

Sylvestre DASYLVA

C.N.R.S. / Laboratoire de Géographie
Physique - U.M.R. 8591, Univ. Paris 1
1 place A. Briand 92195 Meudon Cedex ;
Gilbert.Dasyuva@cnr-belleuve.fr;
Tél. 01 45 07 55 77 ; Fax 01 45 07 58 30
Gilbert.Dasyuva@cnr-belleuve.fr;

Soussou SAMBOU

C.N.R.S. / Laboratoire de Géographie
Physique - U.M.R. 8591, Univ. Paris 1

Claude COSANDEY

I.R.D. / Laboratoire de Biogéochimie
Isotopique / U.M.R. 7618 BIOMCO, Univ.
Paris 6

Didier ORANGE

UCAD / Université Cheikh Anta Diop -
DAKAR Sénégal

Assèchement des " niayes " (bas-fonds agricoles) de la Région de Dakar durant la période 1960 - 1990 : variabilité spatiale et rôle joué par la pluviosité.

Drying of the " niayes " (agricultural bottom lands) in the Region of Dakar during the period 1960-1990 : Space variability and role of the rainfall.

Résumé

Les " niayes " désignent des dépressions dunaires occupées par une nappe phréatique affleurante ou sub-affleurante. Elles sont menacées de disparition par trois phénomènes : la faiblesse de la recharge, des pompages trop importants et le comblement des bas-fonds par les produits de l'érosion. On s'est intéressé au premier aspect et une banque de données piézométriques de la Nappe des Sables Quaternaires (NSQ) -de 1960 à 1990- est utilisée pour apprécier le rôle de la recharge dans l'assèchement des " niayes ". D'abord, le suivi de l'évolution inter-annuelle du toit de la NSQ sur toute la période de référence a permis de mettre en évidence sa variabilité dans l'espace. Ensuite, pour estimer le rôle de la recharge dans le processus d'assèchement, la méthode utilisée consiste à suivre l'évolution du stock hydrique après les apports générés par la pluie, notamment en calculant le solde en fonction de la pluviosité. A cet effet, on s'est basé sur la variation " relative " annuelle du niveau statique du toit de la nappe phréatique selon trois scénarios pluviométriques représentatifs : une pluviosité moyenne (1960-61), une pluviosité de décennale humide (1969-70) et une pluviosité sèche d'une période de retour 20 ans (1970-71), respectivement égales à 529, 712, et 220 mm.

Les conclusions de cette étude sont les suivantes. Au plan régional, la baisse continue du niveau de la nappe est en relation avec la faiblesse de la recharge. Cette baisse ne s'observe pas dans la zone concernée par les pompages de la SDE (Société Des Eaux du Sénégal), puisque ceux-ci sont modulés en fonction des conditions hydrodynamiques -variabilité de la recharge et les intrusions d'eaux salées-. Elle ne s'observe pas non plus dans la zone côtière, du fait du réglage du toit de la nappe sur le niveau de la mer. Par ailleurs, la forte infiltrabilité du milieu permet de penser qu'une meilleure gestion des eaux pluviales pourrait permettre de remédier, au moins partiellement, à cette situation.

Mots clés : Région de Dakar, Nappe des Sables Quaternaires, "niayes", recharge pluviale / processus d'assèchement, gestion intégrée eaux pluviales

Abstract

The "niaye" - agricultural bottom-lands - mean dunes depressions with levelling or sub-levelling groundwater top-table. The "niayes" are threatened of draining by the rainwater deficit refill, the pumpings of the SDE and/or the filling of the bottom-lands by the erosion products. This study is interested of the first aspect, i.e., the role of the refill in this drying process. First, an analysis of the groundwater piezometric data NSQ -Nappe des Sables Quaternaires- made it possible to apprehend the space variability of this process from 1960 to 1990. Then, to estimate the refill role in the drying of "niayes", the method used consists in following the hydric stock evolution after the contributions generated by the rain, while being interested particularly in the balance of the "relative" evolution according to the rainfall. To this end, one based oneself on the addition of the monthly "relative" variations (height of the static level rise or fall in the aquifer) on an annual scale. This method permit to solve the problem of the heterogeneity of the groundwater altitudes : what permitted us to compare directly all the sites. The balance of the static level "relative" evolution is studied according to three pluviometric scénario of the area, with annual rains approaching the normal, excess rainfall (decennial recurrence) and deficit rainfall (vicennial recurrence), respectively equal to 529, 712, and 220 mm on the period 1918-1990.

The results obtained are following. On a regional scale, the continuous decrease of the groundwater top-table is in relation to the weakness of the refill. Zones of SDE pumping are not concerning by the decrease groundwater top-table. Littorals zones also are not concerned, since the groundwater top-table approaches to the sea level. In addition, the rapid response of the groundwater to the rainfall lets think that a better management of the runoff, based on an augmentation of the rainwater infiltration rate, could reduce the hydrological deficit of the groundwater.

Keywords : Region of Dakar, groundwater of the quaternary sands, "niayes", rainwater refill / drying process, rainwater-integrated management

INTRODUCTION

Les " *niayes* " sont des dépressions dunaires dans lesquelles affleure ou sub-affleure la nappe phréatique des sables quaternaires. Au plan des recherches, les hydrologues se sont très peu intéressés aux " *niayes* " de la Région de Dakar : dans la bibliographie consultée, il n'a été trouvé qu'une seule référence traitant de façon détaillée le fonctionnement hydrologique du marigot de Mbao (Chaperon, 1975). Sinon, la quasi-totalité des études menées dans la région se sont focalisées sur les caractéristiques hydrogéologiques (Anonyme, 1963 ; Béture-Sétame, 1988 ; Fohlen et Melka, 1989 ; Gaye et al, 1977, 1998 ; Géohydraulique, 1972 ; Henri, 1921, 1922 ; Martin, 1969, 1970 ; OMS, 1972 ; Tandia, 1993, 1997). Elles ne prennent pas en compte les rapports entre le comportement des nappes phréatiques et les " *niayes* ", dont l'évolution et le fonctionnement hydrologique de la plupart d'entre-elles et surtout leur usage à des fins agricoles, dépendent de ce paramètre : la traduction des résultats obtenus en volume et non en hauteur d'eau, en est une illustration.

Pourtant, les " *niayes* " sont menacées de disparition sur le long terme, d'où l'importance de cette étude. L'assèchement de ces milieux est analysé en fonction du rôle joué par l'insuffisance de la recharge pluviométrique. La pluviosité est passée à partir de 1960, d'une phase normale, parfois très excédentaire, à une phase globalement sèche. Or, ces apports pluviométriques sont les seuls facteurs de recharge de la nappe phréatique

(Béture-Sétame, 1988). Une banque de données piézométriques allant de 1960 à 1990, inexploitées jusqu'alors, a servi à déterminer le comportement de la nappe phréatique dans cette période.

Contexte morpho-hydrogéologique des " *niayes* "

La Région de Dakar est située au centre-ouest du pays, entre les longitudes 17° 33' et 17° 05' Ouest et les latitudes 14° 55' et 14° 35' Nord. Le climat de la zone est de type sahélien, avec un total pluviométrique annuel très faible - 500 mm environ - et très variable d'une année à une autre ; la saison des pluies est très courte - de juillet à septembre -.

Les " *niayes* " s'intègrent dans un cadre morphologique composé par trois systèmes dunaires. Les dunes ogoliennes forment les sables dans lesquels se sont façonnées les " *niayes* " du domaine continental ; elles se caractérisent par une alternance de dunes longitudinales (fortement érodées et fixées par la végétation) et de couloirs interdunaires orientés NE / SW. Dans le domaine littoral, le substrat est constitué par les systèmes des dunes jaunes (système de Cambérène) et des dunes blanches, surplombant localement des " *niayes* " par des reliefs sableux à talus abrupt. Sur le littoral sud, le cordon (dunes blanches) est très bas (5 m environ), discontinu et a une faible extension spatiale : d'où des débordements de la mer en marée haute. Ainsi, le domaine continental (y compris les " *niayes* ") subit des influences maritimes. L'organisation d'ensemble du relief fait que les écoulements sont endoréiques car les

cordons littoraux empêchent leur évacuation vers l'océan.

Au plan hydrogéologique, les " *niayes* " de Dakar sont occupées par trois systèmes de nappe phréatique (Martin, 1970), mais celle étudiée ici est celle en relation avec les " *niayes* ", c'est-à-dire, la nappe dite " Nappe des Sables Quaternaires " (NSQ).

Cette nappe est, d'une part, un aquifère à surface libre sur toute son étendue, et d'autre part, un aquifère côtier le long du littoral, d'où localement, la présence d'un front salé dans le domaine continental (Figure 1). Une prospection géophysique réalisée par la C.G.G (Compagnie Générale de Géophysique), citée par O.M.S. (1972), nous a permis de réaliser la configuration de ce réservoir sableux (Figure 1). Même si le faciès se caractérise par une variation latérale et en profondeur assez remarquable (Dasylyva, 2001), l'aquifère se comporte du point de vue hydrogéologique comme un réservoir unique (Martin, 1972). Même si le réseau piézométrique est assez bien réparti dans l'espace (figure 1), les mesures disponibles sont inégalement réparties dans le temps.

D'une part, les données présentent souvent des lacunes pouvant s'étaler sur plusieurs années, et depuis le début des années 90, le suivi des nappes n'est plus systématique. D'autre part, de 1960 à 1971, les mesures étaient effectuées une fois tous les mois, ou au plus sur 6 jours consécutifs ; à partir de 1976, on est passé à une mesure tous les deux mois au mieux. Dans ces

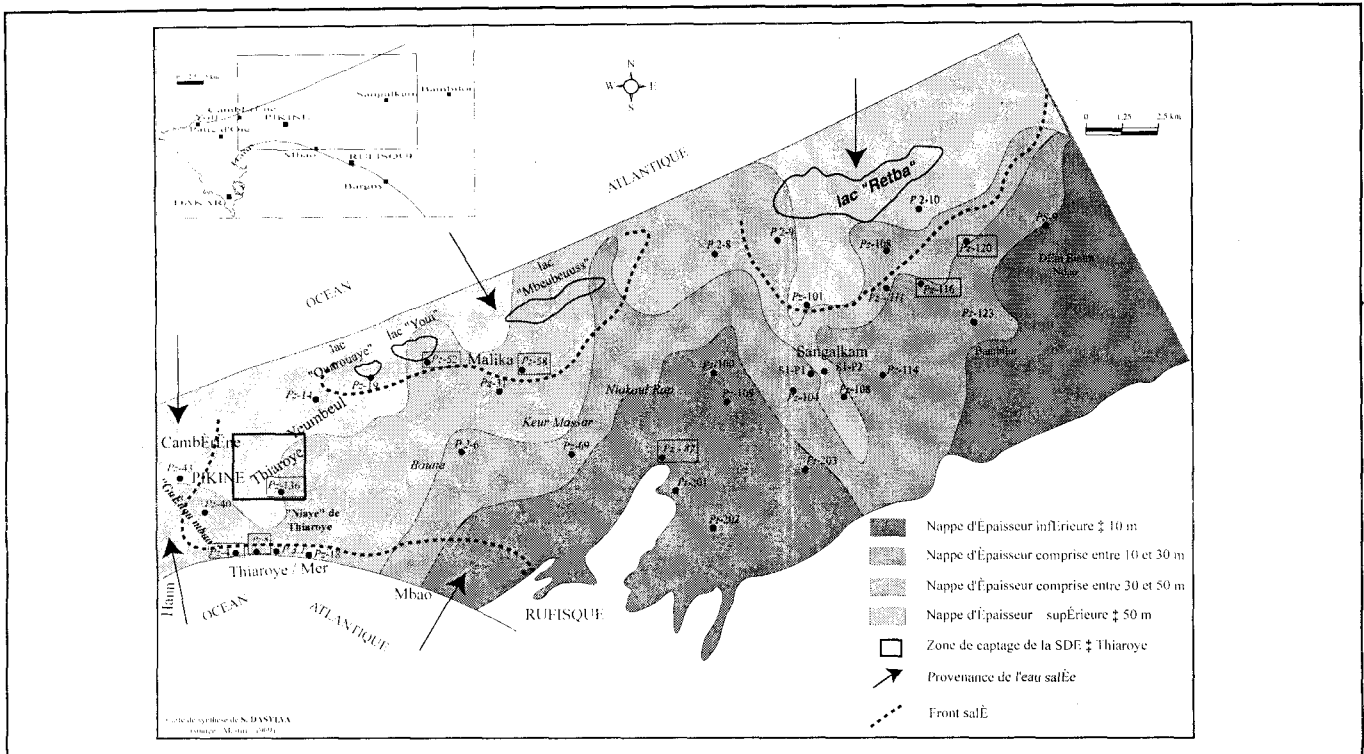


Figure 1 : La Nappe des Sables Quaternaires (NSQ) : configuration et réseau

deux cas de figure, le niveau piézométrique mensuel déclaré n'est pas une moyenne journalière de l'ensemble des jours du mois considéré, mais celui d'un seul ou de quelques jours. Ainsi, le comportement de la nappe phréatique ne peut être appréhendé qu'à une échelle mensuelle.

VARIABILITÉ SPATIALE DE LA DYNAMIQUE DU TOIT DE LA NAPPE PHRÉATIQUE DES " NIAYES "

Pour mettre en évidence le processus d'assèchement des " niayes ", on a suivi l'évolution interannuelle du toit de la NSQ à partir de données piézométriques issues de deux

sources : rapport OMS (1972) pour la période 1960 - 1971 et les données de la Direction de l'Hydraulique du Sénégal pour 1976 - 1990 (Dasylla, 2001). Les piézomètres retenus sont celles ayant les séries les plus complètes et se trouvant à proximité de " niayes ". S'agissant des mois de référence, janvier est retenu car il présente la série la plus complète. A cause des pompages de la S.D.E. et de l'influence du front salé, une étude séparée est menée dans les domaines continental et littoral, à partir de piézomètres représentatifs (Figure 1).

Le domaine continental

La nappe du domaine continental suit des évolutions variables, suivant qu'elle est ou non influencée par les pompages de la SDE. Dans le domaine continental (zone non influencée par les pompages de la SDE), l'évolution inter-annuelle du toit de la nappe

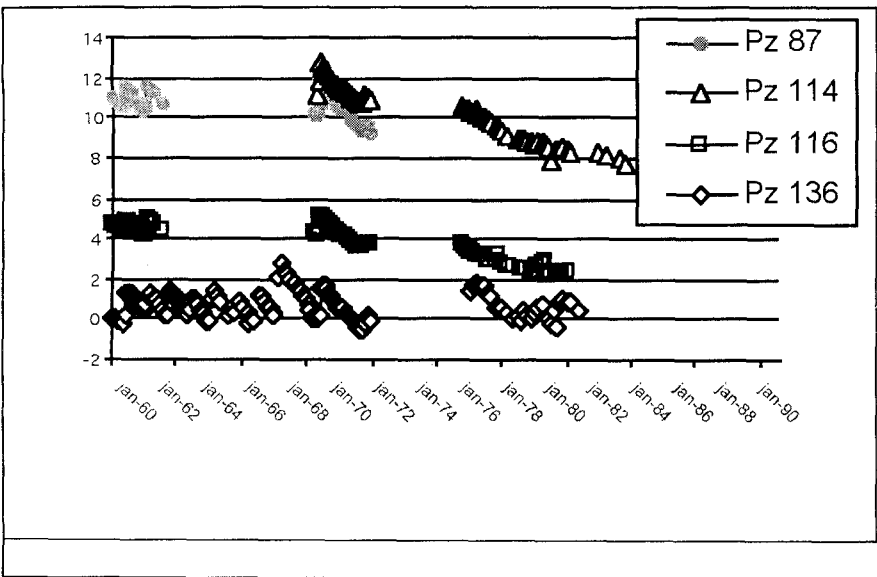


Figure 2 : Dynamique interannuelle du toit de la nappe phréatique dans le domaine continental de 1960 à 1990

	Pz 87	Pz 114	Pz 116	Pz 120
1960 - 70	+0,17 m	-	+0,12 m	+0,09 m
1970 - 90	-	-7,3 m	-2,54 m*	-2,94 m
+ Total période	-	-	-2,42 m*	-1,85 m

* limite de la période d'observation = 1981

Tableau 1 : Variation sectorielle du niveau statique de la nappe phréatique dans le domaine continental dans la période 1960-1970 au mois de janvier (en mètre dans l'aquifère)

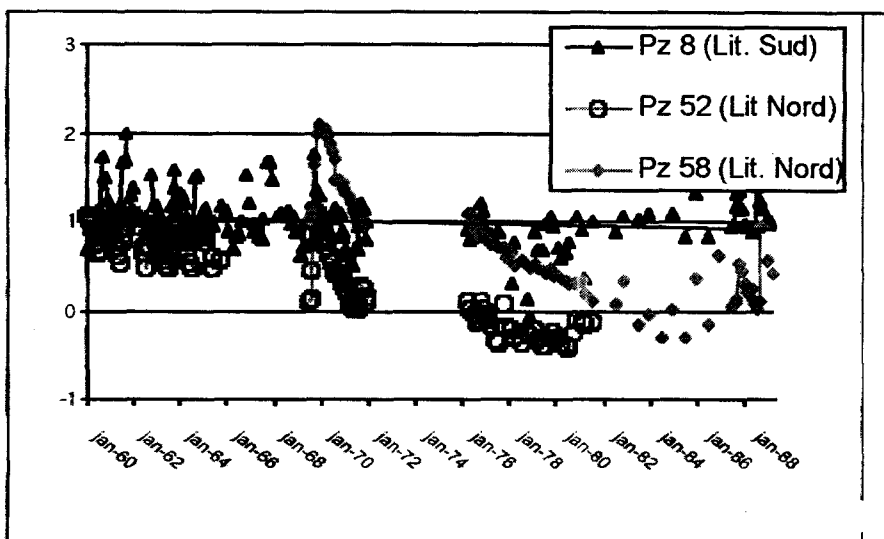


Figure 3 : Dynamique interannuelle du toit de la nappe phréatique dans le domaine littoral de 1960 à 1989

est marquée par une tendance générale à la baisse, même si de brèves périodes de reconstitution de la ressource, se calant sur des années de forte pluviosité apparaissent (Dasylya, 2001), comme le montre les piézomètres 87, 114 et 116 de la Figure 2. Si les lacunes de mesures ne permettent pas de suivre finement toute la période (1960-1990), on s'aperçoit que le phénomène s'est marqué à partir de 1970 (Tableau 1), date du début d'une sécheresse de plus de 2 décennies (Mahé et al., 2001).

En contrepartie, ce qui se passe localement au niveau de la zone de pompage de Thiaroye (Pz 136 sur la Figure 2) contraste avec la

dynamique de baisse observée dans les autres piézomètres. Le comportement interannuel de la nappe ne montre pas d'évolution significative. Est-ce lié à la modulation des prélèvements de la SDE en fonction des conditions hydrodynamiques, (Martin, 1969 ; Béture-Sétame, 1988) et/ou les intrusions d'eaux salées (Diakhaté, SDE, entretien oral).

Le domaine littoral

La Figure 3 révèle un comportement différent de la nappe phréatique entre le littoral nord (Pz 58 et Pz 52) et le littoral sud (Pz 8) : le rabattement du toit de la nappe est plus important sur le littoral nord que sur le littoral sud, où le

niveau de la nappe est pratiquement stationnaire.

La distance variable de la mer aux bas-fonds dans ces deux secteurs pourrait expliquer la différence de comportement de la nappe. Sur le littoral sud, le réglage du toit de la nappe au niveau zéro de la mer et les apports d'eau en surface - débordement par dessus le cordon littoral en marée haute (Dasylya, 2001) et les intrusions d'eaux salées (Debuisson et Moussu, 1967), sont autant de phénomènes favorables à une compensation du déficit de recharge. Cependant, deux périodes sont à distinguer : une première période (1960-1980) qui confirme la même tendance à la baisse observée sur le domaine continental et une seconde, de 1981 à 1990, marquée au contraire par une légère remontée des niveaux (Tableau 2).

Sur le littoral nord, la stabilité du toit de la nappe se manifeste à partir de 1980 (Figure 3), moment où le toit de la nappe commence à s'ajuster au niveau zéro de la mer. Cependant, les apports d'eau salée constitue un risque important pour l'existence même de l'agriculture qui a un besoin primordial d'eau douce. Ce problème fait donc partie de

	Pz 58	Pz 52	Pz 8
Longueur des séries	(janv 70 – déc 88)	(janv 60 – déc 81)	(janv 62 – fév 89)
Période 1960 - 70	-	-0,15 m	-0,26 m
Période 1970 - 80	-1,67 m	-1,21 m	-0,33 m
Période 1980 - 90	+0,16 m	+0,17 m	+0,28 m
Total période	-1,51 m	-1,19 m	-0,31 m

Tableau 2 : Variation sectorielle du niveau statique de la nappe phréatique dans le domaine littoral dans la période 1960-1990 au mois de janvier (en mètre dans l'aquifère)

	ENTREES		SORTIES			Solde
	Apports pluviométriques	Evaporation	Pertes en mer	Agriculture	SDE	
	0,133 m	0,1 m	0,18 m	0,245 m	0,205 m	
Total	0,133 m		0,163 m		- 0,03 m	

Tableau 3 : Bilan hydrique moyen annuel de la N.S.Q. de 1972 à 1984 (B. Setame - 1988)

semble des sites sans tenir compte de la position altitudinale du niveau de la nappe phréatique : le niveau départ étant considéré comme égale à zéro pour tous les piézomètres. Pour connaître le solde de l'évolution du niveau statique, on a fait le cumul des variations " relatives " mensuelles. La phase de remontée de la courbe correspond à celle des apports et le niveau maximum représente la hauteur globale de la recharge efficace (eaux infiltrées atteignant la nappe). La phase de baisse traduit le processus de rabattement, et le niveau minimum donne le solde final de l'évolution relative du niveau statique sur une année hydrologique. Si ce niveau est au-dessus du zéro de départ, on a une évolution positive ; s'il est en-dessous, l'évolution est négative.

En fonction des caractéristiques de la pluviométrie, l'évolution relative du niveau statique est étudiée selon trois scénarios pluviométriques sur la période 1960-1990 : le premier correspond à une pluviométrie moyenne (1960-61), le second à une décennale humide (1969-70) et le troisième à une année sèche d'une période de retour 20 ans (1970-71), respectivement égales à 529, 712, et 220 mm.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

L'ensemble des résultats est reporté sur la figure 4, qui traduit l'évolution annuelle du niveau statique de la nappe phréatique dans le domaine continental, le littoral nord et le littoral sud, en fonction des apports générés par

ceux qui sont à résoudre dans le cadre de la gestion des eaux de la Région de Dakar.

L'étude des variations altitudinales du toit de la nappe pendant la période 1960-1990 a donc mis en évidence la tendance à la baisse, qui s'observe notamment dans le domaine continental, représentant la majeure partie de la zone étudiée. Cette période de baisse du toit de la nappe correspond à une période de faible pluviosité, d'où l'intérêt de connaître les caractéristiques de l'évolution du niveau statique de la nappe en fonction des précipitations.

SOLDES DE L'ÉVOLUTION ANNUELLE DU NIVEAU STATIQUE SELON LA PLUVIOSITÉ

Selon les résultats du bilan hydrique de la NSQ établi par Béture-Sétame (1988), les apports pluviométriques sont le seul facteur de recharge de la

nappe phréatique (Tableau 3). De ce point de vue, la variabilité de la pluviosité a des effets sur la recharge, et par conséquent du solde de l'évolution annuelle du niveau statique.

Méthode de calcul du solde de l'évolution annuelle du niveau statique

Dans cette étude du solde de l'évolution annuelle du niveau statique, on a cherché à appréhender le fonctionnement différentiel de la nappe phréatique. Pour suivre l'évolution du niveau statique au cours d'une année hydrologique et en relation avec la nature des données disponibles, on s'est référé aux hauteurs d'eau stockées et destockées mensuellement, c'est à dire aux " entrées " et " sorties " d'eau dans le système, en faisant référence à la variation du niveau statique de la nappe phréatique. L'avantage de cette méthode est qu'elle permet de comparer l'en-

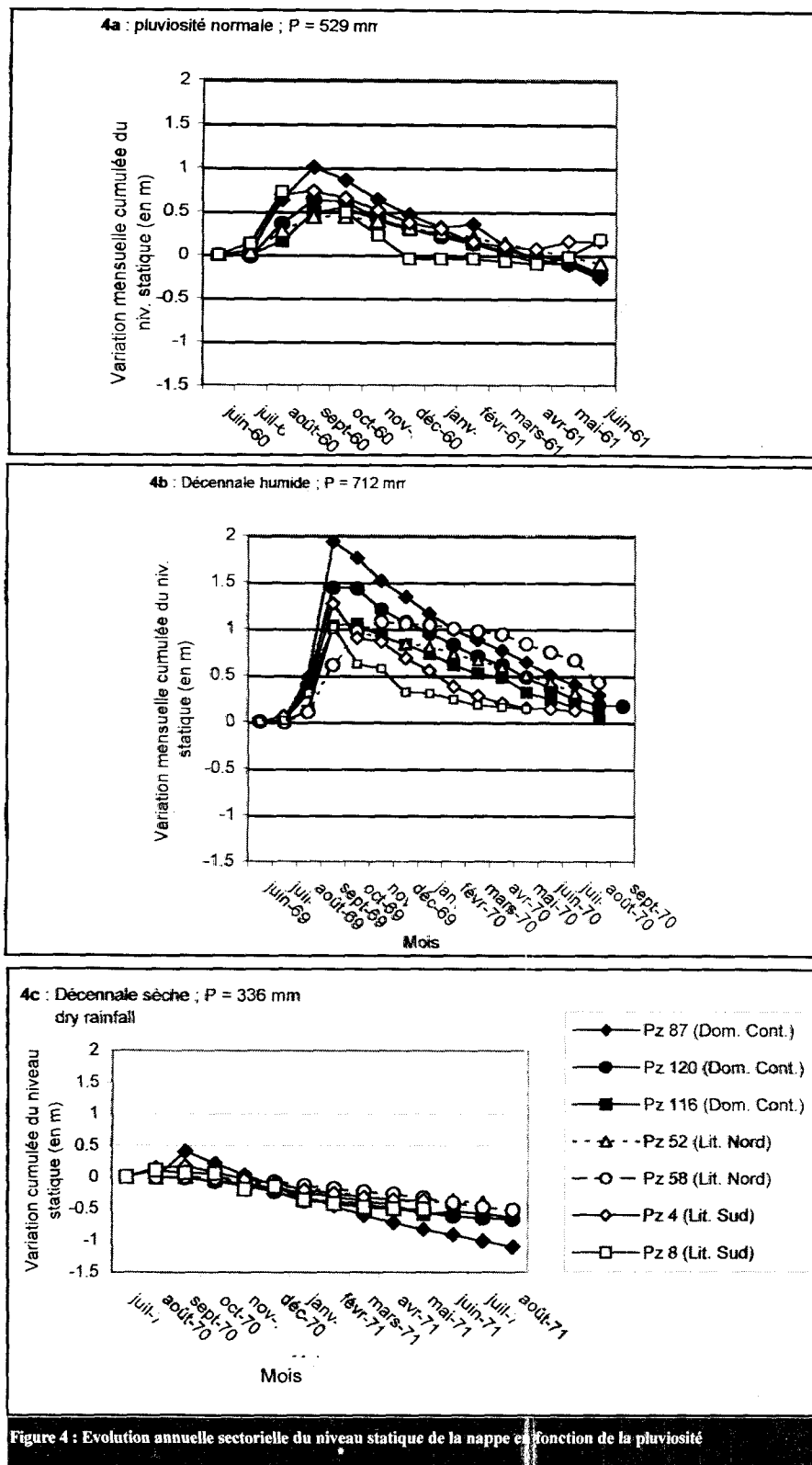


Figure 4 : Evolution annuelle sectorielle du niveau statique de la nappe en fonction de la pluviosité

la pluie ou recharge efficace. Observant ce qui se passe dans les environs de Sangalkam (Pz 120, Pz 116, Pz 111, Pz 87) et le littoral nord (Pz 58, Pz 52)-zones à fonctionnement non per-

turbé par les pompages de la SDE- il apparaît que l'évolution annuelle relative du niveau statique est négative, aussi bien dans le cas d'une année de pluviosité moyenne (Figure 4a) que

dans celui d'une année de faible pluviosité (Figure 4c). Sur le littoral sud (Pz 4 et Pz 8), l'évolution positive enregistrée pour l'année 1960-61 est un artéfact lié à l'arrêt momentané des pompages de la SDE. En effet, ces deux piézomètres se trouvent dans l'aire d'influence de ces pompages à Thiaroye Gare (Géohydraulique, 1972) : l'arrêt momentané des pompages a entraîné une remontée du toit de la nappe. C'est seulement dans le cas d'une année de récurrence décennale humide que l'évolution annuelle du niveau statique est positive (Figure 4b). Ces observations sont confirmées par les données du tableau 4 :

Des conditions de pluviosité au moins proches de la décennale humide (de l'ordre de 700 mm), générant en moyenne une recharge efficace de 200 mm (Dasyuva, 2003b), sont donc nécessaires pour assurer une situation excédentaire, gage d'une reconstitution, et donc de sauvegarde de la ressource en eau pour le long terme.

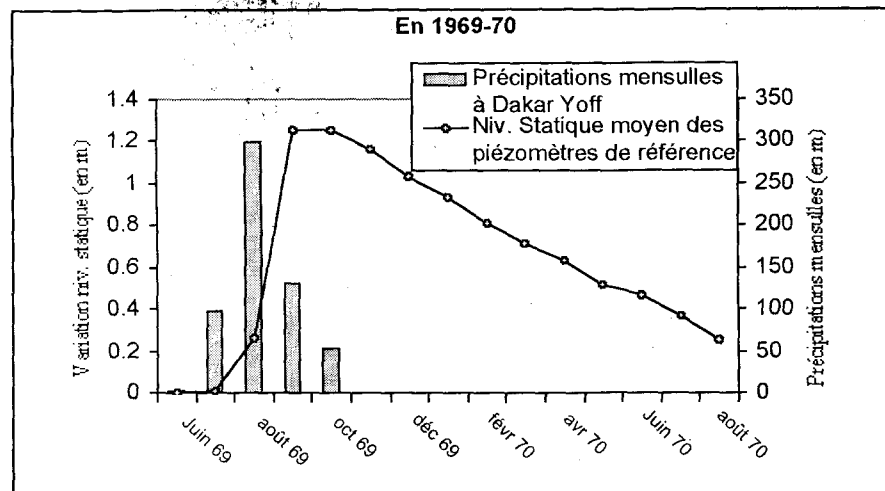
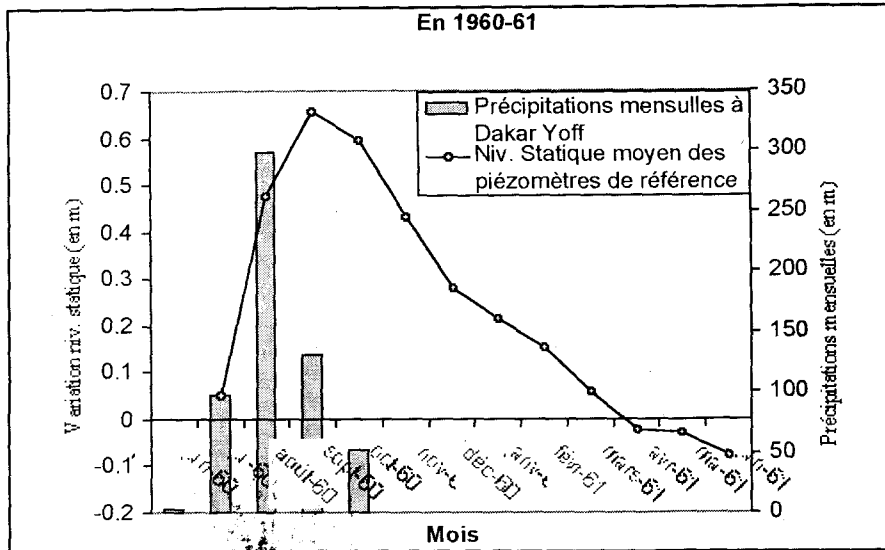
Par ailleurs, il est intéressant d'observer que la nappe réagit assez vite aux impulsions pluviométriques : la période de recharge est calée sur la saison pluvieuse (juillet, août, septembre et/ou octobre en fonction des années) (voir annexe).

On constate aussi que la hauteur de baisse, localement, augmente avec l'importance de la recharge du fait d'un rééquilibrage hydrostatique (Figure 4, Pz 87). Cette remarque est importante parce qu'elle montre, qu'en année de pluviosité moyenne et déficitaire,

une recharge locale assez importante ne suffit pas à garantir une évolution positive de l'évolution du stock hydrique.

Depuis 1960, seules les années 1967 et 1969 ont une pluviométrie annuelle supérieure à 700 mm, qui semble nécessaire pour provoquer une évolution positive

du niveau statique. Si on excepte ces deux années humides, les nappes phréatiques de la presqu'île de Dakar sont donc en situation de non-recharge, et cela bien avant 1960 selon Hubert (1921) : le déficit qui s'observe en année moyenne et sèche est un facteur essentiel de la disparition de ces milieux humides. Etant donné que la pluviométrie de la Région de Dakar dépasse rarement 500 mm depuis 1969, la dynamique d'ensemble de baisse du toit de la nappe se poursuivra, même en cas d'arrêt des pompes.



Annexe : Répartition mensuelle des précipitations et de la variation du niveau statique selon la pluviosité

CONCLUSION

La baisse du niveau de la nappe phréatique dans la partie continentale de la presqu'île de Dakar pose la question du maintien des "niayes" et des activités agricoles qui leur sont liées. Les études ont montré que les valeurs moyennes de la pluviosité ne permettaient plus une recharge efficace de la nappe, et qu'il fallait au moins des valeurs de précipitation de 700 mm (décennale humide) pour l'assurer.

Etant donné la faible pluviosité enregistrée depuis 30 ans, on ne

	Pz 120	Pz 116	Pz 111	Pz 87	Pz 58	Pz 52	Pz 8	Pz 4
Année normale	-0,23	-0,21	-0,18	-0,27	-0,1	+0,18	+0,16
Année sèche	-0,67	-0,64	-0,52	-1,1	-0,52	-0,41	-0,51	-0,37
Année humide	+0,17	+0,07	+0,08	+0,29	+0,43	+0,31	+0,14	+0,12

Tbleau 4 : Variation régionale du niveau statique de la nappe phréatique selon la pluviosité (en mètre dans l'aquifère)



peut plus se contenter d'attendre une hypothétique augmentation de la pluviosité sur le long terme, qui pourrait garantir une ré-alimentation convenable de la nappe. Il faut donc chercher des solutions. L'une d'elles, au moins partielle, pourrait provenir d'une meilleure gestion des eaux de ruissellement générées par les pluies d'hivernage. Au lieu de les évacuer vers la mer ou des bassins d'évaporation - comme cela se fait actuellement -, une gestion intégrée basée sur leur infiltration (Dasylyva et al. 2003b, 2003a, 2002) pourrait être préconisée, afin de les stocker dans les sables dunaires, dont le potentiel du réservoir est indiqué sur la figure 1. Les effets escomptés sont une réduction du déficit hydrique actuel des nappes phréatiques, une préservation des eaux de surface contre l'évaporation directe et une limitation du rassemblement du ruissellement dans les bas-fonds et de l'accumulation des eaux pluviales dans les maisons.

L'importance démontrée de la pollution des nappes dans les zones urbaines plaide en faveur d'une infiltration massive des eaux pluviales à partir de surfaces peu ou non polluées, afin d'atténuer le degré de contamination des nappes (Tandia et al, 1997 ; Tandia, 1993 ; Collin et Salem., 1989 ; Gaye et al, 1977)

BIBLIOGRAPHIE

- Anonyme (1963) – Etude hydrologique des « niayes » du Cap-Vert. Synthèse des données existantes, 28 p.
- Béture-Sésame (1988) – Renforcement de l'approvisionnement en eau de la région de Dakar. Tome 1, Béture-Sétame.
- Chaperon P. (1975) – Etude hydrologique de la zone de Mbao, Centre de Documentation de l'IRD, 5p.
- Collin, J.J., Salem, G. (1989) - Pollution des eaux souterraines par les nitrates dans les banlieues non assainies des pays en développement. Le cas de Pikine (Sénégal). Symposium SISSIPA-Lisbonne 19-23 juin 1989.
- Dasylyva S. ; Orange D. ; Sambou S. ; Kane A. (2003b) – integrated management of the rainwater in the area of Dakar : estimation of the increase of the rainwater infiltration rate in the current pluviometric context. Albacete (Espagne), Colloque Envirowater 2003, 12p.
- Dasylyva S. ; Sambou S. (2003a) – Acuité des problèmes liés à l'eau et la nécessité d'une gestion intégrée des eaux pluviales dans la Région de Dakar. Cotonou (Bénin), Colloque COPROMAPH 3, Poster.
- Dasylyva S., Cosandey C., Orange D. (2002) – Proposition de gestion « intégrée » des eaux pluviales pour lutter contre les problèmes liés à l'eau dans la banlieue de Dakar. Ouagadougou, Colloque Envirowater 2002, 13p.
- Dasylyva S. (2001) – Les bas-fonds des sables dunaires de la Région de Dakar. Potentialités agricoles et contraintes urbaines. Thèse de doctorat, Université de Paris I-Sorbonne, 405 p.
- Debuisson J., Moussu H., (1967) – Une étude expérimentale de l'intrusion des eaux marines dans une nappe côtière du Sénégal sous l'effet de l'exploitation, Symposium of Haifa, Publication 72, p. 334-349
- Fohlen D., Melka J. (1989) – Etude des ressources en eau du Sénégal. Synthèse des récentes campagnes de prospection géophysique, BRGM, Dakar, 60 p.
- Gaye C. B., Faye A., Gelinas P. J. Therrien P. (1977) – Analyse des processus de minéralisation et de dégradation de la qualité de l'eau dans les nappes infra-basaltiques et des sables quaternaires, Projet CRDI 3-P86-1014, Dakar, 94 p.
- Gaye C. B., Faye A., Sarr F. (1998) – Utilisation des isotopes pour l'études de la ré-alimentation des aquifères de la presqu'île du Cap-Vert, OMS, Dakar.
- Géohydraulique (1972) – Etude sur modèle mathématique du système aquifère de la presqu'île du Cap Vert. OMS, Dakar.
- Henry H. (1921) – Eaux superficielles et souterraines au Sénégal, Larose, Paris, 30 p.
- Henry H. (1922) – Etudes hydrologiques en vue de l'alimentation en eau des villes de Dakar et de Rufisque. NON PAG.
- Mahé G., L'Hôte Y., Olivry J.C., Wotling G. (2001) – Trends and discontinuities in regional rainfall of west and central Africa, 1951-1989. Hydrological Sciences Journal, 46 (2) : 211-226.
- Martin A. (1969) – Interprétation des variations naturelles du niveau des nappes aquifères en Mauritanie et au Sénégal. Nappe de la presqu'île du Cap-Vert, BRGM, Dakar, 67 p.
- Martin A. (1970) – Les nappes de la presqu'île du Cap-Vert, leur utilisation pour l'alimentation en eau de Dakar. BRGM, Dakar, 56 p + cartes.
- OMS (1972) – Etude hydrogéologique de la nappe des sables quaternaire, tome 2. Malostranske Nam, Prague, 68 p. + cartes
- Tandia A. A., Gaye C.B., Faye A. (1997) – Origine des teneurs élevées en nitrates dans la nappe phréatique des sables quaternaires de la région de Dakar, Sénégal. Sécheresse, Vol. 8, numéro 4, p. 291-294
- Tandia, A. A. (1993) - Origine, évolution et migration des formes de l'azote minéral dans les quifères du Sénégal: cas de Thiaroye (banlieue non assainie). Contrat de Recherche AIEA n°7272/RB.