

HYDROGEOLOGICAL CHARACTERIZATION AND MODELING OF THE AQUIFER OF OUED IN AMGUEL. (TAMANRASSET, CENTRAL HOGGAR - SOUTH ALGERIA)

K. Baba-Hamed*¹, A. Dribat² and A. Bouanani³

¹Université de Tlemcen, Faculté de Technologie, Laboratoire Promotion des ressources hydriques, minières et pédologiques législation de l'environnement et choix technologiques.

²Université de Selcuk, Faculté d'ingénierie, Département d'Ingénierie Géologique, Konya,

³Université de Tlemcen, Faculté de Technologie, Laboratoire Promotion des ressources hydriques, minières et pédologiques législation de l'environnement et choix technologiques.

Received: 10 December 2016/ Accepted: 23 November 2017 / Published online: 01 January 2018

ABSTRACT

The region of In Amguel takes its water from a single groundwater resource known in the Hoggar by "the inferoflux water table", captured by an underground dams with a capacity of 4 Hm³ realised in 2000. This aquifer is highly exploited for supply drinking water and agriculture which create big deficit of water demand. Also, for better management of this inféroflux, we realized its hydrogeological model by using the computer code ASMWIN, allowing us to better understand the hydrodynamic functioning, refine the distribution of spatial characteristics governing groundwater flow in steady state and transient and conduct simulations of the behavior of the system for different operating scenarios.

Keywords: Tamanrasset, Hoggar, In Amguel, inferoflux, modeling, ASMWIN, simulation.

Author Correspondence, e-mail: kambabahamed@yahoo.fr

doi: <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.v10i1.1>



1. INTRODUCTION

L'oued In Amguel se trouve à proximité du village du même nom situé aux coordonnées 23° 41' 37" de Latitude Nord et 5° 9' 53" de Longitude Est, à environ 120 Km de la ville de Tamanrasset et à 969 mètres d'altitude.

La nappe de l'inféro-flux de l'oued In Amguel, seule ressource de la région, est très sollicitée pour l'alimentation des populations, l'irrigation d'une agriculture sédentaire et un élevage rustique. La rareté de la ressource ainsi que le développement de la population et les besoins sans cesse croissants en eau sont responsables de la surexploitation de la nappe d'In amguel, sans arriver à l'autosuffisance. Pour remédier à ce problème crucial qui touche toute la région de Tamanrasset, l'État algérien a eu recours à plusieurs projets dont les plus importants sont : le transfert d'eau In Salah-Tamanrasset et la construction de barrages souterrains permettant le stockage des eaux de l'inféro-flux des oueds [1,2].

Le barrage inféroflux d'In Amguel a été réalisé en 2000, avec une capacité de 4Hm³, il est destiné à régulariser le débit d'exhaure à l'intérieur de la cuvette alluvionnaire de l'oued. Cependant, l'exploitation continue ainsi que le pompage intensif des eaux au moment de la production de la pastèque influent sur le niveau de la nappe surtout que sa recharge n'est assurée que par des précipitations orageuses liées aux avancées de la mousson estivale du Golfe de Guinée [3].

Dans la région d'In Amguel, la gestion de la nappe de l'inféroflux par modèle hydrodynamique est devenue plus que nécessaire. Le développement des moyens de calcul de plus en plus puissants et accessibles permettent l'élaboration de modèles mathématiques de plus en plus performants pour simuler le fonctionnement des aquifères, de comprendre leur fonctionnement dans les conditions naturelles et prévoir l'influence de l'intervention anthropique sur la quantité et la qualité de cette réserve souterraine.

La modélisation mathématique de la nappe de l'inféroflux d'In Amguel constitue le principal objectif de ce travail.

2. DONNEES ET METHODES

2.1. Contexte géographique et géologique

Dans la région appelée massif cristallin du Hoggar, l'oued In Amguel se trouve à proximité du

village du même nom et est situé à environ 120 Km de la ville de Tamanrasset à 969 mètres d'altitude et aux coordonnées géographiques N 23° 41' 37" et 5° 9' 53" Est (Figure). La cuvette de l'oued s'étend du site du barrage jusqu'à la station de pompage et le réservoir de stockage situé à 500 m en amont. Elle inclut l'ensemble des forages en place et la quasi-totalité des points d'eau exploités pour l'AEP et l'irrigation. Latéralement, les limites sont les affleurements gneissiques continus et à topographie plus marquée. La pente moyenne de la cuvette est de l'ordre de 3,8%.

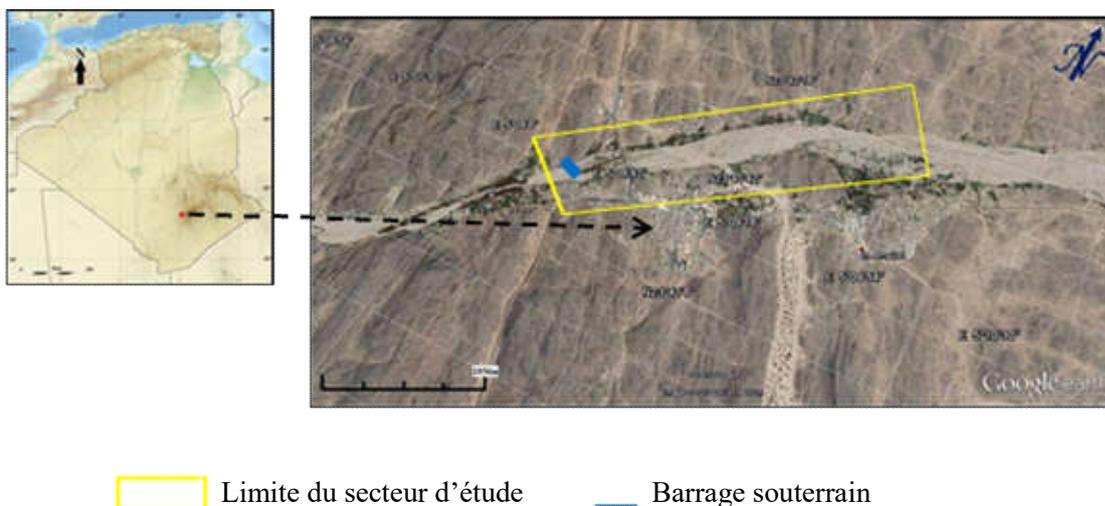


Fig.1. Situation du secteur d'étude

Le contexte géologique d'ensemble dans lequel s'inscrit l'oued In Amguel se caractérise par la présence de formations rattachées à trois périodes géologiques [4]:

Précambrien: représenté par les formations gneissiques fissurées du Suggarien observées sur les deux rives de l'oued (photo. 1).



Photo1 : Formation gneissique fissurée, rive gauche de l'oued à proximité du barrage inféroflux. (Dribat, mars 2015)

Pharusien : des intrusions granitiques qui se sont formées lors de l'orogénèse panafricaine, recourent les formations gneissiques et forment le substratum de l'oued. Ces intrusions forment le socle sain profond et le socle fissuré et altéré.

Quaternaire : représenté par les formations alluvionnaires à matrice limoneuse qui occupent les bordures de l'oued, elles sont de nature variable : galet, gravier, et sable plus ou moins grossier, donnant une hétérogénéité à l'aquifère (Figure 2).

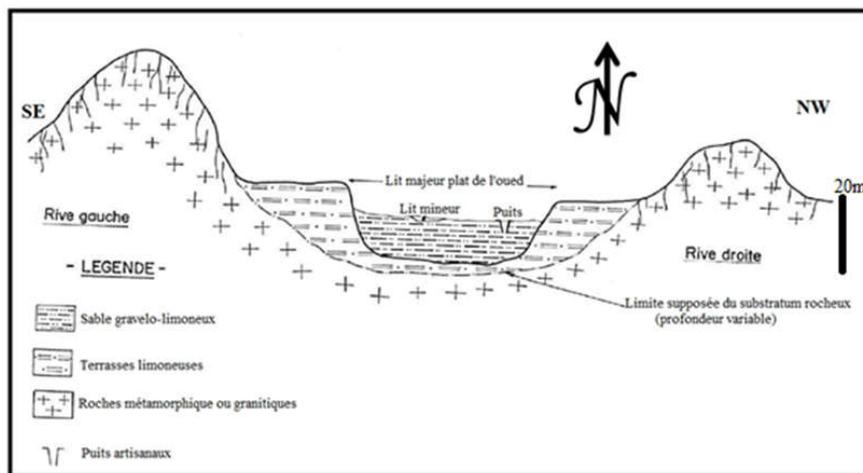


Fig. 2. Coupe géologique schématique de l'oued In Amguel [5].

2.2. Hydroclimatologie

La température moyenne de la région est de l'ordre de 22°C. La pluviométrie moyenne annuelle enregistrée à la station de Tamanrasset sur la période (1953-2013) est de 49 mm. Ne disposant pas de données de crue de la région, nous avons eu recours aux données pluviométriques annuelles qui montrent une irrégularité assez importante d'une année à l'autre avec un maximum de 132,7 mm enregistré en 1978/1979 et un minimum de 2,5 mm observé en 1983/1984 (Figure3).

La variation des précipitations moyennes mensuelles montre que les mois les plus pluvieux correspondent à l'Été et l'Automne, avec un maximum de 8,2 mm en Août et un minimum de 1,1mm en Février. L'ensemble de l'Été et de l'Automne avec en moyenne 35,5 mm forme la saison pluvieuse où s'effectueraient la plus grande partie des écoulements et l'alimentation de l'inféoflux (Figure 4).

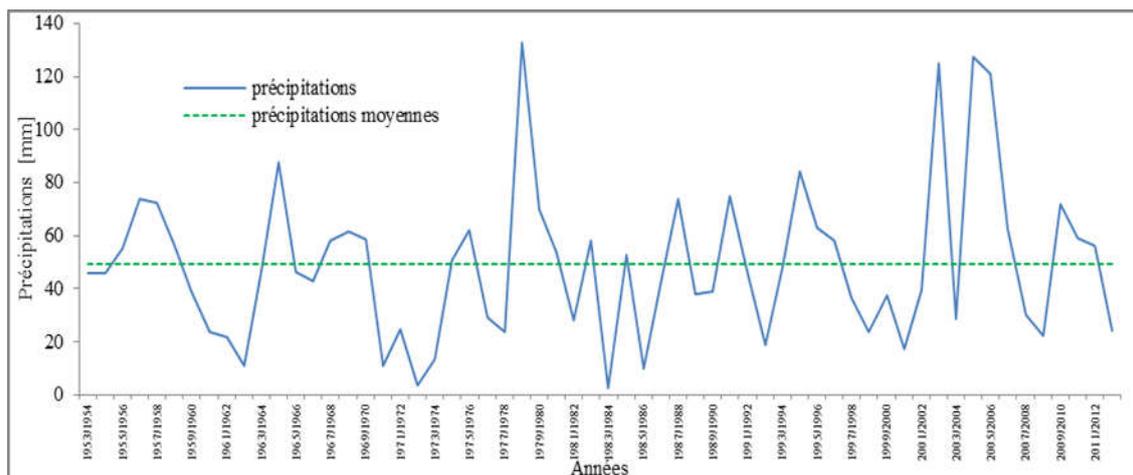


Fig. 3. Variations interannuelles des précipitations à la station de Tamanrasset

(1953/1954-2012/2013)

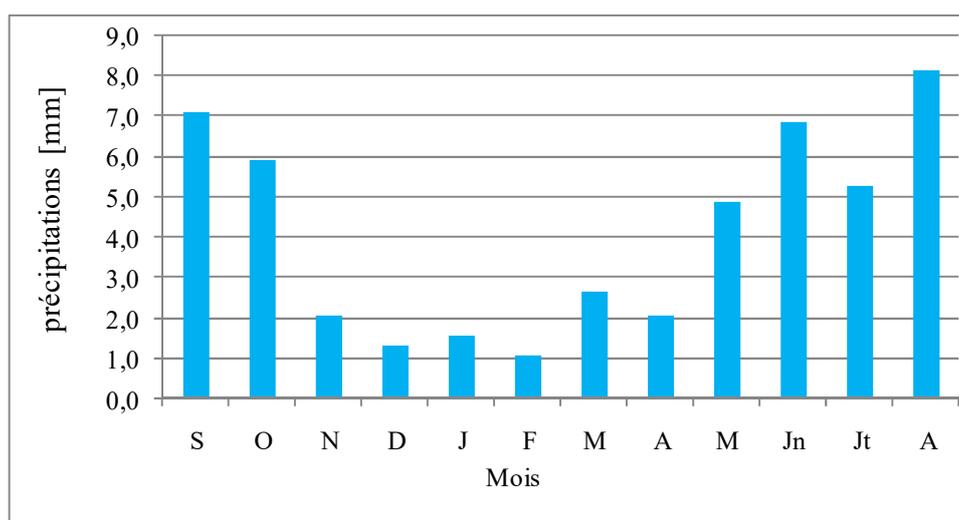


Fig. 4. Répartition des précipitations mensuelles à la station de Tamanrasset

(1953/1954-2012/2013).

Pratiquement aucune mesure de débits n'a été faite pour contrôler les apports des crues de l'oued In Amguel. L'utilisation des formules empiriques pour l'estimation de l'apport moyen annuel (Samie, Chaumont et Dery [6], Ladjel-Smail [7], Medinger et Coutagne [8], Maillet-Gauthier et A.N.R.H [9]) donne un ordre de grandeur de la lame d'eau écoulée moyenne annuelle de 0,74 mm et un apport annuel moyen d'environ 3 Hm³ [10].

Le débit spécifique de la crue maximale de l'oued In Amguel déterminé à partir des formules de Sciememi et Forti [11] est compris entre 0,33 et 0,74 m³/s/km².

2.3. Hydrogéologie de l'aquifère d'oued In Amguel

Une nappe libre dans les alluvions quaternaires et le socle altéré et fissuré forment le principal aquifère qui assure le sous écoulement de l'oued, limité latéralement par les gneiss fissurés du Suggarien (socle métamorphique) et repose sur un substratum granitique sain [3].

2.3.1. Géométrie de l'aquifère

A la faveur des logs lithologiques des forages d'exploitation peu profonds, nous distinguons des niveaux perméables hétérogènes, constitués de sables associés rarement à des niveaux de moindre perméabilité (limons sableux) soulignés par des lits de galets ou de sables grossiers. L'épaisseur de l'aquifère selon les sondages électriques est de 26 m au site du barrage souterrain et augmente lorsque nous nous déplaçons vers le centre de la cuvette pour atteindre une profondeur maximale de 50 m. Le substratum de l'oued est constitué par des granites sains du Pharusien (Figure 5). [12,13].

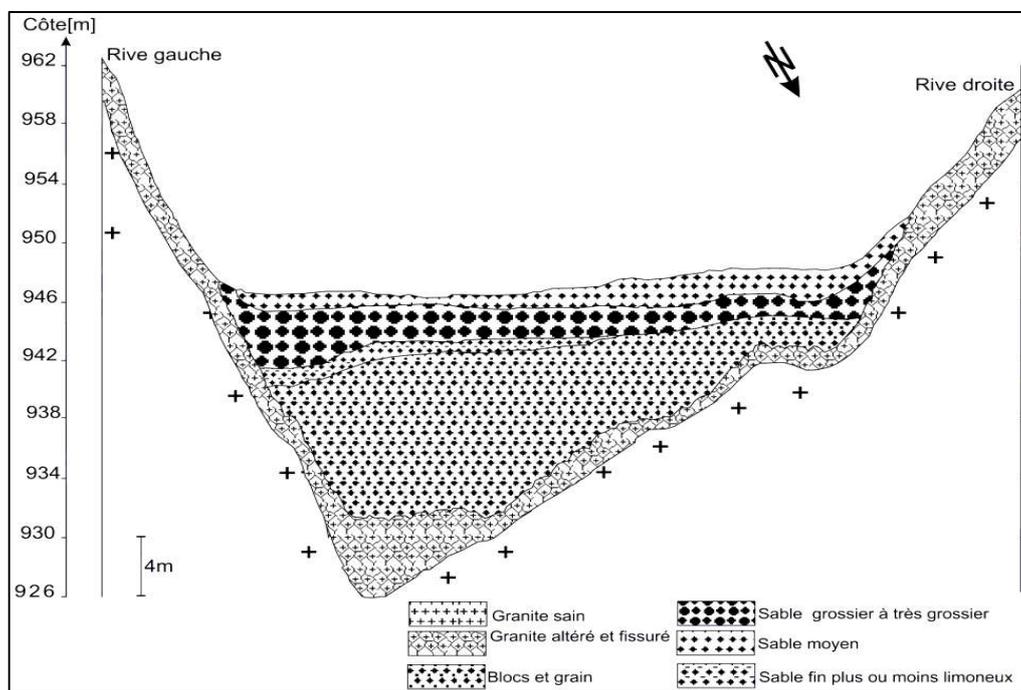


Fig. 5. Coupe hydrogéologique d'oued In Amguel, réalisée sur l'axe du barrage inféroflux.

(ENHYD, 1991)

2.3.2. Piézométrie de la nappe

La carte piézométrique d'Avril 2015 que nous avons réalisée à partir de 08 forages et 17 puits (Figure 6), présente une analogie avec celle de février 1985 établie par l'ANRH (Figure 8). En effet, nous observons la même allure pour les directions d'écoulement avec une remontée des niveaux piézométriques par endroits qui passent de 981 à 1081m. La crue survenue 25 jours avant la campagne d'Avril 2015 a sans doute permis une recharge importante de la nappe. L'écoulement se fait généralement vers le centre de la cuvette. La carte piézométrique de février 1986 présente une similitude avec celle de février 1985 avec une faible diminution des niveaux piézométriques de l'ordre de 0.3 à 0.5 m. L'alimentation de la nappe est très importante par les eaux de crue entrant en amont tandis que les limites formées des séries cristallophylliennes présentent des débits relativement faibles. Le changement des valeurs du gradient hydraulique entre 1986 et 2015 met en évidence la contribution du barrage souterrain à relever le niveau piézométrique dans la cuvette.

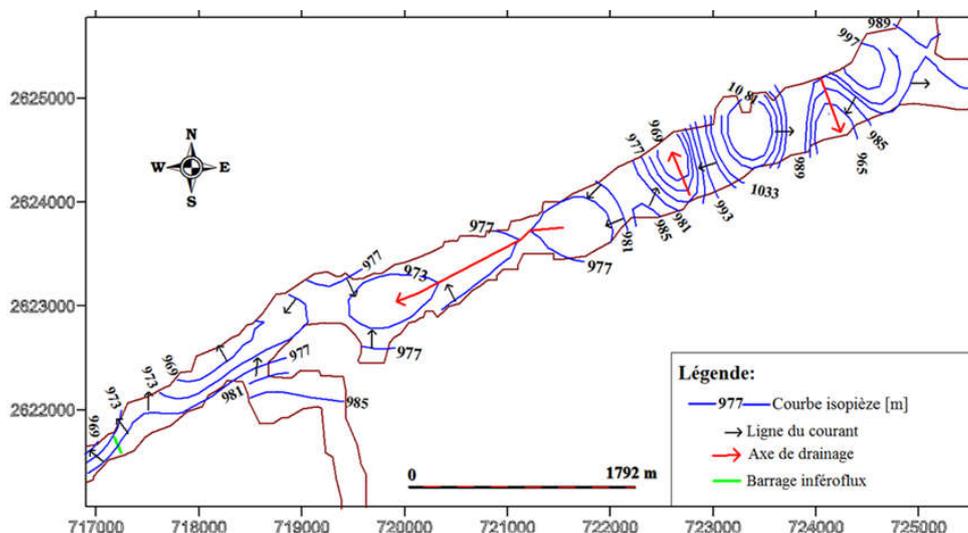


Fig. 6. Carte piézométrique de la nappe inféroflux d'oued In Amguel (Avril, 2015).

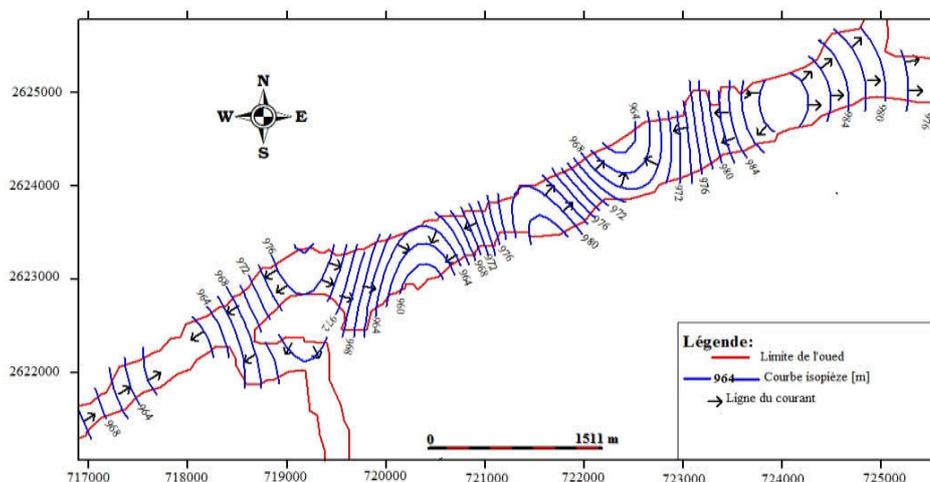


Fig. 7. Carte piézométrique de la nappe de l’inféoflux d’oued In Amguel (Février, 1986)

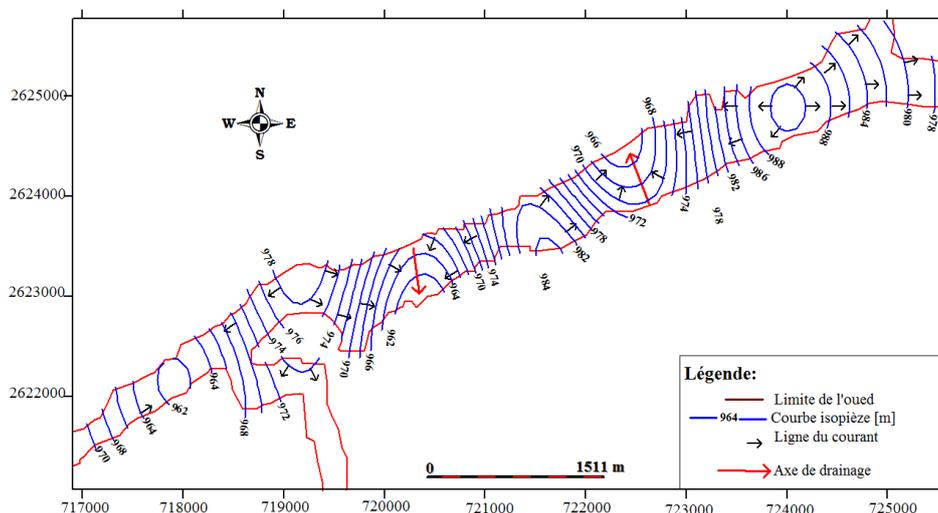


Fig. 8. Carte piézométrique de la nappe de l’inféoflux d’oued In Amguel (Février, 1985).

Le tracé des courbes hydro-isohypses, nous permet de déduire :

- Une zone Nord-Est (amont de la cuvette), qui présente une divergence des filets liquides, suivant la pente naturelle de l’oued et vers le Nord-Est avec un gradient hydraulique moyen de 2,5%.
- Une zone centrale (centre de la cuvette), qui présente une divergence des filets de courants vers deux directions, la première direction vers la zone d’activité agricole suivant la pente du substratum et de la topographie avec un gradient hydraulique d’environ 2%, et la seconde vers l’aval de la cuvette suivant la pente naturelle de l’oued, dont le gradient hydraulique est de l’ordre de 1,85%.

▪ Une zone Sud-Ouest (aval de la cuvette), montre que les axes d'écoulement sont dirigés en direction NE vers le centre de la cuvette, avec un gradient hydraulique de 1,09%.

2.3. 3. Caractéristiques hydrodynamiques

Les données d'essais de pompage de longue durée réalisés sur les forages réalisés par la direction des ressources en eau de la wilaya de Tamanrasset en 1985 montre que l'aquifère présente dans son ensemble une perméabilité comprise entre 10^{-4} et 8.10^{-3} m/s correspondant à des sables grossiers avec des valeurs plus importantes au centre de la cuvette (Figure 9).

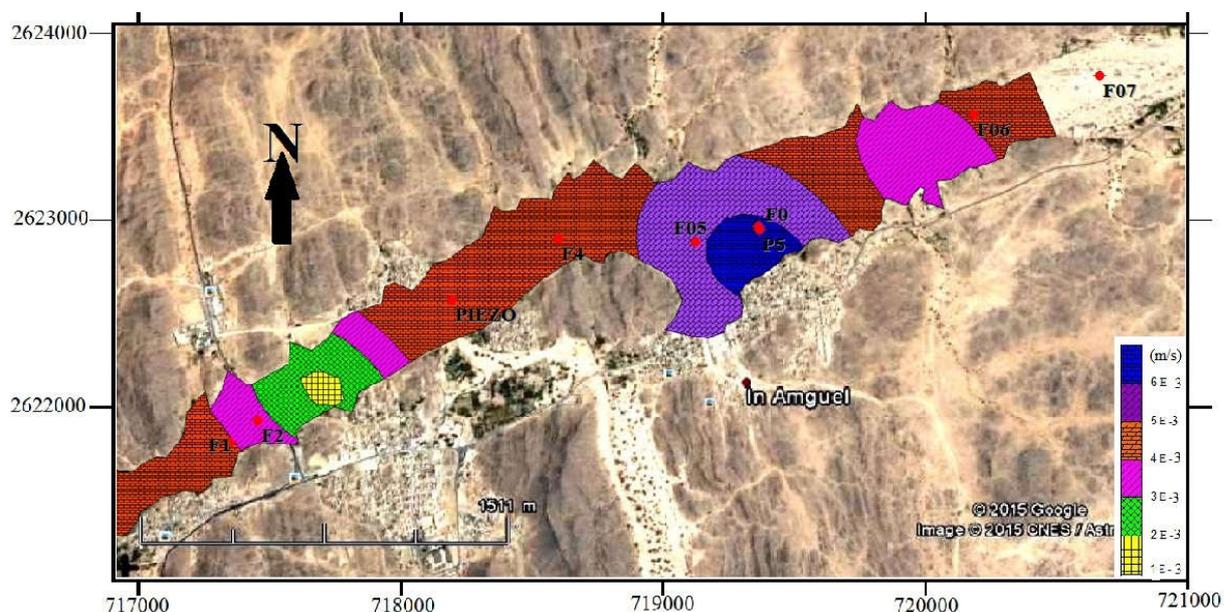


Fig. 9. Carte de perméabilité de l'aquifère inféroflux d'oued In Amguel (m/s)

3. METHODE

3.1. Modelisation de la nappe inferoflux d'oued in amguel

L'un des grands problèmes affectant le niveau piézométrique de la nappe inféroflux d'In Amguel au cours de ces dernières années est sa surexploitation au moment de la production des pastèques par les agriculteurs. Pour ce faire, nous avons fait appel à un modèle mathématique basé sur la méthode de différences finies ASMWIN, dans sa version free access. Le modèle ASMWIN implémente un modèle très complet d'écoulement en deux dimensions d'un système monocouche. L'interface graphique permet de créer et de simuler facilement des modèles pouvant manipuler des systèmes hydrogéologiques comportant jusqu'à 150 par 150 mailles et 1000 périodes de temps (intervalles de pompage). Les

équations discrétisées de l'écoulement sont résolues par la méthode du gradient conjugué préconditionné, avec le préconditionnement de Cholesky sur la diagonale [14]. Le modèle permet :

- de simuler les écoulements souterrains dans la nappe inféroflux par la quantification des débits naturels transitant dans l'aquifère,
- de représenter la distribution des conductivités hydrauliques pour la reconstitution de la piézométrie,
- de comprendre le fonctionnement hydrodynamique du système aquifère, avant et après la réalisation du barrage souterrain et de réaliser des simulations qui serviront à la gestion et la protection des ressources en eau de cet aquifère.

3.1.1. Discrétisation et conditions aux limites du domaine à modéliser

Nous avons pris la partie la plus exploitable de la nappe inféroflux par forages et puits représentée par la cuvette du barrage souterrain qui s'étend de la sortie Nord-Est du village en amont jusqu'au site du barrage en aval. Nous considérons l'aquifère alluvionnaire comme une entité hydrogéologique monocouche. Ainsi, une zone de 13,57 km² a été discrétisée en 5428 mailles carrées uniformes de 50 m de côté, réparties sur 92 colonnes et 59 lignes, dont 1187 mailles actives couvrant une superficie à modéliser de 3 km² (Figure 10).

Les conditions aux limites caractérisant notre système aquifère (cuvette du barrage) sont définies comme suit :

Limite à flux imposé nul : Dans notre cas, nous considérons les rives de l'oued représentées par la série cristallophyllienne de gneiss fissuré comme une limite à flux nul, où les débits entrants à travers cette série sont négligeables, à l'exception de quelques zones.

Limite à potentiel imposé non nul (positif) : l'alimentation de la cuvette se fait à partir de :

- Quelques zones de la série cristallophyllienne de gneiss fissuré dont les débits sont liés essentiellement aux apports d'irrigation.
- Les débits entrants de l'amont de la cuvette.

Limite à potentiel imposé non nul (négatif) :

- Au niveau des puits d'exploitation

- Au niveau aval de la cuvette.

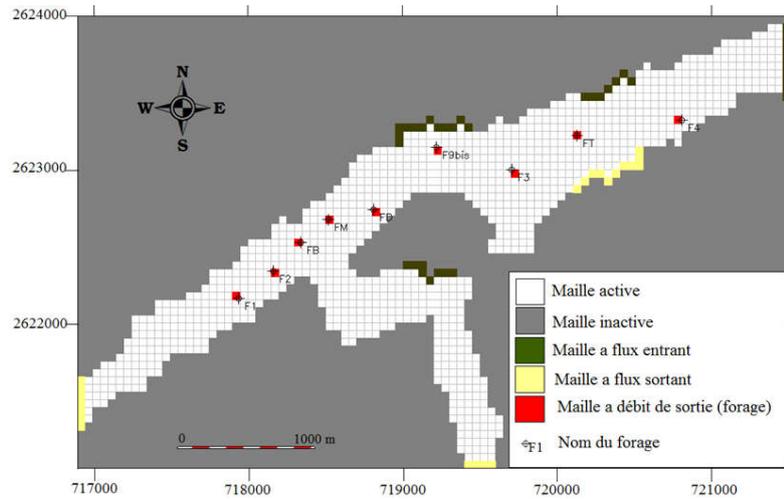


Fig. 10. Maillage et conditions aux limites du domaine à modéliser

4. RESULTATS ET DISCUSSIONS

4.1. Calage en régime permanent

L'état de référence retenu pour caler le modèle en régime permanent est la piézométrie de Février 1985. La reproduction des hydroisohypses de la piézométrie de référence par le calage en régime permanent (Figure11) semble très satisfaisante. Ce résultat est traduit ponctuellement par la figure 12 qui montre une très bonne restitution des potentiels mesurées par le modèle au niveau des points de contrôle choisis.

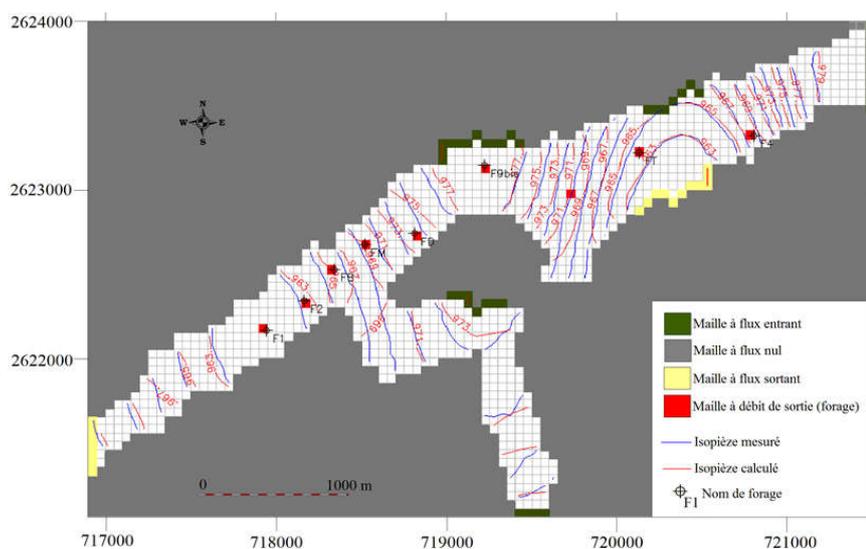


Fig. 11. Superposition et comparaison entre la piézométrie calculée et mesurée en régime permanent.

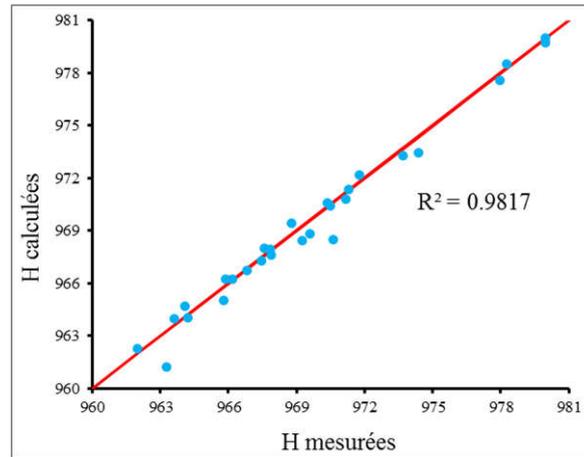


Fig .12. Comparaison entre les potentiels mesurés et calculés après calage du modèle en régime permanent.

La répartition des perméabilités calculées (Figure13) est conforme aux caractéristiques géologiques concernant l'hétérogénéité de la granulométrie des formations constituant notre aquifère, et se traduit relativement par:

- les plus fortes valeurs de perméabilité ($K > 10^{-2}$) en amont de la cuvette et aux alentours des forages F1 et F2.
- Les faibles valeurs de perméabilité sont rencontrées en aval de la cuvette ($K < 10^{-3}$).
- Le reste de la cuvette se caractérise par des valeurs moyennes de perméabilité ($10^{-3} < K < 10^{-2}$).

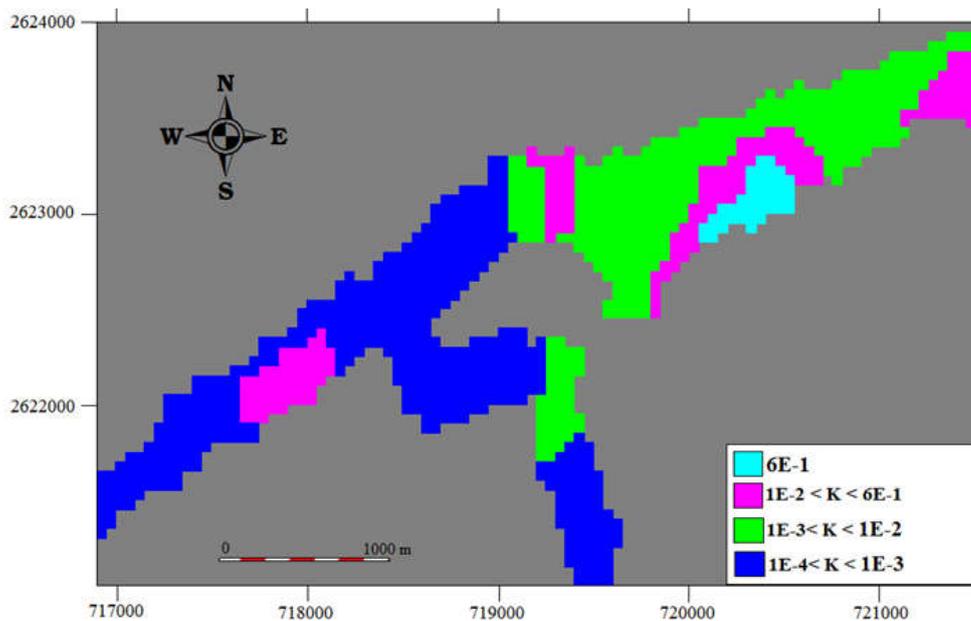


Fig.13.: Carte de la perméabilité (m/s) adoptée pour le calage en régime permanent.

4.2. Calage en régime transitoire

La capacité d'un aquifère à régir le transfert de l'eau par stockage ou par vidange est une caractéristique essentielle, qui spécifie si un système est dans un état transitoire ou s'il a atteint l'état d'équilibre, la calibration des paramètres de stockage est donc cruciale en régime transitoire [15-17].

Durant le processus de calibration, les conductivités hydrauliques du régime permanent restent inchangées, par contre, les paramètres de stockage sont modifiés manuellement et testés jusqu'à ce que le modèle reproduise au mieux chacune des observations mesurées lors des campagnes effectuées. Aussi, différentes recharges sont testées en considérant que la recharge représente une fraction des précipitations (ce pourcentage varie généralement de 5% à 20%).

L'objectif principal du modèle en régime transitoire est de caler le coefficient d'emménagement et d'appréhender l'évolution de la piézométrie suite à des perturbations multiples et variables (débits extraits, l'infiltration efficace,...)[18-20]. La simulation cible le comportement hydrodynamique de notre système aquifère à partir de l'état de référence (Février 1985) jusqu'en Février 1986 où nous considérons les débits de pompages et l'alimentation de la nappe comme constants.

Les faibles écarts entre les charges hydrauliques mesurées en février 1986 et calculées au niveau des puits et forages illustrés par la très bonne corrélation (Figure 14) ainsi que la superposition des courbes piézométriques observées et calculées (Figure 15), montrent un calage en régime transitoire plus que satisfaisant.

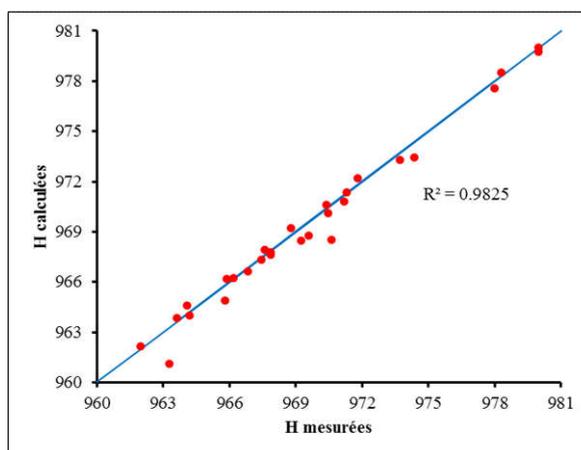


Fig. 14. Comparaison entre les potentiels mesurés et calculés après calage du modèle

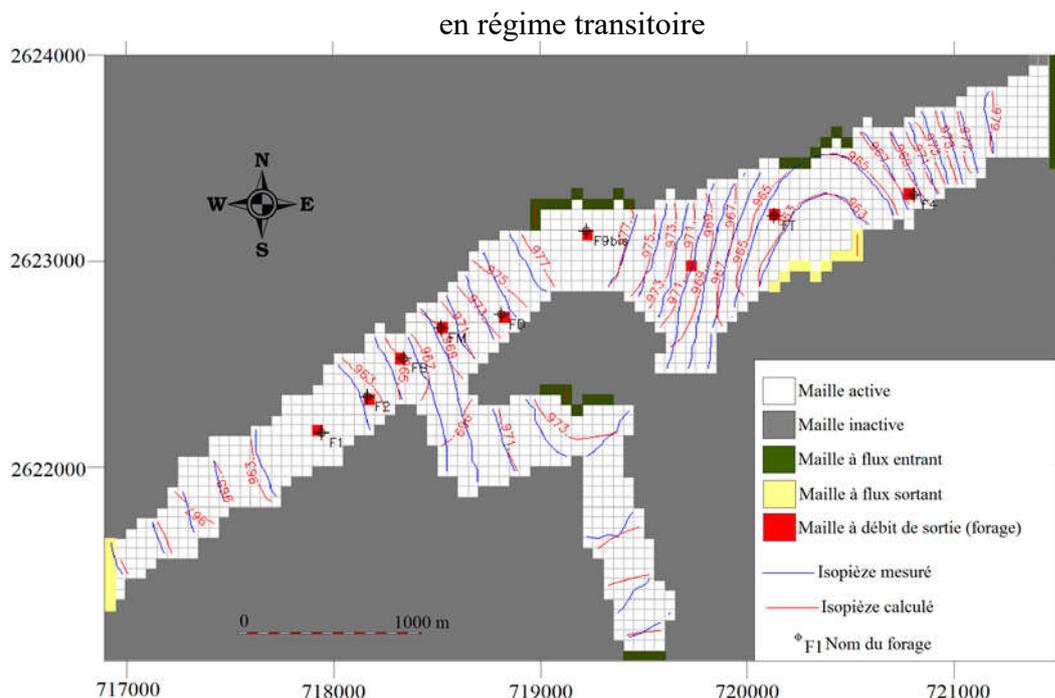


Fig. 15. Superposition des hydro-isohypses observées (février 1986) et calculées en régime transitoire.

La distribution spatiale du coefficient d’emmagasinement de l’aquifère (Figure16) est concordante avec la géométrie de l’aquifère et l’hétérogénéité de la granulométrie des formations aquifères. Le coefficient d’emmagasinement varie de 5.10^{-3} à 6.10^{-1} .

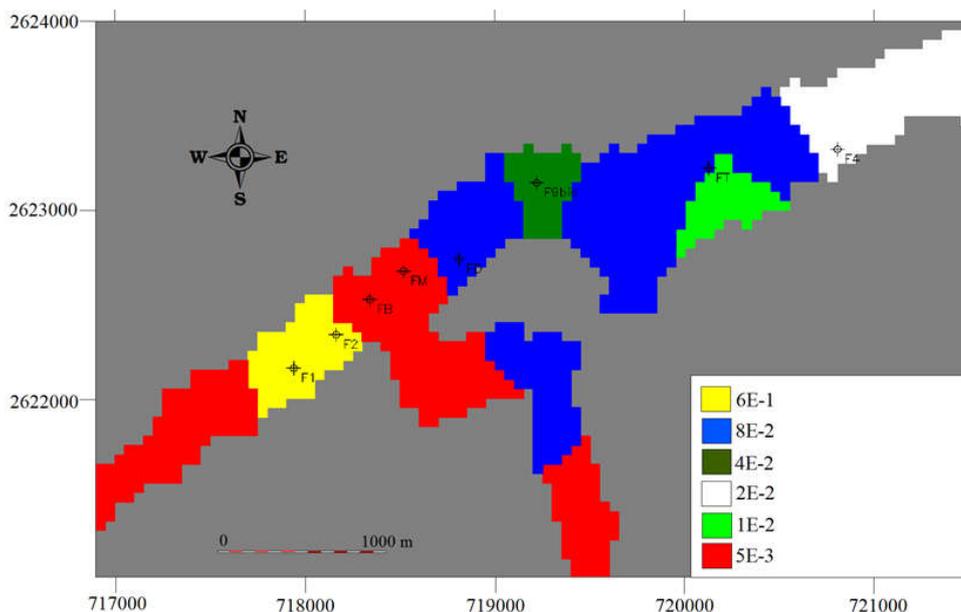


Fig. 16. Distribution des valeurs du coefficient d’emmagasinement adoptée pour le calage en régime transitoire.

4.3. Exploitation du modèle

4.3.1. Simulation sans la présence du barrage souterrain

Le résultat d'une série de simulations sur la nappe inféroflux sans barrage représenté sur la figure 17, nous permet de déduire qu'en aval du barrage la nappe inféroflux est plus influencée qu'en amont. Dans les simulations pessimistes, les courbes présentent un rabattement du niveau piézométrique très remarquable à l'aval du barrage où il peut atteindre 5m contrairement à l'amont où l'écart ne dépasse pas 1m.

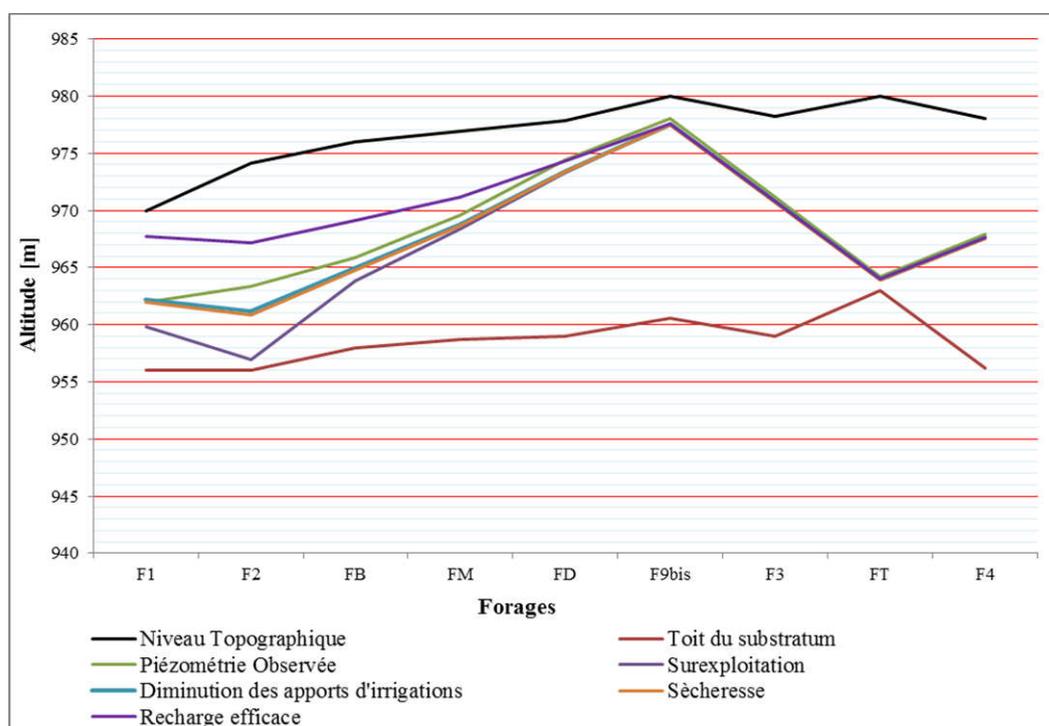


Fig.17. Évolution piézométrique simulée au niveau des forages sans barrage inféroflux

4.3.2. Simulation avec barrage souterrain

Les courbes d'évolution du niveau piézométrique au niveau des forages (Figure 18) sont analogues à celles du cas sans barrage mais avec des rabattements plus faibles pour les simulations pessimistes qui sont d'environ de 1 à 3m. Ceci traduit la contribution du barrage à stabiliser le niveau piézométrique.

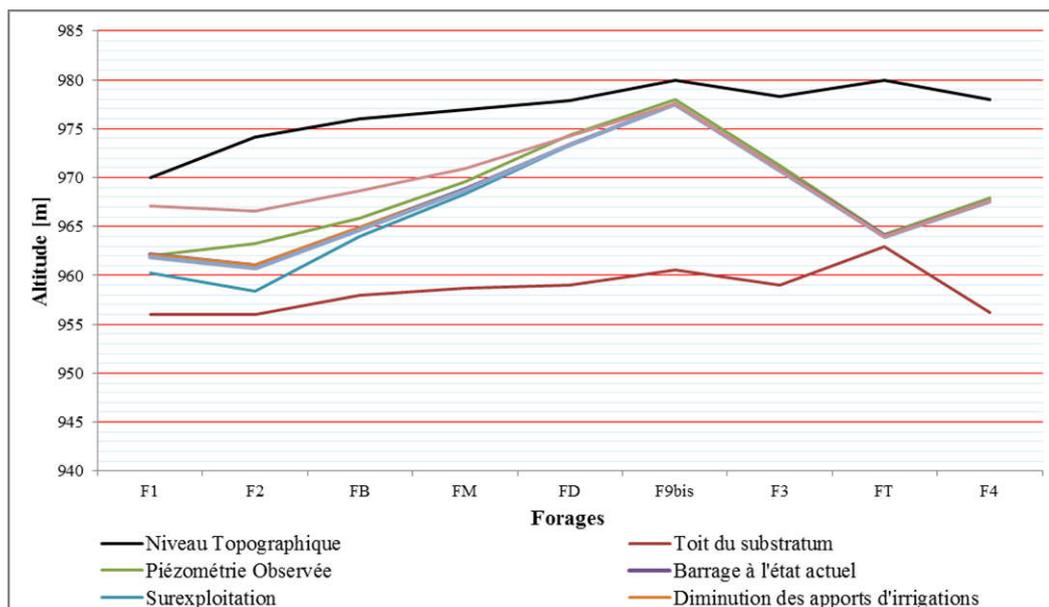


Fig.18. Évolution piézométrique simulée au niveau des forages avec barrage inféroflux

5. CONCLUSION

La compilation et l'analyse des données disponibles dans la région d'In Amguel ainsi que le modèle numérique de l'écoulement des eaux souterraines permettent une assez bonne compréhension de l'écoulement dans le système aquifère quaternaire de la région.

En effet, la modélisation de la nappe inféroflux d'oued In Amguel par l'utilisation du code de calcul ASMWIN basé sur la méthode des différences finies, nous a permis de comprendre le fonctionnement hydrodynamique de la nappe en absence et présence du barrage inféroflux. Le calage du modèle en régime permanent a permis d'affiner la représentation spatiale des valeurs de perméabilité. La calibration en régime transitoire, a permis de dresser la carte de distribution du coefficient d'emménagement et de réaliser des simulations sur des pas de temps annuels.

Enfin, les différentes simulations effectuées sur l'aquifère, indiquent qu'une diminution de la recharge et une surexploitation de la ressource souterraine engendre une baisse significative des niveaux piézométriques qui sont plus prononcées vers l'aval que vers l'amont en l'absence du barrage souterrain, par contre la présence de ce dernier joue un rôle de stabilisateur du niveau de la nappe.

6. REFERENCES

- [1] Ould Ali M., Boutoutaou. A., Les barrages souterrains en Algérie (développement et Perspectives) le petit barrage de Timiaouine. 1er Séminaire International sur la Ressource en eau au Sahara : Evaluation, Economie et Protection. Ouargla, le 19 et 20 janvier 2011.
- [2] MRE., Synthèse de l'atelier régional sur les grands transferts d'eau en Méditerranée 9 et 10 décembre 2013, Alger.Ministère des Ressources en eau (Algérie).
- [3] Dribat A.,. Essai de modélisation de la nappe inféroflux d'oued In Amguel, région de Tamanrasset.(Hoggar central-sud algérien). Mem. Master 2015.Univ. Tlemcen 160p.
- [4] Boulahbal S., Étude des écoulements souterrains dans les gneiss schisteux fissurés du Précambrien de la région de Tamanrasset. Mém Magistère en Sciences de la Terre 2012. Univ Batna. 122p.
- [5] ANRH. Etude du projet d'exécution de l'aménagement de l'oued de Tamanrasset, rapport inédit mission I, 1994 Alger.
- [6] Ammari A. Vulnérabilité à l'Envasement des Barrages (cas du bassin Hydrographique des Côtiers Algérois), Thèse Doctorat en Hydraulique. Univ Biskra (2012). 195p
- [7] Khentouche A. Contribution à l'étude quantitative et qualitative de l'érosion dans le bassin versant de Nafla (W. Batna), Mém Magistère. Univ. Batna (2005). 131p.
- [8] Akouar A., Daoud M. et Ouled salem Z. Étude géologique, géotechnique du sol de fondation du pont sur l'oued d'In Amguel. Mém. Licence. Centre univ de Tamanrasset (2013). 105p
- [9] Laroussi B. Vulnérabilité aux inondations en milieu urbain. Cas de la ville de Annaba (Nord-Est Algérien). thèse doctorat, université Annaba 2008. 342p.
- [10] Houssaoui A., Hydrologie et modélisation de la fonction pluie-débit: Cas du bassin versant de l'oued Tamanrasset Sud- algérien. Mem. Master. 2015. Univ. Tlemcen 157p.
- [11] MusyA., Higy C., Hydrologie, une science de la nature. Presses polytechnique et Universitaire Romandes. 2004.
- [12] ENHYD (b). Etude d'avant projet détaillé d'un barrage souterrain sur oued In Amguel, mission II, rapport B, étude hydrogéologique, juin 1990.
- [13] ENHYD (d). Etude d'avant projet détaillé d'un barrage souterrain sur oued In Amguel,

mission II, rapport D, étude hydrogéologique, juin 1990

[14] Kinzelbach W., Rausch R., Grundwasser modellierung – Eine Einführung mit Übungen, Gebrüder Borntraeger, 1995, Berlin, Stuttgart.

[15] Ward J.C., 1964. Turbulent Flow in Porous Media. Journal of the Hydraulics Division, Proceedings of the ASCE, Vol. HY 5, pp. 1-12.

[16] Bear J., Dynamics of fluids in Porous Media. American Elsevier, N.Y. (1972), republished by Dover Publications Inc., N.Y. (1988), 764 pp.

[17] Kaviany M., 1991. Principles of Heat Transfer in Porous Media. Springer-Verlag.

[18] Baba Hamed K., Hydrodynamique et modélisation d'une nappe alluviale, validation par l'approche géostatistique. Application à la nappe de la plaine de Maghnia (NW Algérie). Thèse de Doctorat es Sciences. Univ. Tlemcen 2007. 192p.

[19] Derdour A., Modélisation hydrodynamique de la nappe des grès crétacés du synclinal de Remtha-monts des Ksour- Algérie. Mém. Magistère en Sciences de la Terre, 2010. Univ. Tlemcen. 171p.

[20] Merzougui T., Bouanani A., Modélisation mathématique d'un aquifère alluvial en zone saharienne : Cas de la nappe de la palmeraie de Béni Abbes (Vallée de la Saoura, sud ouest algérien). International journal of environment & water ISSN 2052-3408, vol 2, issue 5, 2013.

RESUME

La région d'In Amguel tire ses besoins hydriques d'une seule ressource en eau souterraine connue dans le Hoggar par la nappe inféroflux, captée par un barrage souterrain ou barrage inféroflux d'une capacité de 4Hm^3 réalisé en l'an 2000. Cette nappe est très sollicitée pour l'alimentation aussi bien en eau potable que pour l'agriculture et l'élevage, ce qui a entraîné son surexploitation. Aussi, pour une meilleure gestion de cet inféroflux d'In Amguel, nous avons réalisé son modèle hydrogéologique par l'utilisation du code de calcul ASMWIN, qui nous permet de mieux comprendre le fonctionnement hydrodynamique, d'affiner la répartition spatiale des caractéristiques qui régissent l'écoulement de la nappe en régime permanent et transitoire et de réaliser des simulations du comportement de la nappe pour différents scénarii

d'exploitation.

Mots clés : Tamanrasset, Hoggar, In Amguel, inféroflux, modélisation, ASMWIN, simulation.

How to cite this article:

Baba-Hamed K, Dribat A, Bouanani A. Hydrogeological characterization and modeling of the aquifer of oued in amguel. (Tamanrasset, central Hoggar - south Algeria). *J. Fundam. Appl. Sci.*, 2018, 10(1), 1-19.