

ACTION CONCERTEE INCITATIVE
« JEUNES CHERCHEURS » 2000

Variabilité pluviométrique en Afrique du Sud

Analyse des observations et simulations par les modèles couplés français
dans le cadre d'un doublement du CO₂ atmosphérique

Yves RICHARD
Centre de Recherches de Climatologie UMR 5080
CNRS – Université de Bourgogne

Sommaire

1 – Fiche d'identification du projet	2
a) Projet	2
b) Chef de projet	3
c) Noyau de l'équipe	4
2.- Curriculum vitae et liste de publications du chef de projet	5
a) Curriculum vitae	5
b) Publications	5
c) Communications	7
3 – Equipe impliquée dans le projet	11
a) CV et publications des membres de l'équipe impliquée dans le projet	11
b) Constitution de l'équipe et place au sein de l'UMR	14
4 – Présentation du projet	15
a) Objectifs	15
b) Originalité au sein du laboratoire	17
c) Aspects pluridisciplinaires et place dans le contexte international	18
d) Méthodologie envisagée	19
e) Calendrier du programme	20
f) Collaborations prévues	21
g) Références bibliographiques	22
5 – Justification financière	23
a) Moyens financiers demandés dans le cadre de l'ACI	23
b) Autres moyens dont pourra bénéficier le projet	24
6 – Lettre du directeur du laboratoire	25

1 - Fiche d'identification du projet (1/3)

a) **Projet**

Titre du projet : Variabilité pluviométrique en Afrique du Sud : Analyse des observations et simulations par les modèles couplés français dans le cadre d'un doublement du CO₂ atmosphérique

Chef de projet : RICHARD Yves

N° d'identification : Dossier n° 67365 CDR 6/7

Résumé du projet (1/2 page maximum) : En République Sud-Africaine (RSA), la ressource en eau fait peser sur la population de sévères contraintes sur la production alimentaire, le développement économique et la protection des systèmes naturels. La mise en place de nombreux aménagements hydrauliques assure un équilibre relatif entre les besoins croissants des différents acteurs (urbains, industriels et agricoles). Mais cet équilibre est fragile, perturbé par les sécheresses récurrentes affectant le pays (1982-83 et 1992-93 par exemple). Dans ce contexte, toute péjoration des conditions d'accès à la ressource en eau serait très préjudiciable. Un élément nouveau pouvant intervenir est la possible modification des caractères de la variabilité pluviométrique dans le cadre de changements climatiques induits par l'augmentation anthropogénique de l'effet de serre.

Le premier axe du projet concerne la variabilité pluviométrique observée au XX^{ème} siècle. Si les précipitations Sud-Africaines n'ont pas enregistré récemment de péjoration persistante significative, les caractères de leur variabilité ont cependant subi des modifications. Les conditions associées aux sécheresses (téléconnexions) paraissent également s'être modifiées depuis 1970. Les anomalies d'échelle régionale dominantes avant 1970 ont laissé place à des anomalies tropicales de type ENOA (El Niño / Oscillation Australe). Nous envisageons de valider et d'étendre ces premiers résultats, de prendre en compte les conditions de surface continentale, et de proposer des hypothèses explicatives. Les premières expériences de sensibilité (Richard *et al.*, 2000) seront poursuivies afin de préciser les mécanismes physiques en cause. L'hypothèse est que les modifications enregistrées pourraient être les prémisses de changements à venir liés à l'effet de serre additionnel.

Le deuxième axe considère l'éventualité d'un changement climatique associé à l'augmentation anthropogénique de l'effet de serre. Compte tenu du rôle de l'océan dans la dynamique du système climatique global, nous privilégions les expériences réalisées à partir de modèles couplés océan-atmosphère. L'analyse de l'impact prévu du changement climatique anthropogénique sera effectuée à partir de deux expériences climatiques d'augmentation de la teneur en CO₂, réalisées à partir des deux Modèles de Circulation Globale Atmosphérique (MCGA) français (LMD et Météo-France), couplés au modèle océanique OPAICE (LODYC). Les méthodes d'empreinte optimale (fingerprint) seront utilisées pour la détection d'un éventuel signal lié au réchauffement global dans l'observation, la désagrégation régionale (downscaling) permettra d'analyser les impacts sur les précipitations à l'échelle de la RSA.

1 - Fiche d'identification du projet (2/3)

b) Chef de projet

Nom, prénom : RICHARD Yves

Date de naissance : 27-08-1965

Poste de date de nomination dans le poste : MCF section 23 depuis le 01-09-1994

Etablissement : Université de Bourgogne

Unité : Centre de Recherches de Climatologie UMR5080 CNRS / Université de Bourgogne

Directeur de l'unité : FONTAINE Bernard

Adresse complète :

6 boulevard Gabriel
Bat Sciences
Université de Bourgogne, BP 138
21004 Dijon Cedex

Téléphone : 03 80 39 38 22

Télécopie : 03 80 39 57 41

Adresse électronique : yrichard@u-bourgogne.fr

Budget global du laboratoire ou de l'unité de recherche accueillant le projet : 155 KF (HT)

1 - Fiche d'identification du projet (3/3)

c) Noyau de l'équipe

Nom	Prénom	Laboratoire ou équipe de rattachement	Poste	Date de nomination dans le poste	Age	Temps consacré au projet (%)
?	?	?	CDD	Début du projet	25-30 ans	100%
CAMBERLIN	Pierre	CRC / U.Bourgogne	MCF	1995	34 ans	25%
FAUCHEREAU	Nicolas	CRC / U.Bourgogne	Doctorant	1999	27 ans	100%
POCCARD	Isabelle	CRC / U.Bourgogne	Doctorante	1996	26 ans	50%
RICHARD	Yves	CRC / U.Bourgogne	MCF	1994	34 ans	100%
ROUAULT	Mathieu	Laboratoire d'Océanographie / U. Cap Town	Chercheur	1998	38 ans	50%
TRZASKA	Sylwia	CRC / U.Bourgogne	Doctorante	1995	33 ans	25%

2.- Curriculum vitae et liste de publications du chef de projet

a) Curriculum vitae

Etat civil

- RICHARD Yves
- Né le 27 août 1965 à Dompierre-sur-Besbre, Allier
- Célibataire vivant maritalement, 1 enfant
- Adresse : 1 rue de la mare 21380 Asnières-lès-Dijon (Tel : 03 80 23 80 73)

Emploi

Actuel

- Maître de Conférences au département de Géographie de l'Université de Bourgogne depuis Octobre 1994 (section 23 CNU).
- Laboratoire : UMR 5080 « Climatologie de l'Espace Tropical » CNRS / Université de Bourgogne (section 31 CNRS).

Antérieurs

- ATER à l'Université d'Aix-Marseille I. Octobre 1993 à Septembre 1994.
- ATER à l'Université d'Aix-Marseille II. Octobre 1991 à Septembre 1992.
- Moniteur de l'enseignement supérieur à l'Université d'Aix-Marseille II. Octobre 1989 à Septembre 1991.
- Allocataire de Recherche du Ministère de la Recherche et de la Technologie. Laboratoire d'accueil : UPR 404 « Environnement climatique », CNRS / Université J. Fourier, Grenoble, Octobre 1988 à Septembre 1991.

b) Liste de Publications

Revues internationales (A)

BIGOT S., CAMBERLIN P., MORON V., **RICHARD Y.**, 1997 : Structures spatiales de la variabilité des précipitations en Afrique : une transition climatique à la fin des années 1960? *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Paris, t. **324**, série II a, 181-188.

RICHARD Y., POCCARD I., 1998 : A statistical study of NDVI sensitivity to seasonal and interannual rainfall variations in Southern Africa. *Int. J. Remote Sensing*, **19**, 2907-2920.

Revues nationales à comité de lecture (B)

CAMBERLIN P., **RICHARD Y.**, BELTRANDO G., 1994 : Structures spatio-temporelles de la pluviométrie sur la façade orientale de l'Afrique, de l'Ethiopie au Mozambique. *Pub. Ass. Int. Climatologie*, **7**, 447-454.

DIOP M., HOUNDENOU C., **RICHARD Y.**, 1996 : Variabilité des dates de début et de fin de l'hivernage au Sahel : le cas du Sénégal. *Pub. Ass. Int. Climatologie*, **9**, 430-436.

POCCARD I., **RICHARD Y.**, 1996 : Sensibilité du NDVI aux variations pluviométriques en Afrique tropicale. *Pub. Ass. Int. Climatologie*, **9**, 41-48.

RICHARD Y., 1990 : Mise en évidence d'un couplage entre les températures de surface océanique au large de l'Angola et la tension zonale du vent sur l'Atlantique équatorial occidental. *Pub. Ass. Int. Climatologie*, **3**, 173-180.

RICHARD Y., 1992 : Connexion entre le début de la saison des pluies en Afrique Orientale Méridionale et les circulations cellulaires zonales indienne et pacifique. *Pub. Ass. Int. Climatologie*, **5**, 113-123.

RICHARD Y., 1994 : Variabilité pluviométrique en Afrique du sud-est : Relations avec des mesures à la surface de l'Océan Indien. *La Météorologie*, 8e série, **8**, 11-22.

RICHARD Y. 1996 : La question de la linéarité des relations en climatologie diagnostique : exemple de la sensibilité des pluies stationnelles d'Afrique australe à l'oscillation australe. *Méditerranée*, **4**, 87-90.

RICHARD Y., CAMBERLIN P. BELTRANDO G., 1998 : Recherche de structures spatio-temporelles en climatologie : l'exemple de la variabilité pluviométrique en Afrique orientale. *L'Espace Géographique*, t27, **1**, 31-40.

RICHARD Y., MORON V., BIGOT S., CAMBERLIN P. ROUCOU P., 1995 : Convection et précipitations mensuelles en Afrique tropicale. *Pub. Ass. Int. Climatologie*, **8**, 171-179.

TRZASKA S., **RICHARD Y.**, ROUCOU P., 1998 : Les modèles de circulation générale de l'atmosphère - outils d'expérimentation en climatologie. Application à la variabilité liée à l'ENSO. *Pub. Ass. Int. Climatologie*, **11**, 291-299.

VIROT S., **RICHARD Y.**, SIEJA B., TABOULOT S., 1998 : Qualité de l'air de l'agglomération dijonnaise : facteurs d'évolution de l'acidité forte et des fumées noires. *Pub. Ass. Int. Climatologie*, **11**, 329-337.

Autres publications

BIGOT S., P. CAMBERLIN, V. MORON, **Y. RICHARD** et P. ROUCOU, 1995 : Modes of rainfall variability in Tropical Africa and their stability through time. 21e Conference of the American Meteorological Society " Hurricanes and Tropical Meteorology ", 24-28 April 1995, Miami, Florida, 448-449.

BIGOT S., P. CAMBERLIN, V. MORON, **Y. RICHARD** et P. ROUCOU, 1996 : Stabilité de la variabilité pluviométrique en Afrique tropicale entre 1951 et 1988. Symposium International ORSTOM-CNRS « Dynamique à long terme des écosystèmes forestiers intertropicaux », 20-22 mars, Bondy, France, 13-15.

POCCARD I., CAMBERLIN P., **RICHARD Y.**, ROUCOU P., 1998 : Connexions des TSO du Pacifique et de l'Atlantique avec la dynamique atmosphérique et la pluviométrie en Afrique boréale. Water Resources Variability in Africa during the XXth Century (Proceedings of the Abidjan'98 Conference held at Abidjan, Ivory Coast, November 1998). IAHS Publ. No. 252, 35-44.

RICHARD Y., 1993 : *Relations entre la variabilité pluviométrique en Afrique australe tropicale et les champs de surface océanique des océans Indien et Atlantique*. Thèse de Doctorat, Aix-en-Provence, 248 pp + 200 Fig.

ROUCOU P., BIGOT S., CAMBERLIN P., FONTAINE B., MORON V., **RICHARD Y.**, RONCHAIL J., SANTIAGO A., TRZASKA S., 1996 : Observation et simulation de la variabilité interannuelle des précipitations en Afrique et en Amérique tropicales. Symposium International ORSTOM-CNRS "Dynamique à long terme des écosystèmes forestiers tropicaux", 20-22 mars 1996, Bondy, France, 21-25.

TRZASKA S., FONTAINE B., **RICHARD Y.**, ROUCOU P., 1997 : L'impact des modes propres de la variabilité des TSO sur les précipitations tropicales. Actes des Ateliers de modélisation de l'atmosphère, Météo-France, Toulouse 02-03 décembre 1997, 171-174.

Sous presse

BERGONZINI L., CAMBERLIN P., **RICHARD Y.**, 1999 : Variations interannuelles du bilan hydrologique du lac Tanganyika : les précipitations dans l'Afrique des Hautes-Terres sont-elles seules en cause? Publications des actes de la table ronde « les montagnes tropicales : identités, mutations, développement », Bordeaux, 27-28 novembre 1998.

RICHARD Y., MIHAILESCU I.F., PLANCHON O., 1999 : Spatial distribution of the precipitation in Dobruja (Romania / Black Sea). *Inter. J. of Climatology*, novembre.

RICHARD Y., TRZASKA S., ROUCOU P., ROUAULT M., 2000 : Modification of the Southern African rainfall variability /El Niño Southern Oscillation relationship. *Climate Dynamics*, avril.

VALENTIN-SMITH G., **RICHARD Y.**, 1998 : Entre hyper-centralisme et appropriation locale : Natura 2000 - un zonage de sites protégés européens. Actes du colloque Géopoint "Décision et Analyse spatiale", Avignon 30-31 Mai.

Soumis

BERGONZINI L., CAMBERLIN P., **RICHARD Y.**, 2000 : Evolution inter-annuelle du bilan du lac Tanganyika, analyses et interprétations. *J. of Hydrology*, avril.

RICHARD Y., FAUCHEREAU N., POCCARD I. ROUAULT M., TRZASKA S., 2000 : XXth Century Droughts in Southern Africa Spatial and temporal variability, teleconnections with oceanic and atmospheric conditions. *Inter. J. of Climatology*, février.

c) Communications

Colloques Internationaux

BIGOT S., CAMBERLIN P., MORON V., **RICHARD Y.**, 1997 : Structures spatiales de la variabilité des précipitations en Afrique : une transition climatique à la fin des années 1960? *Académie des Sciences*, 17 mars, Paris, France.

BIGOT S., P. CAMBERLIN, V. MORON, **Y. RICHARD** et P. ROUCOU, 1995 : Modes of rainfall variability in Tropical Africa and their stability through time. 21e *Conference of the American Meteorological Society* " Hurricanes and Tropical Meteorology ", Poster, 24-28 April 1995, Miami, Florida, Etats-Unis.

CAMBERLIN P., **RICHARD Y.**, BELTRANDO G., 1994 : Structures spatio-temporelles de la pluviométrie sur la façade orientale de l'Afrique, de l'Ethiopie au Mozambique. 7 ème *Coll. Ass. Int. Climatologie*, septembre, Toulouse, France.

DIOP M., HOUNDENOU C., **RICHARD Y.**, 1996 : Variabilité des dates de début et de fin de l'hivernage au Sahel : le cas du Sénégal. 9 ème *Coll. Ass. Int. Climatologie*, 11-13 septembre, Strasbourg, France.

MORON V., S. BIGOT, **Y. RICHARD** et P. ROUCOU, 1995 : Relationships between OLR-HRC and rainfall at monthly scale in tropical Africa. 'International Symposium on African Drought, 31 July-4 August, Trieste, Italie.

POCCARD I., CAMBERLIN P., **RICHARD Y.**, DIOP M. MBAYI R., 1998 : Variabilité pluviométrique en Afrique tropicale (1958-1988). Confrontation des réanalyses du NCEP avec l'observation. 11 ème *Coll. Ass. Int. Climatologie*, 2-4 septembre, Lille, France.

POCCARD I., CAMBERLIN P., **RICHARD Y.**, ROUCOU P., 1998 : Relationship between 1982, 1984, 1987 and 1988 global SST and rainfall anomalies in Africa. Abidjan, Nov.

POCCARD I., **RICHARD Y.**, 1996 : Sensibilité du NDVI aux variations pluviométriques en Afrique tropicale. 9 ème *Coll. Ass. Int. Climatologie*, 11-13 septembre, Strasbourg, France.

POCCARD I., **RICHARD Y.**, 1998 : A statistical study of NDVI sensitivity to seasonal and interannual rainfall variations in Southern Africa. European Geophysical Society, Nice, 20-24 Avril.

RICHARD Y., 1990 : Mise en évidence d'un couplage entre les températures de surface océanique au large de l'Angola et la tension zonale du vent sur l'Atlantique équatorial occidental. 3^{ème} *Coll. Ass. Int. Climatologie*, juin, Lannion, France.

RICHARD Y., 1992 : Connexion entre le début de la saison des pluies en Afrique Orientale Méridionale et les circulations cellulaires zonales indienne et pacifique. 5^{ème} *Coll. Ass. Int. Climatologie*, 20-22 septembre, Dijon, France.

RICHARD Y., MORON V., BIGOT S., CAMBERLIN P. ROUCOU P., 1995 : Convection et précipitations mensuelles en Afrique tropicale. 8^{ème} *Coll. Ass. Int. Climatologie*, 06-09 septembre, Liège, Belgique.

RICHARD Y., POCCARD I., 1996 : Sensibilité du NDVI à la variabilité interannuelle des pluies en Afrique australe. Actes de la 2^{ème} conférence internationale de la Société Météorologique Africaine sur la météorologie et le développement durable en Afrique. Casablanca, Maroc, 25-28 Nov., 212-220.

RICHARD Y., POCCARD I., 1996 : Sensibilité du NDVI au précipitations en Afrique australe. Poster, 11^{ème} *Coll. Ass. Int. Climatologie*, 2-4 septembre, Lille, France.

ROUCOU P, TRZASKA S, **RICHARD Y**, FONTAINE B, 1998, Atmospheric ENSO and atlantic thermal gradient impact in the south american sector during the rainfall season in Nordeste. Congrès de la SBMET, octobre 1998.

TRZASKA S., FAUCHEREAU N., **RICHARD Y.**, 2000 : 1950-98 Southern African Droughts. Links to regional and global sea surface anomalies : observations and numerical experiments. European Geophysical Society, Nice, 25-29 Avril.

TRZASKA S., **RICHARD Y.**, ROUCOU P., 1998 ; Numerical study of the impact of the first eigenmodes of SST variability on tropical rainfall. European Geophysical Society, Nice, 20-24 Avril.

TRZASKA S., **RICHARD Y.**, ROUCOU P., 1998 : Les modèles de circulation générale de l'atmosphère - outils d'expérimentation en climatologie. Application à la variabilité liée à l'ENSO. 11^{ème} *Coll. Ass. Int. Climatologie*, 2-4 septembre, Lille, France.

VIROT S., **RICHARD Y.**, SIEJA B., TABOULOT S., 1998 : Qualité de l'air de l'agglomération dijonnaise : facteurs d'évolution de l'acidité forte et des fumées noires. 11^{ème} *Coll. Ass. Int. Climatologie*, 2-4 septembre, Lille, France.

Autres Communications

BERGONZINI L., CAMBERLIN P., **RICHARD Y.**, 1999 : Variations interannuelles du bilan hydrologique du lac Tanganyika : les précipitations dans l'Afrique des Hautes-Terres sont-elles seules en cause?, Brest, Mai 1999.

BIGOT S., P. CAMBERLIN, V. MORON, **Y. RICHARD** et P. ROUCOU, 1996 : Stabilité de la variabilité pluviométrique de l'Afrique tropicale entre 1951 et 1988. *Symposium ORSTOM-CNRS "Dynamique à long terme des écosystèmes forestiers tropicaux"*, Poster, 20-22 mars 1996, Bondy, France.

CAMBERLIN P., BERGONZINI L., **RICHARD Y.**, 1998 : Variations interannuelles du bilan hydrologique du lac Tanganyika : les précipitations dans l'Afrique des Hautes-Terres sont-elles seules en cause? Table-ronde « les montagnes tropicales : identités, mutations, développement », Bordeaux, 27-28 novembre 1998.

RICHARD Y., 1995 : Variabilité pluviométrique en Afrique australe. Laboratoire de Météorologie Dynamique, Ecole Polytechnique, 20 janvier, Palaiseau, France.

RICHARD Y., 1996 : Télédétection et Climatologie. Ecole Doctorale "Image des objets naturels", 02 février, Dijon, France.

RICHARD Y., FONTAINE B., 1996 : Climatologie des régions polaires. Colloque "Les journées polaires", 09-11 mai, Dijon, France.

RICHARD Y., 1997 : Méthodes, Techniques et Outils en Climatologie. Formation Doctorale « Structures et Dynamiques Spatiales », 31 janvier, Dijon, France.

ROUCOU P., BIGOT S., CAMBERLIN P., FONTAINE B., MORON V., **RICHARD Y.**, RONCHAIL J., SANTIAGO A., TRZASKA S., 1996 : Observation et simulation de la variabilité interannuelle des précipitations en Afrique et en Amérique tropicales. Symposium International ORSTOM-CNRS "Dynamique à long terme des écosystèmes forestiers tropicaux", 20-22 mars 1996, Bondy, France.

TRZASKA S., FONTAINE B., **RICHARD Y.**, ROUCOU P., 1997 : L'impact des modes propres de la variabilité des TSO sur les précipitations tropicales. Ateliers de modélisation de l'atmosphère, Météo-France, 02-03 décembre, Toulouse, France.

VALENTIN-SMITH G., **RICHARD Y.**, 1998 : Entre hyper-centralisme et appropriation locale : Natura 2000 - un zonage de sites protégés européens. Géopoint "Décision et Analyse spatiale", Avignon 30-31 Mai.

3 – Equipe impliquée dans le projet

a) CV et publications des membres de l'équipe impliquée dans le projet

Pierre CAMBERLIN

Date de naissance : 17 / 07 / 1965

Maître de Conférences de Géographie, Université de Bourgogne (1995-2000).

Thèse de Doctorat : « Les précipitations dans la Corne orientale de l'Afrique: climatologie, variabilité et connexions avec quelques indicateurs océano-atmosphériques », soutenue à Dijon en septembre 1994.

Thèmes de recherche :

Climatologie tropicale, analyse diagnostique de la variabilité interannuelle et intrasaisonnière en Afrique de l'est, téléconnexions avec la dynamique atmosphérique, impacts hydrologiques et agroclimatiques.

Partenariat et contribution à des programmes scientifiques :

National Meteorological Services Agency en Ethiopie (impact des cyclones tropicaux sur la variabilité pluviométrique), Kenya Meteorological Department (séquences sèches et pluvieuses).

Programme ECLAT/ CLIVAR (impacts à l'échelle africaine des anomalies thermiques de surface dans l'océan Atlantique Tropical ou associées à l'ENSO).

Publications récentes :

Camberlin P., 1997 : Rainfall Anomalies in the Source Region of the Nile and Their Connection with the Indian Summer Monsoon. *Journal of Climate*, **10**, 1380-1392.

Shanko D., **Camberlin P.**, 1998 : The effects of the southwest Indian ocean tropical cyclones on Ethiopian drought. *International Journal of Climatology*, **18**, 1373-1388.

Camberlin P., Diop M., 1999 : Inter-relationships between groundnut yield in Senegal, interannual rainfall variability and sea-surface temperatures. *Theoretical and Applied Climatology*, **63**, 163-181.

Nicolas FAUCHEREAU

Date de naissance : 19/07/1972

Doctorant au Centre de Recherches de Climatologie, Université de Bourgogne.

Titre de la thèse : « Variabilité thermique des Océans Austraux (Indiens et Atlantique) : impact sur la variabilité et la prévisibilité des précipitations en Afrique Australe ».

Thèmes de recherches :

Variabilité couplée Océan-Atmosphère dans l'Océan indien et l'Atlantique, relations avec la variabilité pluviométrique en Afrique au Sud de l'équateur, prévisibilité de l'atmosphère aux échelles saisonnières, cela a travers les observations, les réanalyses et les simulations numériques (forcées ou couplées).

Publications récentes :

Richard Y, **Fauchereau N**, Pocard I, Rouault M, et S Trzaska : XXth Century droughts in Southern Africa : spatial and temporal variability, teleconnections with oceanic and atmospheric conditions. Soumis à *International Journal of Climatology*, février 2000.

Isabelle POCCARD

Date de naissance : 13 / 07 /1973

Doctorante au Centre de Recherches de Climatologie, Université de Bourgogne.

Titre de la thèse : « Utilisation couplée de l'analyse diagnostique et de la modélisation pour l'étude de la relation climat-végétation. Application à l'Afrique australe ».

Thèmes de recherche :

Interactions entre les dynamiques spatio-temporelles des précipitations et de l'activité photosynthétique ; discrimination des poids relatifs des conditions de surface océanique et continentale sur la variabilité pluviométrique à l'échelle de l'Afrique australe ; validation des paramètres atmosphériques issues des réanalyses du NCEP/NCAR.

Partenariat et contribution à des programmes scientifiques :

Programme ECLAT/ CLIVAR (impacts à l'échelle africaine des anomalies thermiques de surface dans l'océan Atlantique Tropical ou associées à l'ENSO).

Programme France-Afrique du Sud (South African Rainfall Variability).

Publications récentes :

Richard Y , **Poccard I.**, 1996 : Sensibility du NDVI à la variabilité interannuelle des pluies en Afrique australe. Proceedings of the 2nd International Conférence of the African Meteorological Society on meteorology and sustainable development in Africa, 25-28.

Richard Y., **Poccard I.**, 1998 : NDVI sensivity to spatial and interannual rainfall variations in southern Africa. *International Journal of Remote Sensing*, **19**, 2907-2920.

Poccard I., Janicot S., Camberlin P. 2000 : Comparison of rainfall structures between NCEP/NCAR reanalyses and observed data over tropical Africa. *Climate Dynamics*, sous presse.

Camberlin P., Janicot P., **Poccard I.**, 2000 : Seasonality and atmospheric dynamics of the teleconnection between african rainfall and tropical sea surface temperature : Atlantic vs. ENSO. Soumis à *International Journal of Climatology*.

Mathieu ROUAULT

Date de naissance : 10 / 02 / 1962

Chief Research Officer (equivalent recherche d' assistant professeur) -department d'Océanography, University of Cape Town.

Thèmes de recherche :

Etats de surface océanique, flux d'humidité et de chaleur à l'interface océan-atmosphère, courant de Benguela, courant des Aiguilles. Recherches à partir de campagnes de mesures bateaux, de bouées dérivantes et de données de réanalyses (NCEP/NCAR).

Partenariat et contribution à des programmes scientifiques :

Responsable d'un projet de 5 ans : The role of the Oceans on South African Climate. Principal investigator: Satellite Remote Sensing Study of South African Climate, a CNRS/FRD cooperative project (avec Michel Desbois, LMD).

Principal investigator: South African rainfall variability, a France/ South Africa cooperative project (avec Michel Desbois, LMD et Yves Richard , CRC).

Publications récentes :

Jury, M., **M. Rouault**, S. Weeks, M. Shormann. 1997 : Atmospheric boundary layer fluxes and structure across a transition zone in Southeastern Africa. *Boundary Layer Meteorology*, **83**, 311-330.

Rouault, M., A.M. Lee-Thorp. 1997 : Fine-Time resolution measurements of atmospheric boundary layer properties between Cape Town and Marion Island. *South African Journal of Marine Sciences*, **17**, 281-296.

Lee-Thorp, A, **M. Rouault**, J.R.E. Lutjeharms. 1998 : Moisture uptake in the boundary layer above the Agulhas Current: a case study. *Journal of Geophysical Research*, **104**, 1423-1430.

Rouault, M., A.M. Lee-Thorp and J.R.E. Lutjeharms, 2000 : Observations of the atmospheric boundary layer above the Agulhas Current during along current winds. *Journal of Physical Oceanography*, soumis.

Rouault, M. and J.R.E. Lutjeharms, 2000 : Air-sea exchange over an Agulhas eddy at the Subtropical Convergence. *The Global Atmosphere and Ocean System*, in press.

Sylwia TRZASKA

Date de naissance : 13 / 12 / 1966

Doctorante au Centre de Recherches de Climatologie, Université de Bourgogne.

Titre de la thèse : “Variabilité du cycle de l'eau atmosphérique en zone tropicale et circulations atmosphériques et océaniques : évolution spatio-temporelle, connexions physiques et prévisibilité”.

Thèmes de recherche :

Variabilité des précipitations en zone tropicale et relation avec les températures de surface océanique; variabilité climatique interannuelle et décennale; expériences de sensibilité avec des modèles de circulation générale de l'atmosphère – validation d'hypothèses diagnostiques.

Partenariat et contribution à des programmes scientifiques :

Programme ECLAT/ CLIVAR (impacts à l'échelle africaine des anomalies thermiques de surface dans l'océan Atlantique Tropical ou associées à l'ENSO).

Programme Européen PROMISE (Predictability and variability of monsoons, and the agricultural and hydrological impacts of climate change).

Publications récentes :

Trzaska S., Moron V., Fontaine B., 1996 : Global atmospheric response to specific linear combinations of the main SST modes. Part I : numerical experiments and preliminary results. *Ann. Geophysicae*, **14**, 1066-1077.

Fontaine B., **Trzaska S.**, Janicot S., 1997 : Evolution of the relationship between near global and Atlantic SST modes and the rainy season in West Africa : statistical analyses and sensitivity experiments. *Climate Dynamics*, **14**, 353-368

Fontaine B., Janicot S., Moron V., Roucou P., **Trzaska S.**, 1997 : Anomalies de températures de surface de la mer et précipitations Tropicales : Synthèse de quelques travaux récents portant sur les précipitations au Sahel et dans le Nordeste. *La Météorologie*, **23**, 14-35.

Richard Y., **Trzaska S.**, Roucou P. Rouault M., 2000: Modification of the Southern African rainfall variability /El Niño Southern Oscillation relationship. *Climate Dynamics*, sous presse.

b) **Constitution de l'équipe et place au sein de l'UMR**

L'équipe est actuellement constituée de six membres qui pratiquent ensemble des travaux de recherches depuis quelques, voire plusieurs années. Les multiples collaborations, passées et présentes, peuvent selon le cas s'articuler autour :

- d'une thématique : la variabilité pluviométrique interannuelle à l'échelle de l'Afrique ou de différentes régions de l'espace africain (structures spatiales et analyses diagnostiques) ;
- d'un espace : l'Afrique australe ;
- de l'utilisation partagée de bases de données : réanalyses du NCEP/NCAR ;
- de la définition d'expériences de sensibilité.

Ces collaborations se sont traduites par de nombreux travaux cosignés : référence aux publications récentes des différents membres. Elles sont facilitées par l'insertion au sein d'une même structure, le CRC, ou par l'absence de décalage horaire : échanges multiples au quotidien par e-mail entre les membres du CRC et Mathieu Rouault. L'équipe a en commun des méthodes, données et outils qui doivent faciliter la mise en œuvre du projet.

Les cinq membres du projet ACI développent des recherches avec d'autres membres du CRC (Bernard Fontaine, Pascal Roucou, M'Baye Diop, Nathalie Philippon..., pour les plus récentes). Le soutien par le MENRT de notre projet ACI aurait ainsi des répercussions positives sur l'ensemble des membres de l'UMR : utilisation des runs couplés océan-atmosphère par exemple. Enfin, il permettrait d'intégrer les plus jeunes (étudiants de maîtrise et de DEA) dans une nouvelle dynamique d'équipe.

4 – Présentation du projet

a) Objectifs

La République Sud-Africaine (RSA), avec une ressource totale en eau d'environ 1300 m³/h en moyenne annuelle, est classée par l'ONU parmi les pays pour lesquels les problèmes de ressources en eau font peser de sévères contraintes sur la production alimentaire, le développement économique et la protection des systèmes naturels. Cette situation a amené la construction d'aménagements hydrauliques importants (barrages, transferts entre bassins versants...). Actuellement, la gestion rationnelle de ces aménagements assure un équilibre relatif entre les besoins croissants des différents acteurs économiques (urbains, industriels et agricoles). Toutefois, cet équilibre fragile est perturbé par les sécheresses récurrentes affectant le pays (1982-83 et 1992-93 par exemple) qui signent une variabilité pluviométrique importante. Dans ce contexte, toute détérioration des conditions d'accès à la ressource en eau serait très préjudiciable. Un élément nouveau à prendre en compte est la possible modification des caractères de la variabilité pluviométrique dans le cadre de changements climatiques d'origine anthropique. Actuellement, ce signal recherché dans les données d'observation ne peut être véritablement estimé qu'à partir des simulations par les modèles couplés de circulation générale.

Le problème de la détection du signal de changement du climat d'origine anthropique réside dans l'extrême complexité du système climatique, possédant une variabilité propre à différentes échelles temporelles allant du « temps qu'il fait » aux variabilités pluridécennales liées aux interactions entre les différents composants du système et séculaires liées aux forçages extérieurs. Dans l'impossibilité de conduire une expérimentation directe qui a fait le succès des sciences expérimentales ou naturelles, il est nécessaire d'avoir recours à des modèles de circulation générale qui reproduisent au mieux le système climatique et concentrent, à l'heure actuelle l'ensemble des connaissances sur le climat à l'échelle globale. Cependant, une représentation imparfaite des différents processus et interactions dans ces modèles conduit à des écarts entre le climat simulé et le climat réel et à plus long terme, entre la réponse du modèle à un forçage d'origine anthropique et la réponse du climat réel. Malgré cela, ces modèles procurent à l'heure actuelle, la meilleure estimation du signal anthropique à rechercher dans l'observation ainsi que le meilleur estimateur de la variabilité naturelle du climat. En effet, la variabilité basse fréquence (interdécennale et plus) est mal échantillonnée dans l'enregistrement instrumental, court par rapport à ces échelles temporelles.

Axe 1 : Diagnostic de la variabilité pluviométrique dans l'observation et téléconnexions

Des études récentes montrent que les précipitations Sud-Africaines n'ont pas enregistré de diminution significative lors des dernières décennies, comme cela est le cas au Sahel depuis les années 70. Cependant les caractères de la variabilité pluviométrique ont subi des modifications. Avant 1970, la variabilité pluviométrique interannuelle était maximale en début de saison des pluies (Octobre-Décembre), alors que, depuis 1970, elle s'est amplifiée en fin de saison des pluies (Janvier-mars), saison la plus pluvieuse où les processus sont d'origine tropicale (D'Abreton et Lindesay, 1993). Parallèlement, les structures spatiales de covariabilité pluviométrique semblent s'être étendues. Les conditions météo-océanographiques associées aux sécheresses (téléconnexions) paraissent également s'être modifiées depuis 1970. Les anomalies d'échelle régionale (notamment au niveau du courant des Aiguilles et de sa zone de réflexion), dominantes avant 1970, ont laissé

place aux anomalies tropicales de type ENOA (El Niño / Oscillation Australe). Ceci se traduit par des sécheresses plus sévères et étendues observées depuis 1970 (Richard *et al.*, 2000a). Nous envisageons de valider et d'étendre ces premiers résultats à partir de données originales et de réanalyses, et de proposer des hypothèses en s'appuyant sur des résultats de modèles numériques.

Axe 2 : Analyse de simulations globales couplées en réponse à un doublement du CO₂

Des expériences de sensibilité avec doublement de CO₂, déjà réalisées avec un MCGA australien (CSIRO, Joubert *et al.*, 1996), indiquent que ce n'est pas le volume annuel précipité mais la répartition des pluies qui pourrait être modifiée en RSA. Ces résultats peuvent être mis en rapport avec l'existence de signaux observés (Smakhtina, 1998), mais doivent être considérés avec prudence. Compte tenu du rôle de l'océan dans la dynamique du système climatique global, nous privilégions les expériences réalisées à partir de modèles couplés océan-atmosphère, tout en étant conscient du fait que les précipitations, dans un modèle couplé, sont très peu dynamiques. En conséquence, d'autres paramètres devront être analysés.

L'analyse de l'impact prévu du changement climatique anthropogénique sera ainsi effectuée à partir de deux expériences climatiques d'augmentation de la teneur en CO₂, réalisées à partir des deux modèles français de simulation du climat (IPSL et Météo-France). Le volume important de données à analyser justifie la demande d'acquisition d'une machine de stockage à grosse capacité disque (DD 30 Go), et d'un système de sauvegarde HP.

Le caractère thématique innovant du projet ACI est la prise en compte de l'évolution possible de la pluviométrie en relation avec la modification des caractéristiques chimiques de l'atmosphère. La connaissance des caractères et des mécanismes de la variabilité pluviométrique actuelle permet d'identifier les paramètres-clés susceptibles d'être affectés par le "réchauffement global", paramètres dont les modifications pourraient fragiliser les équilibres relatifs à la disponibilité de la ressource en eau.

Il faut insister néanmoins sur le fait que, compte tenu des incertitudes qui subsistent sur le rôle de forçages tiers (aérosols, réponse radiative des nuages ...), l'objectif final n'est pas tant de fournir des estimations définitives du changement climatique attendu, que de contribuer méthodologiquement à l'investigation des répercussions de l'augmentation du CO₂ sur les diverses composantes du système climatique et du système homme-climat.

b) **Originalité au sein du laboratoire**

Le Centre de Recherches de Climatologie est une UMR CNRS « Climatologie de l'Espace Tropical » rattachée aux DSPT 3 & 6 (MENRT) et aux départements SDU & SHS du CNRS. Il a 3 axes prioritaires de recherche : l'analyse diagnostique et la prévisibilité climatique, les simulations numériques et les études d'impacts sur les écosystèmes et sociétés. La demande ACI a l'avantage de servir les deux points de l'évolution souhaitée dans le cadre du contrat quadriennal 1999-2002 :

- prendre en compte les moyennes latitudes autour du fuseau Atlantique. A cet égard, l'Afrique du Sud permet d'étendre le domaine des études dans l'hémisphère austral tout en profitant des acquis méthodologiques et des bases de données de l'équipe ;
- orienter la recherche en direction des études d'impacts et non plus seulement réaliser des diagnostics et simulations numériques à des fins de vérifications d'hypothèses physiques.

La plupart des chercheurs travaillent ici sur des aspects associés aux circulations tropicales de type moussons de l'hémisphère nord. Les données, les méthodes d'analyse visent surtout à déterminer le poids des conditions de surface océaniques et continentales sur la variabilité pluviométrique régionale via la dynamique de l'atmosphère à grande échelle (perturbations associées à la circulation divergente de grande échelle). Le savoir-faire local existe donc mais ne s'est pas jusqu'ici investi sur les aspects mentionnés dans le projet. En retour, il y a beaucoup à attendre des retombées de ce projet au sein de l'équipe, avec renforcement de certains thèmes centraux du CRC :

- développement des recherches portant spécifiquement sur l'hémisphère Sud, soutenues par le programme France/Afrique du Sud ;
- contribution aux travaux centrés sur le fuseau Atlantique avec extension vers le Sud par rapport aux travaux actuels; recherches soutenues par le programme ECLAT/CLIVAR, en particulier étude des interactions entre systèmes pluviogènes des domaines tropical et tempéré.

et introduction au sein du laboratoire de nouvelles problématiques et méthodes associées:

- prise en compte d'un éventuel changement climatique anthropogénique; des études d'impacts sur d'autres régions (Afrique de l'Ouest?) pourraient être développées par d'autres membres du CRC;
- analyse de runs couplés océan-atmosphère, qui intéressent d'autres membres de notre UMR;
- désagrégation régionale de l'information, dans ce cas entre l'échelle des modèles et l'échelle utile pour les études des impacts socio-économiques, mais pouvant être utilisée dans d'autres études au sein du laboratoire ;
- utilisation des méthodes dites « d'empreinte optimale » (optimal fingerprint) afin de distinguer le signal du changement climatique attendu dans le cadre du forçage radiatif dû à l'augmentation des Gaz à Effet de Serre (GES) anthropogéniques du signal de la variabilité naturelle du climat.

c) **Aspects pluridisciplinaires et place dans le contexte international**

Du 17 au 22 octobre 1999, les départements SDU et SHS du CNRS ont organisé une école thématique « Incertitudes et décisions : le cas du changement climatique ». Trois membres du projet ont participé à cette école qui s'est tenue aux Houches (Isabelle Pocard, Yves Richard et Sylwia Trzaska). L'objectif de cette école était la prise de contact entre deux communautés, physiciens du climat et économistes pour la plupart des participants, afin de développer une éventuelle collaboration autour de la question du changement climatique, par essence interdisciplinaire, et sur laquelle la recherche française souffre de la trop grande étanchéité entre disciplines. Les échanges ont été fructueux mais ont également abouti à un constat : entre les physiciens modélisateurs du climat et les économistes modélisateurs des impacts, une véritable collaboration ne peut exister sans qu'une communauté des impacts ne se structure, au sein de laquelle les géographes, humains et physiciens, doivent s'insérer. Une augmentation de la température moyenne de 2°C à l'échelle globale n'engendre pas un coût évaluable par les économistes. Aussi, les géographes-climatologues peuvent intervenir à ce stade. En effet, une désagrégation régionale de l'information, en jouant sur les interactions d'échelle, une évaluation des impacts sur les écosystèmes et une identification des secteurs sensibles sont nécessaires pour avoir une vision synthétique de la question.

Le projet scientifique que nous proposons est né lors de cette école. L'ACI lui offre l'opportunité d'exister. Il restait à déterminer un espace susceptible d'être affecté par un changement climatique lié à l'effet de serre anthropogénique et, d'identifier un point sensible, un secteur économique et/ou environnemental en équilibre fragile. Notre connaissance du climat de l'Afrique du Sud (Cf les bibliographies des participants au projet), de l'extrême fragilité de l'équilibre actuel concernant l'accès à la ressource en eau ont conduit au choix effectué.

Ce projet ACI s'inscrit dans le cadre de la coopération scientifique franco-sud africaine, dans le prolongement du programme South African Summer Rainfall Variability de 2 ans soutenu par le CNRS. Les partenaires sont le Laboratoire d'Océanographie - Université de Cape Town, le Laboratoire de Météorologie Dynamique - Ecole Polytechnique et le Centre de Recherches de Climatologie - CNRS / Université de Bourgogne. Le projet ACI permettrait de pérenniser les liens établis avec ces organismes et d'en renforcer d'autres (Institut Pierre-Simon Laplace, Météo-France).

Ce projet a donc pour ambition de participer :

- au développement d'une communauté française sur les impacts au doublement de CO₂ ;
- au renforcement de la coopération internationale franco / sud-africaine.

Les membres du projet émanent de deux communautés : géographes et physiciens. Notre équipe est associée aux sections 12 et 31 du CNRS et appartient aux DSPT 3 et 6 du Ministère de l'Education Nationale de la Recherche et des Technologies. Les partenaires de ce projet sont géographes, météorologues et océanographes.

d) **Méthodologie envisagée**

Axe 1 : Diagnostic de la variabilité pluviométrique dans l'observation et téléconnexions

La variabilité pluviométrique observée au cours du XXème siècle sera étudiée à partir d'un fichier pluviométrique stationnel de qualité vérifiée provenant du South African Weather Bureau (SAWB - RSA). Un premier point concerne la recherche, sur l'espace et la période considérés, de signaux exprimant des modes de variabilité pluviométrique spatio-temporelle cohérents (stationnaires, oscillatoires ou propagatifs). On utilisera ici les méthodes d'extraction de composantes : Analyses en Composantes Principales, et MSSA (Multi-channel Singular Spectrum Analysis). On recherchera d'éventuelles tendances et/ou rupture de stationnarité (Split Moving- Windows Dissimilarity Analysis). L'accent sera également mis sur une meilleure appréhension des caractéristiques spectrales des signaux pluviométriques (Fast Fourier Transform, Analyse Harmonique, Maximum Entropy Method, Multi-Taper-Method) et de leur évolution (Singular Spectrum Analysis, Analyse par Transformée en Ondelette). L'obtention de données pluviométriques au pas de temps journalier auprès du SAWB permettra notamment la détection d'éventuelles modifications dans la répartition / la fréquence d'événements pluvieux particuliers / de séquences sèches / humides, tout aussi importants pour la gestion des aménagements hydrauliques et des milieux naturels.

Les téléconnexions (et leurs éventuelles modifications au cours de la période considérée) seront recherchées entre les données pluviométriques, les Températures de Surface Océanique observées (UKMO) et les paramètres atmosphériques observés ou/et réanalysés (NCEP/NCAR). Les méthodes utilisées (corrélations, analyses composites, Canonical Correlation Analysis, SVD) différeront selon que l'on considérera des indices (définis objectivement) ou des champs.

Les résultats des analyses précédentes permettront notamment de définir de nouvelles expériences de sensibilité aux Températures de Surface Océanique. Celles-ci seront effectuées sur le modèle ARPEGE-Climat de Météo-France. Elles ont pour objectif de préciser les mécanismes physiques en cause tels que ceux discutés dans les études récentes (Reason, 1999 ; Richard et al., 2000b).

Axe 2 : Analyse de simulations globales couplées en réponse à un doublement du taux de CO₂ atmosphérique + comparaison avec les simulations de contrôle et l'observation

Les méthodes dites « d'empreinte optimale » (optimal fingerprint, Hasselmann, 1993, 1997, Hegerl et al., 1996, 1997), seront appliquées afin de distinguer le signal du changement climatique attendu dans le cadre du forçage radiatif dû à l'augmentation des GES anthropogéniques du signal de la variabilité naturelle du climat. Dans ce type de stratégie, il est fait l'hypothèse que les simulations numériques (2* CO₂) permettent de déterminer la structure du signal spatio-temporel que l'on veut détecter dans l'observation. La méthode de l'empreinte ou filtre optimal cherche à maximiser le rapport entre le signal - réponse déterministe à différents forçages et le bruit - lié à la nature chaotique du climat. La méthode est basée sur le filtrage optimal du bruit et fait intervenir le signal estimé à partir des simulations numériques et la matrice de variance-covariance de la variabilité naturelle du climat estimée à partir des observations et/ou à partir des simulations couplées. Cette méthode oriente la détection du signal dans la direction orthogonale au bruit. Dans le cadre de cette stratégie, le choix de simulations globales couplées n'est pas innocent, les simulations couplées étant les seules à générer leur propre variabilité « naturelle », qu'il faut cependant valider et confronter à l'observation.

Les simulations numériques réalisées à partir des deux modèles français de simulation du climat (IPSL et Météo-France) seront utilisées. Ces deux modèles couplés utilisent le même modèle océanique OPAICE développé par le LODYC (CNRS) (Delecluse et al., 1993), qui comprend 31 niveaux verticaux pour une résolution de $2^\circ \times 1^\circ 5'$. Dans le cas du modèle couplé de l'IPSL, le modèle atmosphérique utilisé est celui du LMD ; dans celui du modèle couplé de Météo-France, il s'agit du modèle de circulation générale atmosphérique développé par le CNRM. Dans chacun des cas, les deux composantes océanique et atmosphérique sont couplées à l'aide du coupleur OASIS, développé au CERFACS (Terray et al., 1995). Il réalise la synchronisation entre les deux MCG, ainsi qu'une interpolation spatiale des champs couplés de la grille océanique vers la grille atmosphérique, qui n'ont pas la même résolution. Aucune correction de flux à l'interface n'est réalisée. Une comparaison des aspects globaux des simulations effectuées à l'aide des deux modèles a été effectuée par Barthelet et al. (1998). Il est montré que les modèles utilisés reproduisent raisonnablement les caractéristiques principales du climat actuel.

Une autre étape importante est constituée par la désagrégation de l'information entre l'échelle des modèles et l'échelle utile pour les études des impacts socio-économiques. Les méthodes de désagrégation spatiale de l'information (« downscaling », Kidson et Thompson, 1998, Busuioc, 1999), seront quant à elle utilisées afin de caractériser le signal simulé dans le cadre d'un doublement de CO_2 à l'échelle des différentes composantes régionales de l'espace sud-africain. On recherchera ensuite une éventuelle consistance des structures spatiales simulées dans le cadre des runs 2^*CO_2 avec les structures spatiales observées, compatibles avec une identification des impacts.

e) **Calendrier du programme**

Année 1 (année universitaire 2000-2001)

Axe 1 :

- Automne-hiver 2000-2001: mise à jour de la base de données pluviométrique (RSA). Les données disponibles actuellement s'arrêtent pour la plupart en 1994. Un séjour en Afrique du Sud de 6 semaines pour un doctorant membre du projet (Nicolas Fauchereau) est envisagé (accueil par le laboratoire d'océanographie de l'Université de Cape Town).
- Printemps-été 2001 : étude de variabilité pluviométrique avec regard particulier sur l'été austral 1997-1998 où la sécheresse annoncée en relation avec l'ENSO de 1997 n'a pas eu lieu, et sur l'été 1999-2000 marqué par de graves inondations au Mozambique liées aux pluies des bassins de la Save et de Limpopo, au nord-est de la RSA (coordination : Mathieu Rouault, Yves Richard et Nicolas Fauchereau).

Axe 2 :

- Automne-hiver 2000-2001 : acquisition et prétraitement des sorties des modèles couplés CO_2 (coordination : CDD et Pierre Camberlin).
- Printemps-été 2001 : étude des runs de contrôle sans doublement de CO_2 (coordination : CDD et Pierre Camberlin).

Année 2 (année universitaire 2001-2002)

Axe 1 :

- Etude diagnostique des circulations atmosphériques associées aux anomalies pluviométriques à partir des réanalyses du NCEP/NCAR (coordination : Isabelle Pocard et Yves Richard).
- Etude des runs longs avec forçage par les TSO observées (coordination Nicolas Fauchereau et Yves richard).

Axe 2 :

- Dépouillement des sorties des modèles couplés avec doublement de CO₂ , et désagrégation de l'information à l'échelle de l'espace sud-africain, en relation avec les études diagnostiques (coordination : Nicolas Fauchereau, CDD et Pierre Camberlin).

Année 3 (année universitaire 2002-2003)

Axe 1 :

- Définition d'expériences de sensibilité sur le modèle ARPEGE (coordination Nicolas Fauchereau et Sylwia Trzaska).

Axe 2 :

- Détection d'un éventuel signal lié au réchauffement global dans l'observation avec méthodes d'empreinte optimale / fingerprint. Un séjour de 3 mois d'un membre du CRC (Sylwia Trzaska) est prévu au laboratoire d'océanographie de l'Université de Cape Town. (coordination : Sylwia Trzaska et Mathieu Rouault).

f) Collaborations prévues

Le partenaire principal de ce projet est le laboratoire d'Océanographie de l'Université du Cap, auquel appartient un des membres du projet (Mathieu Rouault). Ce partenariat implique des séjours à Cape Town de chercheurs français participant au programme, et réciproquement l'accueil de chercheurs sud-africains à l'Université de Bourgogne. Deux types sont envisagés : des séjours longs (1 à 3 mois effectués par des doctorants ou post-doc) pour acquisition et traitement de données, et des séjours courts (1 semaine) pour coordination et communication des résultats.

Les autres partenaires se situent pour partie en amont : IPSL et Météo-France, pour la mise à disposition des sorties de modèles couplés intégrant un doublement de CO₂. Dans le premier cas, les sorties, déjà disponibles, comprennent un run de contrôle de 210 ans (concentration en CO₂ fixée à 330 ppm), réalisé dans le cadre du programme d'intercomparaison CMIP2, et un scénario d'augmentation de 1% par an des concentrations. Une collaboration avec le Centre National de Recherches Météorologiques (CNRM, Jean-François Royer) permettra d'utiliser également les sorties du modèle couplé de Météo-France (Arpège / OPAICE) relatives à une expérience proche de la précédente, et à des expériences nouvelles programmées par le CNRM pour les 12 mois à venir. Mais un partenariat direct est également indispensable, avec définition commune de runs longs (Pascal Terray) ou d'expériences de sensibilité.

g) **Références bibliographiques**

- Barthelet P. et al., 1998 : Simulation couplées globales des changements climatiques associés à une augmentation de la teneur atmosphérique en CO₂. *C.R.Acad.Sciences*, Série II, Sc.Terre et des Planètes. 326, **10**, 677-684.
- Busuioc, A., Von Storch, H., Schnur, R., 1999. Verification of GCM-generated regional seasonal precipitation for current climate and of statistical downscaling estimates under changing climate conditions. *Journal of Climate*, **12**.
- D'abreton P.C., Lindesay J.A., 1993 : Water vapour transport over Southern Africa during wet and dry early and late summer months. *Int. J. of Climatol.*, **13**, 151-170.
- Delécluse P., Madec G., Imbard M., Levy C., 1993 : OPA version 7 Ocean General Circulation Model reference manual. LODYC, rapport interne 93/05.
- Hasselmann, K., 1993 : Optimal fingerprints for the detection of Time-dependent Climate Change, *Journal of Climate*, **6**, 1957-1971.
- Hasselmann, K., 1997 : Multi-Pattern fingerprint method for detection and attribution of climate Change. *Climate Dynamics*, **13**, 601-611.
- Hegerl, G.C., Von Storch, H ; Hasselmann, K., Santer, B., Cubash, U., Jones, P.D., 1996. Detecting Greenhouse-gas-induced climate change with an optimal fingerprint method. *Journal of Climate*, **9**, 2281-2306.
- Hegerl, G.C., Hasselmann, K., Cu_bash, U., Mitchell, J.F.B., Roeckner, E., Voss, R., Waskewitz, J., 1997 : Multi-fingerprint detection and attribution analysis of greenhouse gas-plus-aerosol and solar forced climate change. *Climate Dynamics*, **13**, 613-634.
- Joubert A.M., Mason S.J., Galpin J.S., 1996 : Droughts over southern africa in a doubled-CO₂ climate. *Int. J. of Climatol.*, **16**, 1149-1156.
- Kidson, J.W. and Thompson, C.S. A comparison of statistical and model-based downscaling techniques or estimating local climate variations. *Journal of Climate*, **11**, 735-753.
- Reason C.J.C., 1999 : Warm and cold events in the southeast Atlantic / southwest Indian Ocean region and potential impacts on circulation and rainfall over southern Africa. *Meteorology and Atmospheric Physics*, **69**, 49-65.
- Richard Y., Fauchereau N., Pocard I., Rouault M., Trzaska S., 2000 : XXth Century Droughts in Southern Africa Spatial and temporal variability, teleconnections with oceanic and atmospheric conditions. *Inter. J. of Climatology*, soumis.
- Richard Y., Trzaska S., Roucou P., Rouault M., 2000 : Modification of the Southern African rainfall variability /El Niño Southern Oscillation relationship. *Clim. Dyn.*, sous presse.
- Smakhtina O., 1998 : Historical changes in rainfall pattern in the Eastern Cape Province, South Africa. Proceedings of the Abidjan'98 Conference held at Abidjan, Côte d'Ivoire, Novembre 1998, IAHS Publ. No. 252, 135-142.
- Terray L., Sevault E., Guilyardi E., Thual O., 1995 : The OASIS coupler user guide, version 2.0. CERFACS, rapport technique TR/CMGC/95-46.

5 – Justification financière (1/2)

a) Moyens financiers demandés dans le cadre de l'ACI (en FF TTC) : 300

Justification scientifique des moyens demandés :

Le Centre de Recherches de Climatologie dispose conjointement d'équipements et d'un savoir faire dans le traitement des données climatiques (acquisition en ligne, stockage, accès partagé, analyse statistique, traitement graphique des résultats). Depuis quelques années, des données de réanalyse (NCEP/NCAR) et de sorties de modèle (ARPEGE) viennent compléter les données d'observation (stations météorologiques, mesures en mer, données satellites). Le projet ACI implique une augmentation significative en volume de la base de données (sorties de plusieurs expériences de 2 modèles couplés). Dans cette perspective, se posent à nous plusieurs difficultés expliquant qu'un tel développement ne peut être envisagé que dans le cadre d'un programme avec soutien financier :

- acquisition de nouveaux moyens de stockage propre (la convention actuelle entre notre équipe et le Centre de Ressource Informatique de l'Université de Bourgogne n'est pas adaptée à un tel volume de données). Ce point explique que 70 KF sur 90 en équipement soient affectés à la première année.
- Vacances (profil assistant ingénieur en informatique, année 1) dévolues au rapatriement des données de sortie de modèle, à leur stockage, à leur formatage pour qu'elles soient en accès partagé, au développement des programmes spécifiques pour leur traitement. Cette mission représente environ 4 mois de travail à temps complet.
- Vacances (profil climatologue, années 2 et 3) dévolues à l'analyse des runs de contrôle, des runs avec doublement de CO₂, et à la désagrégation régionale (downscaling). Ces analyses nécessitent environ 15 mois de travail d'un chercheur à temps plein.

En outre le soutien financier permettra de prendre en charge les déplacements des membres du projet (France -Paris, Toulouse, Dijon- et Afrique du Sud). Pour garantir une bonne coordination, des bilans réguliers seront effectués.

Récapitulatif global (en KF TTC) : 440

	Année 1	Année 2	Année 3	Total
Equipement	70	10	10	90
Fonctionnement Divers (missions, publications...)	15	15	30	60
Fonctionnement Vacations	60	130	100	290
Total / année	145	155	140	440

Organisme qui assurera la gestion financière du projet : Université de Bourgogne

5 – Justification financière (2/2)

b) **Autres moyens dont pourra bénéficier le projet**

Soutien financier provenant du laboratoire ou de l'unité de recherche à laquelle appartient le porteur du projet :

Le laboratoire assurera les dépenses d'infrastructure et fournira les moyens de calculs et logistiques. Le projet ne pourra utiliser qu'une petite partie des crédits affectés au laboratoire en tant que soutien de base UMR à hauteur de 20 KF maximum pour des missions et réunions principalement.

Demandes de contrats et/ou de subventions en cours et contrats et/ou subventions déjà obtenus par le demandeur ou un autre membre de l'équipe :

Ce projet utilisera en appoint une partie des crédits affectés au laboratoire dans le cadre de deux programmes dans lesquels il est impliqué :

Une personne (Sylwia Trzaska) est intégrée au programme européen Promise du 5^{ème} PCRD (projet sur 2000-2002 mais sur une problématique différente (Afrique au nord de l'équateur). Les crédits de mission fléchés se montent à 2000 Euros.

Cinq personnes sont intégrées au groupe de recherche international Clivar (PNEDC). Dans ce cadre, elles travaillent aux diagnostics de variabilité climatique mais sur un espace plus vaste (fuseau Atlantique-Afrique). Ce groupe réunit une dizaine de personnes dont 7 du CRC et dispose en totalité de 65 KF en 1999 et 100 KF en 2000 dans le but de couvrir les frais calcul, les abonnements aux revues scientifiques, les missions et l'infrastructure informatique (stations de travail, disques à haute capacité ...).

Equipements dont pourra bénéficier le projet :

Le groupe pourra bénéficier de 4 consoles (terminaux X) sous environnement UNIX permettant d'accéder à un cluster de machine scientifique type IBM RS 6000 et à deux machines parallèles quadriprocesseurs Compaq, avec, actuellement 20 GO de capacité disque, et de l'infrastructure bureautique courante (imprimantes, photocopieuse, serveur Windows NT ...).

6 – Lettre du directeur du laboratoire

J'ai grand plaisir à soutenir la candidature de monsieur Yves Richard dans le cadre des Actions Concertées Incitatives Jeunes Chercheurs 2000. Monsieur Richard a réuni autour de lui une équipe de jeunes chercheurs (Maîtres de Conférences et doctorants) avec lesquels depuis plusieurs années il a publié un grand nombre de travaux dans des revues scientifiques internationales sur le thème proposé. A ce titre, il a participé au nom du CRC à la coordination d'un projet international France/Afrique du Sud.

Le projet ACI permettrait de renforcer des liens déjà existants entre le CRC et des organismes de recherche comme Météo-France ou le laboratoire d'océanographie de l'Université du Cap, et d'en établir de nouveaux, notamment avec le Southern African Weather Bureau.

Le Centre de Recherches de Climatologie est une UMR CNRS intitulée Climatologie de l'Espace Tropical, dont les trois thématiques majeures sont :

- 1- Analyse diagnostique et prévisibilité climatique ;
- 2- Simulation numérique ;
- 3- Impact sur les sociétés et les écosystèmes.

Ce projet se place donc directement dans la continuité des travaux en cours au CRC et permet en particulier de mettre l'accent sur l'analyse de la variabilité climatique sous l'angle des observations et des simulations. Ce projet est donc un atout indispensable pour continuer l'effort de recherche, mais c'est aussi et surtout l'outil indispensable pour alimenter les deux nouvelles opérations de recherche proposées dans le cadre du nouveau contrat CNRS 1999-2002 :

- 1- renforcement de la composante « impacts climatiques » à travers l'étude des conséquences des changements climatiques ;
- 2- extension de la recherche aux marges extratropicales du domaine Atlantique.

Ce projet est dévolu au problème des impacts potentiels de l'augmentation anthropogénique de l'effet de serre. C'est un enjeu important, encore peu pris en compte au sein du laboratoire qui pourtant dispose des outils et méthodes adaptés.

L'emploi d'une personne en contrat à durée déterminée affectée à la gestion des bases de données et au développement d'application de traitement des sorties de modèles couplés dans le cadre du projet est indispensable : il est en effet nécessaire de restructurer certaines de nos bases de données et d'en faciliter l'accès partagé. C'est également un moyen, temporaire de renforcer l'unité qui jusqu'ici n'a jamais bénéficié d'une telle aide de la part du CNRS.