

**CARACTERISATION DE L'EVOLUTION DE TROIS CLASSES  
D'OCCUPATION DU SOL DANS LA SAHEL BURKINABE A PARTIR  
D'UNE MODELISATION DEMOGRAPHIQUE ET D'IMAGES  
SATELLITES : APPLICATIONS A LA MODELISATION HYDROLOGIQUE**

**Pierre DIELLO (1), Jean-Emmanuel PATUREL (1), Gil MAHE (1),  
Harouna KARAMBIRI (2) et Eric SERVAT (1)**

(1) IRD-Maison des Sciences de l'Eau, Montpellier, France

(2) EIER-ETSHER, Ouagadougou, Burkina Faso

Si de nombreuses régions du monde sont soumises à des fluctuations climatiques spectaculaires, le Sahel se distingue par la sévérité et la persistance du déficit pluviométrique qu'il connaît depuis maintenant plus de trois décennies. A l'échelle annuelle, cette diminution des quantités précipitées est imputable, en grande partie, à une baisse généralisée du nombre d'événements pluvieux de -20 à -40% selon certains auteurs.

Durant la même période, la croissance démographique a fortement réduit l'espace vital sur les sols fertiles dans ces régions. La densité de population au km<sup>2</sup> de terrain cultivable n'a cessé d'augmenter, atteignant des valeurs très élevées dans les pays comme la Mauritanie, le Mali, le Burkina Faso et le Sénégal. La pression sur les terres n'est pas encore telle qu'une intensification des pratiques agricoles soit incontournable, mais elle est déjà suffisante pour entraîner des dégâts écologiques importants. La gestion durable de l'environnement se pose donc désormais en terme de déséquilibre entre ressources naturelles d'une part (sols cultivables, eau en quantité et en qualité, végétation,...) et besoins accrus d'une population en croissance rapide, d'autre part.

Les déficits pluviométriques enregistrés depuis le début des années 70 et leurs effets cumulés ont fortement influencé les régimes hydrologiques des grands bassins fluviaux d'Afrique intertropicale. D'une façon générale, l'hydraulicité des fleuves a fortement diminué. Les débits moyens annuels ont baissés de plus de 30% et quelques fois au delà de 50%. L'écoulement a même cessé sur le Niger à Niamey et le Sénégal à Bakel en 1984 ! A côté de l'effondrement des débits des grands systèmes hydrologiques intertropicaux, apparaît une « contradiction » de fonctionnement dans certains hydrosystèmes de plus petite taille.

En effet, les différentes études menées depuis une vingtaine d'années sur les conséquences de la sécheresse sur les écoulements des petits bassins versants d'Afrique soudano-sahélienne, montrent que l'effet conjoint du changement climatique et des activités humaines sur les états de surface est à l'origine d'une augmentation des écoulements dans la région. Ces nouvelles conditions de ruissellement apparaissent plus favorables dans les zones où on observe une diminution du couvert végétal, une extension des surfaces cultivées et des surfaces dégradées.

A partir d'images LANDSAT acquises à différentes dates (1972, 1986, 1999, 2002, et 2003), les pourcentages de couverture végétale, de couverture agricole et de couverture de sols dégradés (nus) sont extraits pour ces cinq dates. Ces cartes d'indicateurs de pression anthropique et climatique mettent en évidence l'évolution globale du milieu depuis la

décennie 70 jusqu'à la décennie 2000. L'analyse des données démographiques et des données des statistiques agricoles montre l'étroite corrélation ( $R^2 = 93\%$ ) entre les superficies cultivées et l'évolution de la population. A partir de ce résultat et sur la base d'hypothèses construites en tenant des pratiques agro-pastorales de la région, les auteurs élaborent des scénarii d'évolution, au pas de temps annuel, des indicateurs précédemment définis.

Dans la seconde partie de ce travail, les auteurs élaborent une méthodologie de prise en compte des activités anthropiques et des changements climatiques dans la modélisation hydrologique des bassins versants. Les indicateurs de pression anthropiques sont liés à la capacité de rétention en eau du sol (WHC, Water Holding Capacity). Cette variable caractérise le réservoir sol des modèles que nous utilisons. L'hypothèse fondamentale utilisée dans cette démarche est que « l'augmentation (respectivement la diminution) des coefficients d'écoulement dans une proportion donnée (du fait des changements climatiques et des activités humaines) se traduit par une diminution (respectivement une augmentation) de la capacité de rétention en eau du sol (WHC) dans la même proportion ». A chaque indicateur est associé un coefficient de ruissellement déterminé à partir de mesures de terrain et une valeur de WHC. A une date  $T_0$  chaque surface élémentaire du bassin versant (un demi-degré carré soit 2500 km<sup>2</sup> environ dans nos modèles) est constitué de  $X_0\%$  de sols en végétation naturelle,  $Y_0\%$  de sols cultivés et  $Z_0\%$  de sols nus avec une capacité de rétention en eau de  $WHC_0$  défini à partir des données sols de la FAO. A une date ultérieure T, sous l'action de l'homme et du climat, la composition de la surface élémentaire devient X% de sols en végétation naturelle, Y% de sols cultivés et Z% de sols nus avec une capacité de rétention en eau de WHC défini par la relation :

$$WHC = f(WHC_0, X_0, Y_0, Z_0, X, Y, Z, CrVg, CrCult, CrSn)$$

où *CrVg*, *CrCult* et *CrSn* représentent respectivement les coefficients d'écoulement des sols en végétation naturelle, des sols en cultures et des sols nus. La fonction f est déterminée et les valeurs de WHC sont générées et intégrées dans le modèle. Le modèle est testé sur le bassin du Nakambé à Wayen (21 000 km<sup>2</sup>) et les résultats sont comparés aux tests réalisés en gardant le WHC constant, ce qui correspond à une situation où les états de surface sur le bassin n'évoluent pas. Les résultats obtenus montrent des améliorations significatives des performances du modèle par rapports aux tests où les WHC est constant (+20% en calibration et +26% en simulation).

# USING DEMOGRAPHIC AGRICULTURAL AND REMOTE SENSING DATA IN HYDROLOGICAL MODELING OF SAHELIAN RIVERS IN BURKINA FASO

The hydrological studies undertaken during the last twenty years have shown that the hydrological variability observed since the years 1970 on the Sahelian river basins is due to the combined effect of climate changes and human activities on land-cover (the Nakambé river upstream of the station of Wayen, and right bank tributaries of the Niger river issued from Burkina Faso): the runoff coefficients increased, inducing more important flows than in the past years despite a reduction in rainfall.

These modifications of the rainfall-runoff relationship require new approaches making possible to take into account both the climatic variability and the human dimension in hydrological modelling of these basins. The first part of this work consists in defining three indicators of human activities by using percentages of vegetation cover, agricultural cover and bare soils. From a database of agricultural and population statistics, and from LANDSAT images acquired at various dates, the authors characterize the percentages of the three types of land cover in the studied zone.

The evolution of the environment is thus described since the years 1970 up to 2000. On the basis of a relationship between these environmental indicators and the soil Water Holding Capacity (WHC, variable used as the soil water reservoir in our models) an hydrological modelling is used and results are analysed

**Key words :** *Hydrological variability, climatic variability, human activities, land cover, hydrological modelling, demography, Burkina Faso, Sahel*



**Afrikaanse Moesson Multidisciplinaire Analyse**  
**Afrikanske Monsun : Multidisplinaere Analyser**  
**Analisi Multidisciplinare per il Monsone Africano**  
**Analisis Multidisciplinar de los Monzones Africanos**  
**Afrikanischer Monsun : Multidisziplinäre Analysen**  
**Analyses Multidisciplinaires de la Mousson Africaine**

## **African Monsoon Multidisciplinary Analyses**

### **1<sup>st</sup> International Conference**

**Dakar, 28<sup>th</sup> November – 4<sup>th</sup> December 2005**

### **Extended abstracts**

Isabelle Genau, Sally Marsh, Jim McQuaid, Jean-Luc Redelsperger,  
Christopher Thorncroft and Elisabeth van den Akker (Editors)

AMMA International

**Conference organisation:**

Bernard Bourles, Amadou Gaye, Jim McQuaid, Elisabeth van den Akker

**English and French editing :**

Jean-Luc Redelsperger , Chris Thorncroft, Isabelle Genau

**Typesetting:**

Sally Marsh, Isabelle Genau, Elisabeth van den Akker

**Printing and binding:**

Corlet Numérique  
14110 Condé-sur-Noireau  
France  
numeric@corlet.fr

**Copyright** © AMMA International 2006

**AMMA International Project Office**

IPSL/UPMC  
Post Box 100  
4, Place Jussieu  
75252 PARIS cedex 5

Web : <http://www.amma-international.org/>

Email [amma.office@ipsl.jussieu.fr](mailto:amma.office@ipsl.jussieu.fr)

Tel. +33 (0) 1 44 27 48 66

Fax +33 (0) 1 44 27 49 93

All rights reserved.

**Back page photo:** (Françoise Guichard, Laurent Kergoat)

Convective wind system with aerosols, named "haboob", Hombori in Mali, West Africa.