

## **ANALYSE DES ONDES D'EST AFRICAINES ET SURVENANCE DES PLUIES DURANT LA CIRCULATION DE LA MOUSSON EN AFRIQUE DE L'OUEST**

**Edgard A. DANNOU<sup>1</sup>, Arnaud V.V. HOUETO<sup>2</sup>, Japhet D. KODJA<sup>3</sup>, Ernest AMOUSSOU<sup>3</sup>, Constant HOUNDENOU<sup>3</sup>, Expédit W. VISSIN<sup>3</sup>, Henri V.TOTIN<sup>3</sup>, NOUKPOZOUNKOU N. J.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar (ASECNA), 01 BP 96 Cotonou, Bénin, e-mail : [edgarrdd11@yahoo.fr](mailto:edgarrdd11@yahoo.fr)

<sup>2</sup>Laboratoire de Physique de l'Atmosphère, Université d'Abomey Calavi, Bénin, 01 BP 526

<sup>3</sup>Laboratoire Pierre PAGNEY, Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement (LACEEDE), 03 BP 1122 Cotonou, Bénin

<sup>4</sup>Agence Nationale de l'Aviation Civile du Bénin (ANAC), 08 BP 78 Cotonou, Bénin

Email : [huetovva@gmail.com](mailto:huetovva@gmail.com), [japhdom@gmail.com](mailto:japhdom@gmail.com), [ernestamoussou@gmail.com](mailto:ernestamoussou@gmail.com), [constant500@yahoo.fr](mailto:constant500@yahoo.fr), [exlaure@gmail.com](mailto:exlaure@gmail.com), [sourouhenri@yahoo.fr](mailto:sourouhenri@yahoo.fr), [justinnoukpozounkou@gmail.com](mailto:justinnoukpozounkou@gmail.com)

**Résumé :** Considérées comme étant des perturbations d'échelle synoptique, les ondes d'est Africaines sont responsables de la modulation de l'activité des précipitations de la Mousson en Afrique de l'Ouest. Cette étude vise à analyser les relations entre les ondes et les précipitations dans le but de approfondir la prévision des perturbations mobiles en Afrique de l'Ouest. Les cartes des anomalies du vent méridien, du diagramme de Hovmöller, de la divergence, du tourbillon potentiel, de l'humidité relative, de la vitesse verticale et des précipitations journalières réalisées sur l'Afrique de l'Ouest durant le mois de Mai 2018 montrent que ces ondes lors de leur propagation modulent tous les champs météorologiques. Il en résulte que les variations des hauteurs des précipitations sont liées à l'activité des ondes d'est africaines.

**Mots Clés :** Ondes d'Est Africaines, Mousson, Echelle Synoptique, Diagramme de Hovmöller.

### **Introduction**

Les ondes d'est Africaines constituent l'une des caractéristiques principales du climat de l'Afrique de l'Ouest en été. Diverses études ont été menées sur ces ondes. On peut citer entre autres celles de (Diedhiou et al., (2001) ; Leroux S. (2009) ; Lavaysse C et al., (2006) ; Fink et Reiner (2003) qui ont permis notamment de déterminer leurs caractéristiques cinématiques. La connaissance des systèmes précipitants et des mécanismes physiques qui en sont les causes s'avèrent nécessaires sinon indispensables. Les systèmes convectifs, en particulier les ondes d'est Africaines, constituent avec les phénomènes ondulatoires, les phénomènes météorologiques majeurs du climat de l'Afrique de l'Ouest à cause de leurs contributions aux précipitations de cette région.

Comprendre de tels systèmes météorologiques cohérents et se familiariser avec leur évolution sur une période de quelques jours aide à analyser et prévoir le temps.

### **1. Données et méthodes**

#### **1.1 Données**

Deux (02) types de données ont été utilisés. Il s'agit des données de réanalyses ERA- Interim de ECMWF (European Centre for Medium Range Weather Forecasts) et des données de précipitation TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) couvrant la période de Mai 2018. Les réanalyses utilisées dans ce travail sont disponibles sur une grille horizontale fine  $0.125^\circ \times 0.125^\circ$  ( $13,88 \text{ km}^2$ ) et sur cinq (5) niveaux de pression (925, 850, 700, 500, et 200 hPa).

## 1.2 Méthodes

La méthodologie a consisté d'abord à détecter toutes les ondes présentes sur notre période d'étude. Ensuite nous allons les confronter aux cartes des précipitations pour voir si oui ou non il existe vraiment des relations entre elles. Enfin, dans le cas échéant, nous allons analyser les autres paramètres (divergence, humidité relative, tourbillon potentiel et vitesse verticale) pour mieux comprendre ces relations. Nous avons aussi vérifié les caractéristiques de l'onde est à savoir : la vitesse de propagation, la longueur d'onde, et la période.

✓ **Détection des AEWs : Deux** moyens ont été simultanément utilisés pour détecter les AEWs dans cette étude. Il s'agit du diagramme de Hovmöller du vent méridien et les anomalies du vent méridien.

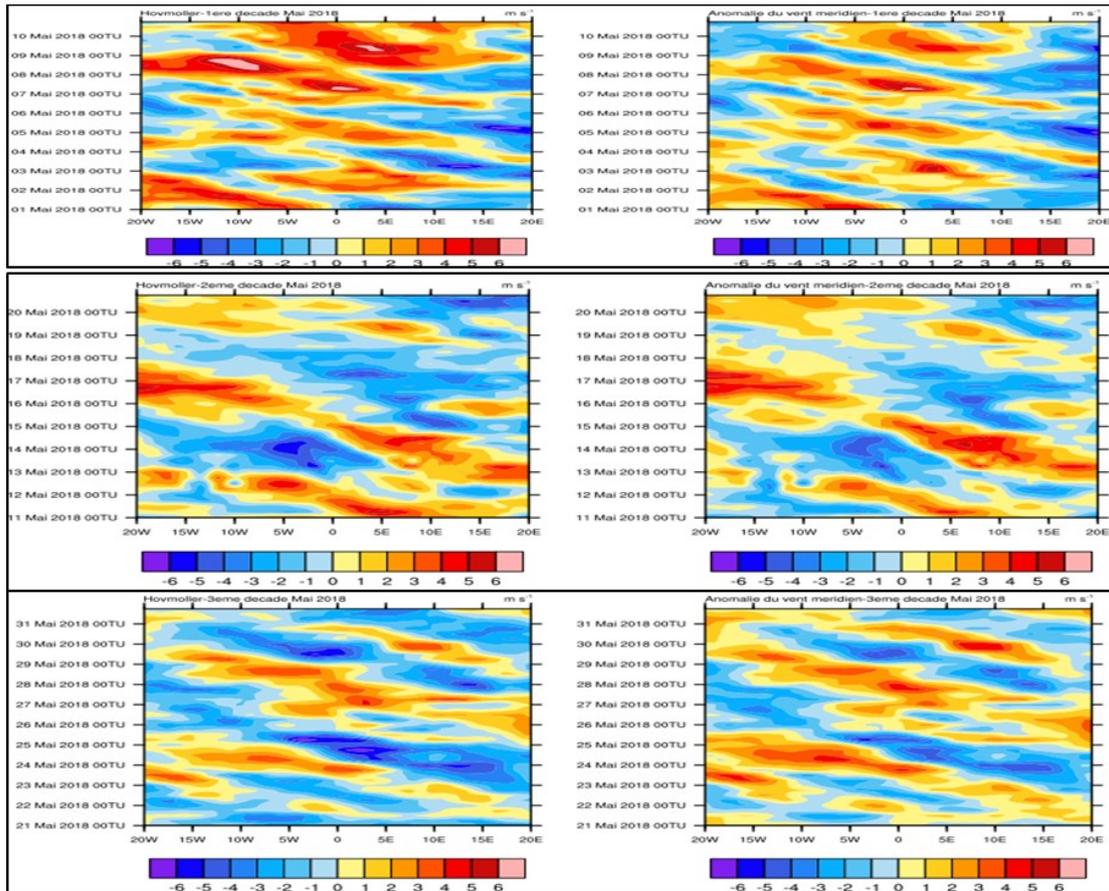
✓ **Confrontation des AEWs avec les précipitations** : Une fois les ondes détectées, nous allons les confronter avec les précipitations journalières issues de TRMM. Nous allons utiliser les cartes d'anomalies du vent méridien et les cartes des précipitations journalières sur l'Afrique de l'Ouest. L'idée est de prendre chacun des jours où on a la présence d'une onde et confronter les deux images afin de mieux cerner le lien entre les ondes et les précipitations.

✓ **Analyse des autres paramètres** : Il est important d'analyser les autres paramètres dynamiques tels que l'humidité relative, la divergence, le tourbillon potentiel et la vitesse verticale. Cette analyse nous permettra de mieux cerner les relations entre les ondes et les précipitations.

## 2. Résultats et discussions

### 2.1 Détection et Caractéristiques des AEWs

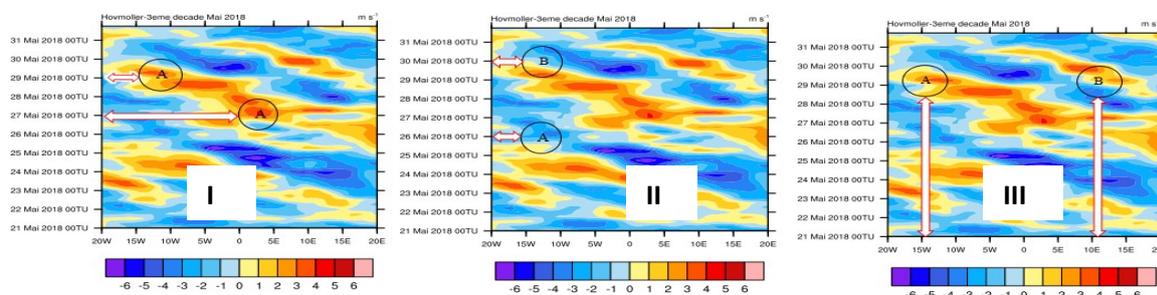
Après avoir appliqué la méthodologie détaillée plus haut, trois diagrammes de Hovmöller et trois cartes d'anomalies du vent méridien ont été obtenus pour les trois décadaire du mois de mai 2018 voir figure 1.



**figure 1:** Diagrammes de Hovmöller à 700hPa du vent méridien et Anomalies du vent méridien (1ère, 2ème, et 3ème de Mai 2018 à la latitude 6°N) ; unité en m/s

De l'analyse de la figure 1, il en résulte la propagation des AEWs entre 20° Ouest et 20° Est au cours des trois décades du mois de Mai 2018. Une onde étant une succession de thalweg et de dorsale, celles-ci se rapportent aux couleurs chaudes (rouge) caractérisées par des anomalies d'amplitudes élevées (anomalies positives) et aux couleurs froides (bleu) marquées par des anomalies d'amplitudes faibles (anomalies négatives). On note le passage de trois (03) à quatre (04) ondes au cours de chaque décade.

Les figures 2I, 2II et 2III sont utilisées pour vérifier les caractéristiques physiques des ondes (la vitesse de propagation, la longueur d'onde, et la période).



**figure 2 :** Diagramme de Hovmöller de la 3ème décade de Mai 2018 avec sens de déplacement (I), période des AEWs (II) et longueur d'onde des AEWs (III) des AEWs

Sur la figure 2I on constate que le point A qui est sur 3°Est le 27<sup>ème</sup> jour se retrouve à 12°Ouest le 29<sup>ème</sup> jour. L'onde se déplace de l'Est vers l'Ouest.

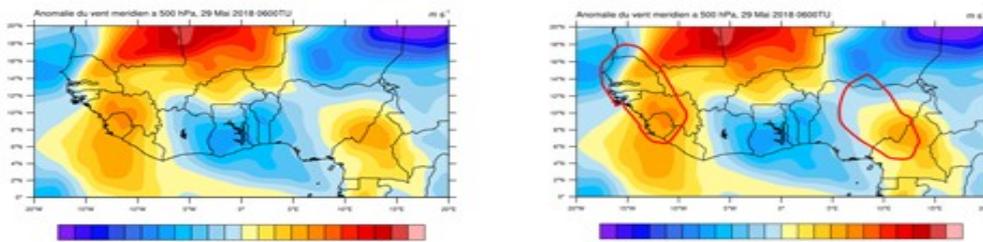
Sur la figure 2II on constate qu'entre les passages du point A et du point B sur la longitude 12°W, on a environ 4 jours. Les ondes propagées ont une période de 3 à 5 jours.

Sur la figure 2III, au 29<sup>ème</sup> jour on constate que entre les points A et B on a environ 26° de longitude. Ce qui fait environ 2886 km (26 x 111 km). La vitesse de propagation des AEWs est égale à 8,35 m/s (**Période**  $\frac{\text{Longueur d'onde}}{\text{vitesse de propagation}}$ ). La vitesse de propagation des AEWs est de

7 à 11 m/s. De tout ce qui précède on note que la durée de déplacement de l'onde est d'une période de 4 jours, que sa longueur d'onde est égale à 2886 km et sa vitesse de propagation de 8,35 m/s. Nos résultats sont en accord avec les résultats de Diedhiou A. (1998) inspiré de F. Beucher 2010 : *Météorologie Tropicale, Des alizés au cyclone*.

## 2.2 Liens entre AEWs avec les précipitations

La figure 3 met en relief respectivement une carte d'anomalies du vent méridien montrant une AEW sur l'Afrique de l'Ouest et une carte d'anomalie du vent méridien montrant une AEW sur l'Afrique de l'Ouest avec la zone des thalwegs mise en évidence le 29/05/2018 à 0600TU dans la moyenne troposphère. Elle montre la propagation des ondes d'est au cours du mois de Mai 2018 (saison humide) entre 20° Ouest et 20° Est.

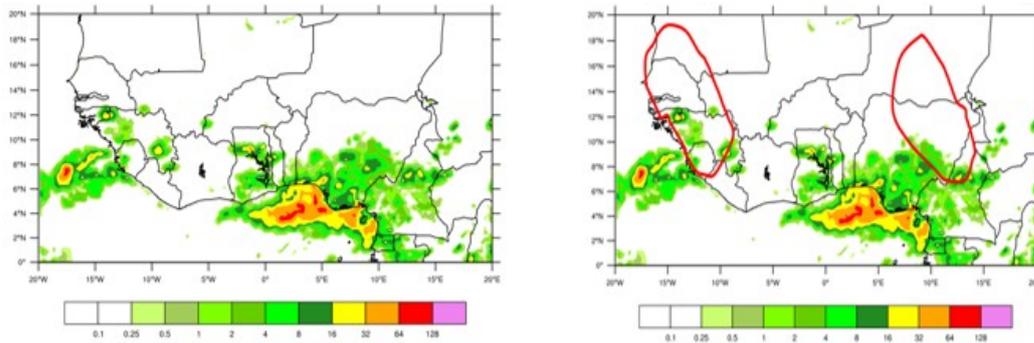


**figure 3** : Carte d'anomalie du vent méridien montrant une AEW sur l'Afrique de l'Ouest le 29/05/2018 à 0600TU

L'analyse révèle que les ondes naissent vers la frontière Niger-Lybie et descendent vers le Burkina pour continuer vers le Sénégal et rejoindre l'océan Atlantique. Deux zones de thalwegs sont mises en évidence sur la figure 3. La première est localisée sur la Sierra Léone, la Guinée, la Guinée Bissau, la Gambie et le Sénégal et la deuxième est positionnée sur le Nigeria et l'ouest du Cameroun.

Dans le but d'établir les liens entre les ondes d'est africaines et les précipitations en Afrique de l'ouest, diverses cartes ont été réalisées à base des données TRMM (Précipitation en surface).

La figure 4 montre la carte des précipitations journalières TRMM et la carte des précipitations journalières TRMM avec deux zones de thalwegs mises en évidence sur l'Afrique de l'ouest le 29 Mai 2018 à 0600TU.



**figure 4** : Carte de précipitations TRMM le 29/05/2018 à 0600TU

L'analyse révèle une diminution des précipitations au Nord de 15° N, associée à la circulation anticyclonique et à l'action combinée des anticyclones de Lybie et des Açores ce qui explique les faibles hauteurs de pluies dans le Sahel. Toutefois de fortes pluies sont enregistrées sur l'océan Atlantique avec des hauteurs allant de 16 à 128 mm et dans certaines régions du continent avec des hauteurs variant entre 0.25 à 16mm. Nous avons constaté que les précipitations se trouvent aussi bien dans les thalwegs que dans les dorsales de l'onde. La présence des précipitations dans la zone de thalweg au moment même de l'installation de l'onde est confirmée et ces précipitations peuvent perdurer pendant plusieurs heures. Lors de l'analyse des ondes avec les précipitations quelques remarques ont été faites. Certains cas de figures ne respectent pas la théorie selon laquelle les précipitations se localisent seulement sur les thalwegs et non dans les dorsales. L'insuffisance d'humidité dans certains cas peut en être la cause. Il est donc nécessaire d'analyser d'autres paramètres atmosphériques tels que l'humidité relative, la divergence, le tourbillon potentiel et la vitesse verticale.

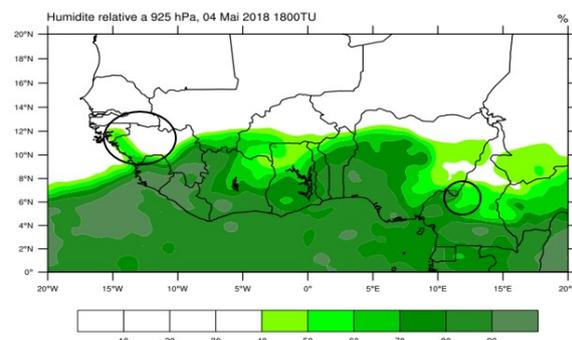
### 2.3. Analyse des autres paramètres

Elle concerne l'humidité relative, la divergence, le tourbillon potentiel et la vitesse verticale. Cette analyse permet de mieux comprendre les relations entre les ondes et les précipitations et de confirmer ou infirmer d'autres théories élaborées dans les études antérieures à notre travail.

#### ✓ Humidité relative – Divergence

Il sera question d'analyser l'humidité relative dans les basses couches de la troposphère le 04 Mai 2018 à 1800TU. L'analyse de l'humidité relative révèle que même si une onde est bien installée, ceci ne suffit pas pour avoir des précipitations dans le thalweg. En effet le manque d'humidité peut imposer une sécheresse à une zone de thalweg.

La figure 5 présente l'humidité relative dans les basses couches à 925 hPa sur l'Afrique de l'ouest le 04 Mai 2018 à 1800TU.

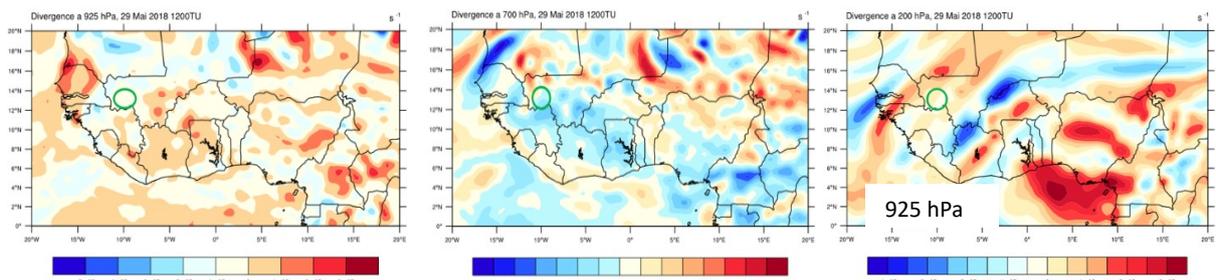


**figure 5** : Humidité relative à 925 hPa avec les zones sèches des thalwegs encadrées en noir le 04 /05/2018 à 1800TU

On enregistre de faibles taux d'humidité relative dans le Sahel allant de 0 à 40 %. De forts taux d'humidité relative allant de 70 à 100 % sont enregistrés sur l'océan Atlantique et l'ensemble des pays du Golfe de Guinée. On n'a remarqué qu'il y a des précipitations dans toute la zone de thalweg excepté les zones où l'humidité est insuffisante. Dans la zone de thalweg encerclée en noir et centrée sur la Guinée, la Guinée Bissau, le sud du Sénégal, du Mali et le Nord de la Sierra Leone, l'humidité relative est faible et on enregistre de faibles hauteurs de précipitations (0.1 à 0.25 mm). Cependant dans la zone de thalweg encerclée en noir et centrée sur l'ouest du Cameroun et une partie du Nigéria, le taux de l'humidité relative est élevé et compris entre 50 et 100 % on enregistre d'importantes quantités de précipitations (0.25 à 32 mm). L'augmentation des précipitations sur les thalwegs est principalement liée à la disponibilité en humidité. Les thalwegs seraient des zones favorables au renforcement de la convection. L'augmentation des précipitations en Afrique de l'Ouest serait liée aux valeurs maximales du flux zonal de vapeur d'eau dans les basses couches

Le champ de divergence ne présente pas des bandes larges et structurées comme les autres champs, donc il a été procédé à la vérification de la configuration CCD Convergence-Convergence-Divergence dans des zones relativement réduites mais en plein thalweg de l'onde ( figure 6 ). Pour cela, il a été procédé à l'analyse du champ de divergence dans les basses couches, couches moyennes et dans les couches supérieures (925, 700 et 200 hPa) le 29 Mai à 1200TU. Rappelons qu'une divergence négative équivaut à une convergence.

La figure 6 représente le champ de divergence respectivement à 925, 700 et à 200 hPa sur l'Afrique de l'Ouest le 29 Mai 2018 à 1200TU

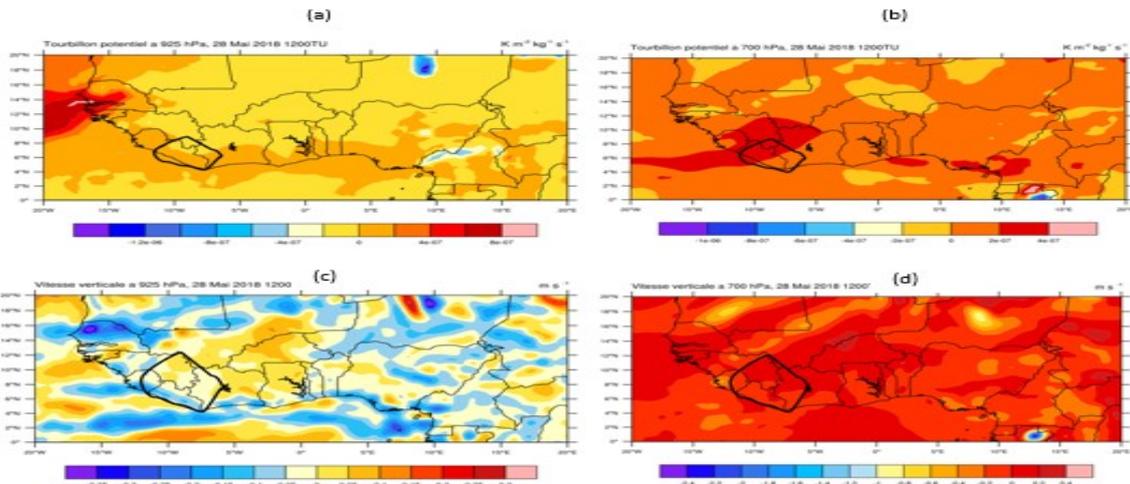


**figure 6 :** Divergence à 925 hPa ; 700 hPa et 200 hPa avec zone de thalweg encerclée en vert le 29/05/2018 à 1200TU

L'analyse montre une divergence négative (Convergence) à 925 hPa, une divergence négative (Convergence) à 700 hPa et une divergence positive (Divergence) à 200hPa dans la zone de thalweg encerclée en vert. La configuration CCD (Convergence – Convergence – Divergence) est donc vérifiée.

#### ✓ **Tourbillon potentiel et Vitesse verticale**

Les analyses précédentes ont montré que le thalweg est une zone de convection profonde donc une zone d'activité convective. Avec ces deux paramètres (tourbillon potentiel et vitesse verticale), nous allons confirmer ou infirmer ces théories. Les figures 7a et 7b représentent le champ du tourbillon potentiel à 925 et à 700 hPa sur l'Afrique de l'Ouest avec une zone de thalweg encerclée en noir le 28 Mai 2018 à 1200 TU. L'analyse des figures 7a et 7b montre l'existence des noyaux de tourbillon potentiel positifs dans la zone de thalweg encerclée en noir à 925 et 700 hPa.



**figure 7 :** (a) Tourbillon potentiel à 925 hPa, (b) Tourbillon potentiel à 700 hPa, (c) Vitesse verticale à 925 hPa, (d) Vitesse verticale à 700 hPa avec thalweg encerclé en noir le 28/05/2018 à 1200 TU

Les figures 7c et 7d montrent le champ de la vitesse verticale à 925 et à 700 hPa sur l'Afrique de l'Ouest avec une zone de thalweg encerclée en noir le 28 Mai 2018 à 1200TU. L'analyse des figures 7c et 7d révèle l'existence de quelques noyaux positifs de la vitesse verticale dans la zone de thalweg encerclée en noir à 925 et 700hPa

## Conclusion

Au terme de ce travail, il faut retenir que les ondes d'est africaines lors de leur passage modulent significativement les champs des paramètres dynamiques. Une hausse de la convergence du flux d'humidité dans les basses couches permet le renforcement de mousson et donc une hausse des précipitations. Ainsi, les variations des hauteurs des précipitations en Afrique de l'Ouest sont liées à l'activité des ondes. Les AEWs (African Easterly Waves) contribuent à accroître les précipitations en Afrique de l'Ouest quand elles sont actives. Par ailleurs, il est a noté que la présence des ondes d'est africaines n'est pas une condition suffisante pour générer des précipitations. La configuration CCD est favorable au développement des systèmes convectifs, aux formations pluvio-orageuses et donc à la convection profonde.

## Bibliographie

Diedhiou A., Janicot S., Viltard A. et P. de Félice, 2001 : Composite patterns of easterly disturbances over West Africa and the tropical Atlantic : a Climatology from the 1979-95 NCEP / NCAR reanalyses. *Journal of Climate Dynamics* 2001 18 : 241- 253.

Lavaysse, C., Diedhiou, A., Laurent, H., Lebel, T., 2006. African Easterly Waves and convective activity in wet and dry sequences of the West African Monsoon. *Climate Dynamics* 27, 319–332.

Leroux Stéphanie, 2009. Dynamique des ondes d'est africaines : origine, propagation et interaction avec leur environnement. Thèse Université Joseph-Fourier - Grenoble I