

RELATIONS HYDROMETEOROLOGIQUES SUR LES COTES  
DU GOLFE DE GUINEE  
INFLUENCE DE L'ORIENTATION DE LA COTE

Yves GALLARDO \*

R E S U M E

Le golfe de Guinée est remarquable par ses précipitations abondantes et ses anomalies négatives de température de l'eau. Cette originalité tient à un régime de mousson austral qui déplace la saison froide vers le milieu de l'été boréal jusqu'à 10° de latitude nord. Les précipitations annuelles variables le long de la côte, dépendent étroitement des flux d'air traversant la côte ( $r = 0,71$ ) et de la différence des températures de l'eau et de l'air ( $r = 0,72$ ). Les précipitations donnent une meilleure corrélation avec les températures de l'eau (0,72) qu'avec les salinités (-0,63). L'influence du vent sur l'anomalie négative de la température de surface est plus nette sur la côte N-S ( $r = 0,98$ ) que sur la côte W-E ( $r = 0,73$ ) du golfe. Les corrélations temporelles saisonnières calculées sur 16 années d'observations à Pointe-Noire sont du même ordre que les corrélations spatiales précédentes. Les hydroclimats côtiers ont ainsi une bonne probabilité d'être déduits de la météorologie.

A B S T R A C T

Guinea Gulf is remarkable for its abundant precipitations and negative anomalies of the surface water temperature. This originality comes from the southern monsoon which transfers the cold season to the middle of northern summer up to latitude 10° North. Yearly precipitations, which can vary along the coast, are well in correlation with coast crossing air flow ( $r = 0,71$ ) and with the sea-air temperature difference ( $r = 0,72$ ). Precipitations provide a better correlation with surface temperatures (0,72) than with salinities (-0,63). The wind influence upon negative anomaly of the surface temperature is more clear on N-S coast ( $r = 0,98$ ) than on W-E coast ( $r = 0,73$ ) of the Gulf. Temporal correlations calculated on 16 years of observations in Pointe-Noire are in connection with previous spatial correlations. Coastal hydroclimate are thus likely to be deduced from meteorology.

## 1.- INTRODUCTION

Une demi-circonférence de diamètre Monrovia-Mossamedes entre les latitudes 6°N et 15°S définit bien la ligne côtière du golfe de Guinée qui est donc composée d'une côte W-E et d'une côte N-S de part et d'autre d'un axe de symétrie formé par les îles et Douala (Fig.1). Derrière cette schématisation apparaissent des changements de direction de la côte marquée généralement par des caps (Cap des Palmes, Cap des Trois Pointes, Cap Lopez) ou par des reliefs importants (Monts de Guinée et Mont Cameroun). Les zones océaniques en contact avec ces traits orographiques présentent elles-mêmes des structures hydrologiques bien différenciées: eaux chaudes dessalées du Libéria et, au fond du golfe, de la baie de Biafra; eaux froides de l'ouest ivoirien, du Ghana et front thermohalin du Cap Lopez. Enfin le canyon du "Trou sans fond" devant Abidjan et celui du fleuve Congo, dont le débit avoisine 50.000 m<sup>3</sup>/s, terminent cette brève liste des traits physiques susceptibles d'influencer l'hydroclimat côtier du golfe.

## 2.- HYPOTHESES SUR LES CAUSES DE DIVERSITE CLIMATIQUE INFLUENCE DE L'ORIENTATION DE LA COTE

On dispose, pour 22 stations côtières entre Dakar et Mossamedes, des moyennes mensuelles des différents paramètres hydrométéorologiques classiques: températures de l'air et de l'eau,  $t_a$  et  $t_e$ , précipitations  $P$  et salinités de surface  $S$  (GALLARDU, 1970).

Aux moyennes annuelles obtenues à partir de ces données on a ajouté des moyennes annuelles de vent par carrés de 2 degrés et ceci pour 13 stations seulement du fait de lacunes au Nigeria et au Libéria. L'ensemble de ces résultats annuels est rassemblé dans le tableau 1. Il y apparaît également l'angle  $i$  entre la direction du vent et la normale à la côte, angle dont nous essaierons de prouver le rôle déterminant dans la diversité des conditions hydrométéorologiques le long du golfe.

Il doit exister en effet une relation directe entre le flux de la masse d'air humide océanique dérivé des alizés austraux et les précipitations qu'elle engendre au contact de l'air sec d'origine saharienne. Cette zone de contact, appelée front intertropical de convergence, coïn-

TABLEAU 1 (d'après GALLARDO, 1970)

Paramètres hydroclimatiques annuels  
(extraits de moyennes mensuelles)

Station	Direct. côte	Vent vit.dir. m/s	i	t <sub>air</sub>	t <sub>eau</sub>	t <sub>e</sub> -t <sub>a</sub>	P <sub>m/an</sub>	%
Monrovia	116	2,5 206	0	27,0	27,0	0,5	3,8	32,9
Tabou	88	2,5 206	28	25,8	25,3	- 0,4	2,6	33,8
Sassandra	75	2,5 209	44	25,7	26,0	+ 1	1,9	34,4
Abidjan	97	2,4 214	27	26,4	26,0	- 0,4	2,4	34,2
Accra	62	2,3 223	71	26,5	25,3	- 1	0,7	35,0
Lomé	70	3,0 225	65	27,2	26,9	- 0,4	0,9	34,6
Cotonou	84	3,0 225	51	27,5	27,6	0	1,2	33,5
Lagos	105	2,9 229	34	26,6	27,7	0,8	1,9	32,0
Fernando-Po Douala	145	2,3 230	5	26,5	27,2	1	3,3	26,0
Libreville	195	2,9 212	73	26,5	27,0	0	2,7	31,0
Pointe-Noire	142	1,8 206	26	25,0	24,1	- 1,1	1,3	34,0
Luanda	170	1,6 209	51	24,0	24,5	0	0,3	34,2
Mossamedes	200	2,7 214	76	20,7	21,0	0	0,1	35,4

cidé fréquemment avec la frange côtière puisqu'on y enregistre, en moyenne annuelle, des pluies plus abondantes qu'au large ou qu'à l'intérieur du pays. Dès lors il est logique d'admettre que le flux d'air humide du front intertropical et le flux de mousson traversant la frange côtière varient de façon identique. Ainsi, étant donné un vent de vitesse  $V$  faisant l'angle aigu  $i$  avec la normale à la côte (Fig.1), le flux de mousson  $\phi_m$  traversant la côte variera comme le produit  $V \cos i$ , d'où l'hypothèse d'une corrélation entre les précipitations  $P$  et  $V \cos i$ .

Enfin, une seconde relation où apparaît de nouveau l'angle  $i$  doit exister entre l'abaissement de la température de surface et le vent côtier: la théorie d'Ekman en circulation littorale dit que les flux verticaux d'eau froide profonde doivent remonter à la côte pour compenser le transport de reflux du vent dans la couche où ce dernier exerce son frottement (couche d'Ekman). La rotation du globe terrestre dévie ce transport à  $90^\circ$  à droite du vent dans l'hémisphère nord (à gauche dans l'hémisphère sud); ainsi, dans les zones de résurgence, le refroidissement de la couche d'eau de surface doit varier comme le flux d'eau  $\phi_e$  chassé de la côte et d'expression

$$\phi_e = \frac{k \cdot V^2 \cdot \sin i}{\rho_e \cdot f}$$

où  $k$  est le produit de la masse spécifique de l'air par le coefficient de rugosité de l'océan,  $\rho_e$  est la masse spécifique de la couche d'Ekman et  $f$  est le paramètre de Coriolis (ou tourbillon planétaire).

Pour les flux d'air la normale est orientée positivement vers la terre, tandis qu'elle est dirigée vers l'océan pour le transport d'eau dû au vent.

On retiendra donc pour les recherches de corrélation du chapitre suivant le double rôle de l'angle  $i$  entre

$$\begin{aligned} & - P \text{ et } V \cos i \\ & - \Delta t_e \text{ et } \frac{V^2 \sin i}{f} \end{aligned}$$

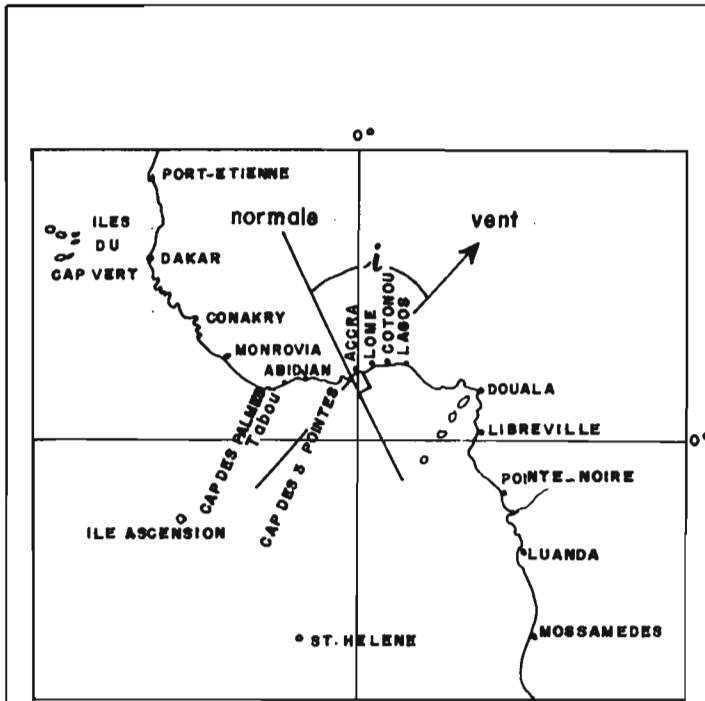


Fig. 1 LE GOLFE DE GUINEE

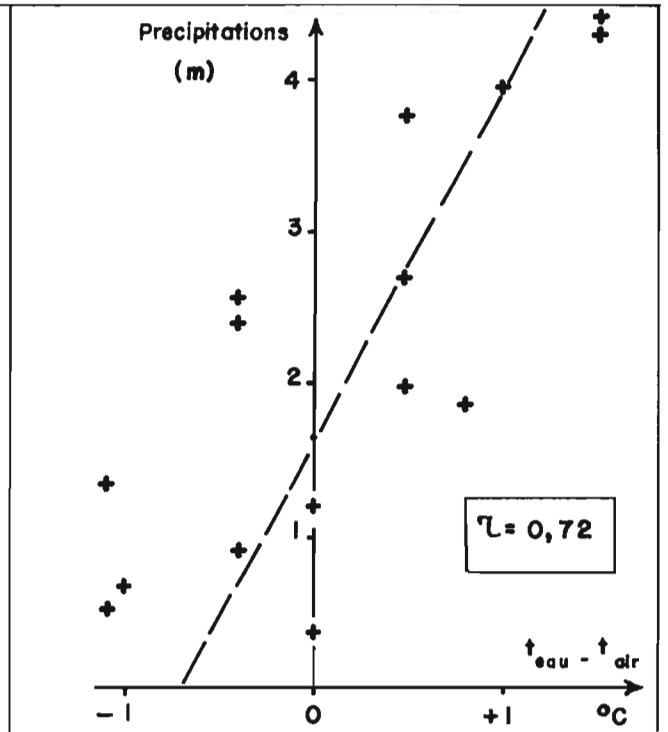


Fig.2 DROITE DE REGRESSION ANNUELLE

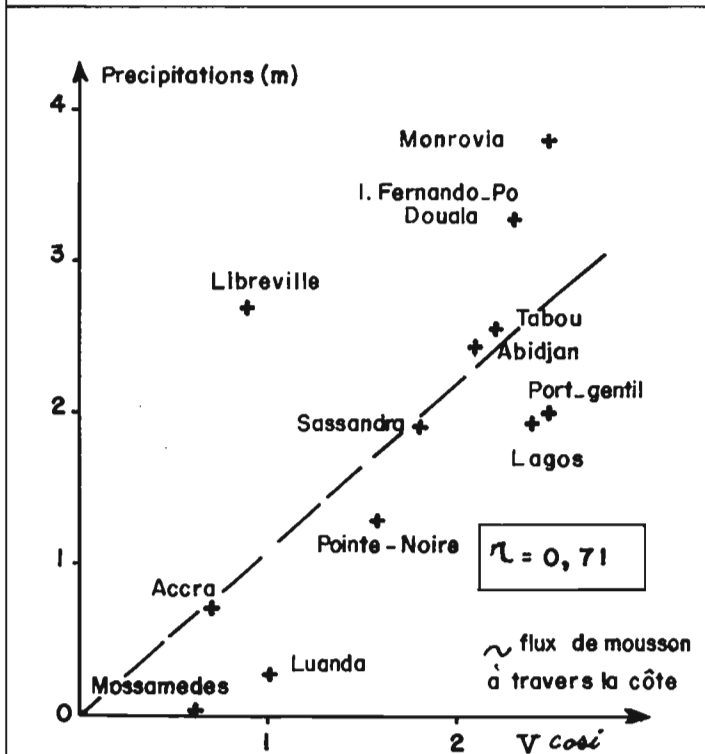


Fig.3 DROITE DE REGRESSION ANNUELLE

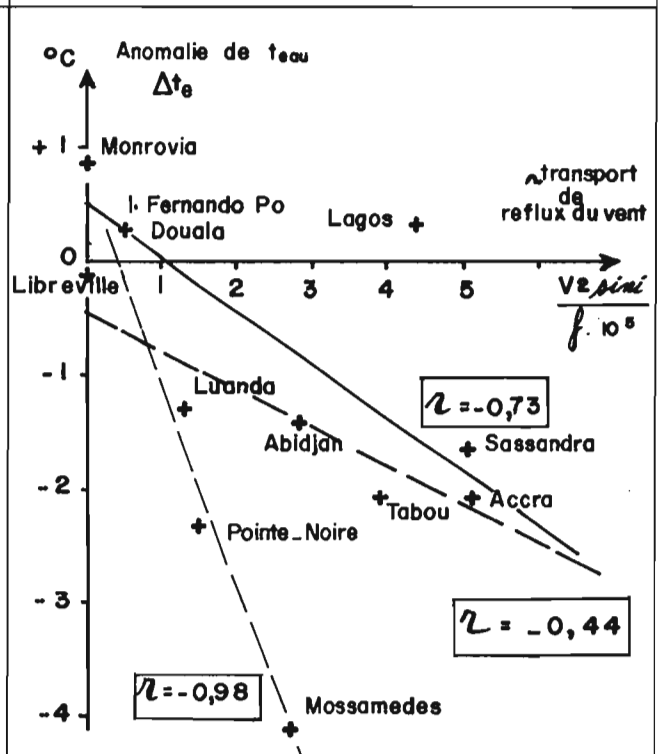


Fig.4 DROITES DE REGRESSION ANNUELLE

### 3.- CORRELATIONS TEMPERATURE DE SURFACE-METEOROLOGIE

#### 3.1.- CORRELATIONS ANNUELLES SPATIALES

Des tests faits sur 17 stations côtières donnent une corrélation de 0,72 (significative à 1%) entre  $(P, t_e)$  et  $(P, t_e - t_a)$  (Fig.2).

La corrélation entre les précipitations et le flux d'air traversant la côte a été calculée pour des sections côtières de 2 degrés (Fig.3). Le coefficient de corrélation égal à 0,71 reste satisfaisant (significatif à 1%) malgré une dispersion importante des stations de Monrovia, Douala et Libreville autour de la droite de régression d'équation  $Pm/an \# 1,1 Vm/s \cos i$  degrés.

Monrovia et Douala présentent un excès de pluie imputable aux monts qui les entourent; quant à Libreville, son excédent de précipitations est peut-être à rattacher à la particularité d'un front océanique bien marqué entre l'île Sao Tomé et le Cap Lopez.

La corrélation température de l'eau, transport de reflux du vent porte sur les paramètres  $\Delta t_e = t_e - t_0$  et  $V^2 \sin^2 i / f \cdot 10^5$  où  $t$  est la température de référence zonale d'après G.SCHOTT et où  $10^5$  a été introduit pour simplifier les résultats. La corrélation sur l'ensemble des deux côtes semble peu significative ( $r = -0,44$ ); en fait il apparaît (Fig.4) deux droites de régression, l'une pour la côte W-E avec  $r = -0,73$  (significatif à 5%), l'autre pour la côte N-S avec  $r = -0,98$  (significatif à 1%). La différence des pentes de régression entre côte N-S et côte W-E est sans doute un artefact dû à la distance à la côte plus grande des mesures de vents utilisées pour la côte W-E. Ainsi les vents y ont été surestimés de 1m/s environ par rapport à la côte N-S, ce qui a eu comme effet de diviser par trois la pente de régression de la côte W-E. Pour confirmer cette explication on peut montrer pour les stations d'Abidjan et de Pointe-Noire que la différence de pente n'est pas imputable à la non-homogénéité de la relation

$$\Delta t_e, \frac{V^2 \sin^2 i}{f \cdot 10^5}$$

En effet, pour obtenir une corrélation homogène et si l'on omet les termes de diffusion verticale et de convection horizontale dans l'océan, on doit écrire

$$W \neq \frac{t_e}{\left(\frac{\Delta \theta}{\Delta z}\right) \cdot T} \text{ proportionnel à } \frac{V^2 \sin i}{f \cdot 10^5 \cdot l}$$

c'est à dire  $\Delta t_e = K \frac{V^2 \sin i}{f \cdot 10^5}$  avec  $K = \frac{\left(\frac{\Delta \theta}{\Delta z}\right) T}{l}$  où  $W$  est la vitesse verticale,  $\frac{\Delta \theta}{\Delta z}$  le gradient vertical moyen de température dans la couche concernée par l'upwelling,  $T$  la durée de l'upwelling,  $l$  la largeur de la zone d'upwelling.

La comparaison d'une centaine d'observations entre la station côtière d'Abidjan (fond de 20m) et celle du wharf de Pointe-Noire (fond de 17m), en 1970, a donné les résultats du tableau 2. Nous avons pris pour  $l$  la distance des fonds de 20m à la côte, parce que les eaux atteignant la surface ne proviennent pas de profondeurs supérieures à 20m, en prenant comme référence les températures de subsurface du mois précédent le refroidissement de surface. On constate que le facteur  $K$  ne diffère pas assez entre ces deux stations pour expliquer la différence de pente des droites de régression de la figure 4.

Enfin, l'affaiblissement relatif de la corrélation sur la côte W-E provient d'avoir négligé le terme de convection horizontale. Contrairement à la côte N-S, la côte W-E est longée par un courant chaud et quasi permanent, le courant de Guinée, dont le débit vers l'est croît avec les vents de mousson, ce qui a l'effet contraire de réchauffer les eaux de surface.

PARAMETRES	$\frac{\Delta \theta}{\Delta z}$	T	l	K
ABIDJAN	0,14°C/m	6 mois	1000 m	$8,4 \cdot 10^{-4}$
POINTE-NOIRE	0,17°C/m	5 mois	1700 m	$5,0 \cdot 10^{-4}$

TABLEAU 2

Comparaison du facteur  $K = \frac{\left(\frac{\Delta \theta}{\Delta z}\right) T}{l}$  à Abidjan et Pointe-Noire

### 3.2.- CORRELATIONS SAISONNIERES

Elles portent uniquement sur une série temporelle de 16 années d'observations hydrométéorologiques à Pointe-Noire. L'année se découpe de façon simple en une saison des pluies de janvier à mai, une saison sèche de mai à septembre et une période de transition d'octobre à décembre.

Les corrélations  $(t_e, p)$ ,  $(t_e, t_a)$ ,  $(t_e - t_a, p)$  apparaissent dans le tableau 3. Une bonne corrélation existe pour les températures de l'eau de surface, d'une part avec les précipitations en saison des pluies, d'autre part avec les températures de l'air en saison sèche et en période de transition. La corrélation  $(t_e - t_a, P)$  est plus forte que  $(t_e, P)$  en saison des pluies et moins forte en période de transition. La différence  $t_e - t_a$  étant un indice d'instabilité de l'interface, notre interprétation est que la part des orages locaux est plus grande en janvier avril (saison des pluies) qu'en octobre-décembre dans le phénomène général de pluies de mousson. Enfin l'absence de corrélation  $(t_e, t_a)$  en saison des pluies provient sans doute de la prédominance des phénomènes de convection (précipitations et courants chauds de surface) sur ceux de radiation.

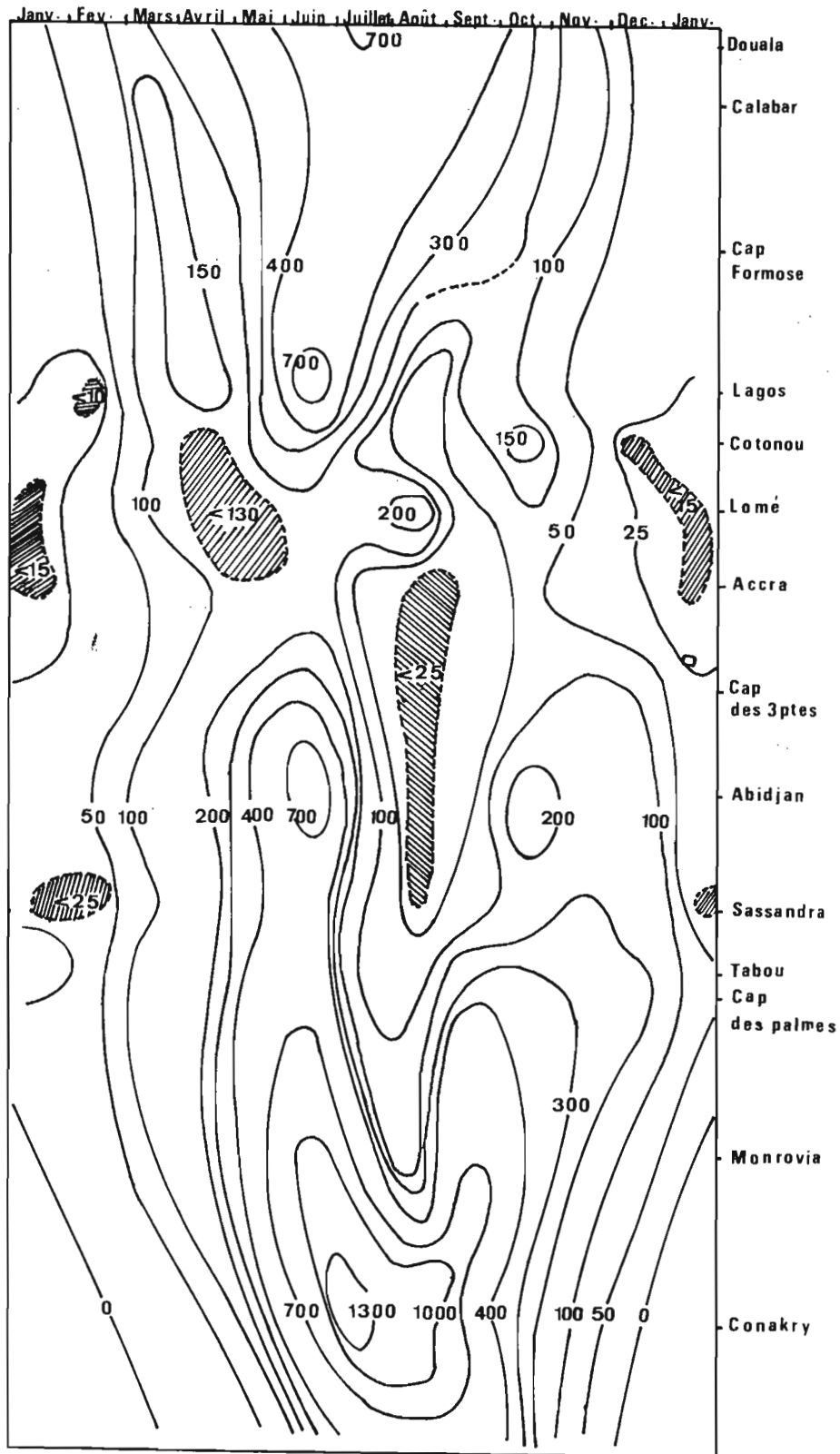
	SAISON DES PLUIES	SAISON SECHE	TRANSITION
$t_e, P$	$r = 0,81$ significatif à 1‰		$r = 0,59$ 2%
$t_e, t_a$	$r = 0,04$ aucune corrélation	$r = 0,74$ 1‰	$r = 0,81$ 1‰
$t - t, P$	$r = 0,87$ 1‰		$r = 0,46$ 6%

TABLEAU 3: - Corrélations saisonnières à Pointe-Noire

### 4.- CORRELATIONS SALINITES DE SURFACE-METEOROLOGIE

L'évolution spatio-temporelle des précipitations et des salinités apparaît sur les figures 5 et 6. La corrélation des précipitations avec les





**Fig. 5** ISOHYETES MENSUELS (mm)

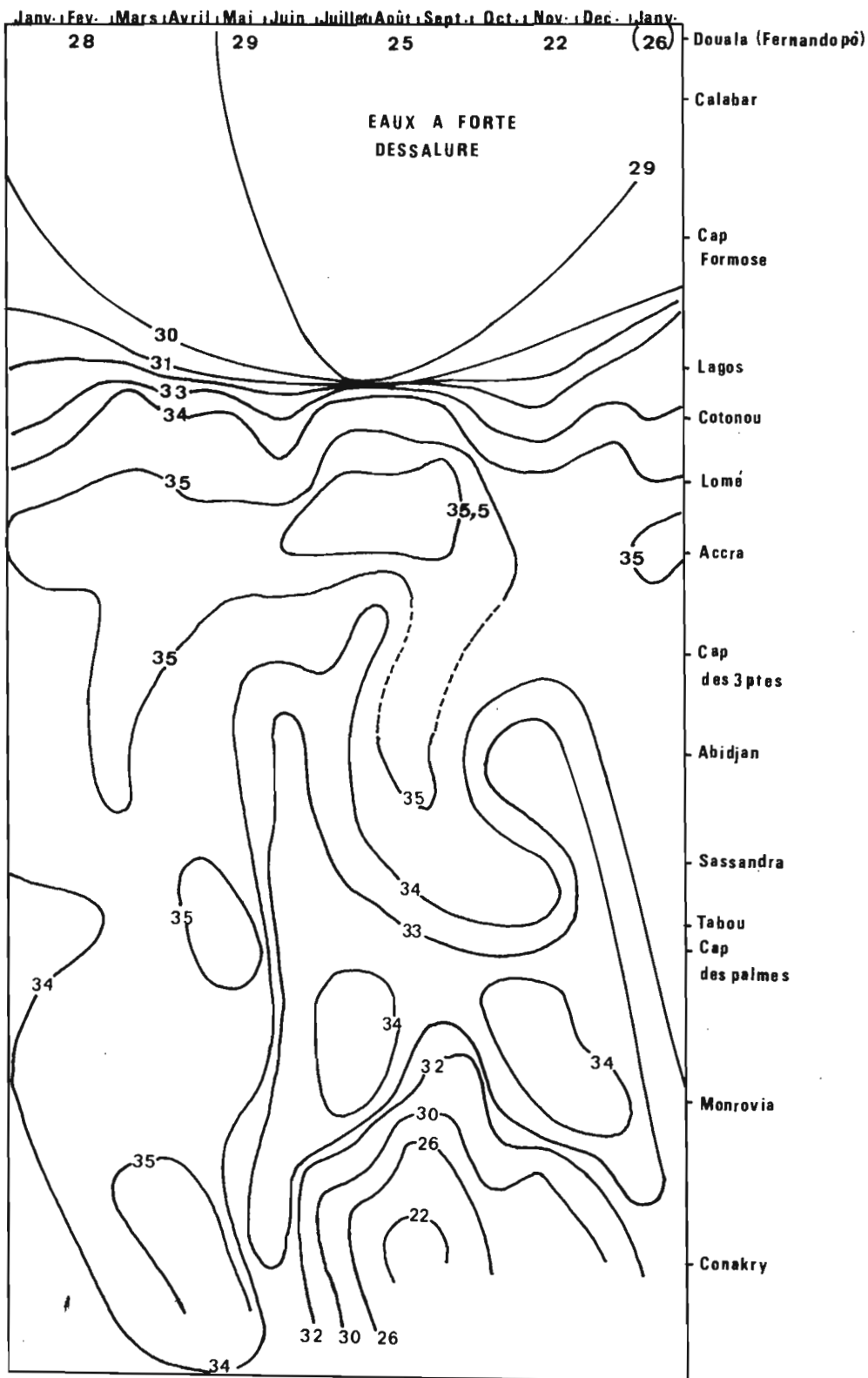


Fig. 6 SALINITES DE SURFACE

salinités ( $r = -0,63$ ) significative à 5% est inférieure à celle des précipitations avec les températures de l'eau. La liaison directe des salinités avec le flux de mousson ( $r = -0,41$ ) est peu significative tandis qu'elle l'est encore au niveau 5% ( $r = 0,52$ ) avec le transport de reflux. Certaines stations situées sur des estuaires ou à leur proximité expliquent sans doute la médiocrité de ces corrélations.

## 5.- CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Ce travail fait état de liaisons étroites et logiques entre les paramètres climatiques terrestres et marins sur le littoral du golfe de Guinée. Il montre le rôle direct du flux dévié des alizés austraux, et sur les précipitations et sur les températures de l'eau et l'influence de l'angle d'attaque de la côte par le vent. Il est probable que les corrélations saisonnières obtenues à Pointe-Noire existent pour la plupart des stations côtières. L'influence des courants horizontaux sur ce doit expliquer certains cas de corrélations faibles ou nulles.

Cette étude simple pourrait être approfondie par l'emploi de corrélations partielles et multiples. Toujours est-il qu'une estimation satisfaisante des fortes variabilités hydroclimatiques annuelles et peut-être même saisonnières dépend surtout de la connaissance des alizés austraux et de leur mécanisme de déviation vers les basses pressions du continent africain.

## BIBLIOGRAPHIE

- GALLARDO (Y.), 1970.- Rapport sur les hydroclimats côtiers du golfe de Guinée.  
Rapport intérieur - C.R.O., 17 p.
- SCHOTT (G.), 1944.- Géographie des atlantischen Ozeans.  
Verlag von C. Boysen, Hamburg, pp. 252-263