

L'eau dans l'oasis de Béni Abbès : un patrimoine essentiel (Vallée de la Saoura, Sud Ouest algérien).

MERZOUGUI Touhami¹, MEKKAOUI Abderrahmane² et Kabour A³

¹ GTZ; Projet gestion intégrée des ressources en eau dans l'oasis Béni Abbès. App, 39, Cité El Ouahda Béni Abbès, Béchar, Algérie. Email : touhamime@yahoo.fr

² ³Institut d'Architecture, de Génie civil et d'Hydraulique, B.P : 417, Centre universitaire de Béchar, Béchar, Algérie.

Les eaux souterraines représentent l'unique ressource d'approvisionnement d'eau pour l'oasis de Béni Abbès. Au niveau de cette localité, il a été possible de répertorier quatre (04) nappes interconnectées, de taille variée. Celle du grand erg occidental est la plus ample, elle communique par un drain naturel avec les nappes des terrasses alluviales et d'inféro-flux de la Saoura. La nappe de la Hamada du Guir, contenue dans les calcaires lacustres du Tertiaire, présente des capacités modestes. Enfin, s'ajoutent les nappes fossiles peu connues du Paléozoïques. La nappe du grand erg occidental offre une bonne eau et représente le principal nerf du système aquifère, au sein duquel, existe un exutoire par excellence, dite usuellement la Grande source de Sidi Othmane (Ø :33l/s). Selon un système de partage traditionnel du débit global : 2/3 destinée à l'alimentation en eau potable et 1/3 pour l'irrigation de la palmeraie d'ordre qualitatif et quantitatif.

Le problème de salinité des eaux souterraine causé par de plusieurs facteur humaine et naturel, engendrant des sérieux problèmes d'irrigation.

Une bonne connaissance du fonctionnement de système aquifère permet de préserver le potentiel des ressources en eau, leur qualité, leur évolution, notamment face aux risques de la salinité, et de préconiser des modes de gestion adaptées.



L'Oued Saoura en crue Février 2007

Introduction

La vallée de la Saoura jalonnée de luxuriantes oasis (Béni Abbès, Taghit, Igli), dispose d'une certaine abondance d'eau. Le développement socio-économique et les exigences de la vie moderne exercent beaucoup de contraintes sur les ressources hydriques de ces oasis, les besoins en eau potable et irrigation augmentent de plus en plus, générant un bilan hydrique est dev (Achour Bennadji et al, 1998).

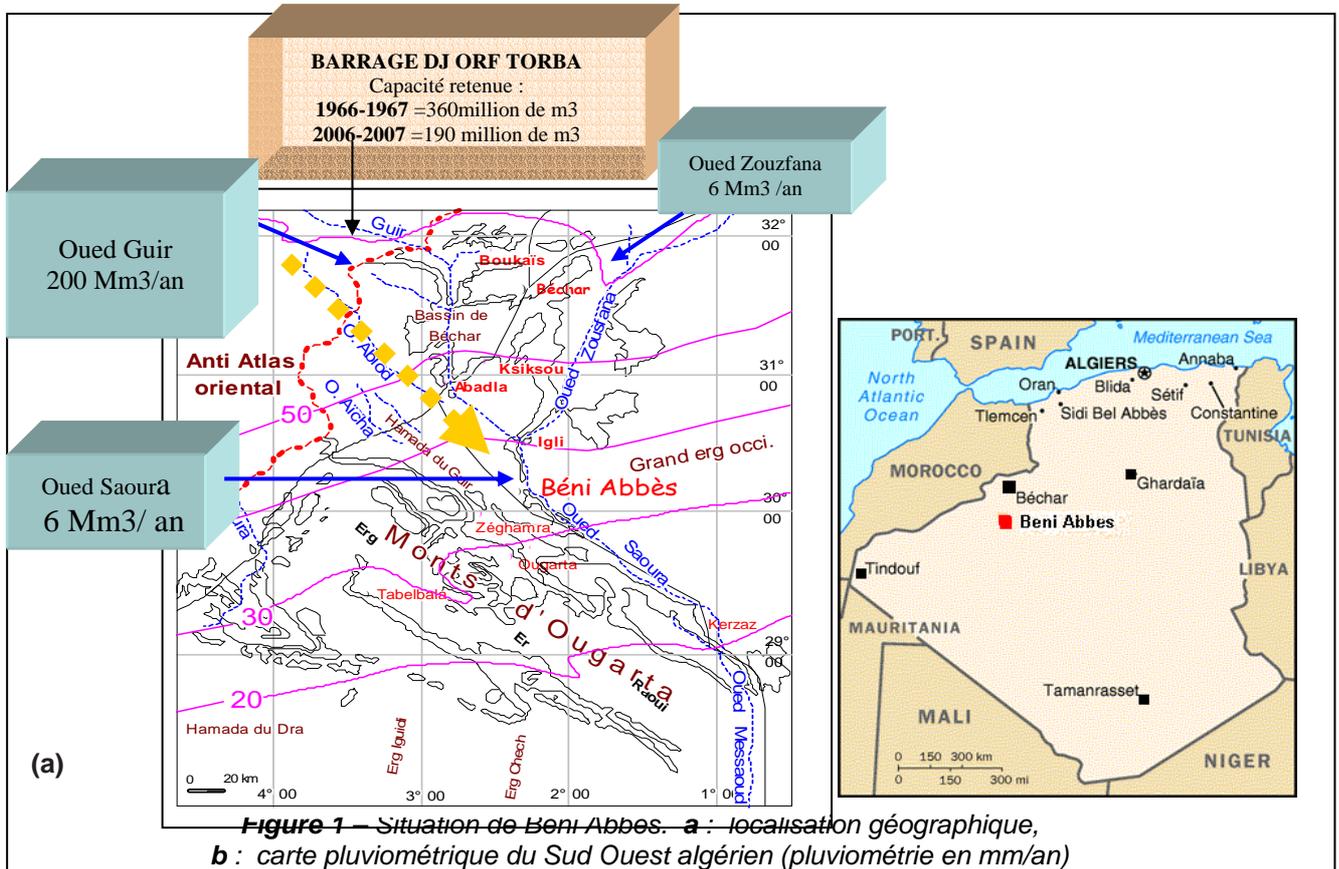
La présente note consiste en une mise au point sur les potentialités en eaux souterraines de la localité de Béni Abbès ainsi que sur le fonctionnement et la dynamique du système aquifère local. Après avoir donné un aperçu sur le cadre géologique des différents aquifères de la région, nous confrontons des analyses hydrochimiques faites à différentes périodes, afin de mettre en relief la menace de salinisation des eaux, principal facteur destructeur.

I. Situation géographique :

L'oasis de Béni Abbès, faisant partie de la Saoura, admet comme coordonnées (2°1'5" O, 30°8'7" N). Elle se situe dans le Sahara occidental de l'Algérie, à environ 240 km au Sud Ouest du chef lieu département de Bechar et à 880 Km au Sud Ouest d'Alger (fig.1.a). La vallée de la Saoura résultant de la jonction des oueds Guir et la Zouzfana, représente un principal cours d'eau du Sahara Nord

Occidental de l'Algérie. Elle est bordée à l'Est par le Grand Erg occidental, à l'ouest par la Hamada du Guir (Mio-Pliocène) et la Petite Hamada. Au niveau de la base Saoura, elle jouxte les monts de l'Ougarta (paléozoïque) (Conrad G, Roche MA, 1965.). Le fond de cette vallée est occupé par des terrasses alluviales étagées composées des sédiments quaternaires connus localement le Saourien et le Guirien (Chavaillon J, 1964).

Le climat de la région aride avec une pluviométrie faible. L'oued Saoura, résulte de la jonction au niveau d'Igli, des oueds Guir et Zousfana, l'oued Saoura, autrefois très actif, est actuellement considéré comme un cours d'eau qui ne reçoit qu'un apport hydrique négligeable. A raison de la construction du barrage de Djorf Torba, alimenté par l'oued Guir et situé à environ 260 km en amont de Béni-Abbès, Sur son parcours d'environ 240 km. (fig 1.b)



II. Aperçu sur la géologie de la région

L'oasis de Béni Abbès construite sur un plateau de 500 m d'altitude, appartient à la plate forme saharienne. A l'échelle régionale, cette région se rattache aux monts d'Ougarta, constitués d'une gamme de terrains très variés, allant du Précambrien à l'actuel (Menchikoff, 1933; Alimen, 1957). Localement, on connaît des terrains du Dévonien supérieur, sur lesquelles repose en discordance le Néogène.

II.1. Paléozoïque (fig.2) : nombreux travaux consacrés au Paléozoïque d'Ougarta (Menchikoff, 1930 ; Alimen et al 1952 ; Fabre 1976 ; Khakhlov, 1980 ; Zaitzev, 1983 ; Aït Kaci A., 1990 ; Mekkaoui A. 1998).

- **Cambrien** (1200m) : comprend les formations suivantes :
 - **Formation de Sebkhah El Melah** (350-400m) : il s'agit de grès arkosiques, peu indurés, à feldspaths abondants et à granulométrie homogène et moyenne.
 - **Formation d'Ain Néchéa** (800m) : elle est constituée essentiellement par des grès quartzites et des quartzites en dalles métriques à intercalations de grès argileux en plaquettes.
- **Ordovicien** (1150-1250m) ; se composent des cinq formations:

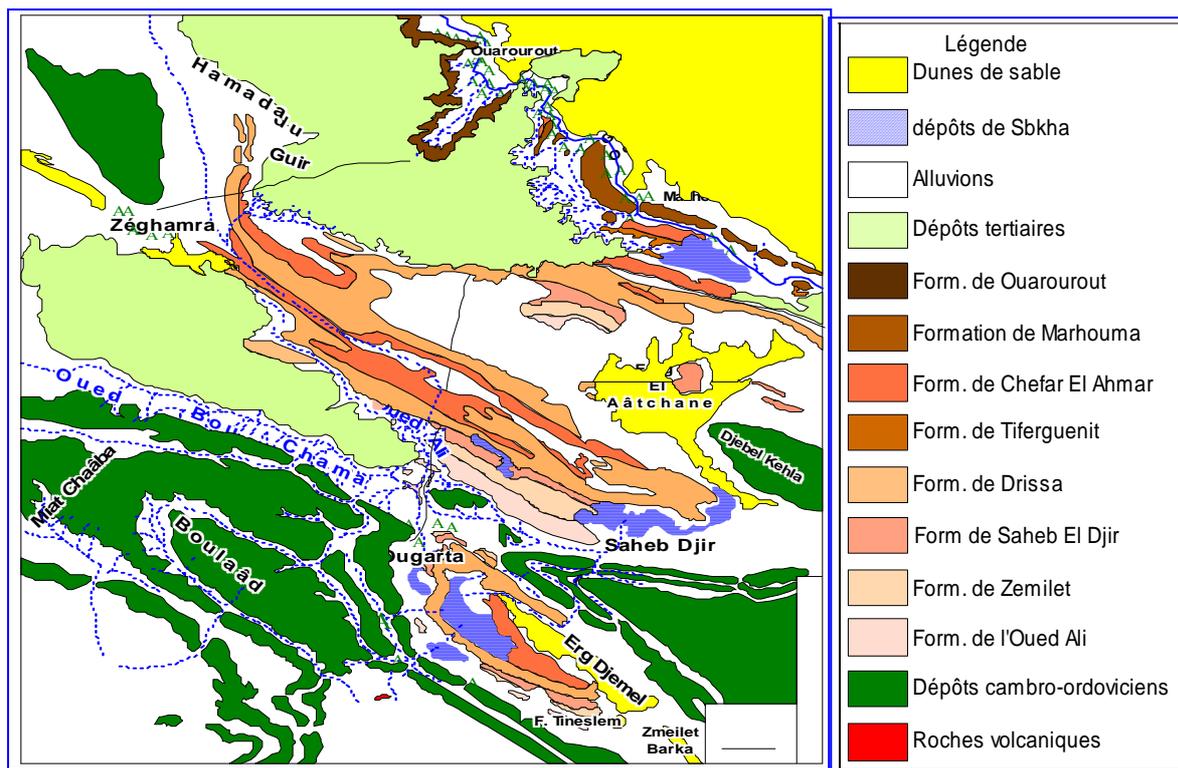


Figure.2 – Carte photogéologique de la région Ougarta – Béni Abbès.

- **Formation de Fom Tineslem** (40-200m) : composée de grès glauconieux verdâtres en plaquettes, à intercalation de silstones, et des lentilles de calcaires gréseux.
- **Formation de Kheneg El Aatène** (40-300m) : constituée de grès quartzeux avec intercalations de passées argileuses.
- **Formation de Fom Ez Zeidya** (30-300m) : ce sont des schistes, des grès quartzeux, des grès ferrugineux et des calcaires fossilifères.
- **Formation de Bou M'haoud** (10-220m) ; comprend des grès quartzeux en plaquettes intercalés d'aleurolites, des schistes et des calcaires lenticulaires.
- **Formation de Djebel Serraf** (10-200m) ; est argilo conglomératique.
- **Silurien** (1000-1250m) : connu sous le nom de formation de Oued Ali, représentée par des schistes noirs armés de bancs calcaires.
- **Dévonien** (1700-2000 m) : subdivisé en six formations
 - **Formation de Zmeilet** ; est argilo-silteuse.
 - **Formation de Saheb El Djir** ; argileuse.
 - **Formation de Dkhissa** est argilo-gréseuse dans sa partie inférieure et gréseuse dans sa partie supérieure.
 - **Formation de l'Oued Tiferguenit** : argilo-gréseuse.
 - **Formation de Chefar El Ahmar** ; représentée par des calcaires.
 - **Formation de Merhouma**; est argilo-gréseuse.
- **Strunien** représenté par des grés, des argiles et des calcaires rougeâtres.

II. 2. Cénozoïque.

- Tertiaire (40 à 50 m) forme les dépôts de la hamada du Guir, discordants sur les différents termes du Paléozoïque. Il se compose de dépôts fluviolacustres couronnés d'une carapace silico-carbonatée (Lavocat, 1972 et M. Roche, 1973). Les terrains néogènes, dits aussi hamadiens, sont tabulaires et constituent le plateau de la ville, qui n'est en réalité qu'une petite portion de la vaste Hamada du Guir. De point lithologique, la coupe du Gara Diba, demeure la plus représentative (fig. 3). On distinguera de bas en haut :
 - Des argiles dévoniennes altérées de couleur chocolat.
 - Une lentille de grès durs conglomératiques.
 - Des sables à stratifications entrecroisées.
 - Une dizaine de mètres de «Torba »

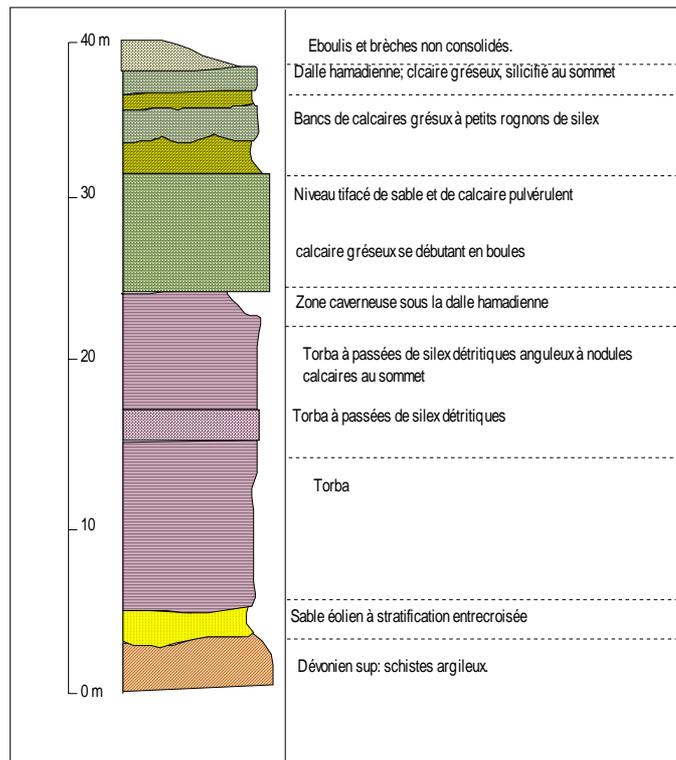


Figure 3 – Coupe du Gara Dipa (Roche, 1973)

Trois bancs calcaires silicifiés, séparés par deux bancs de grès calcaires. L'ensemble de ces bancs forme la dalle hamadienne inférieure.

II. 3. Quaternaire

En dehors des accumulations éoliennes du grand erg occidental, le Quaternaire comprend:

a) - Terrasses anciennes : (Pliocène - Villafranchien)

Elles sont formées d'une série détritique surmontée de conglomérats et sables.

b) - Terrasses moyennes : (Pléistocène), appelées localement le Saourien, formées d'une série d'encroûtement surmontée par des sables fluviéo-éoliens avec des passées marneuses.

c) - Terrasses supérieures : (Holocène ou Guirien;) Il s'agit d'une alternance de sables et graviers à stratifications entrecroisées avec présence de sables fins.

En conclusion, ces différentes formations présentent des conditions de réservoir par excellence. Les terrains primaires pourront contenir une superposition d'aquifères.

III. Les ressources en eau souterraine :

Le sous-sol de la région de Béni Abbès est bien pourvu en ressources d'eau souterraine, sachant bien que toutes les nappes ne présentent pas des capacités d'exploitation intéressantes, nous résumons ces ressources ainsi :

III- 1 – Nappe du Grand Erg Occidental

Cet aquifère est le plus important de la vallée de la Saoura. Il s'agit d'un vaste aquifère, limité au Nord par la flexure Sud atlasique, qui se prolonge vers le pays des daias (fig. 4). Au Sud-Ouest, cet aquifère s'équilibre avec les eaux du continental du Tadmaït. La cartographie des eaux souterraines établie par Schoeller (1945) et Cornet (1964) montre des écoulements vers la Saoura et vers le Sud (fig. 6).

Cette nappe est alimentée essentiellement par les oueds septentrionaux avec un flux de transit de $8.48 \text{ m}^3/\text{s}$ (Oued Baba Si, 2005) auxquels s'ajoutent les infiltrations des eaux météoriques dans les sables et les crues au niveau du djebel el Kehla (H. Scholler 1962 et M. Roche, 1973). Le débit total est de 5 à $6,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (Conrad G. & Fontes J.C, 1970). La grande Source de Sidi Othmane assure un rôle important dans l'alimentation en eau potable de la ville et l'irrigation de la palmeraie et constitue un exutoire par excellence de cette nappe, avec un débit de 33 l/s (fig. 5).

III.2 - Nappes des terrasses et d'inféro-flux

Cet ensemble constitue un type particulier de nappes, formées par les grands épandages de sables et graviers (terrasses alluviales) étagées de la Souara, connus sous les noms du Saourien (Pléistocène Supérieur) et du Guirien (Holocène).

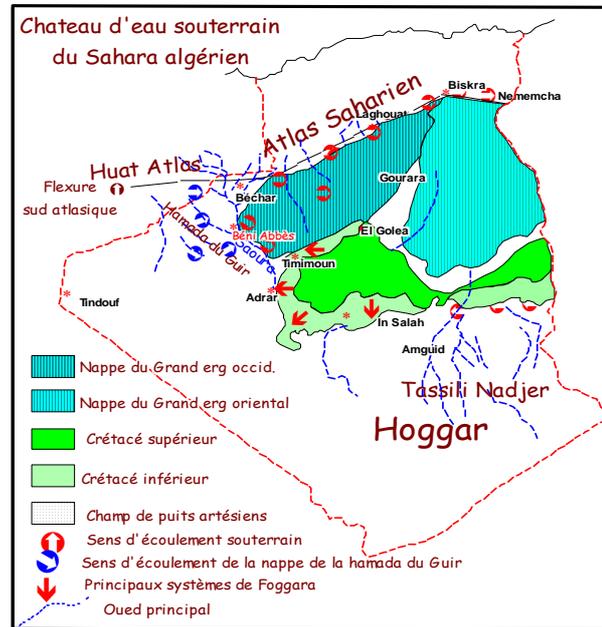


Figure 4 - Les grands châteaux d'eau du Sud Algérien

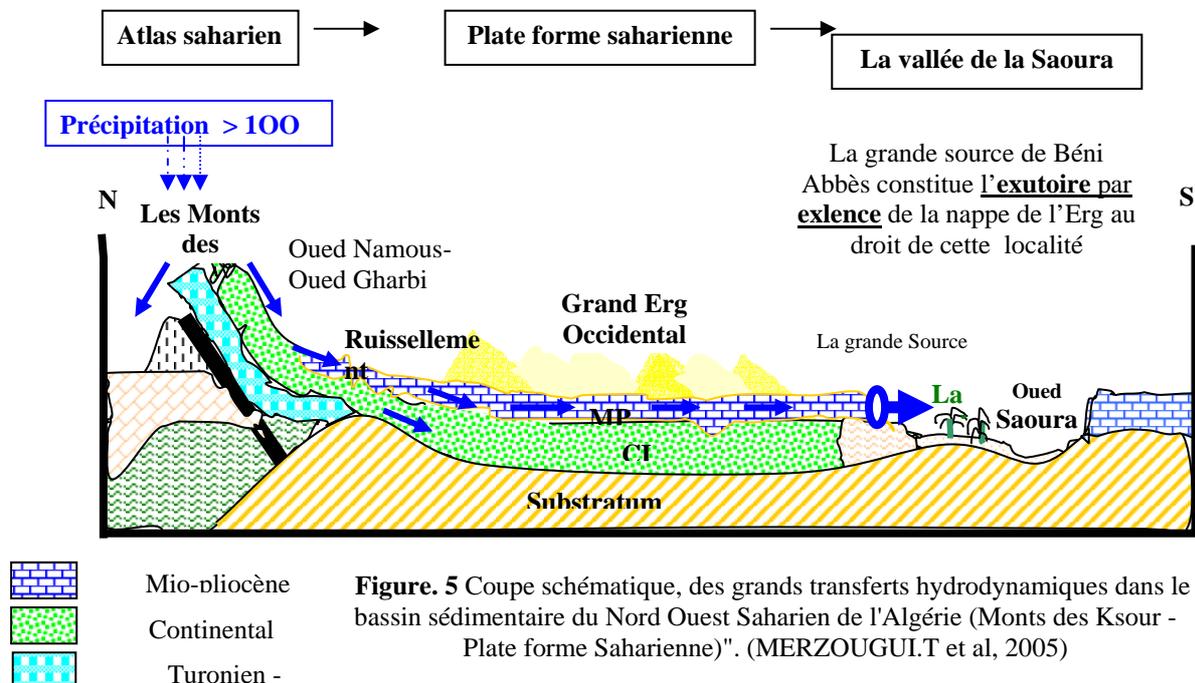


Figure. 5 Coupe schématique, des grands transferts hydrodynamiques dans le bassin sédimentaire du Nord Ouest Saharien de l'Algérie (Monts des Ksour - Plate forme Saharienne)". (MERZOUGUI.T et al, 2005)

La carte piézométrique montre un sens d'écoulement général d'Est en Ouest, traduisant une alimentation des terrasses alluviales par les eaux de la nappe du Grand Erg (Transmissibilité : 6.10^{-4} m²/s à 4.10⁻² m²/s ; coefficient d'emmagasinement : 1,3 à 6 %).

L'inféro - flux de la vallée de la Saoura constitue le niveau de base des eaux souterraines. Ce niveau est alimenté par les crues de l'oued Saoura, qui s'infiltre dans les sables de son lit, le long de la vallée.

La profondeur du niveau piézométrique de l'inféro-flux, varie généralement de zéro (Guelta) à trois mètres au dessous du sol. Il peut être assimilé à petite échelle à la pente du profil **en long** de la vallée de la Saoura. Il est de 0.65 ‰ de Marhouma à Sebkh el Melah (Roche, 1973).

III. 4 - La nappe de la Hamada du Guir

La Hamada se situe sur la rive droite de la vallée de la Saoura. C'est un plateau faiblement incliné, depuis Boudnib (1150m) jusqu'au chaînes d'Ougarta (650m) avec une largeur de 110 km et une longueur de 200 km. Le plateau est orienté NW-SE ; les calcaires constituent **un** aquifère dont la recharge complexe **est** assurée d'une part, **lors des** périodes humides du quaternaires **et** d'autre part, par **le puissant réseau** oueds **Sahariens** (Oued Aicha, Oued El Abiod, Oued Alarfedj). Cette nappe montre un écoulement d'ensemble suivant l'axe de la Hamada NW-SE. Les captages d'eau par puits **traditionnels forcés** dans cette nappe révèlent des faibles débits, traduisant **ainsi** une faible **recharge**.

III. 3 - Nappes du Paléozoïque

- ne sont connues que localement, au niveau des villages Zéghamra et Ougarta, dont l'aquifère est le Cambrien et l'Ordovicien. Ces nappes sont alimentées partiellement par les eaux météorologiques et probablement par l'oued de la Saoura

IV. Fonctionnement du système aquifère

Ces différentes nappes sont agencées en un système hydrogéologique complexe : ce système est scindé par le cours de la Saoura en deux compartiments ; occidental passif, comprend la nappe de la Hamada du Guir, qui communique partialement et par endroit avec les nappes du Paléozoïque. En revanche, le compartiment oriental est actif ; un drain naturel assure l'écoulement des eaux de la nappe du grand erg occidentale vers les nappes des terrasses et d'inféro-flux. Ces dernières pourront communiquer par endroit avec les nappes superficielle du Paléozoïque (Merzougui et al, 2006 darcy),

La coupe géologique ci dessous, passant par la vallée de la Saoura (fig.6 et 7), reflète l'architecture du sous sol de la région de Béni Abbès et les interactions entre les nappes du compartiment oriental : le Dévonien supérieur caractérisé par des plis de grands rayons de courbure, constitue le substratum imperméable, sur lequel reposent en discordance angulaire des terrains néogènes. La vallée de la Saoura comprend des terrasses étagées. La lithologie des terrains néogènes permet la circulation des eaux des points haut vers les plus bas. Ceci explique l'existence d'un drain naturel entre la nappe du **Grand Erg** occidentale et les nappes des terrasses et d'inféro-flux. Sur ce drain, des captages par système de foggaras (ligne de puits) ont été réalisés.

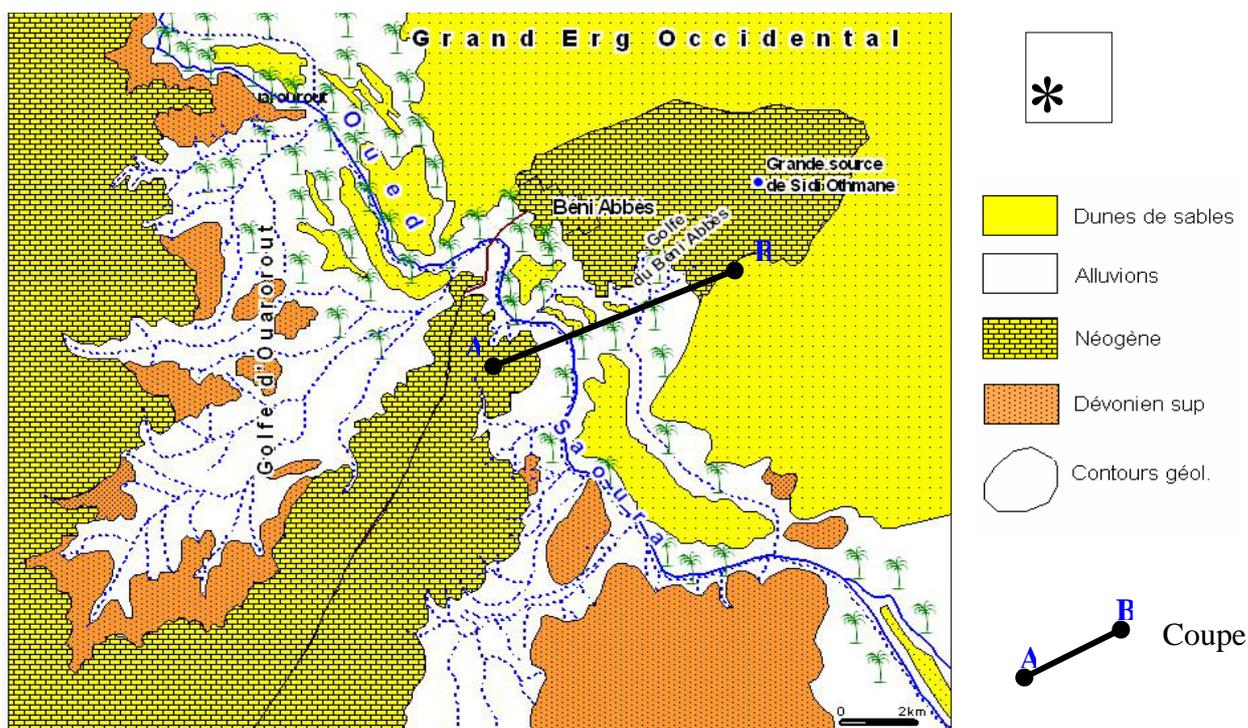


Figure 6. Esquisse Photogéologique de Béni Abbès

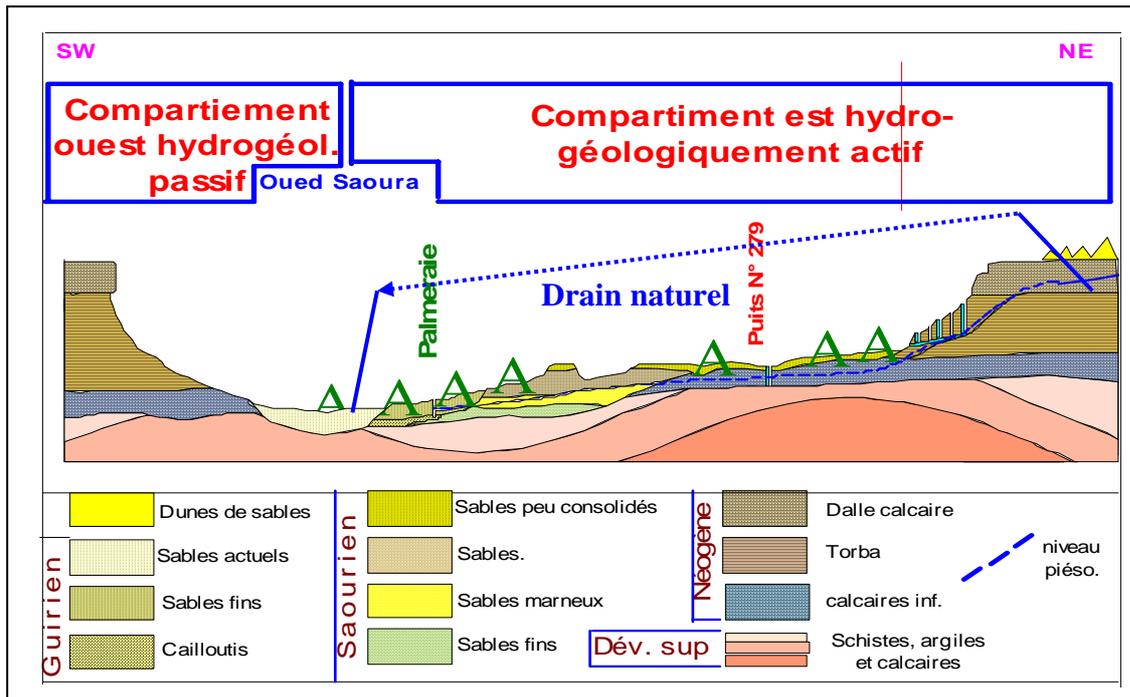
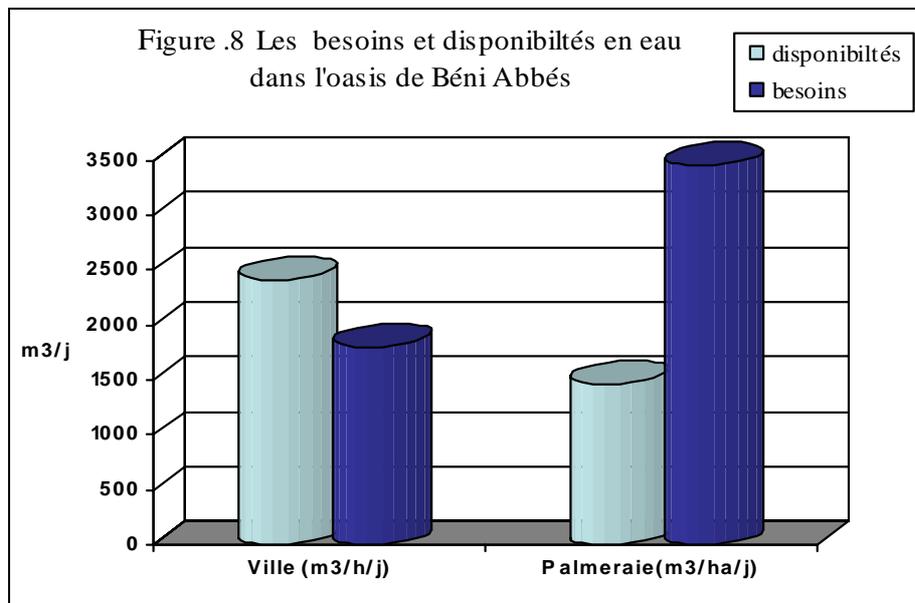


Figure 7 - Coupe hydrogéologique dans la région de Béni Abbès, à travers la Saoura

V. Usages des eaux et bilan d'eau :

La production d'eau potable s'élève à de 32 millions de m³/an (grande source), pourra satisfaire les besoins de population. Toutefois, il est nécessaire d'optimiser le réseau d'AEP et d'éviter une distribution intermittente. Cette dernière a provoqué un comportement gourmand chez les usagés. Les besoins de la palmeraie ne sont satisfaits qu'à 6.28 %.

En recapitalisation, les besoins de la ville s'équilibrent avec les disponibilités en eau, par contre, au niveau de la palmeraie, la quantité d'eau disponible est inférieure à celle demandée (fig. 8).



VI. Phénomène de salinité des eaux souterraines:

Les eaux de la nappe du Grand Erg occidental ne présentent pas d'évolution chimique, elles se caractérisent par un pH neutre et des teneurs en minéralisation très faible. De même, les eaux de la nappe de Hamada du Guir ne montrent pas d'évolution (Tableau 1)

- **Tableau 1- Synthèse des caractéristiques chimiques des nappes du Grand Erg Occidental et de la Hamada de Guir (Roche M., 1973 ; Yousfi N., 1992 ; Merzougui T., 1998)**

	pH	Res. sec mg/l	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO4 mg/l	Hco3 mg/l
Eaux de nappe du Grand Erg Occidental	7.6	530	75	30	50	15	90	600	285
Eaux de nappe Hamada du Guir	7.1	1200	75	48	287	-	191	441	-

En revanche, selon leur disposition par rapport à l'axe de l'Oued, les nappes des terrasses et inféro-flux, montrent une évolution parfois alarmante :

Les analyses hydrochimiques sur un intervalle de 60 ans des teneurs en résidu solide, montrent une évolution spatio-temporelle alarmante de la salinité due aux plusieurs causes citées ci-dessous :

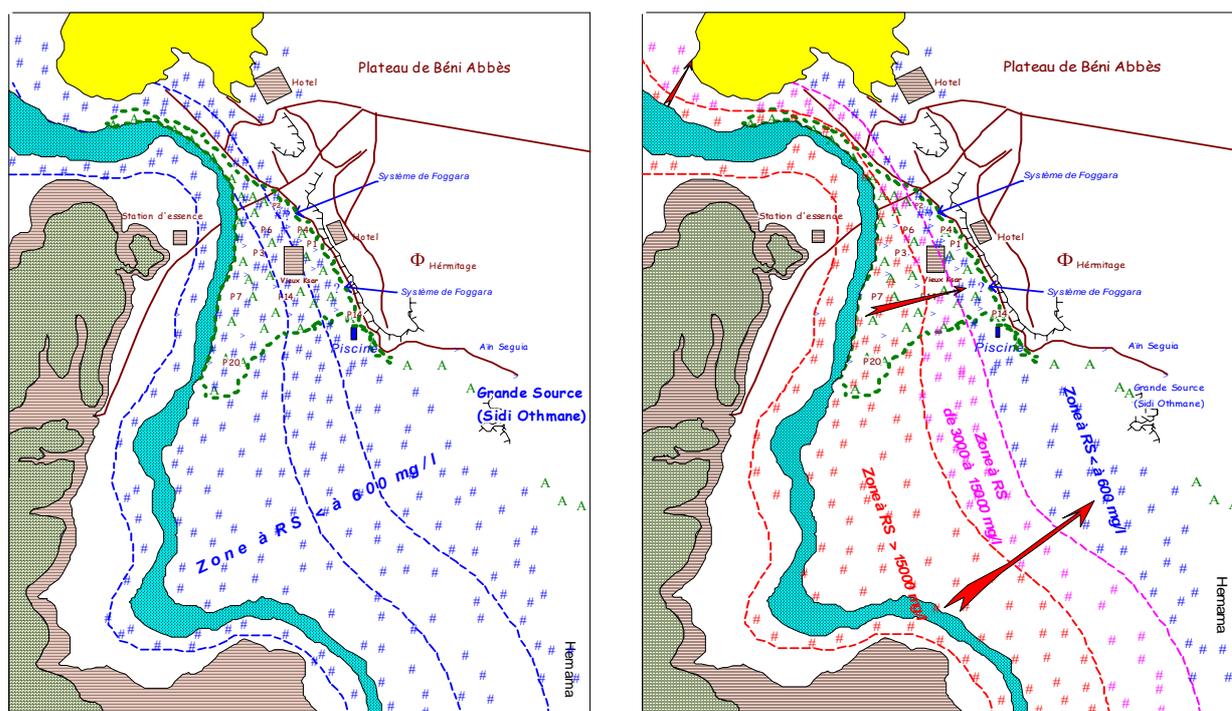
Le suivi spatial des teneurs en résidu sec montre une augmentation progressive dans le sens de l'écoulement de la nappe, de l'Erg vers l'oued, pour atteindre des valeurs très élevée à la lisière de l'oued (fig. 9 b). Cette forte salinité due aux plusieurs causes :

➤ **Dues aux activités naturelles :**

1. La salinité des sols de la palmeraie
2. La sécheresse dans l'atlas saharien qui font La diminution des apports d'eau de l'Erg.
3. La dissolution des sels contenus dans les formations de sable du Quaternaire
4. La dissolution des sels contenus dans les formations de sable du Quaternaire,
5. L'évaporation intense (2153 mm/an) au niveau des puits à grand diamètre et affectée la qualité des eaux de l'Inféro-flux.
6. La diminution des apports d'eau de l'Erg causée par la réalisation de nombreux captages entravant le drain naturel.
7. phénomène de la diffusion de la salinité.

➤ **Dues aux activités humaines :**

1. La prolifération anarchique des puits au niveau de la palmeraie
2. L'assèchement de l'oued Saoura qui jadis **recevait** les crues de Guir (200 Mm³/an) et celles de la Zouzfana (6 Mm³/an), (Mekideche et al, 1995). La construction de Djorf torba sur le Guir est responsable de tel phénomène.
3. La surexploitation par pompage engendre l'appel rapide des eaux salées de l'inféro-flux.



(a) La palmeraie en 1966

(b) La palmeraie en 2003

Figure 9 – Cartes d'évolution du résidu sec dans les nappes des terrasses alluviales

-Conclusions et recommandations :

Ces résultats éclairent le fonctionnement du système hydrogéologique de la région et permettent sans doute d'entreprendre des actions dans un esprit bien réfléchi.

- Réserver l'eau de la nappe phréatique du grand erg occidental pour les usages nobles.
- Réutilisation des eaux usées à des fins d'irrigation qui présente une variante plausible.
- Mise en oeuvre d'une politique incitant aux économies d'eau et promotion des techniques et d'attitudes d'économie de l'eau.

Pour pallier les menaces de la salinité, nous suggérons :

- Un périmètre de protection entre le Grand Erg occidental et la palmeraie, pour que les eaux de grand erg occidental, assure le rôle naturel du drain.
- Si les capacités du barrage de Djorf Torba le permettent, des lâchées d'eau synchronisées avec les crues de la Zousfana seront hautement recommandées
- Recyclage des eaux usées traitées et réutilisation dans l'irrigation de la palmeraie.
- Etude détaillée des potentialités des nappes paléozoïques qui peuvent offrir une signifiante alternative.
- Construction de barrage sous terrain perpendiculaire en sens d'écoulement de l'Erg vers l'Oued.

Pour la préservation des ressources en eau souterraine de l'oasis de Beni Abbès. Elle est recommander de s'appuie sur une stratégie basée sur une réflexion globale qui comprend trois axes prioritaires :

- Réserver l'eau de la nappe phréatique du grand erg occidental pour les usages nobles.
- Réutilisation des eaux usées à des fins d'irrigation qui présente une variante plausible.
- Mise en oeuvre d'une politique incitant aux économies d'eau et promotion des techniques et d'attitudes d'économie de l'eau.

Enfin, eaux souterraines et eaux de surface sont deux états de notre ressource en eau, deux phases du cycle de l'eau. Les interactions entre ces deux domaines sont profondes mais leurs caractéristiques sont très différentes et doivent être bien comprises pour apprécier les spécificités d'une gestion durable des eaux souterraines.

Références bibliographiques

- Achour Bennadji, Hayet Bennadji, Claude Cheverry, Nicole Bounaga (1998) Béni-Abbès ou le dépérissement d'une palmeraie. Cahiers Sécheresse, Volume 9, Numéro 2, pp 131-137
- Alimen H. (1957) Tertiaire et villafranchien au Sahara nord-occidental. C R Somm Soc Géol Fr, pp 238-40.
- Haddou k , Bensalem.S (2004) Contribution hydrogéologique à l'étude de la qualité des eaux de la nappes de Béni Abbès Mémoire ing. Etat Université d'Oran,
- Conrad G. & Fontes J.C. (1970): Hydrologie isotopique du Sahara Nord-Occidental. "Isotope Hydrology 1970", A.I.E.A., Proceed. Symp. Vienne, pp405-419.
- Cornet A. (1962) Essai sur l'hydro-géologie du Grand Erg occidental et des régions limitrophes. Les foggaras. Trav Inst Rech Sah, VII: 71-122.
- Mansour H, Safa A et Bekhedda B. (1998) La flexure Sud Atlasique et son rôle hydrodynamique dans la réalimentation de la plate forme Saharienne à Béni Ounif. Journées d'étude sur les zones arides, retrospectives, enjeux et réalités. Adrar.
- Menchekoff, N.(1933) la série primaire de la Saoura et des chaînes d'Ougarta, bull, ser, car, géol, Algérie, 2emme série, fasc II, p109
- Merzougui T. (1998) Valorisation des ressources en eau de la haute Vallée de la Saoura (entre Taghit et kerzaz) Thèse Ing état, Univ Sci Tech d'Oran Algérie, p 175.
- Merzougui T, Mekkaoui A et Graine -T. (2006) Hydrogéologie de Béni Abbès : potentialités, hydrodynamique et conséquences sur la palmeraie (Vallée de la Saoura, Sud Ouest Algérien), Colloque international –Gestion des grands aquifères- Dijon, 2006, France
- Mansor H Merzougui T, et al . (2006) Les grands transferts hydrodynamiques dans le bassin sédimentaire du Nord Ouest Saharien de l'Algérie (Monts des Ksour - Plate forme Saharienne). Colloque international –gestion des grands aquifères, Dijon, 2006, France,
- Merzougui T, Mekkaoui A et Graine -T. (2007) Approche d'une gestion intégrée des eaux dans l'oasis de Beni Abbès (Sud Ouest Algérien, Vallée de la Saoura),, Paris, 2007, France,

- Mohamed M. & Hind M. (1998) : Etude des pluies annuelles et journalières dans le Sahara algérien. Cahier Sécheresse, Vol.9, Numéro 3, page 193-199, Septembre 1998.
- Oueld Baba Sy Mouhamed (2005) Recharge et paléorecharge du système aquifère du Sahara septentrional, thèse de doctorat, université de Tunis El Manar, p 261
- Roche MA. (1973) Hydrogéologie de la Haute Saoura (Sahara nord-occidental). Paris: Publ CNRS, série Géol, 91p.
- Scholler H. (1945) L'hydrogéologie d'une partie de la vallée de Saoura et du grand d'erg occidental, bull, soc, géol.fr.5 .T.XV, page 563-585.
- Yousfi N et Ait-Ahmed C (1992) Contribution à l'étude hydro-géologique de la Grande Source et de la palmeraie de Béni-Abbès (Sahara occidental). Thèse Ing Etat, Univ Sci Tech d'Oran-Algérie, p 440.