Hydrology in a Changing World: Environmental and Human Dimensions
Proceedings of FRIEND-Water 2014, Montpellier, France, February 2014 (IAHS Publ. 363, 197-202, 2014).

L'aménagement des barrages de retenue d'eau, une stratégie d'adaptation à la sécheresse dans le bassin du fleuve Niger?

G. LIENOU[1], G. MAHE[2], S.L. PIIH[1], D. SIGHOMNOU[3], J. E. PATUREL[4] & F. BAMBA[5]

1 Université Yaoundé I, Yaoundé, Cameroun, BP 812
liengast@yahoo.fr
2 IRD/HSM, Université Mohammed V Agdal, BP 8967, 10 000 Rabat Agdal, Morocco
3 OMM, 7 bis, Av. de la Paix, Case postale 2300, CH-1211 Genève 2, Switzerland
4 IRD/HSM, 2iE, Rue de la Science, 01 BP 594, Ouagadougou 01, Burkina Faso
5 Ecole Nationale d'Ingénieurs, Bamako, Mali

Resume L'objectif de cette étude, réalisée essentiellement à partir d'analyses statistiques spatiales et temporelles, est de donner un aperçu global des barrages de retenues d'eau construits sur le bassin du fleuve Niger. La capacité des barrages est comprise entre 0,04 Mm^3 et 15 10^3 Mm^3. Deux des neuf pays, Burkina Faso et Nigéria, concentrent dans les parties moyennes et inférieures du bassin 94% de barrages inventoriés, qui retiennent 47% du volume d'eau stockée. Les prochains projets de barrage concernent plutôt la partie amont du bassin qui devrait avoir un effet positif pour la mobilisation des ressources en eau (légère réduction du pic de crue et soutien d'étiage important) mais qui réduiraient aussi les surfaces inondées dans le Delta Intérieur du Niger au Mali. Plus de la moitié (60%) des barrages ont été construits pendant les décennies 1970 et 1980 avec plus de 70% d'entre eux mis en eau durant la décennie 1980. Le dénombrement par période de cinq ans des barrages mis en eau au cours de ces deux décennies indique 12 constructions entre 1970 et 1974, 21 entre 1975 et 1979, 38 entre 1980 et 1984 et 45 entre 1985 et 1989. Les quantités d'eau stockées ont suivi la même évolution. Les années pendant lesquelles un plus grand nombre de barrage est construit correspondent à celles pendant lesquelles la sécheresse a été plus importe en Afrique de l'ouest. On pourrait penser que la sécheresse a induit un engouement à la construction des barrages, qui pourrait être interprété comme une des stratégies d'adaptation.

Mots clés fleuve Niger; changement climatique; Barrages

Is the building of dams an adaptation strategy to fight against drought in the basin of the River Niger?

Abstract The objectives of this study realized essentially from spatial and temporal statistical analyses, is to give a global outline of dams in the basin of the River Niger. The capacity of dams is between 0.04 Mm^3 and 15×10^3 Mm^3. Two out of nine countries, Burkina Faso and Nigeria, concentrate 47% of water in 94% of the dams built in the lower and mean parts of the basin. The future dam projects concern instead the superior part of the basin and should have a positive effect on the mobilization of water resources (light reduction of floods peak and support of important low-water mark) and should also reduce flooded surfaces in the Interior Delta of Niger in Mali. More than half of the dams (60%) were built in the 1970 and 1980 decades; more than 70% of these dams were built during the 1980 decade. The classification of these dams by period of five years indicates that 12 were built between 1970 and 1974, 21 between 1975 and 1979, 38 between 1980 and 1984 and 45 between 1985 and 1989. The increment of water stored matches this evolution. The years in which most dams were built correspond to the important period of drought in western Africa. We could therefore conclude that drought significantly induced the construction of dams, which could be interpreted as one of the adaptation strategies.

Key words River Niger; climate change; dams

INTRODUCTION

Le Niger est le troisième grand fleuve d'Afrique par sa longueur (4200 km). Il occupe une surface d'environ 2.2 million km², dont 1.5 hydrologiquement actives. Il est la principale artère de communication de plusieurs zones notamment sahéliennes qu'il traverse et constitue leur principale ressource en eau. Situé au cœur de l'Afrique de l'Ouest, ce bassin intègre les différentes facettes de la variabilité climatique et de changement de régime hydrologique bien documentées dans cette sous-région (Hulme, 1992; Janicot, 1992; Moron, 1994; Paturel *et al*., 1997, 1998; Mahé & Olivry, 1999; Mahé *et al*., 2001, 2011). Face à ce phénomène, les communautés ont développé des stratégies d'adaptation aux nouvelles conditions hydro-climatiques. A partir d'un inventaire de barrages et de leurs caractéristiques (ABN, 2007), on analyse la fréquence de

Copyright © 2014 IAHS Press

construction des barrages et des volumes d'eau associés, afin de dégager des analogies avec le paroxysme de la sécheresse, connu au cours de la décennie 1980.

Regime d'ecoulement et evolution des debIts du fleuve Niger

L'extension du bassin versant du fleuve Niger sur des entités climatiques africaines différentes confère au cours principal et à ses affluents des régimes hydrologiques assez différents, qui ont aussi évolué en raison du changement climatique et des impacts anthropiques. La crue sur le cours principal en amont se forme au cours des 6–7 mois de la saison des pluies tropicales (Fig. 1). Cette crue est amortie et décalée à la traversée du delta intérieur et de la boucle sahélienne, principalement par évaporation et infiltration. L'écoulement reprend un peu de vigueur grâce aux apports des affluents sahéliens du Burkina-Faso et du Niger ainsi que de la Sokoto River au Nigéria. Mais aujourd'hui plus de la moitié du débit du Niger inférieur vient de la rivière Bénoué.

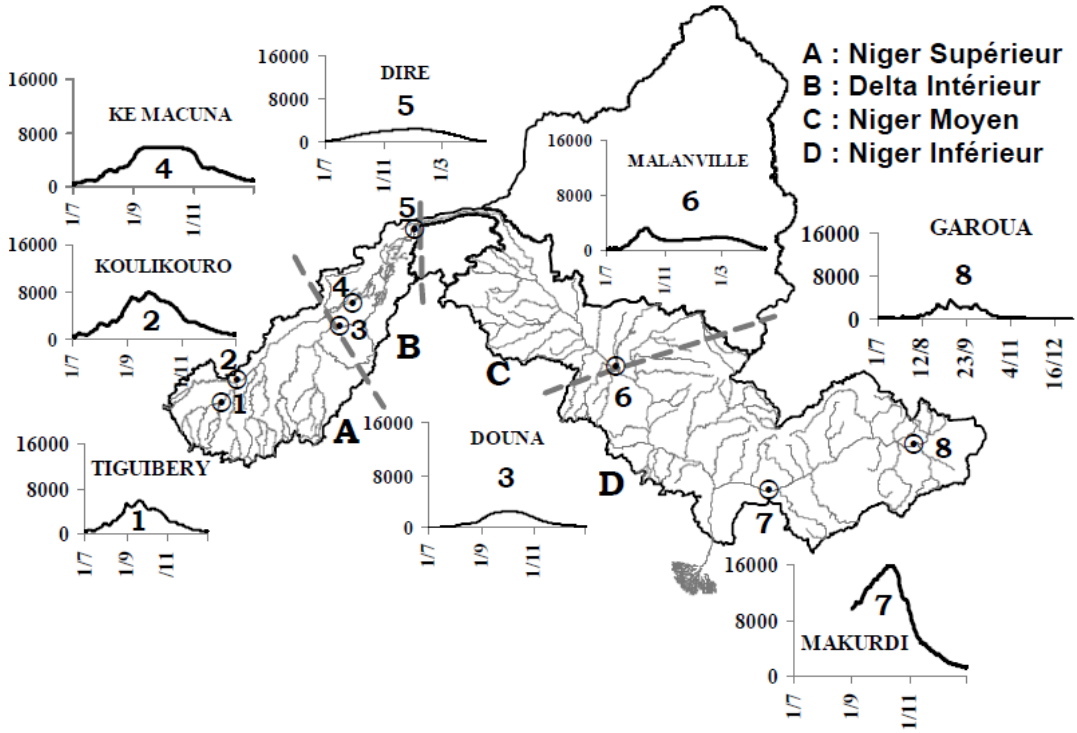

Fig. 1 Régimes hydrologiques du fleuve Niger et ses affluents.

Les différentes facettes de l'évolution des écoulements du fleuve Niger et de ses affluents sont décrites par Mahé et al. (2011) (fig. 2). Globalement, le fleuve et ses affluents ont intégré toutes les modifications hydro-climatiques et environnementales connues en Afrique de l'Ouest; (i) les débits annuels ont varié fortement à toutes les stations, (ii) à partir des années 1970 les débits ont diminué de façon significative, (iii) cette diminution est amplifiée durant les années 1980, avant de connaitre une légère accalmie au cours des années 1990, enfin, (iv) les écarts entre la moyenne avant et après 1970 sont compris globalement entre –20% et –40%, avec un maximum de - 63% enregistré sur le Bani à Douna, représentant le record de baisse enregistré en Afrique de l'Ouest et Centrale.

En passant la zone la plus aride de son bassin, le fleuve Niger est soutenu par les affluents sahéliens dont les écoulements ont paradoxalement augmenté, du fait des modifications des états de surface. Ceci est appréciable à la station de Niamey, où la crue estivale due à ces affluents de rive droite est maintenant fréquemment supérieure à la crue du bassin amont (Mahé *et al*., 2003; Descroix *et al.*, 2009; Mahe & Paturel, 2009; Sighomnou *et al.*, 2013).

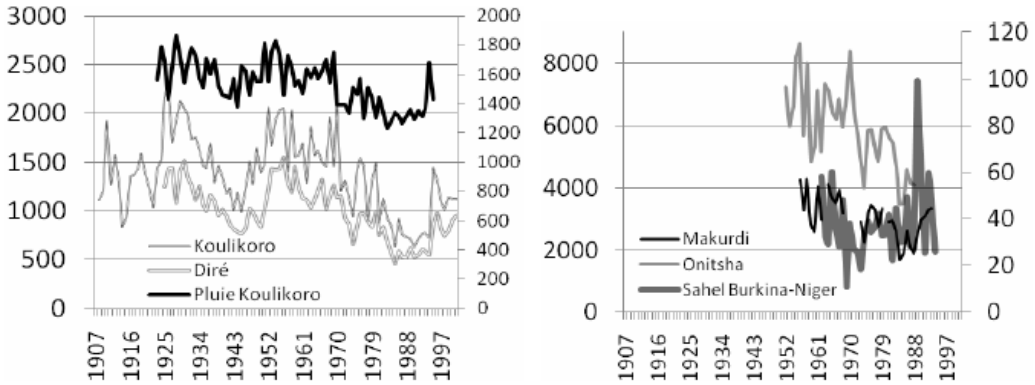

Fig. 2 Ouelles facettes de la variabilité hydrologique sur le bassin du fleuve Niger. A gauche : débits annuels en m^3/s aux stations de Koulikoro et Diré sur le fleuve Niger de 1907 à 2000, et pluies en mm sur le bassin de Koulikoro de 1923 à 1995 (ordonnée à droite). A droite : débits aux stations de Makurdi et Onitsha sur le fleuve Niger (ordonnée à gauche), et débits du groupe de stations "Sahel Burkina-Niger" (ordonnée à droite).

Barrages construits dans le bassin du fleuve Niger

Dans une vision de maitrise des ressources en eau du fleuve Niger, pour leur utilisation efficiente, plusieurs barrages de retenues d'eau ont été construits sur le cours principal du fleuve et ses affluents, certains depuis le début du siècle. L'harmonisation et la coordination de la mise en valeur des ressources en eau du Niger sont confiées à un organisme inter-état, l'Autorité du Bassin du Niger (ABN), basé à Niamey. Dans le souci de coordonner la gestion des ressources en eau du bassin, l'ABN a fait en 2007 un état des lieux de l'ensemble des barrages déjà construits et en projet sur le bassin. Les barrages sont inégalement répartis. Ceux déjà construits sont globalement situés dans les parties moyennes et inférieures du bassin alors que les prochains projets de barrages concernent plutôt la partie amont du bassin (Fig. 3). Zwarts *et al*. (2005) présentait déjà les pertes en aval des barrages de Sélingué et de Sotuba (construits) et du barrage de Fomi (en projet), notamment dans le delta intérieur du fleuve Niger, où il montre que la gestion des réservoirs de Sélingué et de Fomi entrainerait une contraction de la zone de l'inondation maximale de l'ordre de 3000 km^2. Il est montré que le delta intérieur du fleuve Niger souffre déjà de la recrudescence de la sécheresse (Mahé *et al*., 2009). Les barrages qui verront le jour sur le bassin amont auront un effet positif local sur la mobilisation des ressources en eau. Mais ils renforceront considérablement la vulnérabilité du delta intérieur du Niger, en accentuant la réduction des inondations (Liénou, 2013).

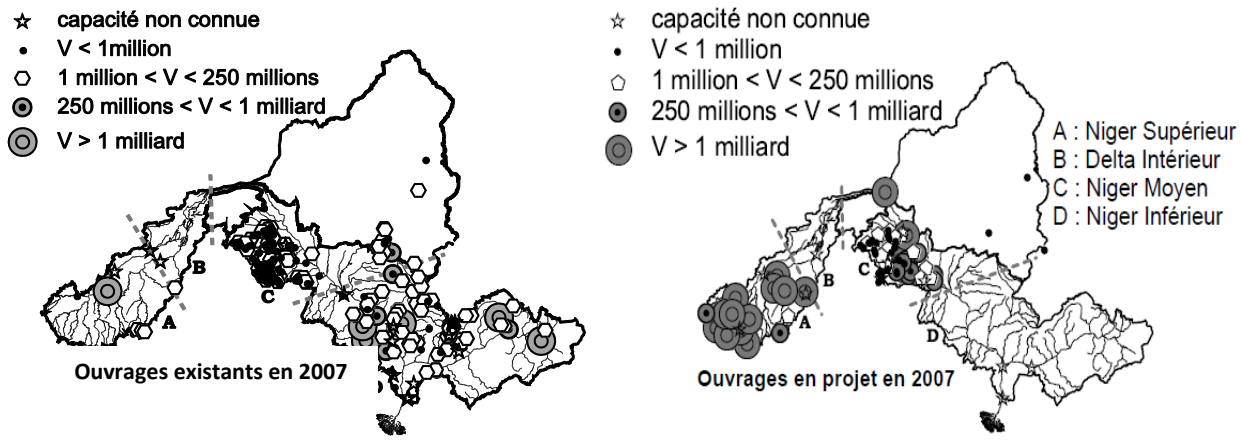

Fig. 3 Ouvrages existants et en projet sur le bassin du fleuve Niger.

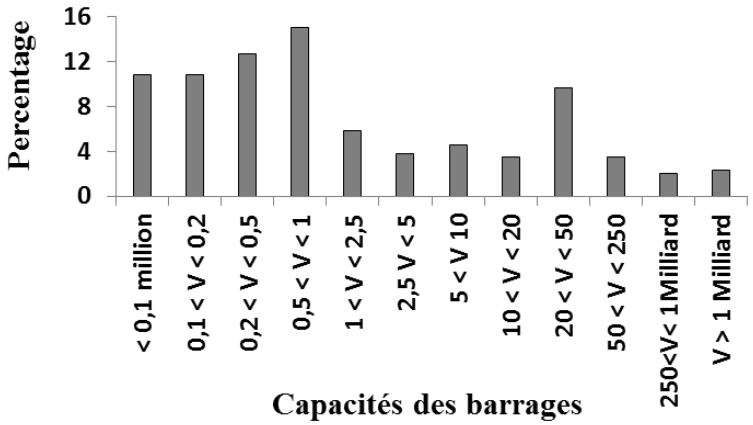

Fig. 4 Capacités des barrages construits sur le bassin du fleuve Niger.

Les informations sur les caractéristiques des ouvrages sont disponibles pour 209 ouvrages, soit 80% des barrages inventoriés sur le bassin versant du fleuve Niger. Il y a très peu de grands ouvrages; 50% ont des capacités inférieures à 1 millions de m^3, alors que 2% seulement dépassent 1 milliard de m^3 (Fig. 4).

Les barrages existants dans le bassin du Niger n'ont pas été construits à la même période. Les premiers ouvrages de retenu d'eau sont construits sur le bassin du Niger au cours des années 1920. Les barrages ont été comptabilisés par séquence de cinq ans. L'évolution du cumul des barrages et de la fréquence est représentée à la Fig. 5. La fréquence de construction de ces barrages a évolué différemment. Les courbes présentent trois phases :

– 1ère phase; 1920–1969 (50 ans): pendant cette période, seulement 25% des barrages ont été construits, et de façon assez progressive;
– 2ème phase; 1970–1989 (20 ans): 60% des barrages ont été construits pendant cette période. Le rythme de construction de barrages au cours de ces années est exceptionnel. Il apparait que 33 ouvrages (30%) sont créés pendant la décennie 1970 et 83 (70%) pendant la décennie 1980. Les quantités d'eau stockées ont suivi la même évolution;
– 3ème phase; 1990 à 2006, avec 15% de barrages créés présente une stabilisation dans le processus de construction.

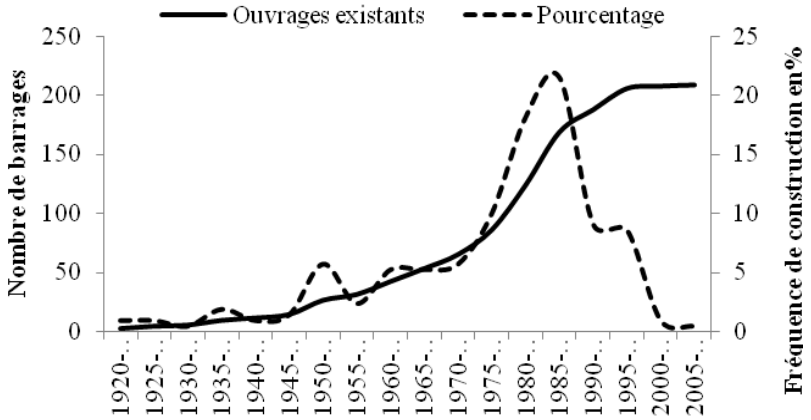

Fig. 5 Fréquence de construction des barrages sur le bassin du fleuve Niger

ANALYSES ET DISCUTIONS

Pendant plusieurs décennies la pénurie d'eau a été un grave problème pour des communautés vivant le long du fleuve Niger et ses affluents, dont les économies en sont tributaires. Ces dernières sont de ce fait sujettes à d'importantes variations saisonnières liées aux précipitations et aux débits du fleuve.

Une cinquantaine d'ouvrages ont été construits en 50 ans, avant 1970. Après cela, on observe un accroissement de la fréquence de construction des ouvrages, qui passe d'abord à 33 en dix ans, pendant la décennie 1970, puis à 83 pendant la décennie 1980. Paturel *et al*. (2010), en analysant 52% des ouvrages inventoriés sur le bassin de Bani, affluent du fleuve Niger, constate que beaucoup sont créés après les années 1983–1984. Piih (2011) a analysé le rythme de création des barrages sur les portions nationales de deux pays partageant le bassin du fleuve Niger (Burkina Faso et Nigéra) et a abouti à une conclusion identique.

Le rythme de mis en œuvre des projets de construction des barrages dans le bassin versant du fleuve Niger présente des similitudes avec la récente sécheresse connue dans la sous-région d'Afrique de l'Ouest et du Centre. La phase la plus importante correspond à la décennie 1980, paroxysme de la sécheresse. Il semble de ce fait que l'engouement de la création des hydro-aménagements a été une des stratégies d'adaptation aux nouvelles conditions de sécheresse.

Le volume total d'eau écoulé sur le bassin du Niger est connu à la station d'Onistha. En année moyenne, ce volume est évalué à 180×10^9 m^3. Les barrages construits stockent 42×10^9 m^3, soit 23% du volume écoulé. Si tous les barrages projetés sont construits, ils porteront se taux à 50%. Les barrages sont construits principalement pour l'irrigation, l'hydroélectricité et l'approvisionnement en eau potable. Malgré le volume d'eau stocké, seulement 1 à 5% des terres cultivées dans le bassin sont irriguées. Il semblerait que pour la production électrique et l'approvisionnement en eau potable, les taux de satisfaction sont faibles. L'exemple pris sur le barrage de Lagdo au Cameroun (Piih, 2011) montre que seulement 40% du volume d'eau stocké annuellement sont utilisés pour l'irrigation et la production électrique.

CONCLUSION

Le fleuve Niger par sa position au centre de l'Afrique de l'Ouest intègre au mieux les différentes facettes de la variabilité hydro-pluviométrique connues dans cette région. Il est montré que les variabilités d'origine climatique ont eu des répercussions sur les activités humaines. Mais aussi que certaines activités humaines, parfois en réaction aux nouvelles conditions de sécheresse, ont modifié les régimes d'écoulement, pouvant avoir des rétroactions négatives.

Ce travail montre la similitude entre la sécheresse et la fréquence de mise en œuvre des projets d'hydro-aménagement. Les années d'intense sécheresse correspondent à celles pendant lesquelles plus de barrages sont construits. Si les évolutions du climat doivent continuer à modifier le régime du fleuve du fleuve (Ardoin-Bardin *et al*., 2009), Il conviendrait de réfléchir sur l'équilibre entre les avantages et les inconvénients des ouvrages construits et ceux à construire.

BIBLIOGRAPHIE

ABN (2007) Evaluation des prélèvements et des besoins en eau pour le modèle de simulation du bassin du Niger. Rapport définitif.

Ardoin-Bardin, S., Dezetter, A., Servat, E., Paturel, J. E., Mahé, G., Niel, H. & Dieulin, C. (2009) Using general circulation model outputs to assess impacts of climate change on runoff for large hydrological catchments in West Africa. *Hydrol. Sci. J.* 54(1), 77–89.

Descroix, L., Mahé, G., Lebel, T., Favreau, G., Galle, S., Gautier, E., Olivry, J. C., Albergel, J., Amogu, O., Cappelaere, B., Dessouassi, R., Diedhiou, A., Le Breton, E., Mamadou, I. & Sighomnou, D. (2009) Spatio-Temporal variability of hydrological regimes around the boundaries between Sahelian and Sudanian areas of West Africa: a synthesis. *J. Hydrol.* 375(1-2), 90-102.

Hulme, M. (1992) Rainfall Changes in Africa:1931–60 to 1961–90. *Int. J. Climatology* 12, 685–699.

Janicot, S. (1992) Spatiotemporal variability of West African Rainfall. Part I: Regionalization and typings. *Journal of Climate* 5(5), 489–497.

Liénou (2013) Integrated Future Needs and Climate Change on the River Niger Water Availability. *Journal of Water Resource and Protection* vol. 5, 887-893.

Mahé, G. & Olivry, J. C. (1999) Assessment of freshwater yields to the ocean along the intertropical Atlantic coast ofAfrica. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Series IIa, 328, 621–626.

Mahé, G., L'Hôte, Y., Olivry, J. C. & Wotling, G. (2001) Trends and discontinuities in regional rainfall of west and centralAfrica – 1951–1989. *Hydrological Sciences Journal* 46(2), 211–226.

Mahé, G., Leduc, C., Amani, A., Paturel, J. E., Girard, S., Servat, E. & Dezetter, A. (2003) Augmentation récente du ruissellement de surface en région soudano-sahélienne et impact sur les ressources en eau. In: *Hydrology of Mediterranean and Semiarid Regions*, IAHS Publ. 278, 215–222. IAHS Press, Wallingford, UK.

Mahé, G., F. Bamba, F., Soumaguel, A., Orange, D. & Olivry, J. C. (2009) Water losses in the Niger River inner delta: water balance and flooded surfaces. *Hydrol. Processes* 2(23, 22), 3157–3160.

Mahé, G. & Paturel, J. E. (2009). 1896-2006 Sahelian rainfall variability and runoff increase of Sahelian rivers. *CR Geosciences*,341, 538–546.

Mahé, G.; Liénou, G.; Bamba, F.; Paturel, J. E.; Adeaga, O.; Descroix, L.; Mariko, A.; Olivry, J.; Sangare, S.; Ogilvie, A. & Clanet, J. C. (2011) Le fleuve Niger et le changement climatique au cours des 100 dernières années. In *Hydro-climatology: Variability and Change*. IAHS Pub. 344, 131–137. IAHS Press, Wallingford, UK.

Moron. V. (1994) Guinean and Sahelian rainfall anomaly indices at annual and monthly scales (1933–1990). *Int. J. Climatol*. 14, 325–341.

Paturel, J. E., Diawara, A., Kong A Siou, L., Talin, E., Ferry, L., Mahé, G., Dezetter, A., Muther, N., Martin, D., Rouche, N., L'aour-Cres, A., Seguis, L., Coulibaly, N., Bahire-Kone, S. & Koite, M. (2010) Caractérisation de la sécheresse hydropluviométrique du Bani, principal affluent du fleuve Niger au Mali. In: *Global Change: Facing Risks and Threats to Water Resources*, IAHS Publ. 340, 661–667. IAHS Press, Wallingford, UK.

Paturel, J. E., Servat, E., Delattre, M. O., Lubes-Niel, H. (1998) Analyse de séries pluviométriques de longue durée en Afrique de l'Ouest et Centrale non sahélienne dans un contexte de variabilité climatique. *Hydrological Sciences Journal* 43(6), 937–946.

Paturel, J. E., Servat, E., Kouamé, B., Lubes, H., Ouedraogo, M., Masson, J. M. (1997) Climatic variability in humid Africa along the Gulf of Guinea. Part two : An integrated regional approach. *Journal of Hydrology* 191, 16–36. 157

Piih, S. L. (2011) Stratégie d'adaptation à la variabilité climatique dans le bassin versant du fleuve Niger. Master 2, Université de Yaoundé I, 54 p.

Sighomnou, D., Descroix, L., Genthon, P., Mahe, G., Bouzou Moussa, I., Gautier, E., Mamadou, I., Vandervaere, J. P., DWN-BF, Rajot, J.L., Malam Issa, O., Malam Abdou, M., Dessay, N., Delaitre, E., Depraetere, C., Faran Maiga, O., Diedhiou, A., Panthou, G., Vischel, T., Yacouba, H., Karambiri, H., Mougin, E., Hiernaux, P., Abdourahmane, D. & Adamou, H. (2013) La crue de 2012 à Niamey : un paroxysme du paradoxe du Sahel ? *Sécheresse* 24, 1, 3–13.

Zwarts, L., van Beukering, P., Kone, B. & Wymenga, E. (eds) (2005) Le Niger, une artère vitale. Gestion efficace de l'eau dans le Bassin du Haut Niger. RIZA, Lelystad / Wetlands International, Sévaré / Institute for Environmental studies (IVM), Amsterdam / A&W conseillers écologiques, Veenwouden. Mali / Pays-Bas.