

# Hydrogéologie de la plaine de la Mitidja Orientale (Algérie).

Par *BENZIADA Mébrouk*,

Centre de Développement des Energies Renouvelables (CDER)  
Route de l'Observatoire BP 62- 16340 Bouzaréah, Alger, Algérie  
Email : m\_benziada@yahoo.fr

## ملخص:

إن موضوع هذا العمل هو الدراسة الهيدروجيولوجية لمركب طمبي بالمنطقة الساحلية المتوسطة.

يشكل حوض المتيجة الشرقي خزاناً للمياه الجوفية التي تعتبر أساسية للتطوير الزراعي، الحضري والصناعي للتجمع السكاني العاصمي. تم اقتراح عملية تجسيم الجريانات الجوفية لطبقة الطمي للمتيجة الشرقية بواسطة برنامج صوري رقمي "ASM" باختلافات متقنة. يتعلق الأمر بصورية انتقالية مضبوطة على سنوات التسعينات و مطبقة بمرحلة تقديرية سنة 2001 لإظهار من جهة الجفاف التدريجي و من جهة أخرى تغذية مصطنعة متوقعة انطلاقاً من مياه سد قدارة.

الفرضيات الهيدروجيولوجية المختلرة و المتضمنة تقييم تنفقات الثبائل و المستويات المقدره المفروضة تسمح بإنجاز حوصلة هيدروجيولوجية لطبقة الطمي (1990-1991) 1,422 م<sup>3</sup>/ثا هي قيمة التغذية التي مصدرها التساقطات و تسرب مياه السقي، للكنتلة البلدية و وادي الحراش و الحميز. الصببيات الناتجة عن الطبقة هي من الرتبة 1,472 م<sup>3</sup>/ثا. التفريغ يقدر ب 0,05 م<sup>3</sup>/ثا ( مهمل تقريبا) و يظهر خزان ماء متوازن تقريبا. تأثير الجفاف الممدد و المتدرج أظهر نقصاً مهماً للمستوى البيزومتري و الذي قدر ب 2,5 م في الحلقة 9/23 ( حقل الإنتقاط للحميز). يبدو أن إعادة ملأ الطبقة بتزويد إصطناعي انطلاقاً من مياه سد قدارة أضحى ممكناً و قاطعاً.

## Résumé:

Ce travail a pour thème l'étude hydrogéologique d'un complexe alluvionnaire en zone côtière méditerranéenne.

Le bassin de la Mitidja Orientale constitue un réservoir en eau souterraine essentiel pour le développement agricole, urbain et industriel de l'agglomération algéroise. Une modélisation des écoulements souterrains de la nappe alluviale de la Mitidja Orientale est proposée à l'aide d'un programme de simulation numérique "ASM" à différences finies. Il s'agit d'une simulation transitoire, calée sur les années 90 et appliquée en phase prévisionnelle en 2001 pour simuler d'une part une sécheresse graduelle, d'autre part une alimentation artificielle localisée à partir des eaux du Barrage de Keddara.

Les hypothèses hydrogéologiques choisies qui ont porté sur l'estimation des flux d'échange et des niveaux à potentiel imposé permettent l'établissement d'un bilan hydrologique de la nappe alluviale (1990-1991). Une alimentation de 1,422 m<sup>3</sup>/s provient des précipitations et infiltration des eaux d'irrigation, du massif Blidéen et des oueds El-Harrach et Hamiz. Les débits sortants de la nappe sont de l'ordre de 1,472 m<sup>3</sup>/s. Un déstockage de 0,05 m<sup>3</sup>/s (négligeable) montre un aquifère proche de l'équilibre. L'effet d'une sécheresse prolongée graduelle a montré une diminution appréciable du niveau piézométrique de 2,5 m dans la maille 23/9 (champ de captage du Hamiz). La recharge de la nappe par une alimentation artificielle à partir des eaux du Barrage de Keddara semble possible et concluante.

**Mots-clés :** *Hydrogéologie, Simulation, Prévision, Sécheresse, Bilan hydrologique, Alimentation artificielle, Algérie.*

## Abstract :

This work is concerned the hydrological study of the complex alluvionary in a mediterranean coastal area.

The Eastern Mitidja plain constitutes a subterranean water reservoir essential for the agricultural, urban and industrial development of the Capital : Algiers. A modelling of subterranean flows of Eastern Mitidja alluvial sheet is proposed thanks to a numerical simulation programme "A.S.M" with finite differences. This concerns a transitory simulation has been called on years 90 and applied in a forecasting phase, in 2001 in order to simulate, on the one hand, a gradual drought, on the other hand, an artificial alimentation supply from the Keddara dam.

The selected hydrogeological hypotheses which deal with the estimation of the flux exchange and potential imposed levels allow the establishment of a hydrological balance water of the alluvial sheet (1990-91).

An alimentation of 1,422 m<sup>3</sup>/s is obtained by the precipitations and infiltration of irrigation water coming from the Blidean massif and the washes of El-Harrach and Hamiz.

The outflows of the sheet are estimated at 1,472 m<sup>3</sup>/s. The destockage is 0,05 m<sup>3</sup>/s (negligible) , which indicates a nearly balanced aquifer level. The effect of a prolonged and gradual drought has resulted in an important reduction of the piezometric level : 2,5 m in the cell 23/9 (the well field of Hamiz). The groundwater recharge by an artificial supplying with surface water by Keddara dam seems to be possible and conclusive.

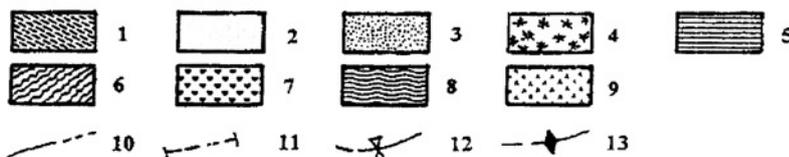
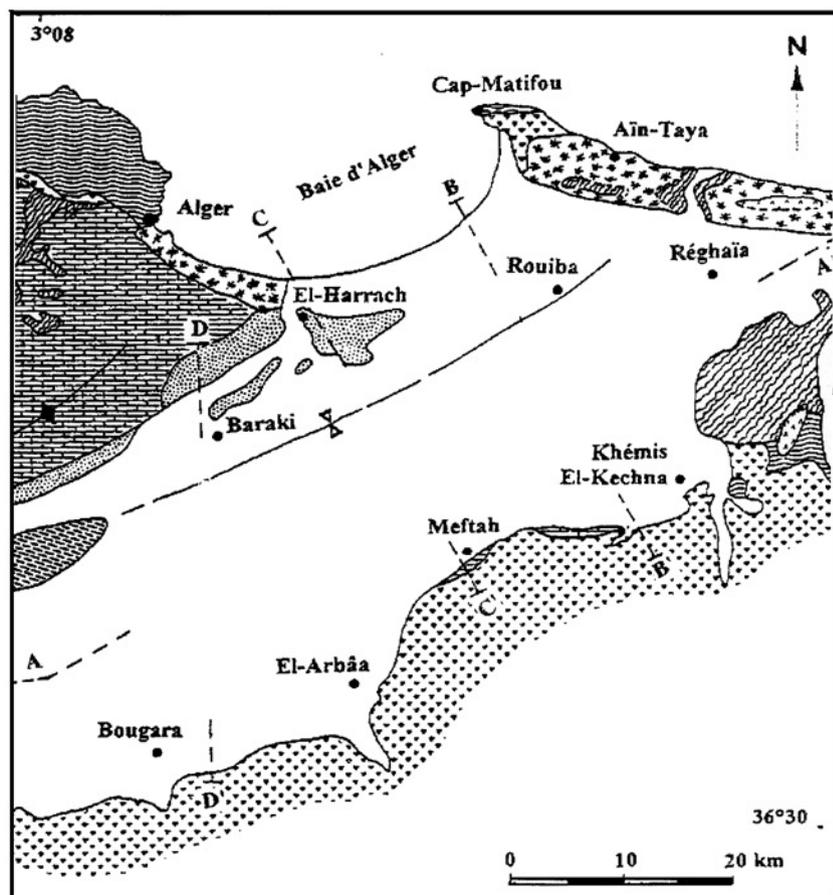
**Key Words :** *Hydrogeology, Simulation, Forecast, Drought, Hydrologic budget, Artificial recharge, Algeria.*

## CADRE GEOLOGIQUE DU BASSIN DE LA MITIDJA ORIENTALE

Le bassin de la Mitidja Orientale représente une unité géographique et géologique bien distincte limitée par le massif de Blida au sud, la méditerranée au nord, à l'est l'oued Boudouaou et à l'ouest l'oued El-Harrach (fig. 2) (Binnie et Atkins, 1983- Engalenc, 1970- ANRH, 1973- Bonneton, 1977). Du point de vue géologique ce bassin est constitué par un ensemble de terrains sédimentaires, métamorphiques et par endroits des roches éruptives (Glangeaud, 1932).

Dans la plaine, nous sommes en présence d'un vaste bassin hydrogéologique comportant un système aquifère complexe (Astien-Quaternaire) formant une structure synclinale dissymétrique reposant sur un substratum marneux plaisancien, par endroits miocène et crétacé. Chaque horizon présente des propriétés hydrauliques propres (Montouchet et Rivoirard, 1952- Trenous, 1961).

Les formations qui composent le remplissage de ce bassin sont très hétérogènes et ont été déposées de manière quasi-aléatoire étant donné le grand nombre d'épisodes érosifs intercalés entre les phases tectoniques.



**QUATÉNAIRE :** (1) Formation du Mazafra; (2) Formation de la Mitidja : Alluvions de graviers et d'argiles; (3) Formation d'El-Harrach : argiles et cailloutis (Villafanchien); (4) Formations éoliennes consolidées, quelques lamelles, poudingues et grès;

**PLIOCÈNE :** (5) Aulien : Calcaires gréseux, calcaires coarctés, marnes jaunes, sables;

(6) Pliocènes : Marnes et argiles bleues;

**MIOCÈNE ET ROCHES PLUS ANCIENNES :** (7) Roche sédimentaire; (8) Roche métamorphique; (9) Roches éruptives.

(10) Ligne de contact : en traits interrompus si hypothétique; (11) Ligne de coupe géologique (voir fig. 8); (12) Axe synclinal; (13) Axe d'anticlinal.

Projection MTU. Tirée : Carte hydrogéologique d'Alger (ANRH, 1973).

Figure 2. Carte géologique de la plaine de la Mitidja Orientale (Binnie et Atkins, 1983).

Geologic map of the Eastern Mitidja plain (Binnie and Atkins, 1983).

Ce travail a pour but l'étude hydrogéologique du complexe alluvionnaire en Mitidja Orientale. Un modèle numérique "A.S.M"(Aquifère-Simulation-Modèle) est appliqué aux écoulements souterrains dans le bassin de la Mitidja Orientale. Des schémas futurs de gestion intégrée des ressources en eau sont proposés.

## METHODOLOGIE

La présente étude comprend d'une part, la description du système hydrogéologique du bassin de la Mitidja Orientale et les résultats du calage en régime transitoire de la piézométrie (octobre-novembre 1991) de la nappe alluviale, ainsi que le calcul du bilan des eaux souterraines et des ressources disponibles à l'aide du modèle "ASM" par la méthode des différences finies, établi par Kinzelbach (1990), afin de réactualiser les données de terrain et d'autre part, deux scénarios d'exploitation prévisionnels en l'an 2001 de la nappe alluviale ont été illustrés:

- simulation d'une sécheresse graduelle prolongée ;
  - simulation d'une alimentation artificielle locale à partir des eaux du Barrage de Keddara situé à 45 km au Sud-Est d'Alger.
- Un schéma du modèle conceptuel de l'aquifère alluvial contient tous les paramètres nécessaires à l'obtention d'une solution. Ainsi les conditions aux limites, la recharge, la géométrie de l'aquifère quaternaire et la distribution des caractéristiques hydrodynamiques sont analysées.

## SITUATION ET CADRE GEOGRAPHIQUE

L'Algérie est située au contact du bassin méditerranéen et du Sahara, au Nord de l'Afrique, entre le Maroc et la Tunisie, avec lesquels elle forme le Maghreb.

La plaine de la Mitidja Orientale est située au Sud d'Alger s'allonge suivant une direction orientée légèrement Est-Ouest (fig. 1). Au Nord, elle est isolée de la mer par la ride du Sahel. Au Sud, elle est bordée par l'Atlas de Blida qui constitue une véritable barrière ; plus à l'Est, elle est limitée par l'oued Boudouaou et à l'Ouest par l'oued El-Harrac.

Géographiquement, le bassin versant de la Mitidja Orientale comprend trois grandes unités (fig. 1) :

- l'Atlas de Blida, qui constitue approximativement la limite sud du bassin versant,
- le Sahel, qui borde la plaine de la Mitidja au Nord. Seule la partie méridionale de cette zone de collines fait partie du bassin de la Mitidja, les précipitations qui tombent sur la partie nord s'écoulent directement vers la Méditerranée.
- la plaine de la Mitidja Orientale : vaste région affaissée, bordée par les unités précédentes. Elle est de loin la plus intéressante de part ses ressources en eaux souterraines. C'est également la région la plus développée, tant du point de vue agricole (agrumes, cultures maraîchères) qu'industriel (usines de papier, jus de fruit, pâtes alimentaires) et démographique.

La superficie totale du bassin versant de l'oued El-Harrach à Baraki est de 970 km<sup>2</sup>.

Le bassin de la Mitidja Orientale, reçoit annuellement sur 17 ans (1970-1986) une lame d'eau précipitée de 770 mm qui fractionne en évapotranspiration réelle (562 mm), en ruissellement (157 mm) et une infiltration proche de 51 mm (Benziaza, 1994). Ces estimations obtenues selon les procédures théoriques ou hydrologiques sont fort utiles pour établir le bilan hydrologique du bassin de la Mitidja Orientale avec cependant une approximation de l'ordre de 20 % qui sera affinée par la modélisation.

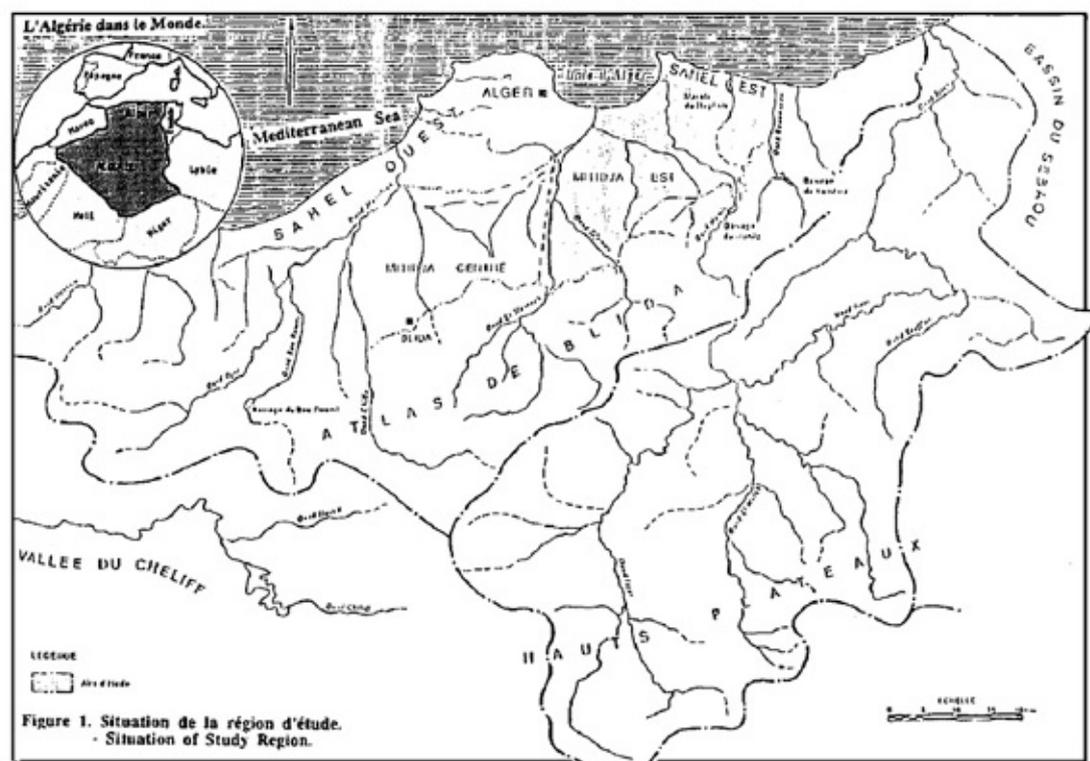


Figure 1. Situation de la région d'étude.  
- Situation of Study Region.



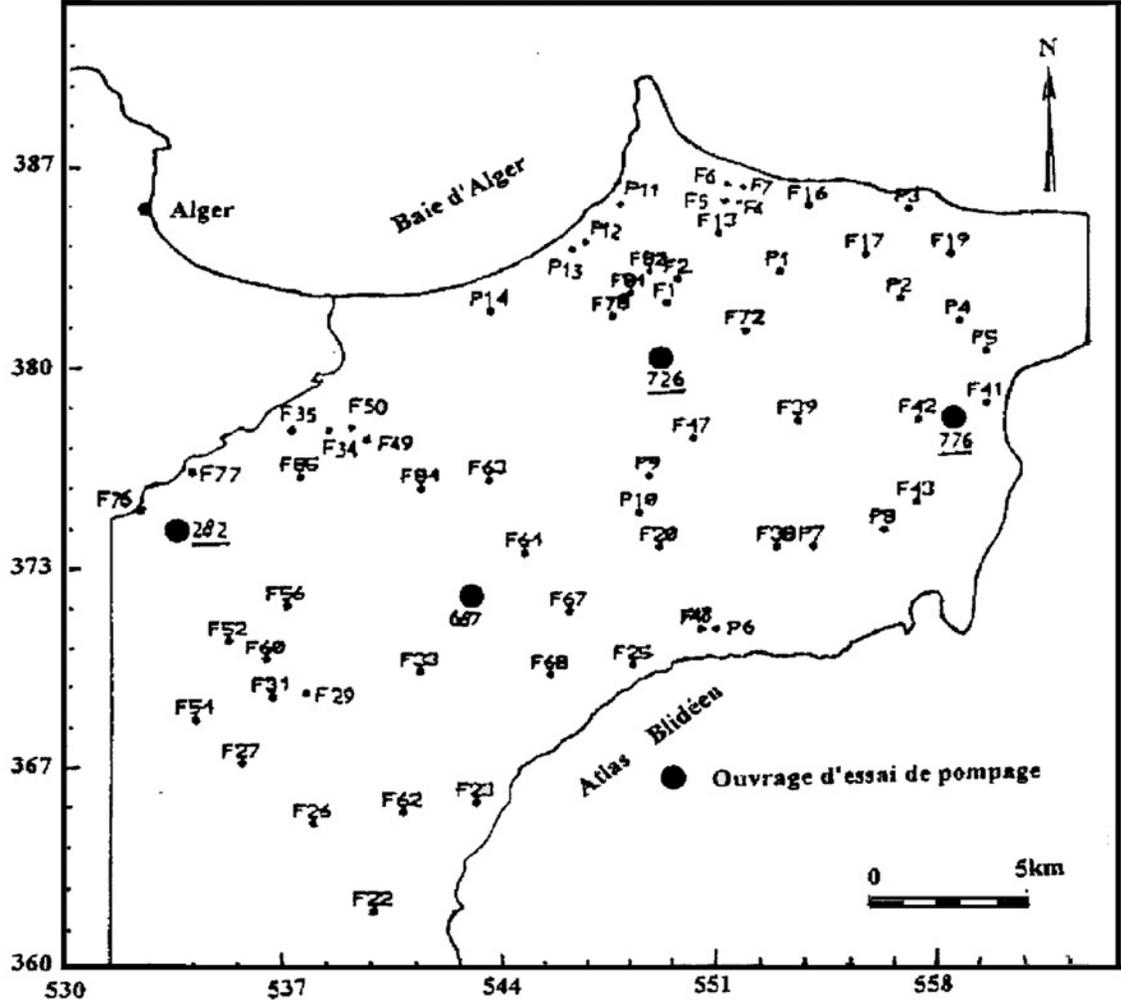


Figure 4. Inventaire des points d'eau de la Mitidja Orientale ( Octobre-Novembre 1991)  
inventory of the water points of the Eastern Mitidja (October-November 1991)

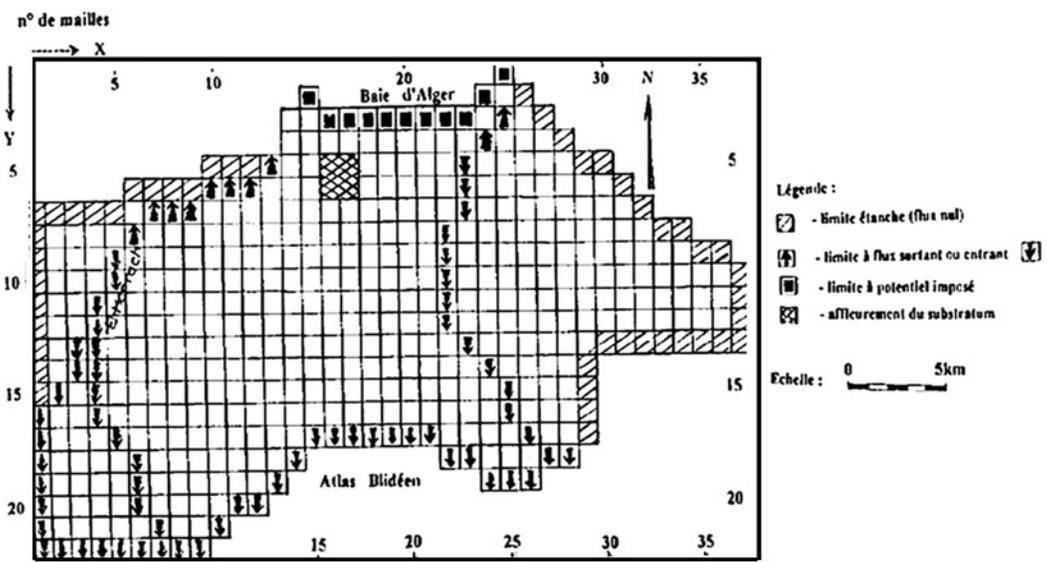


Figure 5. Maillage du modèle et limites conditionnant l'aquifère alluvial du bassin de la Mitidja Orientale  
Grid of the model and limits affecting the alluvial aquifer in the Eastern Mitidja basin

# MODELE CONCEPTUEL DES ECOULEMENTS SOUTERRAINS

La représentation du système alluvionnaire est caractérisée par un aquifère quaternaire et un aquitard. L'aquifère quaternaire comprend les alluvions grossières et l'aquitard est constitué de formations argilo-marneuses.

- La Recharge comprend :
  - l'infiltration des pluies,
  - l'infiltration par les oueds,
  - les apports souterrains provenant de l'Atlas Blidéen.
- La Décharge comprend :
  - les prélèvements dans les champs de captage,
  - le drainage par les oueds,
  - les débits sortants vers la mer.

La synthèse hydrodynamique montre l'importance des écoulements dans l'aquifère quaternaire de la Mitidja Orientale. Les échanges verticaux entre deux aquifères étant négligeables une résolution 2-D du problème suffira (Fig. 6).

## MODELISATION DES ECOULEMENTS

### Maillage et conditions aux limites du modèle

Le maillage du modèle illustré à la figure 5 se compose de 516 mailles carrées internes, dont les côtés font 1 km de longueur.

Le choix des limites et de leurs caractéristiques est très important parce qu'il influence beaucoup le comportement du système aquifère (Bear, 1972 - Ledoux, 1986 - Marsily, 1981). L'aquifère quaternaire de la Mitidja Orientale couvre une surface de 516 km<sup>2</sup>. Deux catégories de limites peuvent être introduites dans le modèle :

- limites étanches : limite est du bassin,
- limites perméables qui sont de deux types :
  - limites à débit entrant ou sortant : bordure sud (Atlas Blidéen) et infiltration à partir des deux oueds (El-Harrach et Hamiz) en zone amont de l'aquifère,
  - limites à potentiel imposé : la baie d'Alger.

### Paramètres :

- Il s'agit des paramètres suivants, précisés pour chaque maille :
- perméabilité des alluvions de la Mitidja Orientale,
  - coefficient d'emmagasinement caractérisant l'état libre des alluvions quaternaires.
  - recharge.

### - perméabilité des alluvions (K):

Un des paramètres hydrogéologiques nécessaires au modèle hydraulique est la perméabilité horizontale de l'aquifère. Ces données sont obtenues à partir des essais de pompage, sont disponibles sous forme de transmissivités. Pour le modèle, les perméabilités sont calculées en divisant les transmissivités par l'épaisseur saturée de l'aquifère. Les zones les plus favorables sont localisées à Baraki avec une transmissivité de 1,5 à 5,5.10<sup>-2</sup> m<sup>2</sup>/s et à Rouiba de 5 à 7.10<sup>-2</sup> m<sup>2</sup>/s.

### - coefficient d'emmagasinement (S) :

Nous ne disposons pas de valeurs de S global de la nappe. Vu la composition lithologique de l'aquifère quaternaire (alluvions grossières, très perméables sur la majorité de la plaine alluviale, nous avons opté la valeur de S égale à 0,1 sur l'ensemble du bassin modélisé de la Mitidja Orientale.

### - Recharge :

La recharge comprend essentiellement les paramètres suivants :

- infiltration directe d'une partie des pluies sur la plaine de la Mitidja Orientale,
- infiltration des eaux dans les tronçons en amont des oueds principaux.
- les apports souterrains provenant de l'Atlas ont été introduits pour étalonner le modèle. D'après l'analyse chimique de l'eau, on peut voir que ces apports ont effectivement lieu. Nous pensons qu'ils proviennent des roches crétaées de l'Atlas qui sont en contact avec la formation quaternaire. Les estimations d'écoulement sont basées sur l'étalonnage du modèle car il n'existe pas de données recueillies sur le terrain.

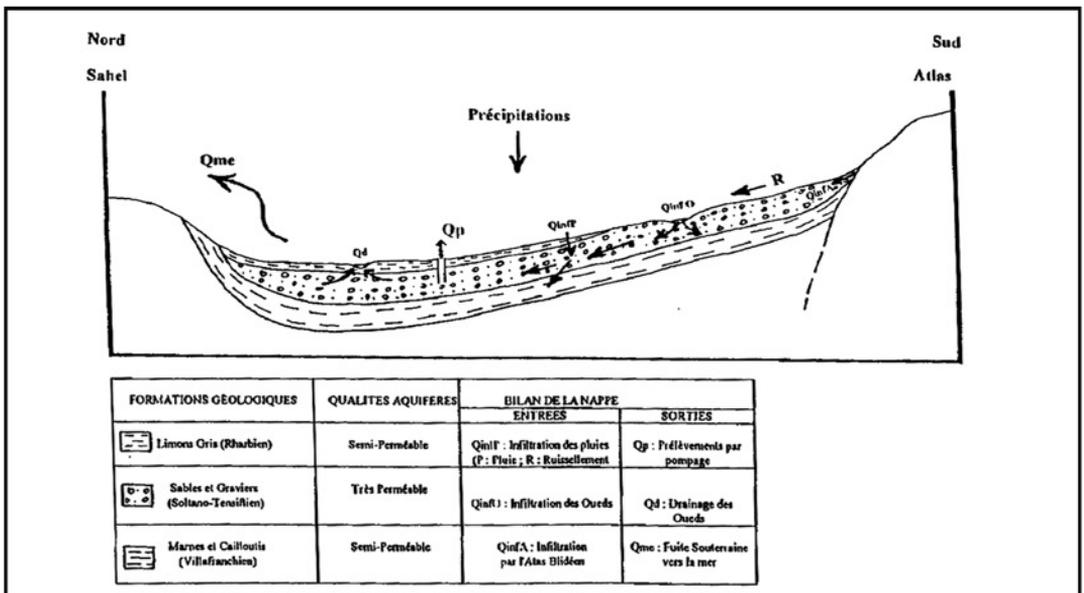


Figure 6. Modèle Conceptuel des Ecoulements dans l'Aquifère Quaternaire de la Mitidja  
Conceptual Model of the Flows to the Eastern Mitidja Quaternary Aquifer

## Calibrage en régime transitoire et bilan de la nappe

### - Calage en régime transitoire :

Du point de vue méthodologique, lors du calage de la piézométrie (octobre-novembre 1991) nous avons essayé de varier la perméabilité des alluvions ensuite on affine en jouant sur d'autres paramètres (la recharge, les apports des oueds et du massif Blidéen) pour avoir une concordance vraisemblable entre la piézométrie observée et simulée.

Le choix du pas de temps a posé plusieurs problèmes en ce qui concerne la disponibilité des données, mais il a été décidé qu'un pas de temps annuel était indispensable pour obtenir un calage fiable en régime transitoire. En définitive la superposition de la piézométrie simulée sur la piézométrie mesurée (Fig. 7a et 7b) est correcte en dehors de quelques points particuliers dont l'écart n'est pas trop important (0,2 m dans la maille 8/8 et de 1,5 m dans la maille 8/21).

Les causes des écarts entre la piézométrie simulée et mesurée peuvent être liées probablement au fait que la localisation des forages ne coïncide pas parfaitement avec le centre de la maille, à l'influence d'un pompage situé à proximité du point de mesure et aux incertitudes des relevés topographiques. Il n'est donc pas réaliste de s'attendre à ce que les deux chroniques de la piézométrie simulée et mesurée coïncident exactement (Benziada, 1994).

### - Bilan de la nappe :

Le bilan de la nappe de la Mitidja Orientale pour l'année 1990-1991 :

#### Les entrées :

- Alimentation de la nappe par les pluies et infiltration des eaux d'irrigation de 1,04 m<sup>3</sup>/s.
- Infiltration d'eau par les oueds El-Harrach et Hamiz de 0,06 m<sup>3</sup>/s.
- Un apport important par le massif blidéen de 0,322 m<sup>3</sup>/s estimé à l'aide du modèle "A.S.M".

#### Les sorties :

- Un débit sortant vers la mer de -0,012 m<sup>3</sup>/s.
- Un drainage par les cours d'eau El-Harrach et Hamiz de -0,06 m<sup>3</sup>/s.
- Les prélèvements d'eau de la nappe sont de l'ordre de 1,4 m<sup>3</sup>/s.

Un déstockage de -0,05 m<sup>3</sup>/s, négligeable montrant un aquifère à l'équilibre.

## GESTION DES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE EN REGIME TRANSITOIRE

En phase prévisionnelle en l'an 2001 deux variantes ont été simulées :

- une sécheresse graduelle,
- une alimentation artificielle.

### Simulation d'une sécheresse graduelle :(fig. 8a)

L'incidence d'une diminution de l'infiltration des précipitations a été réalisée en imposant dix ans de sécheresse graduelle continue (infiltration totale allant de 1,04 à 0,5 m<sup>3</sup>/s).

Nous avons constaté un abaissement du niveau piézométrique de 2,5 m au champ captant du Hamiz.

La recharge diminue progressivement (sécheresse graduelle) allant de 1,04 m<sup>3</sup>/s en 1989 à 0,5 m<sup>3</sup>/s en 2001. Les débits de prélèvements pour les besoins futurs augmentent de 1,3 m<sup>3</sup>/s en 1989 à 1,7 m<sup>3</sup>/s en 2001.

Les variations négatives des réserves passent de 0,03 m<sup>3</sup>/s en 1989 à 1 m<sup>3</sup>/s en 2001. Une quantité de 1 m<sup>3</sup>/s est prélevée sur la ressource. Afin de remédier au déséquilibre des ressources en eau un schéma d'exploitation plausible serait de récupérer les débits de drainage des oueds et de fuite vers la mer.

### Simulation d'une alimentation artificielle :(fig. 8b)

Aux champs captants l'abaissement piézométrique peut être palié par une alimentation artificielle. Nous suggérons que l'alimentation du système alluvionnaire soit faite à partir des eaux du Barrage de Keddara. Nous pouvons injecter 50 l/s pour chacune des mailles 31/11 et 32/8. La figure 9b nous montre une nette amélioration des niveaux piézométriques due à l'effet d'une alimentation artificielle. Nous constatons un relèvement de 5 m sur presque la majeure partie du bassin étudié et cela au bout de 10 ans de fonctionnement.

## DISCUSSION :

Il est peu probable que l'on puisse jamais disposer des valeurs de tous les paramètres qui contrôlent l'écoulement souterrain de l'eau dans un système aquifère, ce qui est notre cas. Il existe toujours une certaine incertitude due à l'absence de données (par exemple le coefficient d'emménagement S), et aussi du fait que l'extrapolation des données locales et ponctuelles à une distribution régionale sur l'ensemble du domaine d'étude ne peut être bien définie.

La recharge vers la nappe est d'origine pluviométrique. Nous avons constaté que la valeur d'infiltration  $I = 51$  mm obtenue par la méthode classique du bilan hydrique est faible après une simulation initiale. La fraction qui contribue à l'alimentation de cette nappe est de 61,5 mm et a été évaluée au cours du calage du modèle.

Lors des premiers étalonnages successifs pour le calage de la piézométrie octobre-novembre 1991, nous avons changé S égal à 0,05 sur la bordure Sud pour voir l'influence de ce paramètre. Le calage de la piézométrie dans cette zone n'était pas satisfaisant. Pour cela nous avons laissé la valeur de  $S = 0,1$  constante sur l'ensemble de la plaine et nous avons essayé de jouer sur d'autres paramètres hydrogéologiques (la perméabilité, la recharge, les apports des oueds et du massif Blidéen).

Après plusieurs simulations, nous avons obtenu un état piézométrique calculé, que nous avons considéré comme satisfaisant par le calage du modèle en transitoire.

Sur la base du calage de la piézométrie d'octobre-novembre 1991, il nous a été également possible d'aborder la phase prévisionnelle en l'an 2001 qui constitue le principal intérêt de la méthode. Au seul point de contrôle (champ captant du Hamiz), les résultats sont satisfaisants. Dans les conditions climatiques moyennes la réalimentation globale de la nappe est déjà inférieure aux débits quittant la nappe. Un déséquilibre de 0,05 m<sup>3</sup>/s d'eau est mentionnée.

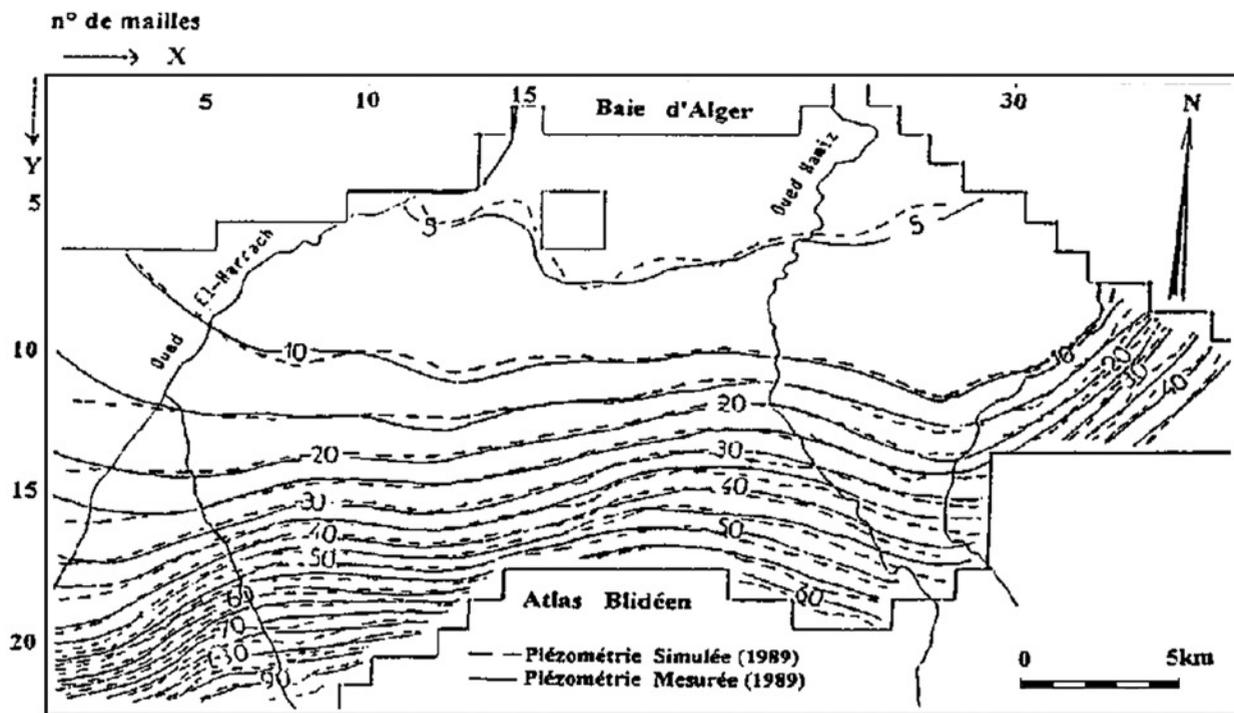


Figure 7a: Piézométrie simulée et Piézométrie mesurée en Juin-Juillet 1989.  
Piezometry simulated and piezometry measured in June-July 1989.

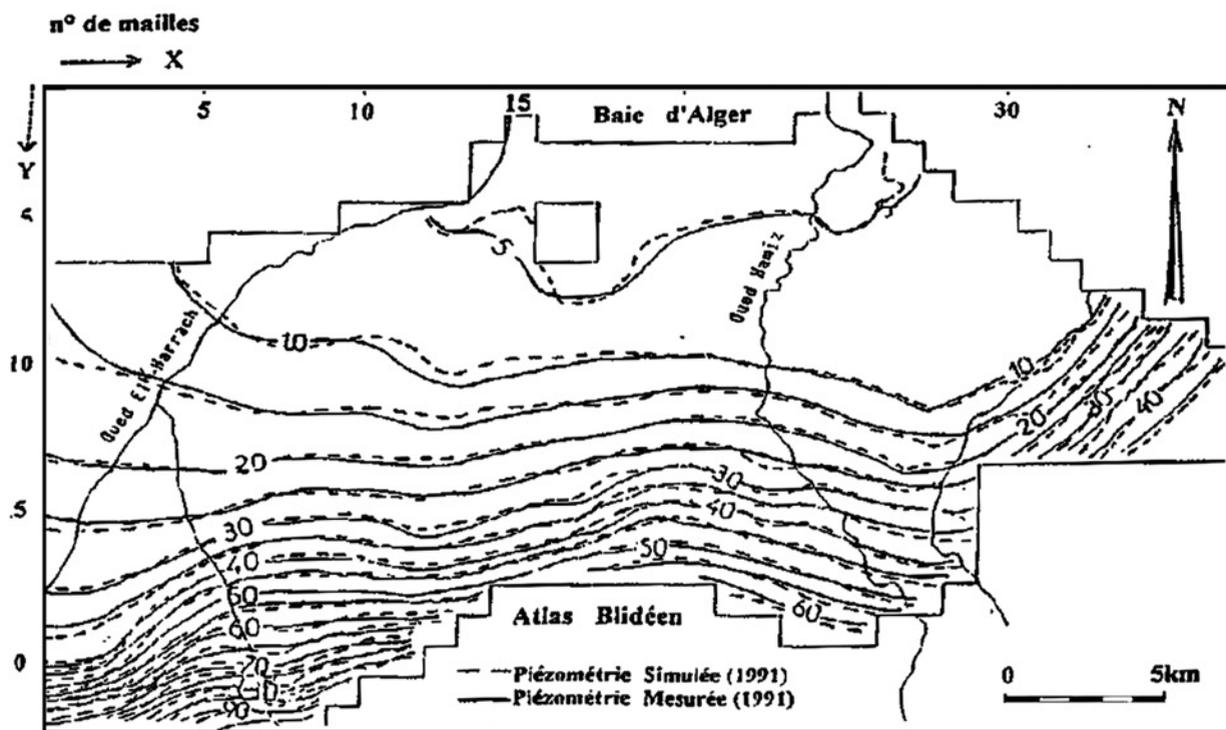


Figure 7b. Piézométrie simulée et piézométrie mesurée en Octobre-Novembre 1991.  
Piezometry simulated and piezometry measured in October-November

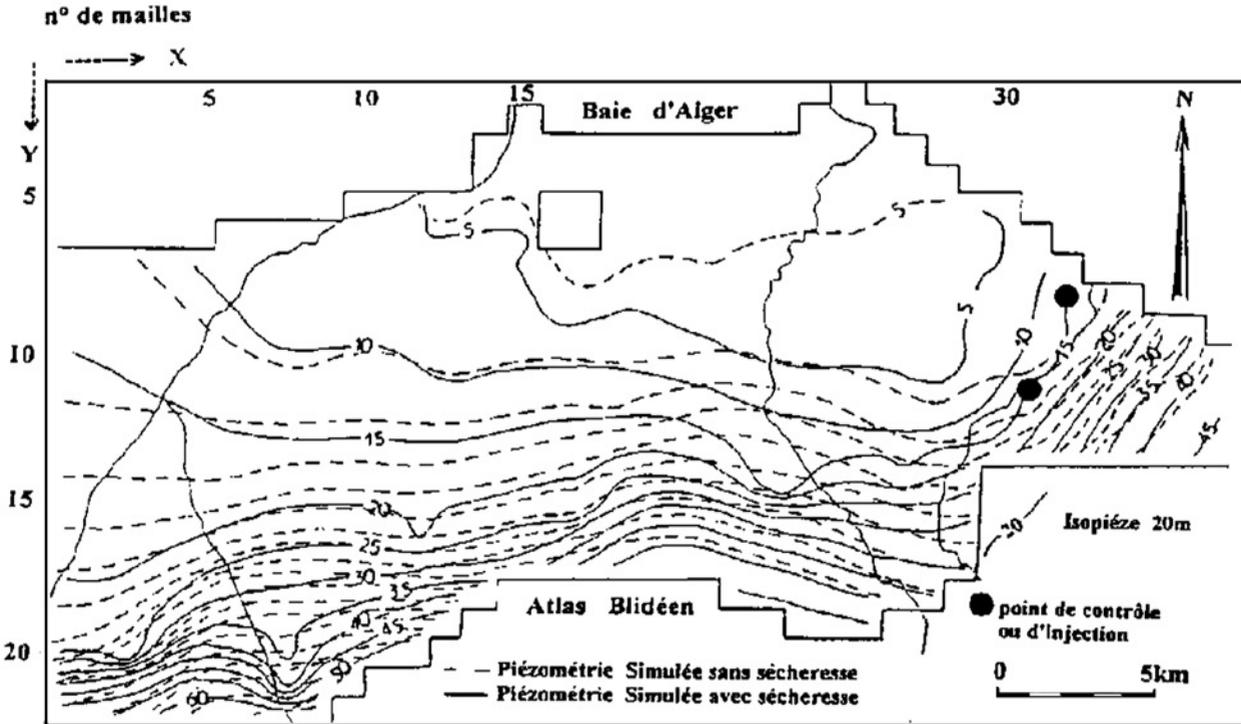


Figure 8a. Piézométrie simulée sans sécheresse (1989) et avec sécheresse.  
 Piezometry simulated without drought (1989) and with drought.

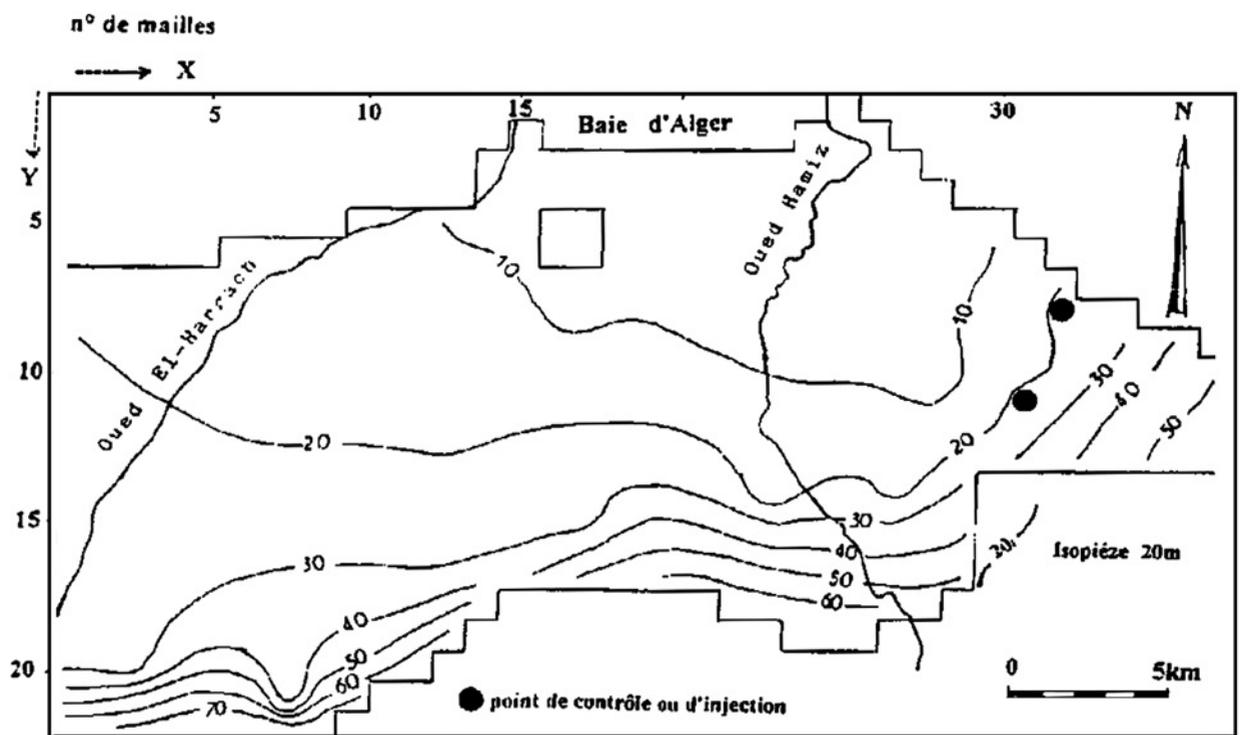


Figure 8b. Simulation d'une alimentation artificielle après 10ans de fonctionnement.  
 Simulation of groundwater recharge after ten years of operation.

## CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Le complexe alluvionnaire de la Mitidja Orientale est constitué de deux aquifères (Astien et Quaternaire) séparés par la formation d'El-Harrach (Villafranchien), à l'extrémité orientale de la Mitidja (Rouiba-Réghaïa), les deux aquifères peuvent être en communication directe. La géométrie de ces derniers a été illustrée. Une carte piézométrique de l'aquifère quaternaire a été réalisée servant de base à une modélisation en vue d'une gestion des ressources en eau en régime transitoire sur un cycle annuel. Le modèle "ASM" simule d'une manière satisfaisante et acceptable le comportement du système aquifère alluvial de la Mitidja Orientale. Bien que le bilan discuté précédemment montre qu'une augmentation générale des prélèvements ne soit pas souhaitable, une certaine marge permettra néanmoins la ré-affectation des ressources à l'avenir. L'une des possibilités serait de réduire la quantité d'eau d'irrigation provenant des eaux souterraines et de la remplacer par un apport d'eau superficielle. La simulation a permis de fixer le bilan de l'aquifère alluvial. Un déstockage de 0,05 m<sup>3</sup>/s (négligeable) dans la nappe a été signalé.

L'effet d'une sécheresse prolongée graduelle a montré une diminution appréciable du niveau piézométrique de 2,5 m dans la maille 23/9 (champ de captage du Hamiz).

L'insuffisance des ressources peut être atténuée par une alimentation artificielle de la nappe éventuellement en utilisant les eaux du Barrage de Keddara.

Certaines données (perméabilité, coefficient d'emmagasinement et épaisseur) relatives à la nappe pourront être validées grâce aux méthodes d'estimation apportées par les outils de la géostatistique linéaire.

Au terme de ce travail les perspectives envisageables sont les suivantes :

- Un plus grand nombre d'essais de pompage est souhaitable afin d'obtenir de nouvelles valeurs des caractéristiques hydrodynamiques (T, K, S). Ceci s'applique plus particulièrement à l'Astien dont les paramètres hydrauliques sont pratiquement inconnus.

- L'industrialisation et l'urbanisation, jointes à l'intensification des activités agricoles, ont abouti d'une part à l'augmentation de la demande en eau et d'autre part à la pollution massive des cours d'eau, des eaux côtières et des eaux souterraines. De ce fait une station d'épuration à Réghaïa est en cours de construction, pour que les eaux usées soient traitées et utilisées pour l'irrigation.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES:

- \* ANRH (1973) Carte hydrogéologique de la région d'Alger au 1/200.000.
- \* Bear J. (1972) Dynamics of fluids in Porous Media. Elsevier, Amsterdam, 764 p.
- \* Benziada M. (1994) Etude hydrogéologique et hydrologique de la plaine de la Mitidja-Est (Application du modèle mathématique "ASM" au bassin côtier algérois, Algérie. Thèse de Doctorat-Université Franche-Comté, 235p.
- \* Binnie et Atkins (1983) Schéma d'aménagement des ressources en eau dans la région d'Alger-Sebaou. Missions B et F, 124p.
- \* Bonneton J-R. (1977) Géologie de la zone de contact entre Mitidja et Atlas de Blida au sud d'Alger. Thèse 3ème cycle - Université Pierre et Marie-Curie Paris VI.
- \* Engalec M. (1970) Etude hydrogéologique quantitative de la plaine de la Mitidja. Notice explicative des points d'eau et de l'enquête sur les débits extraits. Zone El Harrach-Hamiz ANRH, Alger. Rapport GEOH 003 A bis, 120 p.
- \* Géohydraulique (1968-1972) Etude hydrogéologique quantitative de la plaine de la Mitidja. Rapports n° 1 à 5. ANRH, Alger, 150 p.
- \* Glangeaud L. (1932) Etude géologique de la région littorale de la province d'Alger. Thèse Paris et Bull. Serv. Carte Géol., 2ème sér. n° 8, Alger, 608p.
- \* Kinzelbach W. (1986) Groundwater modelling. An Introduction with sample programs in basic. Elsevier Ed, 333 p.
- \* Kinzelbach W. (1990) Notice d'utilisation du programme "A.S. M", version 2.0, Stuttgart, 53 p.
- \* Lebe, L. and Al. (1995) Results of an artificial recharge test and a double pumping test as preliminary studies in Hydrogeology Journal, v.3, n°3.
- \* Ledoux E. (1986) Modèles mathématiques en hydrogéologie. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris. LHM/RD/86/12.
- \* Marsily G de (1981) Quantitative Hydrogeology. Groundwater Hydrology for Engineers. Academic Press, Hecourt Brace Jovanovitch, Publishers San Diego, New York, Berkeley, Boston, London, Sydney, Tokyo, Toronto 439 p.
- \* Montouchet M. (1952) L'assainissement de la Mitidja. XIX Congrès Géol. Intern. Alger, 22p.
- \* Rivoirard R. (1952) Aperçu sur l'hydrogéologie algérienne. XIX Congrès géologique. Intern. Alger, 12 p.
- \* Trenous J.Y. (1961) Contribution à l'étude hydrogéologique de la plaine de la Mitidja. Thèse 3ème cycle, Fac. Sc. Paris, 155p.