

# PICS 3925 : PESOCA

## Bilan février 2008 / février 2009

**P**récipitations aux échelles hydrologiques et  
**É**tats de  
**S**urface  
**O**céaniques et  
**C**ontinentaux en  
**A**frique australe

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

Lors de la première année du PICS 3925 PESOCA, de nombreux échanges ont eu lieu, qu'il s'agisse de séjours de chercheurs du département d'océanographie de Cape Town à Dijon (6), ou de l'inverse (2). Ces échanges correspondaient à la phase nécessaire de mise en place de la collaboration propre au programme PICS PESOCA.

Dans le même temps, les participations à colloques et publications communes furent relativement nombreuses (7 chacune) au vu du nombre de chercheurs impliqués dans le programme. Mais, concernant tout particulièrement les publications, les co-signatures traduisaient l'antériorité des collaborations.

La seconde année, sur laquelle porte ce rapport, se distingue nettement de la précédente. De nouveaux chercheurs ont intégré le programme (Julien Créat, Neil Hart, Arlindo Meque et Nathalie Philippon). Des étudiants en master sont codirigés par des membres du CRC, Dijon, France, et du département d'océanographie, Cape Town, Afrique du Sud (Isabelle Duclot, Clémence Macron et Arlindo Meque). Aux séjours multiples et courts ont succédé des séjours longs. Deux thèses ont été soutenues (Atanasio Manhique et Pascal Oettli). Deux autres sont en cours (Julien Créat et Neil Hart). Enfin, les communications à colloques et publications mentionnés dans ce rapport sont désormais directement liées à ce programme et non le fruit de recherches antérieures.

# Sommaire

1) Bilan scientifique .....	3
2) Séjours .....	7
3) Thèses et masters .....	8
4) Workshops et séminaires .....	9
5) Colloques .....	10
6) Publications .....	11
7) Bilan financier .....	13

# 1. Bilan Scientifique

## 2.1 En amont : dynamique et précipitations

### 2.1.1 Changement climatique au sein des îles de l'océan indien austral

Dans les années 1980 et 1990, les analyses traitant de la variabilité pluviométrique en Afrique australe, s'appuyaient quasi-exclusivement sur des données mensuelles (Jury, 1992 ; Mason, 1995 ; Reason and Lutjeharms, 1998). A ces pas de temps, les mécanismes basse fréquence, type ENSO, ont été identifiés comme étant des éléments déterminants (Lindesay et Vogel, 1990 ; Jury et al., 1994 ; Richard et al., 2000 et 2001; Rouault et Richard 2003 et 2005). Depuis quelques années, plusieurs papiers (Todd and Washington 1998 and 1999), dont certains écrits par des membres du PICS (Faucherau et al., 2008), s'appuient des études conduites à un pas de temps quotidien. Les résultats insistent sur l'importance des mécanismes reliant latitudes tropicales à tempérées. Ainsi les TTT sont-ils fréquemment analysés. L'évolution des recherches de pas mensuel à un pas quotidien a donc conduit à un «retour» à l'étude des systèmes pluviogènes, analysés dans les années 1970 (Dyer, 1976), mais également à une attention plus forte portée aux latitudes moyennes (Reason and Rouault, 2005). Cette attention accrue a une seconde origine. Les précipitations en Afrique australe sont contrôlées par des gradients entre latitudes moyennes et tropicales. Or, dans le contexte actuel de réchauffement climatique, ces gradients sont modifiés.

Ainsi émerge au sein du PICS un axe nouveau : celui de l'étude du climat des îles de l'océan Indien. Ici le dispositif du PICS est primordial. Ces îles sont en effet partie des territoires français (Crozet, Kerguelen, Amsterdam, Saint Paul) et sud-africain (Marion (Rouault et al., 2005)). C'est grâce au PICS PESOCA qu'une collaboration s'appuyant sur des données originales et rares, issues des services météorologiques des deux pays concernés, a pu se mettre en place. Les premiers résultats sont destinés à une publication dans Science (voir 4.3 Publications à soumettre dans les mois à venir).

### 2.1.2 Le rôle de l'ENSO

L'impact de l'ENSO sur le sous-continent a été révérifié en se basant sur deux études à paraître en 2009 traitant de deux types d'ENSO: ENSO Centre Pacifique et ENSO Est Pacifique. En accord avec les résultats récents sur les types de temps en Afrique australe, les patterns d'anomalie du NDVI sont très différents entre les deux types d'ENSO, l'ENSO centre ayant plus d'impact que l'ENSO Est sur la région étudiée. En effet, le 1er modulerait d'avantage la circulation méridienne et la position de la ZCIT que le 2<sup>nd</sup>.

### 2.1.3 Le rôle des océans bordiers et des courants côtiers

Depuis les années 80, la température de surface du courant des Aiguilles, au sud de l'Afrique, a augmenté de façon significative. Le réchauffement est lié à une augmentation du transport au sein du courant des Aiguilles, en réponse à une augmentation des vents dans l'Océan Indien. Ceci cause une intensification des flux du sel et de chaleur vers l'Océan Atlantique, ainsi que du transfert d'énergie de l'océan vers l'atmosphère. Ce dernier est provoqué par l'augmentation de l'évaporation et des flux de chaleur latente et sensible. Par conséquent, les changements dans la région pourraient avoir des conséquences globales en plus des impacts régionaux. L'augmentation des vents est compatible avec le décalage vers les pôles des vents dans l'hémisphère sud, vraisemblablement influencé par les modifications anthropiques de la composition de l'atmosphère.

Dans l'Atlantique Tropical Sud-Est, des anomalies de températures de l'océan observées le long des

côtes sont déclenchées à distance par un affaiblissement des alizés beaucoup plus au nord, le long de l'équateur. Elles ont un impact important sur le climat et l'écosystème. Les travaux réalisés avec le CRC en 2003 ont permis, entre autres, de motiver l'achat d'une bouée Atlas qui a été déployée par l'IFREMER en 2006. La collaboration entre Cape Town et Dijon a donc été étendue à d'autres partenaires français à Brest (LPO) et à Toulouse (LEGOS) pour bénéficier de leur expertise en océanographie. Les premiers résultats sont sous presse et ont été présentés dans des réunions de travail.

#### **2.1.4 Prévisibilité des précipitations**

Pour le Mozambique, Arlindo Meque, du centre de la météorologie nationale de Maputo, effectue des recherches en master 2, à Dijon. Son étude a pour objectif la prévisibilité des dates de début et fin de saison des pluies, du nombre d'événements secs et pluvieux, et de l'intensité des événements pluvieux. L'étude porte sur la saison octobre-décembre. Du point de vue de la variabilité pluviométrique interannuelle, sur la base des précipitations estimées par satellite (GPCP), trois régions principales ont d'ores et déjà été identifiées. Une vingtaine de séries pluviométriques originales sont actuellement à l'étude.

## **2.2 Précipitations : caractéristiques**

### **2.2.1 Structures spatiales**

En Afrique du Sud, les précipitations présentent une forte cohérence spatiale en termes de variabilité interannuelle (Keen et Tyson, 1973 ; Rocha et Simmonds, 1997 ; Richard et al., 2000 ; Richard et al., 2002). Une part importante de la variation temporelle des précipitations est liée à des phénomènes climatiques de plus large échelle : températures de surface des océans Atlantique et Indien, (Walker, 1990 ; Reason et Mulenga, 1999 ; Fauchereau et al., 2003 ; Rouault et al., 2003), ENSO (Lindesay, 1988 ; Richard et al., 2000 ; Reason et Rouault, 2002), « Temperate-Tropical Troughs » (thalwegs à l'interface des domaines tempéré et tropical, Lyons, 1991 ; Todd et Washington, 1999 ; Washington et Todd, 1999 ; Todd et al., 2004).

Mais à échelles spatiale et temporelles plus fines, la cohérence spatiale des précipitations est fortement affaiblie, car l'origine des pluies présente une variabilité intra-saisonnière. En début de saison des pluies (octobre et novembre), une grande partie de l'Afrique du Sud est sous l'influence des perturbations inscrites dans la circulation d'ouest. Cette configuration induit plus de précipitations dans l'est. À partir de décembre, et jusqu'à janvier, les perturbations tropicales, inscrites dans des flux de nord-est alternent avec les perturbations d'ouest. Entre février et avril, les perturbations tropicales deviennent finalement le système pluviogène principal.

De plus, les quantités précipitées en Afrique du Sud, ainsi que leur localisation dans l'espace, ne sont pas le simple fait des phénomènes climatiques précédemment listés. Il a été récemment montré (Adam et al., 2006) que dans un fichier pluviométrique global de 0,5° de résolution spatiale (Willmott et Matsuura, 2001), il existait une probable sous-estimation des précipitations moyennes planétaires de 6,2 %. Ce résultat est lié à une sous-estimation globale des effets de l'orographie. Et dans les régions où l'effet du relief est le plus important, la sous-estimation atteindrait 20,2 %. Il a été aussi montré que les effets orographiques ne se limitent pas uniquement à l'altitude (Alpert, 1986), mais qu'il faut considérer la morphologie du relief.

Afin d'établir si l'influence des forçages de large échelle est localement modulée par la présence du relief, une région couvrant une superficie de 326.000 km<sup>2</sup>, au centre de l'Afrique du Sud (entre 25°S et 31°S en latitude et entre 21°E et 26°E en longitude) a été définie. Le choix de cette région est notamment lié à la présence d'un relief relativement marqué et contrasté, présentant ainsi un

panel de différentes morphologies topographiques. Puisqu'il s'agit d'une première approche, le travail résumé ici (Oettli, 2008) ne porte que sur des moyennes mensuelles de précipitations.

Les résultats montrent que le relief en tant que tel contribue peu à structurer les champs mensuels de précipitations. En début et milieu de saison des pluies, entre octobre et janvier, les précipitations de la région sont liées à des forçages externes (atmosphériques), relayant au second plan l'influence de la topographie. En fin de saison des pluies, de février à mars, les forçages internes (topographie), mais aussi externe, ont une influence beaucoup moins importante sur la distribution des précipitations.

Ces résultats, bien que peu concluants, semblent suggérer que l'utilisation de champs moyens limite la portée de ce travail. En effet, ces moyennes sont issues d'une intégration temporelle de 900 jours. Mais, au cours d'un mois de la saison des pluies, d'une part le nombre de jours pluvieux peut être faible. Et d'autre part, les configurations spatiales des champs quotidiens vont varier, du fait d'une origine convective locale des précipitations. Or, une recherche à échelle régionale ne peut pas mettre en évidence un forçage local du relief.

Une approche possible est de conserver l'information pluviométrique quotidienne. Il ne s'agit alors pas de considérer individuellement les jours, mais de procéder au préalable à une classification des jours. Avec pour objectif d'identifier des structurations spatiales récurrentes. La recherche d'une influence topographique porterait alors sur des classes. Cette approche est actuellement en cours d'analyse par J. Crétat.

### **2.2.2 Les systèmes pluviogènes**

Les anomalies de convection journalières sur le domaine Afrique Australe / Ocean Indien ont été analysées dans Fauchereau et al (2009). Un algorithme de classification « k-means » a permis de déterminer 7 régimes récurrents et robustes d'activité convective journalière. Ces régimes ont été reliés au champ de pluie par méthode composite et à travers le fichier de précipitations journalières développées par la WRC (Lynch, 2000). A une exception près, ces régimes correspondent à des déficits / excédents pluviométriques cohérents et significatifs sur la région, et des analyses supplémentaires (Fauchereau et al, en preparation) ont montré que ces anomalies sont accompagnées de changements significatifs dans la probabilité des événements précipitants extrêmes. Les interactions d'échelles entre ces régimes et la variabilité interannuelle ont été analysées et ont permis de mieux comprendre la signature spatiale et les non-linéarités de l'impact de l'ENSO sur les moyennes (de convection) ou cumuls (de pluies) saisonniers.

Parmi ces 7 régimes, 3 présentent la signature caractéristique d'interactions tropicales – tempérées, se manifestant sous la forme de bandes de nuages, convection et pluies orientées NO – SE liant le subcontinent aux latitudes tropicales et les moyennes latitudes du sud-ouest de l'Océan Indien. Ces systèmes sont connus sous le nom de TTT (Tropical-Temperate-Troughs) et leur dynamique, caractéristiques statistiques et interactions avec le cycle diurne d'une part et la variabilité intra-saisonnière et interannuelle d'autre part, sont l'objet de la thèse de Neil Hart (Département d'Océanographie, Université de Cape-Town), supervisée par C.J.C. Reason et N. Fauchereau. Il a déjà été démontré (Hart, 2008, 2009) que ces systèmes peuvent, lors des années extrêmes, représenter plus de 50% du total pluviométrique de novembre-février.

Les interactions de ces TTT avec la variabilité intra-saisonnière et interannuelle a été explorée dans un papier récent (Pohl et al 2008) : elles semblent indépendantes de la MJO, et leur probabilité est modifiée notamment par les événements ENSO (la probabilité de ces systèmes localisés sur le subcontinent est augmentée lors des phases froides (La Nina), expliquant ainsi les excédents pluviométriques généralement observés à l'échelle saisonnière).

Après identification des structures spatiales récurrentes de la pluviométrie journalière DJF 1971-1999 du centre et du nord-est de l'Afrique du Sud, nous décrivons les configurations atmosphériques qui leur sont associées (Crétat et al., 2009). Les principaux résultats montrent que

des anomalies pluviométriques positives à l'est, à l'ouest et sur l'ensemble de la zone d'étude semblent respectivement être associées à la présence de TTTs, d'une dépression centrée sur l'Angola et d'une dépression centrée sur le Botswana. Des anomalies pluviométriques négatives sur l'ensemble de la zone d'étude résultent d'un renforcement des pressions des latitudes tropicales à subtropicales, et à un affaiblissement des pressions aux moyennes latitudes. Ces 4 structures spatiales sont corrélées à ENSO, surtout celle composée de jours secs, avec  $r = 0.75$ .

## **2.3 En aval : précipitations et végétation**

### **2.3.1 Végétation : effets mémoire par delà la saison sèche**

Le NDVI d'une année donnée dépend des précipitations de l'année antérieure. Ces effets mémoires avaient été identifiés autant pour les excédents que pour les déficits pluviométriques (Martiny *et al.*, 2006a et b). Les dernières recherches sur cette question ont permis de préciser les temporalités et les processus associés à des effets mémoire. En Afrique du Sud semi-aride, des processus biologiques plus qu'hydrologiques sont en jeu (Richard *et al.*, 2008).

La variabilité aux échelles interannuelles du NDVI sur la période juillet 1981 - juin 2007 a été explorée pour la région au sud de 6°S à l'aide d'une ACP étendue (Philippon *et al.*, 2009). Le mode dominant de variabilité (14.2% de variance expliquée) met en opposition le NDVI de janvier à avril au sud de 18°S (Namibie, Botswana et centre de l'Afrique du Sud) au NDVI d'octobre novembre sur le nord de la Namibie et du Botswana, le Mozambique, le Zimbabwe et la Zambie. La chronique temporelle de ce mode se caractérise par une tendance positive significative indiquant une végétation devenant plus verte au cours de la période d'étude et notamment une succession d'années anormalement jaunes de 1981 à 1986. Cette tendance n'affecte pas la robustesse des modes de variabilité extraits. Les composites humides et sèches du cycle saisonnier d'un indice de NDVI extrait à partir du 1er mode ACP et documentant la région au sud de 18°S indiquent que les années anormalement vertes sont précédées par une végétation anormalement jaune au printemps alors que l'inverse ne semble pas vérifié. Ceci questionne l'existence d'une mémoire de la végétation et de mécanismes climatiques différents pilotant années vertes/humides et jaunes/sèches.

### **2.3.2 Prévisibilité des états de la végétation**

Les états de la végétation (Martiny *et al.*, 2009) 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/ Arlindo Meque : depuis septembre 2008

### **2.2 A Cape Town**

1/ Nathalie Philippon : avril-mai 2008

2/ Nathalie Philippon : depuis octobre 2008

## 3. Thèses et masters

### 3.1 Soutenus en 2008

Duclot I. (master 1) : *Détection du changement climatique: applications aux Territoires Austraux et Antarctiques de l'océan Indien*. Université de Bourgogne, Dijon, France, juin 2008, 50 p.

Manhique A. (thèse) :

Oetli P. (thèse) : *Précipitations et relief en Afrique orientale et australe : modélisations statistiques et géostatistiques*. Université de Bourgogne, Dijon, France, juillet 2008, 220 p.

### 3.2 En cours

**Crétat J.** (thèse) : *Agrégation/désagrégation régionale des précipitations en Afrique du Sud*. Codirection avec Pascal Roucou. Comité de pilotage : Philippe Drobinsky et Mathieu Rouault.

Hart N. (thèse) :

Duclot I. (master 2) : *Évolution climatique de l'océan Indien Austral (1973-2002)*.

Macron C. (master 1) : *Changements observés au sein des précipitations quotidiennes en Afrique du Sud (1940-2000)*.

Meque A. (master 2) : *Prévisibilité des caractères de début de saison des pluies au Mozambique*.



## 4. Workshop et séminaires

### 4.1 En Europe (par ordre chronologique)

1/ Drobinski P. : *Régionalisation du climat avec un modèle à aire limitée : de l'importance du guidage*. CRC, Dijon, 26 février 2008.

2/ **Pohl B.** : *Interactions entre la variabilité synoptique, intra saisonnière et interannuelle en Afrique Australe*. CRC, Dijon, 28 mars 2008.

3/ Bonnardot V. : *Climat des régions viticoles sud-africaines*. CRC, Dijon, 13 mai 2008.

4/ **Pohl B., N. Fauchereau, Y. Richard, M. Rouault & C.J.C. Reason** : *Interactions between synoptic-scale, intraseasonal and interannual variability in Southern Africa*. Université de Besançon, France, juin 2008.

5/ **Cretat J.** : *Variabilité intra saisonnière des patterns pluviométriques récurrents lien avec la variabilité interannuelle des volumes précipités: Application en Afrique du Sud au cours d'une partie de la saison des pluies d'été austral*. CRC, Dijon, 30 octobre 2008.

6 / **Rouault M., J. Servain, C.J.C. Reason, B. Bourlès, M. Rouault and N. Fauchereau** : *The Extension of PIRATA in the Tropical South East Atlantic: A First One-Year Experiment*. TACE/AMMA/PIRATA workshop, Toulouse, 2-9 février 2009.

7/ Penven P., J.A. Veitch, N. Chang, **M. Rouault, B. Pohl** and F. Shillington : *Regional ocean modelling around Southern Africa*. SCOR meeting, Kiel, Allemagne, 24-27 février 2009.

### 4.2 Dans l'hémisphère Sud

1/ **Fauchereau N.** : *Synoptic and intra-seasonal variability of convection and rainfall over the Southern African region and scale-interactions*. Bureau of Meteorology Research Center, Australia, 27 February 2009.

2/ **Rouault M., P. Penven and B. Pohl** : *Warming of the Agulhas Current since the 1980's*. SANCOR seminar Cape Town, South Africa, April 2008.

3/ **Philippon N** : *Interannual and intraseasonal variability of vegetation photosynthetic activity in West Africa*. Cape Town, South Africa, April 2008.

## 5. Communications à colloque (ordre alphabétique)

**Fauchereau N , B. Pohl, C.J.C. Reason and M. Rouault** : *Sub-seasonal variability of convection and rainfall over Southern Africa: scale-interactions and implications for predictability*. 24<sup>th</sup> annual conference of the South African Society for Atmospheric Sciences, Pretoria, South Africa, 30-September - 1<sup>st</sup> October 2008.

**Fauchereau N., B. Pohl, C.J.C. Reason and M. Rouault** : *Scale-interactions in the climate system of relevance for Southern African climate variability and predictability*. 9<sup>th</sup> International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, Melbourne, Australia, 9-13 February 2009.

**N. Hart, C.J.C. Reason and N. Fauchereau** : *A new approach to assessing the relative importance of Tropical-Temperate-Troughs for South African summer rainfall*. Proceedings of the 24<sup>th</sup> annual conference of the South African Society for Atmospheric Sciences, 59-60, Pretoria, South Africa, 30September 1st October 2008.

**N. Hart, C.J.C. Reason and N. Fauchereau** : *Dynamics of TropicalTemperateTroughs: Case study of a TTT event*. . Poster, 24th annual conference of the South African Society for Atmospheric Sciences, Pretoria, South Africa, 30September 1st October 2008.

**M. Mehari, M. Rouault and N. Fauchereau** : *Diurnal cycle of rainfall over South Africa*. Proceedings of the 24<sup>th</sup> annual conference of the South African Society for Atmospheric Sciences, 49-50, Pretoria, South Africa, 30September 1st October 2008. .

**Penven, P., J.A. Veitch, N. Chang, M. Rouault, B. Pohl and F. Shillington** : *Regional ocean modeling around Southern Africa*. SEA TECH WEEK 2008, Brest, France, 13-17 octobre 2008.

**Penven, P., J.A. Veitch, N. Chang, M. Rouault, B. Pohl and F. Shillington** : *Regional ocean modeling around Southern Africa with SAfE (Southern Africa Experiments)*. 2008 ROMS/TOMS European Workshop, Grenoble, France, 6-8 Octobre, 2008.

**Philippon N., N. Martiny, P. Camberlin and Y. Richard** : *Impact des précipitations sur l'activité photosynthétique de la végétation en Afrique semi-aride sub-saharienne*. Journées de Climatologie, Commission Climat et Société du CNFG, Nantes, France, 13-14 mars 2008.

**Rouault M, P. Penven and B. Pohl** : *Warming of the Agulhas Current since the 1980's*. South African Marine Science Symposium, Cape Town, South Africa, 29 June - 3 July 2008.

**Rouault M, P. Penven and B. Pohl** : *Warming of the Agulhas Current since the 1980's*. 24<sup>th</sup> annual conference of the South African Society for Atmospheric Sciences, Pretoria, South Africa, 30-September - 1<sup>st</sup> October 2008.

**Rouault M, P. Penven and B. Pohl** : *Recent increase in the flux of heat and salt from the Indian to the Atlantic Ocean*. SEATECH conference, Brest, France, octobre 2008.

**Rouault M, P. Penven and B. Pohl** : *Recent increase in the flux of heat and salt from the Indian to the Atlantic Ocean*. 5th EGU Alexander von Humboldt International Conference, Cape Town, South Africa, 12-16 January 2009.

**Vigaud N., Y. Richard, M. Rouault and N. Fauchereau** : *Variations in the intensity of the monsoon-like flow from the tropical Atlantic and summer rainfall over equatorial and tropical Southern Africa*. Groundwater and Climate in Africa International workshop, Kampala, Uganda, 2008.

## 6. Publications (ordre alphabétique)

### 6.1 Publié

Fauchereau N, B. Pohl, C.J.R. Reason, M. Rouault and Y. Richard (2008) Recurrent daily OLR patterns in the Southern Africa / Southwest Indian Ocean region, implications for South African rainfall and teleconnexions. *Climate Dynamics*. DOI: 10.1007/s00382-008-0426-2. Available online

**Philippon N., N. Martiny, P. Camberlin and Y. Richard, 2008** : *Impact des précipitations sur l'activité photosynthétique de la végétation en Afrique semi-aride sub-saharienne*. Actes des journées de Climatologie, Commission Climat et Société du CNFG, Nantes, France, 77-90.

**Pohl B., N. Fauchereau, Y. Richard, M. Rouault and C.J.C. Reason (2008)** Convective Variability Timescales in Southern Africa: on the role of the tropical-temperate interactions, the MJO and ENSO. *Climate Dynamics*. Available online.

**Richard Y., N. Martiny, N. Fauchereau, C.J.R. Reason, M. Rouault, N. Vigaud and Y. Tracol (2008)** Interannual memory effects for spring NDVI in semi-arid South Africa, *Geophys. Res. Lett.*, 35, L13704, DOI: 10.1029/2008GL034119.

**Vigaud N., Y. Richard, M. Rouault and 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. Available online.

### 6.2 Soumis

Pohl B., N. Fauchereau, C.J.C. Reason and M. Rouault (2008) Relationships between the Antarctic Oscillation, the Madden-Julian Oscillation and ENSO, and consequences for rainfall analysis. *Journal of Climate*, Resubmitted after correction.

**Rouault M., P. Penven and B. Pohl (2008)** Warming of the Agulhas Current since 1980's, *GRL*. Submitted.

**Abstract:** Since the 1980's, the sea surface temperature of the Agulhas Current system, south of Africa, has increased significantly. The warming is linked to an increase in the transport of the Agulhas Current in response to an augmentation in wind stress curl in the South Indian Ocean. This causes an intensification in the fluxes of salt and heat into the Atlantic Ocean and in the transfer of energy from the ocean to the atmosphere. The latter is caused by enhanced evaporation and increased latent and sensible heat fluxes. Therefore, the changes we are witnessing in the region could have far reaching consequences on top of the potential regional impacts on ecosystem and climate. The increase in wind stress curl is consistent with a polewards shift of the westerly wind in the South Hemisphere reported by others<sup>1,2,3,4,5,6</sup> and thought to be influenced by humans<sup>1,2,6</sup>. Further shift in the westerly winds in the South Hemisphere at relevant latitude is a scenario proposed by IPCC<sup>7</sup> and could strengthen the transfer of heat and salt into the Atlantic Ocean.

**Rouault M., J. Servain, C.J.C. Reason, B. Boulès, Ma. Rouault and N. Fauchereau (2009)** The Extension of PIRATA in the Tropical South East Atlantic: A First One-Year Experiment. *African Journal of Marine Science*. In press.

**Abstract:** The Prediction and Research moored Array in the Tropical Atlantic (PIRATA) program (Brazil, France, and USA) has deployed and maintained an array of 12 ATLAS buoys in the tropical Atlantic Ocean since 1997. The BCLME PIRATA "Kizomba" buoy is the south eastern extension of this original PIRATA array of moorings. It was deployed at about 6°S - 8°E at 4100 m depth during the EGEE-3/PIRATA-FR15 cruise on the 27<sup>th</sup> June 2006 and was recovered during the EGEE-5/PIRATA-FR16 cruise on the 9<sup>th</sup> June 2007. The mooring was fitted with a current meter/temperature sensor deployed at 10/13 m, five temperature/conductivity sensors deployed at 1, 10, 20, 40 and 120 m depth, five temperature sensors deployed at 60, 80, 100, 140 and 180 m depth, and two temperature/pressure sensors deployed at 300 and 500 m depth, as well as anemometer, air temperature and humidity probes, short wave solar radiation probe and rain gauge. This paper presents initial results from the one year experiment and scientific and societal motivation for the continuation of the extension of PIRATA in the tropical South East Atlantic Ocean.

### 6.3 A soumettre dans les mois à venir

**Cretat J., Y. Richard, M. Rouault, N. Fauchereau and C.J.C Reason (2009)** Daily rainfall pattern in South Africa (November-January 1970-1999) and associated dynamic. *International Journal of Climatology*.

**Fauchereau N., B. Pohl, C.J.C. Reason and M. Rouault (2009)** Sub-seasonal variability of convection and rainfall and their scale-interactions over Southern Africa. *Water SA*.

**Fauchereau N., G. Wang, B. Pohl and M. Rouault (2009)** Sensitivity of Southern African convection and rainfall to the different “flavors” of El Nino. *Journal of Climate*.

**Hart N., C.J.C Reason and N. Fauchereau (2008)** Tropical-Extratropical Interactions Over Southern Africa: Two Cases of Heavy Summer Season Rainfall. *Monthly Weather Review*.

**Martiny N., N. Philippon, Y. Richard, P. Camberlin and C.J.C. Reason (2009)** Predictability of NDVI in semi-arid African regions from large scale oceano-atmospheric predictors. *International Journal of Climatology*.

**Abstract :** In semi-arid Africa, rainfall variability is an important issue for ecosystems and agricultural activities. However, due to its discrete nature in time and space, rainfall is difficult to measure, quantify, and predict. In the dry tropics, a good proxy for rainfall is vegetation activity since this parameter is well correlated with rainfall variations. In this study, over 20 years of Normalized Difference Vegetative Index (NDVI) data from the Advanced Very High Resolution Radiometers (AVHRR) are used. The goal is to assess the skill of linear statistical models in estimating regional NDVI interannual variability based on ocean and atmospheric fields (but not rainfall) and then to hindcast it with a one to two-month lead-time. Three semi-arid areas of ~150 000 km<sup>2</sup> located in western, southern and eastern tropical Africa are considered for this purpose. The predictors are : the Niño3.4 sea surface temperature (SST) index, the main modes of surface temperature variability in a window centred over Africa, and regional-scale indices based on surface temperatures and atmospheric variables (relative humidity, geopotential heights, winds). These regional indices, which are physically and statistically robust, are generally asynchronous with the NDVI predictand. The statistical models, based on linear multiple regressions, give significant results, and the correlation between observed and cross-validated NDVI is 0.67 in southern Africa, 0.76 for the long rains and 0.83 for the short rains in eastern Africa, and 0.88 in western Africa. The results have implications for (i) better understanding the role of El Niño/Southern Oscillation (ENSO) in semi-arid Africa, and (ii) highlight the importance of regional climate processes for vegetation growth at these scales, notably the role played by the Mediterranean Sea and its influence on the West African Monsoon. The predictability of NDVI over these African regions is discussed.

**Philippon N., M. Rouault, N. Fauchereau, Y. Richard (2009)** NDVI patterns of variability over Southern Africa : impacts of the two types of ENSO. *Journal of Climate*.

**Richard Y., N. Martiny, R. Marteau, P. Oettli, P. Camberlin, T. Castel, Y. Tracol, M. Rouault and C.J.C. Reason (2009)** 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*.

**Richard Y., I. Duclot, N. Fauchereau, B. Pohl, C.J.C Reason, M. Rouault and S. Taboulot (2009)** Southern Indian ocean islands : strong and coherent climate changes. *Science*.

**Abstract:** Over the past decades, surface warming in the southern subtropical Indian Ocean has been greater than that in other ocean (Alory et al., 2007 ; Cai et al., 2007). In general the strong trend in the Southern Ocean appears regionally consistent with a poleward migration of the Antarctic Circumpolar Current (ACC) (Gille, 2008). But no study was done on the common meteorological features and trends of all the southern Indian Ocean islands, including French islands. First, at a monthly scale, trends of Southern Indian islands are compared with those of Antarctic, South Atlantic and South Pacific series. Then, at a daily time step and by differentiating the seasons, we identify the main evolutions shared by together islands of the southern Indian Ocean. These evolutions relate to the temperature, the volume of the rains, the length of the dry spells and the number of rainy-days. Then, to leave a daily classification obtained on relevant fields to describe the atmospheric circulation of mid-latitudes (ie. HGT 500 from ERA 40), we calculate the composite anomalies of temperature and precipitations associated with each weather-types, and this on each island. Lastly, studding the evolution of the occurrence of each weather-types, we interpret the observed climate changes in terms of atmospheric dynamics.

**Rouault M., P. Penven and B. Pohl (2009)** Coastal Climate Change and Variability around South Africa, a preliminary study. *African Journal of Marine Science*.

# 7. Bilan financier

## BILAN FINANCIER PICS 2008

Laboratoire : CRC/CNRS 5210

Responsable : Yves RICHARD

Montant reçu : 6500 en 2008 + report 2007 3621,40

Emploi : 10121,4

N° PICS APICZAF 3925

### 1) Missions et séjours à l'étranger

Dates du déplacement	Nom du/des missionnaires	Destination (lieu et laboratoire)	Montant en €
a) du 26/02/08 au 26/02/08	Drobinski Philippe	Dijon crc umr5210	84,75
b) du 20/04 au 30/04/2008	Philippon Nathalie	cap town	1903,14
c) du 13 au 14 mai 2008	Duclot isabelle	CRC UMR 5210	65,6
D) 05/10/2008 19/10/2008	Philippon Nathalie	COLLOQUE À Johannesbourg	513
.....			
Sous-total 1			2566,49

### 2) Accueil de chercheurs étrangers en France

Dates de l'accueil	Nom du chercheur étranger	Destination (lieu et laboratoire)	Montant en €
a) du 5/11/07 au 21/12/08	Meque Arlindo	CRC	0
b)			
c)			
d)			
.....			
Sous-total 2			0

### 3) Autres dépenses

Nature	Date d'emploi	Objet	Montant en €
a) Équipement	16/10/2008	ordinateurs	3422
b) Fonctionnement	01/09/2008	frais de publication	1002,54
c) Fonctionnement	04/12/2008	frais de publication	1200
.....			
Sous-total 3			5624,54

TOTAL GENERAL:

8191,03

A Dijon Le 15 mars 2009  
Signature du Responsable