

# **CARACTÉRISATION DU SYSTÈME AQUIFÈRE ALLUVIONNAIRE DE LA PLAINE D'EL MADHER (NORD-EST ALGÉRIEN) EN VUE DE L'EXPRESSION DE SON BILAN HYDRODYNAMIQUE AU MOYEN D'UN MODÈLE DE SIMULATION EN RÉGIME PERMANENT**

**Mohamed Redha MENANI\***

---

## **RÉSUMÉ**

L'objectif de cet article est la caractérisation de l'aquifère alluvionnaire de la plaine d'El Madher qui est située à environ 15 Kms au Nord-Est de la ville de Batna et à 450 Kms au Sud-Est d'Alger, en vue d'exprimer par la suite son bilan hydrodynamique au moyen d'un modèle de simulation des écoulements souterrains en régime permanent.

La caractérisation détaillée du système aquifère du point de vue géologique, morphologique, structural et hydrodynamique, a permis de déterminer l'ensemble des conditions aux limites et des conditions internes préconisées pour la mise en oeuvre de la simulation.

**Mots clés** - El Madher - Algérie - Hydrogéologie - Bilan Hydrodynamique - Modèle de simulation - Caractérisation.

## **CHARACTERIZATION OF THE ALLUVIAL AQUIFER SYSTEM OF THE EL MADHER PLAIN (NORTH-EAST OF ALGERIA) IN ORDER TO EXPRESS ITS HYDRODYNAMIC BALANCE BY USING A SIMULATION MODEL ON STEADY STATE**

### **ABSTRACT**

The objective of this paper is the characterization of the El Madher plain alluvial aquifer which is located at 15 kms to the North-East of Batna city and 450 Kms to the South-East of Algiers, in order to express its hydrodynamic balance by using a simulation model on steady state of underground flows.

The characterization of the aquifer system concerning the geological, hydrogeological, structural and hydrodynamical aspects has permitted to define the whole limit conditions and the interior ones, which are recommended for carrying out the simulation.

**Key words** - EL Madher - Algeria - Hydrogeologia - Hydrodynamic balance - Simulation model - Characterization.

---

\* Institut de l'Hydraulique, *Université de Batna (Algérie)*

- Manuscrit déposé le 19 Avril 1998, accepté après révision le 15 Septembre 1999.

**I - INTRODUCTION**

La plaine d'El Madher est située en zone semi-aride entre les latitudes 35° et 35,5° Nord à environ 15 Kms au Nord-Est de la ville de Batna. Elle est tributrice d'une pluviométrie faible de l'ordre de 350 mm/an en moyenne et constitue un des champs de captage destinés à l'alimentation en eau potable de la ville de Batna et des localités d'El Madher, Djerma et Fesdis (fig.1).

L'aquifère capté est composé par des matériaux détritiques attribués au Mio-Plio-Quaternaire et couvre une superficie d'environ 90 Km<sup>2</sup> pour une superficie totale du bassin versant de 210 Km<sup>2</sup>. Il est exploité par plus de 220 puits. Cet aquifère est le siège d'un écoulement souterrain généralisé qui est orienté globalement du Sud vers le Nord de la plaine, avec des profondeurs du niveau statique variant entre 15 et 20m en moyenne.

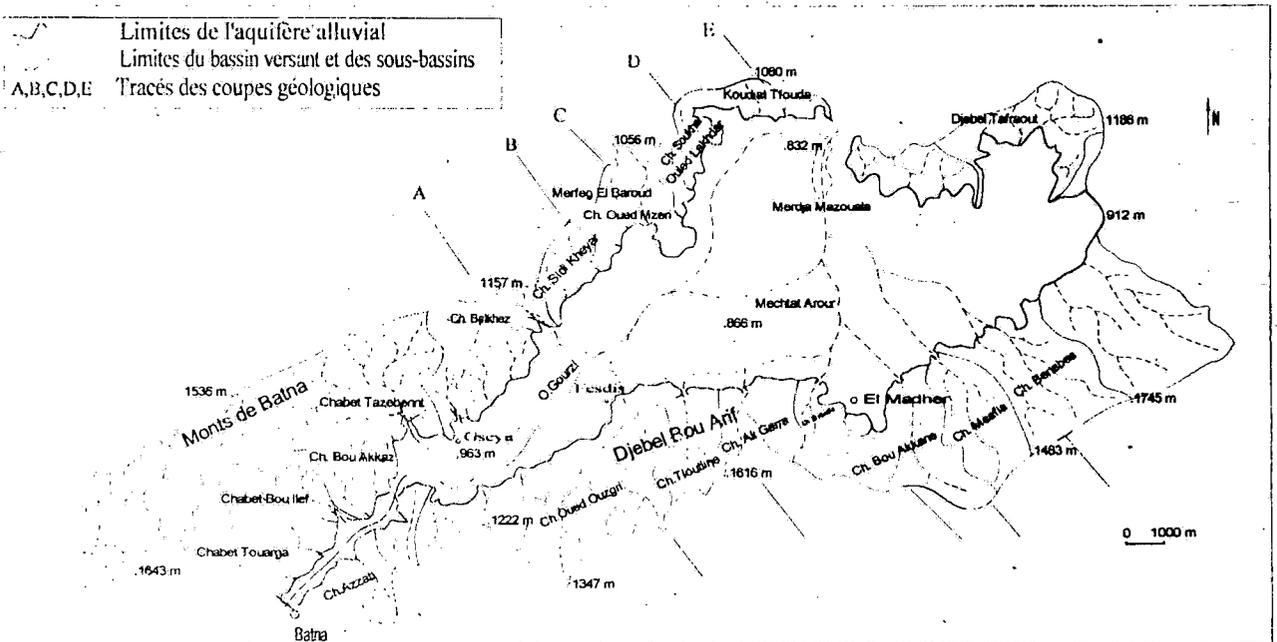
La caractérisation du système aquifère a permis de définir sa géométrie, sa morphologie,

ses caractéristiques hydrodynamiques, la typologie de l'écoulement dont il est le siège ainsi que les conditions de potentiels et de débits qui prévalent à l'intérieur du domaine ainsi qu'à ses limites.

**II - CARACTERISATION DU SYSTEME**

**1 - Contexte géologique**

La plaine d'El Madher est un bassin sédimentaire subsident, à remplissage détritico Mio-Plio-Quaternaire (sables, graviers, galets et argiles), reposant sur un substratum constitué essentiellement de marnes Cénomaniennes épaisses d'environ 300m. Sur la base de la carte géologique de Ain El Ksar (Guellal et Vila, 1977), des résultats de l'étude géophysique de la plaine d'El Madher (C.G.G, 1969) des coupes de sondages réalisés dans la plaine et de données de terrain, il a été possible de définir la géométrie de l'aquifère (fig.2).



**Fig. 1 - Présentation du bassin versant de l'Oued el Madher**  
*Presentation of Oued el Madher watershed*

CARACTÉRISATION DU SYSTÈME AQUIFÈRE ALLUVIONNAIRE DE LA PLAINE D'EL MADHER (NORD-EST ALGÉRIEN)

Les formations alluvionnaires attribuées au Mio-Plio-Quaternaire atteignent des épaisseurs considérables notamment au centre de la dépression (plus de 250m) et reposent en discordance sur des formations du Crétacé qui constituent leur substratum.

A l'Est et au centre de plaine, le substratum est constitué par une formation à dominante marneuse du Cénomaniens et peut atteindre 300m d'épaisseur. Sa nature lithologique en fait une formation imperméable qui individualise l'aquifère alluvionnaire de ceux des calcaires aptiens et des grès barrémiens.

A l'Ouest par contre, les alluvions reposent directement sur des formations carbonatées et gréseuses du Barrémien et de l'Aptien qui permettent sa recharge.

La variation de la forme structurale du substratum à partir de Merfeg El Baroud (coupe C, fig. 2) est en fait liée à une tectonique très complexe qui affecte cette partie du bassin. Sans détailler, ce sont de grands décrochements dextres qui sont à l'origine de la dislocation du Djebel Tafraout de sa structure originelle (jalon entre les Monts de Batna et les Djebels Azem et Tombait), et de la forme en "baionnette" du Djebel Bou Arif. Ce style tectonique a induit un serrage du bassin et a modelé les formes en présence (Menani, 1991).

La fracturation observée permet la communication entre les aquifères profonds du Crétacé et celui du Mio-Plio-Quaternaire. Le dôme piézométrique observé dans le prolongement de l'accident dextre qui affecte le Djebel Bou Arif est un exemple édifiant de l'alimentation souterraine apportée par l'aquifère Barrémo-Aptien à celui du Mio-Plio-Quaternaire (fig.4).

## 2 - Classification de l'aquifère

L'analyse détaillée des données de sondages fait ressortir le fait que la morphologie du réservoir est liée au mode de dépôt des sédiments

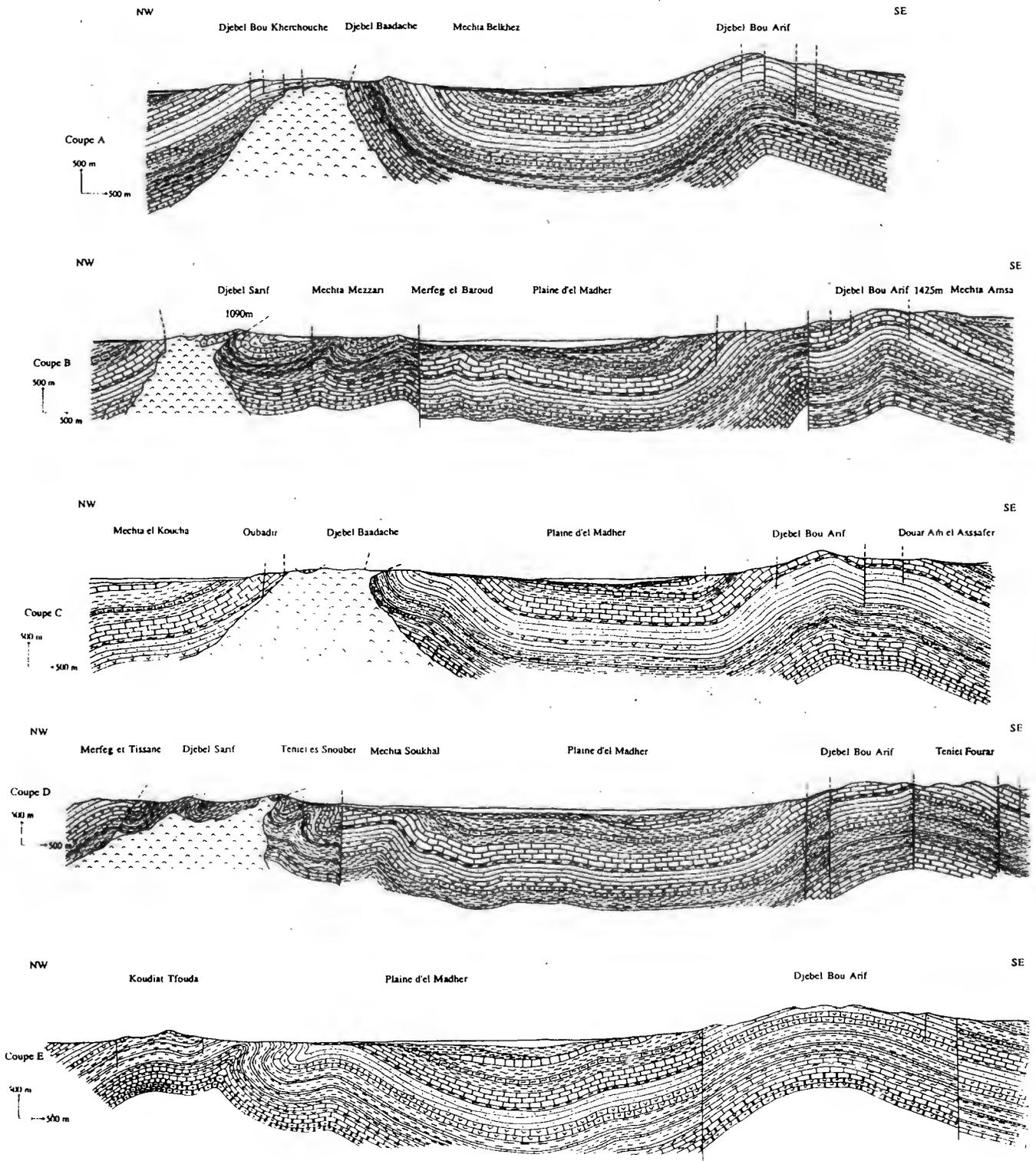
détritiques (fig.3). Leur organisation en séquences sédimentaires favorise l'existence de niveaux préférentiels d'écoulement (niveaux grossiers) séparés par des niveaux d'argiles sablo-graveleuses, à perméabilités normalement très faibles, mais néanmoins suffisantes pour permettre des échanges verticaux entre les différents niveaux productifs.

Au centre de la dépression par contre, les dépôts sont carrément organisés en cycles sédimentaires distincts qui se distinguent par l'apparition de niveaux marneux du Miocène inférieur pratiquement étanches, qui réduisent considérablement les échanges verticaux entre les niveaux productifs profonds et ceux de surface.

Cette organisation confère à l'aquifère un caractère captif au centre (le pompage au M2 n'affecte pas la nappe phréatique), semi-libre dans la zone intermédiaire (les pompages au M1 et M3 en présentent des paliers caractéristiques) et libre (avec débit retardé) aux marges du bassin.

Les mesures piézométriques comparatives des niveaux statiques entre les sondages et les puits environnants, confortent ces résultats et montrent une nette communication des niveaux inférieurs avec l'aquifère de surface, sauf au centre de la plaine où le niveau statique mesuré au sondage M2 ne s'intègre pas dans la piézométrie globale, et reflète, du moins en ce point, l'absence de communication entre les niveaux inférieurs situés à 250m de profondeur et les niveaux superficiels.

Hormis les niveaux profonds captés au centre de la dépression (M2) dont les mesures n'ont pas été intégrées à la piézométrie de référence, les différents compartiments étagés sont communicants, ce qui permet de considérer l'ensemble du système comme étant mono-couche et "homogène en grand".



**Fig. 2 - Coupes géologiques de la région d'El Madher**  
***Geological cross sections of the El Madher area***

## CARACTÉRISATION DU SYSTÈME AQUIFÈRE ALLUVIONNAIRE DE LA PLAINE D'EL MADHER (NORD-EST ALGÉRIEN)

	Quatremaire		Albien argiles, marnes et grès ferrugineux
	Tortonien calcaire, grès et marne		Aptien supérieur calcaires
	Burdigalien (Langhien?) marnes		Aptien inférieur marnes
	Cénomannien sup. calcaires marneux		Hauterivien à Barrénien : calcaires et grès dolomitiques à la base et grès au sommet
	Cénomannien moyen à sup. marnes		Berriasien moyen à Valanginien : pelitique à petits bancs gréseux
	Cénomannien basal marnes et marno calcaires		Lias : calcaires dolomitiques
	Tithonien à Berriasien : alternances de marnes et calcaires		Trias : marnes banolées, gypse et dolomies
	Jurassique moyen-supérieur (Argovien) : calcaires <i>Ammonitico rosso</i>		
	Jurassique moyen : calcaires à silex		

### 3 - Typologie de l'écoulement

Un régime rigoureusement permanent est exceptionnel dans la nature, car il exige la stabilité dans le temps de toutes les conditions aux limites du système. En réalité, on note presque toujours des variations saisonnières et (ou) annuelles.

Pour une année hydrologique moyenne, la nappe d'El Madher est caractérisée par des variations cycliques que l'on peut résumer en trois phases :

- une phase de recharge sous l'influence des apports pluviaux en saison hivernale, qui s'étend de Septembre à Mai, et qui est caractérisée par une montée régulière des niveaux piézométriques;
- une phase de tarissement caractérisée par l'absence d'alimentation par infiltration, et par une baisse régulière des niveaux d'eau souterraine. Elle s'étend généralement de Mai à Juillet;
- une phase d'étiage correspondant généralement au mois d'Août où les niveaux sont les plus bas et quasiment stables.

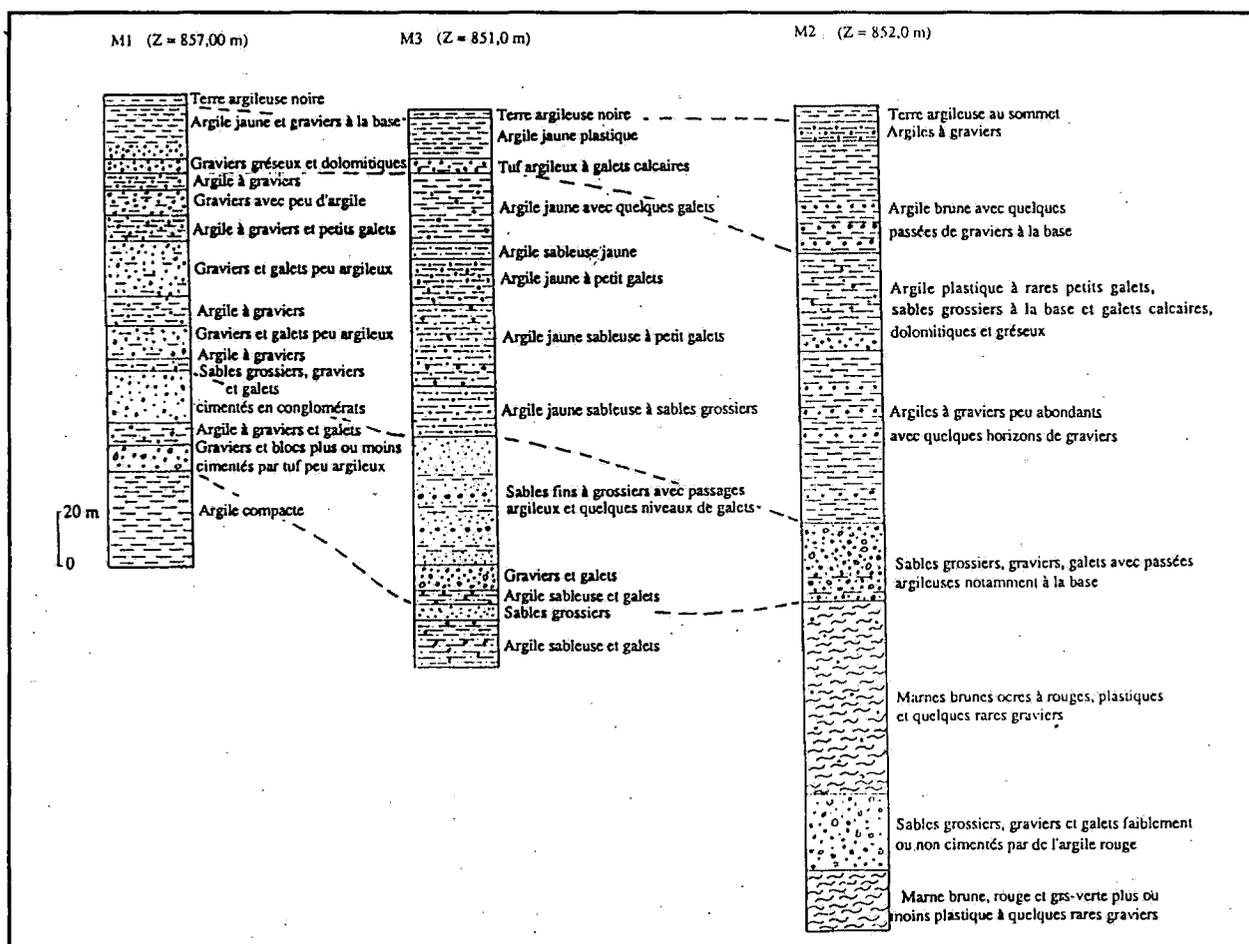
En se limitant à la seule piézométrie, l'écoulement pendant la période d'étiage est considéré le plus souvent comme permanent,

d'autant plus que les campagnes piézométriques effectuées à différentes périodes (Avril 89, Août 89, Avril-Mai 90, ainsi que des mesures ponctuelles en Avril 96) montrent que l'écart maximum de niveau entre la saison pluvieuse et la période d'étiage ne dépasse qu'exceptionnellement 1m; ce qui est relativement faible devant l'écart absolu entre les potentiels maximum et minimum de la nappe (environ 170m).

La piézométrie d'étiage du mois d'Août 89 est de ce fait suggérée comme piézométrie de référence caractérisant le régime permanent (fig.4). Cette dernière montre les principaux traits qui régissent l'écoulement souterrain orienté globalement du Sud vers le Nord de la plaine où se situe l'exutoire naturel du système.

### 4 - Caractéristiques hydrodynamiques

Elles ont été testées par 18 pompages d'essai répartis selon un réseau couvrant l'ensemble de la nappe. Certains sont anciens et ont été réalisés en paliers de débits enchainés suivis de remontées dans les sondages profonds avec de longues périodes d'observation, tandis que d'autres, plus récents réalisés sur des puits de larges diamètres (méthode de Cooper et Papadopulos, 1967), sont de courtes durées. La totalité de ces essais (à l'exception d'un seul) a été effectuée en



l'absence piézomètres, ce qui ne permet pas de s'affranchir en toute rigueur des conditions de validité des méthodes d'interprétation des pompages d'essai (Kruseman et De Ridder, 1974).

Néanmoins, comme le but assigné réside en la délimitation des zones de transmissivités différentes (fig.5), les valeurs obtenues par ces essais peuvent être considérées comme représentatives.

Le coefficient d'emmagasinement n'a pu être estimé valablement qu'à partir du pompage

d'essai effectué avec un piézomètre d'observation (M1).

Sur un fond correspondant à l'ensemble du domaine de valeur  $10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ , s'individualise une zone limitée globalement à la zone de captage de la nappe où l'épaisseur de l'aquifère atteint 300m, avec une valeur de transmissivité de l'ordre de  $10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ . La répartition des zones de transmissivités différentes est en nette concordance avec celle des épaisseurs de l'aquifère Mio-Plio-Quaternaire, donnée par la carte en isohypses de son substratum (fig.6), pour des perméabilités de l'ordre de  $10^{-5}$  à  $10^{-6} \text{ m/s}$ .

CARACTÉRISATION DU SYSTÈME AQUIFÈRE ALLUVIONNAIRE DE LA PLAINE D'EL MADHER (NORD-EST ALGÉRIEN)

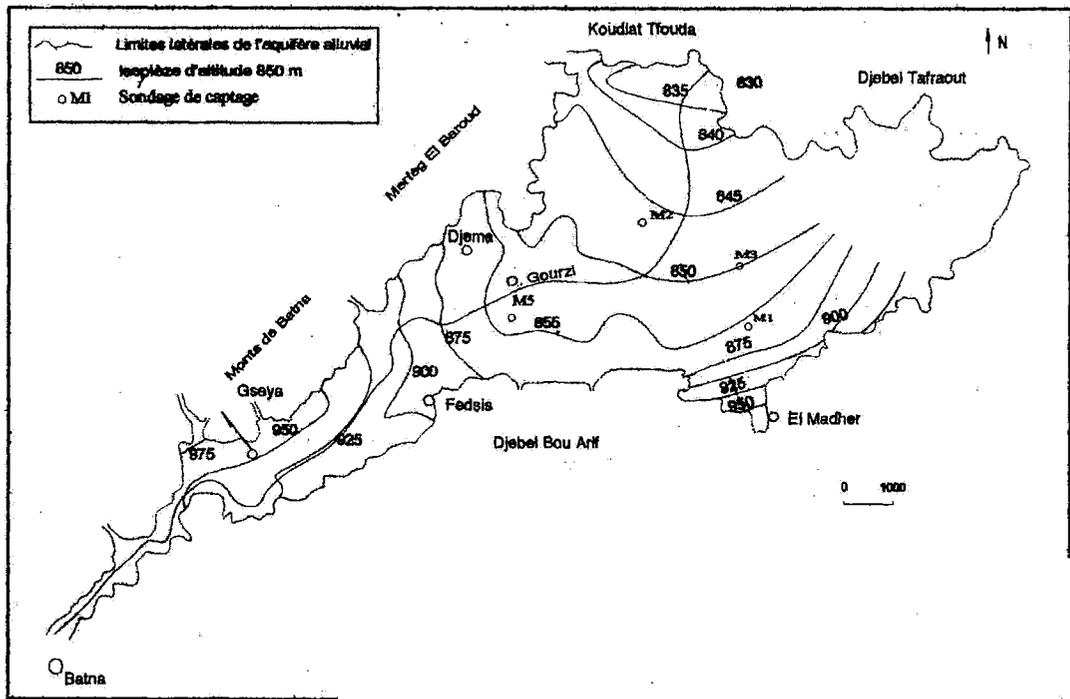


Fig. 4 - Carte piézométrique de référence  
*Reference piezometric map*

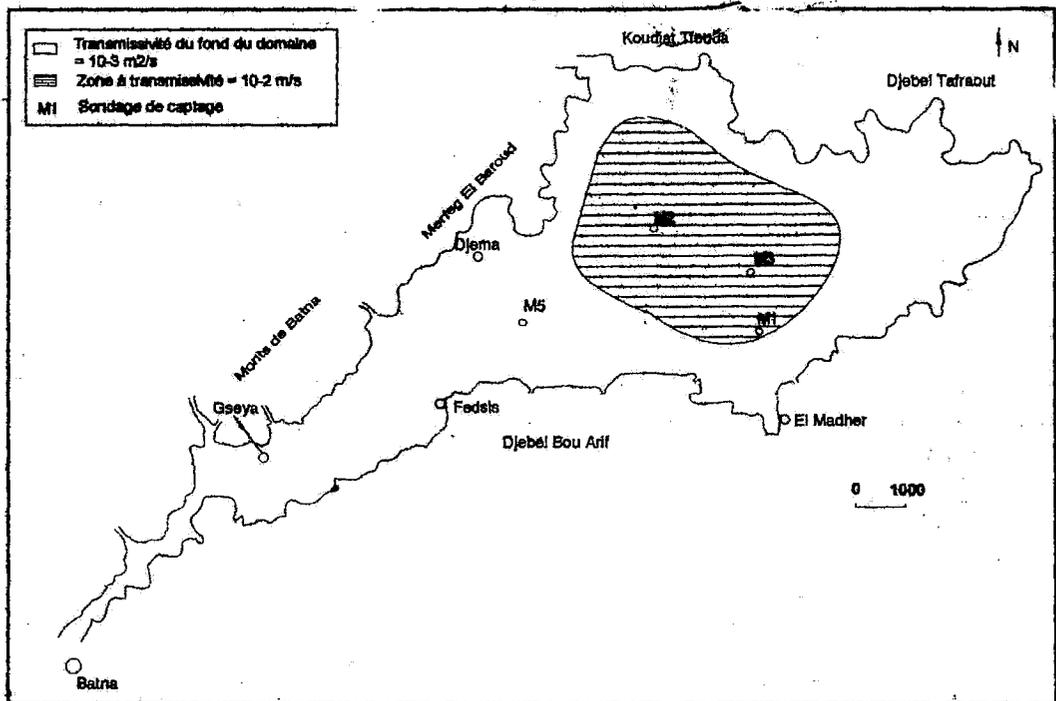
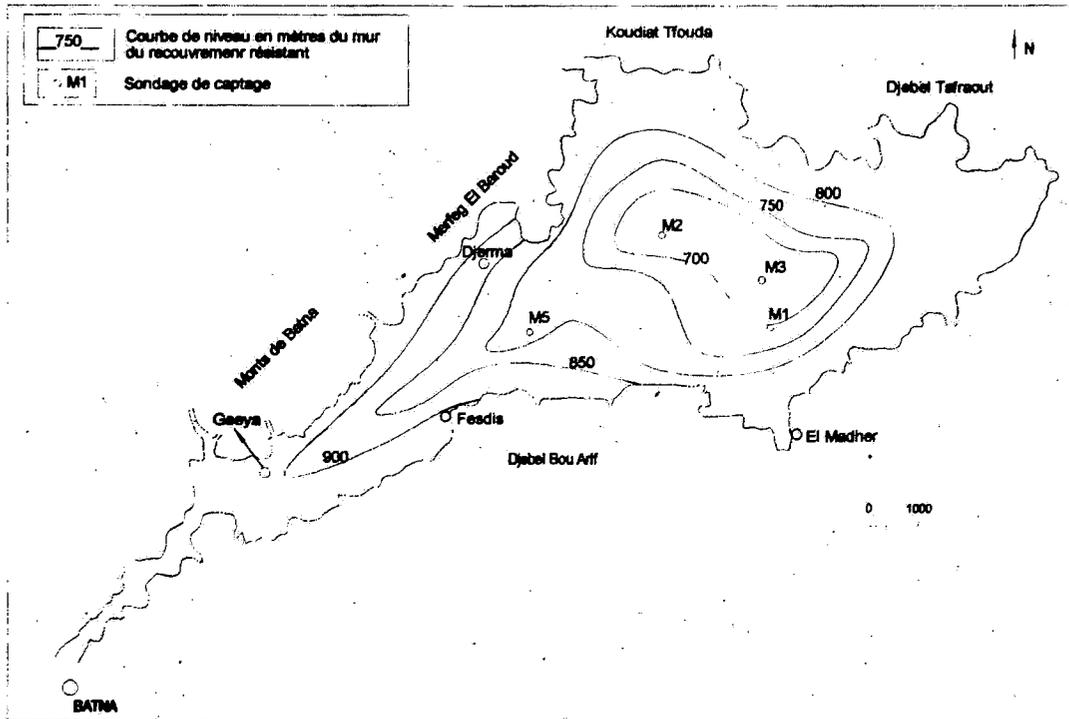


Fig. 5 - Carte des zones de transmissivités différentes  
*Area map of different transmissivities*



**Fig. 6 - Carte du mur du recouvrement résistant (CGG, 1969)**  
**Map of the resistant lap base (CGG, 1969)**

On notera que près de la bordure E-NE de la plaine (bordure d'El Madher), la diminution de l'épaisseur de l'aquifère laisse présager des valeurs de transmissivités plus faibles que celles du fond.

Tous les tests montrent une réaction très nerveuse de la nappe, dans le sens où l'évolution du rabattement se stabilise vite pour tendre vers un régime d'équilibre. Les résultats du pompage d'essai réalisé au sondage M3 (fig.7) avec des paliers de débits enchainés (8, 14.5, 18.5 et 23 l/s) reflètent cette tendance. Ce phénomène caractérise la bonne transmissivité des niveaux aquifères profonds et la réaction en symbiose de ses différents compartiments.

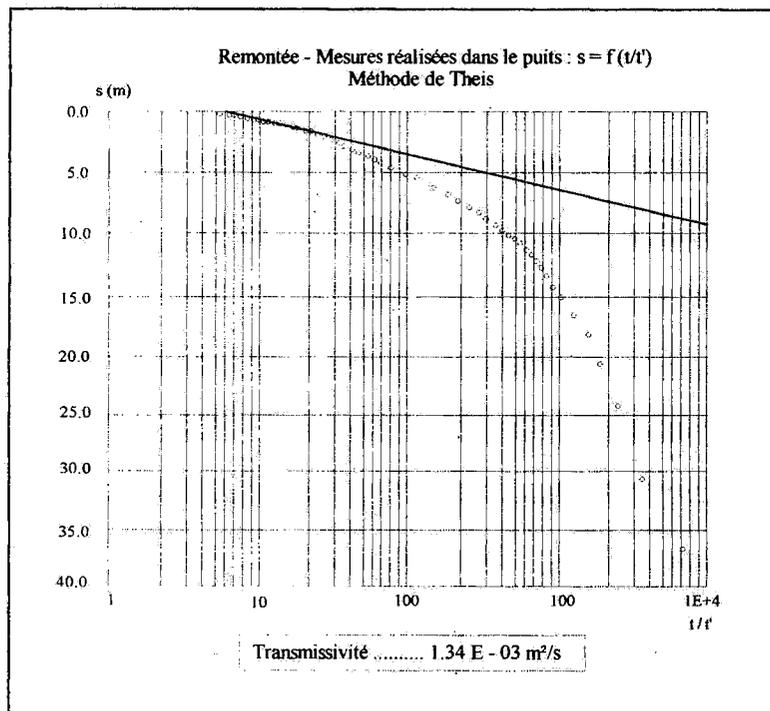
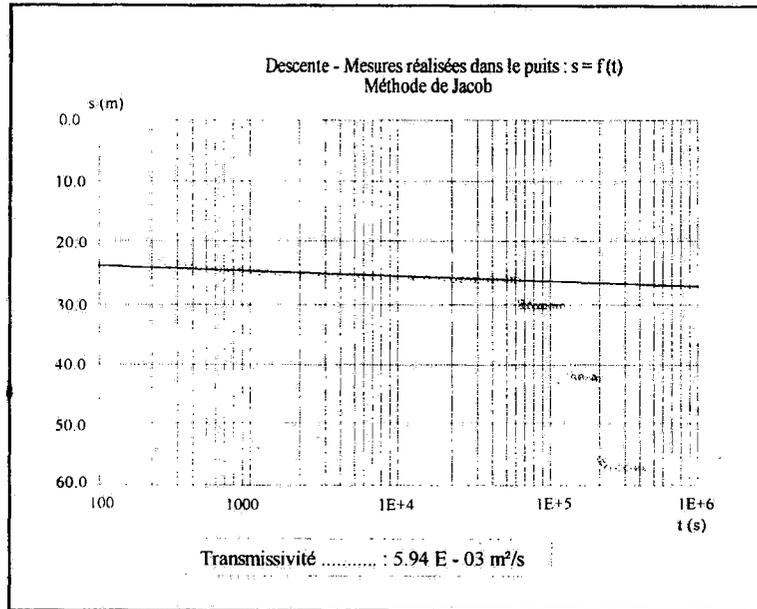
### 5 - Les conditions aux limites du système

Elles sont soit externes, s'appliquant aux confins du domaine, soit internes et se manifestent sous

forme de débits d'échanges verticaux (prélèvements).

En ce qui concerne les limites géographiques du réservoir (voir fig.1), cernées par prospection sur le terrain et à l'appui de la carte géologique et des photographies aériennes de la région, les contacts de la nappe avec les Monts de Batna au Nord de Gseya et avec le Djebel Bou Arif au Sud de Fesdis, prennent généralement le caractère de fronts "étanches" qui s'interrompent toutefois, aux débouchés des différents oueds dont le sous-écoulement et les pertes constituent un mode essentiel d'alimentation de l'aquifère Mio-Plio-Quaternaire.

La bordure d'El Madher au Nord-Est (Djebel Bou Arif) et celle de Tazebent (Monts de Batna) au Sud, sont par contre des fronts d'alimentation au niveau des calcaires Aptiens et des grès Barrémien, et ce essentiellement à la



**Fig. 7 - Pompage d'essai au sondage M3**  
***Pumping test in M3 bore-hole***

faveur d'un système de fracturation drainant complexe.

Les sorties aux limites sont concentrées essentiellement à l'exutoire du bassin versant coïncé entre Koudiat Tfouda et le Djebel Tafraout, par drainage de l'Oued El Madher, malheureusement non jaugé à cet endroit.

Quant aux conditions internes au domaine, les prélèvements par pompages, privés ou collectifs, sont connus par enquête agronomique menée sur le terrain et qui est basée sur l'estimation des besoins en eau des différentes cultures par parcelles irriguées.

Les prélèvements par pompages estimés en débit fictif annuel moyen sont répartis en 65 l/s pour les prélèvements par sondages destinés notamment à l'alimentation en eau potable de la ville de Batna (E.P.E.BA, 1988), et 25 l/s destinés à l'usage agricole.

La valeur de l'alimentation par percolation des eaux pluviales reste cependant inconnue du fait que l'étude détaillée du bilan hydrique de la région par les méthodes couramment utilisées au pas de temps mensuel et annuel, fait ressortir un déficit considérable (Bneder, 1983, Menani, 1991).

La région d'El Madher étant caractérisée par un climat de type semi-aride, avec une pluviométrie moyenne annuelle de l'ordre de 350 mm. Au pas journalier par contre, le bilan hydrique sur la base de la formule d'estimation de l'évapotranspiration potentielle de Penman (Brochet et Gerbier, 1975) fait ressortir certaines journées et courtes périodes au bilan hydrique excédentaire. Cette infiltration journalière éparsée ne peut être prise en compte que par un programme de simulation conçu pour l'étude du régime transitoire qui limite la période de résolution.

On signalera également que la valeur de l'alimentation correspondant aux pertes des séguias et des oueds reste également inconnue, du fait de l'absence de jaugeages différentiels.

### III - CONCLUSION

La caractérisation du système aquifère Mio-Plio-Quaternaire de la plaine d'El Madher a nécessité une démarche en plusieurs étapes que l'on peut résumer essentiellement en une phase de synthèse des données antérieures suivie de la mise en oeuvre d'un programme de prospection et enfin une phase de traitement des données.

Les principaux résultats obtenus au terme de ce travail concernent notamment :

- L'assimilation du système aquifère à un mono-couche "homogène en grand" à nappe libre à semi-libre du fait de la drainance entre les différents niveaux étagés sauf au centre de la plaine, où les niveaux situés à plus de 200m de profondeurs sont captifs. Les relevés piézométriques des différents niveaux aquifères s'intègrent parfaitement dans une piézométrie globale, laquelle faite à la période d'étiage, caractérise le mieux le régime permanent.
- La distribution des transmissivités de l'aquifère en une zone de valeur  $10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s sur un fond de valeur  $10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s. Cette distribution est régie essentiellement par les épaisseurs de l'aquifère.
- Le rôle important joué par la fracturation dans l'alimentation hydrique de l'aquifère Mio-Plio-Quaternaire par les bordures. La plus importante est celle située le long de l'accident dextre (SW-NE) qui affecte le Djebel Bou Arif et qui se traduit par un dôme conséquent dans la piézométrie de la nappe Mio-Plio-Quaternaire.
- L'estimation des prélèvements pour l'usage domestique de la ville de Batna (65 l/s) et l'usage agricole (25 l/s) par enquête agronomique basée sur l'estimation des besoins en eau annuels des plantes cultivées par parcelles irriguées.

## BIBLIOGRAPHIE

- B.N.E.D.E.R.** 1983. Projet de développement rural intégré de la Wilaya de Batna, 1ère Partie, Volume 1, Etudes de base, Tome 1, Etude climatique et hydrologique. *Ministère de l'Agriculture, Alger*, 91 p.
- Brochet, P. et Gerbier, N., 1975**) L'évapotranspiration. Aspect agrométéorologique. Evaluation pratique de l'évapotranspiration potentielle. *Monographie de la météorologie nationale*, n°65, S.M.M. Climatologie. Paris, 95 p.
- C.G.G., 1969.** Prospection géophysique des Chotts Gadaine et Saboun et de la plaine d'El Madher. 8 Avril - 14 Août 1969. *Travaux publics, Direction Départementale de Batna*, 36 p.
- Cooper, H.H. et Papadopulos, I. S., 1967.** Drawdown in a well of large diameter. *Water Resources Res.*, 3, pp. 241-244
- E.P.E.B.A., 1988.** Production. Rapport interne. *Entreprise de production des eaux de Batna*.
- Guellal, S. et Vila, J. M., 1977.** Carte géologique au 1/50000 de Ain El Ksar (EL Madher) et notice explicative rédigée par Vila J. M. *Publ. Serv. carte géol. Algérie, Alger*, 1977.
- Kruseman, G.P. et De Ridder, N.A., 1974.** Interprétation et discussion des pompages d'essai. Traduction du bulletin 11 : Analysis and Evaluation of pumping Test Data. *I. L. R. I. Wageningen The Netherlands*, 213 p.
- Menani, M. R., 1991.** Etude hydrogéologique de la plaine d'El Madher (Algérie orientale) : géologie, climatologie, hydrogéologie et modélisation des écoulements souterrains de l'aquifère Mio-Plio-Quaternaire. *Thèse Doct. Univ. Nancy 1, Labo. G. E. S.*, 409 p.