





# Sommaire

Le rôle de l'atmosphère pendant ENSO	9
Évaluation de l'impact de la méthode d'assimilation utilisée sur la phase de démarrage d'un modèle atmosphérique	10
Stratification océanique et réponse aux coups de vents d'ouest : liens entre ENSO et la variabilité intrasaisonnière	11
Variabilité et prévisibilité climatique aux échelles décennales: sources et mécanismes dans les modèles CMIP5	12
Initialisation et prévisibilité de la circulation océanique de retournement en Atlantique lors des 50 dernières années	13
La simulation du rôle du recyclage continental dans les variations intra-saisonnieres de précipitation : évaluation en utilisant les données isotopiques satellitaires GOSAT.	14
Mécanismes de la variabilité interne multidécennale de l'Atlantique Nord - Europe au sein du modèle CNRM-CM5	15
Variabilité Climatique dans le Pacifique Tropical vue par les RéAnalyses	16
Sur l'utilisation de l'entropie humide dans les paramétrisations de la turbulence.	17
Paramétrisation unifiée de la turbulence en régime partiellement couvert. Utilisation conjointe de l'entropie humide et des moments statistiques d'ordre trois.	18
Variabilité climatique hivernale aux latitudes extratropicales de l'hémisphère nord: importance d'une stratosphère réaliste dans le modèle ARPEGE-Climat	20
Modélisation et impact des aérosols sur la variabilité du climat en Méditerranée	21
La réponse de l'atmosphère dans la région Nord Atlantique à la variabilité océanique sur des échelles de temps saisonnière à décennale dans IPSL-CM5	22
Etude du comportement des schémas de paramétrisation sur l'Afrique de l'Ouest à partir des bilans d'eau et d'enthalpie	23

Simulations avec CNRM-CM5 avec chimie stratosphérique : application au projet ITAAC	24
Transport et lessivage dans la convection profonde : un retour sur les paramétrisations.	25
Interactions entre tropiques et latitudes tempérées sur l'Afrique australe simulées par un modèle régional	26
Régionalisation de la variabilité large échelle à l'aide d'un modèle climatique régional: le cas d'ENSO sur l'Afrique australe	27
Un downscaling dynamique à haute résolution en utilisant une nouvelle paramétrisation des nuages et de la microphysique : Application aux températures maximales estivales en Belgique	28
Sensibilité climatique et inertie thermique des modèles CMIP-5 dans les scénarios idéalisés.	29
Les paramétrisations en flux de masse de la couche limite convective au CNRM et au LMD: comparaison du modèle EDKF et des thermiques sur un cas 1D de petits cumulus.	30
Influences de la couche barrière de sel sur la variabilité de l'Océan Pacifique équatorial simulée par un modèle couplé	31
Changements présents et futurs de la circulation de l'Océan Pacifique tropical	32
Réponse des précipitations continentales aux forçages anthropiques: quoi de neuf dans les simulations CMIP5 ?	33
Détection des précipitations en Antarctique par télédétection micro-onde passive et évaluation des modèles de CMIP5	34
Modélisation numérique à l'échelle locale des situations météorologiques observées au cours de la transition saison sèche - saison humide à l'aide de WRF ARW V3 : cas de l'archipel de la Guadeloupe.	35
Validation et variabilité interannuelle de l'épaisseur de glace de mer dans le modèle de circulation générale océanique NEMO-LIM 1/4°	37
Rôle de la fréquence de couplage et de la variabilité haute fréquence de la température de surface de l'océan sur le phénomène ENSO et ses liens avec la	38

mousson Indienne d'été dans les simulations couplées océan-atmosphère

Tendances multi-décennales et sensibilité climatique du cycle annuel des températures à 2m en Afrique de l'Ouest	39
La couche limite atmosphérique stable en Antarctique	41
Influence de l'entraînement latéral convectif sur les précipitations et la circulation de grande échelle dans les tropiques	42
Impact de la destruction d'ozone sur le climat Antarctique	43
Variabilité de la stratosphère arctique hivernale : quantification de la rétroaction de l'ozone.	44
Simulation de l'évolution récente de la couverture de banquise arctique	45
Couplage océan-atmosphère intertropical dans un Modèle Système Terre : Evaluation de la représentation des flux turbulents air-mer dans IPSL-CM5	46
Prévisions d'ensemble à l'échelle saisonnière avec un modèle couplé Arpège-Climat - NEMO: impact de la résolution et de la méthode de génération des ensembles	47
Le rôle des nuages sur la variabilité du climat régional en Ile de France : comparaisons observations SIRTA/simulation WRF-CORDEX lors d'une analyse en régime de circulation.	48
Analyse préliminaire de la variabilité inter-annuelle de la Mousson Ouest Africaine entre 1989 et 2008 dans la simulation régionale WRF-CORDEX.	49
Etude des rétroactions radiatives dans le modèle CNRM.CM5 en réponse à une augmentation de CO <sub>2</sub> .	50
Prévisions décennales avec CNRM-CM5. Sensibilité à la prise en compte de la stratosphère.	51
Analyse de la rétroaction des nuages bas tropicaux dans les modèles CMIP5	52
Vers une meilleure compréhension des changements dans les extrêmes de température en Europe : analyse multi-modèle des simulations CMIP5.	53

Position et variabilité du jet de l'hémisphère sud, effet de la résolution du modèle de l'IPSL	54
Contrôle de la convection profonde par les processus de soulèvement sous-nuageux dans LMDZ5B	55
Evaluation des simulations de projection climatique des modèles du CMIP5 sur l'Afrique de l'Ouest pour les futurs proche et lointain	56
Aspects géométriques et dynamiques de la couche-limite continentale pendant la phase de transition vers la convection profonde: nouvelle paramétrisation du déclenchement.	57
Influence combinée de la physique atmosphérique et de l'hydrologie sur la météorologie simulée au SIRTA.	58
Variabilité Intra Saisonnière de l'eau précipitable en Afrique de l'Ouest: Description du principal mode d'échelle synoptique.	59
Analyse du couplage hydrologie/atmosphère dans les simulations préparées pour CMIP-5.	60
Impact du mélange dû aux marées dans les mers indonésiennes sur le climat tropical et sa variabilité.	61
Intercomparaison de modèles de la variabilité de l'AMOC et du contenu en eau douce dans l'Atlantique Nord	62
Impact du couplage océan-atmosphère sur l'activité des ouragans	63
La réanalyse océanique globale 1/4° GLORYS2: résultats et dérivation de conditions initiales pour la prévision couplée océan atmosphère.	64
La mousson afro-asiatique et l'ENSO dans les simulations paleoclimatiques et 1%CO <sub>2</sub> avec le modèle de l'IPSL	65
Perturbations stochastiques de la dynamique du modèle Arpège-Climat en prévision saisonnière et impact sur la représentation de la circulation atmosphérique de grande échelle	66
Modélisation de la variabilité saisonnière à interannuelle de la glace de mer Arctique : prévisions « rétrospectives » à l'aide du modèle couplé CNRM-CM5.1	67

Paramétrisation des courants de densité, humidité et ondes de gravité.	68
Simulations des climats de l'Holocène Moyen et du Dernier Maximum Glaciaire and Last Glacial Maximum avec le modèle de l'IPSL : nouveautés de la version IPSL-CM5A	69
Plateforme de modélisation de l'IPSL : présentation et résultats récents	70



# Le rôle de l'atmosphère pendant ENSO

*Eric Guilyardi, Hugo Bellenger, James Lloyd (LOCEAN/IPSL)*

Orateur: Eric Guilyardi

exposé

Cette présentation analyse le rôle des rétroactions atmosphériques pendant ENSO dans les ensembles multimodèles CMIP3 et CMIP5.

Références:

Guilyardi E., A. Wittenberg, A. Fedorov, M. Collins, C. Wang, A. Capotondi, G.J. van Oldenborgh, T. Stockdale (2009). Understanding El Niño in Ocean-Atmosphere General Circulation Models : progress and challenges. Bull. Amer. Met. Soc., 90, 325-340

Guilyardi E., P. Braconnot, F.-F. Jin, S. T. Kim, M. Kolasinski, T. Li and I. Musat (2009). Atmosphere feedbacks during ENSO in a coupled GCM with a modified atmospheric convection scheme. J. Clim., 22, 5698-5718

Lloyd J., E. Guilyardi, H. Weller, J. Slingo (2009). The role of atmosphere feedbacks during ENSO in the CMIP3 models. Atmos. Sci. Lett., 10, 170-176

Lloyd J., E. Guilyardi, H. Weller, (2011) The Role of Atmosphere Feedbacks During ENSO in the CMIP3 Models. Part II: Using AMIP Runs to Understand the Heat Flux Feedback Mechanisms. Clim. Dyn., 37:1271â€“1292

Lloyd J., E. Guilyardi, H. Weller, (2011) The Role of Atmosphere Feedbacks During ENSO in the CMIP3 Models. Part III: The Shortwave Flux Feedback. J. Clim., revised

# **Évaluation de l'impact de la méthode d'assimilation utilisée sur la phase de démarrage d'un modèle atmosphérique**

Kamel CHIKHAR (1) et Pierre GAUTHIER (2)

1: Centre pour l'étude et la simulation du climat à l'échelle régionale (ESCR)

2: Université du Québec à Montréal (UQAM).

Orateur: Kamel Chikhar

exposé

Des lacunes dans la représentation des processus physiques par un modèle atmosphérique peuvent avoir un impact sur le réalisme du climat simulé par ce modèle ainsi que sur sa variabilité. Il a été observé assez souvent que les climats simulés par les modèles diffèrent largement de celui réellement observé. Ceci est très souvent relié à la présence de biais.

Des diagnostics sont donc nécessaires pour vérifier si les ajustements dans les paramétrisations des différents processus physiques et dynamiques tendent vers un état de l'atmosphère proche des observations. Les diagnostics utilisés dans ce travail sont ceux proposés par Rodwell et Palmer (2007). Ils sont basés sur les tendances systématiques initiales d'un modèle lorsque des analyses sont utilisées comme conditions initiales. Ces tendances déterminées pour les premiers instants de l'intégration sont équivalentes à l'incrément d'analyse moyen obtenu par un ensemble de cycles d'assimilation. D'un autre côté, cet incrément d'analyse moyenné temporellement sur une assez grande région devrait être nul. Par conséquent, ces diagnostics peuvent apporter des informations très utiles sur la cohérence des processus physiques pendant que le modèle tend à retourner vers sa propre climatologie lors des premiers instants de l'intégration.

D'autre part, il est bien connu que les analyses, elles-même, engendrent des problèmes de spin-up. Gauthier et Thépaut (2001) ont montré que les analyses 4D-Var produisent des conditions initiales mieux équilibrées et ne nécessitent pas l'application de contraintes pour maintenir cet équilibre. Dans cette étude, en utilisant un modèle global très similaire à celui utilisé pour produire les analyses, il a été montré que la différence de l'impact sur les diagnostics des tendances initiales était significative dans les tropiques selon qu'on utilise des analyses 3D-Var ou 4D-Var. Cet impact est surtout observé dans l'activité convective de la zone de convergence inter-tropicale (ZCIT).

D'autres expériences utilisant des systèmes d'assimilation différents ont montré, à travers ces diagnostics, que le modèle était très sensible aux conditions initiales utilisées. Finalement, les diagnostics des tendances initiales ont été évalués pour le modèle régional canadien du climat (MRCC) intégré sur la région de l'Amérique du nord. Les résultats ont montré que le modèle est mieux équilibré lorsque l'analyse et les conditions aux bords proviennent du système d'assimilation dans lequel le modèle utilisé est similaire à celui employé dans l'intégration.

Mots clés : Tendances systématiques initiales, système d'assimilation, incrément d'analyse, équilibre des modèles.

# **Stratification océanique et réponse aux coups de vents d'ouest : liens entre ENSO et la variabilité intrasaisonnière**

*Kyla Drushka, Eric Guilyardi, Matthieu Lengaigne, Jérôme Vialard, Hugo Bellenger (LOCEAN, Case 100, UPMC, 4, Place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05, France)*

Orateur: Kyla Drushka

exposé

A la frontière est de la "western Pacific warm pool" (région d'eaux chaudes dans le pacifique tropical ouest), les interactions non-linéaires entre les coups de vents et les fronts thermohalins océaniques peuvent produire des courants intenses à l'équateur. Ces jets peuvent déplacer la frontière de la warm pool vers l'est, ce qui peut contribuer au déclenchement d'un évènement El Niño. Des études numériques ont montré que les propriétés thermohalines locales, et en particulier la salinité, jouent un rôle déterminant dans ce mécanisme en modifiant le gradient horizontal de pression dans l'océan près du front. Or les profils verticaux locaux de température et de salinité peuvent de plus contrôler la réponse de l'océan au forçage par le vent. Nous utilisons le modèle DRAKKAR pour examiner les liens entre variabilité intrasaisonnière et interannuelle dans l'océan superficiel. Nous montrerons le rôle respectif des coups de vents, du gradient de pression près du front, de la profondeur de la couche de mélange et de l'advection dans la modulation des jets océaniques intrasaisonnières. Nous discuterons enfin l'importance respective des conditions locales (intrasaisonnières) et de grande échelle (interannuelles) sur les processus qui affectent l'évolution d'ENSO.

# **Variabilité et prévisibilité climatique aux échelles décennales: sources et mécanismes dans les modèles CMIP5**

*Laurent Terray (SUC URA1875 CERFACS/CNRS)*

Orateur: Laurent Terray

exposé

En se basant sur les différents types de simulations CMIP5, nous analyserons les différentes sources de variabilité décennale pour la température de surface à l'échelle globale. Nous essayerons de montrer que les caractéristiques spatio-temporelles des variabilités forcées et interne sont fondamentalement différentes. Nous reviendrons ensuite sur les interactions entre les deux types de variabilité et sur la modulation de la variabilité forcée par le biais des modes basse-fréquence naturels tels que les oscillations multi-décennale Atlantique et inter-décennale Pacifique (AMO et IPO). Enfin nous présenterons une première estimation des prévisibilités de première et deuxième espèces pour la température de surface et les modes AMO et IPO.

# **Initialisation et prévisibilité de la circulation océanique de retourement en Atlantique lors des 50 dernières années**

*Didier Swingedouw (1), Juliette Mignot (2), Sonia Labetoulle (2), Eric Guilyardi (2,3), Gurvan Madec (2,4)*

*1: LSCE/IPSL, Gif-sur-Yvette, France*

*2: LOCEAN/IPSL, Paris, France*

*3: NCAS-Climate, University of Reading, UK*

*4: NOCS, Southampton, UK*

Orateur: Didier Swingedouw

exposé

Dans cette étude, les mécanismes de variabilité et prévisibilité de la circulation océanique de retourement dans l'Atlantique (CORA) sur les 50 dernières années sont analysés à l'aide d'ensembles de simulations, dites historiques ou initialisées, issues du modèle couplé océan-atmosphère IPSLCM5A-LR. Les simulations historiques utilisent un forçage climatique externe pour les 50 dernières années, tandis que les simulations initialisées sont de plus rappelées vers des anomalies de température de surface de l'océan (TSO) observées.

Lorsque l'on compare la CORA dans les deux ensembles avec deux reconstructions, on remarque deux maxima locaux similaires ayant eu lieu autour de 1978 et 1997. Il est montré que cette ressemblance est induite par l'éruption du Mont Agung en 1963, qui aurait excité et ainsi initialisé la variabilité interne de fréquence privilégiée 20 ans dans le modèle pour la CORA. Ce cycle à 20 ans est lié à la couverture de glace de mer dans les mers nordiques, qui augmente suite à l'éruption de 1963. Cette augmentation induit une anomalie dépressionnaire locale qui accélère les vents le long des côtes est groenlandaises, amenant une anomalie de courant océanique le long de ces côtes et une anomalie de salinité en mer du Labrador, qui affecte la convection océanique puis la CORA avec un délai total de 15 ans. Ainsi se trouve expliqué le maximum de 1978, de même que celui de 1997, presque 20 ans après. Les simulations initialisées avec rappel de TSO montrent cependant une meilleure ressemblance avec les reconstructions concernant le pic de 1997. Ceci est lié à la prise en compte de l'effet de phases positives exceptionnelles de l'Oscillation Nord Atlantique (ONA) sur la TSO et la convection dans le gyre subpolaire dans les années 1980-90. Ainsi, il est proposé que le pic de 1997 soit lié à la fois à l'initialisation du cycle à 20 ans par l'éruption du Mont Agung et à l'occurrence exceptionnelle d'ONA positives dans les années 1980-90.

Enfin des simulations rétrospectives de 10 ans, lancées tous les 5 ans sur la période 1960-2005 à partir d'une simulation initialisée, sont analysées. Elles montrent une corrélation supérieure à 0.8 avec les reconstructions de la CORA pour des moyennes de 1 à 4 ans et plus. Ce résultat encourageant est associé à une bonne corrélation entre les simulations rétrospectives et initialisées pour la température à 2 mètres dans les régions bordant l'Atlantique Nord, et dans une moindre mesure pour les précipitations dans la bande atlantique tropicale. L'ensemble des résultats présentés appuie l'idée que les éruptions volcaniques jouent le rôle d'un stimulateur de la variabilité interne de la CORA. Ces résultats confortent également l'existence d'un cycle à 20 ans dans l'Atlantique Nord induisant une prévisibilité importante dans cette région. Les forts biais du modèle concernant l'état moyen à cet endroit requièrent cependant de rester prudent.

# **La simulation du rôle du recyclage continental dans les variations intra-saisonnieres de précipitation : évaluation en utilisant les données isotopiques satellitaires GOSAT.**

*Camille Risi (LMD/IPSL, Paris, France), Christian Frankenberg (NASA/JPL, Pasadéna, USA), David Noone (CIRES, Boulder, USA), Sandrine Bony (LMD/IPSL, Paris, France)*

Orateur: Camille Risi

exposé

Les modèles de climat suggèrent un rôle important des rétroactions continent-atmosphère dans la variabilité des précipitations continentales aux échelles intra-saisonnieres, mais présentent une dispersion importante dans la simulation de ce rôle. Existe-t-il des contraintes observationnelles de ce rôle. De nombreux progrès ont été réalisés ces dernières années concernant les rétro-actions locales entre humidité du sol, couche limite et convection. Cette étude s'interresse quant à elle aux rétro-actions à l'échelle régionale liées au recyclage continental. Ces rétroactions peuvent-être positives: quand la précipitation est forte, l'évapo-transpiration augmente et humidifie l'air en aval, favorisant les précipitations; ou négatives: quand la précipitation est forte, le sol est plus frais, défavorisant la convergence d'humidité et donc les précipitations.

Le développement récent des mesures de composition isotopiques de la vapeur d'eau offre la possibilité unique d'évaluer ces rétroactions: l'eau évaporée sur continent est plus enrichie que celle évaporée sur océan. Nous avons exploitées les mesures isotopiques du satellite GOSAT, avec un maximum de sensibilité dans la couche limite, pour évaluer la représentation de ces rétro-actions dans la version isotopique du modèle couplé atmosphère-continents LMDZ-ORCHIDEE.

Une série de simulations avec LMDZ-ORCHIDEE, différent par la physique atmosphérique ou continentale, ont été réalisées. Le rôle du recyclage continental dans les variations intra-saisonnieres de précipitation y est quantifié par la méthodologie du water tagging, permettant de tracer virtuellement l'eau de différentes origines. Comme attendu, on trouve que les rétro-actions liées au recyclage continental sont généralement positives dans les régions de mousson. On trouve aussi un lien très fort entre l'intensité de ces rétro-actions et la variabilité intra-saisonnière isotopique, à l'échelle spatiale mais aussi entre les différentes simulations. Plus la rétro-action est positive, plus la vapeur d'eau est enrichie pendant les périodes pluvieuses.

La composition isotopique de la vapeur d'eau peut donc être utilisée comme diagnostique observable du rôle du recyclage dans les variations intra-saisonnieres de précipitation. La comparaison de ce diagnostique aux mesures GOSAT montrent une bonne simulation globale du rôle du recyclage dans les variations intra-saisonnieres de précipitation. Ce rôle est toutefois très sensible aux paramètres hydrologiques d'ORCHIDEE (ex: résistance stomatique, fraction de sol nu, profondeur d'extraction racinaire). En particulier, les simulations sous-estimant les rétroactions continent-atmosphère liées au recyclage sont celles dont la réponse de l'évapo-transpiration à l'humidité du sol est le plus faible.

# Mécanismes de la variabilité interne multidécennale de l'Atlantique Nord - Europe au sein du modèle CNRM-CM5

*Yohan RUPRICH-ROBERT et Christophe CASSOU*

Orateur: Yohan RUPRICH-ROBERT

exposé

A l'aide de la simulation de contrôle préindustrielle (forçages externes constants) du modèle couplé CNRM-CM5 (utilisé pour l'exercice 5th Coupled Model Intercomparaison Project), nous nous intéressons à la variabilité intrinsèque au système climatique (ou interne) aux échelles de temps multidécennales de la région Atlantique Nord - Europe, en particulier à celle de la circulation océanique méridienne de retourment Atlantique (AMOC). Nous montrons qu'une augmentation de l'AMOC répond, entre 10 et 40 ans plus tard, à une circulation atmosphérique de type EAP (East Atlantic pattern, monopôle de pression au centre du bassin) ou SCAND (dipôle de pression entre le Groenland et la Scandinavie), entraînant une augmentation du transport méridien océanique à l'est du bassin, ainsi qu'une augmentation du gyre subpolaire une dizaine d'années plus tard. Les mécanismes physiques responsables de l'augmentation de l'AMOC mettent en jeu l'advection d'anomalies de température et de salinité, une modification des courants océaniques, des anomalies de glace, ainsi que de convection profonde en mer du Labrador. De plus, nous trouvons que la variabilité interne multidécennale de la température de surface de la mer sur la région Nord Atlantique, connue sous le nom d'AMV/AMO (Atlantic Multidecadal Variability/Oscillation), est principalement liée à une augmentation de l'AMOC dans CNRM-CM5, avec un retard d'environ 5 ans de l'AMV sur l'AMOC. L'AMV simulée présente une structure et une amplitude comparables à celles observées, nous offrant des perspectives pour une meilleure compréhension de la prévisibilité décennale du système climatique.

# Variabilité Climatique dans le Pacifique Tropical vue par les RéAnalyses

*Marania Hopuare (1,2), Victoire Laurent (3), Pascal Ortega (1), Jean-Pierre Céron (4), Marc Pontaud (2)*

*1 Université de Polynésie Française, Tahiti*

*2 CNRM-GAME, Météo-France/CNRS, Toulouse*

*3 Direction InterRégionale de Polynésie Française, Météo-France, Tahiti*

*4 Direction de la Climatologie, Météo-France, Toulouse*

Orateur: Marania HOPUARA

poster

En vue d'étudier l'impact du changement climatique en Polynésie Française dans les simulations de l'AR5, un premier travail a consisté à analyser les différents modes de variabilités climatiques à partir des observations et tels que vus dans diverses ré-analyses. L'étude s'appuie sur les observations locales sur la période 1960-2010. Les ré-analyses prises en compte sont celles qui correspondent au mieux à cette période, en particulier ERA40, ERA-Interim, NCEP(s) mais également la ré-analyses du XXIème siècle (20CR project) pour les variabilités multidécennales. Les modes de variabilités (MJO, ENSO, QBO, PDO et SAM) seront caractérisés et leur représentation dans les diverses réanalyses seront intercomparées . Leurs relations avec les structures de grandes échelles et les différents types de temps, notamment les régimes de précipitations dans les différents archipels de la Polynésie Française, seront présentés. Un premier test de détection-attribution du changement climatique sur cette période devrait être réalisé.

# Sur l'utilisation de l'entropie humide dans les paramétrisations de la turbulence.

Pascal Marquet et Jean-François Geleyn (Météo-France)

Orateur: Pascal Marquet

exposé

Une méthode pour calculer l'entropie de l'air humide a été publiée récemment (Marquet, QJRMS, 2011). Elle permet de déterminer de manière analytique et par une formule simple d'emploi une température potentielle ('theta\_s') qui est synonyme de l'entropie d'une parcelle composée d'air sec, de vapeur d'eau et d'eaux condensées liquide ou solide.

L'intérêt de pouvoir ainsi calculer l'entropie de l'air humide est multiple. En premier lieu, c'est un progrès du simple point de vue de la connaissance scientifique. D'autre part, la connaissance de l'entropie (qui est associée au deuxième principe de la thermodynamique) permet de quantifier les aspects adiabatiques et réversibles pour les processus qui sont à l'œuvre au sein de l'atmosphère. En particulier, il devient alors possible - par simple calcul ou par observations - de déterminer les impacts des effets diabatiques ou diffusifs, qui ont pour effet de modifier l'entropie dans le sens d'une création en cas d'augmentation des gradients des variables thermodynamiques (vent, température, humidité), ou d'une destruction par homogénéisation de ces variables.

Actuellement, ce sont les deux variables de Betts (une température potentielle 'theta\_l' et un contenu en eau total 'q\_t') qui sont utilisées dans la plupart des paramétrisations de la turbulence. On suppose que, en absence de source diabatique ou de flux externe, l'effet des flux turbulents est de créer un mélange sur la verticale afin de détruire les inhomogénéités pour ces deux variables. On fait aussi l'hypothèse que ces deux variables sont « conservatives », c'est à dire qu'elles sont conservées en cas d'évolutions adiabatiques et réversibles d'une particule isolée d'air humide, quels que puissent être les processus réversibles à l'œuvre, tels que l'évaporation ou la condensation. On reconnaît alors, dans cette hypothèse d'évolution adiabatique réversible, le besoin de baser la turbulence sur la variable entropie humide définie ci-dessus, à la place de la température potentielle de Betts.

Dans le but de trouver une nouvelle formulation pour les flux turbulents et l'énergie cinétique associée (tke), il est nécessaire de revenir à la base des concepts de la turbulence et d'essayer de voir, par exemple, ce qui se passe si on prend en compte la température 'theta\_s' dans les calculs de la fréquence de Brunt-Väisälä et dans les nombres de Richardson, avec pour point d'entrée le fait que les oscillations des particules fluides se font à entropie (humide) constante. Il faut ensuite s'intéresser aux liens parfois subtils entre les budgets de l'entropie d'une part et des diverses formes de l'énergie impliquées dans la turbulence en régime nuageux d'autre part. Les résultats récents qui seront présentés lors des AMA ont fait l'objet d'un article qui a été soumis en juillet 2011 au QJRMS (Marquet and Geleyn), et sont en lien direct avec les travaux 'en aval' qui seront présentés par J.-F. Geleyn dans un autre exposé aux AMA.

Marquet, P., 2011. 'Definition of a moist entropy potential temperature: application to FIRE-I data flights' Q. J. R. Meteorol. Soc., 137, pp 768-791.

Marquet, P. and J.-F. Geleyn, 'On a general definition of the squared Brunt-Väisälä frequency associated with the moist entropy potential temperature'. Soumis au Q. J. R. Meteorol. Soc. le 28 juillet 2011.

# **Paramétrisation unifiée de la turbulence en régime partiellement couvert. Utilisation conjointe de l'entropie humide et des moments statistiques d'ordre trois.**

*J.-F. Geleyn (1), P. Marquet (1), I. Bastak-Duran (2) et F. Vana (3)*

*1: Météo-France, Toulouse, France*

*2: Université Comenius, Bratislava, Slovaquie*

*3: Czech Hydrometeorological Institute, Prague, République Tchèque*

Orateur: Jean-François Geleyn

exposé

Dans les modèles de Prévision Numérique du Temps (PNT) et de simulation du climat, il existe une quasi-infinité de propositions, plus ou moins anciennes, pour paramétriser la diffusion verticale turbulente dite 'humide' (i.e. avec la présence possible de nuages ne couvrant pas nécessairement toute la surface de la maille de calcul) et 'mixte' (avec cohabitation des aspects 'locaux' et 'à distance'). Au regard des progrès spectaculaires accomplis ces dix dernières années du côté des études plus théoriques de la turbulence, on peut assez facilement distinguer, au minimum pour la PNT:

- ce qui fait maintenant quasiment consensus, à savoir:
  - l'absence de limite (en terme de nombre de Richardson autrefois dit 'critique') à la possibilité d'avoir des atmosphères en régime très stable;
  - la nécessité de prendre en compte l'anisotropie (entre mouvements verticaux et horizontaux), ne serait-ce que pour rendre compte correctement du point précédent au niveau des structures stratifiées en régime de forte stabilité;
  - l'importance, pour toutes les circonstances possibles, de paramétriser correctement, non seulement les flux de chaleur et d'humidité, mais aussi les termes de conversion entre les diverses formes d'énergie.
- et ce qui reste l'objet de débats, à savoir:
  - combien de variables pronostiques supplémentaires doit-on introduire par rapport aux méthodes diagnostiques (issues de la théorie de Monin-Obukhov):
    - comment rendre compte au mieux de l'interaction entre les aspects diffusifs (locaux) et advectifs (à distance), inclus dans les modèles de turbulence les plus sophistiqués, mais qu'il faut reporter dans des versions bien plus simples?
    - peut-on correctement traiter les impacts des aspects nuageux (non-précipitants pour simplifier un peu) à la fois sur les aspects 'amont' des calculs (flottabilité) et sur ceux 'aval' (transport turbulent des condensats)?

Le but du travail présenté ici est d'essayer de répondre globalement à toutes ces questions et contraintes. Pour cela on choisira délibérément de s'appuyer sur deux concepts forts:

(A) l'analogie entre les représentations les plus modernes des moments turbulents de troisième ordre (dans la décomposition de Reynolds) d'une part et le formalisme 'en flux de masse' de la partie advective du transport turbulent d'autre part (Canuto et al., 2007);

(B) le caractère très bien mélangé, en régime d'équilibre même en présence de couverture nuageuse partielle, de la variable 'température potentielle entropique humide' récemment définie par Marquet (2011).

Sur cette double base, une suite de choix logiques nous amènera ensuite, au delà des résultats présentés (dans un autre exposé aux AMA) par Pascal Marquet:

- à poser un principe de maximisation de la part 'transport d'humidité totale' dans la conversion entre énergie cinétique turbulente et énergie potentielle;

- à traduire en pratique ce principe par une nette distinction entre deux aspects de la stabilité statique humide (modulation de l'intensité des échanges turbulents et choix de la position d'équilibre que ceux-ci visent à atteindre), quelque soit l'intensité des phénomènes de condensation-évaporation associés;

# **Variabilité climatique hivernale aux latitudes extratropicales de l'hémisphère nord: importance d'une stratosphère réaliste dans le modèle ARPEGE-Climat**

*Gaëlle Ouzeau (CNRM/GMPEC/VDR), Hervé Douville (CNRM/GMPEC/VDR) et David Saint-Martin (CNRM/GMPEC/CAIAC)*

Orateur: Gaëlle Ouzeau

exposé

Aux latitudes extratropicales de l'hémisphère nord, le climat hivernal montre une forte variabilité interannuelle et intrasaisonnière, mais les systèmes actuels de prévision saisonnière dynamique, basés essentiellement sur les forçages par les températures de surface de la mer, montrent encore de faibles scores de prévisibilité sur ces régions. L'exemple récent de l'hiver 2009-2010 a marqué les esprits par ses importantes vagues de froids sur l'Europe et ses caractéristiques dynamiques exceptionnelles. Nous proposons ici de guider la stratosphère dans le modèle ARPEGE-Climat vers les réanalyses ERA-Intérim pour cet hiver particulier, pour montrer l'importance d'une stratosphère réaliste pour la reproductibilité de signaux hivernaux caractéristiques tels que l'Oscillation Nord Atlantique, et l'occurrence de vagues de froid sur l'Europe.

Une manière d'obtenir une stratosphère plus réaliste peut être d'augmenter sa résolution verticale. L'étude présentée ici vise à étudier l'influence d'une stratosphère mieux résolue en comparant deux expériences de prévisions saisonnières hivernales de 31 membres sur la période 1971-2000, qui diffèrent uniquement par leur toit et leur nombre de niveaux verticaux au-dessus de 100hPa.

# Modélisation et impact des aérosols sur la variabilité du climat en Méditerranée

*Pierre Nabat (CNRM/GMPEC), Fabien Salmon (ICTP, Trieste), Samuel Somot (CNRM/GMPEC) et Marc Mallet (LA)*

Orateur: Pierre Nabat

exposé

En modifiant le bilan radiatif de la Terre, les aérosols ont des effets très importants sur son climat. Etant donné leur grande variabilité spatio-temporelle, des études doivent être menées à l'échelle régionale. Le bassin méditerranéen est ainsi une région où les aérosols de différentes sources s'accumulent : poussières désertiques du Sahara, aérosols anthropiques d'Europe et sels marins issus de la mer Méditerranée. Son climat est très sensible à ce forçage radiatif.

Ce travail s'appuie sur le modèle régional de climat RegCM4, développé à l'ICTP (Trieste), et qui comprend un schéma interactif d'aérosols. La paramétrisation des poussières désertiques est cruciale car ce sont les aérosols majoritaires en masse sur cette région. Deux distributions de la taille des poussières désertiques sont comparées. La première, dans laquelle l'émission dépend de l'énergie cinétique de chaque particule frappant la surface, surestime la fraction des poussières submicroniques. La deuxième, basée sur une analogie avec la fragmentation des matériaux cassants, montre de meilleurs résultats en comparaison avec des données satellites (MODIS) et in-situ (AERONET), à la fois à l'échelle saisonnière et pour des événements ponctuels.

Afin de comprendre l'influence des aérosols sur le climat méditerranéen à différentes échelles, deux simulations longues ont été menées sur la période 2000-2009 : la première sans aérosols et la deuxième avec aérosols interactifs. Le contenu atmosphérique en aérosols, que l'on peut estimer à l'aide de l'épaisseur optique, montre une forte variabilité spatio-temporelle à différentes échelles. Cette variabilité des aérosols a un impact notable sur le climat méditerranéen. On étudiera ainsi ses conséquences directes sur le rayonnement et on considérera également son influence sur des paramètres atmosphériques comme la température et les précipitations.

# **La réponse de l'atmosphère dans la région Nord Atlantique à la variabilité océanique sur des échelles de temps saisonnière à décennale dans IPSL-CM5**

*Guillaume Gastineau (UPMC/LOCEAN/IPSL), Fabio D'Andrea (CNRS/LMD/IPSL), Claude Frankignoul (UPMC/LOCEAN/IPSL)*

Orateur: G. Gastineau ou F. D'Andrea ou C. Frankignoul

exposé

Les couplages entre l'océan et l'atmosphère aux échelles de temps saisonnière et décennale sont analysés dans une simulation de 500 ans utilisant le modèle IPSL-CM5. A l'échelle de temps saisonnière, le modèle et les observations sont similaires et dans les deux cas des anomalies de SST(Sea Surface Temperature) en forme de fer à cheval précèdent l'apparition d'un signal atmosphérique ressemblant à une phase négative de l'oscillation Nord Atlantique (NAO, North Atlantic Oscillation). Les interactions air-mer semblent donc similaires, même si le signal atmosphérique est deux fois plus faible dans le modèle. Ce signal est détecté tout au long de la saison froide dans le modèle, alors qu'il est seulement significatif à la fin de l'automne et au début de l'hiver dans les observations, sûrement à cause de la courte durée des observations disponibles et des incertitudes associées. Dans les deux cas, les anomalies de SST en forme de fer à cheval sont en partie générées par la variabilité atmosphérique au printemps et été. Dans le modèle, la dynamique océanique aussi contribue aux échelles de temps décennale. En effet, les anomalies de SST induites par la circulation de retournement Atlantique (AMOC, Atlantic Meridional Overturning Circulation) 9 ans plus tard ressemblent fortement aux anomalies de SST en forme de fer à cheval. Ces anomalies sont aussi similaires à l'oscillation Multidécennale Atlantique (AMO, Atlantique Multidecadal Oscillation). L'AMOC a aussi un impact sur l'atmosphère maximum avec un retard de 9 ans, et les interactions océan-atmosphère aux échelles décennales et saisonnière sont donc en accord. Dans les observations, il a aussi une forte correspondance entre l'AMO, les SSTs en forme de fer à cheval et la NAO. L'analogie avec le modèle couplé suggère donc que l'AMOC pourrait être un facteur influençant significativement le climat de la région Nord Atlantique.

# **Etude du comportement des schémas de paramétrisation sur l'Afrique de l'Ouest à partir des bilans d'eau et d'enthalpie**

*D. Pollack, (Météo-France/ENM), I. Beau et J.-F. Guérémy (CNRM/GMPEC/EAC)*

Orateur: D. Pollack ou J.-F. Guérémy ou I. Beau

exposé

L'objectif des schémas de paramétrisation de la convection et de la turbulence utilisés dans les modèles de circulation générale est de représenter l'effet moyen de ces processus physiques sur une maille du modèle. Le comportement des schémas actuellement disponibles dans ARPEGE-CLIMAT V5.3 est évalué en comparant deux types de simulations sur l'Afrique de l'ouest : des simulations réalisées avec le modèle Méso-NH 5 km dans lesquelles la convection est représentée de manière explicite (simulation de référence) et des simulations réalisées avec le modèle à aire limité ALADIN-CLIMAT dans lesquelles la convection est paramétrée. Les deux types de simulations utilisent le même domaine, les mêmes conditions initiales et latérales. Le cas étudié correspond à une ligne de grain observée sur le Niger le 21-08-1992 au cours de la campagne Hapex-Sahel.

Différents tests de sensibilité aux physiques disponibles ont été effectués : tests d'une physique diagnostique (STD) et de physiques pronostiques (évolution temporelle de l'énergie cinétique turbulente, du condensat et des précipitations) avec différents schémas de convection profonde (respectivement PRO1 et PRO2).

Au niveau du schéma de convection, les différences entre (STD, PRO1) d'une part, et PRO2 d'autre part, résident dans la condition de déclenchement (pas de contrainte dans la couche sèche sous le nuage pour (STD, PRO1) et traitement continu de la convection incluant la couche sèche pour PRO2) et la condition de fermeture (convergence d'humidité pour les 2 premières, CAPE pour la dernière).

Outre les paramétrisations physiques utilisées, différents tests de sensibilités ont été réalisés aux résolutions verticales (31 et 91 niveaux) et horizontales (300, 125, 50 et 10 km), et aux conditions initiales et latérales (ERA40 et ERA-interim).

Pour comparer de façon plus objective l'effet de ces paramétrisations, les précipitations issues des simulations Méso-NH ont été moyennées sur la maille du modèle de plus grande échelle.

Pour approfondir cette étude, des bilans complets en eau et en enthalpie ont été réalisés afin de calculer les termes Q1 et Q2 et les différentes contributions. Ces bilans ont été effectués pour les simulations explicites et les simulations paramétrées sur des « boîtes » contenant le système convectif de méso-échelle au même stade de développement. Des bilans similaires ont également été effectués à partir des réanalyses, afin d'analyser le comportement des différentes réanalyses (ERA40 et ERAINTERIM) et de confronter les bilans issus des réanalyses aux bilans issus des simulations (explicites ou paramétrées).

Les résultats obtenus mettent ainsi en évidence l'intérêt du schéma pronostique de turbulence et l'apport d'une fermeture en CAPE pour le schéma de convection profonde.

# **Simulations avec CNRM-CM5 avec chimie stratosphérique : application au projet ITAAC**

*H. Teyssèdre, P. Huszar, S. Sénési, A. Voldoire, M. Michou, D. Saint-Martin, F. Karcher et D. Salas Y Melia (Météo-France), D. Cariolle (CERFACS)*

Orateur: Hubert Teyssèdre

exposé

Le modèle couplé océan/atmosphère CNRM-CM5, utilisé pour les simulations CMIP5 du GIEC, a été développé en y adjoignant la chimie stratosphérique dans la partie atmosphérique du système. Cela permet de calculer l'évolution d'une cinquantaine d'espèces chimiques, telles que l'ozone, le dioxyde de carbone, le méthane ou les CFCs. Ces espèces interagissent également avec le schéma de rayonnement du système et permettent ainsi de rendre compte de leur impact sur le climat.

Cette configuration de CNRM-CM5 a été développé dans le cadre du projet ITAAC qui vise à évaluer l'impact de l'aviation sur le climat, au moyen de simulations transitoires sur les XXe et XXIe siècles.

Nous décrirons dans cette présentation, le modèle couplé Océan/Atmosphère avec chimie stratosphérique et nous présenterons les résultats des premières simulations dans le contexte du projet ITAAC.

# **Transport et lessivage dans la convection profonde : un retour sur les paramétrisations.**

*Romain Pilon, Jean-Yves Grandpeix*

Orateur: Romain Pilon

exposé

Dans les Tropiques, les nuages convectifs ont une influence majeure sur les précipitations et le transport vertical des aérosols et particules atmosphériques. Ces derniers peuvent être absorbés par la pluie. Une nouvelle paramétrisation modélisant le transport et le lessivage de traceurs par les nuages convectifs a été développée dans le GCM LMDz. Ce schéma est basé sur la paramétrisation d'Emanuel de la convection profonde et implémenté dans LMDz.

Les radionucléides naturels sont choisis et l'intention est mise sur le beryllium-7 qui, part sa source haute troposphérique et basse stratosphérique, permet de mettre en évidence, entre autres, le rôle de la pluie et de l'évaporation.

Le but de cette étude et de cette nouvelle paramétrisation (proche de la physique des nuages convectifs) est d'évaluer l'influence de la convection sur la distribution verticale des traceurs et de diagnostiquer la paramétrisation de la convection profonde.

L'efficacité du lessivage est illustrée par la simulation du cas TOGA-COARE en utilisant la version SCM de LMDz. Il est ensuite comparé aux mesures journalières d'une proche station du CTBTO.

# **Interactions entre tropiques et latitudes tempérées sur l'Afrique australe simulées par un modèle régional**

*Nicolas Vigaud, Benjamin Pohl et Julien Crétat (Centre de Recherches en Climatologie UMR 5210 CNRS/Université de Bourgogne)*

Orateur: Nicolas Vigaud

exposé

Le modèle régional WRF forcé par les données de ré-analyses ERA40 est utilisé pour étudier le rôle des éléments clefs de la circulation atmosphérique locale sur l'origine et le développement des thalwegs tropical-tempérés (TTTs) qui représentent une contribution majeure aux pluies d'été sur l'Afrique du Sud. Une classification objective par k-means appliquée aux données journalières d'Outgoing Longwave Radiation (OLR) révèle, sur la région et pour la période de Novembre à Février, trois régimes cohérents caractéristiques des TTTs. L'analyse des TTTs simulés par WRF suggère que leur occurrence est fondamentalement liée aux ondes d'Ouest des latitudes tempérées et à leur phasage. Des expériences d'ensemble sont menées pour l'été austral 1996/1997 afin d'étudier la variabilité interne associés aux TTTs simulés par le modèle durant cette période. Les résultats obtenus montrent l'importance des conditions de surface océaniques dans le sud ouest de l'Océan Indien (SWIO) en ce qui concerne la persistance des événements, des températures de surface plus chaudes dans le canal du Mozambique étant associées à une intensification du transport d'humidité en provenance du SWIO et du transfert de chaleur latente de l'Océan vers l'atmosphère favorisant ainsi les instabilités barocliniques et la convection localement.

# Régionalisation de la variabilité large échelle à l'aide d'un modèle climatique régional: le cas d'ENSO sur l'Afrique australe

*Benjamin Pohl, Damien Boulard, Julien Crétat, Nicolas Vigaud (Centre de Recherches en Climatologie (CRC) UMR 5210 CNRS/Université de Bourgogne)*

Orateur: Nicolas Vigaud

poster

Cette étude documente les problèmes méthodologiques associés à la régionalisation de l'impact des modes de variabilité atmosphérique d'échelle large par un modèle climatique régional sur une région distante soumise à leur influence. Le cas d'étude retenu ici s'intéresse aux effets de l'oscillation australe (ENSO) sur la pluviométrie saisonnière de l'Afrique australe et le sud ouest de l'Océan Indien. Le modèle régional WRF forcé par les ré-analyses ERA40 est utilisé à cet effet sur la période 1971-2000. En raison de la forte variabilité interne associée aux simulations régionales, un protocole d'expériences d'ensemble a été mis en place pour des saisons d'intérêt, l'intégration sur la période climatologique de trente ans étant peu appropriée pour analyser la variabilité inter-annuelle de façon satisfaisante.

Les résultats obtenus montrent une performance très limitée du modèle pour simuler les sécheresses saisonnières associées à El Nino. Les simulations régionales sont caractérisées par des biais conséquents en ce qui concerne le pont atmosphérique entre les tropiques et l'Afrique australe, quelles que soient les paramétrisations physiques retenues. Cependant, les anomalies de températures de surface océaniques (TSOs) sur les bassins adjacents semblent favoriser des anomalies de pluies réalistes sur l'Afrique australe, même si leur amplitude reste fortement sous-estimée. Ces résultats confirment néanmoins la contribution significative des TSOs dans les bassins océaniques avoisinants aux effets régionaux associés à ENSO.

# **Un downscaling dynamique à haute résolution en utilisant une nouvelle paramétrisation des nuages et de la microphysique : Application aux températures maximales estivales en Belgique**

*Hamdi R., H. Van De Vyver, P. Termonia (L'institut Royal Météorologique de Belgique)*

Orateur: Hamdi Rafiq

poster

L'utilisation à haute résolution du nouveau modèle de prévision numérique ALARO a été explorée afin de simuler la climatologie régionale ainsi que les valeurs extrêmes de la température maximale estivale en Belgique, entre 1961 et 1990. Dans cette étude, une nouvelle paramétrisation des échanges d'eau de chaleur et d'énergie entre les couches supérieures et inférieures de la troposphère ainsi que de la microphysique des nuages et permettant l'utilisation d'ALARO à des résolutions spatiales allant de quelques dizaines de kilomètres jusqu'à moins de 4 km a été mise en application. L'approche a consisté en une suite d'intégrations journalières couplées à des conditions aux limites latérales parfaites fournies par les ré-analyses ERA40 du Centre Européen pour les Prévisions Météorologiques à Moyen Terme (CEPMMT). Dans cette étude, trois simulations différentes du climat présent ont été évaluées sur base des données du réseau des stations climatiques de l'IRM : (1) avec une résolution spatiale de 40 km, (2) avec une résolution spatiale de 10 km, et (3) avec une résolution spatiale de 4 km. Dans ce dernier cas, la nouvelle paramétrisation de la convection profonde et de la microphysique a été mise en application. Les résultats ont mis en évidence une surestimation de l'occurrence des situations à ciel clair combinée à une surestimation du rayonnement solaire incident vers midi lorsqu'on utilise le modèle avec une résolution spatiale de 40 km et aussi à 10 km. La simulation à 4 km de résolution réduit considérablement le biais chaud (c-à-d le modèle surestime les observations) qui devient presque nul. Cela démontre la capacité du modèle à simuler correctement le développement des nuages convectifs (qui risquent de donner des précipitations) sur la Belgique, pendant l'été. En utilisant "Generalized Pareto Distribution (GPD)" on a aussi comparé la distribution des températures extrêmes entre 1961 et 1990, obtenue par les trois simulations à 40, 10 et 4 km avec celle des observations sur la même période. Les deux simulations à 40 et 10 km de résolution spatiale n'ont pas réussi à reproduire la distribution observée et par conséquent elles ont surestimé l'occurrence des événements extrêmes comme les vagues de chaleur.

Finalement, cette étude a montré que le traitement cohérent de la convection profonde et de l'interaction nuage-rayonnement quand on augmente la résolution spatiale est très important dans les études régionales d'impact des changements climatiques. Dans le futur, cette nouvelle version du modèle ALARO sera couplée à des scénarios climatiques de l'IPCC afin de calculer l'impact des changements climatiques sur la Belgique.

## **Sensibilité climatique et inertie thermique des modèles CMIP-5 dans les scénarios idéalisés.**

*O. Geoffroy (CNRM-GAME), D. Saint-Martin (CNRM-GAME) et D. J. L. Olivié (Université d'Oslo)*

Orateur: O. Geoffroy

exposé

Les simulations idéalisées (4xCO<sub>2</sub> et 1% CO<sub>2</sub>) réalisées dans le cadre du récent exercice d'intercomparaison CMIP-5 sont analysées via le formalisme du modèle à deux boîtes décrit récemment par Held et al. (2010), pour lequel nous calculons une solution analytique. Pour chacun des modèles couplés Océan-Atmosphère disponibles, nous estimons les 5 paramètres du modèle simple associé. Le forçage radiatif et le paramètre de rétroaction sont estimés par la méthode de Gregory et al. (2004). Les trois paramètres décrivant l'inertie thermique du système climatique sont ensuite évalués à l'aide d'une méthode d'optimisation. Cette étude suggère que ce modèle simple est capable de reproduire avec une certaine précision l'évolution temporelle de la réponse de la plupart des modèles couplés. La résolution analytique permet en outre l'estimation des deux constantes de temps (rapide et lente) associées à ce modèle. Nous les calculons pour chacun des modèles et déterminons ainsi la part du chauffage inertiel dans la réponse climatique. Enfin, l'utilisation de ce modèle simplifié nous permet également de quantifier la part relative des paramètres ou ensemble de paramètres indépendants dans la dispersion observée de la réponse climatique transitoire des modèles CMIP-5. À l'aide de la méthode factorielle (Montgomery et al., 2005), nous montrons que le paramètre de rétroaction contribue pour une large majorité à la dispersion observée.

# **Les paramétrisations en flux de masse de la couche limite convective au CNRM et au LMD: comparaison du modèle EDKF et des thermiques sur un cas 1D de petits cumulus.**

*I.Beau(CNRM), Y.Bouteloup(CNRM), E.Bazile(CNRM), F.Couvreux(CNRM), J-Y Grandpeix(LMD),  
F.Hourdin(LMD), A.Jam(LMD), M-P Lefebvre(CNRM/LMD), C.Rio (LMD)*

Orateur: M-P Lefebvre

exposé

Les limites des schémas en diffusion pour la couche limite convective sont notamment liées à leur incapacité à prendre en compte le transport non local assuré par des panaches ascendants pouvant atteindre 1 à 2 km et au sommet desquels les cumulus se forment. Pour remédier à cela, différents schémas combinant l'approche diffusive avec une approche en flux de masse se sont développés au cours des dix dernières années. C'est le cas du modèle du thermique développé au LMD (Hourdin et al, 2002; Rio et Hourdin, 2008; Rio et al 2010) et mis en oeuvre dans la nouvelle version du modèle LMDZ (LMDZ5B) et du modèle EDKF (Eddy Diffusion Kain Fritsch) développé au CNRM et mis en oeuvre dans la physique d'AROME et dans le modèle 1D ARPEGE1D MUSC (Pergaud et al, 2009). Dans le cadre du projet DEPHY et du groupe de travail sur les "forçages et diagnostics communs", on reviendra sur les différences et les similitudes des deux schémas et on évaluera les résultats des deux physiques à partir de ceux de simulations LES à haute résolution en comparant plus spécifiquement les variables internes du schéma EDKF et du modèle des thermiques.

# Influences de la couche barrière de sel sur la variabilité de l'Océan Pacifique équatorial simulée par un modèle couplé

*Christophe Maes (IRD/LEGOS) et Sophie Belamari (CNRM-GAME/GMGE/MEMO)*

Orateur: Christophe Maes

exposé

Le contrôle exercé par la salinité au sein des eaux de la warm pool de l'Océan Pacifique équatorial sur les conditions de mélange vertical affecte de facto les évolutions de la température océanique de surface, et par conséquent, représente une variable à considérer dans les échanges océan-atmosphère. Mise en évidence dans les observations in situ à la fin des années 1980, le concept de la couche barrière de sel serait à même d'influencer le comportement et l'évolution du phénomène El Niño Southern Oscillation (ENSO), caractérisant la variabilité interannuelle du système climatique global.

En partant de plusieurs constats suggérés par les observations, nous avons cherché à étudier le rôle de la couche barrière de sel au travers de sa représentation dans un modèle couplé de circulation générale (CGCMs). L'objectif de cette présentation est de synthétiser les résultats obtenus à partir de différentes expériences de sensibilité. Deux principaux types d'expériences ont été menés : dans un premier temps, l'effet stabilisant de la couche barrière de sel au sein de la couche de mélange a été annihilé pendant plusieurs périodes clés telles que lors du déclenchement d'un événement ou bien lors de l'accumulation préalable (heat build-up); dans un second temps, c'est directement en jouant sur un processus potentiel impliqué dans la formation de la couche barrière de sel que la sensibilité des conditions moyennes à long terme de la réponse couplée de l'Océan Pacifique équatorial a pu être mis en évidence. Les différents résultats obtenus mettent en exergue la nécessité d'une bonne représentation des processus affectant la couche de mélange océanique afin de simuler la variabilité du phénomène ENSO.

# **Changements présents et futurs de la circulation de l'Océan Pacifique tropical**

*christophe Maes (IRD/LEGOS), Alex Ganachaud (IRD/LEGOS-Nouméa) and Alex Sen Gupta (University of New South Wales)*

Orateur: christophe maes

exposé

Les futures projections fiables des changements climatiques affectant la circulation de l'Océan Pacifique sont de première importance pour les ressources vivantes, la sécurité et l'économie de la région. L'Océan Pacifique tropical a subi des changements cruciaux au cours des dernières décennies, et au delà de ce qui peut être attribué à la variabilité naturelle du système. Pour examiner le futur de la région nos principaux outils sont des modèles de climat. Tandis que les modèles capturent en général les caractéristiques principales dans le Pacifique tropical, il convient de relever des limitations importantes qui doivent être considérées dans le cadre des projections futures. Par exemple presque tous les modèles ont une langue d'eau froide qui se prolonge trop loin dans l'ouest du bassin. Ceci est associé en parallèle aux biais systématiques dans les modes spatiaux de variabilité associés à ENSO et à la PDO.

Malgré une représentation imparfaite des modèles, certaines caractéristiques sont utiles et peuvent faire l'object d'une exploitation scientifique. En particulier, les futurs changements proposés par les modèles de climat seront évalués en ce qui concerne les variables biologiquement importantes dans l'Océan Pacifique tropical. Trois périodes de 20 ans sont étudiées autour des années 1990, 2035 et 2090 simulées avec des scénarios de la basse émission (SRES B1) et d'émission élevée (SRES A2). La discussion proposera d'inclure les changements récents et dans le futur proche des courants, des températures, de la stratification verticale, du niveau de la mer, de l'activité biologique et de l'acidification des océans.

# **Réponse des précipitations continentales aux forçages anthropiques: quoi de neuf dans les simulations CMIP5 ?**

*Hervé Douville (CNRM-GAME)*

Orateur: Hervé Douville

exposé

Sur la base des résultats des centres ayant publié les sorties mensuelles de leurs simulations CMIP5 et ayant également participé à CMIP3, nous documenterons les éventuels progrès réalisés d'un exercice CMIP à l'autre, d'une part en matière de climatologie des précipitations à la fin du 20ème siècle, d'autre part en matière de convergence concernant les changements de précipitations à la fin du 21ème siècle. Nous focaliserons l'analyse sur la réponse des précipitations annuelles continentales et revisiterons le lien possible avec la variabilité tropicale à l'échelle interannuelle.

# Détection des précipitations en Antarctique par télédétection micro-onde passive et évaluation des modèles de CMIP5

*Cyril Palerme (LGGE), Christophe Genthon (LGGE), Nicolas Champollion (LGGE), Ghislain Picard (LGGE), Chantal Claud (LMD)*

Orateur: Christophe Genthon

exposé

Le réchauffement climatique aurait comme conséquence d'augmenter les précipitations dans les régions polaires. Pour l'Antarctique, les modèles ayant servi à l'élaboration du dernier rapport IPCC prédisent une augmentation de celles-ci comprise entre 0 et 50% pour 2100. Cette tendance se répercute alors directement sur le bilan de masse de l'Antarctique, et donc sur le niveau des mers.

Lors d'un événement de précipitation, le dépôt de neige fraîche augmente l'émissivité de la surface, ce qui devrait être détectable par télédétection micro-ondes passive ( $T_b = \epsilon \cdot T_{surface}$ ). Si il semble difficile de mesurer des quantités précipitées, des statistiques comme l'occurrence des événements, ou les variabilités saisonnières et interannuelles semblent accessibles.

Plusieurs capteurs sont déployés sur le terrain afin de tenter de mesurer les chutes de neige autour de la base française de Dumont D'Urville. Cependant, les vents catabatiques fréquents et violents rendent la mesure de précipitation difficile. L'obtention de données *in situ* permettrait également de valider les travaux en télédétection.

Les résultats attendus devraient permettre d'évaluer la capacité des modèles de CMIP5 à reproduire ce paramètre qui constitue une grande incertitude dans les projections de l'élévation du niveau des mers.

# **Modélisation numérique à l'échelle locale des situations météorologiques observées au cours de la transition saison sèche - saison humide à l'aide de WRF ARW V3 : cas de l'archipel de la Guadeloupe.**

Raphaël Cécé (1), Thomas Plocoste (1), Christophe D'Alexis (1), Didier Bernard (1), Jean-François Dorville (2).

1 : Laboratoire de Recherche en Géosciences et Énergies (LaRGE), EA4098, Université des Antilles et de la Guyane, Pointe-à-Pitre, Guadeloupe.

2 : Groupe de recherche sur le climat et les énergies renouvelables, Université des West Indies, Mona Campus, Kingston, Jamaïque

Orateur: Raphaël Cécé

exposé

Habituellement l'archipel de la Guadeloupe est considérée comme un ensemble d'îles soumis à un flux d'alizés sans circulation thermique endogène [1]. Cependant, la configuration topographique de l'archipel, en particulier la côte au vent de la Basse Terre qui culmine à 1467 m, laisse envisager l'apparition de circulations thermiques. En effet, des données (vent, température,...), issues de mâts météorologiques, ont révélé l'existence de ce type de situation [2].

L'atlas climatique [3], démontre que les régimes d'alizés varient saisonnièrement avec 2 périodes de transition : les mois d'avril et de novembre. Les mesures météorologiques effectuées montrent que les observations les plus significatives de circulations thermiques ont été enregistrées au cours du mois d'avril [2]. Au cours de ce mois, et d'après la classification de type temps proposée par MétéoFrance (document interne de Météofrance Guadeloupe) on observe trois situations météorologiques prédominantes : la panne d'alizé, l'alizé non perturbé et le thalweg de basse couche.

Dans ce travail, il est proposé de simuler ces trois situations à l'échelle locale (maille 1km) à l'aide du modèle WRF ARW V3 [4] sur l'année 2011. Les simulations effectuées ont révélé l'existence de circulations thermiques endogènes, en particulier au sein de la couche nocturne stable. La nuit, lorsque l'alizé est faible, ces résultats nous ont permis d'observer et de caractériser sur la côte au vent, un écoulement thermique de sens opposé au vent dominant.

La modélisation numérique proposée a été validée par comparaison avec les données météorologiques disponibles.

[1] Bleuse, P. and Bleuse, N., 1997. Quelques aspects du vent en Guadeloupe. MétéoFrance, pp 1-21.

[2] Christophe D'alexis, 2011. Mesures expérimentales dans les basses couches de l'atmosphère tropicale insulaire (Guadeloupe) : Micro-météorologie et Composition chimique des masses d'air nocturnes en zone de mangrove. PhD Thesis, Université des Antilles et de la Guyane.

[3] Brévignon, C., 2003. L'environnement atmosphérique de la Guadeloupe, de Saint Barthélémy et Saint Martin. MétéoFrance, pp 1-92.

[4] Skamarock, W.C., Klemp, J.B., Dudhia, J., Gill, D.O., Baker, D.M., Duda, M.G., Huang, X., Wang,

W., Powers, J.G., 2008. A Description of the Advanced Research WRF Version 3. NCAR Technical Note.

# **Validation et variabilité interannuelle de l'épaisseur de glace de mer dans le modèle de circulation générale océanique NEMO-LIM 1/4°**

*Anne Daudin, Gilles Garric, Marie Drévillon, Charly Régnier (Mercator Océan)*

Orateur: Anne Daudin

exposé

Des changements spectaculaires sont actuellement observés dans l'océan Arctique. Les minimums d'été de la couverture de glace atteints en septembre de chaque année battent depuis peu des records historiques. La couverture de glace est relativement bien connue depuis le lancement des premiers satellites en 1978, cependant le volume de glace de mer reste difficile à déterminer en raison du manque de données. L'épaisseur de glace est donc un paramètre essentiel pour mieux mesurer l'impact du réchauffement climatique aux hautes latitudes.

Dans ce travail, il a été question dans un premier temps de mieux caractériser le volume de glace de mer en validant l'épaisseur de glace du modèle NEMO-LIM (réanalyses GLORYS2V1 de 1992 à 2009) avec les données disponibles sur la même période. Des données in situ collectées et archivées dans le « Unified Sea Ice Thickness Climate Data Record » (Lindsay, 2010) ont été utilisées ainsi que des données satellites d'ICESAT (Donghui and Zwally, 2010). Après comparaison entre observations et équivalent modèle, il apparaît que le modèle estime bien les maxima de glace près de l'Archipel Canadien et dans le détroit de Fram, en revanche il existe un biais systématique dans le Bassin Canadien (surestimation de l'épaisseur).

Nous avons tenté d'établir dans un deuxième temps des liens entre la variabilité spatio-temporelle de l'épaisseur de glace et les principaux indicateurs climatiques Arctique (Oscillation Arctique, Oscillation Nord Atlantique et Dipôle Arctique). Nous avons appliqué la méthode classique des EOFs multivariées pour extraire des covariances atmosphère/glace de mer. Il apparaît que le 1er mode de variabilité est l'Oscillation Arctique. Les 2ème et 3ème modes de variabilité semblent être le DA (Dipôle Arctique) d'été et d'hiver.

# **Rôle de la fréquence de couplage et de la variabilité haute fréquence de la température de surface de l'océan sur le phénomène ENSO et ses liens avec la mousson Indienne d'été dans les simulations couplées océan-atmosphère**

*Pascal Terray, Sébastien Masson, Kakitha Kamala, Gurvan Madec LOCEAN/IPSL, Paris, France*

Orateur: Pascal Terray

exposé

Cette étude porte sur l'impact de la fréquence de couplage de la Température de Surface de l'Océan (TSO) et de la résolution océanique verticale sur la variabilité tropicale simulée par un modèle couplé océan-atmosphère.

Plus précisément, nous présentons une analyse détaillée de quatre simulations couplées longues (75 à 100 ans) réalisées avec le modèle couplé global SINTEX-F2 (NEMO+OASIS+ECHAM5). Les seules différences entre ces simulations couplées résident d'une part dans la fréquence de couplage de la TSO entre l'océan et l'atmosphère (2 ou 24 heures) et d'autre part dans le nombre de niveaux verticaux du modèle d'océan (31 ou 301 niveaux).

Notre analyse montre que la fréquence de couplage de la TSO a un impact significatif sur le réalisme du phénomène ENSO (amplitude, fréquence, phasage au cycle saisonnier, ...) et de ses liens avec la mousson Indienne d'été simulés par le modèle SINTEX-F2; une fréquence de couplage plus rapide (2 heures) améliorant sensiblement la variabilité interannuelle simulée par le modèle dans les régions indo-pacifiques et cela sans aucun changement de l'état moyen ou de la climatologie du modèle couplé. Ces résultats sont robustes et se retrouvent à la fois dans les configurations à 31 et 301 niveaux verticaux dans l'océan. De façon surprenante, l'augmentation du nombre de niveaux verticaux dans l'océan ne conduit pas nécessairement à un plus grand réalisme de la variabilité interannuelle simulée par le modèle couplé, mais modifie l'état moyen en particulier dans le Pacifique équatorial.

Enfin, les interactions d'échelles expliquant ces modifications de la variabilité interannuelle simulée par le modèle couplé seront documentées.

# Tendances multi-décennales et sensibilité climatique du cycle annuel des températures à 2m en Afrique de l'Ouest

Françoise Guichard (CNRM-GAME, CNRS et Météo-France) Laurent Kergoat (Géosciences Environnement Toulouse-GET, CNRS, IRD, CNAP et CNES)

Orateur: Françoise Guichard

exposé

L'augmentation de température observée à la surface au cours des dernières décennies présente de forts contrastes régionaux (IPCC, AR4 2007): elle est plus marquée sur les zones continentales et plus importante la nuit que le jour, et s'accompagne donc d'une baisse d'amplitude du cycle diurne de la température (DTR: diurnal temperature range). En Afrique de l'ouest, on observe un gradient méridional de ce réchauffement sur les dernières décennies : l'augmentation est plus forte sur le Sahara qu'en zone soudanienne. Dans cette région du globe, une caractéristique essentielle du cycle annuel de la température est sa structure bimodale, avec des températures très élevées au printemps avant l'arrivée des pluies de mousson sur le Sahel, environ 35°C en mai à 15°N (Guichard et al., J. Hydrology 2009).

Cette étude analyse comment ce réchauffement multi-décennal affecte la structure du cycle annuel de la température. Il s'agit en particulier de déterminer s'il s'accompagne de changements importants des températures au printemps et d'évaluer la capacité des modèles à rendre compte de ce phénomène.

L'étude s'appuie sur (i) plusieurs jeux de données locaux et spatialisés (SYNOP, GISS, BEST, CRU) documentant les échelles multi-décennales ainsi que (ii) sur des données de stations sol automatique disponibles sur la dernière décennie et permettant d'explorer les couplages entre température, eau et bilan énergétique à la surface (données AMMA-Catch). Ces données sont utilisées pour évaluer plusieurs réanalyses (ERA Interim, NCEP CFSR, MERRA, NOAA-CIRES 20CR) et modèles de climat utilisés par l'AR5 de l'IPCC (simulations amip, piControl et historical).

Les différents jeux de données analysés indiquent une forte augmentation des températures au printemps en zone Sahélienne depuis 60 ans, supérieure à 1 K. La variabilité inter-annuelle courte (< 10 ans) est minimale au cours de cette période de l'année; en revanche, c'est au printemps qu'on observe la tendance multi-décennale la plus marquée. Cette période l'année se caractérise par une chute remarquable du DTR, couplée à une augmentation du flux infrarouge net (LWnet), en relation avec l'arrivée du flux de mousson; ce phénomène fait intervenir un impact radiatif fort de la vapeur d'eau et des aérosols et conduit à une réduction du refroidissement nocturne. Le printemps se distingue ainsi radicalement de la phase de pleine mousson qui, elle, fait intervenir des couplages entre température et précipitations, les précipitations plus élevées étant associées à des températures plus basses.

En général, les ré-analyses reproduisent qualitativement l'évolution observée mais les résultats sont profondément affectés par des ruptures et évolutions qui apparaissent peu physiques, et entachent la représentation de la variabilité inter-annuelle.

On observe une grande dispersion des cycles saisonniers simulés par les modèles climatiques au Sahel, beaucoup plus importante que celle caractérisant la zone équatoriale du golfe de Guinée. La structure bimodale du cycle annuel de la température fait intervenir la simulation des précipitations; elle est reproduite de manière assez variable.

Cependant, le résultat principal de cette comparaison est que la dispersion entre modèles est maximale avant l'arrivée des pluies de mousson, et fait intervenir de grande différences des températures minimales et du flux LWnet.

On discutera comment les couplages simulés au printemps entre thermodynamique et bilan radiatif à la surface se comparent aux couplages observés ainsi que leur variabilité.

# **La couche limite atmosphérique stable en Antarctique**

*Hélène Barral (LGGE), Christophe Genthon (LGGE), Christophe Brun (LEGI)*

Orateur: Hélène Barral

exposé

On s'intéresse à l'aptitude des modèles de climat, qui participeront au 5è rapport du GIEC, à rendre compte des mécanismes polaires.

Cette question est importante pour dessiner des projections climatiques puisque les régions polaires jouent un rôle clé dans la machine climatique et sont très sensibles à ses changements.

Sur le plateau Antarctique, l'albédo et l'émissivité de la neige favorisent l'installation durable d'une stratification très stable de la couche limite. C'est sur ce type particulier de couches limites que l'on se focalise.

Au Dôme C, sur le plateau (~123E,75S) un mat de 45m a été équipé de six niveaux de capteurs météorologiques. Il a fourni, dans des conditions climatiques extrêmes, 3 années continues de mesures que nous allons présenter.

Dans cette étude, nous comparons les mesures avec les simulations AMIP\* du modèle de l'IPSL-CM5\*\*. L'accent est mis sur les caractéristiques des inversions de température ainsi que la distribution statistique de l'occurrence des événements dits chaud en hiver.

La maille sur laquelle on se focalise a une taille avoisinant les 210km\*115km. Elle recouvre une région plate et homogène où se trouve le Dôme C.

Ces travaux sont les premiers pas d'une thèse qui s'efforcera de comprendre les mécanismes de turbulence dans la couche limite stable pour améliorer les paramétrisations de celle-ci.

\*Protocole standardisé, établi pour les simulations des modèles de circulation générale de l'atmosphère, pour lequel, sont prescrites les températures de surface des océans et la distribution en glace de mer.

\*\*Modèle développé par l'Institut Pierre Simon Laplace pour le 5ème rapport du GIEC.

# Influence de l'entraînement latéral convectif sur les précipitations et la circulation de grande échelle dans les tropiques

*Boutheina Oueslati et Gilles Bellon, CNRM*

Orateur: Boutheina Oueslati

exposé

Le syndrome de double Zone de Convergence Inter-tropical (ZCIT) est un biais persistant dans les Modèles de Circulation Générale (MCG). Il se présente sous forme de deux bandes zonales convectives au centre et à l'est du Pacifique tropical, avec une surestimation des précipitations au sud de l'équateur et une sous-estimation au nord. Plusieurs études ont montré la forte sensibilité de la ZCIT à la paramétrisation de la convection. Dans ce contexte, on s'intéresse plus particulièrement au rôle de l'entraînement latéral convectif dans la simulation des précipitations tropicales. Des études de sensibilité à ce paramètre ont été réalisées avec le MCG ARPEGE, en mode aquaplanète et en mode forcé. Les simulations idéalisées montrent un comportement analogue au GCM complet, validant ainsi l'approche aquaplanète et mettant en évidence les effets robustes des deux configurations. En réponse à l'augmentation de l'entraînement latéral convectif, la représentation de la ZCIT est améliorée, avec une réduction significative des précipitations au sud du Pacifique central. Les résultats montrent également une diminution des précipitations tropicales convectives et une augmentation des précipitations stratiformes. La circulation grande échelle dans les tropiques, diagnostiquée par la vitesse verticale à 500hPa, diffère entre les deux simulations avec une représentation plus réaliste obtenue pour un taux d'entraînement plus grand. Ce changement de circulation se traduit par une diminution de la circulation de Hadley et une augmentation de la circulation de Walker. Les mécanismes à l'origine de ce changement de circulation seront expliqués.

# **Impact de la destruction d'ozone sur le climat Antarctique**

*Francis Codron, Marion Saint-Lu, Lionel Guez (LMD)*

Orateur: Francis Codron

exposé

En plus de son impact local, le trou d'ozone dans l'hémisphère Austral peut avoir un impact important sur la circulation dans le troposphère. Pour l'explorer, nous avons réalisé deux simulations avec le modèle LMDZ5 avec stratosphère résolue, avec deux concentrations d'ozone différentes: une correspondante aux années 60, l'autre aux années 2000.

Le modèle reproduit la tendance classique de déplacement du jet vers le sud, et un refroidissement de surface de l'Antarctique de l'est accompagné d'une baisse des précipitations. La baisse des pluie est dûe à une diminution du transport de vapeur d'eau par les ondes, alors que le refroidissement est forcé par les échanges radiatifs. Les deux effets sont comparables à ceux associés à la variabilité intrasaisonnière du jet, les effets supplémentaires radiatifs directs de la destruction d'ozone se compensant largement.

# **Variabilité de la stratosphère arctique hivernale : quantification de la rétroaction de l'ozone.**

*D. Saint-Martin (CNRM-GAME)*

Orateur: David Saint-Martin

exposé

La diminution record de la couche d'ozone au dessus de l'Arctique à la fin de l'hiver 2011 (Manney et al., 2011), qui semble liée à des conditions dynamiques exceptionnelles "notamment la grande persistance d'un vortex très froid" relance le débat sur la possible rétroaction positive de l'ozone (vortex froid→ moins d'ozone→ vortex froid). Déjà esquissée dans un certain nombre d'études (Austin et al., 1992, par exemple), elle est relativement bien documentée en ce qui concerne l'effet de la dynamique stratosphérique sur la distribution de l'ozone. Cet effet peut être de nature purement dynamique (réduction du transport d'ozone depuis les hautes latitudes) ou chimique (seuil de température d'activation des PSCs dépassé). Ces modifications du champ d'ozone perturbe en retour la dynamique atmosphérique en réduisant le chauffage radiatif. Cette boucle de rétroaction reste encore assez peu documentée dans le cas de l'Arctique et doit être approfondie et quantifiée avec les nouveaux outils dont nous disposons désormais (modèles de chimie-climat). Dans cette étude, nous évaluons l'importance de ces interactions dynamique-rayonnement-chimie à l'aide du modèle CNRM-CCM (Michou et al., 2011) et montrons que seule une représentation détaillée de la chimie de l'ozone dans la stratosphère arctique hivernale peut permettre la modélisation d'évènements extrêmes, tels que ceux de la fin d'hiver 2010-2011.

# **Simulation de l'évolution récente de la couverture de banquise arctique**

*D. Salas y Mélia, M. Chevallier et S. Sénési (Météo-France / CNRM-GAME)*

Orateur: D. Salas y Mélia

expose

La couverture estivale de banquise a beaucoup reculé depuis le début des années 1990, passant de 8 à un peu plus de 4 millions de km<sup>2</sup> en 2007. Cette évolution a été relativement mal reproduite par les modèles climatiques couplés de CMIP3 (Coupled Model Intercomparison Project 3), qui ont servi de base au quatrième rapport du GIEC (2007). En effet, les modèles sous-estiment nettement ce retrait observé de la banquise, ce qui suggère que les projections futures pourraient également s'avérer irréalistes. L'une des réponses de la communauté de modélisation de la banquise à ce problème est de mieux prendre en compte la physique de la glace de mer au sein des systèmes couplés. Cela a été fait notamment dans le nouveau modèle couplé global CNRM-CM5 incluant le modèle d'océan-glace NEMO-GELATO, qui a été mis en place en vue de participer à CMIP5. L'effort de développement de la glace de mer dans ce système a notamment porté sur la représentation de la salinité de la glace, désormais interactive, de la chaleur spécifique et de la conductivité thermique de la glace, fonctions de la température et de la salinité.

Dix simulations couplées prenant en compte les évolutions des gaz à effet de serre et aérosols, ainsi que les variations des forçages naturels (solaire et éruptions volcaniques) ont été réalisées sur la période 1850-2012. Une comparaison à des observations satellite sur 1979-2009 montre que la couverture de glace estivale simulée en Arctique est légèrement sous-estimée mais que la diminution de sa surface est relativement réaliste. Une autre comparaison avec une expérience NEMO-GELATO forcée par des données atmosphériques suggère que l'englacement relativement faible simulé en fin d'été est lié à une surestimation du rayonnement solaire dans CNRM-CM5. Puis, quatre simulations de sensibilité ont été réalisées. Dans chacune d'entre elles un processus physique nouvellement introduit dans le modèle de glace a été désactivé. Ces expériences montrent notamment que l'ajout de certaines paramétrisations de glace modifie la représentation de l'état moyen de la banquise, mais n'a pas d'impact visible sur la modélisation des tendances.

# **Couplage océan-atmosphère intertropical dans un Modèle Système Terre : Evaluation de la représentation des flux turbulents air-mer dans IPSL-CM5**

*Alina Gainusa Bogdan, Pascale Braconnot (Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement)*

Orateur: Alina Gainusa Bogdan

exposé

Les interactions océan-atmosphère représentent une composante clé du cycle hydrologique dans les régions tropicales et leur variabilité a une grande influence sur le climat des basses latitudes. Nous nous proposons d'examiner le lien entre la paramétrisation des flux océan-atmosphère dans les modèles de circulation générale et la variabilité climatique au travers des tropiques. L'objectif est d'évaluer les qualités et défauts des paramétrisations actuelles afin de préparer la mise en œuvre de nouveaux schémas de flux de surface sur l'océan.

Nous considérons les simulations climatiques de la période historique 1979-2005 utilisant la dernière version du modèle du système Terre IPSL (IPSL-CM5). Nous comparons deux versions du modèle (IPSL-CM5A et IPSL-CM5B, significativement différentes au niveau des paramétrisations physiques des processus atmosphériques) et deux résolutions (basse et moyenne). Afin d'évaluer les résultats du modèle, nous développons une « boîte à outils » pour évaluer la représentation des flux de chaleur et de quantité de mouvement à la surface, qui prend en considération les grandes incertitudes dans les produits observationnels de flux turbulents.

En nous concentrant sur les basses latitudes, nous comparons les amplitudes, les distributions spatiales à grande échelle et la saisonnalité sur certaines régions (correspondant aux piscines d'eau chaude et upwelling) pour les flux turbulents et les variables météorologiques associées. Cette analyse mènera à un examen plus approfondi des relations entre les processus dans les deux couches limites (atmosphérique et océanique) et la variabilité des flux océan-atmosphère et de la température de surface dans les océans tropicaux.

# **Prévisions d'ensemble à l'échelle saisonnière avec un modèle couplé Arpège-Climat - NEMO: impact de la résolution et de la méthode de génération des ensembles**

*L. Batté et M. Déqué (CNRM-GAME)*

Orateur: Lauriane Batté

poster

Plusieurs configurations du modèle couplé Arpège-Climat v5.2 - NEMO v3.2 ont été testées en prévision saisonnière pour la saison d'hiver (de décembre à février) pour des initialisations début novembre sur une période de 32 ans (1979 à 2010). Les prévisions sont comparées aux observations issues de GPCP pour les précipitations ainsi qu'aux réanalyses ERA-Interim pour les champs de température et de géopotentiel. L'analyse de scores déterministes (corrélations) et probabilistes (score de Brier) donne un aperçu des apports de différents facteurs comme l'augmentation de la résolution horizontale et verticale du modèle Arpège-Climat ou la méthode de prévision d'ensemble ("lagged-average", perturbation initiale ou dynamique stochastique).

# **Le rôle des nuages sur la variabilité du climat régional en Ile de France : comparaisons observations SIRTA/simulation WRF-CORDEX lors d'une analyse en régime de circulation.**

*Marjolaine Chiriaco (LATMOS), Sophie Bastin (LATMOS), Jean-Charles Dupont (IPSL), Ludmila Klenov (LMD), Martial Haeffelin (LMD), Cindy Lebeaupin (LMD)*

Orateur: Sophie Bastin (LATMOS)

poster

De récentes études montrent que certaines anomalies de température en Europe ne sont pas expliquées par des anomalies dans le régime de circulation. Nous cherchons alors à comprendre si des variations dans les processus nuageux ont pu engendrer une partie de la variabilité interannuelle des températures. L'étude se focalise sur la région Ile de France et l'on combine les simulations WRF réalisées dans le cadre de MED-CORDEX et les observations du site du SIRTA. Pour ces dernières, nous nous basons sur les synthèses décennales réalisées dans le cadre du projet ECTD (European Climate Testbed Dataset - <http://climserv.ipsl.polytechnique.fr/cfmip-obs/>) qui regroupent toutes les variables disponibles depuis 2002, en moyenne horaire. Pour le modèle, les sorties sont extraites toutes les 3h des simulations WRF-CORDEX réalisées à 50 et 20 km de résolution sur l'ensemble du domaine Méditerranée sur la période 1989-2008.

Au premier ordre, les nuages dépendent de la circulation de grande échelle : pour s'en affranchir et comprendre ainsi si les processus physiques nuageux changent, les propriétés des nuages (forçage radiatif, structure verticale...) sont étudiées à régime de circulation fixé. L'analyse des similitudes et des différences entre modèle et observations sur un ensemble de variables permet alors de tirer des conclusions sur les processus mis en jeu dans la variabilité du climat local.

# **Analyse préliminaire de la variabilité inter-annuelle de la Mousson Ouest Africaine entre 1989 et 2008 dans la simulation régionale WRF-CORDEX.**

*S. Bastin (IPSL/LATMOS), A. Revelard (IPSL/LATMOS), E. Flaounas (IPSL/LMD), J. Gazeaux (IPSL/LATMOS)*

Orateur: S. Bastin

poster

Dans le cadre de la 1ère phase du programme CORDEX, le 'downscaling' dynamique des réanalyses ERA-interim sur la période 1989-2008 a été réalisé sur l'Afrique en utilisant le modèle régional WRF à 50 km de résolution. L'exploitation scientifique de cette simulation porte ici sur l'analyse de la mousson africaine. Une première évaluation à partir des données de surface CRU et de produits de précipitation est en cours.

A partir des résultats de Flaounas et al., 2011 montrant le rôle de la grande échelle et en particulier de la mousson indienne et des intrusions d'air sec dans la mise en place de la mousson, nous cherchons à identifier, dans CETTE simulation, les différents mécanismes qui permettent d'expliquer la variabilité interannuelle de la mousson africaine. Nous nous intéressons à sa mise en place, mais aussi à sa durée, à sa propagation vers le nord, à son intensité...Pour commencer, nous étudions les corrélations qui existent entre la variabilité de la langue d'eau froide dans le Golfe de Guinée, et/ou l'intensité de la dépression thermique saharienne sur les différentes caractéristiques de la mousson. Dans un second temps, le rôle des intrusions d'air sec et de la MJO seront étudiées dans cette simulation. Les résultats obtenus seront comparés avec ceux d'autres simulations et/ou d'autres jeux de données.

Le travail présenté lors des ateliers de modélisation de l'atmosphère ne concerne que la première phase de cette étude.

Flaounas E., Janicot S., Bastin S., Roca R., Mohino E., 2011: The role of the Indian monsoon onset in the West African monsoon onset: Observations and AGCM nudged simulations. Climate Dynamics, 2011, DOI: 10.1007/s00382-011-1045-x, (in press)

# **Etude des rétroactions radiatives dans le modèle CNRM.CM5 en réponse à une augmentation de CO<sub>2</sub>.**

*O. Geoffroy, A. Volodire, D. Saint-Martin, D. Salas-Mélia, S. Sénési (CNRM-GAME)*

Orateur: O. Geoffroy

exposé

Cette étude présente une analyse de la réponse globale du modèle CNRM.CM5 en réponse à une perturbation radiative induite par une augmentation du CO<sub>2</sub> à partir des simulations idéalisées CMIP-5. La réponse de Planck et les rétroactions radiatives (gradient de température, vapeur d'eau, nuages, albédo de surface) sont estimées à partir de la méthode des perturbations radiatives partielles (PRP) (Wetherald et Manabe, 1988).

Les résultats obtenus sont consistants avec les analyses antérieures de modèles de climat, à l'échelle globale et locale. Une étude de sensibilité de la PRP à la longueur temporelle de simulation, la fréquence des perturbations, la définition du sommet de l'atmosphère ainsi qu'à la simulation utilisée (abrupt 4xCO<sub>2</sub> ou 1% CO<sub>2</sub>) est effectuée. La méthode de Gregory et al. (2004) est également appliquée afin de comparer le paramètre de rétroaction obtenu par PRP au paramètre de rétroaction « effectif ». La méthode dite des « kernels » (Soden and Held, 2006; Soden et al., 2008) est testée et validée. Cette méthode permet une estimation rapide et simple des rétroactions radiatives partielles à partir de tables de correspondance.

Finalement, la non linéarité des rétroactions radiatives est discutée. Une solution générale des termes du 2e ordre est donnée. Les termes d'interaction entre rétroactions sont estimés en effectuant une PRP. Bien que la somme des termes du 2e ordre soit négligeable, les résultats montrent des interactions non négligeables entre certaines rétroactions. Ces différences expliquent en partie les différences obtenues entre l'estimation « forward » et l'estimation « backward » des rétroactions par PRP.

# **Prévisions décennales avec CNRM-CM5. Sensibilité à la prise en compte de la stratosphère.**

*J.-F. Guérémy et N. Laanaia (CNRM-GAME/GMPEC)*

Orateur: J.-F. Guérémy

poster

Dans le cadre du projet GICC EPIDOM ont été réalisées des prévisions décennales à l'aide du modèle couplé CNRM-CM5. L'objectif du travail effectué dans ce projet est de déterminer la sensibilité de la prévisibilité à la prise en compte de la stratosphère. Pour ce faire, il a été choisi de retenir une géométrie du modèle moins coûteuse (Tl63) que celle utilisée pour les prévisions décennales de CMIP5 (Tl127). Une résolution verticale de 91 niveaux couvrant la stratosphère jusqu'à 0.01 hPa a été retenue, ainsi qu'une résolution de 62 niveaux identique dans la troposphère mais s'arrêtant à 5 hPa. Quatre dates de départ (janvier des années 1981, 1986, 1991, 1996) ont été traitées pour des ensembles de 10 membres sur 10 ans. Les premiers résultats de ces prévisions seront commentés en les comparant à ceux des prévisions CMIP5.

# Analyse de la rétroaction des nuages bas tropicaux dans les modèles CMIP5

Florent Brient (LMD/IPSL) et Sandrine Bony (LMD/IPSL)

Orateur: Florent Brient

exposé

La réponse des nuages bas à un réchauffement climatique a été identifiée comme étant la plus forte contribution à l'incertitude de la sensibilité climatique estimée par les modèles de circulation générale. En effet, cette réponse pourrait diminuer ou augmenter le pouvoir refroidissant des nuages sur le climat et ainsi modifier l'augmentation de la température de surface consécutif à une augmentation des gaz à effet de serre anthropique (de 2 à 5 degrés pour un doublement de la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère).

En analysant le comportement des nuages bas dans une hiérarchie de modèles (modèle couplé océan-atmosphère, modèle atmosphérique, modèle aquaplanète et modèle uni-colonne) utilisant la même paramétrisation physique, nous interprétons la rétroaction positive des nuages bas simulée par le modèle climatique IPSL-CM5A dans le cas d'un changement climatique.

A travers une analyse énergétique en énergie statique humide (MSE), nous montrons que cette rétroaction positive est liée à l'augmentation du gradient de MSE entre la surface et le haut de la couche limite (vers 700 hPa), qui apporte une plus grande quantité d'air sec et de faible MSE provenant de l'atmosphère libre vers la couche limite. Cette augmentation est dû à la non-linéarité de la relation de Clausius-Clapeyron qui prédit une accroissement plus important de l'humidité spécifique en surface par rapport aux plus hautes latitudes.

Une étude observationnelle récente (Kubar et. al 11) met également en avant un lien très fort entre la fréquence des nuages bas océaniques et l'intensité de ce gradient de MSE dans les zones de subsidence. Afin de compléter cette étude, nous analyserons les modèles faisant partie de l'intercomparaison CMIP5 en comparant leur variabilité saisonnière/interannuelle et leur sensibilité lors d'un réchauffement climatique. Ainsi, nous pourrons donner les bases d'un futur test observationnel liant permettant d'évaluer quelle rétroaction simulée par les modèles serait la plus fiable.

# **Vers une meilleure compréhension des changements dans les extrêmes de température en Europe : analyse multi-modèle des simulations CMIP5.**

*Julien Cattiaux, Hervé Douville, Aurélien Ribes & Fabrice Chauvin (CNRM-GAME).*

Orateur: Julien Cattiaux

exposé

La tendance au réchauffement global s'accompagne d'une augmentation dans la fréquence des événements exceptionnellement chauds aux échelles régionales. Ceci a été particulièrement illustré en Europe lors de la dernière décennie, marquée notamment par les vagues de chaleur des étés 2003 et 2010 aux forts impacts socio-environnementaux. En hiver, si les vagues de froid ont tendance à se raréfier en présence d'un réchauffement, leur occurrence n'est néanmoins pas à exclure, comme l'ont montré les récents épisodes de 2009/10 et 2010/11. Notre étude a ainsi pour objectif d'évaluer l'incertitude des modèles climatiques concernant l'évolution future des extrêmes de température européens intra-saisonniers. Nous cherchons à comprendre pourquoi les modèles (i) ont des difficultés à simuler les caractéristiques présentes de tels événements et (ii) diffèrent dans leurs projections futures pour la fin du 21e siècle. Nous proposons une approche basée sur des régimes de temps permettant de séparer les contributions de la circulation atmosphérique de grande échelle et des processus non-dynamiques (e.g., liés aux conditions de sol, nuages) à ces biais et/ou incertitudes. Nous appliquons cette méthodologie à un ensemble de simulations forcées (de type AMIP) ou couplées, effectuées dans le cadre de CMIP5. Sur la période présente, nous montrons que les biais de température moyenne ou extrême sont majoritairement dûs à des erreurs systématiques sur les processus non-dynamiques, les modèles représentant de façon raisonnable les régimes de temps et leurs fréquences d'occurrence. En revanche, nous trouvons que les incertitudes sur les changements de dynamique atmosphérique contribuent substantiellement à la dispersion des modèles concernant l'évolution future des extrêmes de température. Cette méthodologie, qui permet une meilleure compréhension des biais et incertitudes des modèles concernant la variabilité climatique intra-saisonnière, pourrait notamment s'appliquer à d'autres variables que la température.

# **Position et variabilité du jet de l'hémisphère sud, effet de la résolution du modèle de l'IPSL**

*Ara Arakelian et Francis Codron (Laboratoire de météorologie dynamique)*

Orateur: Ara Arakelian

exposé

La variabilité atmosphérique dans l'hémisphère sud est dominée par des fluctuations méridiennes de la position jet, structure connue sous le nom de Mode Annulaire Austral (Southern Annular Mode - SAM). La prédominance du SAM est partiellement due à une rétroaction positive liée au transport de moment par les ondes.

Le SAM possède une variabilité saisonnière, tant dans sa structure que dans la rétroaction des ondes.

En été, la climatologie montre une forte symétrie zonale et le SAM est associé à une oscillation du jet autour de sa position moyenne, la rétroaction par les ondes est forte. En hiver, il existe d'importantes anomalies par rapport à la symétrie zonale, en particulier au dessus de l'océan Pacifique. La variabilité liée au SAM est alors une bascule entre deux positions distinctes du jet. La rétroaction des ondes est plus faible et est limitée à un domaine restreint en longitudes.

La plupart des modèles de circulation générale atmosphérique partagent les mêmes biais dans leur représentation de l'état moyen et la variabilité : en moyenne le jet est situé trop de vers l'équateur, et le SAM est trop persistant. Les deux semblent liés : les modèles de la base de données CMIP3 qui ont le jet le plus vers l'équateur tendent également à avoir le SAM le plus persistant - ou la plus forte rétroaction des ondes.

L'étude de la variabilité se base plusieurs séries de simulations du GCM LMDZ4: modèle couplé, utilisation de la composante atmosphérique uniquement, scénario d'augmentation du CO<sub>2</sub> de 1%/an. Pour chacune de ces series nous disposons de plusieurs simulations dont la résolution horizontale varie en longitude et en latitude. Les objectifs sont doubles:

- savoir quels biais sont réduits - ou non - lorsque la résolution augmente.
- utiliser les différences d'états moyens des ces simulations pour définir les relations entre l'état moyen, la variabilité, et la réponse à l'augmentation de CO<sub>2</sub>.

# Contrôle de la convection profonde par les processus de soulèvement sous-nuageux dans LMDZ5B

C. Rio (1), J.-Y. Grandpeix (1), F. Hourdin (1), F. Guichard (3), F. Couvreux (3), J.-P. Lafore (3), A. Fridlind (2), A. Mrowiec (2), S. Bony (1), N. Rochetin (1), R. Roehrig (3), A. Idelkadi (1), M.-P. Lefebvre (1,3) et I. Musat (1)

(1) Laboratoire de Météorologie Dynamique, CNRS/IPSL, Paris, France

(2) Goddard Institute for Space Studies (NASA/GISS), New-York, USA

(3) Centre National de la Recherche Météorologique (CNRM/GAME), Toulouse, France

Orateur: Catherine Rio

exposé

Récemment, une nouvelle approche basée sur la capacité des processus de soulèvement au sein de la couche sous-nuageuse à initier et alimenter la convection profonde a été introduite dans le modèle de circulation générale LMDZ5B. Cette approche repose sur les concepts d'énergie et de puissance de soulèvement disponibles pour la convection: ALE (Available Lifting Energy) et ALP (Available Lifting Power). Deux nouvelles paramétrisations permettent de représenter ces processus. Il s'agit d'une part d'une paramétrisation des thermiques de couche limite qui, initiés dans la couche instable de surface, transportent chaleur, humidité et moment de la surface au sommet de la couche limite, et au sommet desquels les petits cumulus se forment. Il s'agit d'autre part d'une paramétrisation des poches froides qui, alimentées par l'évaporation des précipitations sous les systèmes convectifs, s'étalent en surface en soulevant l'air à leur bord. Ainsi, la convection est active si l'un de ces deux processus fournit une énergie suffisante pour dépasser l'inhibition convective. Les deux processus contribuent alors à la puissance de soulèvement contrôlant l'intensité convective. Cette approche est testée et évaluée en parallèle sur plusieurs cas de convection continentale et océanique en mode unicolonne d'une part, et sur 10 années de simulations globales forcées d'autre part. Les résultats confirment le décalage du cycle diurne de la convection continentale avec le nouveau jeu de paramétrisations. Ils montrent également l'importance de spécifier une vitesse verticale à la base des colonnes convectives variable en fonction des conditions environnementales afin que le modèle soit adapté à la fois sur océan, sur continent aux moyennes latitudes et dans les régions semi-arides.

Enfin, des simulations haute résolution de cas observés, sur océan d'une part (TWP-ICE) et en région semi-aride d'autre part (AMMA), sont utilisées pour évaluer les hypothèses à la base de l'approche proposée. Les résultats démontrent que la fermeture en ALP est plus pertinente que les fermetures basées sur l'hypothèse de quasi-équilibre comme la fermeture en CAPE.

# **Evaluation des simulations de projection climatique des modèles du CMIP5 sur l'Afrique de l'Ouest pour les futurs proche et lointain**

*Abdoulaye SARR*

Orateur: Abdoulaye SARR

exposé

Le quatrième rapport du GIEC AR4, à partir des travaux faits avec les données issues des modèles globaux ayant participé au CMIP3, avait montré des conditions climatiques contrastées sur l'Afrique de l'Ouest en termes de projections sur le climat. Ainsi, si une nette hausse de température est projetée par l'essentiel des modèles et sur tous les scénarios plus particulièrement le A1B et le A2, la pluie plus complexe à simuler, présentait un contraste, entre modèle, plus aigu.

Cela été apparu sur les conclusions du rapport qui étaient plus nuancés sur la partie sahélienne qui fait partie des zones les plus vulnérables à la variabilité et aux changements climatiques.

Dans ce travail, vu le nombre plus important de modèles, les améliorations apportées tant en terme de paramétrisation physique de prise en compte d'autres processus importants dans la dynamique du climat, une analyse des simulations sur l'Afrique de l'Ouest est faite sur un grand nombre de modèles de CMIP5. Un accent particulier est mis sur les performances des modèles à simuler le temps passé par rapport de nouvelles versions de données d'observations diverses disponibles actuellement. Un classement par des méthodes élaborées est fait avant la partie consacrée aux projections futures avec les nouveaux scénarios. L'analyse des projections sur des paramètres comme la précipitation, les températures etc. est faite sur les scénarios RCP 4.5 et 8.5 pour un diagnostic particulier sur la partie Sahélienne de l'Afrique de l'Ouest.

# **Aspects géométriques et dynamiques de la couche-limite continentale pendant la phase de transition vers la convection profonde: nouvelle paramétrisation du déclenchement.**

*Nicolas Rochetin*

Orateur: Nicolas Rochetin

exposé

Il est aujourd'hui largement reconnu que la paramétrisation de la convection profonde est une grande source de biais systématiques dans les modèles de climat. En particulier le déclenchement de la convection profonde par les processus de couche-limite demeure une question très ouverte. Des études réalisées à l'aide d'outils haute résolution (et notamment menées au CNRM avec l'outil MESO-NH) ont permis de mieux caractériser l'évolution des variables thermodynamiques impliquées dans le couplage entre convection peu-profonde et convection profonde au cours de la transition de la première vers la seconde. Par exemple, le rôle de variable telles que l'Inhibition (CIN), le déficit à la saturation où encore la flottabilité au milieu des cumulus y a été investigué.

Dans le modèle de climat du LMD (LMDZ), le déclenchement se produit lorsqu'un processus sous-nuageux (thermiques, courants de densité ou vents de pente) produit une énergie cinétique de soulèvement (ALE=Available Lifting Energy) supérieure à l'intensité de l'inhibition (CIN=Convective INhibition). Ainsi, si la condition  $ALE > CIN$  est vérifiée, la parcelle est supposée atteindre son niveau de flottabilité libre (LFC) et poursuivre son ascension jusqu'au sommet de l'atmosphère; c'est la convection profonde. Cependant les récents travaux de développements du modèle LMDZ ont clairement révélé que le problème récurrent du phasage diurne de la convection profonde continentale était essentiellement lié au déclenchement (et non à la fermeture).

Cette étude propose donc une rédéfinition du déclenchement de la convection par la couche-limite, en considérant non plus un seul thermique nuageux moyen mais un spectre de thermiques, a priori de tailles et de vitesses différentes. Les données sont issues d'un modèle haute résolution (LES: Large Eddy Simulation), forcé par des mesures de terrain recueillies le 10 Juillet 2006 à Niamey au cours de la campagne AMMA de cette même année (Cas d'étude AMMA, Couvreux 2011). Notre objectif sera, dans un premier temps, d'aborder les aspects géométriques et dynamiques du spectre de panaches thermiques et d'en isoler les principales caractéristiques (ces dernières serviront d'hypothèses pour notre paramétrisation). Ensuite, nous caractériserons l'évolution du spectre de panaches au cours de la transition vers la convection profonde. Et enfin nous proposerons une paramétrisation du déclenchement de la convection profonde qui sera testée dans la version unidimensionnelle du modèle de climat au travers de 2 d'étude continentaux (EUROCS et AMMA).

# Influence combinée de la physique atmosphérique et de l'hydrologie sur la météorologie simulée au SIRTA.

*F. Cheruy (LMD), A. Campoy (Sisyphe) , JC. Dupont IPSL, A. Ducharnen(Sisyphe) , F. hourdin (LMD), M. Haeffelin (IPSL) , M. chiriaco (LATMOS), A. Idelkadi (LMD)*

Orateur: F. Cheruy

exposé

Le couplage surface/atmosphère est essentiel pour déterminer les conditions aux limites en eau et énergie du système atmosphérique sur les surfaces continentales. Il a été montré qu'il était à l'origine du biais chaud dont le modèle de climat de l'IPSL souffre en été aux moyennes latitudes. Les contributions du modèle d'hydrologie, et des paramétrisations de la couche limite ont été étudiées en détail en utilisant l'approche « zoomée-guidée » (Coindreau et al. 2007) et les observations recueillies et élaborées au SIRTA (Cheruy et al. 2011). Le modèle d'hydrologie à 11 couches (De Rosnay, 2000) qui assure une description physique des flux verticaux d'eau dans le sol couplé avec LMDZ a permis d'accroître l'évaporation du sol en été, évitant de simuler de « fausses sécheresses » responsables du biais chaud. Cette amélioration est constatée avec les versions standard (ST) comme « nouvelle physique » (NP) du modèle atmosphérique LMDZ5 (Hourdin et al. 2011). Les nouvelles paramétrisations physiques proposées dans le modèle LMDZ5-NP (Hourdin et al. 2011), assurent une représentation plus réaliste des nuages de couche limite de type « petits cumulus » en été. Ces améliorations sont également observées dans les simulations de type climatique effectuées en mode forcé pour les SST. Nous sommes ainsi mieux armés pour représenter les événements extrêmes pour lesquels le couplage sol/atmosphère est essentiel comme par exemples les canicules estivales.

# **Variabilité Intra Saisonnière de l'eau précipitable en Afrique de l'Ouest: Description du principa mode d'échelle synoptique.**

*E.D. Poan, Roehrig R., Couvreux F. et Lafore J.-P*

Orateur: E. D. Poan

poster

La compréhension puis le suivi de la variabilité intra saisonnière de la Mousson d'Afrique de l'Ouest est un défi scientifique tant les enjeux socio-économiques peuvent être importants. Les études réalisées au cours des dix dernières années ont mis en évidence et documenté différentes échelles de variabilité de la mousson. Ici, on se focalise sur la variabilité à l'échelle synoptique, qui est l'une des plus importantes en Afrique de l'Ouest.

Dans le cadre de notre étude, la variabilité synoptique a été abordée au travers de la variable eau précipitable, variable importante pour la convection et moins dépendante de processus à seuil comme les précipitations. Elle se projète sur un mode robuste, propagatif et fréquent avec une échelle caractéristique de 6 jours corroborant l'idée d'existence d'un mode intrinsèque de l'atmosphère tropicale à cette échelle. Des liens importants avec l'activité convective ont été observés avec des modulations pouvant atteindre 50% de la moyenne climatologique. Des bilans ont permis de décrire ce mode tout en montrant les mécanismes clé à sa croissance et à sa propagation. La saison de mousson 2011 a été l'occasion d'évaluer la représentation de ce mode dans le modèle du centre européen et de réfléchir sur les possibilités qu'il offre quant au guidage de la prévision à courte et moyenne échéance.

## **Analyse du couplage hydrologie/atmosphère dans les simulations préparées pour CMIP-5.**

*F. Cheruy (LMD), A. Ducharne (Sisyphe). J.L. Dufresne (LMD)*

Orateur: F. Cheruy

poster

Une analyse préliminaire des simulations couplées préparées pour CMIP-5 permet d'identifier des tendances opposées dans la réponse de l'évaporation continentale de certains modèles impliqués dans CMIP5 (e.g. IPSL-CM5A, MPI-ESM-LR, CNRM-CM5) au scénario d'émission rcp8.5. Nous analysons les causes de ces différences d'évolution: locales (physique de l'atmosphère, hydrologie, végétation) ou grande échelle ainsi que les conséquences sur l'évolution des précipitations et des températures au voisinage du sol. Nous nous intéresserons aux impacts aux échelles régionales sur les cycles saisonniers et sur l'occurrence d'événements extrêmes aux échelles centenales (sécheresses, canicules).

# **Impact du mélange dû aux marées dans les mers indonésiennes sur le climat tropical et sa variabilité.**

*Ariane Koch-Larrouy (LEGOS), Matthieu Lengaigne (LOCEAN), Gurvan Madec (LOCEAN), Pascal Terray (LOCEAN), Gurvan Madec (LOCEAN), Sébastien Masson (LOCEAN), Takeshi Izumo (LOCEAN)*

Orateur: Ariane Koch-Larrouy

exposé

# **Intercomparaison de modèles de la variabilité de l'AMOC et du contenu en eau douce dans l'Atlantique Nord**

*Julie DESHAYES (CNRS LPO)*

Orateur: Julie Deshayes

exposé

Les observations et les modèles suggèrent que le contenu en eau douce dans l'Océan joue parfois un rôle indirect ou passif sur la circulation dans l'Atlantique Nord (lorsque le forçage atmosphérique domine la variabilité du contenu en eau douce et de la circulation comme la cellule de retournement AMOC) ou bien peut directement influencer la circulation : une augmentation du contenu en eau douce diminue l'intensité de la gyre subpolaire (et inversement). Je présenterai une étude d'intercomparaison de modèles couplés qui décrit en amplitude et en fréquence, la variabilité du contenu en eau douce dans l'Atlantique Nord et de la circulation tri-dimensionnelle, incluant l'AMOC. Cette description passe par le calcul d'indices analytiques qui ont une pertinence physique pour décrire le budget d'eau douce et la variabilité de l'AMOC, afin de comprendre les mécanismes de variabilité sous-jacents.

# Impact du couplage océan-atmosphère sur l'activité des ouragans

F. Chauvin et A.-S. Daloz

Orateur: Fabrice Chauvin

exposé

Le modèle de circulation générale (MCG) CNRM-CMIP5, dans sa version basculée-étirée sur le bassin Atlantique Nord nous a permis d'aborder cette question du couplage entre les ouragans et l'océan. On sait, en effet, que le passage d'un cyclone tropical (CT) sur l'océan contribue à refroidir celui-ci par le biais d'un fort mélange engendré par les vents intenses en surface (Price 1981, Bender and Ginis 2000, Samson et al. 2009). Ce refroidissement peut, à son tour, avoir un effet rétro-actif sur le phénomène cyclonique lui-même. Une longue simulation de contrôle (conditions pré-industrielles) a été réalisé en mode couplé et les températures de surface de la mer (TSM), moyennées mensuellement, ont été utilisées pour effectuer une simulation identique en mode forcé. Ces simulations étaient suffisamment longues pour que des tests de significativité puissent être envisagés sur la différence de densité des CT, repérés dans ces simulations. La détection des CT et la construction de leur trajectoire est réalisée à l'aide d'un logiciel de « tracking ».

Les principales différences qui sont apparues entre les simulations forcée et couplée concernent la répartition spatiale des trajectoires : le couplé produit plus de CT sur le Golfe du Mexique et moins sur l'Atlantique central et nord-ouest. Ces différences peuvent s'expliquer en partie par une activité plus intense des ondes d'est africaines (OEA) dans la simulation forcée. L'explication apportée à cette anomalie fait appel à l'interaction des OEA avec les TSM du Golfe de Guinée et du proche Atlantique, qui alimentent l'advection d'humidité sur le continent africain. Cette hypothèse reste à confirmer.

En ce qui concerne les simulations en climat réchauffé, les différences entre les simulations forcée et couplée sont, comme pour la simulation de contrôle, assez faibles, bien que significatives localement. Si les deux simulations s'accordent sur un décalage vers le nord-est de l'activité cyclonique, dans le futur, la simulation couplée indique une diminution significative en sortie d'Afrique que la simulation forcée ne voit pas. De même, le décalage vers le nord-est semble plus marqué dans la simulation forcée, avec pour conséquence une réponse contradictoire avec celle de la simulation couplée pour la région qui borde les côtes de la Floride à la Caroline du Nord.

Enfin, les deux simulations ont montré des sensibilités différentes sur l'augmentation de l'intensité des CT, qui est plus marquée dans le couplé que dans le forcé : pressions plus basses, vents et pluies plus forts.

Références bibliographiques :

Bender, M. and I. Ginis, 2000: Real-case simulations of hurricane-ocean interaction using high-resolution coupled model: effects on hurricane intensity. Monthly Weather Review, 128, 917-946.

Price, J., 1981 : Upper ocean response to a hurricane. Journal of Physical Oceanography, 153-175.

Samson, G., H. Giordani, G. Caniaux and F. Roux, 2009 : Numerical investigation of oceanic resonant regime induced by hurricane winds. Ocean Dynamics, 59, 565-586.

# **La réanalyse océanique globale 1/4° GLORYS2: résultats et dérivation de conditions initiales pour la prévision couplée océan atmosphère.**

*Nicolas Ferry (1), Cyrille de Nicola (1), Laurent Parent (1), Gilles Garric (1), Olivier Legalloudec (1), Charles-Emmanuel Testut (1), Bernard Barnier (2), Raphal Dussin (2), Eric Greiner (3), Stéphanie Guinehut (3), Cécile Cabanes (4), Clément Bricaud (1), Marie Drevillon (1) et Charles Desportes (1).*

*(1) Mercator Ocean Ramonville Saint Agne FRANCE wp> (2) LEGI - MEOM Grenoble FRANCE*

*(3) CLS Ramonville Saint Agne FRANCE*

*(4) IFREMER Brest FRANCE*

Orateur: Nicolas Ferry

exposé

Dans le cadre du projet français GLORYS (GLobal Ocean ReanalYses and Simulations) et du projet GMES / MyOcean (UE/FP7), plusieurs réanalyses de l'océan ont été produites à Mercator Océan, en collaboration avec la communauté Drakkar. Le système de réanalyse GLORYS décrit l'évolution de l'océan et de la glace de mer à l'échelle globale. Il est basé sur le système de prévision de l'océan 1/4° opérationnel de Mercator, PSY3V3. Le modèle océanique est issu de la configuration ORCA025 (NEMO3.1 code source, 75 niveaux verticaux, formulation bulk CORE) forcée par les paramètres atmosphériques issus d'ERA-Interim, la composante grande échelle des flux radiatifs ayant été corrigée à l'aide de jeux d'observations satellite. L'assimilation des données est basée sur un filtre de Kalman d'ordre réduit (formulation SEEK) en conjonction avec un système de correction du biais de la température et la salinité. Les données assimilées sont la SST (SST Reynolds 1/4°), de données altimétriques le long de la trace et de profils in situ de température et de salinité (Argo, XBT, CTD, réseaux TOGA-TAO-PIRATA-RAMA, ...).

Deux réanalyses ont été produites, validées et sont distribués. La première, GLORYS1V1, couvre la période «Argo» (2002-2008). La seconde, GLORYS2V1, décrit la période «altimétrique» (1992-2009) et a été produite dans le cadre du projet GMES / MyOcean, en coordination avec les partenaires français (LEGI / CNRS), italien (CCCM) et anglais (U. de Reading) des. Nous présentons ici les résultats de GLORYS2V1 en montrant la capacité de la réanalyse globale 1/4° à décrire la variabilité saisonnière à interannuelle du système couplé océan glace. Dans un second temps, nous exposerons la méthode d'upscaling qui a été développée à Mercator-Océan pour construire à partir de GLORYS2V1 des états océaniques et de glace de mer à plus basse résolution (ORCA1° par exemple) équilibrés thermo dynamiquement. Ces conditions initiales océan / glace sont destinées à servir la communauté « prévision saisonnière à décennale ». Ces conditions initiales serviront notamment à initialiser le prochain système de prévision saisonnière de Météo-France (système 4).

# **La mousson afro-asiatique et l'ENSO dans les simulations paleoclimatiques et 1%CO<sub>2</sub> avec le modèle de l'IPSL**

*P. Braconnot\* et les participants du projet ANR ELPASO*

*\* IPSL/LSCE, unité mixte CEA-CNRS-UVSQ, Orme des Merisiers, bât. 712, 91191 Gif sur Yvette Cedex*

Orateur: P. Braconnot

exposé

Les climats passés renseignent sur la façon dont le climat a varié en réponse à différentes perturbations provenant des changements d'insolation, des concentrations en gaz à effet de serre et de la présence de calottes de glace ou des modifications des surfaces continentales. L'objectif du projet ELPASO est de mieux comprendre ces variations passées dans la région indopacifique et de développer des critères d'évaluation des modèles.

Les analyses considèrent l'état moyen, la saisonnalité et la variabilité interannuelle, de façon à évaluer les rétroactions mises en jeu dans les projections climatiques et la cohérence des changements simulés entre le continent et l'océan.

Nous proposons d'utiliser les résultats des simulations du dernier maximum glaciaire, de Holocène moyen et 1%CO<sub>2</sub> réalisées avec les versions CM4 et CM5 du modèle de l'IPSL pour déterminer quelques critères de comparaison.

Les analyses considéreront tout particulièrement la boucle de rétroaction faisant intervenir le flux de mousson et l'évaporation sur l'océan, les précipitations de mousson et le ruissellement continental, ainsi que la salinité et la couche de mélange océanique à l'échelle saisonnière et interannuelle dans la région indopacifique.

Dans la mesure du possible les résultats des simulations PMIP2 seront inclus dans les comparaisons, afin de préparer le déploiement des analyses aux simulations CMIP5.

# Perturbations stochastiques de la dynamique du modèle Arpège-Climat en prévision saisonnière et impact sur la représentation de la circulation atmosphérique de grande échelle

*Lauriane Batté et Michel Déqué (CNRM-GAME)*

Orateur: Lauriane Batté

exposé

Les prévisions saisonnières issues de modèles de circulation générale tendent à sous-estimer la variabilité naturelle du climat. Une des pistes d'amélioration est d'accroître la dispersion des ensembles de prévisions afin d'obtenir des prévisions probabilistes plus en accord avec le climat observé. Plusieurs méthodes ont été expérimentées, comme la perturbation de paramètres physiques d'un modèle ou encore la prévision multi-modèle. On présente ici une méthode originale récemment développée au CNRM, qui consiste à introduire des perturbations stochastiques à la dynamique du modèle d'atmosphère Arpège-Climat en cours de prévision. Les champs perturbés sont les champs spectraux de température, de fonction de courant et d'humidité spécifique. Les perturbations sont additives, et tirées parmi des populations de corrections d'erreurs du modèle couplé CNRM-CM5 rappelé vers la réanalyse ERA-Interim. L'étude de ces populations de corrections donne un aperçu des erreurs du modèle en prévision saisonnière.

Plusieurs versions de cette méthode ont été testées en prévision saisonnière sur la période 1979-2010, en incluant une classification des populations de corrections en fonction de différents critères. Si cette méthode permet d'améliorer la prévisibilité de la hauteur moyenne de géopotentiel à 500 hPa sur l'hémisphère Nord à l'échelle saisonnière, qu'en est-il de la représentation de la variabilité de la circulation atmosphérique à grande échelle ? Afin de répondre à cette question, on étudiera l'impact des perturbations stochastiques ainsi introduites sur les fréquences et transitions des régimes de temps hivernaux sur l'Atlantique Nord.

# **Modélisation de la variabilité saisonnière à interannuelle de la glace de mer Arctique : prévisions « rétrospectives » à l'aide du modèle couplé CNRM-CM5.1**

*Matthieu Chevallier, David Salas Y Mélia, Aurore Volodkoire, Michel Déqué (CNRM-GAME), Emilia Sanchez-Gomez (CERFACS), Gilles Garric (Mercator-Océan)*

Orateur: Matthieu Chevallier

exposé

Le recul accéléré de la couverture de glace de mer de l'océan Arctique entraîne un regain d'intérêt pour l'étude de sa prévisibilité à l'échelle saisonnière. Les applications potentielles sont nombreuses : navigabilité de certaines voies maritimes, libération des eaux d'un port, accessibilité des ressources halieutiques, cynégétiques et potentiellement énergétiques. La prévision du minimum d'étendue estival (en septembre) à l'aide d'un modèle nécessite une bonne estimation du volume de glace, mais aussi de la variabilité du forçage atmosphérique durant l'été. Ces deux paramètres se sont avérés décisifs dans la survenue ou non des records d'englacement des cinq dernières années. Durant l'hiver, la variabilité de la position du bord de glace est déterminée par les grandes structures atmosphériques (AO/NAO) ainsi que les flux océaniques en provenance de l'Atlantique et du Pacifique. Il est donc crucial de bien modéliser les rétroactions entre la glace de mer et l'océan ou l'atmosphère, et bien capturer la variabilité de ces deux milieux.

Le modèle couplé CNRM-CM5.1 est utilisé pour des expériences de prévision "rétrpectives" (ou « hindcast ») de la couverture de glace de mer Arctique sur la période 1990-2008. La configuration retenue est au plus proche de la version utilisée pour les simulations climatiques du projet CMIP5 (préparation du 5e rapport du GIEC). Notre but est de vérifier que la variabilité simulée par le modèle de prévision est comparable à la variabilité observée de la couverture de glace de mer Arctique. Pour initialiser l'océan et la glace de mer, nous utilisons une réanalyse réalisée avec le modèle NEMO3.2-Gelato5 (composante océanique de CNRM-CM5.1) forcé par ERA interim. Le modèle simule correctement la variabilité de l'englacement Arctique (étendue et volume) des 20 dernières années en toute saison, ce qui rend possible l'initialisation du système de prévision avec des anomalies d'englacement réaliste.

Les expériences sont initialisées au 1er mai, 1er août et 1er novembre pour les prévisions de la couverture de glace Arctique de septembre, décembre et mars. Un biais systématique est visible dans l'englacement de septembre. Nous attribuons ce biais au schéma radiatif du modèle d'atmosphère, notamment à une mauvaise représentation de la couverture nuageuse en Arctique. Néanmoins, la qualité de la variabilité simulée du volume de glace de mer permet à l'anomalie de surface de glace de mer Arctique de septembre d'être bien prévisible. Les performances du système sont également très bonnes pour la prévision de l'englacement de mars. Ceci est notamment dû à une bonne représentation par le modèle des interactions couplées océan-glace-atmosphère à l'oeuvre dans les mers nordiques. Des tests de sensibilité sont actuellement en cours sur l'impact de certaines paramétrisations physiques sur la prévisibilité mise en évidence dans cette étude.

# Paramétrisation des courants de densité, humidité et ondes de gravité.

*Jean-Yves Grandpeix (LMD) et Jean-Philippe Lafore (CNRM-GAME)*

Orateur: Jean-Yves Grandpeix

exposé

Dans le modèle de climat IPSL-CM5B, la convection profonde, représentée par une version modifiée du schéma d'Emanuel (1991), est gouvernée par les processus sous-nuageux via l'énergie de soulèvement ALE (fournissant le déclenchement) et la puissance de soulèvement(fournissant l'intensité convective). Une fois la convection profonde initiée, une part importante du soulèvement provient des courants de densité induits par l'évaporation des précipitations convectives. L'extension verticale des courants de gravité est limitée par les ondes de gravité, lesquelles tendent à uniformiser horizontalement les températures. Ceci est pris en compte dans la paramétrisation (Grandpeix et Lafore, 2010) via un terme d'amortissement (proportionnel à l'altitude) dans l'équation de l'écart de température entre l'intérieur et l'exterieur des poches froides. Cependant, cette uniformisation des températures étant liées à des déplacements verticaux, elle est accompagnée aussi d'une modification des humidités. Comme le gradient vertical d'humidité spécifique est en général opposé au gradient de température potentielle, les ondes de gravité tendent à renforcer l'hétérogénéité horizontale de l'humidité. L'effet des ondes de gravité sur l'écart d'humidité entre l'intérieur et l'extérieur des poches n'est pas pris en compte dans la publication originale (Grandpeix et Lafore, 2010) ni dans le modèle LMDZ5 utilisé dans IPSL-CM5B. Nous présenterons l'effet de la prise en compte de ce processus dans divers cas 1D océaniques et continentaux ainsi que dans des simulations globales. Les premiers essais montrent une diminution du biais humide présenté par la configuration 1D de LMDZ5 entre 800 hPa et 600 hPa dans le cas des quatre mois de Toga-Coare. L'analyse des mecanismes entrant en jeux et l'examen d'autres cas est en cours.

# **Simulations des climats de l'Holocène Moyen et du Dernier Maximum Glaciaire and Last Glacial Maximum avec le modèle de l'IPSL : nouveautés de la version IPSL-CM5A**

*Masa Kageyama a, Pascale Braconnot a, Laurent Bopp a, Arnaud Caubel a, Marie-Alice Foujols b, Eric Guilyardi c, Myriam Khodri c, James Lloyd c, Fabien Lombard d, Véronique Mariotti a, Olivier Marti a, Tilla Roy a, Marie-Noelle Woillez a*

*a LSCE/IPSL, UMR CEA-CNRS-UVSQ 8212, CE Saclay, L'Orme des Merisiers, Bâtiment 701, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France*

*b Institut Pierre-Simon Laplace, Case 101, UPMC, 4 place Jussieu 75252 Paris cedex 5, France*

*c LOCEAN/IPSL, Boîte 100 - 4, place Jussieu 75252 PARIS Cedex 05, France*

*d Laboratoire d'Océanographie Physique et Biogéochimique (LOPB), Université de la Méditerranée (Aix-Marseille II) , France*

Orateur: Masa Kageyama

exposé

## **Plateforme de modélisation de l'IPSL : présentation et résultats récents**

*Marie-Alice Foujols (IPSL), Jean-Louis Dufresne (LMD/IPSL) et tout le pôle de modélisation du climat*

Orateur: Marie-Alice Foujols

exposé

Nous présenterons rapidement la plate-forme de modélisation de l'IPSL, son environnement d'exécution et les simulations réalisées avec pendant l'exercice CMIP5. Cette plateforme tourne actuellement en production quotidienne sur les 2 centres de calcul GENCI : CCRT et IDRIS et sur leurs 4 machines. Cette plateforme peut tourner sur tous les centres de calcul disponibles à condition d'y trouver les logiciels et les ressources nécessaires (calcul, stockage, serveurs). Nous insisterons sur le dimensionnement des ressources informatiques utilisées.

---