

## **Variabilité de la dynamique des mares temporaires dans un système endoréique semi-aride (sud-ouest du Niger)**

**WENCESLAO MARTÍN-ROSALES**

*Département de Géodynamique, Université de Grenade, E-18071 Grenade, Espagne*  
[wmartin@ugr.es](mailto:wmartin@ugr.es)

**CHRISTIAN LEDUC**

*UMR HydroSciences Montpellier, BP 64501, F-34394 Montpellier Cedex 5, France*

**Résumé** Dans l'environnement typiquement sahélien de la région de Niamey (sud-ouest du Niger), la recharge de la nappe phréatique est essentiellement due à l'infiltration de la pluie concentrée dans les mares endoréiques temporaires. Après une rapide montée, la mare se vide en quelques jours ou semaines, essentiellement par infiltration vers la nappe. La baisse de la mare est un processus double, du fait de la présence d'une zone basse colmatée, peu perméable, et d'une zone haute beaucoup plus propice à l'infiltration. De plus, il existe une diminution progressive de la vitesse d'infiltration au cours de la saison des pluies. La nappe phréatique réagit avec retard aux fluctuations de la mare. Dans le site de Banizoumbou, la hausse saisonnière de la nappe est généralement de 0.5 m mais a atteint 1.4 m pour l'année la plus favorable. A cette variation annuelle se rajoute une hausse à long terme, indice d'une augmentation du ruissellement, consécutive de l'anthropisation accélérée de l'environnement.

**Mots clefs** colmatage; infiltration; mare temporaire; Sahel; vidange

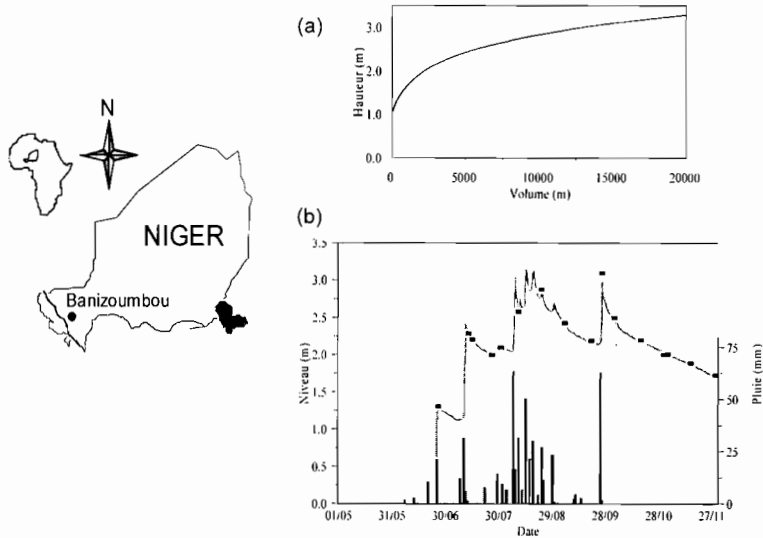
**Key words** clogging; infiltration; playa; Sahel

### **INTRODUCTION**

Très souvent en zone semi-aride, la recharge de la nappe ne se produit qu'après concentration du ruissellement de surface dans les points bas du paysage. Il en est ainsi dans le sud-ouest du Niger où les mares temporaires présentes dans les bas-fonds sont le lieu essentiel, sinon exclusif, de l'entrée de l'eau vers la nappe phréatique et méritent donc des études détaillées. Une décennie de mesure nous a permis de compléter les premiers travaux sur la dynamique de ces mares (Desconnets *et al.*, 1997). Nous décrivons ici tout particulièrement celle de Banizoumbou, typique des dynamiques hydrologiques régionales.

### **LE MILIEU ET LE DISPOSITIF DE MESURE**

La région se caractérise par un endoréisme total qui résulte de la dégradation du réseau hydrographique, liée à l'évolution géomorphologique et climatique de la région pendant le Quaternaire. La mare de Banizoumbou se situe dans l'axe d'une très longue vallée fossile. Elle est peu encaissée, avec une dénivelée maximale de 3.5 m et le plan



**Fig. 1** Localisation du site de Banizoumbou. (a) Relation hauteur–volume et (b) évolution du niveau de la mare et des précipitations en 1995.

d'eau est très allongé et étroit. La Fig. 1 donne la relation hauteur–volume. Le sol est en général sableux sauf dans la partie centrale de la mare qui est occupée par un dépôt plus argileux. Le bassin versant qui contribue réellement à son alimentation est de l'ordre du  $\text{km}^2$ , bien inférieur au bassin versant topographique.

Le dispositif de contrôle hydrologique est constitué depuis 10 ans par une station automatique de mesure des précipitation et trois sondes piézo-résistives mesurant en continu la hauteur d'eau dans la mare et dans deux piézomètres.

Le climat de la région est sahélien, avec des précipitations très variables dans le temps et l'espace. A Banizoumbou, la pluie annuelle mesurée est 533 mm pour la période 1991–1998, très similaire à la moyenne annuelle de Niamey depuis 1905 (565 mm). Les 9/10 des pluies tombent entre juin et septembre. Le nombre d'événements pluvieux varie entre 34 pour l'année 1995 et 57 pour l'année 1994, ce qui donne une précipitation médiane par événement entre 3.6 mm (1994) et 8.0 mm (1993). L'événement le plus important a atteint 98 mm et l'intensité maximale est de  $78 \text{ mm h}^{-1}$ .

Les valeurs d'évaporation utilisées ici proviennent de la station ICRISAT de Sadoré (Bac type A), à 50 km de Banizoumbou. De juin à septembre, l'évaporation journalière varie de 0.5 mm à 13.6 mm, la moyenne étant de 5.6 mm. Cette évaporation très élevée, autour de  $2500 \text{ mm an}^{-1}$ , est bien supérieure aux précipitations.

## RESULTATS

Du fait de sa faible superficie, le bassin versant réagit très vite à la pluie et la mare se remplit en quelques heures. La Fig. 2 présente les intensités horaires et les variations du niveau d'eau provoquées par 71 événements pluvieux des années 1995 à 1997. De

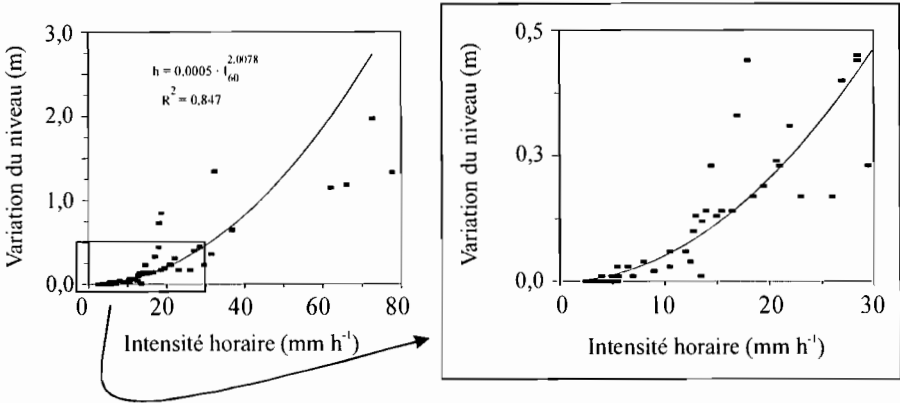


Fig. 2 Relations entre les intensités horaires de précipitation et les variations du niveau de la mare induites pour 71 événements de pluies (1995 à 1997).

multiples facteurs influent sur les écoulements, comme l'état de surface du sol ou sa saturation initiale, mais la seule intensité horaire de la pluie explique déjà beaucoup de la variation de niveau de mare ( $R^2 = 0.847$ ).

La phase de vidange qui suit le remplissage est beaucoup plus lente: elle dure plusieurs jours ou semaines. Elle se fait essentiellement par infiltration vers la nappe (environ 85% de l'eau arrivée à la mare). Les intensités de vidange sont toujours très fortes par rapport à l'évaporation journalière, sauf pendant le dernier épisode de la saison, où la vidange devenue beaucoup lente conduit à l'assèchement total de la mare. La reprise évaporatoire est alors proportionnellement beaucoup plus importante et devient le processus prédominant.

La vidange de la mare dépend de la hauteur d'eau et de la conductivité hydraulique des matériaux qui constituent le lit de la mare. La partie basse des mares est tapissée d'argiles et limons, dont l'épaisseur et la nature commandent la vitesse d'infiltration et le maintien ou non de l'eau pendant plusieurs mois. Dans des mares comme Banizoumbou, le colmatage est relativement grossier et la quasi-totalité de l'eau ruisselée s'infiltré. Dans d'autres mares, à fraction argileuse plus importante, l'eau se maintient plus longtemps dans la mare (Fig. 3).

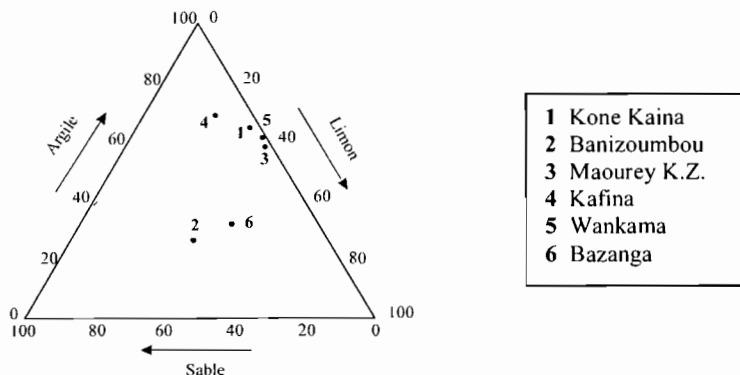
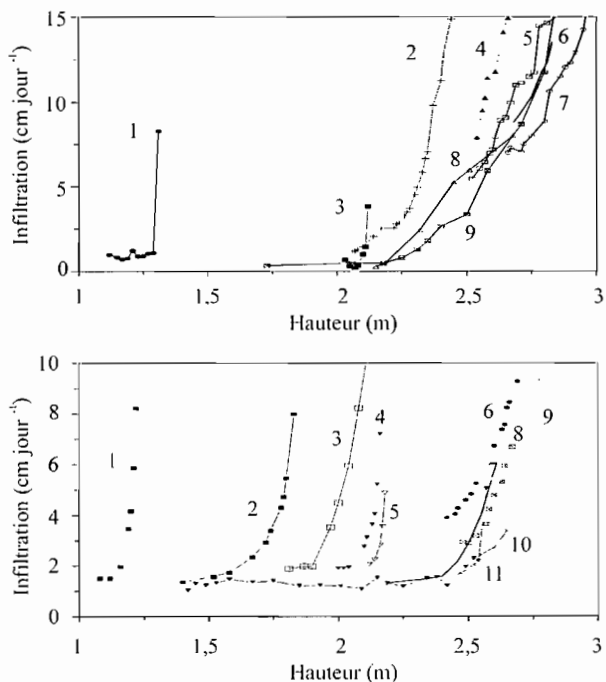
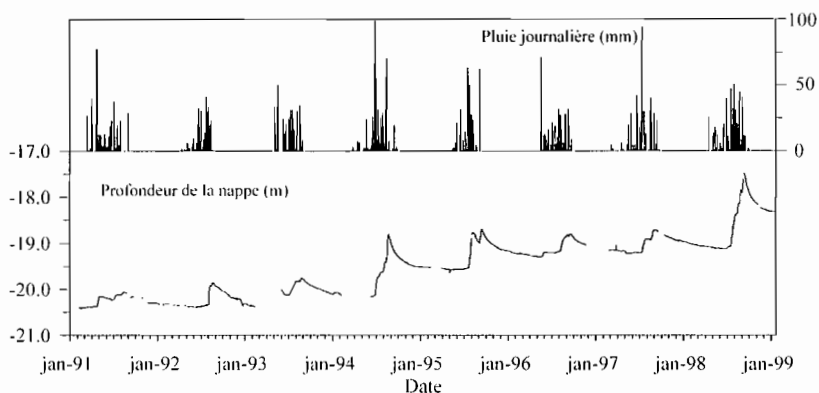


Fig. 3 Granulométrie de la zone colmatée en différentes mares de la région de Niamey.



**Fig. 4** Variations de la vitesse d'infiltration ( $\text{cm jour}^{-1}$ ) en fonction de la hauteur d'eau dans la mare (m) pour les années 1995 et 1997 à Banizoumbou. Les épisodes d'infiltration sont numérotés par ordre chronologique.

L'intensité d'infiltration au début d'un épisode de vidange est variable mais forte (entre 10 et plus de  $100 \text{ cm jour}^{-1}$  pour une année moyenne) et diminue significativement ensuite (entre  $0.5$  et  $2 \text{ cm jour}^{-1}$ ). La première phase correspond à une infiltration se produisant essentiellement au travers de la zone supérieure, non colmatée de la mare (Fig. 4). Dans la deuxième phase, le transfert d'eau ne se produit plus qu'au travers de la zone colmatée, beaucoup moins perméable.



**Fig. 5** Réponse de la nappe aux précipitations pendant une décennie à Banizoumbou.

A l'échelle annuelle, on observe qu'en avançant dans la saison des pluies, une cote de la mare de plus en plus haute est nécessaire pour obtenir une même infiltration (Fig. 4). Cette augmentation progressive du colmatage de la mare a été confirmée par un modèle simple d'infiltration (Martín-Rosales & Leduc, 2003).

La Fig. 5 montre la réponse rapide de la mare aux précipitations mais aussi le décalage important et l'amortissement de la réponse de la nappe à ces événements. La hausse saisonnière de la nappe est généralement de 0.5 m, mais elle atteint 1.4 m dans les années les plus favorables. Elle n'est pas liée au total pluviométrique annuel.

## CONCLUSION

Chaque épisode de crue/décru de la mare montre la juxtaposition d'une phase rapide et d'une phase lente de vidange mais, pour être complète, l'analyse doit aussi être replacée dans la perspective d'une dynamique saisonnière.

De plus, à l'échelle de la décennie, on observe une augmentation du colmatage de la mare mais aussi une hausse à long terme de la nappe de  $21 \text{ cm an}^{-1}$ . La hausse à long terme de la nappe trouve son origine dans le changement spectaculaire de l'environnement (Leduc *et al.*, 2001). A partir des années 50, les cultures de mil ont augmenté très fortement (Loireau, 1998) aux dépens de la végétation naturelle. L'accroissement du ruissellement a, d'une part, augmenté la concentration de l'eau dans les bas-fonds et donc la recharge de la nappe et, d'autre part, augmenté l'érosion hydrique et donc le colmatage des mares.

La mare de Banizoumbou est pleinement représentative d'une région en évolution très rapide et illustre le rôle fondamental de l'anthropisation dans le bouleversement des systèmes naturels, particulièrement en zones semiarides.

## REFERENCES

- Desconnets, J. C., Taupin, J. D., Lebel, T. & Leduc, C. (1997) Hydrology of the HAPEX-Sahel Central Super-Site: surface water drainage and aquifer recharge through the pool systems. *J. Hydrol.* **188–189**, 155–178.
- Leduc, C., Favreau, G. & Schroeter, P. (2001) Long term rise in a Sahelian water-table: the Continental Terminal in south-west Niger. *J. Hydrol.* **243**, 43–54.
- Loireau, M. (1998). Espaces, ressources, usages: spatialisation des interactions dynamiques entre les systèmes sociaux et les systèmes écologiques au Sahel nigérien. Thèse de doctorat, Université de Montpellier III, France.
- Martín Rosalés, W. & Leduc C. (2003). Dynamiques de vidange d'une mare temporaire au Sahel: l'exemple de Banizoumbou (sud-ouest du Niger). Accepté aux *C. R. Géoscience*.

IAHS Publication no. 278  
ISSN 0144-7815



# Hydrology of Mediterranean and Semiarid Regions

*Edited by*

*Eric Servat, Wajdi Najem, Christian Leduc  
& Ahmed Shakeel*





# Hydrology of Mediterranean and Semiarid Regions

Edited by

**ERIC SERVAT**

*IRD, UMR HydroSciences Montpellier (CNRS, UM2, IRD, UMI), Maison des Sciences de l'Eau, BP 64501, F-34394 Montpellier Cedex 5, France*

**WAJDI NAJEM**

*ESIB, Faculté d'Ingénierie de l'Université Saint-Joseph, BP 1514, Beyrouth, Liban*

**CHRISTIAN LEDUC**

*IRD, UMR HydroSciences Montpellier (CNRS, UM2, IRD, UMI), Maison des Sciences de l'Eau, BP 64501, F-34394 Montpellier Cedex 5, France*

**AHMED SHAKEEL**

*Indo-French Centre for Groundwater Research, National Geophysical Research Institute, Uppal Road, Hyderabad 500 007, India*

Papers selected for the international conference on:

**Hydrology of the Mediterranean and Semi-Arid Regions**

held in Montpellier, France, from 1 to 4 April 2003.

This conference was jointly convened by:

UNESCO (United Nations Educational and Cultural Organization)

IAHS (International Association of Hydrological Sciences)

WMO (World Meteorological Organization)

FRIEND AMHY (Flow Regimes from International Experimental and Network Data, Alpine and Mediterranean Region)

IFR ILEE (Institut Fédératif de Recherche, Institut Languedocien de Recherche sur l'Eau et l'Environnement)

**Published by the International Association of  
Hydrological Sciences 2003**

IAHS Press, Centre for Ecology and Hydrology, Wallingford,  
Oxfordshire OX10 8BB, UK

**IAHS Publication no. 278**

**ISBN 1-901502-12-0**

British Library Cataloguing-in-Publication Data.

A catalogue record for this book is available from the British Library.

© IAHS Press 2003

This publication may be reproduced as hard copy, in whole or in part, for educational or nonprofit uses, without special permission from the copyright holder, provided acknowledgement of the source is made. As a courtesy the authors should be informed of any use made of their work. No use of this publication may be made for electronic publishing, resale or other commercial purposes without the prior written permission of IAHS Press.

The papers included in this volume have been peer reviewed and some were extensively revised before publication.

**IAHS is indebted to the employers of the Editors for the invaluable support and services provided that enabled them to carry out their task effectively and efficiently.**

The designations employed and the presentation of material throughout the publication do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of IAHS concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries.

The use of trade, firm, or corporate names in the publication is for the information and convenience of the reader. Such use does not constitute an official endorsement or approval by IAHS of any product or service to the exclusion of others that may be suitable.

The papers were checked, formatted and assembled by Cate Gardner and Penny Farnell at IAHS Press, Wallingford, UK.

Publications in the series of Proceedings and Reports are available *only* from:  
**IAHS Press, Centre for Ecology and Hydrology, Wallingford,  
Oxfordshire OX10 8BB, UK**

tel.: +44 1491 692442; fax: +44 1491 692448; e-mail: [jilly@iahs.demon.co.uk](mailto:jilly@iahs.demon.co.uk)