

Compte rendu de l'atelier LEFE/IMAGO

Dynamique de l'ITCZ et processus associés

Date de l'atelier : 1-2 Juin 2016

Lieu de l'atelier : LEGOS-Toulouse

Objectif de l'atelier : L'une des finalités du programme IMAGO est de faciliter les études sur les interactions entre les différentes composantes du système climatique par des approches intégrées visant à mieux observer, simuler et comprendre, de l'échelle globale à locale, les fluctuations de l'atmosphère, de la surface continentale et du milieu marin, sur des échelles de temps allant de l'heure au plurimillénaire.

Les journées LEFE-IMAGO2016 ont été consacrées à l'état de l'art sur la variabilité de la zone de convergence inter-tropicale (ITCZ) et les processus associés. L'objectif était d'aborder de façon multidisciplinaire les interactions entre climat global et ITCZ en contexte actuel et paléoclimatique (lorsque les conditions aux limites sont différentes des conditions actuelles), les études de processus multi-échelles dans l'océan et l'atmosphère en relation avec l'ITCZ, et la compréhension des couplages atmosphère-océan-continent aux basses latitudes qui est la clé de l'amélioration de la représentation des régimes de précipitation (position et intensité) dans les modèles climatiques (OAGCM) pour les projections du cycle hydrologique futur.

Ces journées ont été organisées autour de présentations orales et de talk invités autour de 4 sessions :

- Session 1 : Processus atmosphériques en lien avec l'ITCZ
- Session 2 : Dynamique et variabilité de l'ITCZ en contexte paléoclimatique
- Session 3 : Processus océaniques en lien avec l'ITCZ
- Session 4 : Dynamique et variabilité de l'ITCZ en contexte climatique actuel

Le programme, la liste des abstracts ainsi que les présentations sont accessibles à l'adresse suivante :

[journees-lefe-imago-itcz-juin-2016](http://www.legos.cnrs.fr/~lefe/lefe-imago-itcz-juin-2016)

Session 1 : Processus atmosphérique en lien avec l'ITCZ

La session a regroupé 8 présentations dont 2 présentations invitées qui ont essentiellement porté sur la convection tropicale. La première rappelle l'importance de mieux décrire et comprendre les systèmes convectifs à méso-échelle (e.g., déclenchement, entretien) pour satisfaire divers enjeux scientifiques : mieux contraindre/quantifier les bilans d'eau et d'énergie, améliorer les prévisions des événements extrêmes ou encore raffiner les études de sensibilité climatique. La seconde présentation invitée se concentre sur la représentation de la cyclogenèse tropicale dans les GCMs, sur les mécanismes d'initiation et leur lien avec les phénomènes de grande échelle comme la MJO. Un algorithme de suivi de dépressions tropicales permet de comparer les sorties de modèle avec les réanalyses et d'étudier la dépendance au schéma de convection.

Deux approches à partir de modélisation idéalisée sont exposées mais ayant des objectifs assez différents. L'une étudie avec un GCM simplifié la partie liée à la dynamique sèche dans la propagation des ondes de Kelvin et la modification qu'opèrent les processus humides dans cette propagation. L'autre montre qu'une modélisation 2D (verticale et méridienne) du modèle Meso-NH de la mousson africaine est suffisante pour représenter son cycle annuel et ses propriétés générales. Elle montre notamment que le couplage nuage-rayonnement permet de mieux comprendre le déplacement vers le nord de l'ITCZ.

Des études de cas sont montrées. La première concerne une tempête tropicale dans l'Océan Indien en lien avec la MJO et l'étude de sa formation à partir de simulations Meso-NH. L'autre porte sur un événement fortement précipitant en Afrique de l'Ouest en lien avec une onde d'Est africaine, la présence initiale d'un tourbillon chaud et humide et l'interaction de diverses ondes venant des tropiques et des moyennes latitudes

Enfin, deux études se concentrent sur des climatologies à partir de données satellites et de réanalyses. L'une porte sur les systèmes convectifs de méso-échelle dans le Pacifique Est tropical. L'étude montre que les régimes principaux de vents zonaux de la région déterminent la durée et la structure des systèmes convectifs ainsi que la structure spatiale de l'ITCZ. L'autre concerne les ondes d'Est africaines et l'intérêt de faire des bilans (humidité, chaleur, quantité de mouvement) pour comparer à des sorties de modèles et faire l'estimation de leur biais.

Les différentes discussions qui clôturent cette session portent sur les mécanismes : les rôles distincts de la dynamique sèche et des processus humides, sur les mécanismes d'initiation et de maintien de la convection mais aussi sur l'optimisation de l'utilisation des divers jeux de données, notamment satellitaires.

Session 2 : Dynamique et variabilité de l'ITCZ en contexte paléoclimatique

Cette session était composée de 9 présentations dont 2 présentations invitées. Les 2 présentations invitées ont permis de proposer un aperçu des différents archives/proxies paléoclimatiques utilisés pour les reconstitutions de la variabilité climatique aux basses latitudes. Les présentations se sont concentrées sur l'étude de la variabilité climatique dans la zone du Pacifique Est tropical et le Nord de l'Amérique du Sud. Les études en milieu océanique montrent que la reconstitution de paramètres climatiques (température, salinité) dans des zones clés des tropiques permet de tracer des

migrations latitudinales de l'ITCZ sur différentes échelles de temps (décennales, centennales, et millénaires) en lien avec des forçages extra-tropicaux. En milieu continental, les reconstitutions paléo-environnementales sont fortement contrôlées par des facteurs climatiques locaux/régionaux. Ces études nécessitent la comparaison de plusieurs archives paléo-climatiques (enregistrement de végétation des tourbes, sédiments lacustres, spéléothèmes) pour identifier les tendances climatiques observées dans la zone tropicale.

Une présentation a porté sur les résultats de simulations paléoclimatiques à l'aide de modèles globaux réalisées dans le cadre de PMIP. Ces résultats vont pouvoir être comparés à des données paléo-climatiques et permettent de proposer des processus liés à la variabilité climatique tropicale (notamment les interférences ITCZ/ENSO). Ce travail montre l'importance de faire « tourner » les modèles avec des conditions différentes de l'actuel pour *in fine* contribuer à la validation des modèles climatiques.

En milieu océanique, des études détaillées de la variabilité hydrologique (en terme de température et salinité des eaux de surface) reconstituée à partir de l'analyse géochimique de coraux fossiles (échelle décennale) montrent des tendances associées à la variabilité de la SPCZ dans le Pacifique (qui fait l'objet de nombreux travaux, cf. session 3).

Une étude portant sur la reconstitution de la température des eaux de surface dans le Pacifique Ouest tropical (Warm pool) à partir d'une carotte marine montre comment cette zone peut être utilisée pour estimer le forçage radiatif sur la température et donc en déduite la sensibilité climatique.

Une étude de cas a porté ensuite sur l'utilisation de la mesure des propriétés magnétiques et minéralogiques de carottes sédimentaires prélevées en Mer de Chine du Sud pour en déduire les apports détritiques à l'océan en lien avec l'intensité de la mousson du sud-est asiatique à l'échelle des derniers cycles glaciaires/interglaciaires.

Deux présentations ont ensuite porté sur des reconstitutions des conditions climatiques continentales en Amérique du Sud à partir d'archives sédimentaires lacustres et de spéléothèmes pour la période des 2 derniers millénaires.

La session s'est terminée par une discussion générale soulignant le nombre important d'études paléoclimatiques pour la zone tropicale. Un effort de synthèse des données existantes pourrait conduire à montrer des tendances de la variabilité tropicale pour des périodes clés de l'Holocène (les derniers 10000 ans) et les périodes récentes (dernier siècle) (lorsque les données instrumentales manquent) (exercice du type PAGES 2K pour les tropiques?). L'utilité de la comparaison des proxy/archives pour des sites d'étude proches (pour prendre en compte les biais suivant l'archive paléoclimatique utilisée) ainsi que la continuité des efforts engagés sur la calibration des proxy pour l'obtention de reconstitutions quantitative (en terme de température, salinité, précipitation, ...) sont également discutés. Enfin, l'importance du lien entre données/ modèles climatiques a été abordée. Ce lien est à développer en prenant en compte les modèles climatiques régionaux qui permettraient de cibler des sites d'étude ou encore les modèles intégrant des proxy (tels que la composition isotopique de l'oxygène par exemple) pour affiner les comparaisons données/modèles.

Session 3 : Processus océaniques en lien avec l'ITCZ

La session a regroupé 7 présentations dont 2 présentations invitées ont animé cette session. La première présentation invitée, davantage en lien avec la session 4, se concentre sur la SPCZ et son rôle dans le climat global et régional notamment pour la variabilité interannuelle de type ENSO et la formation de cyclones dans la région du Pacifique sud-ouest. Sa position et son extension varient aux échelles interannuelles. Dans le contexte du changement climatique l'analyse des simulations CMIP montre que la fréquence des événements extrêmes va s'accroître. Elle est associée à une SPCZ zonale avec pour conséquence une modification du régime des pluies dans le Pacifique tropical. La SPCZ étant un élément clé de la dynamique ENSO, il est crucial que les modèles couplés puissent bien la représenter. Or ceux-ci présentent de larges biais quant à la restitution de la SPCZ. Une simulation couplée régionale réduisant les biais de la SPCZ permet d'appréhender la robustesse des diagnostics à partir des modèles de type CMIP.

La seconde présentation invitée s'intéresse à la dynamique de la « fresh pool » du Pacifique est au large du Panama. C'est une région de forte précipitation qui se traduit par les plus faibles valeurs de Salinité de Surface (SSS). Elle se traduit par une très forte variabilité saisonnière de la SSS associée à la migration de l'ITCZ, aux interactions entre la circulation atmosphérique et le continent avec notamment la présence de « gap winds » générateur d'un pompage d'Ekman à même de faire remonter les eaux salées de subsurface et détruire cet « fresh pool » en hiver. L'advection zonale explique une grande part de la variabilité interannuelle de la « fresh pool ». Cette présentation met en avant les observations in situ du SO SSS, ainsi que les mesures satellites SMOS. Elle introduit la présentation suivante qui va décrire l'expérience SPURS2 dans la région de la « fresh pool ». SPURS2 vise à appréhender les processus fines échelles et les échanges à la surface qui gouvernent la salinité dans une région dominée par les précipitations, l'objectif étant de voir comment le flux d'eau douce se distribue au sein de l'océan et quelles rétroactions opèrent la SSS sur l'atmosphère. Un focus présente la variabilité intrasaisonnière de la SSS associée à la propagation de tourbillons.

Une présentation s'intéresse à la dynamique des modes de variabilité interannuelle dans l'Atlantique tropical en lien avec l'ITCZ à partir d'une simulation forcée.

La majorité des présentations s'intéressent à la signature de la Salinité de Surface (SSS) en lien avec les zones de fortes précipitations associées aux zones de convergence. La SSS est à la fois sensible aux flux d'eau douce, au flux de quantité de mouvement et à la dynamique océanique. Les relations entre la SSS et les zones de convergence sont analysées pour l'ITCZ de l'Atlantique et du Pacifique ainsi que pour la SPCZ en considérant l'état moyen et les variabilités saisonnière, interannuelle ainsi que les tendances climatiques. Le minimum de SSS s'avère décalé de 2° par rapport à l'ITCZ du au transport d'Ekman et dans le Pacifique sud-ouest la variabilité saisonnière de la SSS est en opposition de phase avec l'ITCZ.

Une présentation fait l'état de l'art de la mission satellite SMOS pour l'observation de la salinité de surface. Elle montre comment les observations SSS sont capables de rendre compte de la variabilité des précipitations mesurées par les radars à différentes échelles de temps.

La session se termine par une réflexion et une discussion autour du programme TPOS2020 pour un nouveau système d'observation du Pacifique tropical et de son importance pour rendre compte des zones de convergence.

Session 4 : Dynamique et variabilité de l'ITCZ en contexte climatique actuel

La session contient 5 présentations dont 2 invitées. La première présentation invitée évoque d'abord les contraintes énergétiques qui déterminent la position de l'ITCZ. La seconde partie montre la réponse de l'atmosphère à divers changements de la circulation méridienne océanique Atlantique. Bien que l'ITCZ dépende de contraintes énergétiques connues, il est difficile de prévoir sa réponse à différents changements du fait des rétroactions multiples notamment radiatives.

Deux présentations s'attachent à comprendre la formation de biais dans des simulations climatiques CMIP5. La première concerne la mousson indienne d'été à partir d'un modèle couplé semi-global centré sur l'équateur, les améliorations possibles portent sur l'albédo, la fraction nuageuse convective et la résolution. La seconde étude concerne les biais de vent dans l'Atlantique équatorial qui en partie implique des biais de remontée d'eau froide dans la même région dans le modèle couplé. L'approche Transpose-AMIP, qui consiste à faire tourner le modèle atmosphérique sur quelques jours, est adoptée pour identifier la formation des biais de vents qui s'avèrent être étroitement liés aux biais de précipitation.

Une autre étude s'intéresse à l'évolution des alizés du Pacifique tropical durant les deux dernières décennies et leur impact sur les circulations océanique et atmosphérique à partir d'expériences numériques du modèle couplé IPSL. L'augmentation des alizés a tendance à augmenter les contrastes zonaux dans le Pacifique et à renforcer la cellule de Walker.

Enfin, la dernière présentation invitée concerne le phénomène ENSO et son lien avec l'ITCZ. L'importance des coups de vent d'ouest dans l'initiation des événements EL-Nino est discutée, notamment en relation avec le dernier El-Nino extrême 2015-2016.

La session se termine par des discussions sur la double ITCZ dont l'origine serait d'abord atmosphérique puisque ce biais apparaît dans les runs AMIP mais serait renforcé par la dynamique océanique. Un autre aspect discuté concerne la SPCZ, son orientation, son extension trop zonale dans les modèles et sa dépendance vis à vis des moyennes latitudes. Enfin, l'impact du cycle diurne sur les échelles de temps plus longues est évoqué.

Discussion générale :

La discussion générale de l'atelier concerne l'identification de questions communes aux diverses communautés IMAGO (paléoclimatologue, atmosphériciens, océanographes, ...) autour de cette thématique de l'ITCZ et éventuellement les bénéfices qu'on pourrait tirer sous forme de projets communs. La question de la SPCZ et de sa représentation dans les modèles est revenue comme un des thèmes communs pouvant faire interagir les diverses communautés IMAGO. Enfin, l'atelier s'est conclu sur les animations IMAGO pouvant émerger à l'avenir et des différentes améliorations possibles par rapport au format actuel.