



université PARIS-SACLAY

## « RELATION CONVECTION-ENVIRONNEMENT DANS LA TROPOSPHÈRE TROPICALE » PAR THOMAS GAROT

**Discipline : météorologie, océanographie, physique de l'environnement /  
Laboratoire de recherche LATMOS - Laboratoire Atmosphères, Milieux,  
Observations Spatiales**

### **Résumé :**

La complexité du climat de la Terre repose en grande partie sur le cycle de l'eau et ses variations, à toutes les échelles. Dans la bande inter-tropicale, l'eau atmosphérique (liquide ou vapeur) est un paramètre clef: elle intervient sous toutes ses formes dans le cycle de vie des systèmes convectifs précipitants qui régulent le climat des zones tropicales et jouent un rôle essentiel dans l'économie des pays concernés. Près de 60% des précipitations globales ont ainsi lieu dans les régions tropicales, avec un rythme d'alternance extrêmes entre sécheresses et régimes de mousson. La compréhension du cycle de l'eau atmosphérique et des mécanismes de sa variabilité à l'échelle globale passe notamment par l'utilisation d'observations satellites (imageurs & sondeurs) qui sont les seules à offrir cette couverture qui permettent d'avoir une vision globale de sa distribution. L'observation conjointe des précipitations et de la vapeur d'eau

atmosphérique est un atout indéniable pour l'étude des relations entre la convection tropicale et l'environnement humide des systèmes. Le satellite franco-indien Megha-Tropiques, lancé à l'automne 2011, offre l'opportunité d'étudier ces deux grandeurs via les deux radiomètres microondes SAPHIR (sondeur "vapeur d'eau") et MADRAS (imageur "pluie") et fournit ainsi pour la première fois des observations simultanées de l'humidité relative et de la pluie. Une première partie de la thèse consiste en l'étude des relations entre la couverture nuageuse et la distribution de l'humidité relative dans la haute troposphère à grande échelle, à partir des données d'humidité (UTH ; Upper Tropospheric Humidity) de SAPHIR et les classifications nuageuses issues de satellites géostationnaires projetés dans les pixels de SAPHIR. Pour cela, des corrélations entre les moments d'ordre supérieur de la distribution de l'humidité (moyenne, mode, kurtosis, skewness) et l'occurrence de catégories nuageuses (nuages hauts convectifs, moyens, bas, cirrus, fractionnaires et ciel clair) sont calculés et analysés. Cette méthodologie est utilisée pour deux zones géographiques et pour deux processus convectifs : Au dessus de l'Océan Indien, durant les épisodes de MJO (Oscillation de Madden-Julian) entre 2011 et 2014 ; et au dessus du Sahel, durant les épisodes de mousson africaine entre 2012 et 2015. La seconde partie de la thèse consiste en l'étude de l'impact d'un cyclone sur son environnement humide proche au cours de son cycle de vie. Pour cela, un cas d'étude a été sélectionné (Typhon Bopha en 2012 dans l'océan Pacifique) et un modèle diagnostique a été développé à partir des observations conjointes de SAPHIR et MADRAS et les données du centre européen (ERA-Interim). Ce modèle permet d'étudier la production/consommation d'humidité et de chaleur latente, dans le coeur du cyclone ainsi que dans son environnement à chaque passage de Megha-Tropiques au dessus du typhon. La thèse est donc composée de deux parties différentes. La première partie s'inscrit à grande échelle tant au niveau des zones d'étude (Océan indien et Sahel), de la période de temps considérée (4 ans) que de l'activité convective (ensemble de plusieurs systèmes convectifs), l'approche est eulérienne et la méthodologie est statistique. La seconde partie s'inscrit à l'échelle synoptique sur une période de temps courte (12 jours), l'approche est lagrangienne et la méthodologie est physique. Ces deux approches complémentaires, permettent de mieux comprendre les relations entre la convection et l'environnement humide des systèmes.

### **Abstract:**

The complexity of the climate is largely based on the water cycle and its variations at all scales. In the inter-tropical belt, atmospheric water (liquid or vapor) is a key parameter: it plays an important role in the life cycle of convective systems that regulate the climate of the tropics and are essential in the economy of the concerned countries. Nearly 60% of global precipitation take place in the tropics, with a rhythm of alternating droughts and

extreme monsoon patterns. The understanding of the atmospheric water cycle and mechanisms of variability on a global scale need the use of satellite observations, which are the only ones to offer this coverage that allow to have a global vision of its distribution. The joint observation of precipitation and atmospheric water vapor is an undeniable asset for the study of relationships between tropical convection and the moist environment of the systems. The Indo-French satellite Megha-Tropiques, launched in October, 2011, offers the opportunity to study these two values according to two microwave radiometers SAPHIR and MADRAS and thus provides for the first time simultaneous observations of relative humidity and rain. The first part of the thesis is the study of relationships between cloud cover and distribution of relative humidity in the upper troposphere, from the humidity data (UTH; Upper Tropospheric Humidity) of SAPHIR and cloud classifications from geostationary satellites projected in the pixels of SAPHIR. For this, correlations between higher order moments of the moisture distribution (mean, mode, kurtosis, skewness) and the occurrence of cloud class (convective high clouds, medium, low, cirrus, fractional and clear sky) are computed and analyzed. This methodology is used for both geographic areas and two convective processes: Above the Indian Ocean, during episodes of MJO (Madden-Julian Oscillation) between 2011 and 2014; and over the Sahel, during episodes of African monsoon between 2012 and 2015. The second part of the thesis is the study of the impact of a hurricane on its closest moist environment during its life cycle. For this, a case study was selected (Typhoon Bopha in 2012 in the Pacific Ocean) and a diagnostic model was developed from the joint data of SAPHIR and MADRAS and data from the European Centre (ERA-Interim). This model allows to study the production / consumption of moisture and latent heat in the inner-core of the typhoon and in its environment at each overpass of Megha-Tropiques above the typhon. The thesis is composed of two different parts. The first part comes to large scale at both study areas (Indian Ocean and Sahel), the time period considered (4 years) of convective activity (several convective systems), the approach is Eulerian and the methodology is statistical. The second part enrolled at the synoptic scale over a short period of time (12 days), the approach is Lagrangian and the methodology is physical. These two complementary approaches, provide insight into the relationship between convection and the moist environment of the systems.

## INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

**Mme Hélène BROGNIEZ**, Maître de conférences, université de Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines - Directeur de these

**M. Nicolas VILTARD**, Chargé de recherche, CNRS - CoDirecteur de these

**M. Frank ROUX**, Professeur des universités, Université Paul Sabatier - Rapporteur

**M. Arona DIEDHIOU**, Directeur de recherche, Institut de Recherche et Développement (IRD) - Rapporteur

**Mme Dominique BOUNIOL**, Chargé de recherche, Centre National de Recherche Météorologique / Météo-France / CNRS - Examineur

**M. Jean-François MAHFOUF**, Directeur de recherche, Centre National de Recherche Météorologique / Météo-France - Examineur

**M. Cyril SZOPA**, Professeur, université de Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines - Examineur

**Contact :** DREDVAL - Service FED : [theses@uvsq.fr](mailto:theses@uvsq.fr)