

## **Fluctuations à long terme de la nappe phréatique du Continental Terminal près de Niamey (Niger) entre 1956 et 1997**

**GUILLAUME FAVREAU\***

*LHGI, Université de Paris-sud, F-91405 ORSAY Cedex, France*

e-mail: favreau@geol.u-psud.fr

**CHRISTIAN LEDUC**

*ORSTOM/UMR GBE, BP 5045, F-34032 Montpellier Cedex 1, France*

**Résumé** Les investigations hydrogéologiques menées depuis 1991 sur un secteur d'environ 8000 km<sup>2</sup> près de Niamey (sud-ouest du Niger) montrent sur la totalité des puits et forages suivis une hausse continue de la nappe phréatique du Continental Terminal, variable selon les lieux de quelques centimètres à plus de 40 cm an<sup>-1</sup>. Cette hausse généralisée de la nappe phréatique se retrouve également en analysant des documents plus anciens, permettant de remonter jusqu'en 1956. Une partie des sites présente une hausse piézométrique continue depuis 40 ans; d'autres auraient connu une baisse temporaire suite aux années de sécheresse du début des années 1970. Ce gonflement des réserves souterraines est interprété comme étant majoritairement la conséquence des dégradations anthropiques sur le couvert végétal.

### **CADRE HYDROGEOLOGIQUE ET PROCESSUS DE LA RECHARGE**

Le secteur considéré (la rive gauche du fleuve Niger sur le "degré carré" de Niamey, entre 13° et 14°N, 2° et 3°E) correspond à la série sédimentaire du Continental Terminal, d'âge tertiaire. D'un point de vue hydrogéologique, le Continental Terminal est un système multicouche complexe avec plusieurs nappes captives fossiles et une nappe phréatique à recharge actuelle. Vers l'ouest du degré carré, le Continental Terminal se biseaute et disparaît. Le fleuve Niger, qui entaille le socle précambrien, constitue une limite hydrogéologique nette et la nappe phréatique s'y déverse par des sources. En limite orientale, le dallol Bosso est une large vallée fossile orientée nord-sud où la nappe est subaffleurante. Les autres bords du degré carré n'ont pas de signification hydrogéologique. L'aquifère de la nappe phréatique est constitué principalement de sables fins et de silts, passant progressivement en profondeur à des argiles imperméables. Les gradients hydrauliques sont faibles, de l'ordre de 0.5‰, et à l'échelle de la région étudiée il n'y a pas de direction d'écoulement privilégiée.

Le paysage hydrologique est constitué par une multitude de petits bassins versants endoréiques, de l'ordre du km<sup>2</sup>. Pendant la saison des pluies, le ruissellement consécutif aux intenses précipitations se concentre dans les bas-fonds

\* Also at: ORSTOM/Laboratoire d'hydrologie, BP 5045, F-34032 Montpellier Cedex 1, France.

où se trouve généralement une mare temporaire, toujours en position perchée par rapport à la nappe. La vidange rapide des mares par infiltration représente l'essentiel de la recharge de la nappe phréatique.

## **DONNEES PIEZOMETRIQUES**

### **Les chroniques de l'ORSTOM et de la Direction des Ressources en Eau du Niger (DRE)**

L'étude de la nappe phréatique du Continental Terminal par l'ORSTOM a débuté lors de l'expérience Hapex-Sahel pour estimer la part de l'infiltration profonde sur le degré carré de Niamey. Les mesures piézométriques, initiées en 1991 sur un réseau d'environ 250 puits et forages, se sont poursuivies jusqu'à aujourd'hui. En 1997 on dispose d'une série de chroniques piézométriques de 6 années consécutives, qui représentent plus de 6000 mesures réparties sur près de 8000 km<sup>2</sup>.

Par ailleurs, dans un but de surveillance de la ressource en eau, une trentaine de puits et forages à l'est de Niamey ont été suivis par la DRE du Ministère de l'Hydraulique et de l'Environnement (Schroeter, 1993). Les mesures piézométriques ont débuté en mai 1987 avec une fréquence approximativement mensuelle et se sont achevées en décembre 1996. Au total, on dispose de chroniques d'environ 80 mesures chacune, réparties sur 1500 km<sup>2</sup>. Comme celles de l'ORSTOM, les mesures sont généralement des niveaux dynamiques.

### **Données piézométriques anciennes**

Les plus anciennes mesures retrouvées figurent dans un rapport de Greigert (1957). Dans les années suivantes, plusieurs études sur le sud-ouest nigérien contiennent de nombreux niveaux piézométriques (Plote, 1961; Tirat, 1964; Boeckh, 1965). Les études postérieures sont rares, et les seules données publiées au cours des années 1970 sont celles d'un rapport technique (CONSIND, 1973). Au début des années 1980, les mesures effectuées par l'Office des Eaux du Sous-sol du Niger fournissent l'essentiel des mesures (OFEDS, 1982). Une mission hydrogéologique dans le cadre du Programme Hydraulique Niger-Suisse (PHNS) en mai 1982 complète la somme des données anciennes disponibles (Brodbeck, 1986).

Pour relier de façon certaine les mesures anciennes aux chroniques actuelles, des enquêtes ont été menées dans des villages de la région. En effet, depuis la fin des années 1950, le nombre de points d'eau a fortement augmenté au Sahel; de plus, l'instabilité naturelle des terrains engendre fréquemment l'effondrement des puits traditionnels, et l'ensablement des abords des puits situés dans les bas-fonds nécessite parfois le rehaussement des margelles. Les renseignements oraux obtenus lors de ces investigations, confrontés aux sources bibliographiques disponibles, apparaissent fiables et confortent l'intérêt et la validité des enquêtes. Au total, pour établir les fluctuations à long terme de la nappe phréatique on dispose d'une dizaine de mesures datant de 1956, d'une vingtaine du début des années 1960, d'une cinquantaine au cours des années 1970 et d'une soixantaine du début des années 1980.

## RESULTATS ET DISCUSSION

### La période des chroniques: 1987-1997

Depuis l'origine des chroniques, 1987 pour celles de la DRE et 1991 pour celles de l'ORSTOM, il est noté une hausse continue et relativement linéaire de la nappe phréatique sur l'ensemble du secteur (Schroeter, 1993; Leduc & Loireau, 1997). La carte des vitesses de la hausse piézométrique interannuelle sur la période 1987-1997, basée sur 170 chroniques, illustre la variabilité des vitesses de la hausse à l'échelle du degré carré de Niamey (Fig. 1). Les vitesses de hausse calculées présentent des différences zonales très marquées et varient de moins de 5 à plus de 40 cm an<sup>-1</sup>. Deux hypothèses principales peuvent être avancées pour expliquer les fortes vitesses de hausse: soit une recharge zonale privilégiée, soit une porosité et une transmissivité de l'aquifère localement faibles. Si la première hypothèse peut permettre d'expliquer le comportement hydrodynamique de certaines parties du degré carré où l'aquifère est probablement homogène (Leduc & Loireau, 1997), elle ne permet pas en revanche d'expliquer pourquoi certaines zones très éloignées des lieux de recharge saisonnière montent avec des vitesses supérieures à la moyenne, de l'ordre de 30 à 40 cm an<sup>-1</sup>. Corrélativement, la superposition de la carte des vitesses de hausse à une carte des fluctuations saisonnières de la nappe ne montre pas de liaison exclusive entre ces deux paramètres. En conclusion on peut donc avancer l'hypothèse que la carte des

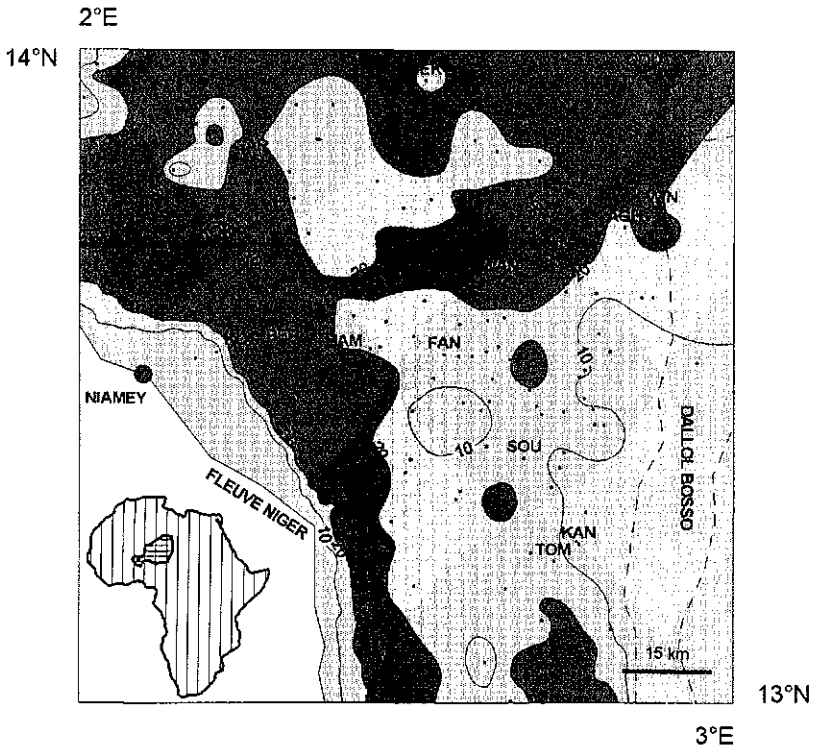


Fig. 1 Carte de vitesse de la hausse piézométrique interannuelle de la nappe phréatique entre 1987 et 1997 (cm an<sup>-1</sup>).

vitesses de hausse représente une image complexe, reflétant à la fois les propriétés hydrodynamiques de l'aquifère et l'importance de la recharge zonale, le premier facteur étant sans doute prépondérant. L'intégration de la hausse piézométrique sur l'ensemble de la rive gauche du degré carré donne une valeur moyenne interannuelle proche de 20 cm an<sup>-1</sup>.

### La période des mesures éparses: 1956–début des années 1980

Les mesures de 1956 (Greigert, 1957) concernent majoritairement la bordure ouest du secteur d'étude et montrent des niveaux peu différents de ceux du début des années 1960. Le bilan de l'évolution piézométrique entre le début des années 1960 et la période actuelle peut être estimé à partir des mesures effectuées lors de deux études distinctes du Continental Terminal (Tirat, 1964; Boeckh, 1965). La Fig. 2 illustre le bilan de la nappe phréatique depuis cette période. Parmi les puits mesurés lors de ces deux études, nous n'avons retenu que ceux disposant de chroniques récentes, et parmi ceux-ci uniquement les puits cimentés, les seuls dont on puisse estimer les éventuels rehaussements de margelle. Nous avons également éliminé les puits où l'influence potentielle du puisage est supérieure de 50% à la différence piézométrique maximale entre 1963–1964 et 1997. Sur les 15 points de mesure correspondant aux critères de sélection, la hausse médiane entre 1963–1964 et 1997 est proche de 2 m. Tous les puits, excepté Winditen ont monté durant cette période. Spatialement les hausses se répartissent de manière caractéristique par rapport aux vitesses de hausse actuelle (Fig.1): les points où les croissances piézométriques sont actuellement les plus fortes sont parmi les points ayant le plus monté depuis le début des années 1960, et réciproquement les points ayant le moins monté sont aussi ceux où les hausses actuelles sont les plus faibles. Les différences piézométriques les moins importantes se situent vers le sud-est (Kanaré, Tombodjibo) où la nappe monte lentement depuis le début des chroniques; la baisse au puits de Winditen

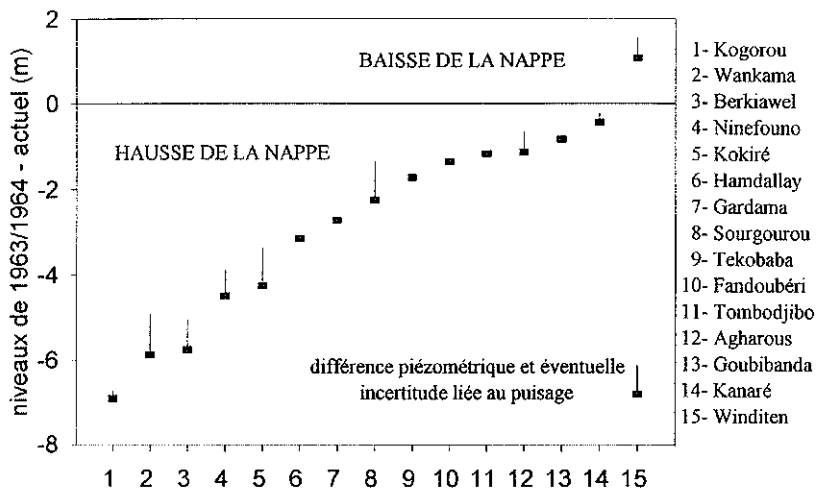


Fig. 2 Ecarts piézométriques classés (1963–1964 - actuel) sur le degré carré de Niamey.

s'expliquerait par le fonctionnement particulier du dallol Bosso, où la nappe, proche de la surface, serait susceptible de subir des pertes importantes par évapotranspiration lors d'épisodes de sécheresse prolongés. Les hausses les plus fortes depuis les années 1963–1964 se rencontrent sur la bordure ouest de l'aquifère (Kogorou, Berkiawel, Kokiré) et sur un secteur au centre nord-est de la carte (Wankama, Ninefouno), là où actuellement la nappe monte le plus rapidement. Ces constatations tendent à confirmer que le phénomène responsable de la hausse actuelle n'est pas conjoncturel, mais s'inscrit dans une modification à long terme du bilan hydrologique de la nappe phréatique.

Les fluctuations de la nappe après le début des années 1960 peuvent être appréciées à partir des deux exemples typiques présentés Fig. 3. Les niveaux du début des années 1960 sont systématiquement inférieurs à ceux des années 1970, comparables ou parfois inférieurs à ceux du début des années 1980. Au cours des années 1970, la nappe présente des évolutions contrastées: sur certains points d'eau, les niveaux piézométriques sont nettement plus élevés qu'au début des années 1980 et la nappe aurait baissé au cours de la décennie 1970, probablement sous l'effet des sécheresses des années 1972–1974 (Fandoubéri). Sur d'autres points au contraire, la nappe semble avoir globalement toujours monté (Ninefouno).

Les mesures du début des années 1980 (OFEDES, 1982; Brodbeck, 1986) montrent des niveaux piézométriques dans la continuité de la hausse observée sur la période 1987–1997 (Fig. 3). Depuis le début des années 1980 et plus particulièrement au cours des années sèches 1982–1985, la nappe non seulement n'a pas baissé, mais a même probablement monté. Ces indications piézométriques surprenantes mais de sources distinctes et concordantes infirment donc les interprétations précédentes, selon lesquelles la hausse actuelle serait due à un recouvrement des réserves de la nappe suite au fort déficit pluviométrique des années 1982–1985.

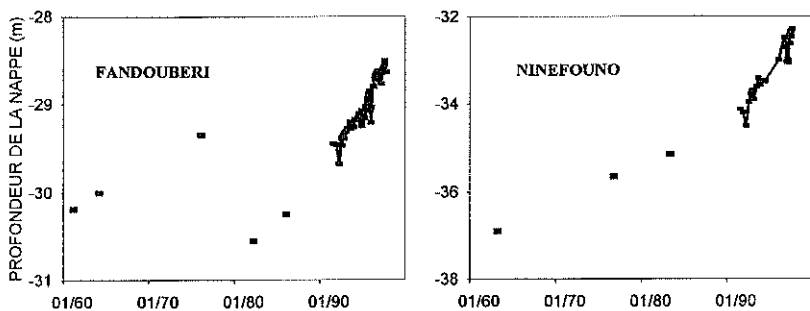


Fig. 3 Exemples de fluctuations piézométriques différentes depuis le début des années 1960: Fandoubéri (hausse interannuelle interrompue) et Ninefouno (hausse interannuelle continue).

## CONCLUSION

Malgré une péjoration importante et chronique du climat sahélien depuis le début des années 1970, la nappe phréatique du Continental Terminal près de Niamey monte régulièrement depuis plus de 15 ans à une vitesse moyenne de 20 cm an<sup>-1</sup> et présente

les niveaux piézométriques les plus hauts depuis quatre décennies. Les sécheresses récentes des années 1972–1974 et 1982–1985 auraient eu sur la nappe des effets contradictoires: si la première a pu provoquer sur certaines zones (mais pas partout) une baisse marquée de la piézométrie, la deuxième n'a pas eu d'impact visible sur la nappe phréatique qui aurait même monté durant cette période. Une comparaison des niveaux piézométriques de fin de saison sèche des années 1963–1964 et 1997 montre que les niveaux actuels sont supérieurs en médiane de près de 2 m à ceux du début des années 1960; en considérant une porosité utile de l'aquifère de 5%, on obtient une augmentation des réserves utiles sur le secteur étudié de près de 1 milliard de m<sup>3</sup> depuis le début des années 1960! Une telle tendance lourde à la hausse est imputée ici comme ailleurs dans le monde à une pression anthropique grandissante sur la végétation naturelle et à une augmentation des surfaces cultivées. Globalement et de manière surprenante, l'influence positive—bien qu'involontaire—de l'homme sur la recharge de la nappe phréatique a largement permis de contrebalancer près de Niamey la chute de la pluviométrie observée depuis 25 ans au Sahel.

**Remerciements** Nous tenons à remercier Maoude Koroney, directeur technique de l'OFEDES, ainsi que Francis Balmer, assistant technique au PHNS, pour l'intérêt qu'ils ont manifesté pour ce travail et pour les facilités qu'ils nous ont accordées dans la consultation de leurs archives.

## REFERENCES

- Boeckh, E. (1965) Contribution à l'étude hydrogéologique de la zone sédentaire de la république du Niger. *Rapport conjoint BRGM/BFBH DAK65-A20, Dakar, Sénégal.*
- Brodbeck, J. F. (1986) Valeur de l'inventaire (IRH/DRE) des points d'eau, base d'un futur guide hydrogéologique. *Document interne IUED-PHNS, Niamey, Niger.*
- CONSIND (1973) Construction de 259 puits au Niger. *Rapport confidentiel final au Ministère des Travaux Publics, des Transports et de l'Urbanisme, Niamey, Niger.*
- Gruigert, J. (1957) Introduction à la connaissance hydrogéologique du bassin occidental du Niger (Rapport fin de campagne 1955–1956, troisième partie). Les principales nappes du bassin occidental du Niger, 28–30. *Direction fédérale des mines et de la géologie, Niamey, Niger.*
- Leduc, C. & Loireau, M. (1997) Fluctuations piézométriques et évolution du couvert végétal en zone sahélienne (sud-ouest du Niger). In: *Sustainability of Water Resources under Increasing Uncertainty* (ed. by D. Rosbjerg *et al.*) (Proc. Rabat Symp., April–May 1997), 193–200. IAHS Publ. no. 240.
- OFEDES (1982) Inventaire des puits cimentés. Rapport interne, L'Office des Eaux du Sous-sol du Niger, Niamey, Niger.
- Plote, H. (1961) Reconnaissance hydrogéologique du Liptako et des régions adjacentes. *Rapport BRGM au Ministère des Travaux Publics, des Mines et de l'Hydraulique, Niamey, Niger.*
- Schroeter, P. (1993) Les fluctuations des niveaux d'eau dans les nappes du Continental Terminal et de la formation du Tchad. Premières interprétations, période 1987–1993. *Rapport PHNS à la DRE du Ministère de l'Hydraulique et de l'Environnement, Niamey, Niger.*
- Tirat, M. (1964) Contribution à l'étude hydrogéologique du Continental Terminal. *Rapport BRGM NIA.64.A1, Niamey, Niger.*