

Modélisation d'un aquifère alluvial en zone hyper aride : Cas de la nappe de la palmeraie de Béni Abbès (Vallée de la Saoura, Sud-ouest algérien).

MERZOUGUI Touhami. ^(1,2), BOUANANI Abderzzak ⁽¹⁾, BABA-HAMED K ⁽¹⁾, MEKKAOUI Abedrehmene. ⁽²⁾

⁽¹⁾ Université de Béchar, Facultés des Sciences et Technologie, B.P. 417, 08000 Béchar, Algérie.

⁽²⁾ Laboratoire n°25, F SNVSTU, département des sciences de la terre BP. 119, Université de Tlemcen

Email : touhamime@yahoo.fr

Résumé— L'eau souterraine demeure invisible et tout se passe dans nos esprits comme, si on ne risquait rien à la dégrader et on ne gagnait rien non plus à l'améliorer, notamment en zone hyper aride. Le temps est certainement venu de raisonner autrement, si on veut éviter des préjudices durables, en faisant appel aux nouvelles approches de modélisations. L'eau souterraine dans l'oasis de Béni Abbès (chapelet oasien de la vallée de la Saoura), s'organise dans un système complexe, dont la nappe des terrasses alluviales assure un rôle vital pour la palmeraie de 40 hectares. Par sa position architecturale dans le système aquifère local, la nappe alluviale s'alimente principalement par celle du grand erg occidental et occasionnellement par les crues de la Saoura. Une modélisation hydrodynamique a été entreprise de cette nappe à l'aide du logiciel ASMWIN, permettant d'atteindre une simulation numérique déterministe et bidimensionnelle, en régime permanent et transitoire. Les principaux résultats de ces travaux ont permis d'envisager différents scénarios et des prédictions ont été conclues, soulignant que cette nappe est dans état inquiétant, d'où l'urgence d'entreprendre une gestion intégrée des ressources en eau dans cette oasis, afin de garantir un développement durable.

Mots clés : caractérisation, oasis, Saoura, système aquifère, alluvial, modélisation.

I. INTRODUCTION

L'eau souterraine, cette composante invisible du cycle de l'eau, joue un rôle majeur pour l'homme et son environnement. Elle représente la seule ressource hydrique mobilisable dans les oasis de la vallée de la Saoura.

Les nappes en zones arides ou hyperarides ont des caractéristiques hydrogéologiques classiques ; leurs conditions de réalimentation et d'exploitation induisent des problèmes particuliers, dont on doit tenir compte lors de leur modélisation.

L'oasis de Béni Abbès représente la plus importante Oasis dans la vallée de la Saoura, est une commune d'environ 12000 habitants, située dans le Sud-ouest

algérien. Elle est bordée à l'Est par le Grand Erg occidental, à l'Ouest par la Hamada du Guir et la Petite Hamada. Au niveau de la basse Saoura, elle touche les monts de l'Ougarta [5], [12]. Elle se trouve à 245 km de Bechar et 357 km d'Adrar (fig. 1).

La région de Béni Abbès fait partie de la vieille plateforme Saharienne, caractérisée par un climat hyperaride et une pluviométrie assez faible estimée à 33 mm/an. Cette oasis est constituée d'une palmeraie d'une superficie de 40 hectares, localisée sur les terrasses [9], [8].

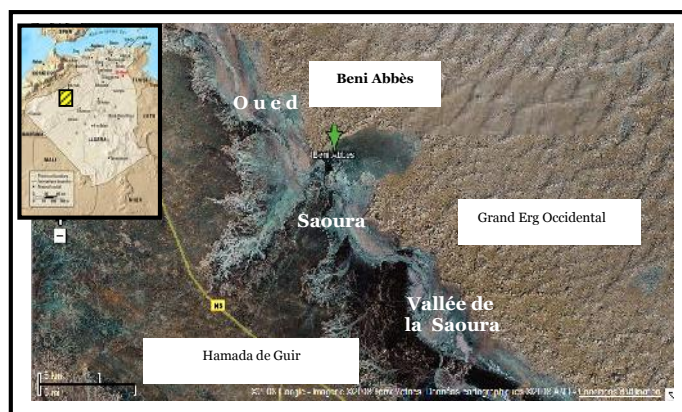


Fig. 1 : Situation géographique de Béni Abbès.

II. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

L'oasis de Béni Abbès est construite sur un plateau de 500 m d'altitude, appartient à Hamada de Guir (fig.1). 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 [13].

Du point de vue hydrogéologique, le sous-sol de cette oasis referme un système d'eaux souterraines complexe, sommairement, ce système se compose de :

La nappe du grand erg occidental, bien définie, et la plus ample, elle est alimentée par les oueds septentrionaux, principalement par les Oueds de l'Atlas Saharien. La grande source, dite usuellement «source de Sidi Othmane», capte les eaux souterraines de cette nappe, avec un débit de 26 l/s à 33 l/s ([12], [10]). Elle

assure un rôle double ; l'alimentation en eau potable, et l'irrigation de la palmeraie. Elle correspond à cette localité l'exutoire par excellence de cette nappe.

La nappe de la Hamada du Guir se rattache aux dépôts calcaires lacustres du Tertiaire, elle est alimentée par les rares eaux météorologiques. Cette nappe se caractérise par une capacité hydrique faible.

Les nappes des formations paléozoïques, peu explorées, vraisemblablement, elle constitue un système multicouche.

Les nappes des terrasses alluviales et d'inféro-flux, constituent un type particulier de nappes, formées par les grands épandages de sables et graviers (terrasses alluviales) étagées de la Saoura, connus sous les noms du Saourien (Pléistocène Supérieur) et du Guirien (Holocène) [13].

III. LE MODÈLE NUMÉRIQUE

Notre choix s'est porté sur le programme de modélisation AS2WIN, (Aquifer Simulation Model) qui est l'implémentation complète d'un modèle d'eaux souterraines bidimensionnel de simulation hydrodynamique en milieu aquifère continue par la méthode de différences finies

A. Maillage et discrétisation.

Pour la discrétisation spatiale, nous avons placé sur

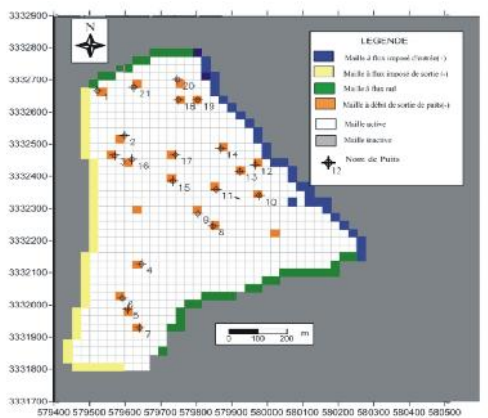


Fig. 2. Conditions aux limites du modèle.

Km² de la zone, un maillage carré uniforme de 25 m de côté, dont 800 mailles sont actives (Fig.3)

B. Conditions aux limites

Le remplissage alluvionnaire de la palmeraie de Béni Abbés a été étudié dans sa globalité, avec des variations de l'épaisseur (10-20 m) des terrains alluviaux (fig.3), il peut être considéré comme une monocouche pour le modèle. Les conditions aux limites suivantes ont été imposées (fig.2)

- A L'est : une limite à flux imposé d'entrée (alimentation de l'erg),
- A l'ouest : une limite à flux imposé de sortie (oued),
- Au sud et au Nord : une limite à flux imposé nul

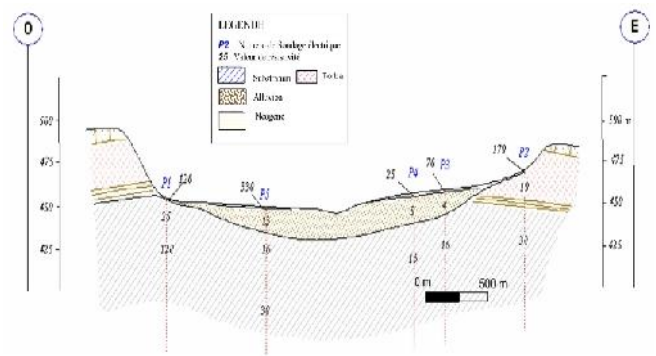


Fig 3: Coupe géo- électrique à travers Oued Saoura dans la palmeraie.

- Par ailleurs les débits de sortie en continu ont été imposés aux mailles où existent les pompages.

On a évalué un débit moyen déversé en continu est voisin de 10 l/s, ce qui représente un recharge de 0,26 l/s/ha [10], [11]. Il s'agit dans ce cas là de condition de débit imposable. On se contentera d'afficher une infiltration sur tout le domaine modéliser estimée à 30 % de l'apport total estimé à 3 l/s : de la seguida de la grande source, des foggaras actives et l'inféro- flux de l'oued Saoura. Le débit total prélevé en 2008 et de 0.052 m3/s [11].

IV. CALAGE DU MODELE

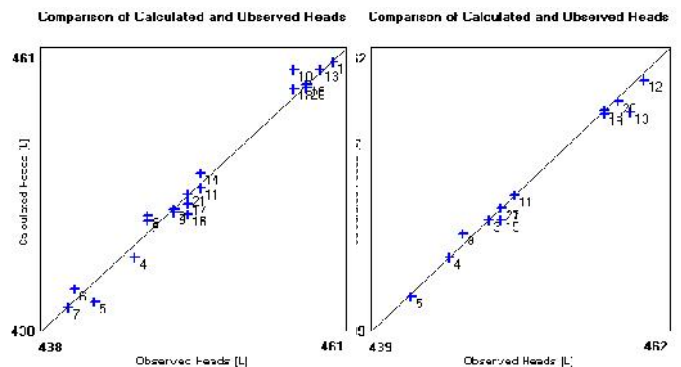
A. Calage en régime permanent.

L'état de référence retenu pour caler le modèle en régime permanent est la piézométrie de 1991[12]. La comparaison entre les potentiels calculés et mesurés (Hc-(Hm)) pour les vingt et un mailles d'observation, montre que le nuage de points est bien situé autour de droite définie par l'équation Hc=Hm (Fig.4)

B. Calage en régime transitoire

L'objectif principal de cette étape de la modélisation hydrodynamique en régime transitoire par la méthode

Fig. 4. Piézométrie mesurés et calculé



des différences finies permet de caler le coefficient d'emménagement et d'appréhender l'évolution de la piézométrie suite à des perturbations multiples variables (débits extraits, l'infiltration efficace...) [2]. (Fig.5)

Le calage du modèle en régime transitoire a permis d'affiner la distribution spatiale du coefficient d'emmagasinement de l'aquifère [3], [4]. La zonation de ce paramètre se coïncide avec la nature géologique et l'épaisseur de l'aquifère.

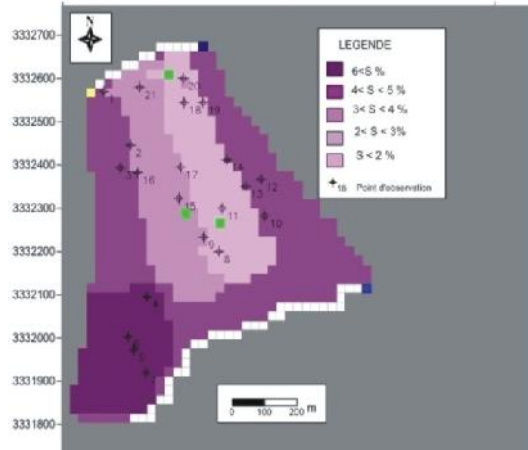


Fig. 5. Carte de coefficient d'emmagasinement adopté du calage

C. Bilan de la nappe :

Afin de quantifier les effets du drainage des cours d'eau, l'alimentation aux limites et l'impact de l'infiltration efficace sur la piézométrie [7], il est nécessaire de dresser un bilan de la nappe. Le tableau 1 résume les débits d'échange de la nappe aux limites calculés par le modèle.

Tableau 1: Bilan de la nappe calculé par le modèle en régime transitoire.

	Input (m ³ /s)	Output (m ³ /s)	IN-OUT (m ³ /s)
STORAGE	1.068625E+01	1.101592E+01	-3.296690E-01
CONSTANT HEAD	8.199019E-01	5.111691E-01	3.087328E-01
WELL	7.999851E-03	9.203774E-02	-8.403789E-02
BOUNDARY FLOW	1.409520E-02	0.000000E+00	1.409520E-02
RECHARGE	7.445569E-02	0.000000E+00	7.445569E-02
TOTAL	1.160270E+01	1.161912E+01	-1.642323E-02

V. EXPLOITATION DU MODÈLE

Après avoir calé le modèle hydrodynamique, il apparaît intéressant de réaliser quelques simulations afin de pouvoir estimer les potentialités en eaux souterraines de la nappe de la palmeraie de Beni Abbés. Quatre scénarios de simulation ont été testés :

A. Première simulation, exploitation sur une période de 20 ans

Les résultats de cette première simulation montre une baisse du plan d'eau de plusieurs mailles situées au sud de la palmeraie du au pompage important dans cette zone.

B. Deuxièmes simulations

La création d'un barrage souterrain à l'ouest de la palmeraie (Fig.6), sur toute la longueur de l'aquifère la limite de l'oued sur 400 de largeur et une hauteur de 10 m. La digue sera située à un mètre au dessous de la surface du sol.

La simulation réalisée sur 10 ans, en maintenant le même régime d'exploitation montre une remontée du niveau d'eau d'une moyenne de 2 à 3 m au centre de la palmeraie et au Sud avec une légère diminution à l'Ouest.

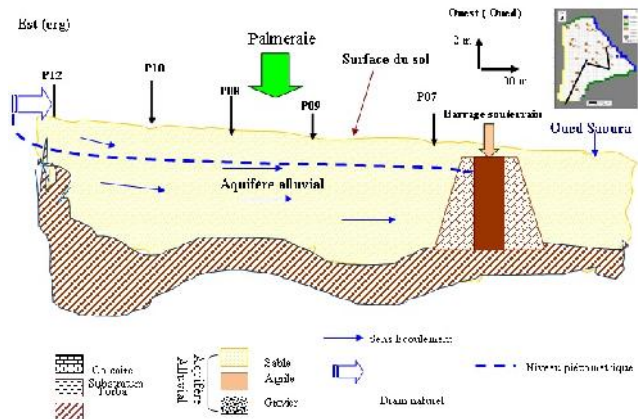


Fig. 6 : Coupe schématique transversal de l'aquifère alluvial avec barrage souterrain.

C. Troisième simulation

Nous avons supposé une recharge artificielle de l'ordre de 28 l/s [6],[8] par les eaux usées traitées, que nous injectons dans neuf puits et une recharge de tout le domaine modéliser, en présence du barrage souterrain. La piézométrie représentent la variation des rabattements montrent une augmentation considérable du plan d'eau de la nappe (fig.7 et 8). Par contre le deuxième scénario, avec la recharge artificielle dans tout le domaine maintienne la même hauteur du plan d'eau que le régime transitoire.

D. Quatrième simulation (fig.7 et 8)

Cette simulation visualise les scénarios sans barrage avec recharge artificiel ou recharge ponctuel avec des eaux usées épurées. Les scenarios sont effectués sur une période de 20 ans en 2020.

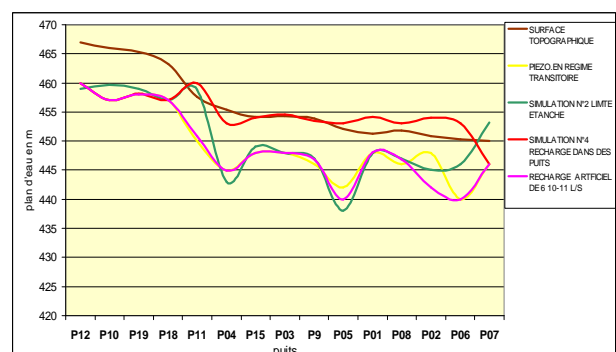


Fig.7 : Représentation graphique des différents scénarios simulés (recharge avec barrage).

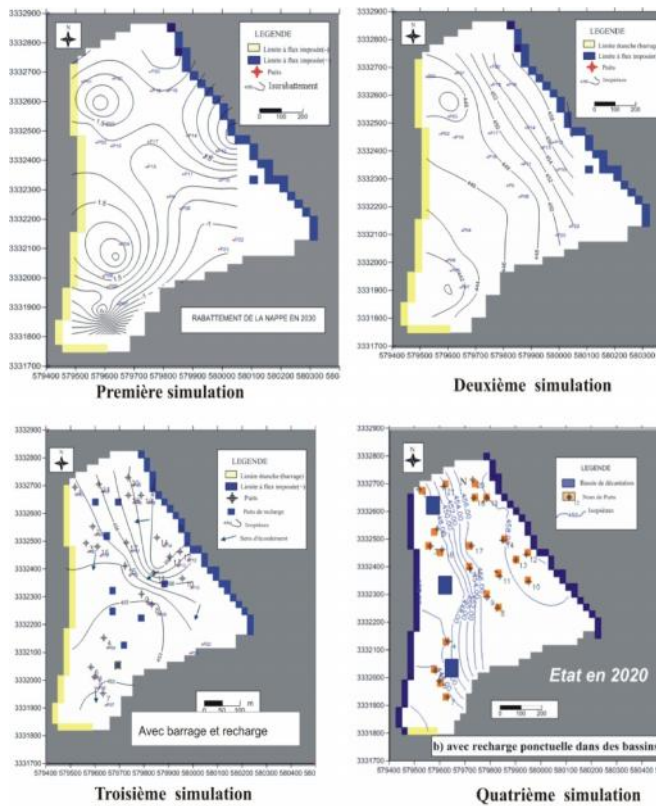


Fig. 8 : Cartes piézométriques pour différentes simulation

1. Un premier scénario avec recharge artificiel:
Une recharge artificielle sur le domaine modélisé, les résultats de ce scénario montrent une stabilité du plan d'eau de la nappe, aucun changement dans l'ensemble du comportement de la nappe.
2. Un deuxième scénario avec une recharge ponctuel dans des bassins (étang) ; provoque une remontée remarquable de la nappe de la palmeraie, particulièrement près des étangs de recharge comme le montre la figure 7 et 8.

VI. CONCLUSION

La modélisation de la nappe de la palmeraie de Béni Abbès par le programme ASWIN nous a permis de comprendre le fonctionnement hydrodynamique de l'aquifère, en estimant l'alimentation latérale de la nappe et la recharge par infiltration efficace puis l'influence des prélèvements par pompage sur l'écoulement souterrain, nous a permis d'identifier et d'analyser grossièrement le comportement du niveau piézométrique .
Quatre scénarios de simulation ont été exécutés, une exploitation avec le même régime sur 20 ans, une recharge artificielle par d'épandages des eaux usées après traitement, la construction d'un barrage souterrain, et une recharge avec barrage.

Ce modèle numérique présente un outil de base de gestion et de prévision dans l'objectif d'une gestion intégrée de la ressources en eau souterraine en zone hyper aride [11], cette dernière peuvent être validé et proposé afin d'assurer l'équilibre entre l'offre et la demande pour les différents usages afin de garantir un développement durable dans l'écosystème oasien.

REFERENCES

- [1] Alimen H, 1957- Tertiaire et villafranchien au Sahara nord-occidental. C R .Soc Géol Fr, pp 238-40.
- [2] Baba Hamed K., et all, 2005- Modèle transitoire de la plaine des alluvions de la plaine d'Hennaya (Tlemcen, NW-Algérie) le journal de l'eau et de l'environnement, ENSH Blida p7-p17.
- [3] Blondel T., 2002 - Modélisation numérique avec Visuel Modflow v. 3.0. Rapport Cabinet Conseil Blondel.
- [4] Bonnet ,1983 - Méthodologie des modèles de simulation en hydrogéologie BRGM., Orléans.
- [5] Conrad G, Roche MA. (1965) Étude stratigraphique et hydrogéologique de l'extrémité méridionale de la Hamada du Guir. Bull Soc Géol Fr; VII: 695-712.
- [6] GTZ Coopération Technique Algéro-Allemande, 2006 - gestion intégrée des eaux oasis de Béni Abbès atelier de restitution et d'évaluation, rapport interne.
- [7] Laurence, Chery et Marsily, Ghislain (2007) Aquifer systems management: Darcy's legacy in a world of impending water Shortage, edition Taylor et Francis Chapter 20, pp 269-279.
- [8] 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, 175 p.
- [9] 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, retroperspectives, enjeux et réalités. Adrar.
- [10] Merzougui T, Mekkaoui A et a. Graine G, 2007.Approche d'une gestion intégrée des eaux dans l'oasis de Béni Abbès (sud ouest algérien, vallée de la Saoura) ; Colloque SHF « gestion active des eaux » Paris, 12 et 13 juin 2007
- [11] Merzougui T, Kabour A et Bouanani A et al. Un modèle de gestion intégrée des ressources en eau dans une zone hyperaride : Cas de l'oasis de Béni Abbès (Vallée de la Saoura, sud ouest algérien), 13e Congrès Mondial de l'Eau, 1-4 septembre, Montpellier, France
- [12] Roche MA. (1973) Hydrogéologie de la Haute Saoura (Sahara nord-occidental). Paris: Publ CNRS, série Géol, 91p.
- [13] Yousfi N et Ait-Ahmed C, 1992. Contribution à l'étude hydrogéologique de la Grande Source et de la palmeraie de Béni-Abbès (Sahara occidental). Thèse Ing Etat, Univ Sci Tech d'Oran-Algérie, 440 p.