

Journées IMAGO - 2016

Dynamique de l'ITCZ et processus associés

1-2 Juin
LEGOS
Salle Coriolis

Comité d'organisation

Lionel GOURDEAU (LEGOS)
Gwendal RIVIERE (LMD)
Laurence VIDAL (CEREGE)

Participants

ALORY	Gael	LEGOS		LAFORE	Jean-Philippe	CNRM
BERTHET	Sarah	LEGOS		LEDRU	Marie-Pierre	ISEM
BEUCHER	Florent	CNRM		LEDUC	Guillaume	CEREGE
BOULOUBASSI	Ioanna	LOCEAN		LENGAIGNE	Mathieu	LOCEAN
BOUTIN	Jacqueline	LOCEAN		MALAIZE	Bruno	EPOC
BRACONNOT	Pascale	LSCE		MARTIN-REY	Marta	LOCEAN
CARRE	Mathieu	ISEM		PEYRILLE	Philippe	CNRM
CODRON	Francis	LOCEAN		ROCA	Rémy	LEGOS
CORREGE	Thierry	EPOC		ROERIG	Romain	CNRM
CRAVATTE	Sophie	LEGOS		ROUX	Franck	LA
DASSIE	Emilie	LOCEAN		SAMSON	Guillaume	LOCEAN
DELCROIX	Thierry	LEGOS		SUPPLY	Alexandre	LOCEAN
DONNADIEU	Yannick	CEREGE		TACHIKAWA	Kazuyo	CEREGE
DUVEL	Jean-Paul	LMD		VASQUEZ	Natalia	LSCE
FRIEDMAN	Andrew	LOCEAN		VOLDOIRE	Aurore	CNRM
GUILYARDI	Eric	LOCEAN				
HALL	Nick	LEGOS		RIVIERE	Gwendal	LMD
HASSON	Audrey	LEGOS		VIDAL	Laurence	CEREGE
HURET	Nathalie	INSU		GOURDEAU	Lionel	LEGOS
KISSEL	Catherine	LSCE				

Dynamique saisonnière et interannuelle de la SSS au large de Panama : la « fresh pool » du Pacifique est.

G. Alory, C. Maes, N. Reul, T. Delcroix

Les plus faibles valeurs et les plus fortes variations saisonnières en salinité de surface (SSS) du Pacifique tropical se trouvent à son bord est, une région connue pour de fortes interactions océan-atmosphère-continent liées à la zone de convergence intertropicale (ITCZ). A partir des observations in situ, nous avons mis en évidence le cycle saisonnier de cette « fresh pool » du Pacifique est, collée à la côte ouest du Panama, où la SSS est inférieure à 33. Elle est délimitée par des fronts très marqués en SSS et limite ouest se déplace de 1000 km entre décembre et avril. Nous avons cherché à comprendre la dynamique saisonnière de la « fresh pool » en combinant des données satellite de vent, pluie, niveau de la mer, des données in situ de courant de surface et des profils Argo de température et salinité. La « fresh pool » apparaît au large de Panama en juin, à cause des fortes pluies d'été associées au déplacement de l'ITCZ vers le nord et au-dessus de l'Amérique Centrale. De juin à décembre, le Contre-Courant Nord-Equatorial maintient la « fresh pool » à l'est, piégée à la côte, ce qui renforce le front de SSS. Pendant l'hiver suivant, l'ITCZ redescend vers le sud et un fort vent, canalisé par les montagnes de l'isthme du Panama, souffle du nord-est. Celui-ci crée dans son sillage un courant-jet, flanqué de deux tourbillons de signe opposé. Le pompage d'Ekman associé au tourbillon situé dans la baie du Panama entraîne un upwelling. Tandis que la remontée d'eaux froides et salées érode la « fresh pool » à l'est, le courant-jet et le Courant Sud-Equatorial renforcé en cette saison étirent celle-ci vers l'ouest, jusqu'à la faire disparaître en mai. Les données satellite SMOS sont capables de restituer la variabilité saisonnière de cette « fresh pool » et son extension spatiale, qui connaît également une forte variabilité interannuelle. L'extension de la « fresh pool » et les mécanismes associés sont particulièrement contrastées entre les années 2012 et 2015.

Title: Mesoscale convective systems and sub-seasonal variability modes over the tropical north-eastern Pacific during summer

Authors: S. Berthet ¹, R. Roca ¹, J.-P. Duvel ² and T. Fiolleau ³

Abstract: The main characteristics of Mesoscale Convective Systems (MCS) in the tropical north-eastern Pacific are investigated by applying a recently developed tracking algorithm to the infrared satellite imagery data from GOES-West and -East for boreal summers of the 2012-2014 period.

Changes of the spatial distribution of MCS and changes of their properties are analyzed for two large-scale organizations of the zonal low-level winds west of Central America, characterized either by easterlies or westerlies. Compositing over these two regimes of low-level winds reveals that long-lasting MCS are favored by westerly winds over the tropical north-eastern Pacific west of 120°W; during a westerly regime, density of MCS having lifetime superior to 10 hours increases mainly in the [110°W-100°W, 10°N-20°N] region. In this case MCS duration distributions widen. Indeed during westerly regime convection appears much more organized in this area, with bigger MCS that propagate on longer distances.

Analyzing vertical profiles of zonal wind shear and relative humidity over the tropical north-eastern Pacific show that mid-tropospheric moisture is the determinant triggering factor of deep organized convection whatever the low-level wind regime. It is shown that the [110°W-100°W, 10°N-20°N] region is characterized by a moister mean vertical profile in the westerly regime. Comparisons with a southern region ([120°W-100°W, 5°N-10°N]) demonstrate that a sheared zonal wind profile with moderate low-level westerlies favors MCS propagation.

The large-scale structure of the climatological ITCZ over the Pacific is also perturbed and contracts during the westerly regime. The tropical north-eastern Pacific area west of 120°W becomes less favorable to MCS development in the low-level westerlies regime, in accordance with the diminution of rainfall observed locally. All these elements establish a regional-scale impact on convection of the large-scale low-level wind changes, where the westerlies east of 120°W are considered as the most visible sign of a large-scale perturbation.

Affiliations:

¹ LEGOS, Toulouse (contact: sarah.berthet@leqos.obs-mip.fr)

² LMD, Paris

³ CNRM, Toulouse

Inondation de Ouagadougou 2009: un cas de déferlement d'une onde d'Est et de tourbillon humide au Sahel

Florent Beucher¹, Jean-Philippe Lafore¹, Aïda Diongue², Nicolas Chapelon³, Emmanuel Poan¹,
Romain Roehrig¹

¹*CNRM, Météo-France and CNRS, Toulouse, France*

²*ANACIM, Dakar, Senegal*

³*DP/CISMF, Météo-France, Toulouse, France*

Les événements précipitants dans la bande Sahélienne durant la saison de mousson, sont dominés par les systèmes convectifs du type lignes de grains à propagation rapide vers l'ouest et de longue durée de vie. Ces systèmes sont couplées aux ondes d'Est africaines, et expliquent une grande partie des précipitations annuelles dans cette bande sahéenne semi-aride.

Par contre les études récentes montrent que les événements précipitants extrêmes ne sont pas forcément associés à ces lignes de grains, mais à la formation d'un tourbillon humide couplé au déferlement de l'onde d'Est. Le cas d'inondation de Ouagadougou (Burkina Faso) survenu le 1^{er} septembre 2009, est un exemple extrême de ce type d'événement avec 261 mm de pluie enregistré en 10 h, affectant 150 000 personnes, causant de nombreux dégâts et pertes humaines (9 décès).

En s'appuyant sur une étude approfondie de ce cas, nous analysons les facteurs favorables au déferlement de l'onde d'Est, et la genèse de ce tourbillon humide associée à l'aide de bilans de chaleur et du tourbillon. Ainsi 6 facteurs favorables sont identifiés:

- (i) L'occurrence préalable d'une puissante poussée de mousson sur l'Afrique de l'Est résultant en une anomalie humide de grande taille sur le Sahel Est se propageant vers l'ouest.
- (ii) Un jet d'Est africain (JEA) intense
- (iii) Un train d'onde d'Est: La propagation de l'énergie (vitesse de groupe) vers l'amont du JEA permet une intensification des ondes les plus à l'Est.
- (iv) Une convection profonde intense au sud de cœur du JEA.
- (v) Un forçage par les ondes de Rossby des latitudes tempérées.
- (vi) Un forçage par les ondes équatoriales: notamment par des ondes du type Mixte Rossby Gravitité se propageant vers l'Ouest.

E-mail address: florent.beucher@meteo.fr

Centre National de Recherches Météorologiques (CNRM) Météo-France
42 Av. G. Coriolis
31057 Toulouse Cedex 7 France

Hydroclimate variability in NE Brazil over the last 2K track ITCZ movement

Utida Giselle (1), Bouloubassi Ioanna (2), Cruz Francisco (1), Schefuss Enno (3), Sifeddine Abdel (2,4), Klein Vincent (2), Etourneau Johan (5), Zocatelli Renata (6), Zular André (1), Cheng Hai (7,8), and Edwards R. Laurence (8)

(1) Departamento de Geoquímica e Geotectônica, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, Brazil, (2) LOCEAN-IPSL, Sorbonne Universités, Univ.Paris 6, CNRS, IRD, MNHN, Paris, France, (3) MARUM - Center for Marine Environmental Sciences and Department of Geosciences, University of Bremen, Germany, (4) LMI "PALEOTRACES" (URD/UFF/Uantof-Chili), Dept. de Geoquímica - Universidade Federal Fluminense, Niterói-RJ, Brazil, (5) INSU-CNRS, Paris, France, (6) Université d'Orléans, CNRS/INSU, BRGM, Orléans, France, (7) Institute of Global Environmental Change, Xian Jiaotong University, Xian, China, (8) Department of Geology and Geophysics, University of Minnesota, Twin Cities, Minneapolis, Minnesota, USA

Precipitation associated with the South American Summer Monsoon (SASM) and the Intertropical Convergence Zone (ITCZ) supplies more than 70% of tropical South America's annual precipitation and is fundamental in sustaining the water regime for regional socioeconomic activities. Motivated by the fact that the greatest uncertainty in model projections of future precipitation trends lies in the tropics, and particularly in South America, a number of recent proxy studies have aimed at documenting and understanding spatiotemporal variability of precipitation regimes mainly in SAMS-affected regions of the tropical S. America. Proxy records of precipitation possibly linked to past meridional ITCZ displacements are however currently lacking, mainly because of the paucity of suited high-resolution archives. This limits our ability to assess rainfall patterns at regional scale, explore driving mechanisms of variability at decadal to centennial timescales and the interactions between SASM and ITCZ.

Here we present two new and complementary high-resolution records of past precipitation over the last 2K from the semi-arid area of Nordeste where present-day precipitation patterns are sensitive to ITCZ seasonal migration. These are a $\delta^{18}\text{O}$ record from a speleothem and a record of plantwaxes δD from a sediment core retrieved in a nearby lake.

The two records show a remarkable similarity and are characterized by multidecadal modulation and century-scale changes. The Medieval Climate Anomaly (MCA) is characterized by prominently dry conditions (the driest in the records) while the Little Ice Age (LIA) is a wetter phase. The data document fluctuations of southern meridional ITCZ movements during the last millennium that compare well with available records of fluctuations in northern ITCZ extension (Cariaco Basin). Comparisons to proxy records from tropical South America regions affected by the SASM and the South America Convergence Zone (SACZ) allow evaluating the SAMS/ITCZ linkages. Furthermore, the data are discussed in terms of the role of oceanic modes of variability in modulating regional hydroclimate.

Signature de la pluie sur la salinité de surface satellitaire dans l'ITCZ

Jacqueline Boutin¹, Alexandre Supply¹, Nicolas Martin¹, Jean-Luc Vergely², Gilles Reverdin¹,
Nicolas Viltard³

¹LOCEAN/IPSL, UPMC, Case 100, 4, place Jussieu, 75005 Paris, France, jacqueline.boutin@locean-ipsl.upmc.fr, nicolas.martin@locean-ipsl.upmc.fr, gilles.reverdin@locean-ipsl.upmc.fr

²ACRI-st, 260 Route du Pin Montard, 06904 Sophia-Antipolis, France, Jean-Luc.Vergely@acri-st.fr

³LATMOS/IPSL, 11 Boulevard D'Alembert 78280 Guyancourt, France, nicolas.viltard@latmos.ipsl.fr

La mission satellitaire Soil Moisture and Ocean Salinity (SMOS) réalise des mesures de la salinité dans le premier centimètre de la surface de la mer (SSS) sur l'océan global depuis plus de 6 ans. Dans les régions pluvieuses, à courte échelle de temps (<1h) et d'espace (~50km), Boutin et al. (2013, 2014) ont montré que la variabilité spatio-temporelle de la salinité SMOS était dominée par l'impact de la pluie telle que détectée par les radiomètres hyperfréquence. La relation est quasi-linéaire entre dessalures SMOS et taux de pluie satellite, avec une pente proche de la relation prédite par le modèle théorique de Schlussel et al. (1997) et des relations trouvées à partir des mesures satellitaires de SSS AQUARIUS.

Dans cette présentation, après avoir résumé ces travaux, nous utiliserons les SSS SMOS pour analyser le fort contraste en SSS entre l'année 2015 et 2012 : sur la zone 5°N-15°N ; 100°W-180°W, l'année 2015 est caractérisée par une SSS moins salée en moyenne de 0.6 avec une variabilité bien supérieure à celle observée en 2012. Ces variations s'accompagnent d'une pluviométrie plus élevée en 2015 qu'en 2012 mais ne peuvent s'expliquer sans inclure des effets d'advection océanique.

De plus, les relations entre dessalures locales SMOS et taux de pluie dérivés des mesures radiométriques et radar sur les missions TRMM (année 2012) et GPM Core mission (année 2015) sont tout à fait comparables.

Variations passées de l'ITCZ et de la mousson et leur rôle dans l'énergétique globale

Pascale Braconnot, IPSL/Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, unité mixte CEA-CNES/UVSQ Orme des Merisiers, bât. 712, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex.

Les nombreuses reconstructions paléoclimatiques permettent de retracer les variations des systèmes de mousson et de s'interroger sur les mouvements de la zone de convergence intertropicale (ITCZ) à différentes échelles de temps (long terme et variabilité interannuelle à multi décennale). Ces fluctuations sont le résultat de différentes perturbations externes et de rétroactions liées à la circulation océanique, aux surfaces englacées (calottes, glace de mer, neige) et continentales (végétation, hydrologie). Des simulations avec des configurations orbitales variées nous ont permis de mettre en relief le rôle des moussons dans l'énergétique globale. Des simulations du début de l'Holocène, testant l'impact relatif d'un flux d'eau douce lié à la fonte de la calotte dans l'hémisphère nord et de la présence d'une calotte résiduelle, mettent en relief le rôle de la position océanique de l'ITCZ. Enfin des travaux récents sur la variabilité d'El Niño à l'Holocène moyen permettent de s'interroger sur les rôles relatifs d'El Niño et des moussons dans l'énergétique globale. La présentation s'attachera à quantifier comment les variations de l'ITCZ et la mousson Afro-asiatique affectent les bilans énergétiques et les transports de chaleur par l'océan et l'atmosphère. Elle fera une rapide synthèse des travaux antérieurs et s'appuiera sur de nouvelles simulations de l'Holocène permettant de s'interroger sur le rôle de l'état moyen et de rétroactions liées à des éléments de complexité du modèle de climat de l'IPSL (végétation interactive, poussières, hydrologie, océan).

La mousson au Sahel et les températures globales: leçons d'un enregistrement paléoclimatique de 1600 ans

Matthieu Carré, Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier, UM, CNRS, IRD, France
Moufok Azzoug, Université de Bejaia, Algérie
Paul Zaharias, Université de Montpellier, France
Abdoulaye Camara, Institut Fondamental d'Afrique Noire, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Senegal
Rachid Cheddadi, Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier, UM, CNRS, IRD, France
Manuel Chevalier, Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier, UM, CNRS, IRD, France
Denis Fiorillo, Museum National d'Histoire Naturelle, France
Amadou Gaye, Laboratoire de Physique de l'Atmosphère et de l'Océan Siméon Fongang (LPAO-SF), Université Cheikh Anta Diop Dakar, Sénégal
Serge Janicot, Laboratoire d'Océanographie et du Climat: Expérimentations et approches numériques, France
Myriam Khodri, Laboratoire d'Océanographie et du Climat: Expérimentations et approches numériques, France
Alban Lazar, Laboratoire d'Océanographie et du Climat: Expérimentations et approches numériques, France
Claire Lazareth, Laboratoire d'Océanographie et du Climat: Expérimentations et approches numériques, France
Juliette Mignot, Laboratoire d'Océanographie et du Climat: Expérimentations et approches numériques, France
Nancy Mitma Garcia, Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier, UM, CNRS, IRD, France
Nicolas Patris, Hydrosociences Montpellier, UM, CNRS, IRD, France
Océane Perrot, Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier, UM, CNRS, IRD, France
Malik Wade, Laboratoire de Physique de l'Atmosphère et de l'Océan Siméon Fongang (LPAO-SF), Université Cheikh Anta Diop Dakar, Sénégal

Alors que les incertitudes des prédictions restent très larges pour les précipitations du Sahel, il est nécessaire de rechercher dans les climats du passé une perspective à plus long terme permettant de mieux comprendre les liens entre le réchauffement global et la tendance séculaire d'aridification observée au Sahel au 20^{ème} siècle. Nous présentons un nouvel enregistrement de 1600 ans des conditions d'aridité au Sénégal, obtenu à partir des rapports isotopiques de l'oxygène ($\delta^{18}\text{O}$) mesurés dans des amas coquilliers archéologiques du delta du Saloum. Dans cet estuaire situé au plus fort du gradient latitudinal de précipitation, le $\delta^{18}\text{O}$ des coquilles est très sensible aux variations du bilan Evaporation-Précipitation. Nos résultats montrent que les conditions actuelles d'aridité dans la région sont sans précédent depuis 1600 ans. Nous observons de façon significative des conditions plus humides pendant la période médiévale puis une transition claire vers des conditions encore plus humides au cours du petit âge de glace de 1500 à 1800 AD. Les derniers 200 ans sont marqués par une aridification continue et abrupte. Bien que cette dernière tendance puisse être partiellement due à la modification anthropique de la rétroaction précipitation-végétation, nous observons sur l'ensemble de l'enregistrement une forte corrélation positive entre les températures globales et les variations séculaires d'aridité au Sahel. Les variations observées ne peuvent pas s'expliquer par le déplacement latitudinal de la zone de convergence intertropicale (ITCZ) suggérant un lien plus complexe avec le climat global. Cette perspective historique des variations séculaires du climat du Sahel soutient les scénarios prédisant une poursuite de l'aridification au Sahel avec le futur réchauffement global.

Couplages entre ITCZ et transports d'énergie

F. Codron (LSCE)

Comme son nom l'indique, le maximum de pluies au niveau de l'ITCZ est dû à une convergence de vapeur d'eau par la circulation atmosphérique, les cellules de Hadley en moyenne zonale. Dans la même temps, ces cellules sont responsables de l'essentiel du transport d'énergie par l'atmosphère dans les tropiques. Ce transport a lieu dans la direction de leur branche supérieure, donc opposée à celle du transport de vapeur d'eau.

En conséquence, un déséquilibre nord-sud du bilan d'énergie, dû à un changement du transport par l'océan ou du bilan radiatif au sommet de l'atmosphère, va entraîner un déplacement de l'ITCZ vers l'hémisphère qui gagne de l'énergie; les cellules de Hadley devant transporter de l'énergie dans la direction opposée.

Cet effet est observé qualitativement dans de nombreux cas, y compris quand les forçages initiaux sont aux moyennes ou hautes latitudes. Pour mieux le comprendre, plusieurs études de modélisation où le transport d'énergie par l'océan était prescrit ont été réalisées. Il en ressort que l'intensité des déplacements de l'ITCZ dépend beaucoup de plusieurs rétroactions radiatives sur le bilan d'énergie, par les nuages ou la vapeur d'eau elle-même.

La réponse de la circulation océanique semble également être un élément important : un déséquilibre initial du bilan d'énergie peut être compensé par un transport par l'océan au lieu de l'atmosphère, ce qui réduit l'impact sur l'ITCZ

INTERACTION BETWEEN ENSO AND THE SPCZ IN DIFFERENT CLIMATE STATES: CORAL DATA AND MODEL RESULTS

T. Corrège (EPOC), Saint Lu, M., Braconnot, P., Lazareth, C.E., Le Cornec, F.

The hydrological cycle of the southwest tropical Pacific Ocean (from Papua New Guinea to Tahiti) is mainly related to the position and strength of the South Pacific Convergence Zone (SPCZ). One of the major influences on SPCZ activity is the El Niño Southern Oscillation (ENSO) phenomenon. During El Niño events, the SPCZ shifts northeastward, inducing a significant reduction of the amount of rainfall in places such as New Caledonia, Vanuatu, Fiji and Tahiti. On the opposite, La Niña events tend to shift the SPCZ southwestward, increasing precipitation in those locations.

In order to understand the behaviour of both the SPCZ and ENSO in different climate backgrounds, we generated high resolution coral records from Vanuatu, on the southern edge of the SPCZ, and compared them to model outputs. Fossil corals yielded SST and precipitation records from the LGM, the Younger Dryas, 10 ka, 6.5 ka and 4.2 ka. Model results were obtained from the IPSL-CM5a climate model, and from the PMIP3 database. Both coral and model results show the complex interplay between ENSO and the SPCZ.

Reconstruction de la variabilité spatio-temporelle du front de salinité situé sous la SPCZ grâce aux enregistrements coralliens de $\delta^{18}\text{O}$

Emilie P. Dassié (LOCEAN), Audrey Hasson, Myriam Khodri, Nicolas Lebas, Braddock K. Linsley

La Zone de Convergence du Pacifique Sud (SPCZ), principale extension de l'ITCZ est l'une des structures climatiques majeures de l'hémisphère Sud et joue un grand rôle dans le climat global. Il s'agit d'une zone de fortes précipitations dont le déplacement aux échelles interannuelles et interdécennales contrôle la variabilité hydrologique de nombreux pays situés en zone tropicale entraînant de dramatiques périodes de sécheresse (augmentation des feux de brousses) où, a contrario, d'inondations. Du point de vue océanique, la SPCZ est caractérisée par une piscine d'eau peu salée délimitée à l'Est par un front de salinité. Les séries instrumentales de salinité de surface de la mer (SSS) ont permis de montrer que depuis les années 1950 on assistait à une diminution des salinités ainsi qu'une expansion vers le Sud et vers l'Est de cette zone de faible salinité (Terray et al., 2012; Singh et al., 2011; Tchilibou et al., 2015). Cependant, cette variabilité séculaire est ponctuée par des variabilités décennales (Cravatte et al., 2009). Néanmoins, le manque de données avant les années 70 ne permet pas de déterminer si la variabilité observée au cours des dernières décennies est due à une variabilité séculaire liée à l'influence humaine ou s'il s'agit d'une variabilité multi-décennale naturelle. Cette étude s'appuie sur l'utilisation du $\delta^{18}\text{O}$ corallien comme traceur des variations de la SSS afin de reconstruire les variations spatio-temporelles du front de salinité situé sous la SPCZ. Trois sites coralliens situés sur le trajet du front de salinité seront étudiés (Fidji, Tonga et Rarotonga) et permettront de reconstruire le déplacement de ce front de salinité au cours des derniers 200 ans.

Variations of the Tropical Atlantic and Pacific SSS minimum zones and their relations to the ITCZ and SPCZ rain bands (1979-2009)

T. Delcroix*, M. Tchilibou, G. Alory, S. Arnault, and G. Reverdin

* Corresponding author: Thierry.delcroix@ird.fr

This presentation focuses on the time-space variability of the low Sea Surface Salinity (SSS) and low Evaporation minus Precipitation (E-P) values extending zonally within 2°N-12°N in the Atlantic and Pacific and within 6°S-16°S in the western third of the Pacific. The analysis is based on a combination of complementary in situ SSS observations collected in the last three decades, and from standard gridded E-P fields. The mean latitudes of the Atlantic and Pacific low SSS waters appear 1-3° further poleward than the E-P minima linked to the Inter Tropical Convergence Zones (ITCZ) and South Pacific Convergence Zone (SPCZ). At the seasonal time scale, the E-P minima migrate poleward in summer hemispheres, leading the migration of the SSS minima by 2-3 months in the Atlantic ITCZ, Pacific SPCZ, and in the eastern part of the Pacific ITCZ. On the other hand, the seasonal displacements of E-P and SSS minima are in anti-phase in the central and western parts of the Pacific ITCZ. At the interannual time scale, the E-P and SSS minima migrate poleward during La Nina events in the Pacific and during the positive phase of the Atlantic Meridional Dipole (AMD) in the Atlantic (and *vice versa* during El Nino and the negative phase of the AMD). We further document long-term (1979-2009) meridional migrations of the E-P and SSS minima, especially in the SPCZ region, and discuss whether or not they are consistent with sea surface temperature and wind stress trends and/or the expected global change effects.

Convection organisée et réponse dynamique dans les tropiques

J.P. Duvel (LMD), S. Camargo, M. Remaud et A. Sobel

La réponse dynamique associée à la convection organisée au sein de l'ITCZ est à l'origine de multiples phénomènes. Cette réponse va d'une simple augmentation de la circulation divergente qui renforce localement la convection, y compris au cœur des cyclones, à une réponse qui impacte profondément la dynamique à l'échelle d'un bassin et déclenche ou renforce des événements intrasaisonniers comme l'Oscillation de Madden-Julian (MJO). Il existe de nombreuses interactions entre ces phénomènes. Par exemple, on montrera comment les vents d'ouest occasionnés par la MJO engendrent des instabilités barotropes à l'origine de dépressions tropicales et de cyclones sur l'Océan Indien. Le lien entre la convection et la dynamique à différentes échelles est assez mal représenté dans les GCM. La variabilité tropicale de ces modèles est très sensible à la représentation de la convection profonde et en particulier aux choix faits sur la fermeture (intensité potentielle des précipitations) et l'entraînement (inhibition due au mélange d'air environnant). On montrera des exemples de cette sensibilité pour ce qui concerne la cyclogenèse sur l'Atlantique Nord et la MJO sur la région Indo-Pacifique.



Tropical rainfall in a simple dynamical model with empirical forcing

Nick Hall, LEGOS, Toulouse

A primitive equation model of the atmosphere is used as an idealised GCM. Physical processes are replaced by a three-dimensional time-independent forcing term that is calculated from a long series of ERA-interim reanalyses. With this forcing in place the model gives a realistic simulation of the global atmospheric circulation, including the tropical trade winds and the Hadley and Walker cells, even though there is no moisture variable and no explicit condensation heating.

A humidity variable is then added to the model, with sources and sinks based on observed surface values and vertical diffusion. Its behaviour when advected as a passive tracer is evaluated. Then a large scale condensation scheme is introduced. The empirical model forcing is recalculated at each stage, so that there is no double-counting for latent heat sources.

Diagnostics will be shown for mean precipitation and diabatic heating. The ITCZ and the southern convergence zones are simulated with some success. The impact of condensation on tropical variability (convectively coupled Kelvin waves) will also be explored.

Variabilité Intra-saisonnière de la Salinité de Surface dans le Pacifique Tropical Nord-Est : Implication pour la mission SPURS-2

Audrey Hasson, Jacqueline Boutin, Gilles Reverdin
LOCEAN, UMR 7159, CNRS, UPMC, IRD, MNHN, Paris, France

Tong Lee
Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, California, USA

Frederick Bingham
Center for Marine Science, University of North Carolina Wilmington, Wilmington, North Carolina, USA

Tom Farrar
Department of Physical Oceanography, Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, Massachusetts, USA

Dans la continuité de la campagne expérimentale SPURS (Salinity Processes in the Upper Ocean Regional Study), SPURS-2 se tournera en 2016 et 2017 sur la zone de fortes précipitations du Pacifique Nord Est (PNE, autour de 10°N et 125°W) pour comprendre l'impact de l'apport d'eau douce dans le bilan de sel (SPURS-2 White Paper, <http://spurs2.jpl.nasa.gov>). Cette région est particulièrement dynamique avec une forte variabilité des précipitations, une puissante influence des courants équatoriaux et des gradients méridiens de salinité de surface (SSS). En amont de la mission SPURS-2, les satellites SMOS (ESA) et Aquarius/SAC-D (CONAE/NASA), nous renseignent sur le contexte de la SSS et de la variabilité qui sera présente dans les mesures.

La variabilité intra-saisonnière de la SSS est étudiée pour la période de 2010 à 2015 dans la zone de convergence intertropicale (ZCIT) du Pacifique Nord Est, en lien avec les événements pluvieux et avec la dynamique océanique. Une analyse spectrale des mesures faites par SMOS et Aquarius, centrée autour 10°N a mis en avant une propagation dominante à méso-échelle entre 50 et 150 jours et entre 10 et 20 degrés de longitude. Cette variabilité est cohérente avec celles observées par les anomalies de niveau de la mer et courants méridiens (par ex. AVISO). Elle est associée à des tourbillons formés à la côte d'Amérique Centrale et se propageant vers l'ouest du bassin dans le cisaillement du système de courants tropicaux (NEC et NECC). Ces tourbillons se déplacent à une vitesse d'environ 17 cm/s, en cohérence avec les ondes de Rossby à cette latitude. La connaissance de la dynamique océanique de la région est primordiale pour comprendre les interactions entre flux de surface et SSS ainsi que pour caractériser la capacité de SMOS à observer des structures à méso-échelle.

De plus, ces tourbillons auront un impact sur les mesures faites lors des campagnes de SPURS2 mais surtout par les instruments restant sur place plusieurs mois. La mission sera rapidement décrite dans cette présentation.

Variabilité régionale de la Mousson sud-est asiatique.

Catherine Kissel¹, Carlo Laj^{1,2}, Pascale Braconnot¹, Quan Chen^{3,1}, Zhifei Liu³

1: Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement/IPSL, CEA-CNRS-UVSQ, Université Paris-Saclay, Avenue de la Terrasse, 91198 Gif-sur-Yvette cedex.

2 : Ecole Normale Supérieure, PSL Research University, Département de Géosciences, 24 rue Lhomond, 75231 Paris Cédex 5, France.

3 : State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Siping Road, Shanghai, 200092, China

Les différences régionales dans les régimes de mousson, l'évolution temporelle de la localisation de l'ITCZ sont encore mal connues et mal comprises.

Pour répondre à cela, nous reprendrons l'exemple de la séquence sédimentaire (MD06-3067) prélevée à la pointe Sud de l'île de Mindanao (sud Philippines, Campagne MARCO POLO) et nous introduirons de nouveaux résultats obtenus sur une séquence sédimentaire pélevée dans le bassin nord de la Mer de Chine du Sud (MD12-3432, campagne CIRCEA).

A Mindanao, la carotte MD06-3067 couvre les derniers 160 ka. Les propriétés magnétiques du sédiment montrent des minéraux délivrés depuis l'île de Mindanao par les rivières et le ruissellement lors des périodes de fortes précipitations. Leur concentration dans le sédiment est ainsi un indicateur des précipitations à terre. La concentration de ces particules magnétiques, corrigée de la dilution par les carbonates, suit à haute résolution les variations de la teneur en fer et en titane, tous deux normalisés par le calcium. Les trois courbes ainsi obtenues montrent une variabilité fortement forcée par la précession et l'obliquité mais opposées aux variations de l'insolation boréale. Ces résultats sont en accord avec les résultats de simulations numériques montrant des taux de précipitation opposés entre le continent et l'océan à ces latitudes.

Pour déterminer jusqu'où, vers le nord, s'étant cette dualité continent/océan, nous examinons la carotte MD12-3432 prise au large du canyon de la Rivière des Perles. La teneur en smectite dans cette série est interprétée comme illustrant la fraction détritique délivrée par le ruissellement à Luzon et transportée par les courants marins jusqu'au site. La concentration en smectite varie en phase avec l'insolation boréale, montrant à cette latitude une évolution des précipitations similaire à celle du continent. Cette carotte est cependant située à l'ouest de la Mer de Chine du Sud, assez loin de la source. Pour avoir un signal plus certainement lié aux précipitations à Luzon, une demande de campagne sera prochainement déposée pour prélever de nouveaux carottages le long de la bordure ouest de Luzon.

Internal Processes within African Easterly Waves

Emmanuel Poan, J. P. Lafore, R. Roehrig, and F. Couvreux

CNRM, Météo-France and CNRS, Toulouse

The internal processes within African Easterly Waves (AEWs) involving mass, dynamic and water vapor fields are investigated using ERA-I reanalysis, in order to highlight the interactions between convection and AEWs. The budgets of heat, moisture and momentum are analysed along the different phases of AEWs detected using synoptic- scale precipitable water anomalies as proposed by Poan et al (2013). The strong climatological meridional gradient of moisture present in the Sahel impacts the shape of the apparent heat source and humidity sink. AEW events over the Sahel are associated with a meridional shift of the Intertropical Convergence Zone (ITCZ). Large exchanges of momentum by small scales convective transport is also highlighted between the low and mid levels, contributing to the reinforcement of the AEW circulation at 600 hPa and the damping of the monsoon flow. This also appears as a possible mechanism for the vertical tilt of the meridional wind associated with AEWs. Heat budgets in the southern flank of the West African Heat Low (HL) region reveal that the HL thickness synoptic variability is mainly driven by the horizontal advection of heat. However, the turbulent mixing participates to its development and the vertical circulation acts as a precursor which initiates the heat transport in lower layers. These budgets as well the Q vector formulation of the vertical circulation ultimately allow to determine the distinct contributions of diabatic and adiabatic processes.

Effets de la variabilité du couplage océan atmosphère sur les écosystèmes et les climats du continent sud-américain : ITCZ et mousson sud-américaine

Marie-Pierre Ledru

Institut des Sciences de l'Evolution, UM, CNRS, IRD, EPHE, Montpellier, France

Le développement des forêts tropicales sud-américaines est fortement dépendant de la quantité annuelle des précipitations. Ces précipitations sont aujourd'hui variables de l'est à l'ouest et du nord au sud du continent et sont à l'origine d'une gamme étendue de biomes tropicaux. Cette variabilité spatiale est aussi bien observée dans les enregistrements géochimiques tels que les spéléothèmes, avec parfois l'arrêt total de leur fonctionnement, que dans les enregistrements paléoécologiques (pollen), avec la modification de la composition floristique à l'intérieur de la forêt comme par exemple le passage d'une forêt sempervirente à une forêt semidécidue ou la disparition de la forêt tropicale vers une végétation ouverte.

Des résultats récents tant sur les déplacements de l'ITCZ et des trajectoires de la mousson sud-américaine que sur les enregistrements des végétations et des spéléothèmes nous amènent à reconsidérer aujourd'hui quelques conclusions émises par le passé. Je considérerai les variations des forêts tropicales sud-américaines en fonction de cette étendue spatiale afin de pouvoir suivre les différents facteurs à l'origine des modifications floristiques observées sur différentes périodes clé, comme le Tardiglaciaire au cours duquel de nombreuses téléconnexions entre les basses et hautes latitudes ont pu être observées, le dernier maximum glaciaire caractérisé par des situations contrastées entre le nord et le sud du Brésil, l'Holocène moyen qui enregistre une sécheresse sur toute la partie sud-est du continent mais pas sur le nord-est, les événements extrêmes de l'Holocène récent comme le 8.2 ou le 4.2. A chaque fois une configuration particulière du couplage océan atmosphère est mise en place, qui nous permet de mieux définir le rôle de l'ITCZ sur les précipitations des basses latitudes continentales tropicales.

Dynamique des précipitations dans la zone du Pacifique Est-équatorial depuis la fin de la dernière déglaciation : influences respectives de l'ITCZ et de l'ENSO.

Guillaume Leduc

CEREGE, UM34, Aix-Marseille Université, CNRS, IRD
Europôle de l'Arbois, BP 80, 13545 Aix-en-Provence

La région du Pacifique Est-équatorial (PEE) est un carrefour climatique et océanique bien particulier, où les interactions entre l'océan, l'atmosphère et le continent dictent des régimes de précipitations variant à l'extrême, depuis la marge hyperhumide de la Colombie jusqu'à la zone hyperaride du Pérou. Les archives sédimentaires de cette région témoignent de modifications drastiques des régimes de précipitation depuis le dernier maximum glaciaire, mais l'attribution de ces changements à des modifications dans la dynamique saisonnière de l'ITCZ ou dans des changements dans la variabilité interannuelle associée à l'ENSO reste très débattue. Dans cette présentation je commencerai par un bref état de l'art des relations océan-atmosphère du PEE et des contraintes géographiques associées à la cordillère des Andes et aux isthmes centraméricains. Je passerai ensuite en revue les enregistrements sédimentaires clé témoignant de la dynamique des précipitations du PEE pendant la dernière déglaciation, et tenterai d'interpréter les différents signaux climatiques vis-à-vis des contraintes climatiques associées aux particularités locales des sites étudiés et aux proxys utilisés. Je terminerai sur les perspectives qu'offre le développement récent des proxys isotopiques moléculaires pour tenter de distinguer l'impact des changements des régimes de l'ITCZ par rapport à la variabilité de l'ENSO en focalisant sur l'Holocène.

The South Pacific Convergence Zone: Interannual to long-term variability. Where do we stand?

M. Lengaigne (LOCEAN)

The South Pacific Convergence Zone (SPCZ) is the largest band convective precipitations area in the Southern Hemisphere, which plays a significant role in global climate. Regionally, the SPCZ is the main provider of rainfall in a vast majority of the Southwest Pacific Island nations and is also the breeding ground of the tropical cyclones in this region. This talk will summarize our current knowledge on the SPCZ interannual variability, its relationship with tropical cyclones, the expected impact of climate change on the rainbelt. The main gaps in our our understading and modelling of the SPCZ climate variability will also be addressed.

VARIABILITE CLIMATIQUE HAUTE RESOLUTION SUR LE NORD DU PEROU AU COURS DES DERNIERS 2000 ANS - PROJET THROL - : CONSEQUENCES SUR LA CIVILISATION CHACHAPOYA

Pierre VEQUAUD¹, Bruno MALAIZE¹, Bruno TURCQ², Pierre CARBONEL¹, Philippe MARTINEZ¹, Patricia MOREIRA-TURCQ³, Karine CHARLIER¹, Isabelle BILLY¹, Luciane MOREIRA⁴, Renato CORDEIRO⁴, Sergio MORERA⁵

1 EPOC, UMR 5805, Université Bordeaux, Allée Geoffroy St Hilaire, 33615 Pessac.

[Bruno.malaize@u-bordeaux.fr](mailto: Bruno.malaize@u-bordeaux.fr)

2 IRD, LOCEAN Universidad Peruana Cayetano Heredia, Av H. Delgado 430, San Martin de Porres, Lima, Pérou

3 IRD/ GET, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Pérou

4 Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense, Niteroi, Brésil

5 Instituto Geofísico del Perú, Lima, Pérou

Une étude récente de la variabilité climatique au cours des derniers 2000 ans à travers le monde a révélé des tendances globales, comme par exemple un refroidissement au cours du Petit Age Glaciaire (PAGES 2K Consortium, Nature Géosciences, 2013). Cependant, des variabilités décennales ou centennales des températures semblent plutôt régionales. A ce titre, le nord de l'Amérique du Sud est une région encore peu étudiée. Pourtant, plusieurs archives climatiques existent. Si quelques unes ont déjà révélé une variabilité climatique à long terme à travers des spéléothèmes (Wang et al., 2007; Cheng et al., 2013), des sédiments lacustres (Baker et al., 2001; Mourguiart et Ledru, 2003; Bush et al., 2004 ; Bird et al., 2011) ou des carottes de glaces (Thompson et al., 1995), très peu ont une résolution suffisante pour atteindre l'échelle décennale ou centennale. Seules des carottes marines au large du Pérou ou de l'Equateur présentent une sédimentation laminée suffisante pour atteindre cette résolution (Fleury et al., 2015 ; Seillès et al., 2015).

Le projet THROL, financé pour un an (2014), a permis une étude préliminaire d'une carotte prélevée dans le lac 'Pomacochas' (5.8°S, 77,9°W) à 2200 mètres d'altitude au nord du Pérou. Cet enregistrement présente, sur près de 3 mètres, des varves centimétriques et couvre les derniers 1800 ans. Une étude haute résolution de la faune d'ostracode, accompagné d'analyses isotopiques ($\delta^{18}\text{O}$ et $\delta^{13}\text{C}$) de ses tests carbonatés, associé à une analyse des éléments majeurs le long de cette carotte (XRF), démontre le potentiel de cet enregistrement pour détecter des événements climatiques rapides, voire extrêmes, en particulier autour de l'an 1000 AD. L'évolution du bilan hydrologique du lac est confronté aux autres archives paléoclimatiques de la région proche (spéléothèmes) et plus lointaine (sédiments lacustres et marins), en lien avec les fluctuations de l'ITCZ. La variabilité climatique rapide détectée par cet enregistrement revêt toute son importance quand elle est comparée aux données archéologiques de cette région, berceau de la civilisation Chachapoyas (Nystrom, 2006 ; Wild et al, 2007).

Analysis of the West African monsoon annual cycle using a two-dimensional model: Some key factors contributing to the rainband displacement

P. Peyrillé, J.-P. Lafore, A. Boone
CNRM, Météo-France and CNRS, Toulouse

The processes that drive the annual cycle of the West African Monsoon (WAM) is the result of a complex interplay between the ocean, the land and the atmosphere in which several scales interact. Thorncroft et al. (2011) showed it is characterized by several stages, going from oceanic regime to the continental arrival of the monsoon. This study presents an idealized axisymmetric numerical model that retains all the moist physics with the ultimate objective of studying the different regional couplings and processes involved in the WAM. Starting from previous work by Peyrillé and Lafore (2007) in which the same tool has been used to study a steady monsoon regime, the axisymmetric framework is adapted to the study of the annual cycle. In particular the methodology used to determine the suitable atmospheric forcing is described, using a relaxation of temperature and humidity towards a reanalysis. Using that forcing the model represents most of the main features of rainfall annual cycle (meridional displacement of the rainfall maximum) and its dynamical structures (Saharan heat Low, ITCZ).

As a first step the annual cycle of rainfall and the moisture convergence maximum found in Thorncroft et al. (2011) are analyzed. The processes that lead the ITCZ from an equatorial regime to its northernmost location are examined using temperature and humidity budgets. A relay of dry process in winter- early spring and moist processes in summer helps the monsoon to migrate to the north. In winter/spring the Saharan heat low strengthens through radiation and turbulence and drives moisture to converge ahead of the rainfall maximum. The low layers of the atmosphere are moistened by the turbulent vertical fluxes and by the shallow meridional circulation associated to the SHL and described by previous authors.

Sensitivity experiments are performed to isolate the role of some of the key processes: meridional advection of temperature and humidity, convective downdraft and ground evaporation. The meridional advection by the monsoon flow is a 1st order process to moisten the continent. Ground evaporation dramatically modulates the extent and intensity of rainfall during the whole seasonal cycle. The convective downdraft helps to moisten the lower atmosphere and decrease the rainfall amount in spring and summer.

Modeling efforts to improve the Asian Summer Monsoon representation in a coupled ocean-atmosphere tropical-channel model

Guillaume Sanson^{1,2}, Sébastien Masson¹, Fabien Durand^{2,3},
Pascal Terray^{1,2}, Sarah Berthet² and Swen Jullien⁴

¹ LOCEAN-IPSL, Paris, France

² LEGOS-OMP, Toulouse, France

³ Indo-French Cell for Water Sciences, IRD

⁴ IFREMER, Plouzané, France

The Asian Summer Monsoon (ASM) simulated over the 1989-2009 period with a new 0.75° coupled ocean-atmosphere tropical-channel (45°S-45°N) model based on WRF and NEMO models is presented. The model biases are comparable to those commonly found in coupled global coupled models (CGCMs): the Findlater jet is too weak, precipitations are underestimated over India while they are overestimated over South-East Asia and the Maritime Continent. The ASM onset is delayed by several weeks, an error which is also very common in current CGCMs.

We show that land surface temperature errors are a major source of the ASM low-level circulation and rainfall biases in our model: a cold bias over the Middle-East region weakens the Findlater jet while a warm bias over India strengthens the monsoon circulation in the Bay of Bengal. To explore the origins of those biases and their relationship with the ASM, a series of sensitivity experiments is presented.

First, we show that changing the land surface albedo representation in our model directly influences the ASM characteristics by reducing the cold bias in the Middle-East region. It improves the "heat low" representation, which has direct implication on the Findlater jet strength and precipitation over India. Furthermore, the ASM onset is shifted back by almost one month in agreement with observations.

Second, a parameterization of the convective cloud-radiative feedback is introduced in the atmospheric model (WRF). It acts to reduce the warm bias present in convective regions such as India and favors the monsoon northward migration. As a consequence, the dry bias is reduced in this region.

Finally, horizontal resolution is increased from 0.75° to 0.25° for both oceanic and atmospheric models to assess the sensitivity of the ASM biases to the model resolution. Large-scale model errors persist at higher resolution, but are significantly attenuated. Precipitation is improved in mountainous areas with strong orographic control, but also in other regions where orography is weak such as central India.

Forçage radiatif et l'influence de zone de convergence intertropicale sur la « Western Pacific Warm Pool » pendant les derniers 400ka

Kazuho Tachikawa, Laurence Vidal

CEREGE (kazuyo@cerege.fr)

La « Western Pacific Warm Pool » (WPWP) est une zone de convection atmosphérique intense et affecte les conditions du climat à l'échelle globale. L'estimation de la sensibilité de la WPWP à la perturbation du forçage radiatif dans le passé peut contribuer à une meilleure compréhension de l'amplitude et des patterns de la variabilité climatique dans les zones tropicales. Dans cet objectif, nous avons reconstitué la température de l'eau de mer en surface (SST) à l'aide du rapport Mg/Ca de foraminifères planctoniques à partir d'une carotte de sédiments prélevée au large de la Papouasie Nouvelle Guinée en Mer de Bismarck. La SST reconstituée est comparée avec les résultats d'une simulation transitoire en utilisant le modèle d'une complexité intermédiaire en collaboration avec A. Timmermann et O. Timm.

L'enregistrement de la Mg/Ca-SST indique une variabilité similaire à la concentration CO_2 atmosphérique durant les derniers 400ka. La simulation révèle que le forçage radiatif par les gaz à effet de serre est le premier facteur qui module la SST dans la région de la WPWP à l'échelle glaciaire/interglaciaire. De plus, l'enregistrement de la Mg/Ca-SST contient une composante faible liée au cycle de précession. Cette température résiduelle co-varie avec la précipitation locale reconstituée ainsi qu'avec la précipitation simulée et les courants en surface océanique simulés. Nous proposons que la migration latitudinale de la zone de convergence intertropicale et l'advection en surface de l'océan contrôlent en partie la variabilité de la SST résiduelle.

Comprendre la source des biais de vent dans l'Atlantique Equatorial dans CNRM-CM5

C. Frauen, A. Voltaire, R. Roehrig (GMGEC/CNRM)

Comme de la plupart des modèles participant à CMIP5, CNRM-CM5 présente d'importants biais chauds de température de surface de la mer (SST) dans l'Atlantique Tropical. En utilisant un protocole de type Transpose-CMIP (i.e. en partant d'un état observé), l'analyse de la dérive a montré le rôle important joué par les vents à l'Equateur pour expliquer le biais chaud équatorial du modèle. Même si les biais sont amplifiés par des rétroactions couplées, il a été mis en évidence que la composante atmosphérique du modèle, forcée par des SST observées simule des biais de vent qui suffisent à expliquer une part importante des biais de température. En conséquence, il a été entrepris de mieux comprendre l'origine de ces biais de vent dans le modèle atmosphérique seul. De la même façon, cette étude a été poursuivie en analysant des simulations atmosphériques initialisées par des observations (protocole Transpose-AMIP) afin de s'appuyer sur la vitesse de dérive de chacun des processus pour rechercher la source des biais de vent. Pour cette analyse, on s'appuie en particulier sur un bilan de quantité de mouvement. Cette étude vise à déterminer les rôles respectifs de la circulation de grande échelle et de la convection locale pour expliquer ces biais de vent.