des dômes de forte concentration au puits n° 39 (6560 mg/l) et au puits n° 26 bis (7600 mg/l). La valeur du résidu sec est liée à la présence des eaux salées contenues dans la formation de la Sebkha dont la perméabilité est très faible. Les eaux très minéralisées ont alors tendance à migrer vers une formation plus perméable. On peut aussi envisager l'existence de lentilles d'évaporites (gypse) dans le secteur. L'étude des cartes d'isoteneurs nous a montré qu'en général, les sulfates, les chlorures et les résidus secs dans les eaux des puits témoins progressent du Nord vers le Sud. Leur provenance est donc du Sud. Les eaux salées contenues dans la formation argileuse à très faible perméabilité de la Sebkha sont en contact avec les eaux contenues dans l'aquifère "calcaires-alluvions" ce qui permet le transfert des eaux de la formation à faible perméabilité vers la zone à grande perméabilité. Ainsi pourraient être contaminées les eaux qui étaient à l'origine peu minéralisées. Mais les sels ne proviennent pas uniquement des eaux souterraines de la Sebkha, il y aurait aussi intervention de lentilles d'évaporites interstratifiées et dont la mise en solution s'effectuerait *in situ*.

### 3. Conclusion

La station de pompage de Brédéah se situe au

contact de deux systèmes aquifères complexes: l'un karstique dans les formations calcaires, l'autre en interstices dans les alluvions et les formations quaternaires. Les eaux pompées actuellement sont de mauvaise qualité, elles sont qualifiées d'eau "non potables" puisqu'elles présentent des teneurs des sels minéraux, très supérieures aux normes de potabilité. L'origine de la forte salinité des eaux de Brédéah doit être recherchée dans la proximité de la Sebkha. Les eaux à faible minéralisation provenant du réservoir calcaire étant contaminées par les eaux salées contenues dans la formation semi-perméable de la Sebkha. La mise en solution des évaporites interstratifiées, interviendrait aussi dans la minéralisation des eaux.

Actuellement pour utiliser les eaux de Brédéah, le service chargé de la distribution des eaux potables, les mélanges avec celles qui arrivent de Ben-Bahdel et celles qui sont pompées aux forages F1 et F4.

Le problème de l'eau à Oran ne cesse donc de se développer et de s'aggraver. Pour le résoudre il faudrait: en premier lieu, une distribution rationnelle des ressources existantes et implantation des forages, comme le F1 et F4 (Fig. 3) sur le flanc sud de Mudjadjo aux environs des points de coordonnées:

F1 (X1 = 180,4; Y1 = 259,8)

F4 (X2 = 180,8; Y2 = 260,6)

Et comme une amélioration de la qualité de l'eau a pu être constatée lorsque l'on s'éloigne de la zone de contamination que constitue la Sebkha, il faudra multiplier des recherches pour retrouver plus en amont les eaux alimentant Brédéah.

Pour rendre l'eau de captage de Brédéah potable, il est nécessaire d'installer une usine de déminéralisation de ces eaux.

**Référence**

- [1] A. Benlekehal, Contribution à l'étude hydrogéologique du bassin d'alimentation des captages de Brédéah (Oran), Université d'Oran, Institut des Sciences de la Terre, Département de Géologie appliquée, 1985.
- [2] F. Djebbari and H. Madani, Valorisation des ressources en eau de la région de Brédéah (Boutlelis-Messerghin), Université d'Oran, Institut des Sciences de la Terre, Département de Géologie appliquée, 1994.
- [3] A. Benziane, Problèmes géologiques et hydrogéologique de la Sebkhah, Université d'Oran, 1983.
- [4] B. Dahmani, Contribution à la formation d'un groupement momentané d'entreprises de Degrémont S.A. France e, Division traitement des eaux, Algérie, pour une soumission d'un projet concernant la fourniture, la mise en oeuvre, le montage et la mise en service d'une installation de dessalement des eaux de la nappe de Brédéah pour un débit 1650 m<sup>3</sup>/h, lancé par la Direction de l'Hydraulique de la Wilaya d'Oran, Janvier, 1999.
- [5] B. Benguedech, Potentialités des ressources en eaux et leurs affectations en Algérie, Direction des Grands Aménagements et Infrastructures Hydrauliques; Ministère des Ressources en eau. Bulletin International de l'Eau et de l'Environnement, EDIL Inf-Eau n°21, 1999, pp. 8–12.
- [6] Z. Hassani, Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique de la région de Misserghin, DEA, Université d'Oran, 1974.
- [7] A. Clair, Evolution de la salure de la nappe de Brédéah, INRH, Oran (ex. DEMRH), 1958.
- [8] A. Clair, Etude hydrogéologique de la nappe de Brédéah, courbes de variation de la salure dans les forages W2 et W6, 1958.
- [9] B. Sourisseau, Etude hydrogéologique du massif du Murdjadjo, région de Brédéah – Bou-Sfer, INRH, 1976.