

**VARIABILITE CLIMATIQUE ET IMPACTS ANTHROPIQUES
SUR LA NAPPE ALLUVIALE
DE LA MITIDJA ORIENTALE (BAIE D'ALGER)**

**CLIMATIC VARIABILITY AND ANTHROPIC IMPACTS ON THE
ALLUVIAL GROUNDWATER
OF THE MITIDJA EAST (BAY OF ALGIERS)**

Fatiha NEZZAL. *Faculté des sciences de la terre de la géographie et de l'aménagement du territoire. USTH-Bab Ezzouar. BP 32. El Alia. 16111. Bab Ezzouar. Alger. fnezzal@yahoo.fr*

Zina IFTINI-BELAID. *Faculté des sciences de la terre de la géographie et de l'aménagement du territoire. USTH-Bab Ezzouar. BP 32. El Alia. 16111. Bab Ezzouar. Alger. iftini@hotmail.com*

RESUME : Située dans la région centre de l'Algérie, la Mitidja orientale a connu trois périodes de sécheresse, la période 1974-2002 est la plus longue et la plus intense. Des années de ruptures sont décelées en 1972, 1975 et 1986, avec un déficit pluviométrique estimé à 16% et 19,8%. D'importants débits ont été prélevés, pour satisfaire les besoins en eaux des différents secteurs, domestique, agricole et industriel. La combinaison de ces deux facteurs naturel et anthropique a eu un impact sur la nappe d'eau souterraine, qui a enregistré une baisse maximale du niveau de 60 m en 2002. Un déséquilibre dans le bilan recharge- prélèvement s'est établi dans la nappe d'eau souterraine.

Mots clés : nappe alluviale, pluviométrie, prélèvements, piézométrie, Mitidja-Est.

ABSTRACT: Located in the centre of the Algeria, Eastern Mitidja has experienced three periods of drought; the period 1974-2002 is the longest and most intense. Years of ruptures were detected in 1972, 1975 and 1986, with an estimated 16% and 19.8% rainfall deficit. Important flows were collected, to satisfy different sectors, domestic, agricultural and industrial needs. The combination of these two natural and anthropic factors had an impact on the groundwater, which had recorded a maximum decrease of the level of 60 m in 2002. An imbalance between recharge and withdrawn volume is established in the groundwater table.

Keywords: alluvial groundwater, rainfall, withdrawal, piezometry, Mitidja East

INTRODUCTION

La sécheresse prolongée dans la Mitidja orientale durant trois décennies (1974-2002), a engendré une baisse alarmante du niveau piézométrique de la nappe alluviale, principalement alimentée par l'infiltration des précipitations. Ce rabattement est aussi accentué par la surexploitation de la nappe, provoquée par une consommation élevée des différents secteurs.

Des études, menées par différents chercheurs dans la région Nord-Ouest de l'Algérie, ont toutes confirmé l'apparition d'une phase longue de sécheresse, à partir du milieu des années 1970 (Meddi et Meddi, 2007) et son impact sur les ressources en eau souterraines et sur les écoulements dans les cours d'eau (Bekkoussa et al., 2008 et Ghenim et al., 2010).

La variabilité pluviométrique et les impacts des prélèvements anthropiques sur la variation du niveau piézométrique de la nappe d'eau souterraine, au cours de ces dernières années, constituent l'objet de cette étude. L'analyse est menée dans la région centrale de l'Algérie plus précisément dans la partie orientale de la plaine de la Mitidja, où il est enregistré la présence de nouvelles agglomérations et une population qui a doublé en 20 ans (1987-2007).

MATERIELS ET METHODES

Région d'étude

Le réservoir d'eau souterraine de la plaine de la Mitidja est formé essentiellement d'un mélange de matériaux alluviaux, de sables, de grès et de graviers, datant du quaternaire ancien (soltano-tensiftien). La limite inférieure est formée de marnes jaunes d'El Harrach, sauf à l'Est (poche de Rouïba) où la nappe est en contact direct avec un autre aquifère captif, formé de grès, de sables et de calcaires de l'astien. Le substratum est formé par des marnes du plaisancien.

L'épaisseur de cette nappe libre varie de 100 à 200 m au centre du bassin. Ces caractéristiques hydrodynamiques sont représentées par une transmissivité qui varie de 0,8 à $2,1.10^{-2}$ m²/s et un coefficient d'emmagasinement de 15%. L'alimentation de cet aquifère se fait principalement à partir des précipitations, mais aussi par les infiltrations venant des lits et berges des oueds El Harrach, Hamiz et Réghaïa, de l'écoulement vertical en provenance de l'aquifère grésien de l'Astien, de l'écoulement souterrain de l'Atlas et de la réinfiltration partielle de l'excédant des eaux d'irrigation. Les exutoires et les pertes de cette nappe sont représentés par les prélèvements dans les puits et forages réalisés dans la plaine pour satisfaire les différents besoins (AEP, industrie et

agriculture), les écoulements vers les oueds en aval et vers la mer et les fuites souterraines par drainance vers l'aquifère astien.

METHODES

Cette étude a nécessité les données des précipitations et des niveaux piézométriques de la nappe, obtenues auprès de l'agence nationale des ressources hydrauliques (A.N.R.H.).

La méthode du cumul de l'écart proportionnel à la moyenne est appliquée à la longue série pluviométrique de la station Hamiz (1905-2010), située à 130 m d'altitude. Cette méthode a l'avantage de dégager les grandes tendances en supprimant les faibles fluctuations. Quand la somme des indices croît, il s'agit d'une tendance humide, quand elle décroît la tendance est sèche.

L'indice normalisé des précipitations (SPI), estimé pour les séries pluviométriques des stations Hamiz et Dar El Beida (1950-2010), permet de bien distinguer les périodes de déficits et d'excédents pluviométriques.

Les ruptures indiquant une modification du régime pluviométrique dans les deux séries Hamiz et Dar El Beida, sont décelées par les méthodes d'homogénéisation (Beaulieu et al., 2007), le test de Pettitt (Pettitt, 1979), la statistique de Buishand (Buishand, 1984), la procédure bayésienne de Lee et Heghinian (Lee et Heghinian, 1977) et la procédure de segmentation de Hubert (Hubert et al., 1989).

L'analyse de l'évolution interannuelle du niveau de la nappe est basée, d'une part sur les mesures de deux piézomètres, Pz1 et Pz2 (1995-2011) à proximité du champ de captage Hamiz alimentant la région, et d'autre part sur les niveaux statiques (par rapport au sol) de quatre forages repartis dans la zone d'étude, durant la période des hautes et des basses eaux (1991- 2011).

RESULTATS ET DISCUSSION

Variation interannuelle des précipitations

Cumuls des écarts à la moyenne

L'analyse de la courbe des cumuls des écarts proportionnels à la moyenne des précipitations (Ipmc) (fig.1) de la station de Hamiz (série de 105 ans), montre trois périodes de durées différentes. La première période s'étend de 1914 à 1928, la deuxième de 1928 à 1950 et la troisième, la plus longue, de 1950 à 2002. On distingue trois périodes de sécheresse, 1922-1928, 1939-1950 et 1974-2002, correspondant aux courbes décroissantes (zone II sur la figure).

La dernière période de sécheresse 1974-2002, semble la plus intense et la plus longue des trois. Elle est confirmée par la pente, estimée à -0,15,

de la droite de régression pour cette période, cette valeur négative indiquant une tendance à la baisse, correspondant au double de la valeur de la pente de la droite, égale à $+0,08$, pour la période humide 1950-1974. On note une baisse pluviométrique de 17,2% par rapport à la moyenne annuelle des précipitations calculée pour les 3 périodes de 1914 à 2002.

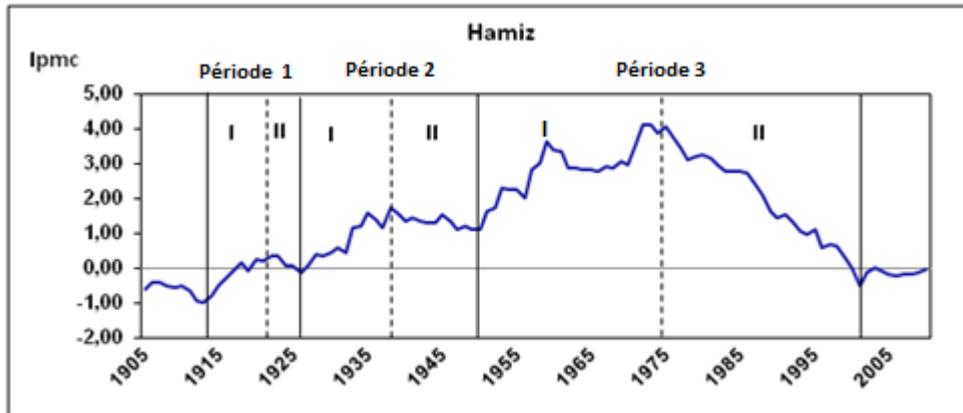


Fig.1. Cumuls des écarts à la moyenne de la série pluviométrique de la station Hamiz

Variation de l'indice pluviométrique normalisé

L'évolution de l'indice pluviométrique normalisé (SPI) (fig.2) pour les stations Hamiz et dar El Beida, montre une période humide de 1950 à 1973, représentée par des indices positifs (+ 2,6) et par un nombre élevé d'événement pluvieux. Cette période est suivie d'une période de sécheresse modérée entre 1974 et 1985, les taux pluviométriques ne sont pas élevés et les indices sont répartis de façon équilibrée de part et d'autre du zéro de l'axe des abscisses. La période déficitaire s'étend de 1986 à 2002, elle est représentée par un nombre important d'événements secs avec des valeurs négatives basses (-2,5), indiquant une sécheresse forte à extrême. Le déficit pluviométrique est estimé à 22 et 29% par rapport à la période 1950-2010. A partir de 2003 et jusqu'à 2010, les excédents sont représentés par des indices positifs faibles (0,1 à 1,4). Le nombre des événements pluvieux est important, mais de faible intensité. Cette période peut être considérée comme le début d'une période « normale ». Des périodes similaires ont été observées dans l'ensemble de la région occidentale de l'Algérie, la période déficitaire débute en 1973, se poursuit en 1981 et se prolonge jusqu'à 2004 (Bekoussa et al., 2008).

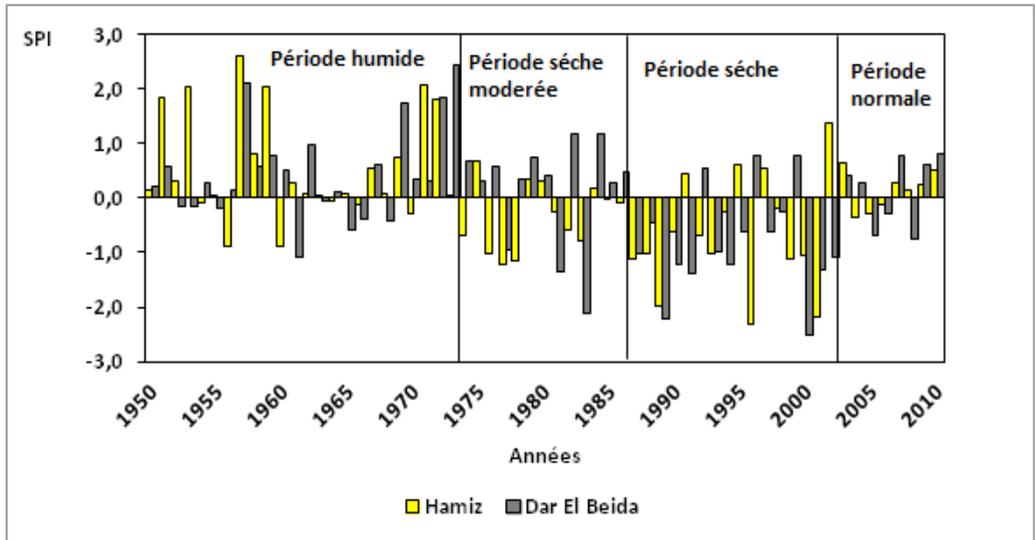


Fig.2. Variation interannuelle des indices pluviométriques normalisés (1950-2010).

Détection des ruptures dans les séries pluviométriques

L'analyse statistique des séries pluviométriques, par les tests de rupture utilisés (Pettitt, Buishand et Lee et Highinian) confirme l'analyse graphique subjective. Le changement dans la moyenne correspond à des dates de ruptures différentes, 1972-1975 (Hamiz) et 1986 (Dar el Beida). Les différences entre les moyennes, avant et après les ruptures, indiquent une diminution des précipitations de 16% pour la station Hamiz et 19,5% pour Dar el Beida. Ces ruptures sont significatives (probabilité associée à la statistique des tests de Pettit et Buishand, est inférieure à 5%,), ce qui indique un changement assez important sur la moyenne dans ces deux séries. La procédure de segmentation d'Hubert indique une rupture en 1975, représentant une modification du régime pluviométrique, avec un déficit de 19,8% pour la série de Hamiz.

Ces résultats concordent avec ceux obtenus par SOGREAH (2009) dans le centre de l'Algérois où les déficits varient de 15 à 25 %, avant et au milieu des années 1970. En Afrique de l'Ouest et centrale, la sécheresse se situe en général après 1970 (Mahé et al., 1995, Paturel et al., 1998, Servat et al., 1999, Soro et al., 2011) et elle débute dans les pays du Sahel à la fin des années soixante et début des années soixante-dix (L'Hôte et al., 2002, Niel et al., 2005, Ali, 2009).

Variation du niveau piézométrique

L'analyse de l'évolution du niveau statique dans les quatre forages d'eau (fig.3), montre une baisse générale importante, en période des hautes eaux, à partir d'avril 2000 jusqu'en mai 2002. Cette baisse se poursuit jusqu'à octobre 2002, période des basses eaux, où elle atteint 59,5 m dans le forage 997. Eucalyptus. A partir de 2002, on remarque une remontée du niveau, suivi d'une stabilisation avec de légères fluctuations jusqu'en 2011. Cette hausse moyenne est due à une recharge liée aux précipitations, confirmée par les indices pluviométriques positifs, mais elle n'a pas atteint le niveau piézométrique de l'année 1991. Les fluctuations du niveau piézométrique dans des formations ayant de bonnes caractéristiques hydrodynamiques suggèrent une relation avec l'infiltration des précipitations vers la nappe. Des simulations réalisées par l'ANRH et SOGREAH (2009), ont mis en évidence l'important impact du déficit pluviométrique sur la baisse du niveau de la nappe, en maintenant les mêmes taux de prélèvement.

Au niveau des piézomètres Pz1 et Pz2, situés à proximité du champ de captage Hamiz, on observe une tendance importante à la baisse du niveau piézométrique jusqu'en 2009 (fig.4). Le niveau est au-dessous du niveau de la mer, il diminue de 12 m en 7 ans (entre 1995 et 2002) et il atteint -15 m en 2008, en période de basses eaux. Ces rabattements sont fortement influencés par les déficits pluviométriques répétés depuis 1973 jusqu'à 2002, et aussi par l'intensification des prélèvements, au niveau de nombreux champs de captage (Haouch Bel Abbes, 3 Caves, Haouch Flit, Hamiz, Bouréah et Baraki) et des puits et forages, implantés sur toute la partie orientale de la plaine de la Mitidja.

Le volume total prélevé dans toute la nappe a été évalué à 331 Hm³/an par Belaid et al (2002). Le taux des prélèvements anthropiques, destinés aux différents secteurs, est très élevé. Il est estimé à 92,7 % du volume total. Les exhaures naturelles, représentées par les écoulements vers la mer et vers les oueds, restent faibles. Ils ne représentent que 7,3 % du volume total. Les apports sont inférieurs aux débits extraits, ils sont évalués à 307 Hm³/an, la recharge par les précipitations est élevée, elle est estimée à 47,5 %, à 23,8 % pour les oueds et à 28,7 % pour l'Atlas. La nappe présente un déséquilibre car les prélèvements sont supérieurs aux apports.

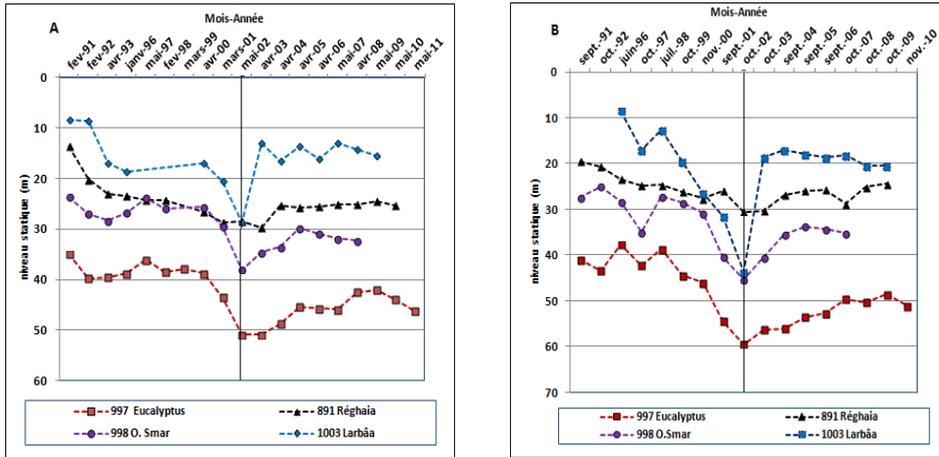


Fig. 3. Evolution du niveau statique, périodes des hautes eaux (A) et des basses eaux (B) (1991-2011)

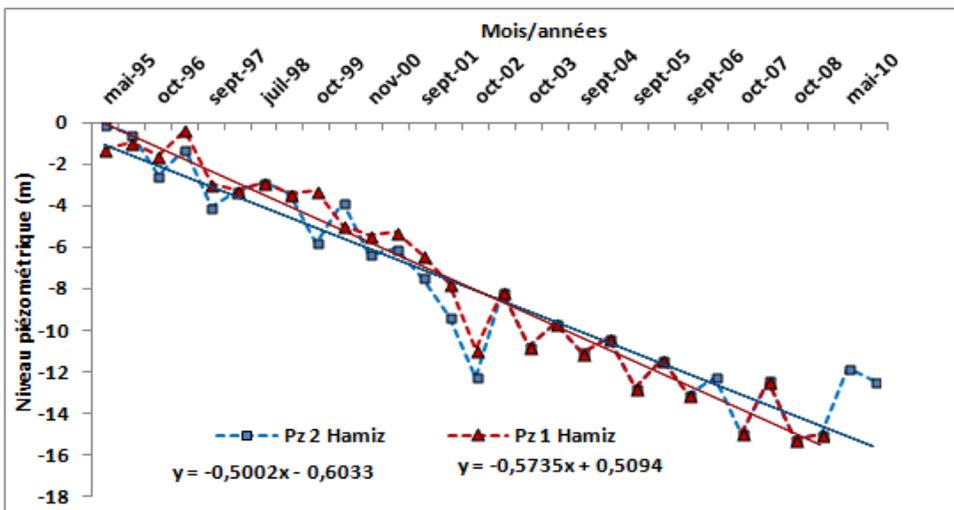


Fig.4. Evolution du niveau piézométrique dans Pz1 et Pz2 Hamiz (1995 et 2011)

CONCLUSION

Cette étude menée en Algérie centrale et plus précisément dans la Mitidja orientale, illustre l'impact de la variabilité pluviométrique, conjuguée aux facteurs anthropiques, sur la nappe alluviale. Les variations pluviométriques interannuelles ont montré une période humide de 1950 à 1974, suivie d'une période normale jusqu'en 1986 et une période sèche à très sèche jusqu'en 2002. Ces périodes sont confirmées par les tests

d'homogénéisation. Les dates de ruptures obtenues en 1972-1975 (Hamiz) et 1986 (Dar el Beida) avec un déficit pluviométrique qui varie de 16 à 19,8 %, indiquent un changement du régime pluviométrique. Une diminution importante du niveau statique apparaît dans les quatre forages pour atteindre un niveau très bas en 2002. La variation du niveau piézométrique est de 1,7 m par an (1995-2002). Cette baisse coïncide avec les années pluviométriques déficitaires répétées entre 1974 et 2002 et avec des prélèvements importants. Un déséquilibre est provoqué dans le bilan prélèvement / recharge de la nappe alluviale.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ali A., 2009. *La variabilité et les changements climatiques au sahel*. Bulletin Centre Régional AGRHYMET, n° spécial, 17-20.
- Beaulieu C, Taha B. M. J. O & Seidou O., 2007. *Synthèse des techniques d'homogénéisation des séries climatiques et analyse d'applicabilité aux séries de précipitations*. Journal des Sciences Hydrologiques, 52(1), 18-37.
- Bekkoussa B, Meddi M & Jourde H., 2008. *Forçage climatique et anthropique sur la ressource en eau souterraine d'une région semi-aride: cas de la plaine de Ghriss (Nord-Ouest algérien)*. Rev. Sécheresse 19 (3), 173-84.
- Belaidi M & Rbehaoui H., 2004. *Annuaire hydrogéologique de la nappe de la Mitidja*. Document interne. ANRH. Alger
- Buishand T. A., 1984. *Tests for detecting a shift in the mean of hydrological time series*. J. Hydrol. 73, 51-69.
- Ghenim A. N, Megnoui.A., Seddini A & Terfous A., 2010. *Fluctuations hydropluviométriques du bassin-versant de l'oued Tafna a` Beni Bahdel (Nord-Ouest algérien)*. Rev. Sécheresse; 21 (2), 115-120
- Hubert P., Carbonnel J. P & Chaouche A., (1989) : *Segmentation des séries hydrométriques. Application à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'ouest*. J. Hydrol. 110, 349-367.
- Lee A.F.S & Heghinian S.M., 1977. *A shift of the mean level in a sequence of independent normal random variables: a Bayesian approach*. Technometrics 19, 503-506
- L'Hôte Y, Mahé G, Somé B & Triboulet J.P., 2002. *Analysis of a Sahelian annual rainfall index from 1896 to 2000; the drought continues*. Hydrol. Sci. J. 47(4), 563-572.
- Mahé G & Olivry J-C., 1995. *Variations des précipitations et des écoulements en Afrique de l'Ouest et centrale de 1951 à 1989*. Sécheresse.vol.6, n°1, 109-117.

- Meddi. H & Meddi M., 2007. *Variabilité spatiale et temporelle des précipitations du nord-ouest de l'Algérie*. Rev Geographia Technica, 2, 49-55.
- Niel H, Leduc C & Dieulin C, 2005. *Caractérisation de la variabilité spatiale et temporelle des précipitations annuelles sur le bassin du Lac Tchad au cours du 20ème siècle*. Hydrol Sci. J. 50(2), 223-243.
- Paturel J.E, Servat E, Lubès H & Delattre M O., 1998. *Analyse de séries pluviométriques de longue durée en Afrique de l'Ouest et Centrale non sahélienne dans un contexte de variabilité climatique*. Hydrol. Sci. J. 43(6), 937-946
- Pettitt A.N., 1979. *A non-parametric approach to the change-point problem*. Appl. Statist. 28, 126–135.
- Servat E, Paturel J.E, Lubes-Niel H, Kouame B., Masson J.M, Travaglio M & Marieu B., 1999. *De différents aspects de la variabilité de la pluviométrie en Afrique de l'ouest et centrale non sahélienne*, Revue des sciences de l'eau, vol.12, n°2, 363-387.
- SOGREAH et ANRH., 2009. *Impact des changements climatiques sur les ressources en eau*. Note de synthèse.
- Soro T.D, Soro N, Oga M.S, LASM T, SORO G, AHOUSSE K & BIEMI. J., 2011. *La variabilité climatique et impact sur les ressources en eau dans le degré carré de Grand-Lahou (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire)*. Rev. Physio-Géo, Vol 5, 55-73

&&&&&