

Système hydrologique du Yaéré (Extrême-Nord Cameroun), changements climatiques et actions anthropiques: conséquences sur le bilan des transferts superficiels

G. LIENOU, D. SIGHOMNOU, L. SIGHA-NKAMDJOU

Centre de Recherches Hydrologiques BP 4110 Yaoundé, Cameroun
sighomno@camnet.cm

G. MAHE

IRD, 01 BP 182 Ouagadougou, Burkina Faso

G. E. EKODECK & F. TCHOUA

Faculté des sciences, Université de Yaoundé I, Yaoundé, Cameroun

Résumé Ce travail porte sur les bilans des inondations et des matières en suspension d'une plaine d'inondation en milieu sahélien camerounais, dans des conditions hydrologiques déficitaires. Le système hydrologique du Yaéré est alimenté par les eaux torrentielles (Mayos) provenant des monts Mandara à l'ouest et des déversements des eaux de crue du Logone. La plaine est le lieu d'intenses activités agricoles et piscicoles qui conditionnent les différents secteurs d'activité économique. La diminution des apports en eau de surface, apparue au début des années 1970, a réduit considérablement les apports d'eau dans la plaine. Dans l'optique de restaurer les inondations, et de ce fait d'améliorer la productivité agricole, pastorale et halieutique, un barrage de retenue a été construit en 1979 dans la localité de Maga. Après une présentation du bilan des flux liquides et des matières en suspension dans le Yaéré, nous comparons les résultats antérieurs aux aménagements hydroagricoles d'une part et au début de la sécheresse d'autre part. Outre une actualisation du bilan hydrologique de l'hydrosystème, les résultats montrent que les aménagements hydroagricoles, tout en contribuant à l'accentuation du déficit en apport d'eau dans la plaine, ont participé à son appauvrissement en limons du fait du rôle de piège joué par le lac de Maga. Cet élément pourrait d'avantage expliquer la baisse de la productivité de la plaine que la réduction des apports en eau seule.

Mots clefs Cameroun; bilan hydrologique; Logone; matières en suspension; plaine d'inondation

Key words Cameroun; water balance; Logone; suspended sediment; flood plain

INTRODUCTION

Située en zone sahélienne, la province de l'Extrême-Nord Cameroun est occupée par une grande plaine qui s'étend des pieds des monts Mandara jusqu'aux limites sud du lac Tchad. La limite Est est marquée par les bourrelets de berge du fleuve Logone. Les activités humaines dans cette région du Cameroun sont liées à la présence de l'eau dans la plaine. Plusieurs travaux ont permis de comprendre le fonctionnement de l'hydrosystème. Ainsi, en plus des apports dus aux précipitations directes (60%), la plaine reçoit ses eaux des Mayos des monts Mandara (5%), mais aussi et surtout des crues du

Logone (35%) (Naah, 1990). Les effets des crues du Logone sont comparables à ceux du Nil en Afrique orientale ou des fleuves Niger et Sénégal en Afrique de l'ouest. Mais, la baisse de l'hydraulicité des fleuves est ressentie également dans les lacs et les plaines d'inondation qu'ils alimentent, avec des conséquences évidentes sur leur productivité (agriculture, élevage, pêche etc.). Suite à la baisse des précipitations, et à la baisse des hydraulicités, les surfaces inondées se sont amenuisées considérablement, entraînant une dégradation de l'environnement, et par-là du tissu socio-économique. Des aménagements hydroagricoles intervenus dans la région, afin de réduire la dépendance de l'agriculture vis à vis des précipitations, ont modifié le bilan hydrologique tout en aggravant le déficit en alimentation en eau de la plaine (Sighomnou & Naah, 1997).

Cette plaine est la zone d'accumulation par excellence des particules transportées par les rivières. Ces dépôts constituent la principale source d'éléments fertilisants dans la plaine. En nous basant sur les données des stations de longue durée, nous faisons ressortir les parts de la sécheresse et des aménagements dans le déficit d'apport en eau dans la plaine. Un bilan des apports en matières en suspension sera aussi présenté. A la différence des travaux antérieurs, celui-ci met en évidence l'influence des aménagements sur les apports en eau et de matières dans la plaine.

LE MILIEU PHYSIQUE DE L'EXTRÊME-NORD ET LA DYNAMIQUE DES INONDATIONS DU YAÉRÉ

Milieu physique et données de l'étude

L'Extrême-Nord Cameroun, au-delà du 10^e parallèle, est une région contrastée géographiquement et climatiquement. Ainsi, les montagnes occidentales sur lesquelles l'érosion a provoqué la formation de modelés sauvages s'opposent à la plaine alluviale, à l'Est, que les eaux de pluies et les épanchements du fleuve Logone transforment en vastes marécages, les Yaérés (Fig. 1). Les monts Mandara sont aussi recensés parmi les régions de peuplement dense du Cameroun (plus de 100 habitants km⁻²).

La partie ouest se distingue par ses massifs montagneux et inselbergs qui culminent à 1400 m, formés de roches cristallines et volcaniques. Ces formations sont couvertes d'arènes détritiques et de lithosols peu évolués, essentiellement sableux et mal protégés contre l'érosion. Les matériaux issus de la dégradation forment en zone de piémont, des alluvions à fortes proportions d'argiles à mesure qu'on avance vers la plaine.

Les données de débit utilisées pour cette étude sont issues des chroniques des stations de longue durée, certaines depuis le début des années 1950. Les observations faites sur les Mayos et les défluent du Logone n'ont commencé qu'à la fin des années 1960. Les moyennes pluviométriques sur la plaine sont établies à partir de trois stations de longue durée pour la période 1950–1969. Le réseau de calcul est élargi à six autres stations dont les observations ne commencent qu'au début des années 1970. Les mesures des matières en suspension ont été entreprises notamment pour le Mayo Tsanaga et le Mayo Motorsolo dès la fin des années 1960. Celles-ci ont permis d'estimer le transport spécifique dans la région des monts Mandara (Nouvelot, 1969; Olivry *et al.*, 1974). Mais des mesures systématiques des matières en suspension sur l'ensemble des Mayos ont été effectuées au cours des années 1980 (Naah, 1990).

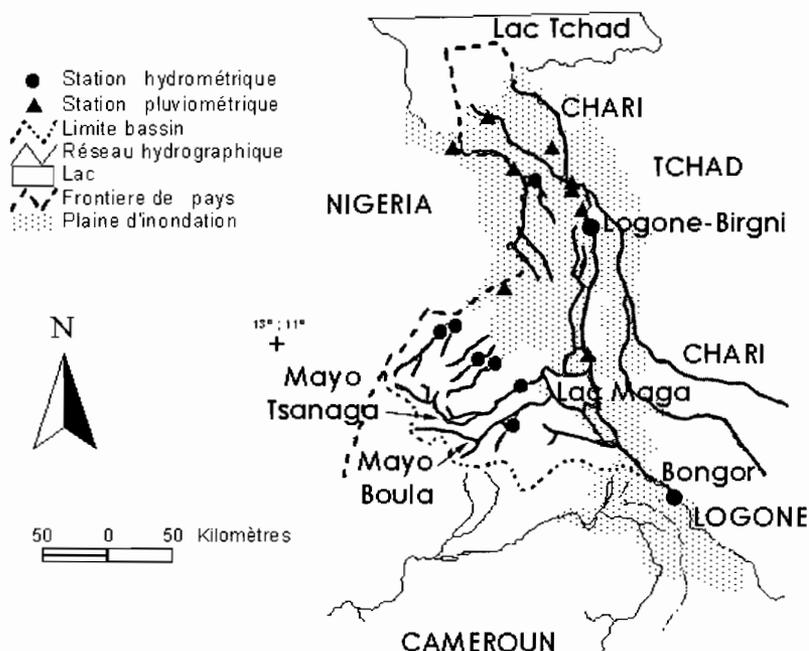


Fig. 1 Plaine d'inondation du Logone.

Dynamique des inondations

Les aménagements entrepris dans la région ont perturbé de manière assez significative le mécanisme de remplissage et de vidange de la plaine, décrit par Benech *et al.* (1982), Olivry (1986) et Naah (1990). Dès le mois de mai, les premières pluies saturant les sols argileux qui, en gonflant, ferment les fentes de dessiccation. La strate herbacée démarre son développement et les mares commencent à se remplir. A partir du mois d'août, les apports des Mayos provoquent les premiers écoulements sous forme de minces filets, suivant les fines dépressions dans la plaine. Aux mois de septembre et octobre, le Logone couvre plus ou moins la plaine de ses eaux de crue. En raison de la nature argileuse des sols, les zones d'infiltrations sont réduites, limitées aux principaux axes d'écoulements. La nappe d'eau couvrant la plaine est alors, pour l'essentiel, reprise par l'évaporation. Une partie rejoint le lac Tchad, en année de bonne hydraulicité, par l'El Beid notamment.

Dans la localité de Maga, au sud-est de la plaine, une digue de 27 km de long, construite en 1979 retient dans une dépression les eaux du Mayo Tsanaga et du Mayo Boula essentiellement. Il y est en outre prévu une alimentation contrôlée par une vanne à partir d'un défluent du Logone. Quatre ouvrages de prise d'eau aménagés sur la digue servent à irriguer par gravité les périmètres rizicoles de la Société d'Expansion et de Modernisation de la Riziculture à Yagoua (SEMRY). Le volume maximum annuel de prélèvement est de 340 millions de m³ environ (Naah, 1990).

EFFETS CONJUGUÉS DE LA SÉCHERESSE ET DES ACTIVITÉS ANTHROPIQUES

Sur les écoulements de surface

Depuis le début des années 1970, le Yaéré subit la péjoration des régimes hydroclimatiques que connaissent les sous-régions d'Afrique occidentale et centrale. Le Logone constitue l'essentiel du réseau hydrographique de la région. Les informations disponibles sur les régimes des Mayos sont très limitées et discontinues. Néanmoins, l'analyse des débits du Logone dessine quelques tendances des régimes des inondations. Aussi, pour présenter l'impact de la sécheresse sur les crues du Logone et par voie de conséquence sur les inondations, nous avons comparé (Fig. 2) les débits moyens journaliers caractéristiques dépassés pendant un mois (DC11) aux stations de Bongor et Logone-Birni, entre lesquelles se produisent les débordements d'une part, et les écoulements de El Beid, principale voie de vidange de la plaine d'autre part.

Les DC11 à Bongor passent en moyenne de $1900 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ avant 1970, année de rupture climatique (Paturel *et al.*, 1998), à $1150 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ pendant la période sèche, soit une baisse d'environ 40%. Pendant la récente période sèche, on peut classer les échanges entre le Logone et la plaine en trois catégories:

- la première catégorie est constituée par les années pour lesquelles les DC11 à Bongor sont supérieurs à la moyenne de $1150 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Les inondations sont suffisamment importantes pour atteindre le El Beid. Ses modules sont alors proportionnels aux modules du Logone à Bongor,
- la deuxième catégorie regroupe les années au cours desquelles les pertes du Logone ne sont pas assez importantes pour atteindre le El Beid. Les eaux d'inondation sont alors reprises principalement par l'évaporation,
- la dernière catégorie regroupe les années de recrudescence de la sécheresse telles 1972, 1984, 1987, 1992 et 1997. Les débordements sont pratiquement nuls. La plaine ne reçoit que les eaux de pluie et celles de quelques Mayos, qui suffisent à peine pour saturer le sol.

L'importance des Mayos dans l'alimentation de la plaine en eau et en matières issues de l'érosion, notamment des limons a été évoquée plus haut. Le Mayo Tsanaga et le Mayo Boula, drainent près de 50% de la superficie des monts Mandara. La Fig. 3 indique, pour chaque année, les volumes d'eau écoulés par les deux rivières et qui transitent par le lac de Maga. Elle montre que les apports de ces deux Mayos dépassent la capacité du lac (600 millions de m^3). Durant les années de bonne hydraulité, un volume important d'eau excédentaire est évacué vers le Logone via le déversoir de Pouss. Ces pertes pour la plaine, sont estimées en année moyenne à $0.539 \times 10^9 \text{ m}^3$. Elles atteignent en années de forte hydraulité $2 \times 10^9 \text{ m}^3$.

Le Tableau 1 présente le bilan des apports d'eau dans le Yaéré. La dernière ligne indique les volumes écoulés par l'El Beid. On note que depuis une trentaine d'années, les volumes d'eau reçus par la plaine s'amenuisent considérablement. La décennie 80 se distingue par une absence presque totale d'inondation, due notamment aux aménagements (mise en eau du lac de Maga et endiguement des berges du Logone).

Au total, si la baisse des volumes d'eau reçus par la plaine est imputable à la seule sécheresse au cours de la décennie 70, elle a été accentuée durant la décennie 80 par

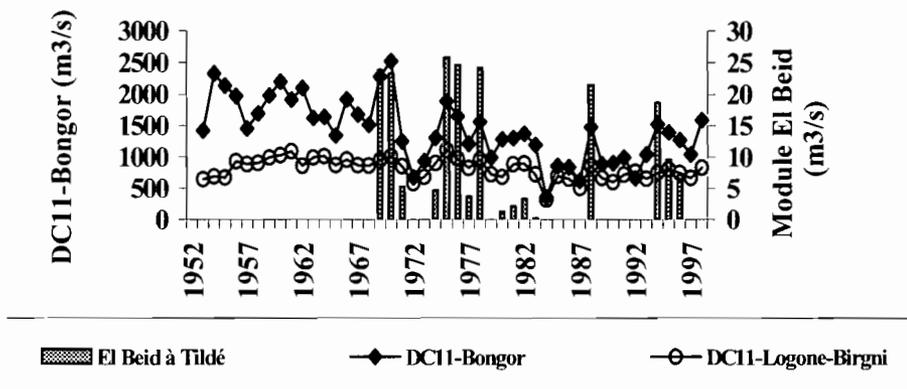


Fig. 2 Variations des crues du fleuve Logone (DC11) aux stations de Bongor et de Logone-Birmi, conséquences sur les écoulements de El Beid.

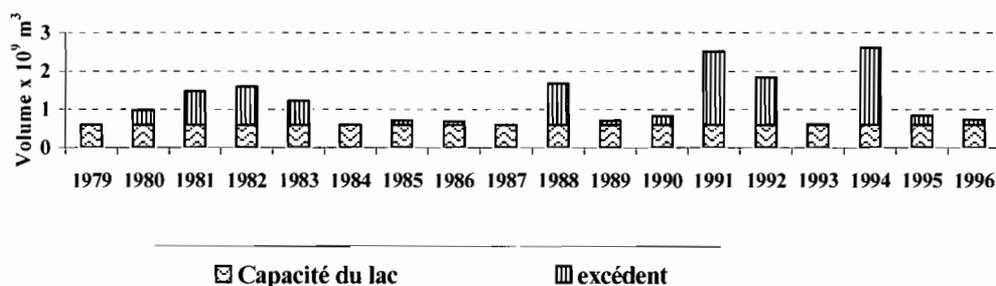


Fig. 3 Evolution des volumes d'eau annuels transitant par le lac de Maga.

Tableau 1 Bilan des apports en eau dans le Yaéré (en 10^9 m^3).

	Avant rupture (1950–1969)	Décennie 1970	Décennie 1980 (influence du lac)	Période 1990–1997 (influence du lac et ré-inondation)
Pluies	+4.92	+4.15	+3.56	+4.36
Logone à Bongor	17.29	15.27	8.42	11.12
Déversements	+4.73	+3.28	+0.16	+2.70
Mayos	–	+1.07	+0.38	+0.48
Volumes des sorties par El Beid (station de Tildé)	–	–0.352	–0.096	–0.28

les aménagements. La prise en considération des conséquences de ces aménagements (Driver & Van Wetten, 1992) a conduit à la mise en place d'un projet de ré-inondation du Yaéré. Les premiers résultats obtenus pendant la décennie 1990 montrent une reprise progressive des inondations.

Sur les transports solides en suspension

La région des monts Mandara compte parmi les deux les plus érodables du Cameroun. Les concentrations des torrents en matières en suspension sont de l'ordre de 1600 g m^{-3}

et les flux moyens spécifiques sont de $210 \text{ t km}^{-2} \text{ an}^{-1}$ avec des valeurs maximales pouvant dépasser $1000 \text{ t km}^{-2} \text{ an}^{-1}$, surtout en début de saison des pluies. Ces matières transportées depuis les zones de cultures amont sont décantées dans la plaine à la faveur de la faiblesse des pentes et de la densité de la végétation herbacée. Ceci représente en année moyenne $1.6 \times 10^6 \text{ t}$ de matériaux, essentiellement des limons. L'apport annuel du fleuve Logone en matières en suspension à la plaine d'inondation est estimé à $0.897 \times 10^6 \text{ t}$ (Gac, 1980). Dans les conditions naturelles (sans influence anthropique), un total de $2.5 \times 10^6 \text{ t}$ de matières en suspension sont déposées dans la plaine en année moyenne. Cette valeur semble importante au regard des apports en suspension du fleuve Chari dans le lac Tchad, estimés à $2.83 \times 10^6 \text{ t}$ (Gac, 1980).

Depuis la fin des années 1970, la retenue de Maga piège l'essentiel des matières en suspension transportées par du Mayo Tsanaga et du Mayo Boula, soit environ 0.716 t an^{-1} . Le Tableau 2 présente le bilan des matières en suspension déposées dans la plaine avant et après le barrage.

Il ressort de ce tableau que, si la baisse des crues du fleuve Logone a inéluctablement entraîné celle des apports en suspension dans le Yaéré, le lac de Maga est responsable pour plus de 80% du déficit de limons dans la plaine du nord Cameroun. Ce lac reçoit en année moyenne un volume de $0.55 \times 10^6 \text{ m}^3$ de matières en suspension.

Les études menées dans le haut bassin du Mayo Tsanaga (Olivry & Hoorelbecke, 1975) ont montré un important charriage de fond, représentant 46% du transport en suspension. Ces résultats corroborent les observations directes faites aux stations de Maroua et de Bogo, où des bancs de sable sont déplacés après la crue. Ces phénomènes concourent à estimer les apports en matières solides au lac de Maga à $0.80 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ an}^{-1}$, soit un taux de comblement de 0.15%.

Tableau 2 Bilan des apports en suspension dans le Yaéré en 10^6 t .

	Avant barrage 1969–1973	Après barrage 1983–1986	Déficit
Monts Mandara	1.6	0.884	0.716
Fleuve Logone	0.897	0.768	0.129
Total	2.497	1.652	0.84

CONCLUSION

Les inondations dans la plaine du Logone ont connu les effets de la baisse des écoulements observée au Sahel depuis le début des années 1970. Le bilan des apports montre que les aménagements entrepris dans le but d'une amélioration de la gestion de la ressource en eau insuffisante, ont contribué plutôt à accroître le déficit des apports à la plaine. Les études sur les transports des matières solides en suspension n'ont pas atteint l'ampleur qu'aurait mérité la complexité du système Mandara-Logone dans l'Extrême-Nord Cameroun. Mais il nous a paru nécessaire de présenter cette synthèse qui, en faisant le point sur les transports solides vers le Yaéré et le lac de Maga, apporte des éléments d'explication aux modifications du système environnemental survenues dans cette région. Une étude en cours permettra de mieux comprendre l'évolution des régimes liquides et solides du Mayo Tsanaga.

Remerciements Les auteurs remercient le Projet Waza-Logone, la Direction des Ressources en Eau et de la Météorologie (DREM) du Tchad, la Commission du Bassin du Lac Tchad (CBLT) et le Centre de Recherches Hydrologiques (CRH) du Cameroun pour avoir mis à leur disposition les données récentes nécessaires pour cette étude.

REFERENCES

- Benech, A., Quensière, J. & Vidy, G. (1982) Hydrologie et physico-chimie des eaux d'inondation de la plaine d'inondation du Nord Cameroun. *Cahiers ORSTOM, sér. Hydro, 19(1)*. Paris, France.
- Drijver, C. A. & Van Wetten, J. C. J. (1992) Les zones humides sahéliennes à l'horizon 2020. Modifier les politiques du développement ou perdre les meilleures ressources du Sahel. Un projet de Birdlife International. CML, Pays Bas.
- Gac, J. Y. (1980) Géochimie du bassin du lac Tchad. *Trav. et Doc. ORSTOM, no. 123*. Paris, France.
- Naah, E. (1990) Hydrologie du grand Yaéré du nord Cameroun. Thèse de doctorat ès sciences, Université de Yaoundé, Cameroun.
- Nouvelot, J. F. (1969) Mesure et étude des transports solides en suspension au Cameroun. ORSTOM, Yaoundé, Cameroun.
- Olivry, J. C., Hoorelbecke, R. & Andiga, J. (1974) Quelques mesures complémentaires de transports solides en suspension au Cameroun. ORSTOM, Yaoundé, Cameroun.
- Olivry, J. C. & Hoorelbecke, R. (1975) Etude hydrologique du haut-bassin du Mayo Tsanaga à Mokolo (1974–1975), Rapport définitif. Institut de Recherches Géologiques et Minières, ONAREST, ORSTOM, Yaoundé, Cameroun.
- Olivry, J. C. (1986) Fleuves et rivières du Cameroun. *Collection Monographies Hydrologiques no. 9*. MESRES, ORSTOM, Paris, France.
- Patourel, J. E., Servat, E., Kouame, B. & Travaglio, M. (1998) Variabilité des régimes pluviométriques et hydrologiques en cette fin de siècle en Afrique de l'ouest et centrale. *Sud Sciences & Technologies no 2*, 44–55. EIER, Ouagadougou.
- Sighomnou, D. & Naah, E. (1997) Gestion des ressources en eau et développement durable. Un exemple dans la province de l'Extrême-Nord Cameroun. In: *Friend'97 – Regional Hydrology: Concepts and Models for Sustainable Water Resource Management* (ed. by A. Gustard, S. Blazkova, M. Brilly, S. Demuth, J. Dixon, H. van Lanen, C. Llasat, S. Mkhani & E. Servat) (Proc. third FRIEND conf., Postojna, Slovenia, September–October 1997), 355–363. IAHS Publ. no 246.

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