



**AMMA**

**ANALYSES MULTIDISCIPLINAIRES DE LA MOUSSON AFRICAINE**

## FAQ n°4-abc

**Auteur :** Guy Caniaux

**Sujet:** Les liens Océan Mousson

**LES LIENS ENTRE L'Océan ET LA MOUSSON AFRICAINE NE SONT QUE PARTIELLEMENT COMPRIS. ON CONNAÎT BIEN MIEUX L'ORIGINE DU REFROIDISSEMENT SAISONNIER QUI AFFECTE L'ATLANTIQUE ÉQUATORIAL EST, AINSI QUE LES LIENS QUI EXISTENT ENTRE LES ANOMALIES DE TEMPÉRATURE DE SURFACE DE LA MER ET LES ANOMALIES DE PRÉCIPITATIONS SUR L'AFRIQUE DE L'OUEST. PAR CONTRE, ON SAIT MOINS DE CHOSES SUR L'INFLUENCE DU REFROIDISSEMENT DES TEMPÉRATURES DE SURFACE DE LA MER SUR LA MOUSSON D'AFRIQUE DE L'OUEST .**

### **COMPRENONS NOUS LES PROCESSUS RESPONSABLES DES VARIATIONS DE LA TEMPÉRATURE OCÉANIQUE DANS L'ATLANTIQUE ÉQUATORIAL EST ET SES LIENS AVEC LA MOUSSON D'AFRIQUE DE L'OUEST ?**

A l'origine du refroidissement saisonnier dans l'Atlantique équatorial est, il y a la mise en place de la langue d'eau froide atlantique. Ce phénomène saisonnier se traduit par une baisse de 5°C à 7°C des températures de surface sur la zone qui s'étend au sud de l'équateur, entre les côtes du Gabon et la longitude 20°O environ. Le refroidissement débute en avril et culmine en juillet où il atteint une extension équivalente au tiers de la surface du Sahara.

Selon les théories classiques, ce refroidissement est une conséquence directe de la mousson et du renforcement des alizés :

Comme la force de Coriolis fait diverger les courants de part et d'autre de l'équateur, le renforcement des vents de la mousson d'Afrique de l'ouest provoque la remontée des eaux de sub-surface, donc le refroidissement des eaux en surface (c'est le modèle d'Ekman). Ce refroidissement est d'autant plus rapide et efficace que les profondeurs des couches mélangées dans l'Atlantique équatorial est sont faibles.

Cette théorie considère que l'océan est une couche homogène, initialement au repos et qu'il répond passivement au forçage du vent. Or l'Atlantique équatorial est se caractérise par un système de courants de surface et de sub-surface particulièrement forts et cisailés, des courants essentiellement zonaux et très variables dans le temps.

Les campagnes de mesures<sup>1</sup> récentes ont permis de mieux appréhender la complexité et la variabilité de ce système de courants et de montrer la forte hétérogénéité spatiale de ses couches mélangées. Par conséquent, le modèle d'Ekman est une approximation peu précise de la réalité.

Il importe aujourd'hui de développer des théories qui tiennent compte du fait que le vent force un océan équatorial en mouvement et hétérogène, pour essayer de comprendre les causes du refroidissement de la langue d'eau froide. Les simulations régionales réalistes à fine échelle et les nouvelles plates-formes de mesures (les flotteurs PROVOR) disponibles depuis quelques années devraient permettre de faire des bilans de chaleur et de masse régionalisés, et ainsi de comprendre les processus à l'œuvre.

Plusieurs études initiées dans le cadre d'AMMA, sont en cours comme l'analyse des données de courant, des données de flotteur, études numériques régionalisées, études de processus sur la mise en place de la langue d'eau froide, mécanismes de production des vitesses verticales et leurs impacts sur l'océan superficiel, interactions vents/courants, etc...

<sup>(1)</sup> Les campagnes AMMA-EGEE 2005-2007, EQUALANT 1999-2000

### **LE RÔLE DES ANOMALIES DE TSM SUR LES PRÉCIPITATIONS EN AFRIQUE DE L'OUEST OU POURQUOI DOIT ON AMÉLIORER NOS CONNAISSANCES SUR LES FLUX AIR – MER ?**

Les études sur la variabilité interannuelle montrent qu'il existe une corrélation forte entre les anomalies de températures de surface de la mer dans l'Atlantique équatorial est et l'intensité des précipitations sur le Sahel et sur les régions bordant le Golfe de Guinée :

Lorsque les températures de surface sont anormalement élevées, les précipitations sur le Sahel restent en dessous des normales alors qu'elles sont plus élevées que les normales le long des côtes Africaines : un mode méridien dipolaire des anomalies de précipitations existe sur l'Afrique de l'ouest.

Ces idées ont été développées depuis trois décennies, à partir de séries de données locales ; elles ont été confirmées plus récemment à partir de données satellites et plus récemment encore elles ont été reproduites à l'aide de modèles numériques. Ces modèles ont également permis de dégager les principaux processus à l'origine des relations complexes qui existent entre températures de surface et précipitations sur l'Afrique de l'ouest.

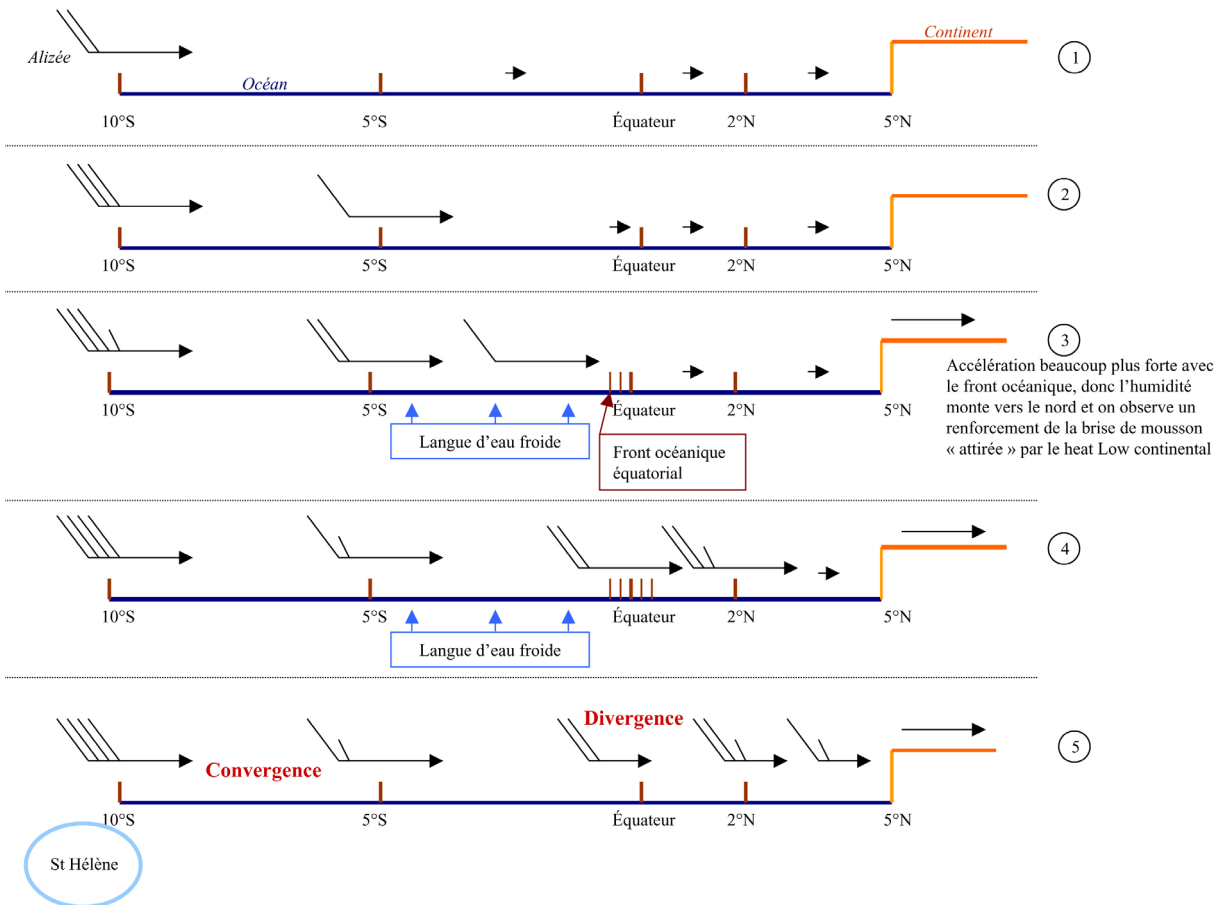
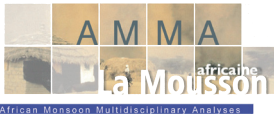
Malgré tout, ces résultats restent partiels car il est difficile de reproduire de manière réaliste et dans leur intégralité l'ensemble des mécanismes en jeu. Les modèles

couplés restent difficiles à contraindre dans l'Atlantique équatorial est et leur résolution spatiale n'est pas appropriée pour reproduire le front océanique équatorial<sup>2</sup>. De plus, les couches mélangées océaniques étant peu épaisses, elles sont très sensibles aux erreurs sur les flux en surface et à la base, ainsi qu'à la physique du mélange dans la thermocline supérieure.

La représentation des interactions entre l'océan et l'atmosphère dans les modèles couplés demeure un sujet de toute première importance pour les années à venir. Ces études apportent toutefois la preuve qu'il existe, à l'échelle de la variabilité inter-annuelle, un certain couplage entre l'océan superficiel et la mousson d'Afrique de l'ouest et que l'Atlantique équatorial est n'est pas uniquement un milieu passif, mais qu'il est susceptible d'exercer un rôle actif sur la mousson.

Le rôle actif de l'upwelling équatorial sur la mousson est reconnu depuis moins d'une dizaine d'année dans la littérature. Le détail de ce couplage est plus récent et a vu le jour grâce à AMMA.

<sup>2</sup> Le Front Océanique Equatorial (FOE) est la zone d'intenses gradients de température de surface de la mer qui matérialise la limite nord de la langue d'eau froide le long de l'équateur



**LES INTERACTIONS ENTRE REFROIDISSEMENT DES TEMPÉRATURE DE SURFACE DE LA MER ET LA MOUSSON D'AFRIQUE DE L'OUEST OU QUEL EST L'IMPACT DE L'UPWELLING CÔTIER SUR LA MOUSSON ET L'ORIGINE DES VARIATIONS INTER-ANNUELLES DE SON AMPLITUDE**

La circulation atmosphérique dans l'hémisphère sud autour de l'anticyclone de Sainte-Hélène pilote les alizés de sud-est. Suite au renforcement des alizés de l'hémisphère sud, la langue d'eau froide se met en place. c'est la phase passive de l'océan dans le couplage.

Les eaux chaudes de l'hémisphère nord (*i.e.* dans le Golfe de Guinée) se refroidissent également mais moins vite et plus tardivement. On assiste donc à un refroidissement différentiel de part et d'autre de l'équateur responsable de l'apparition saisonnière (à partir de mai-juin) de gradients de températures de surface de la mer et donc de la création du front océanique équatorial vers 1°N. Ces gradients méridiens de température de surface engendrent d'importants gradients de flux de surface qui vont agir sur la couche limite atmosphérique. L'apparition de ces gradients provoquent un ralentissement des vents au-dessus des eaux froides au sud de l'équateur et une accélération des vents au nord (en aval du front océanique) cantonnée vers 2°N (en juin-juillet). Cette accélération contribue alors à repousser l'humidité et la convection atmosphérique vers le nord, en direction des régions sahéliennes.

**Le flux de mousson s'intensifie donc sur l'océan et gagne progressivement le nord du Golfe de Guinée en direction des côtes de l'Afrique avant que le relais ne soit pris par le *heat low* sur le continent Africain. Il n'est donc pas possible d'assimiler la mousson à une immense brise mue par un continent surchauffé.**

**Résultats d'AMMA**

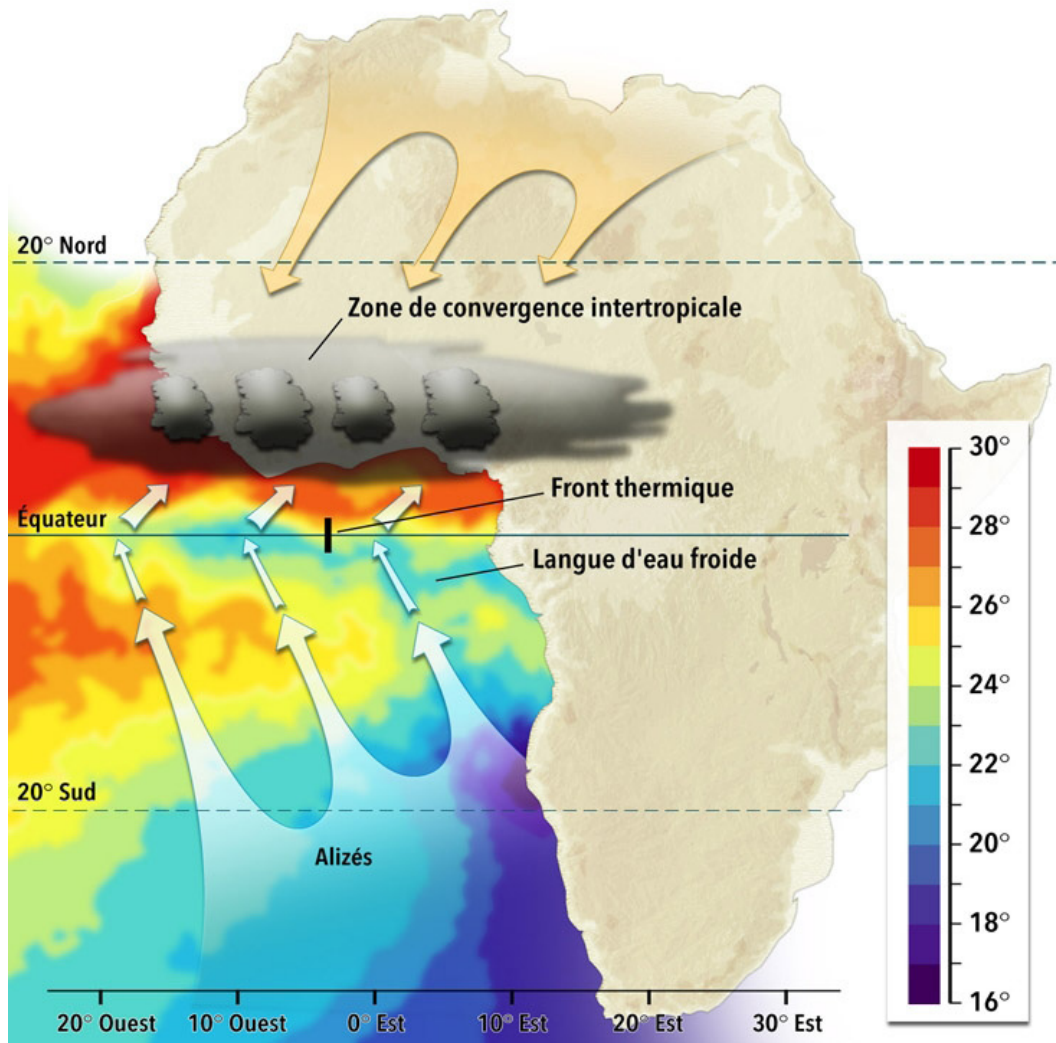
L'apparition très précoce de la langue en 2005 (suivie d'une mousson tout aussi précoce) a été attribuée au renforcement particulièrement tôt des alizés de sud-est, donc la circulation de l'anticyclone de St Hélène ainsi qu'à un préconditionnement très favorable de l'océan. Puis, lorsque le front océanique s'intensifie, il participe au renforcement du flux de mousson et à la migration des précipitations vers le nord : c'est la phase active de l'océan dans le couplage langue d'eau froide et mousson d'Afrique de l'Ouest.

L'intensité des gradients méridiens de flux de surface au-dessus du front apparaît ainsi comme un des éléments pertinents du couplage. D'autres études initiées par le programme AMMA ont permis d'identifier d'autres éléments pertinents de ce couplage :

L'intensité du sous-courant équatorial, par exemple, modulerait l'intensité du refroidissement de la langue d'eau froide : une année avec un sous-courant équatorial intense favoriserait une langue plus froide, grâce à un mécanisme d'équilibre géostrophique équatorial.

La nébulosité moyenne sur le Golfe de Guinée contribuerait à renforcer les gradients de flux net de part et d'autre du front océanique modulant ainsi l'accélération du flux de mousson.

Ces différents exemples, montrent que c'est la concomitance de tous ces facteurs et la manière dont ils se renforcent ou se neutralisent mutuellement, qui participeraient à la variabilité inter-annuelle de l'ensemble langue d'eau froide et mousson d'Afrique de l'Ouest.



## POUR EN SAVOIR PLUS :

Contact: **Guy caniaux**, [guy.caniaux@meteo.fr](mailto:guy.caniaux@meteo.fr)

### Articles de références

- Brandt et al., 2010: Equatorial upper-ocean dynamics and their interaction with the West African Monsoon. Atmos. Sci. Let., doi:10.1002/asl.287.
- Caniaux et al. 2010: Coupling between the Atlantic Cold Tongue and the West African monsoon in boreal spring and summer. Submitted in the J.G.R.
- Marin et al., 2009: Why were sea surface temperatures so different in the eastern Equatorial Atlantic in June 2005 and 2006. J. Phys. Oceanogr. 39, 1416-1431, DOI:10.1175/2008JPO4030.1

### Plan des FAQ

1. AMMA

2. Eau et climat

3. Surface continentale

4. Océan et mousson

**a. Comprendons nous les processus responsables des variations de la température océanique dans l'Atlantique tropical Est et ses liens avec la mousson d'Afrique de l'Ouest ?**

**b. Le rôle des anomalies de TSM sur les précipitations en Afrique de l'ouest pour quoi doit on améliorer nos connaissances sur les flux air - mer ?**

**c. Les interactions entre refroidissement des température de surface de la mer et la mousson d'Afrique de l'Ouest ou quel est l'impact de l'upwelling côtier\* sur la mousson et l'origine des variations inter-annuelles de son amplitude**

d. Quelle responsabilité a la mousson, en lien avec le changement climatique, sur la vulnérabilité des zones côtières (érosion côtière) ?

e. Quels liens a la mousson avec le niveau de la mer

5. Atmosphère

6. Prévision

7. Impacts/Interactions

**AMMA**

[www.amma-international.org](http://www.amma-international.org)