

## ONDES EST AFRICAINES ET ACTIVITE ANTICYCLONIQUE SUR L'ATLANTIQUE : ETUDE COMPOSITE ET ETUDE DE CAS

Moctar CAMARA (1, 2), Arona DIEDHIOU (1), Amadou GAYE (2),  
Henri LAURENT (1) et Thierry LEBEL (1)

(1) LTHE/INPG, Grenoble, FRANCE (2) LPA-SF, ESP-UCAD, Dakar-Fann, Sénégal

### 1. Introduction

Les Ondes d'Est Africaines (OEA) sont une caractéristique importante du climat Ouest Africain et de l'Atlantique tropical. Les OEA se propagent vers l'ouest avec une période de 3-5 jours et sont générées par une instabilité combinée barotrope- barocline du Jet d'Est Africain (Burpee, 1972). Elles modulent la pluviométrie journalière en Afrique et servent de précurseurs à la plupart des cyclones de l'Atlantique Nord (Burpee 1972; Avila et Pasch 1992). Bien que le nombre d'OEA soit presque constant d'une année à l'autre, le pourcentage d'OEA qui génèrent des cyclones présente une forte variabilité interannuelle (Avila et al 2000).

Le principal sujet examiné dans cette étude est la mise en évidence des différences entre les OEA associées à des cyclones et celles non associées à des cyclones à l'échelle intra saisonnière.

### 2. Données et méthodes

Les données utilisées dans cette étude sont les réanalyses du NCEP/NCAR, le rayonnement ondes longues sortant au sommet de l'atmosphère (appelé OLR en Anglais) et les archives du centre américain des ouragans (NHC) qui résumant les dates d'occurrence et les trajectoires des cyclones.

Dans cette étude, seuls les cyclones qui sont nés au large des côtes ouest Africains (Est de 40°W) et associées à des OEA sont considérées en vue d'étudier l'influence du climat Ouest Africain sur l'activité cyclonique dans l'Atlantique Nord à l'échelle intra saisonnière.

Les caractéristiques de ces OEA sont comparées à celles des OEA qui ne sont pas associées à des cyclones. Dans chaque cas, une moyenne de 48 OEA est considérée.

### 3. Etude composite

Dans le but d'étudier les zones d'instabilités combinées barotropes- baroclines pour les OEA associées ou non à des cyclones, le gradient méridien de tourbillon potentiel (PV) à 315K a été calculé. Burpee (1972) a trouvé que le gradient méridien du PV d'Ertel change de signe en Afrique vers 700 hPa. Ce changement de signe satisfait aux conditions nécessaires d'instabilité du flux moyen (Charney et Stern 1962) ; les zones négatives de gradient méridien de PV ( $\partial PV/\partial y$ ) sont favorables au développement et à la croissance des OEA (Lau and Lau 1990).

Notre étude montre que les OEA avec cyclones sont associées aux plus fortes valeurs négatives de  $\partial PV/\partial y$  (Figure 1). Ces fortes valeurs s'étendent plus loin sur l'Atlantique Nord suggérant que les OEA associées à des cyclones sont plus actives que celles non associées à des cyclones. Ce résultat est cohérent avec les études de Landsea et Gray (1992) qui ont émis l'hypothèse qu'à l'échelle inter-annuelle une forte activité cyclonique est associée à la propagation du continent vers l'océan de puissantes OEA.

Sur le plan thermodynamique, le potentiel de convection (PC) utilisée par Gray (1968) pour mettre en évidence les paramètres qui sont associées à la cyclogenèse dans l'Atlantique Nord est diagnostiqué. Le PC est la différence entre la température potentielle équivalente à 1000 hPa et celle à 500 hPa. De fortes valeurs de PC sont notées dans le cas des OEAs associées à des cyclones. En faisant la différence entre les OEAs associées ou non à des cyclones (Figure 2), on note la présence d'un axe positif de PC vers 15°N qui s'étend sur l'Atlantique Nord suggérant que l'atmosphère est plus instable dans le cas des OEAs avec cyclones. Ce positionnement de l'axe positif de PC plus au Nord correspond à une pénétration plus profonde du flux de mousson qui reste aussi plus fort dans le cas des OEAs avec cyclones. Ce résultat est cohérent avec ceux de Newell et Kidson (1984) qui suggèrent que la phase humide du flux de mousson est accompagnée d'une forte activité ondulatoire. L'OLR montre de faibles valeurs pour les OEAs avec cyclones suggérant la présence d'une zone de convergence intertropicale (ZCIT) plus forte et plus profond sur l'Afrique et l'Atlantique Est.

#### **4. Conclusion**

Les précédentes études ont montré que le lien entre le nombre d'OEAs et l'activité cyclonique n'est pas assez satisfaisant pour expliquer toute la variabilité de l'activité cyclonique dans l'Atlantique Nord (Thorncroft et Hodges 2001). L'objectif de cette étude était de comprendre les principales différences entre les OEAs associées ou non à des cyclones.

Les OEAs associées à des cyclones présentent de fortes valeurs négatives de  $\partial PV/\partial y$  sur le continent et sur l'Atlantique Est suggérant que les OEAs sont plus actives dans le cas où elles sont associées à des cyclones. De fortes valeurs de PC sont aussi trouvées pour les OEAs avec cyclones traduisant le fait que l'atmosphère est plus instable dans ce cas-ci. Ce résultat est cohérent avec la présence d'un fort et profond flux de mousson sur l'Afrique et d'une forte convection au niveau de la ZCIT.

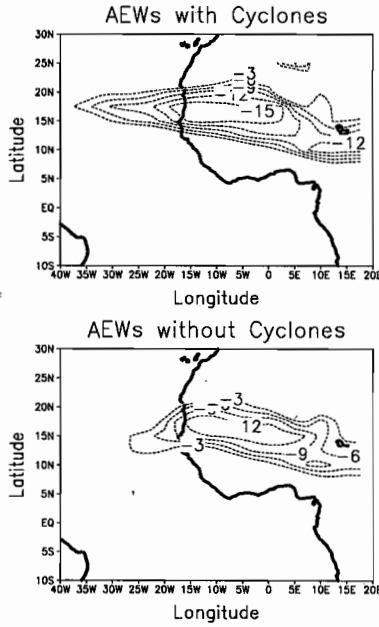
Un cas d'étude effectué avec des données de radiosondes a permis de confirmer les résultats de l'analyse composite.

#### **Références**

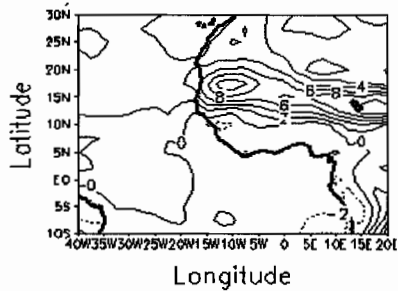
- Avila, L. A., R. J. Pasch, and J. Jiing, 2000 : Atlantic tropical systems of 1996 and 1997 : Years of contrasts. *Bull. Amer. Met. Soc.*, 128, 3695-3709.
- Avila, L. A., and R. J. Pasch, 1992 : Atlantic tropical systems of 1991. *Monthly Weather Review*, 120, 2688-2696.
- Burpee, R. W., 1972 : The origin and structure of easterly waves in the lower troposphere of north Africa. *J. Atmos. Sci.*, 29, pp.77-90
- Charney, J. G., and M. E. Stern, 1962: On the stability of internal baroclinic jets in a rotating atmosphere. *J. Atmos. Sci.*, 19, 159-172.
- Gray, W. M., 1968: Global view of the origin of tropical disturbances and storms. *Mon. Wea. Rev.*, 96, 669-700.
- Landsea, C.W., and W.M. Gray, 1992: The strong association between Western Sahelian monsoon rainfall and intense Atlantic hurricanes. *J. Climate*, 5, 435-453.
- Lau, K.-H., and N.-C. Lau, 1990: Observed structure and propagation characteristics of tropical cyclone summertime disturbances. *Mon. Wea. Rev.*, 118, 1888-1913.
- Newell, R.E., and J.W. Kidson, 1984 : African mean wind changes between Sahelian wet and dry periods. *J. Climate*, 4, 27-33.
- Thorncroft, C., and K. Hodges , 2001 : African Easterly Wave Variability and Its relationship to Atlantic TC Activity. *J. Climate*, 14, 1166-1179.

**Contact**

- (1) LTHE/INPG, BP 53, 38041, Grenoble Cedex 9, France
- (2) LPA-SF, ESP-UCAD, BP 5085, Dakar-Fann, Sénégal



**Figure 1:** Gradient méridien de tourbillon potentiel (PV) sur l'isentrope 315K pour les OEAs associées à des cyclones (haut) et pour les OEAs non associées à des cyclones (bas). L'unité est :  $10^{-14} \text{ K m s}^{-1} \text{ Kg}^{-1}$ .



**Figure 2:** Anomalie de Potentiel de Convection (OEAs associées à des cyclones – OEAs non associées à des cyclones). L'unité est le K.

# AFRICAN EASTERLY WAVES AND CYCLONIC ACTIVITY OVER THE EASTERN ATLANTIC : COMPOSITE AND CASE STUDIES

## 1. Introduction

African Easterly Waves (AEWs, hereinafter) are important features of the West African and tropical Atlantic ocean. AEWs propagate westward with a period of 3-5 days and are generated by a mixed baroclinic - barotropic instability of the African Easterly Jet (Burpee, 1972). They are known to both modulate the daily rainfall over West Africa and to initiate most tropical cyclones (TCs) over the North Atlantic (Burpee 1972; Avila and Pasch 1992). Although the number of AEWs in the tropical Atlantic is fairly constant from year to year, there is a substantial variability in the fraction of AEWs that develop into tropical cyclones (Avila and Pasch 2000).

The main subjects examined in this study are the differences over the African continent and the Eastern Atlantic between an AEW associated with a TC and an AEW not associated with a TC.

## 2. Data and methods

The data used in this study are the NCEP/NCAR daily reanalyses, Outgoing Longwave Radiation (OLR) data and the National Hurricane Center (NHC) Best Track archives which summarizes the dates of occurrence and tracks of North Atlantic TCs during the 1989-2003 period. and the NHC Best Track.

Only cyclones generated off the West African coast (East of 40°W) and associated with AEWs are considered in the aim to study West African climate features associated with North Atlantic cyclonic activity at intraseasonal timescale. The characteristics of these AEWs are compared to those of AEWs not associated with cyclones. In each case, an average of 48 AEWs is considered.

## 3. Composite study

With the aim of depicting the areas of barotropic and baroclinic instabilities for AEWs with and without cyclones, the meridional gradient of Potential Vorticity (PV) at 315K is computed. Burpee (1972) found that the Ertel meridional gradient of PV changes sign over Africa near 700 hPa. This sign reversal of meridional gradient of PV satisfies a necessary condition for instability of the mean flow (Charney and Stern 1962); areas where there is a negative meridional gradient of PV ( $\partial PV/\partial y$ ) are favorable to the growth of AEWs (Lau and Lau 1990).

Stronger negative values of  $\partial PV/\partial y$  are found for AEWs with cyclones (figure 1). These larger negative values are found to extend farther into the North Atlantic Ocean. Then AEWs associated with cyclones are more active than those not associated with cyclones. This result is consistent with the studies of Landsea and Gray (1992) who hypothesized that on an inter-annual time scale, strong cyclonic activity is associated with a propagation in the North Atlantic Ocean of a large number of AEWs with strong amplitude emanating from Africa.

From the point of view of thermodynamic, the Potential of convection (PC) used by Gray (1968) to study the parameters linked to the genesis of North Atlantic TCs is calculated. PC is the difference between the equivalent potential temperature at 1000 hPa (surface) and 500 hPa (mid-troposphere). The difference of PC between AEWs associated with and without cyclones shows an axis of maximum positive values along 15°N (figure 2). This axis extends well into the North Atlantic ocean, indicating that the atmosphere is more unstable for the cases of AEWs associated with cyclones. This northward shift in the peak in PC for AEWs with cyclones corresponds to a general northward shift in the monsoon trough. We verified that this greater instability is associated with the presence of a monsoon layer deeper in latitude and more intense in magnitude (figure not

shown). This is coherent with results of Newel and Kidson (1984) suggesting that intense AEWs are associated with a wetter monsoon phase. NOAA OLR data exhibit lower values over Africa for AEWs associated with cyclones suggesting deeper convection and a northward shift of the Inter Tropical Convergence Zone (not shown).

#### **4. Conclusion**

Previous studies showed that at inter annual timescale, the links between AEWs and North Atlantic TCs (number and activity) are not significant enough to explain all the variability of cyclonic activity over the North Atlantic Ocean (Thorncroft and Hodges 2001). The objective of this work was to understand what are the main differences between AEWs associated with cyclones and AEWs not associated with cyclones.

AEWs associated with cyclones are associated with the highest negative intensity of the meridional gradient of the PV over the continent and further over the North Atlantic Ocean. Highest values of potential of convection also are found for AEWs with cyclones indicating that the atmosphere is more unstable in this case. This is consistent with the existence of stronger convection and of a monsoon stronger and deeper in latitude.

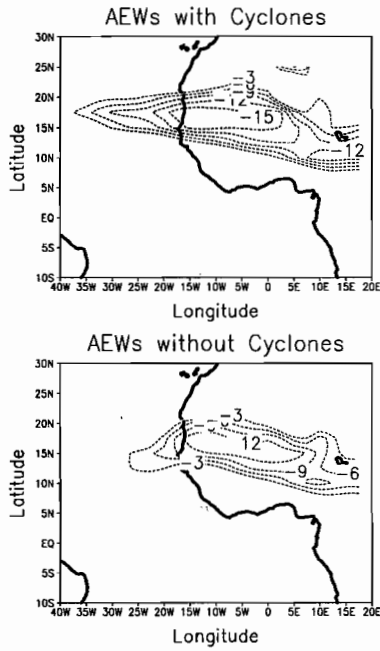
A Case study of the characteristics of an AEW associated with a cyclone and an AEW not associated with a cyclone confirms the composite study results.

#### **Références**

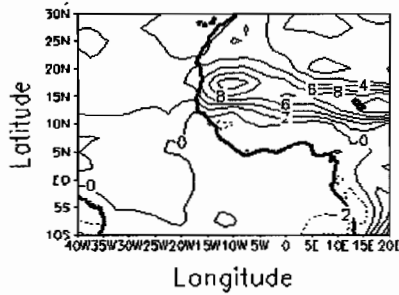
- Avila, L. A., R. J. Pasch, and J. Jiing, 2000: Atlantic tropical systems of 1996 and 1997 : Years of contrasts. *Bull. Amer. Met. Soc.*, 128, 3695-3709.
- Avila, L. A., and R. J. Pasch, 1992: Atlantic tropical systems of 1991. *Monthly Weather Review*, 120, 2688-2696.
- Burpee, R. W., 1972 : The origin and structure of easterly waves in the lower troposphere of north Africa. *J. Atmos. Sci.*, 29, pp.77-90
- Charney, J. G., and M. E. Stern, 1962: On the stability of internal baroclinic jets in a rotating atmosphere. *J. Atmos. Sci.*, 19, 159-172.
- Gray, W. M., 1968: Global view of the origin of tropical disturbances and storms. *Mon. Wea. Rev.*, 96, 669-700.
- Landsea, C.W., and W.M. Gray, 1992: The strong association between Western Sahelian monsoon rainfall and intense Atlantic hurricanes. *J. Climate*, 5, 435-453.
- Lau, K.-H., and N.-C. Lau, 1990 : Observed structure and propagation characteristics of tropical cyclone summertime disturbances. *Mon. Wea. Rev.*, 118, 1888-1913.
- Newell, RE., and JW. Kidson, 1984 : African mean wind changes between Sahelian wet and dry periods. *J. Climate*, 4, 27-33.
- Thorncroft, C., and K. Hodges , 2001 : African Easterly Wave Variability and Its relationship to Atlantic TC Activity. *J. Climate*, 14, 1166-1179.

#### **Contact**

- (1) LTHE/INPG, BP 53, 38041, Grenoble Cedex 9, France  
(2) LPA-SF, ESP-UCAD, BP 5085, Dakar-Fann, Sénégal



**Figure 1:** Meridional gradient of Potential Vorticity at 315-K isentropic surface for AEWs associated with cyclones (top) and for AEWs not associated with cyclones (bottom). Unit is :  $10^{-14} \text{ K m s}^{-1} \text{ Kg}^{-1}$ .



**Figure 2:** Anomaly of Potential of Convection (AEWs with cyclones – AEWs without cyclones). Unit is K.



**Afrikaanse Moesson Multidisciplinaire Analyse**  
**Afrikanske Monsun : Multidisplinaere Analyser**  
**Analisi Multidisciplinare per il Monsone Africano**  
**Analisis Multidisciplinar de los Monzones Africanos**  
**Afrikanischer Monsun : Multidisziplinäre Analysen**  
**Analyses Multidisciplinaires de la Mousson Africaine**

## **African Monsoon Multidisciplinary Analyses**

### **1<sup>st</sup> International Conference**

**Dakar, 28<sup>th</sup> November – 4<sup>th</sup> December 2005**

### **Extended abstracts**

Isabelle Genau, Sally Marsh, Jim McQuaid, Jean-Luc Redelsperger,  
Christopher Thorncroft and Elisabeth van den Akker (Editors)

AMMA International

**Conference organisation:**

Bernard Bourles, Amadou Gaye, Jim McQuaid, Elisabeth van den Akker

**English and French editing :**

Jean-Luc Redelsperger , Chris Thorncroft, Isabelle Genau

**Typesetting:**

Sally Marsh, Isabelle Genau, Elisabeth van den Akker

**Printing and binding:**

Corlet Numérique  
14110 Condé-sur-Noireau  
France  
numeric@corlet.fr

**Copyright** © AMMA International 2006

**AMMA International Project Office**

IPSL/UPMC  
Post Box 100  
4, Place Jussieu  
75252 PARIS cedex 5

Web : <http://www.amma-international.org/>

Email [amma.office@ipsl.jussieu.fr](mailto:amma.office@ipsl.jussieu.fr)

Tel. +33 (0) 1 44 27 48 66

Fax +33 (0) 1 44 27 49 93

All rights reserved.

**Back page photo:** (Françoise Guichard, Laurent Kergoat)

Convective wind system with aerosols, named "haboob", Hombori in Mali, West Africa.