

OCEANOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Mise en évidence d'un couplage à longue distance entre le vent et la température de surface dans l'Atlantique Équatorial.* Note (*) de Jacques Servain, Joël Picaut et Jacques Merle, présentée par Henri Lacombe.

L'étude des vents et des températures marines superficielles relevées de 1911 à 1972 par les navires marchands fréquentant l'Atlantique Équatorial met en évidence une notable variabilité des anomalies mensuelles des valeurs de ces facteurs. L'analyse de la corrélation entre les anomalies mensuelles, d'une part, de la tension du vent sur les deux bords de l'océan équatorial et, d'autre part, de la température dans le Golfe de Guinée permet d'apprécier l'importance relative de l'influence des vents locaux et des vents lointains sur l'état thermique de cette partie de l'océan. Les résultats obtenus montrent que l'effet local est faible et que la réponse thermique superficielle du Golfe de Guinée à l'action du vent sur l'ouest de l'océan équatorial est déterminante. Ce résultat est compatible avec l'hypothèse théorique de Moore et coll. [1] qui suggèrent qu'une onde équatoriale de Kelvin est l'agent principal du couplage entre les vents et l'état thermique marin de part et d'autre du bassin Atlantique équatorial.

PHYSICAL OCEANOGRAPHY. — Evidence of a Remote Coupling between Wind and Surface Temperature in the Equatorial Atlantic.

Analyses of sea surface temperatures and wind data collected in the Equatorial Atlantic from 1911 to 1972 by merchant ships show a notable variability of the monthly anomalies of these parameters. The importance of remote forcing and local forcing is studied by analyses of correlation between: (a) the wind stress monthly anomalies on both sides of the equatorial basin and (b) sea surface temperature monthly anomalies in the Guinea Gulf. The results obtained indicate that local forcing is small compared to remote forcing. This conclusion supports the theoretical idea of Moore et al. [1] who suggest that an equatorial Kelvin wave could be the agent of the remote forcing from the western to the eastern Equatorial Atlantic.

INTRODUCTION. — Les variations de la température marine superficielle dans l'Atlantique Est Équatorial (Golfe de Guinée) ont des répercussions importantes sur la pêche [2] et sur la climatologie des pays environnants [3]. Aussi ont-elles été l'objet de nombreux travaux théoriques et expérimentaux : quelques mécanismes ont été récemment proposés pour expliquer ces variations de température. Mais si tous les auteurs sont maintenant persuadés d'une action directe de la tension du vent sur l'anomalie thermique de l'océan, certains ([4], [5]) soutiennent que, pour la région en cause, la perturbation thermique est due principalement aux vents locaux, tandis que d'autres [1] lui attribuent une origine lointaine : la tension zonale du vent dans la partie occidentale de la zone équatoriale de l'Atlantique. Le but de notre étude est de rechercher sur la base des données existantes si l'origine des perturbations de l'état thermique, dans le Golfe de Guinée, est locale ou lointaine.

MÉTÉOROLOGIE ET ÉTAT THERMIQUE MARIN DANS LA ZONE D'ÉTUDE. — La météorologie du Golfe de Guinée est dominée par des vents de secteur Sud liés à l'anticyclone de Sainte-Hélène. Ces vents franchissent l'équateur et, à l'approche de la côte africaine, sont déviés vers l'Est sous l'influence des basses pressions du Sahara. Dans la partie occidentale de l'Atlantique Équatorial, les vents de secteur Est s'intensifient [6] : la tension du vent est en moyenne au moins deux fois plus grande que dans la partie orientale. Dans le Golfe de Guinée, l'une des caractéristiques de la répartition thermique marine de surface est l'apparition chaque année, entre juin et octobre, d'un upwelling important :

- (a) le long de la côte Nord du Golfe de Guinée [7];
- (b) le long de la côte occidentale d'Afrique au sud de l'équateur [8];
- (c) dans la zone équatoriale [9].

DONNÉES UTILISÉES. — Dans l'Atlantique Équatorial, de nombreuses campagnes océanographiques (Equalant, 1968; Gate, 1973-1974; PEMG-CIPREA, 1978-1979) ont été



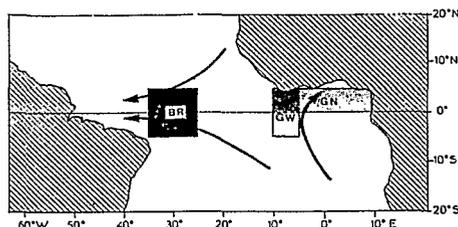


Fig. 1. — Situation des aires étudiées. Les grisés représentent les zones de fortes densités d'observations le long des principales routes de navigation. Les flèches schématisent le régime des vents. D'après Hastenrath et Lamb [6].

complétées par des séries d'observations côtières collectées depuis une trentaine d'années par les Centres de Recherches Océanographiques, principalement par ceux de l'O.R.S.T.O.M.

Depuis peu, sont venues s'ajouter les observations historiques de navires marchands archivées par le National Climatic Center des États-Unis. S. Hastenrath a vérifié et moyenné les données collectées de vent et de température de surface de la mer, par carrés de 5° de côté et par mois, pendant la période 1911-1972. Cet auteur nous a aimablement fourni son fichier pré-traité. La densité des informations n'est pas homogène dans le temps et les seules séries chronologiques continues s'étalent de 1923 à 1938 et de 1964 à 1969. Par ailleurs, la densité spatiale des données n'est pas non plus homogène : elle est maximale le long des routes de navigation (en grisé : fig. 1). Nous portons plus spécialement notre attention ici sur les parties nord et ouest du Golfe de Guinée (repérées respectivement par « GN » et « GW » sur la figure 1) ainsi que sur la zone équatoriale de la partie ouest de l'océan (repérée par « BR » sur cette même figure).

Nous définissons l'*anomalie mensuelle* d'un paramètre comme étant la différence entre la valeur moyenne observée pendant 1 mois défini d'une année particulière et la moyenne des valeurs afférentes à ce mois pour toutes les années de la série de mesures. Nous avons ainsi évalué les anomalies mensuelles des températures de surface de la mer et de tensions du vent, pour chacune des trois aires précédentes.

ANALYSE ET RÉSULTATS. — L'analyse faite nous a permis de constater que l'anomalie thermique mensuelle de surface évoluait de façon similaire dans toute la zone du Golfe de Guinée et qu'elle ne semblait pas être reliée aux anomalies mensuelles de surface relevées dans d'autres régions de l'Atlantique (en particulier les zones du courant des Canaries au Nord et du courant de Benguela au Sud) : il s'agit donc d'un phénomène limité principalement à la zone équatoriale. Nous avons alors recherché s'il y avait une liaison entre les anomalies thermiques dans le Golfe de Guinée et celles du champ de tensions du vent soit local, soit éloigné selon la suggestion de Moore et coll. [1]. *Localement*, la corrélation entre les anomalies mensuelles de la tension du vent τ_x (vers l'Est) ou τ_y (vers le Nord) et l'anomalie mensuelle de température de surface dans le Golfe de Guinée (zones « GN » et « GW ») est négligeable, pour un déphasage de temps nul (courbes *c* et *d* de la figure 2). L'absence de corrélation (avec décalage) significative est confirmée par l'étude des spectres croisés. Par contre, la corrélation entre les anomalies mensuelles de tension zonale τ_x du vent près de la côte Nord du Brésil (zone « BR ») et les anomalies mensuelles de température dans les zones « GN » et « GW » est hautement significative pour un

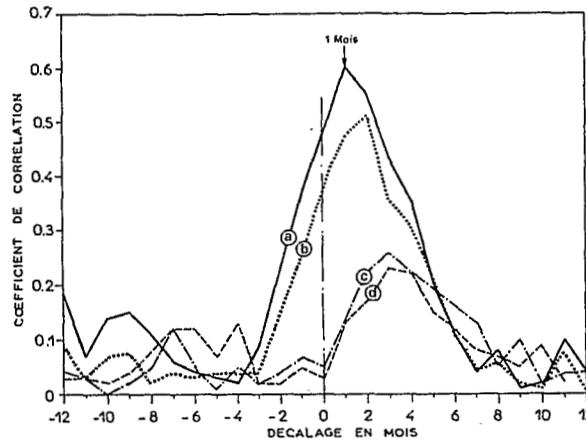


Fig. 2. — Corrélation avec décalage temporel entre : *courbe a* : l'anomalie de la composante zonale de la tension du vent dans la zone « BR » avec l'anomalie de la température de surface de la zone « GW »; *courbe b* : l'anomalie de la composante zonale de la tension du vent dans la zone « BR » avec l'anomalie de la température de surface dans la zone « GN »; *courbe c* : l'anomalie de la composante zonale de la tension du vent dans la zone « GW » avec l'anomalie de la température de surface de la zone « GW »; *courbe d* : l'anomalie de la composante méridienne du vent dans la zone « GW » avec l'anomalie de la température de surface de la zone « GW ».

déphasage proche de 1 mois (courbes *a* et *b* de la figure 2). Cette corrélation est confirmée par l'analyse des spectres croisés qui donne un retard de l'ordre du mois pour les périodes où la cohérence dépasse le seuil de confiance de 80 % ($T \approx 3$ mois et $T \geq 5$ mois).

INTERPRÉTATION ET DISCUSSION. — Un accroissement (diminution) de l'anomalie de la tension du vent dans la partie ouest de l'Atlantique Équatorial est donc suivi, quelques semaines plus tard, par une température de surface inférieure (supérieure) à la normale dans tout le Golfe de Guinée. Il s'agit donc là d'un phénomène de couplage à *longue distance* entre une action atmosphérique (le vent) et une réponse océanique (la température de surface de la mer). Ce couplage à longue distance est issu d'un couplage *local* originel dans la région BR qui ne peut être mis en évidence, faute de données suffisantes en immersion [10].

Nos résultats semblent donc infirmer une cause essentiellement *locale* à la variabilité de l'anomalie thermique mensuelle de surface dans la partie est de l'Atlantique Équatorial.

Par contre, la très bonne corrélation, ainsi que la valeur du déphasage observé, entre l'anomalie mensuelle de tension zonale du vent près des côtes brésiliennes et l'anomalie mensuelle de température de surface dans le Golfe de Guinée est en faveur de l'hypothèse d'un processus équatorial du type de celui imaginé par Moore et coll. [1] : des ondes équatoriales de Kelvin seraient les véhicules de modifications thermiques causées par le vent de la partie occidentale de l'Atlantique équatorial vers sa partie orientale. Si tel est le cas, la vitesse de propagation que nous pouvons ainsi estimer, environ $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, correspondrait à la vitesse du second mode barocline ou plus vraisemblablement à une combinaison des premiers modes baroclines. A l'échelle saisonnière, ce schéma théorique semble, par ailleurs, confirmé par des analyses détaillées de température de la mer le long des côtes Nord et Sud du Golfe de Guinée [11].

CONCLUSION. — L'étude présentée corrobore l'existence d'un couplage lointain (Moore et coll. [1]) entre l'anomalie mensuelle de la composante zonale de la tension du vent au large des côtes brésiliennes et l'anomalie mensuelle de la température de surface dans tout le Golfe de Guinée. Le déphasage relevé entre ces deux catégories d'événements (environ 1 mois) permet d'envisager, pour des situations extrêmes, une possibilité de prédiction à court terme de l'évolution des températures océaniques dans le Golfe de Guinée, prédiction intéressante pour la pêche, mais surtout pour la pluviométrie de l'Afrique Occidentale. A ce propos il est intéressant de noter que pendant l'année 1968, qui marqua le début d'une intense période de sécheresse dans les régions du Sahel [3], l'été, très défavorable pour la pêche, a été caractérisé par une absence d'upwelling, et, par conséquent, par de fortes pluies sur le Golfe. L'examen des anomalies de tension *locale* du vent ne montre aucune concordance avec cet événement; par contre, on a noté, 1 mois auparavant, une importante diminution de l'anomalie de tension zonale du vent au large du Brésil.

(*) Remise le 15 février 1982.

- [1] D. MOORE et coll., *Geophys. Res. Let.*, 5, (8), 1978, p. 641-648.
- [2] A. BAKUN, *Nature*, 271, 1978, p. 147-150.
- [3] P. J. LAMB, *Monthl. Weasth. Rev.*, 106, 1978, p. 482-491.
- [4] S. G. H. PHILANDER, *J. Mar. Res.*, 37, (1), 1978, p. 23-33.
- [5] S. G. H. PHILANDER, *Tellus*, 33, 1981, p. 204-210.
- [6] S. HASTENRATH et P. LAMB, *Climatic Atlas of the Tropical Atlantic and Eastern Pacific Oceans*, Université du Wisconsin, 1977, 112 p.
- [7] R. W. HOUGHTON, *J. Phys. Oceanogr.*, 6, (6), 1976, p. 909-924.
- [8] J. M. GUILLERM, *Thèse d'Université*, Brest, 1981, p. 1-203.
- [9] B. VOITURIEZ, *IODE Int. Symposium on Coastal Upwelling of Los Angeles, U.S.*, 1980.
- [10] J. MERLE, *J. Phys. Oceanogr.*, 10, (3), 1980, p. 464-469.
- [11] J. PICAUT, *J. Phys. Oceanogr.* (soumis).

J. S. et J. P. : *Laboratoire d'Océanographie physique,*
Université de Bretagne Occidentale, 29283 Brest Cedex;
J. M. : *O.R.S.T.O.M., L.O.P.-Muséum national d'Histoire naturelle,*
75231 Paris Cedex 05.