

PICS 3925 : PESOCA

Bilan septembre 2006 / février 2008

Précipitations aux échelles hydrologiques et
États de
Surface
Océaniques et
Continentaux en
Afrique australe

Rainfall at hydrological scales in Southern Africa and its links with oceanic and continental surface conditions

Depuis l'été 2006, date de notification du soutien à PESOCA communiqué à la composante sud-africaine, la coopération a été soutenue. Une synthèse des principaux résultats est organisée en fonction des deux axes de PESOCA (Cf 1. Bilan Scientifique). Nous avons :

- 1/ Lancé le programme lors d'un workshop qui s'est tenu à Dijon (14 septembre 2006) ;
- 2/ Coordonné 8 séjours à l'étranger : 6 à Dijon et 2 à Cape Town (Cf 2. Séjours) ;
- 3/ Organisé 8 séminaires : 4 à Dijon et 4 à Cape Town (Cf 3. Séminaires) ;
- 4/ Soumis 12 publications : 8 sont publiées, 4 sont en cours de révision (Cf 4. Publications) ;
- 5/ Participé à 7 colloques (Cf 5. Communications) ;
- 6/ Programmé 4 soumissions de papiers au printemps 2008 (Cf 4. Publications).

Par ailleurs, le soutien programmatique de PICS a été un élément déterminant pour obtenir un financement MENRT pour une thèse sur la thématique PESOCA. Celle-ci, effectuée par Julien Crétat, a été l'occasion de mettre en place un comité de pilotage qui s'appuie des membres des deux équipes (Yves Richard, Directeur de la thèse, et Mathieu Rouault, membre du comité de pilotage).

Note 1 : Le projet a été soumis le 31 mars 2006. L'information selon laquelle il était accepté a été reçue en été 2006 pour la composante sud-africaine, printemps 2007 pour la composante française. Des séjours ont été initiés dès que fut connue l'acceptation côté sud-africain, à savoir septembre 2006. Ce bilan, rédigé en février 2008, porte donc sur une période de 18 mois, allant de septembre 2006 à février 2008, et non sur la seule année civile 2007.

Note 2 : En gras, les partenaires PICS PESOCA, à savoir les 11 personnes (5 à Dijon, 6 à Cap Town) prévues lors du dépôt du projet (31 mars 2006), auxquelles il faut dorénavant ajouter Julien Crétat (Dijon) et Nicolas Vigaud (Cape Town).

1. Bilan Scientifique

2.1 Relations entre la variabilité interannuelle des précipitations et leur répartition infrasaisonnaire

Le rôle des océans bordiers et des courants côtiers

Rouault *et al.* (2007) observent, en utilisant la télédétection, que des températures océaniques plus chaudes que la normale se sont développées au large de l'Angola et de la Namibie en été austral 2001. Elles ont duré environ trois mois. Les anomalies de l'ordre de 1 à 4°C n'étaient pas dues à un forçage local, mais furent forcées à distance, le long de l'équateur. Télédétection et modélisation suggèrent que des ondes de Kelvin furent déclenchées par l'affaiblissement des alizés le long de l'équateur un ou deux mois avant l'événement chaud. Les ondes de Kelvin se sont propagées le long de l'équateur puis le long de la côte africaine. Ceci créa une anomalie positive du niveau de l'océan et, par la suite, intensifia le Courant d'Angola, ce qui favorisa la pénétration d'eau chaude tropicale dans la zone habituellement concernée par l'upwelling namibien. Rouault *et al.*, (2008) étudient l'origine du réchauffement significatif observé dans le système du courant des Aiguilles depuis les années 1980. Un modèle océanographique arrive à reproduire les changements des 40 dernières années dans cette région. Le réchauffement est associé à l'intensification du Courant des Aiguilles, faisant suite à l'augmentation du rotationnel de la tension du vent dans l'Océan Indien Sud. Le courant des Aiguilles injecte maintenant plus de sel et de chaleur dans l'océan Atlantique et le flux de chaleur latente et sensible a augmenté de façon significative sur la région.

L'influence de l'océan Atlantique sur les régimes de pluies pour les régions d'Afrique au Sud de l'équateur a longtemps été considérée comme secondaire. Cependant, des travaux récents ont montré son importance au regard de la variabilité climatique en Afrique australe. Les travaux menés corroborent de tels résultats. Par exemple, l'apport d'humidité lié au flux d'ouest en provenance de l'océan Atlantique tropical semble être déterminant pour les pluies d'été, en particulier pour les régions tropicales autour du bassin du Congo (Vigaud *et al.*, 2007). De plus, la variabilité de la circulation atmosphérique liée à l'anticyclone de l'Atlantique sud et à la circulation d'ouest des latitudes tempérées pourrait influencer substantiellement les pluies sur les régions d'Afrique australe au sud de 15°S, ce en été (Vigaud *et al.*, 2008). Des éléments clefs de la circulation locale, qui ne sont encore que très peu référencés dans la littérature (i.e. la dépendance Sud du Jet Est Africain, ou AEJ, mais aussi le système de basses pressions sur l'Angola, par exemple) pourraient jouer un rôle important dans de telles dynamiques. Ces résultats montrent que l'étude des flux d'humidité le long de la façade atlantique devrait permettre d'apporter des éléments d'information supplémentaires quant à la variabilité des régimes de pluies pour les régions d'Afrique au Sud de l'équateur et à la prédiction du climat sur ces mêmes régions du continent Africain.

Les systèmes pluviogènes

Deux événements très pluvieux sur le sud de l'Afrique du Sud ont été étudiés en utilisant un modèle atmosphérique régional (MM5). Lors de ces deux «cut-off low events», ou gouttes froides, le modèle a permis d'évaluer le rôle de l'évaporation, de la topographie locale et régionale, ainsi que des transports régionaux d'humidité sur le courant des Aiguilles. Lors des deux événements, celui d'août 2002 sur la région d'East-London, et celui de mars 2003 sur la région de Montagu, MM5 simule une augmentation du flux de chaleur latente au-dessus du courant des Aiguilles et une intense advection vers la côte de l'humidité associée, ce via un fort vent basses couches. Ces éléments sont cruciaux dans le développement des abondantes précipitations sur les montagnes côtières (Singleton et Reason, 2007a et b).

Le rôle des Tropical-Temperate Trough sur la pluviométrie sud-africaine a été étudié (Fauchereau *et al.*, 2007). Un schéma de classification non-supervisé a été appliqué aux anomalies de convection journalières (Outgoing Longwave Radiation) sur le domaine Afrique Australe / Océan Indien. 7 régimes récurrents ont été déterminés, parmi lesquels 3 sont représentatifs d'interactions tropicales-tempérées, fortement pluviogènes. Les variations interannuelles de la fréquence de ces différents régimes sont fortement modulées par des configurations cohérentes d'anomalies de Températures de Surface de l'Océan, parmi lesquelles l'ENSO. Ces fluctuations interannuelles permettent notamment d'expliquer les non-linéarités dans l'impact de l'ENSO sur les totaux pluviométriques saisonniers.

Le rôle de l'Oscillation de Madden-Julian (MJO) a été précisé (Pohl *et al.*, 2007 communication ; 2007). La MJO est responsable de fluctuations pluviométriques basse fréquence (de l'ordre de 40 jours) sur l'Afrique Australe, avec l'alternance d'une phase humide et d'une phase sèche qui affecte particulièrement la partie nord de la république sud-africaine pendant la saison d'été austral.

Les interactions entre l'Oscillation Antarctique (AAO), la MJO et l'ENSO ont été analysées (Pohl *et al.*, 2007). L'AAO ne présente pas de périodicité fixe : elle varie surtout dans la gamme intrasaisonnière (30-60 jours) mais de manière indépendante à la MJO. Au pas de temps interannuel, elle est au contraire très fortement corrélée à l'ENSO pendant l'été austral. Ces résultats impliquent que des techniques de séparation des signaux doivent être utilisées pour quantifier son rôle sur les pluies sud-africaines.

La recherche d'éventuelles interactions entre TTT et MJO a également donné lieu à une analyse spécifique (Pohl *et al.*, 2008). La variabilité synoptique (TTT) et intrasaisonnière (MJO) sur l'Afrique Australe apparaissent statistiquement décorrélés, ce qui implique qu'un TTT peut survenir quelle que soit la phase de la MJO. Pris ensemble, ces deux phénomènes expliquent une fraction considérable des fluctuations pluviométriques au pas de temps subsaisonnier.

2.2 Structures spatiales des précipitations et réponses de la végétation

La sensibilité du NDVI à la variabilité pluviométrique des précipitations a été précisée (Martiny *et al.*, 2006c (communication) ; Camberlin *et al.*, 2007 ; Martiny *et al.*, 2007 ; Richard *et al.*, 2008b). Elle est maximale en régions semi-arides, définies comme bénéficiant d'une lame d'eau annuelle comprise entre 200 et 600 mm. En saison des pluies, les valeurs de NDVI sont largement inféodées aux précipitations du mois précédant et du mois en cours.

Mais les valeurs de NDVI d'une année donnée dépendent également, bien que dans une mesure moindre, des précipitations de l'année antérieure. Ces effets mémoires ont été identifiés autant pour les excédents que pour les déficits pluviométriques (Martiny *et al.*, 2006a et b). Les dernières recherches sur cette question permettent de préciser les temporalités et les processus associés à des effets mémoire (Martiny *et al.*, 2006c (communication)). Des processus biologiques plus qu'hydrologiques sont en jeu (Richard *et al.*, 2008a).

Enfin, les états de la végétation (Martiny *et al.*, 2008) sont en partie prévisibles : des modèles statistiques basés sur des régressions linéaires multiples ont permis de mettre en relation NDVI et indicateurs océano-atmosphériques (températures de surface, humidité relative, vent à plusieurs niveaux de pressions) à différentes échelles spatiales. Ces indicateurs étant prévisibles par les modèles de circulation générale, il est possible d'envisager la prévision d'un NDVI régional avec 1 à 2 mois d'avance, en s'affranchissant de la connaissance des champs de précipitation.

2. Séjours

2.1. A Dijon

- 1/ **Chris Reason** : du 12 au 16 septembre 2006
- 2/ **Nicolas Fauchereau** : juillet-septembre 2006
- 3/ **Mathieu Rouault** : du 19 au 20 avril 2007
- 4/ **Nicolas Vigaud** : du 02 mai au 02 août 2007
- 5/ **Atanasio Manhique** : 03 septembre au 03 octobre 2007
- 6/ **Nicolas Vigaud** : du 03 novembre 2007 au 19 janvier 2008

2.2 A Cape Town

- 1/ **Nadège Martiny** : du 03 au 20 octobre 2006
- 2/ **Benjamin Pohl** : du 16 septembre au 23 décembre 2007.

3. Workshop et séminaires

3.1 Workshop de lancement du programme : Dijon CRC, 14 septembre 2006

- 1/ **Reason C.J.C.**: "Variability of the South Atlantic and Indian Oceans and impacts on southern African climate".
- 2/ **Martiny N. , Y. Richard, R. Marteau, P. Oettli, P. Camberlin et T. Castel**: "Rainfall and Environmental controls of the vegetation onset in semi-arid south Africa".
- 3/ **Richard Y., Martiny N., Fauchereau N., Rouault M., Vigaud N.**: "Interannual memory effects in vegetation onset dynamics of semi-arid south Africa".
- 4/ **Fauchereau N., Vigaud N.**: "The Mean Annual Cycle of Water Vapour Transport over Southern Africa".
- 5/ **Pohl B., Fauchereau N., Richard Y.**: "Influence of the Madden-Julian Oscillation on Southern Africa as depicted by a Local Mode Analysis".

3.2 Séminaires à Dijon, CRC

- 1/ **Rouault M.**, 19 Avril 2007 : "Ocean atmosphere interaction around Southern Africa, a view from space".
- 2/ **Vigaud N.**, 14 juin 2007 : "Water vapour transport and summer rainfall over Southern Africa".
- 3/ **Manhique A.**, 27 septembre 2007 : "Interannual relationship between SST patterns over Indian Ocean, ENSO and Tropical Temperate Troughs over southern Africa".
- 4/ **Vigaud N., Crétat J.**, 20 décembre 2007 : "Regional Climate Modeling using WRF over Southern Africa: preliminary results".

3.3 Séminaires à Cape Town, UCT Oceanography Dept

- 1/ **Martiny N., Y. Richard, P. Camberlin, N. Fauchereau, N. Vigaud, M. Rouault, R. Marteau, P. Oettli, T. Castel**, 10 octobre 2006 : "What controls the NDVI at the beginning of the vegetative season in semi-arid South Africa ? What about interannual memory effects?"
- 2/ **Fauchereau, N., Pohl B., Reason C.J.C., Rouault M.**, 5 Mars 2007 : "Tropical-Temperate interactions in the SA / SWIO region and associated atmospheric dynamics".
- 3/ **Pohl B.**, 1er octobre 2007 :
 1. Interactions between the diurnal cycle of atmospheric convection and the Madden-Julian Oscillation in East Africa.
 2. Convective variability timescales in Southern Africa.

4. Publications

4.1 Publi  (ordre alphabétique)

Camberlin P., **Martiny N.**, Philippon N., **Richard Y.**, 2007 : Determinants of the interannual relationships between remote sensed photosynthetic activity and rainfall in tropical Africa. *Remote Sensing of Environments*, **106**, 199-216.

Martiny N., Camberlin P., **Richard Y.**, Philippon N., 2007 : Compared regimes of NDVI and rainfall in semi-arid regions of Africa. *International Journal of Remote Sensing*, **27**(23), 5201-5223.

Pohl B., **Richard Y.** and **Fauchereau N.**, 2007 : Influence of the Madden-Julian Oscillation on Southern Africa summer rainfall. *Journal of Climate*, Vol. 20, No. 16, pp 4227–4242

Rouault, M., S. Illig, C. Bartholomae, **C.J.C. Reason** and A. Bentamy, 2007 : Propagation and origin of warm anomalies in the Angola Benguela upwelling system in 2001. *J. Mar. Syst.*, in press.

Singleton, A.T. and **C.J.C. Reason**, 2007 : Variability in the characteristics of cut-off low pressure systems over subtropical southern Africa. *Int. J. Climatol.*, **27**, 295-310..

Singleton, A.T. and **C.J.C. Reason**, 2007 : A numerical model study of an intense cut-off low pressure system over South Africa. *Mon. Wea. Rev.*, **135**, 1128-1150.

Vigaud N., **Richard Y.**, **Rouault M.**, **Fauchereau N.**, 2007 : Water vapour transport from the tropical Atlantic and summer rainfall in tropical southern Africa. *Climate Dynamics*, **28**, 113-123.

Vigaud N., **Y. Richard**, **M. Rouault**, **N. Fauchereau**, 2008 : Moisture transport between the South Atlantic Ocean and southern Africa: relationships with summer rainfall and associated dynamics . *Climate Dynamics*, DOI 10.1007/s00382-008-0377-7.

4.2 Soumis (ordre alphabétique)

Fauchereau N., **B. Pohl**, **C.J.C. Reason**, **M. Rouault** and **Y. Richard**, 2007 : Recurrent daily OLR patterns in the Southern Africa / Southwest Indian Ocean region, implications for South African rainfall and teleconnections. *Climate Dynamics*, July 2007. CLIDY-D-07-00178

Martiny N., Philippon N., **Richard Y.**, Camberlin P., 2007 : Predictability of NDVI in semi-arid African regions from large scale oceano-atmospheric predictors. *Journal of Climate*.

Pohl B., **N. Fauchereau**, **C.J.C. Reason**, **M. Rouault**, 2007 : Relationships between the Antarctic Oscillation, the Madden-Julian Oscillation and ENSO, and consequences for rainfall analysis. *Journal of Climate*.

Pohl B., **N. Fauchereau**, **Y. Richard**, **M. Rouault**, **C.J.C. Reason**, 2007 : Convective Variability Timescales in Southern Africa: on the role of the tropical-temperate interactions, the MJO and ENSO. November 2007. CLIDY-S-07-00294.

4.3 A soumettre dans les mois   venir (ordre alphabétique)

Richard Y., **Martiny N.**, **Fauchereau N.**, **Reason C.**, **Rouault M.**, **Vigaud N.**, **Tracol Y.**, 2008 : Interannual memory for spring NDVI in semi-arid South Africa. *Geophysical Research Letters*. March 2008

Abstract: Almost 20 years of Normalized Difference Vegetative Index (NDVI) and precipitation (PPT) data are analysed to better understand the interannual memory effects in vegetation dynamics observed at regional scales in Southern Africa (SA). The study focuses on a semi-arid region (25°S-31°S; 21°E-26°E) during the austral Spring (September-December). The memory effects are examined based on simple statistical approaches (linear correlations

and regressions) which requires the definition of a Spring vegetation predictand (December NDVI minus September NDVI) and a consistent set of potential predictors (rainfall amount, number of rainy days, rainfall intensity, NDVI and Rain-Use-Efficiency) considered with a 4 to 15-months time-lag. An analysis over six SA sub-regions, corresponding to the six major land-cover types of the area, enables to better diagnose two distinct natures of memory effects, corresponding to different time-lags. A “negative” memory effect (with both rainfall and vegetation) is detected at a 7 to 10-months time-lag. A “positive” memory effect (with vegetation only) is detected at a 12 to 14-months time-lag. These results suggest that interannual memory effects in Spring vegetation dynamics of semi-arid South Africa may be preferably driven by biological rather than hydrological mechanisms.

Richard Y., Martiny N., Marteau R., Oettli P., Camberlin P., Castel T., Tracol Y., Rouault M., Reason C., 2008 : Rainfall and environmental controls of the vegetation patterns at the beginning of the rainy season in semi-arid South Africa. *International Journal of Remote Sensing*. June 2008.

Abstract: We analyse the determinants of the spatial variations of the photosynthetic activity at the beginning of the rainy season by use of remote sensing (NDVI from AVHRR) at an 8km resolution in a semi-arid region of tropical South Africa. Recent, confident and high spatial resolution data sets are used for each determinant, in particular for rainfall, for which the Water Resource Centre (WRC) file includes more than a thousand rain gauge stations. As a first step, based upon spatial (4095 grid-points) and temporal (1981-1999) analysis, the mean date corresponding to the beginning of the vegetative season is identified as the first half of November (November₁). Similarly, the beginning of the rainy season is identified as the first half of October (October₁). Considering this mean 1-month lag and the integrating effect of vegetation, we study the sensitivity of NDVI-November₁ to October rainfall. The NDVI-November₁ values of the 4095 grid-points are found to be strongly correlated with these of October rainfall. More accurately, a multiple linear regression based on the log of the October rainfall amounts and the log of the October rainfall distribution (number of rainy days) is found to describe more than 60% of the NDVI-November₁ spatial variations. The second step of the study focus on the residuals of the relationship between NDVI-November₁ and October rainfall. They are first crossed with location (latitude, longitude), orography (altitude, slope roughness and morphometry from Gtopo30), vegetation type (from GLC2000) and soil components (types and characteristics from SOTERSAF). Results highlight the prevailing role of vegetation type, which is like an integrator. Thus, at equal rainfall amounts and number of rainy days, NDVI-November₁ is found to be higher in open grassland with sparse shrubs than in open grassland alone. Soil components (type, rockiness, stoniness, rootable depth) and human pressure (density, erosion), both partly independent from actual climate, enable a better understanding of the trees occurrence and through these, of the NDVI values.

Rouault M., Penven P., Pohl B., 2008: Intensification of the Agulhas Current since the 80's. *Science*. March 2008

Abstract: Since the 80's the sea surface temperature of the Agulhas Current system has increased significantly. The warming is due to an intensification of the Agulhas Current system in response to an increase in wind stress curl in the South Indian Ocean. This causes an increase in the fluxes of salt and heat to the Atlantic Ocean and an augmentation of the transfer of energy from the ocean to the atmosphere due to increased evaporation.

5. Communications

5.1 en 2006 (ordre alphabétique)

Martiny, N.; Camberlin, P. ; **Richard, Y. Philippon, N.**, 2006: Interannual memory effects of vegetation in semi-arid Africa. Session CL007: Climate variability and droughts in arid and semi-arid regions of European Geosciences Union General Assembly 2006, Vienna, Austria, April 02-07.

Martiny N., Richard Y., Fauchereau N., Rouault M., Vigaud N., 2006: Interannual Memory effects in vegetation dynamics of semi arid Africa. South African Society for Atmospheric Sciences, Bloemfontein, South Africa, October 04-06.

Martiny N., Richard Y., Marteau R., Oettli P., Camberlin P., Castel T., 2006: What controls the early summer greenness in semi-arid South Africa? South African Society for Atmospheric Sciences, Bloemfontein, South Africa, October 04-06.

Vigaud N., Rouault M., Richard Y., Fauchereau N., 2006: On the Role of Water Vapour Transport from the Tropical Atlantic and Summer Rainfall in Tropical Southern Africa. 8th International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, Foz do Iguacu, Paraná State, Brazil, April 24–28.

5.2 en 2007 (ordre alphabétique)

Manhique A., Reason C.J.C., and Fauchereau N., 2007 : Indian Ocean interannual SST anomalies influence on the establishment of cloud bands over Southern Africa. /World Climate Research Program. Joint Scientific Committee, 28th session/. Zanzibar, Tanzania, 26-30 March 2007.

Pohl B., Richard Y., Faucherau N., 2007 : Influence of the Madden-Julian Oscillation on Southern African Summer Rainfall. European Geosciences Union General Assembly 2007, Vienna, Austria, April 15-20.

Rouault M. and Y. Richard, 2007 : Role of the oceans on rainfall 13th SANCIAHS CONFERENCE, 6 & 7 September, Cape Town.

6. Bilan financier

Laboratoire : Centre de Recherches de Climatologie, UMR 5210

Responsable : Yves Richard

Montant reçu : 7.500,00 euros

Emploi :

N° PICS 3925

1) Missions et séjours à l'étranger

Dates du déplacement	Nom du/des missionnaires	Destination (lieu et laboratoire)	Montant en €
a) du 19 au 20 avril 2007	Pohl Benjamin	Cape Town Dept Oceanography	953,99
b)			
c)			
d)			
.....			
Sous-total 1			953,99

2) Accueil de chercheurs étrangers en France

Dates de l'accueil	Nom du chercheur étranger	Destination (lieu et laboratoire)	Montant en €
a) du 19 au 20 avril	Rouault Mathieu	Dijon CRC	61,00
b) du 02 mai au 02 août	Vigaud Nicolas	Dijon CRC	1850,00
c) du 03 sep. au 03 oct.	Manhique Atanasio	Dijon CRC	1700,38
d) du 03 nov. au 19 janv.08	Vigaud Nicolas	Dijon CRC	1493,50
Sous-total 2			5104,88

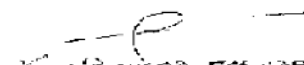
3) Autres dépenses

Nature	Date d'emploi	Objet	Montant en €
a) Mission Yves Richard	10/05/07	colloque	39,50
b) Achat PC portable	01/03/08	Achat PC portable	1393,00
c)			
.....			
Sous-total 3			1432,50

TOTAL GENERAL:

7491,37

A. Dijon, le 03 mars 2008


YVES RICHARD
Centre de Recherches de Climatologie
Université de Bourgogne
UMR 5210 - CRCL
17000 DIJON - FRANCE

Signature du Responsable