

AGENCE
POUR LA SECURITE DE LA NAVIGATION AERIENNE
EN AFRIQUE ET A MADAGASCAR

●
P U B L I C A T I O N

de la

Direction de l'Exploitation Météorologique

●
N° 24

●
**CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES INTERACTIONS
OCÉAN - ATMOSPHÈRE
SUR LES COTES DE L'OUEST AFRICAIN**

Par M. DOROT

Ingénieur des Travaux Météorologiques

Office de la Recherche Scientifique
Outre-Mer
O R S T O M
D A K A R

Direction
de l'Exploitation Météorologique
A S E C N A
B. P. 3.144 — D A K A R

« Il convient parfois qu'une erreur tapageuse
force l'attention sur des vérités trop discrètes »

J. ROSTAND

**CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES INTERACTIONS
OCÉAN - ATMOSPHÈRE
SUR LES COTES DE L'OUEST AFRICAIN**

par

M. DOROT

Cette publication est le résultat d'études entreprises dans le cadre d'un travail de fin de stage sous la direction de Messieurs ROMER et BERRIT, poursuivies sous celles de Monsieur REBERT et des membres du Bureau d'Etudes de l'A.S.E.C.N.A. : MM GARNIER, DHONNEUR, GIRAUD et FINAUD.

Les océanographes du Centre de DAKAR-THIAROYE Messieurs CHAMPAGNAT, CHABANNE, BOELY, CREMOUX et Monsieur PERRAUD, Directeur de l'O.R.S.T.O.M. à Dakar, m'ont apporté une aide précieuse.

Que tous trouvent ici l'expression de mes très sincères remerciements.

Le but de cette étude est de déterminer des éléments simples permettant de mieux appréhender les interactions océan - atmosphère dans le Golfe de Guinée. Un premier compte rendu technique fut écrit en Janvier 1972.

Nous rappellerons dans une première partie ce qui nous a conduit à essayer de trouver une liaison entre les températures de la mer en surface le long des côtes et la pluviométrie en bordure du littoral.

Nous analyserons ensuite la situation météorologique de l'Ouest Africain et rappellerons quelques notions d'océanographie.

Enfin nous examinerons plus en détail la situation le long des côtes sénégalaises et la région Abidjan, Lomé, Cotonou.

/ Ière PARTIE /

I Les Fluies en bordure du golfe de Guinée.

Intéressons-nous plus particulièrement à la pluviosité sur la zone côtière depuis le Cap Blanc jusqu'à Douala ; Des particularités importantes apparaissent, spécifiques de la côte :

- la répartition zonale, qui est règle à l'intérieur, n'est plus du tout respectée.

- les intensités sont nettement plus fortes.

Si on observe la répartition des précipitations cotières annuelles on distingue 4 zones (Fig I-I-A, Fig I-I-B)

1) une zone de très faibles pluies : du Cap Blanc à Dakar. La hauteur annuelle croît progressivement du cap Blanc (25mm) à Dakar (600mm).

2) Une zone de fortes pluies ayant pour limites, au nord, les îles Bissagos et, au sud, le Cap des Palmes. A l'intérieur de cette bande cotière les hauteurs annuelles sont supérieures à 3000mm, atteignant 4000 mm et 4 500 mm respectivement à Monrovia et Conakry

On peut remarquer deux sous zones d'activité plus importante :

- la première du Cap Verga à Freetoun

- la seconde du Cap Sierra Leone à Monrovia.

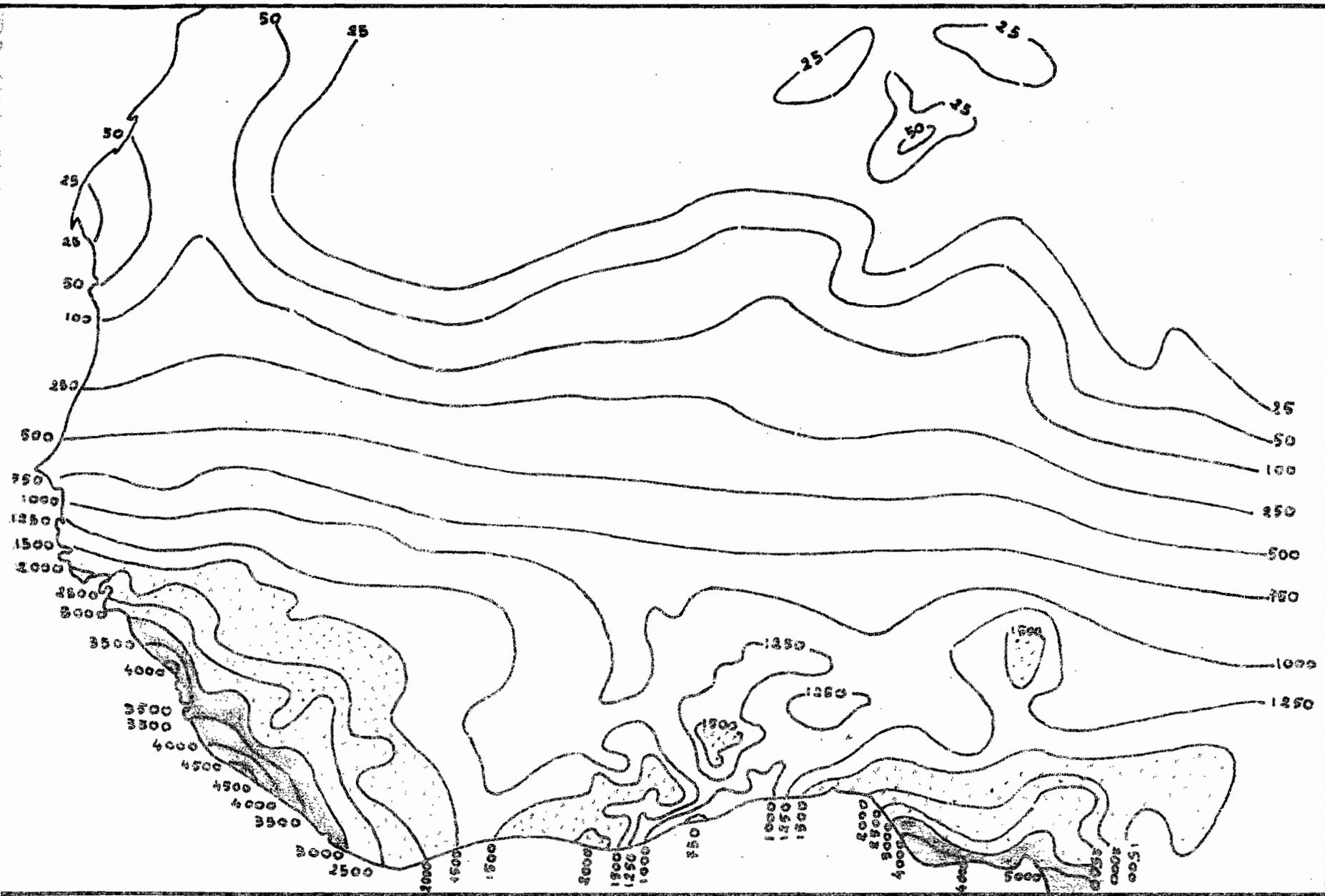
3) une zone de pluie modérées de Grand Lahou à Cotonou avec une moyenne de 1 500 mm. Deux particularités sont à noter :

- à l'Ouest du cap des Trois Pointes : une petite zone contenant Abidjan présente une intensité plus importante avec 2 000 mm.

- autour des villes d'Accra et de Lomé, la hauteur des Pluies^s est inférieure à 750 mm.

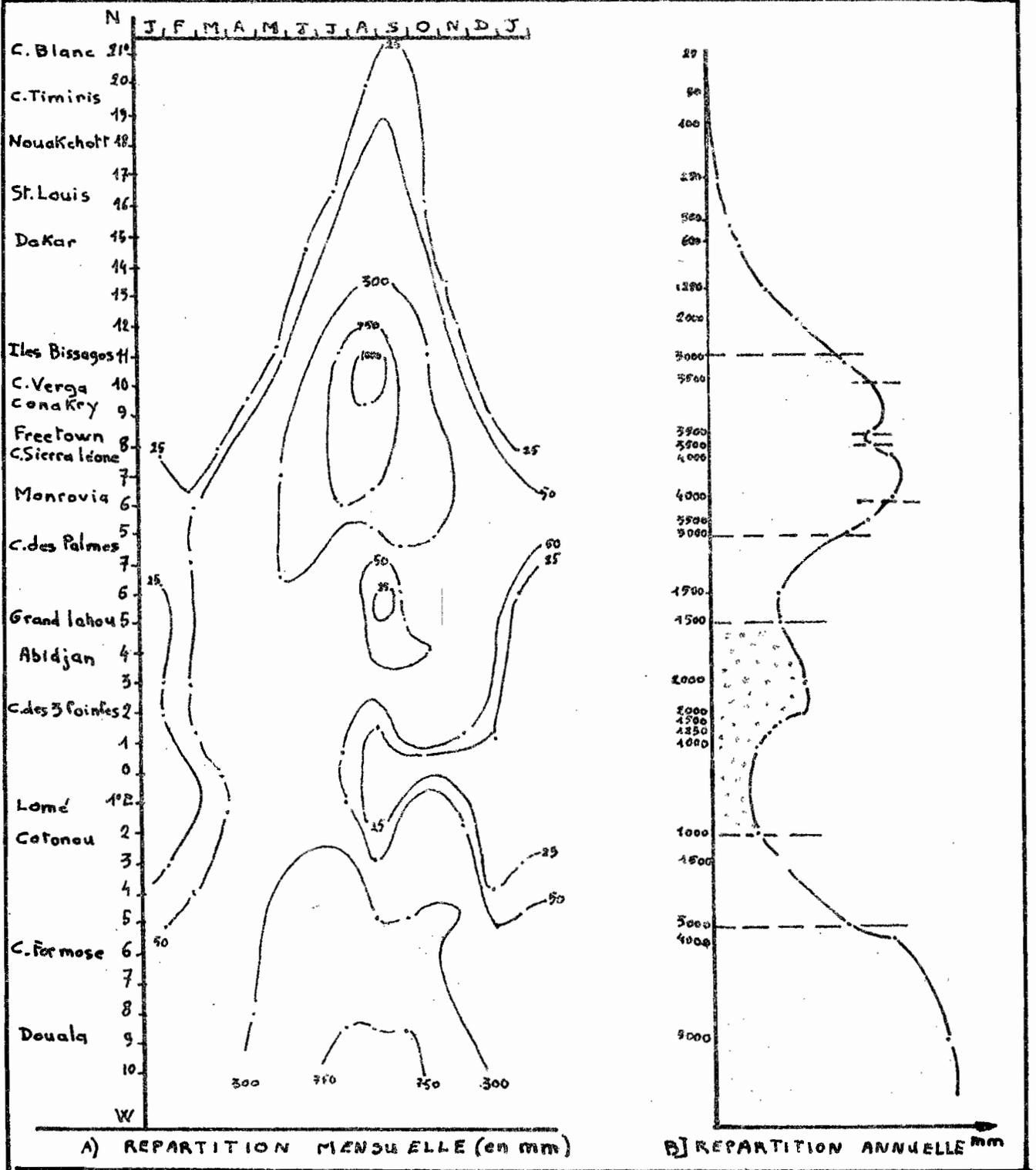
4) Une nouvelle zone de fortes pluies entourant la baie de Biafra atteignant 4 000 mm autour du Cap Formose et 5 000 mm à Douala.

Ces 4 domaines sont reliés par des zones de transition où la pluviométrie varie à peu près linéairement. Examinons le détail du phénomène en considérant les moyennes mensuelles.



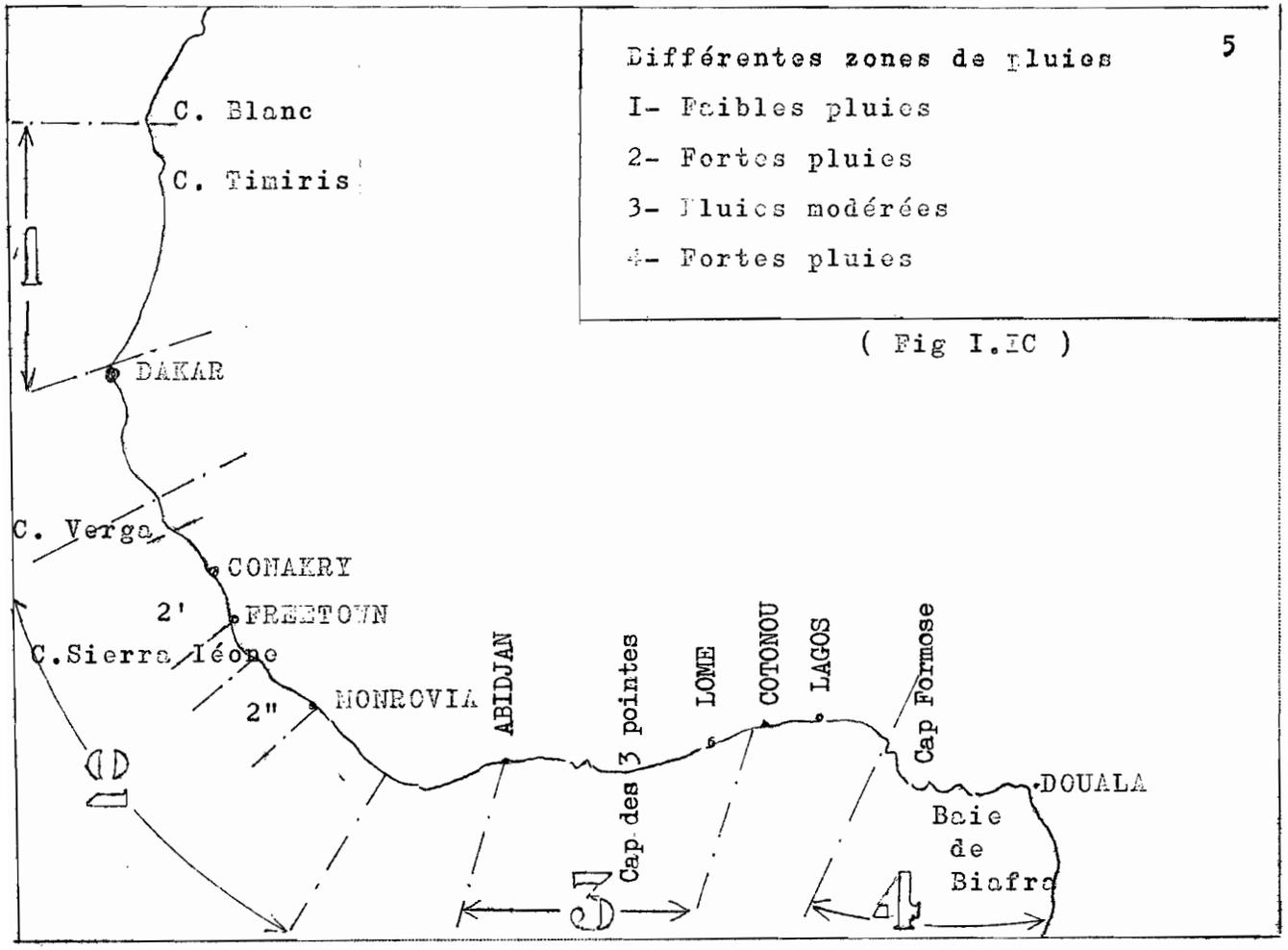
Moyennes mensuelles des pluies (en mm) pour la période 1921-1950
 (Fig. I-1-A)

REPARTITION DES PLUIES DANS LE GOLFE DE GUINEE



- Différentes zones de pluies
- 1- Faibles pluies
 - 2- Fortes pluies
 - 3- Pluies modérées
 - 4- Fortes pluies

(Fig I.1C)



On remarque une limite séparant la zone de sécheresse avec une hauteur annuelle de pluie inférieure à 25 mm, de celle des pluies. On pourrait appeler cette limite : "Front Nord des Pluies". Ce "front" se déplace entre le Cap Blanc (21°N) et Monrovia (6°N). En Janvier il est à la latitude du Cap Sierra Léone il atteint sa position la plus méridionale en Février où il se trouve à Monrovia. Il avance ensuite progressivement vers le nord et occupe sa position la plus septentrionale en fin Août, début Septembre. Puis il amorce le mouvement inverse pour revenir au Cap Sierra Léone en Janvier. Au nord de ce front, règne la sécheresse.

Au Sud de cette limite : une zone de transition, les quantités moyennes de pluies augmentent vers le Sud. C'est ensuite le domaine des fortes pluies, le long de la Côte des Graines. Elles présentent un maximum d'activité en Juillet-Août avec un noyau de pluies importantes (moyenne mensuelle durant la période supérieure à 750 mm) entre les Iles Bissagos et Monrovia.

Une zone de transition nous amène à celle des pluies

modérées. On peut y noter deux noyaux de plus faible intensité.
(moyenne mensuelle inférieure à 100 mm.)

- le premier d'Août à Septembre dans la région de grand Labou.

- le second de Juillet à Novembre entre le Cap des 3 pointes et Cotonou.

Enfin on retrouve en Baie de Biafra les fortes précipitations avec un maximum autour de Douala.

La répartition des pluies sur les côtes du Golfe de Guinée est très irrégulière. Le tableau suivant donne un résumé de la situation. Certaines stations y sont récapitulées : moyenne annuelle en mm, ainsi que le nombre de jours de pluie correspondant. On peut aussi y trouver les minimums et les maximums annuels. Une étude plus précise de la pluviométrie suit, pour chaque station retenue, sous forme de tableau : pour chaque ville, sont indiqués, pour la période considérée : les moyennes mensuelles en mm, les maximums et les minimums mensuels, les maximums de pluies en 24 heures pour chaque mois, le nombre moyen de jours de pluie, les courbes annuelles de pluies.

| PAYS-VILLE | Minimum sur un an en mm | Précipitation annuelle en mm | Maximum sur un an en mm | NB moyen de jour de pluie |
|-----------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| SENEGAL DAKAR | 383 | 612 | 901 | 48 |
| SENEGAL M'BOURG | 439 | 685 | 1146 | 41 |
| COTE D'IVOIRE ABIDJAN | 1487 | 1976 | 2678 | 152 |
| TOGO LOME | 502 | 767 | 1125 | 64 |
| DAHOMY COTONOU | 782 | 1245 | 1946 | 96 |
| GABON LAMBARENE | 1683 | 2042 | 2721 | 129 |
| CAMEROON DOUALA | 3238 | 3982 | 4000 | 232 |
| MOYEN CONGO POINTE NOIRE | 689 | 1268 | 1940 | 119 |

Remarques

On peut déduire, de ce tableau récapitulatif, les constatations suivantes :

- Très grandes variations pluviométriques entre les stations. En moyenne annuelle, Douala recueille plus de 6 fois la hauteur de pluie de Dakar.
- Variations importantes suivant les années : C'est pourquoi les chiffres précédents doivent être considérés comme relatifs à une période donnée et non comme des valeurs définitives.
- Douala est la seule station présentant de faibles écarts entre les années extrêmes de pluie.

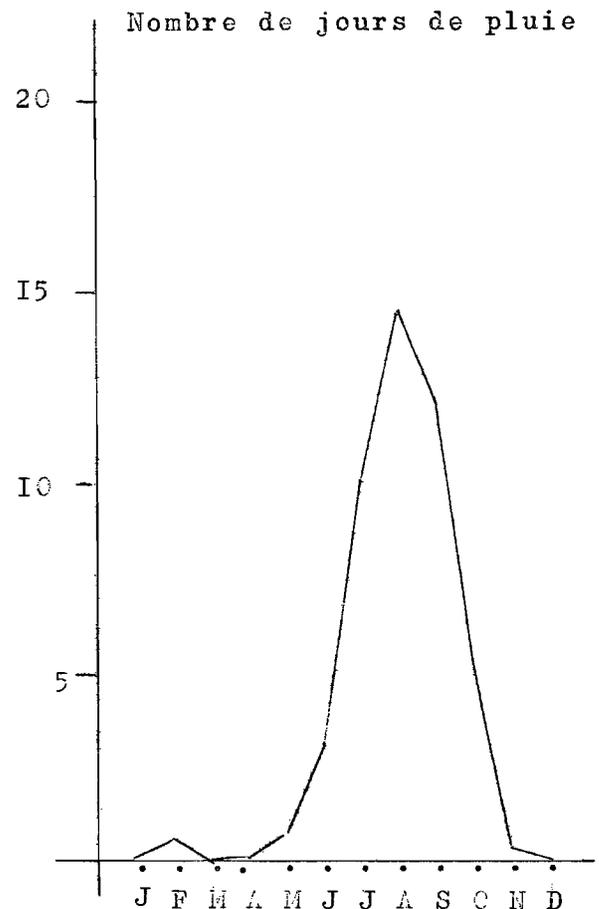
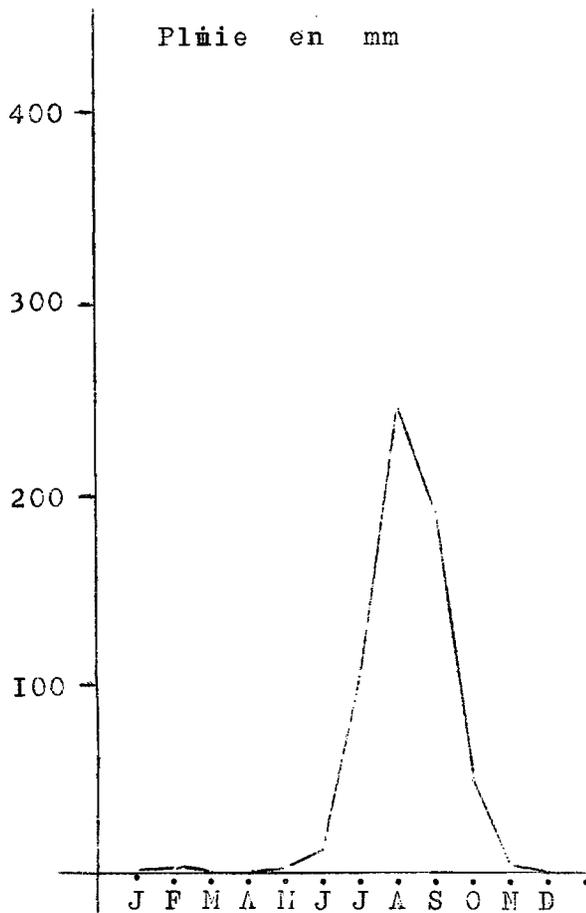
S E N E G A L

D A K A R

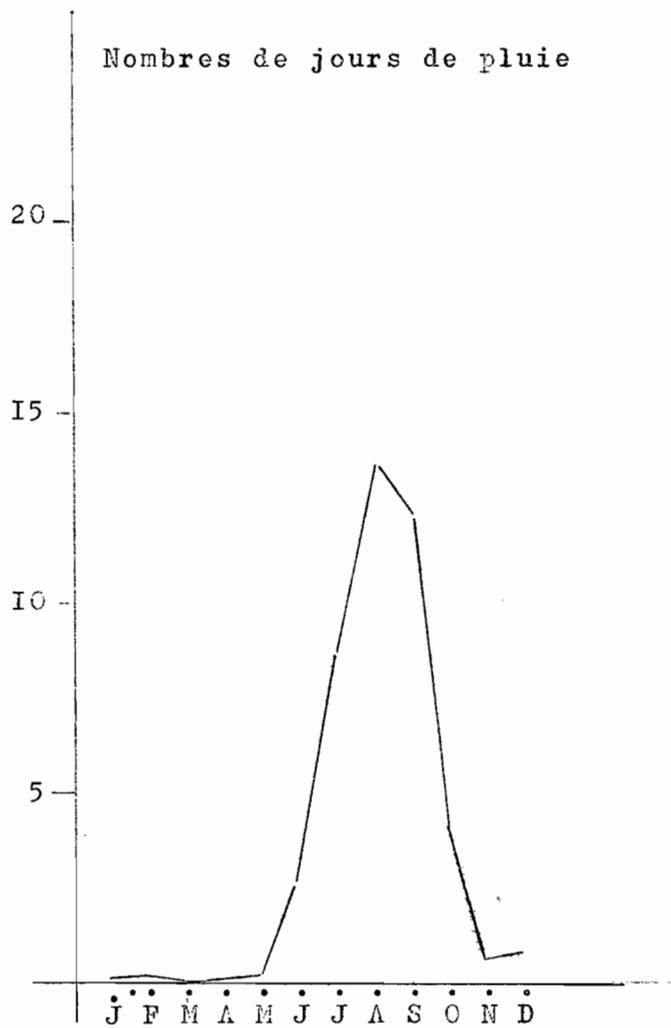
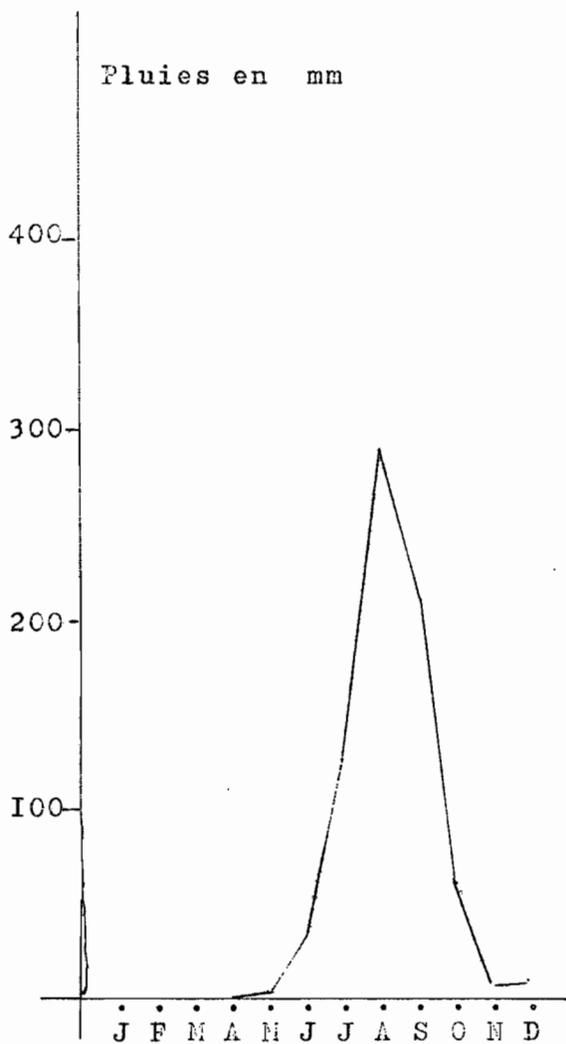
Période

1947 - 1955

| | Moyenne en mm | Maximums Quant. An | Minimums Quant. An | Max. en 24h Quant. an | Nb de jours | | |
|---|------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|-------------|------|-----|
| | | | | | 0,1 | 10 | 50 |
| J | Tr | 0.4 1954 | Nt + | 0.4 1954 | 0.1 | 0.0 | 0.0 |
| F | 2.3 | 20.3 1954 | Nt + | 12.4 1954 | 0.7 | 0.1 | 0.0 |
| M | Tr | Tr + | Nt + | Tr + | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| A | 0.1 | 1.3 1952 | Nt + | 1.3 1952 | 0.1 | 0.0 | 0.0 |
| M | 2.9 | 15.3 1951 | Nt + | 14.9 1951 | 0.8 | 0.1 | 0.0 |
| J | 11.3 | 33.4 1954 | 1.5 1952 | 24.1 1954 | 3.2 | 0.4 | 0.0 |
| J | 104.9 | 272.5 1955 | 22.8 1947 | 64.4 1955 | 10.1 | 4.0 | 0.2 |
| A | 244.9 | 411.2 1950 | 71.3 1953 | 94.0 1948 | 14.6 | 12.0 | 0.8 |
| S | 193.4 | 329.9 1952 | 54.5 1948 | 144.0 1954 | 12.2 | 5.9 | 0.7 |
| O | 47.5 | 250.0 1951 | 8.9 1947 | 45.8 1951 | 5.1 | 2.0 | 0.0 |
| N | 4.8 | 22.4 1954 | Nt + | 18.6 1951 | 0.4 | 0.2 | 0.0 |
| D | 0.2 | 1.5 1949 | Nt + | 1.5 1949 | 0.1 | 0.0 | 0.0 |
| T | 612.1 | 901.0 1951 | 382.8 1947 | 144.0 1951 | 47.4 | 18.6 | 1.7 |



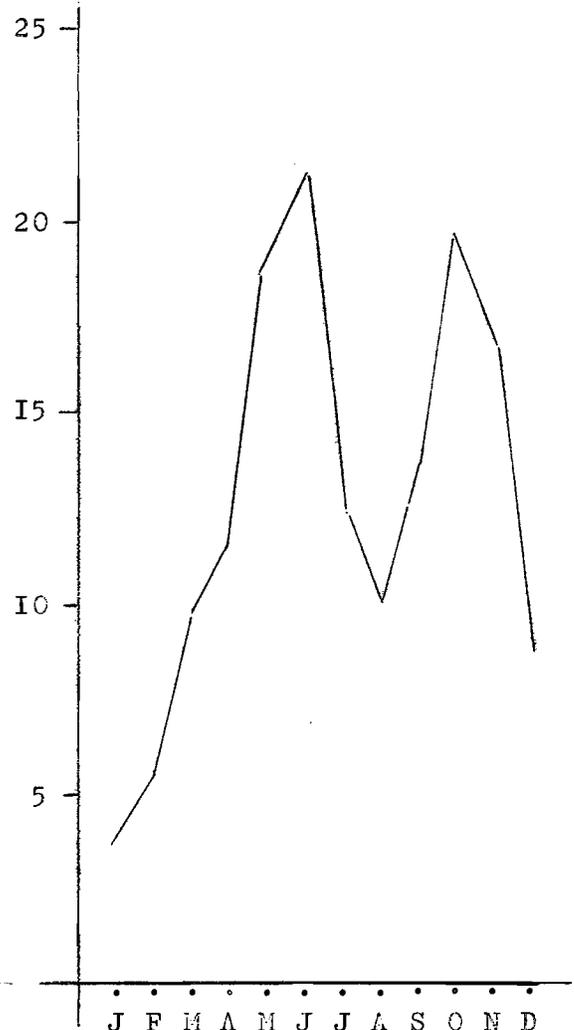
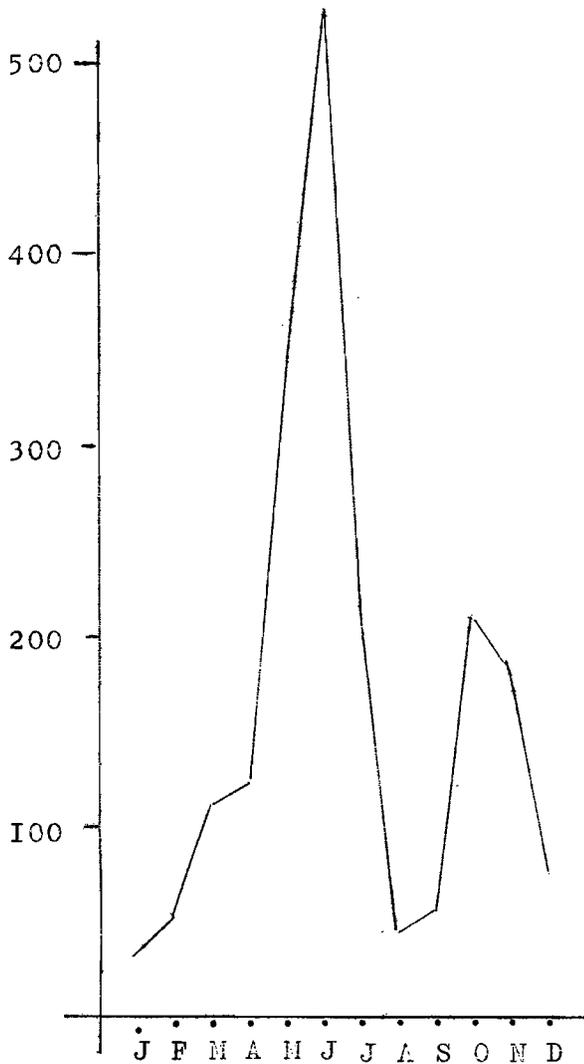
| | Moyenne en mm | Maximums Quant. An | Minimums Quant. An | Max. en 24h Quant. An | Nb. de jours | | |
|---|------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|--------------|------|------|
| | | | | | 0.1 | 10.0 | 50.0 |
| J | 0.4 | 10.0 1935 | Nt + | 10.0 1935 | 0.1 | | |
| F | 0.5 | 4.4 1954 | Nt + | 3.0 1954 | 0.2 | | |
| M | Nt | Nt + | Nt + | Nt + | 0.0 | | |
| A | 0.1 | 2.0 1944 | Nt + | Nt + | 0.1 | | |
| M | 2.2 | 30.4 1952 | Nt + | 30.4 1952 | 0.2 | | |
| J | 30.1 | 83.0 1936 | Nt 1936 | 60.0 1952 | 2.7 | | |
| J | 127.3 | 271.0 1943 | 29.0 1941 | 116.2 1955 | 8.6 | | |
| A | 287.7 | 617.9 1958 | 57.0 1941 | 225.0 1932 | 13.7 | | |
| S | 210.4 | 382.0 1941 | 42.0 1948 | 173.6 1953 | 12.3 | | |
| O | 64.7 | 269.0 1951 | Nt 1954 | 118.0 1951 | 4.1 | | |
| N | 5.7 | 119.0 1933 | Nt + | 84.0 1933 | 0.9 | | |
| D | 7.3 | 132.0 1943 | Nt + | 20.0 1956 | 0.4 | | |
| T | 736.4 | 1158.0 1951 | 439.0 1949 | 225.0 VIII 1932 | 42.9 | | |



COTE D'IVOIRE Abidjan

Période : 1931 - 1954

| | Moyenne en mm | Maximums | | Minimums | | Max. en 24h Quant. An | Nb. de Jours | | | |
|---|------------------|----------|------|----------|------|--------------------------|--------------|-------|------|-----|
| | | Quant. | An | Quant. | An | | 0.1 | 10 | 50 | |
| J | 32 .0 | 108 | 1940 | Nt | + | 48.8 | 1940 | 3.7 | 1.3 | 0.0 |
| F | 51 .5 | 179 | 1932 | Nt | + | 149.5 | 1932 | 5.4 | 1.9 | 0.2 |
| M | 113 .1 | 232 | 1953 | 21 | 1937 | 71.5 | 1953 | 9.7 | 3.4 | 0.6 |
| A | 125 .8 | 276 | 1954 | 46 | 1952 | 74.7 | 1953 | 11.5 | 4.0 | 0.3 |
| M | 342 .9 | 686 | 1946 | 76 | 1944 | 231.5 | 1954 | 18.6 | 7.9 | 1.7 |
| J | 529 .1 | 1036 | 1935 | 200 | 1941 | 221.0 | 1935 | 21.3 | 11.8 | 3.9 |
| J | 202 .6 | 664 | 1944 | 6 | 1942 | 275.3 | 1935 | 12.5 | 3.5 | 1.2 |
| A | 43 .8 | 255 | 1949 | 4 | 1936 | 95.3 | 1939 | 10.1 | 0.9 | 0.1 |
| S | 67 .1 | 185 | 1952 | 8 | 1939 | 53.9 | 1952 | 13.7 | 1.8 | 0.1 |
| O | 211 .8 | 460 | 1942 | 8 | 1939 | 159.5 | 1954 | 19.7 | 6.1 | 0.7 |
| N | 180 .5 | 346 | 1943 | 81 | 1944 | 103.4 | 1933 | 16.8 | 5.4 | 0.8 |
| D | 76 .2 | 175 | 1944 | 5 | 1940 | 60.0 | 1938 | 8.8 | 2.9 | 0.1 |
| T | 1976 .4 | 2678 | 1935 | 1487 | 1936 | 275.3 | 1935 | 151.8 | 50.9 | 9.7 |

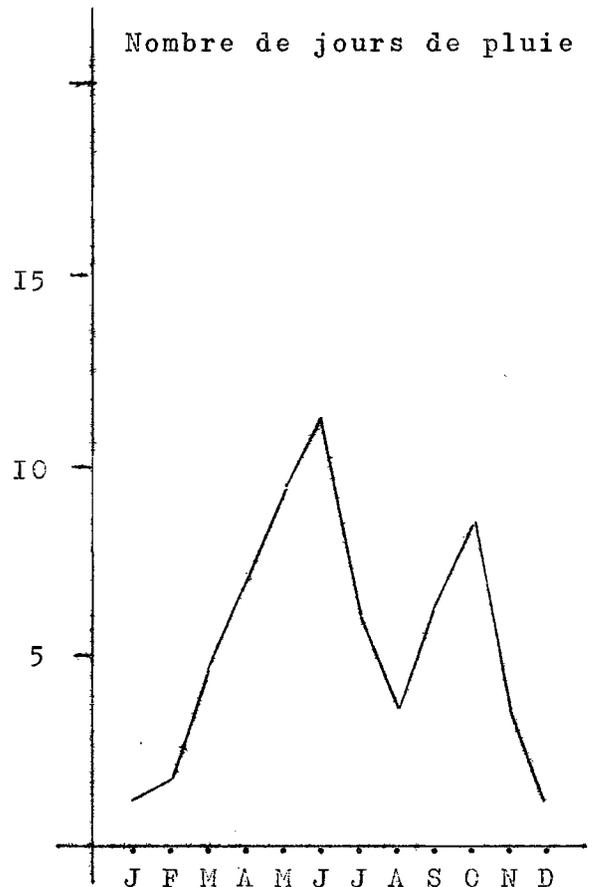
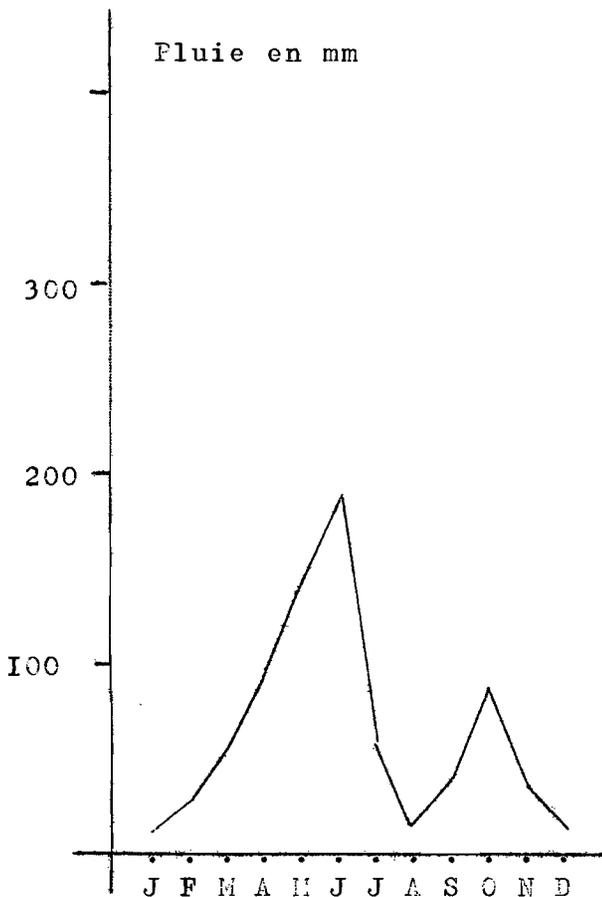


T O G O

L O N E - V I L L E

Période de 50 ans (---1959)

| | Moyenne en | | Nbre moyen de | | Minimums | | Maximums | | |
|---|------------|---|----------------|---|-------------|-------|-------------|-------|---|
| | mm | | jours de pluie | | Pluie mm | Jours | Pluie mm | Jours | |
| J | 12 | 7 | 1 | 1 | 0 | 0 | 80 | 9 | |
| F | 28 | 9 | 1 | 8 | 0 | 0 | 155 | 7 | |
| M | 55 | 5 | 4 | 6 | 0 | 0 | 159 | 0 | |
| A | 93 | 2 | 6 | 6 | 19 | 4 | 227 | 0 | |
| M | 138 | 6 | 9 | 5 | 2 | 2 | 355 | 6 | |
| J | 188 | 0 | 11 | 3 | 4 | 4 | 470 | 0 | |
| J | 60 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 348 | 8 | |
| A | 15 | 8 | 3 | 7 | 0 | 0 | 95 | 4 | |
| S | 38 | 6 | 6 | 2 | 0 | 0 | 143 | 7 | |
| O | 89 | 7 | 8 | 3 | 2 | 6 | 292 | 0 | |
| N | 35 | 3 | 3 | 6 | 0 | 0 | 150 | 9 | |
| D | 11 | 4 | 1 | 1 | 0 | 0 | 82 | 6 | |
| T | 767 | 4 | 63 | 8 | 501 | 7 | 29 | 1124 | 9 |

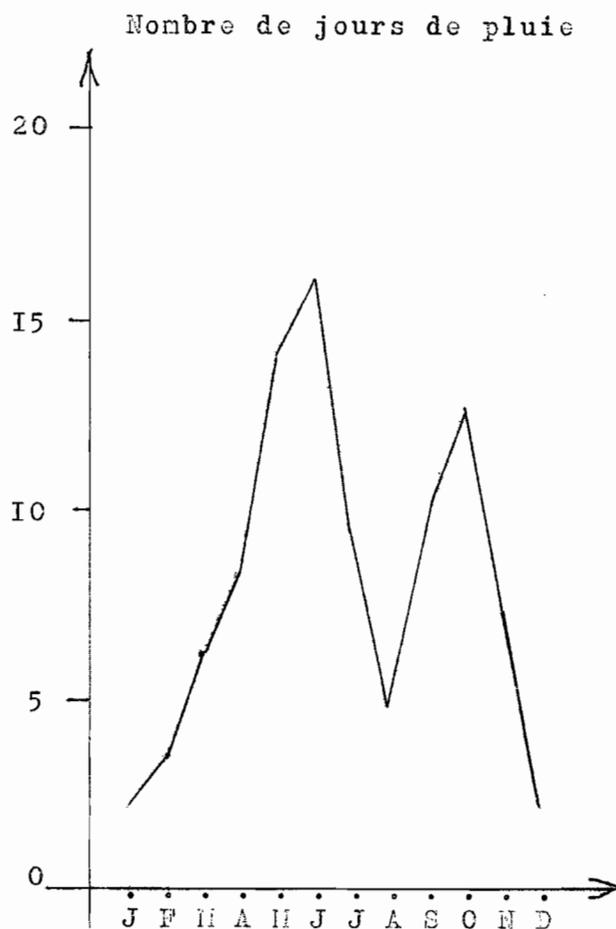
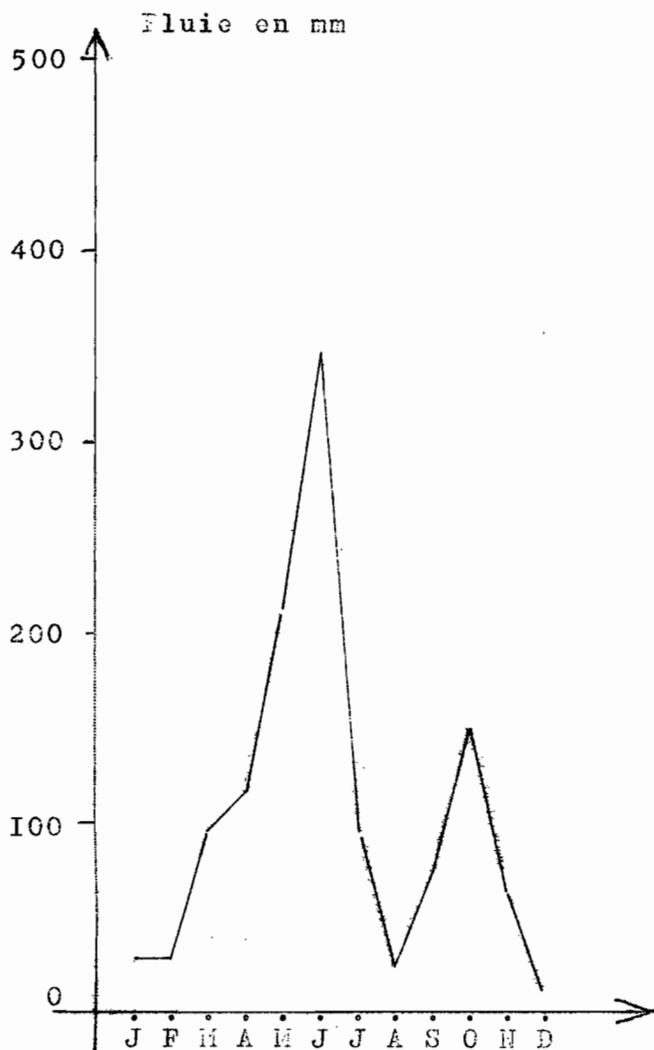


D A H O M E Y :

Cotonou

Période 1922 - 1954

| | Moyenne en mm | Maximums | | Minimums | | Max. en 24h | | Nb. de jours | | |
|---|------------------|----------|------|----------|------|-------------|------|--------------|------|-----|
| | | Quant. | An | Quant. | An | Quant. | An | 0,1 | 10 | 50 |
| J | 27,9 | 161 | 1943 | Nt | + | 82.5 | 1933 | 2.1 | 0.8 | 0.2 |
| F | 26.6 | 81 | 1937 | Nt | + | 85.8 | 1937 | 3.4 | 1.0 | 0.1 |
| M | 94.6 | 189 | 1954 | 18 | 1929 | 75.2 | 1939 | 6.2 | 3.3 | 0.5 |
| A | 115.9 | 303 | 1926 | 31 | 1925 | 114.9 | 1940 | 8.2 | 3.1 | 0.3 |
| M | 212.8 | 449 | 1933 | 55 | 1927 | 153.0 | 1935 | 14.0 | 6.0 | 1.1 |
| J | 348.2 | 691 | 1934 | 104 | 1928 | 169.0 | 1935 | 16.0 | 5.1 | 2.3 |
| J | 93.3 | 552 | 1947 | 1 | + | 84.0 | 1934 | 9.5 | 2.2 | 0.3 |
| A | 26.6 | 145 | 1925 | Nt | + | 55.0 | 1934 | 4.8 | 1.0 | 0.1 |
| S | 75.8 | 223 | 1947 | 1 | 1939 | 68.1 | 1951 | 9.9 | 2.4 | 0.1 |
| O | 149.2 | 318 | 1924 | 13 | 1939 | 115.0 | 1934 | 12.6 | 4.3 | 0.3 |
| N | 62.2 | 231 | 1952 | 6 | 1924 | 109.4 | 1952 | 7.3 | 2.1 | 0.1 |
| D | 10.8 | 47 | 1933 | Nt | + | 25.0 | 1938 | 2.1 | 0.3 | 0.0 |
| T | 1245.1 | 1946 | 1933 | 782 | 1927 | 169.0 | 1935 | 96.1 | 35.6 | 5.4 |

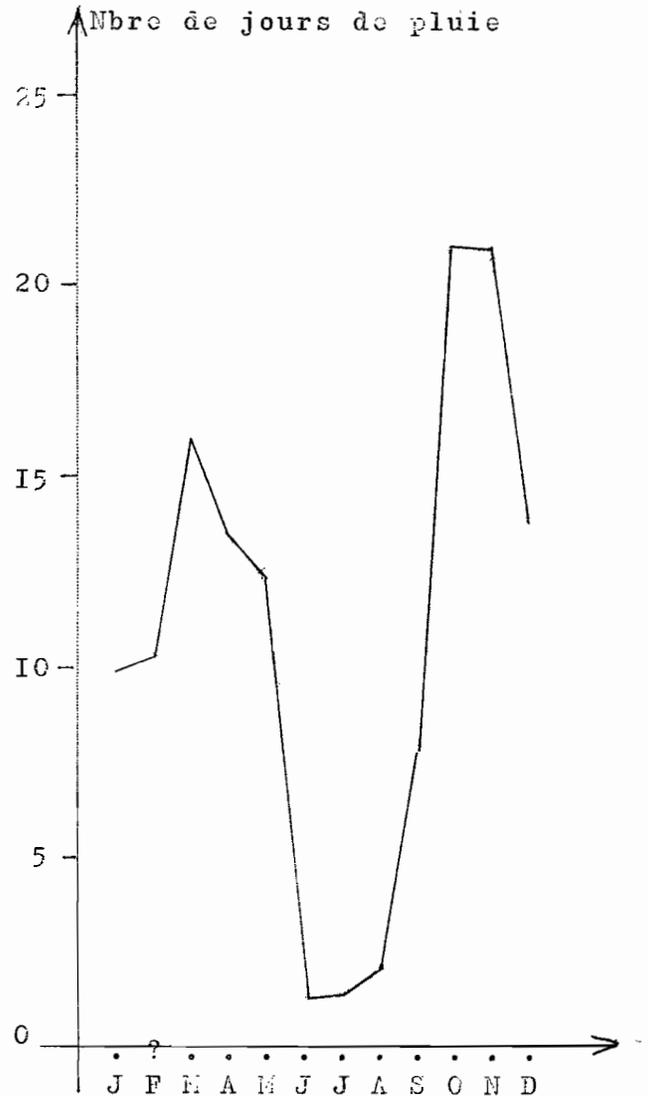
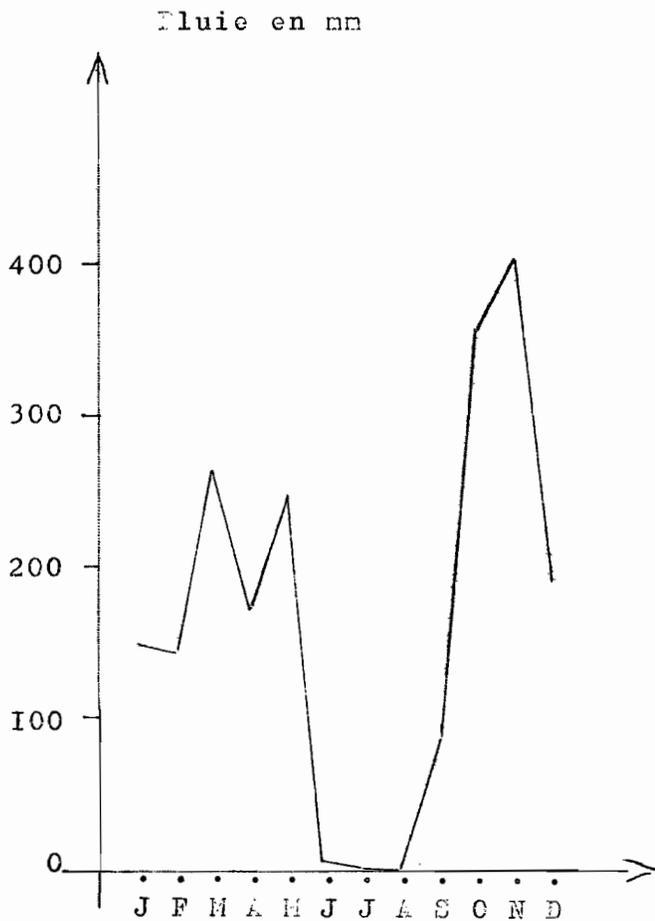


G A B O N

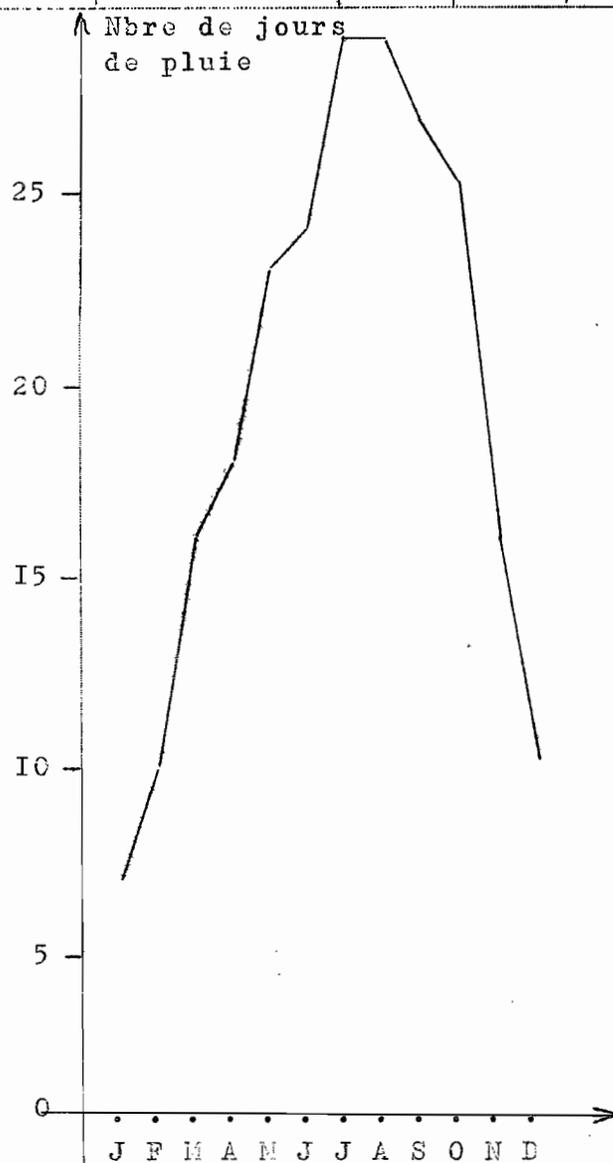
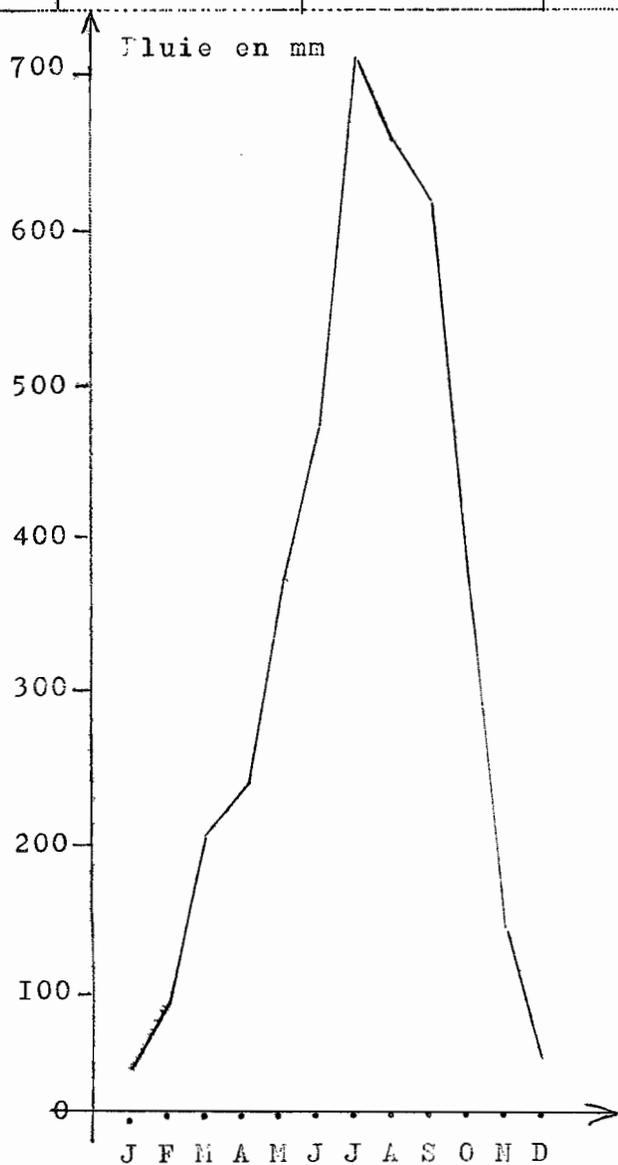
Lambaréné

Période 1950 - 1955

| | Moyenne en mm | Maximums | | Minimums | | Max en 24h | | Nb de jours | | |
|---|------------------|----------|------|----------|------|------------|------|-------------|------|------|
| | | Quant. | An | Quant. | An | Quant. | An | 0,1 | 10 | 50 |
| J | 151.1 | 282.7 | 1955 | 85.2 | 1950 | 74.0 | 1952 | 9.8 | 4.7 | 0.7 |
| F | 147.3 | 209.9 | 1952 | 42.7 | 1955 | 100.0 | 1950 | 10.2 | 4.7 | 0.7 |
| M | 267.7 | 401.6 | 1953 | 179.4 | 1954 | 142.0 | 1953 | 15.8 | 7.5 | 1.2 |
| A | 173.2 | 249.3 | 1952 | 110.1 | 1955 | 101.5 | 1952 | 13.3 | 5.0 | 0.7 |
| M | 249.2 | 364.4 | 1955 | 137.1 | 1950 | 79.9 | 1955 | 12.2 | 6.8 | 1.3 |
| J | 6.7 | 29.0 | 1953 | Nt | + | 20.0 | 1953 | 1.2 | 0.2 | 0.0 |
| J | 3.1 | 15.0 | 1955 | Nt | + | 7.6 | 1955 | 1.3 | 0.0 | 0.0 |
| A | 2.1 | 6.2 | 1955 | Nt | + | 3.6 | 1955 | 2.0 | 0.0 | 0.0 |
| S | 86.4 | 222.4 | 1955 | 18.9 | 1953 | 107.1 | 1955 | 7.7 | 1.8 | 0.7 |
| O | 357.1 | 513.6 | 1955 | 196.8 | 1953 | 97.3 | 1955 | 20.8 | 10.5 | 2.0 |
| N | 403.4 | 458.6 | 1950 | 338.9 | 1953 | 132.1 | 1952 | 20.7 | 11.8 | 2.0 |
| D | 193.7 | 385.1 | 1955 | 125.9 | 1952 | 75.9 | 1955 | 13.7 | 6.2 | 1.0 |
| T | 2042.2 | 2720.5 | 1955 | 1683.5 | 1951 | 142.0 | 1953 | 128.7 | 59.2 | 10.3 |



| | Moyenne en mm | Maximums | | Minimums | | Max. en 24h | | Nbre de jours | | |
|---|------------------|----------|------|----------|------|-------------|------|---------------|----|----|
| | | Quant. | An | Quant. | An | Quant. | An | 0,1 | 10 | 50 |
| J | 50.6 | 144.1 | 1950 | 0.8 | 1937 | 56.0 | 1950 | 7 | | |
| F | 92.5 | 166.1 | 1942 | 12.8 | 1945 | 72.0 | 1950 | 9 | | |
| M | 204.7 | 397.6 | 1950 | 71.0 | 1951 | 193.0 | 1943 | 16 | | |
| A | 234.7 | 348.9 | 1949 | 130.6 | 1945 | 122.7 | 1943 | 18 | | |
| M | 372.2 | 599.1 | 1952 | 148.2 | 1950 | 160.0 | 1942 | 23 | | |
| J | 472.0 | 861.9 | 1953 | 226.5 | 1943 | 217.3 | 1951 | 24 | | |
| J | 711.0 | 1078.0 | 1945 | 277.3 | 1941 | 215.0 | 1950 | 29 | | |
| A | 655.3 | 955.0 | 1946 | 248.3 | 1954 | 172.9 | 1946 | 29 | | |
| S | 620.2 | 979.3 | 1951 | 315.2 | 1937 | 193.4 | 1952 | 27 | | |
| O | 371.0 | 492.7 | 1954 | 257.8 | 1947 | 167.3 | 1946 | 25 | | |
| N | 143.5 | 232.6 | 1941 | 35.6 | 1937 | 111.9 | 1951 | 16 | | |
| D | 54.2 | 184.1 | 1945 | 5.3 | 1940 | 75.5 | 1945 | 9 | | |
| T | 3982.2 | 4000.4 | 1952 | 3237.6 | 1939 | 217.3 | 1951 | 232 | ++ | ++ |

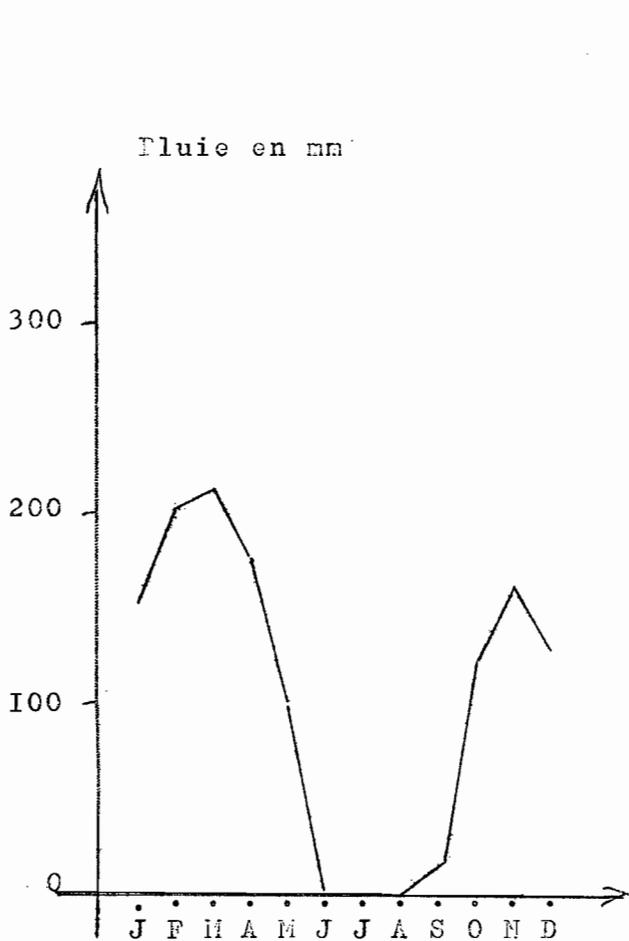


MOYEN CONGO

Pointe noire

Période 1935 - 1956

| | Moyenne en mm | Maximums | | Minimums | | Max en 24h | | Nbre de jours | | |
|---|------------------|----------|------|----------|------|------------|------|---------------|------|-----|
| | | Quant. | An | Quant. | An | Quant. | AN | 0,1 | 10 | 50 |
| J | 152.1 | 417.7 | 1940 | 16.1 | 1951 | 135.0 | 1940 | 11.1 | 4.0 | 0.6 |
| F | 199.1 | 429.4 | 1948 | 11.1 | 1943 | 150.0 | 1933 | 12.2 | 5.0 | 1.1 |
| M | 213.2 | 402.4 | 1949 | 110.7 | 1937 | 132.0 | 1953 | 15.1 | 5.2 | 1.1 |
| A | 175.9 | 354.0 | 1940 | 38.9 | 1938 | 217.0 | 1943 | 14.1 | 5.0 | 0.5 |
| M | 98.7 | 381.6 | 1952 | Tr | 1942 | 115.2 | 1938 | 7.5 | 2.5 | 0.5 |
| J | 1.2 | 2.5 | 1950 | Tr | + | 2.5 | 1950 | 1.2 | 0.0 | 0.0 |
| J | 0.1 | 2.2 | 1955 | Nt | + | 1.2 | 1955 | 0.4 | 0.0 | 0.0 |
| A | 2.1 | 7.9 | 1944 | Tr | + | 4.5 | 1938 | 2.3 | 0.0 | 0.0 |
| S | 14.2 | 34.5 | 1935 | 0.8 | 1939 | 21.2 | 1935 | 9.6 | 0.1 | 0.0 |
| O | 123.4 | 349.0 | 1945 | 15.4 | 1943 | 88.4 | 1945 | 16.5 | 1.8 | 0.2 |
| N | 159.8 | 348.5 | 1945 | 20.4 | 1940 | 84.4 | 1947 | 16.9 | 4.8 | 0.6 |
| D | 128.2 | 264.9 | 1944 | 6.1 | 1953 | 102.1 | 1939 | 12.0 | 3.6 | 0.4 |
| T | 1268.0 | 1940.3 | 1945 | 688.9 | 1956 | 217.0 | 1943 | 118.9 | 32.0 | 5.0 |



II Les eaux dans le Golfe de Guinée

Après avoir rapidement examiné le régime pluviométrique sur les côtes Ouest africaines nous allons maintenant rappeler la structure des eaux océaniques au large de celles-ci.

1) Classification des eaux en surface.

Pour mieux distinguer les différentes catégories d'eaux régnant dans cette partie de l'océan, nous adopterons la classification :

- Eaux C.D : eaux chaudes déssalées $t > 24^{\circ} \text{ C}$; $S < 35 \%$
- Eaux C.S : eaux chaudes salées $t > 24^{\circ} \text{ C}$; $S > 35 \%$
- Eaux F.S : eaux froides salées $t < 24^{\circ} \text{ C}$; $S > 35 \%$
- Eaux F.D : eaux froides déssalées $t < 24^{\circ} \text{ C}$; $S < 35 \%$

S : étant la salinité t : la température de surface.

* La catégorie C.D. est caractéristique de la zone équatoriale. On la trouve principalement dans le Golfe de Guinée avec, pendant une partie de l'année, une extension vers l'Ouest autour du CN environ. On l'appelle "Eaux Guinéenne". On la trouve toute l'année au large des zones de fortes précipitations : région libérienne et Baie de Biafra.

* La catégorie C.S correspond aux "Eaux Tropicales". Son domaine d'action s'étend à toute la zone intertropicale. On groupe dans cette catégorie les eaux d'origine Nord et d'autres, d'origine Sud.

* Les eaux de la catégorie F.S. se trouvent, en surface, au Nord et au Sud des eaux tropicales. Un "upwelling" ou une divergence amènera, en surface d'abord, les eaux tropicales s'il y en a, puis les eaux froides.

* Quant aux eaux F.D., elles sont rares et de faible extension.

2) Fronts et saisons marines :

De même qu'en météorologie, un front sépare deux masses d'air différentes, un front marin cloisonne deux catégories d'eaux. Il déroule, de cette notion, celle de "zone frontale" maritime. Les saisons hydrologiques se définissent d'une manière analogue aux saisons météorologiques, comme des périodes de stabilité caractérisées par une constance relative des caractères physico-chimiques. Ainsi parlera-t-on "d'Hydro-climats".

Le changement d'hydro-saisons s'effectue de deux façons :

- il y a remplacement d'une catégorie d'eau par une autre, sous-jacente (upwelling ou divergence), ou superficielle.
- par action des phénomènes d'évaporation, de précipitation et de diffusion, comme dans le cas d'un lac, il peut y avoir évolution sur

place, sans qu'il y ait remplacement d'une eau par une autre.

Lorsque le premier mécanisme est prépondérant les variations sont rapides et le changement de saison s'identifie au changement de catégorie d'eau. C'est le cas général.

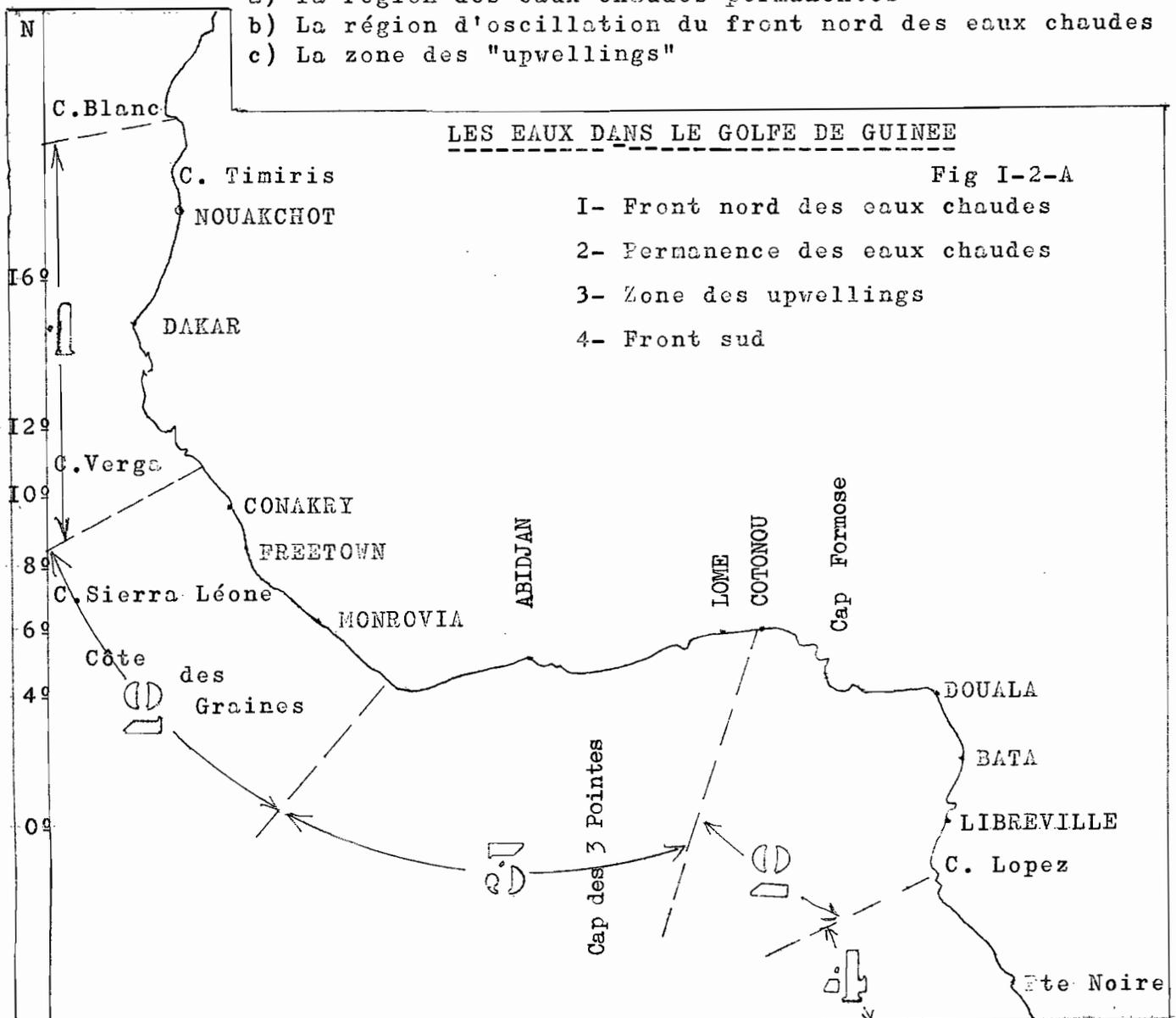
Il peut arriver que des masses marines de surface jouissent, tout au long de l'année, d'une certaine indépendance vis à vis du reste de l'océan et se trouvent cyclées par le jeu des courants. La même catégorie d'eau évolue alors sur place de façon lente et continue.

Après avoir défini les différentes catégories d'eaux en présence dans le Golfe de Guinée, nous allons situer plus précisément leur position géographique et suivre leurs déplacements ou évolutions au cours de l'année. Pour cela, nous nous rapporterons aux conclusions de G.R. Bonit.

3) Les saisons marines

Trois grandes contrées marines se partagent les cotes du Golfe de Guinée :

- a) la région des eaux chaudes permanentes
- b) La région d'oscillation du front nord des eaux chaudes
- c) La zone des "upwellings"



a) les eaux chaudes permanentes (C.S. et C.D.)

Elles se situent tout au long de l'année dans la région libérienne, du Cap Verga au Cap des Palmes, d'une part; en Baie de Biafra, de Cotonou au Cap Lopez, d'autre part. Les températures de la côte des Graines sont Supérieures à celle de la Baie de Biafra. Toute l'année, à l'Ouest du Cap des Palmes, on observe des températures dépassant 26°C avec un maximum de 29°C en janvier et en mai. Les eaux libériennes s'étendent vers le nord de juin à décembre, atteignant le Cap Blanc en Aout.

b) La région d'oscillation du front nord des eaux chaudes

Le domaine des eaux froides (températures inférieures à 24°C) se situe au nord du Cap Blanc. Nous savons qu'au Sud du Cap Verga les eaux chaudes sont permanentes et qu'elles sont animées d'un mouvement saisonnier vers le nord. Le "Front nord des eaux chaudes" limite ces deux masses marines, il suit leur déplacement saisonnier. Ainsi en janvier, on le trouve, dans sa position la plus méridionale, à la latitude des Iles Bissagos (11°N). Il y reste, à peu près stationnaire jusqu'en mai, période à partir de laquelle les eaux chaudes, amorcent leur remontée vers le nord. Il suit leur mouvement, est situé en août à la latitude du Cap Blanc, puis les raccompagne dans leur retour.

Ainsi, on peut situer la région d'oscillation du "Front" nord des eaux chaudes (ou "Front" sud des eaux froides) entre le Cap Blanc et le Cap Verga. Au nord de ce "Front" les eaux ont des températures en surface inférieures à 24°C, au sud de celui-ci, des températures en surface supérieures à 26°C. Les isothermes 24-25-26°C, rapprochées (de l'ordre du degré en quelques milles), permettent de déterminer la zone frontale.

c) La zone des "upwelling"

Nous verrons ultérieurement la définition précise et le mécanisme des upwellings. Il convient pour l'instant de se rappeler que sous l'action de vents parallèles à la côte, les eaux chaudes en surface sont rejetées au large pour être remplacées par les eaux plus froides sous-jacentes.

Du cap des Palmes à Grand Lahou et du Cap des 3 pointes à Lomé, la côte, dans ces deux cas, prend à partir de chacun des deux caps une direction est-nord-est. C'est précisément dans ces deux régions qu'on peut observer des rotations de vents. Il passent de secteur sud-ouest au secteur ouest-sud-ouest. Ainsi ils soufflent, après rotation, parallèlement à la côte et permettent la formation d'upwellings.

De juin à octobre, les faisceaux d'isothermes délimitent une zone de basses températures : c'est la période froide. Le reste de l'année, l'eau est chaude (température supérieure à 27°C), avec une légère baisse en janvier-Février dans le secteur Sanandra-Abidjan. Il semble que les régions les plus froides se trouvent à l'est de chacun des deux caps entre Tabou et Grand Lahou, et entre Takoradi et Acra.

Les changements de saison ont lieu simultanément sur toute l'étendue des upwellings.

De juin à octobre des zones frontales séparent les eaux froides de la région des upwellings, des eaux chaudes permanentes situées à l'Ouest et à l'Est.

III Conclusion et Hypothèse.

Il ressort de ce rapide examen de la situation pluviométrique et océanographique que dans les deux cas on peut "découper" les côtes ouest-africaines en quatre grands domaines .

1- La zone du Cap Blanc au Cap Verga qui correspond à la région balayée par le mouvement du front nord des eaux chaudes et par la limite nord des précipitations .

2- La côte des graines qui est le cadre de fortes précipitations et qui correspond à la zone de permanence des eaux chaudes .

3- La région du Cap des Palmes à Cotonou qui est reconnue comme le centre d'activité des upwellings . On lui associera dans le premier chapitre des pluies modérées et variables .

4 La Baie de Biafra qui présente , à priori , les mêmes aspects que la côte des graines tant sur le plan océanographique que sur le plan pluviométrique .

Essayons d'approfondir ces premières constatations en examinant en détail les figures I-1-B et I-3-A . Cette dernière établie par G.R. Berrit ne représente pas comme la première un état moyen calculé à partir de longues périodes : elle n'est que le reflet de certaines campagnes . Cependant compte tenu de la faible variation d'une année sur l'autre de l'état de la mer , elle permet de se faire une idée du régime des températures de la mer en surface sur le Golfe de Guinée

On sait que le front nord des eaux chaudes se déplace entre le Cap blanc et le Cap Verga , c'est à dire dans la zone délimitée par le mouvement d'oscillation de la limite nord des pluies (21° N - 10° N) . A partir du mois de Mai , les masses chaudes subissent un mouvement vers le nord et atteignent leur point extrême en Août . Elles se déplacent ensuite rapidement vers le sud jusqu'en Décembre puis lentement de Janvier à Avril . Ce mouvement correspond assez fidèlement à celui de la limite nord des pluies .

Il est important de remarquer que les eaux froides règnent toute l'année au nord du Cap Blanc (21° N) et que la hauteur annuelle de pluie à cette latitude est de 25 à 50 mm par an : ceci pour une dizaine de jours de pluie . Toute la quantité de précipitation tombe en Août-Septembre , période durant laquelle la limite des eaux chaudes est à sa position la plus septentrionale , atteignant la latitude du Cap Blanc .

Dans la zone de la côte des Graines , nous constatons (Fig I-1-B) un noyau d'activité maximale quant aux précipitations (pluies mensuelles , en moyenne , supérieures à 750 mm) . Ce noyau est situé entre Monrovia et les îles Bissagos et apparaît nettement en Juillet-Août . Or , à la même époque entre Monrovia et le Cap Verga on trouve une zone de températures supérieures à 27° C (Fig I-3-A)

EVOLUTION ANNUELLE DE L'ETAT DE LA MER EN SURFACE

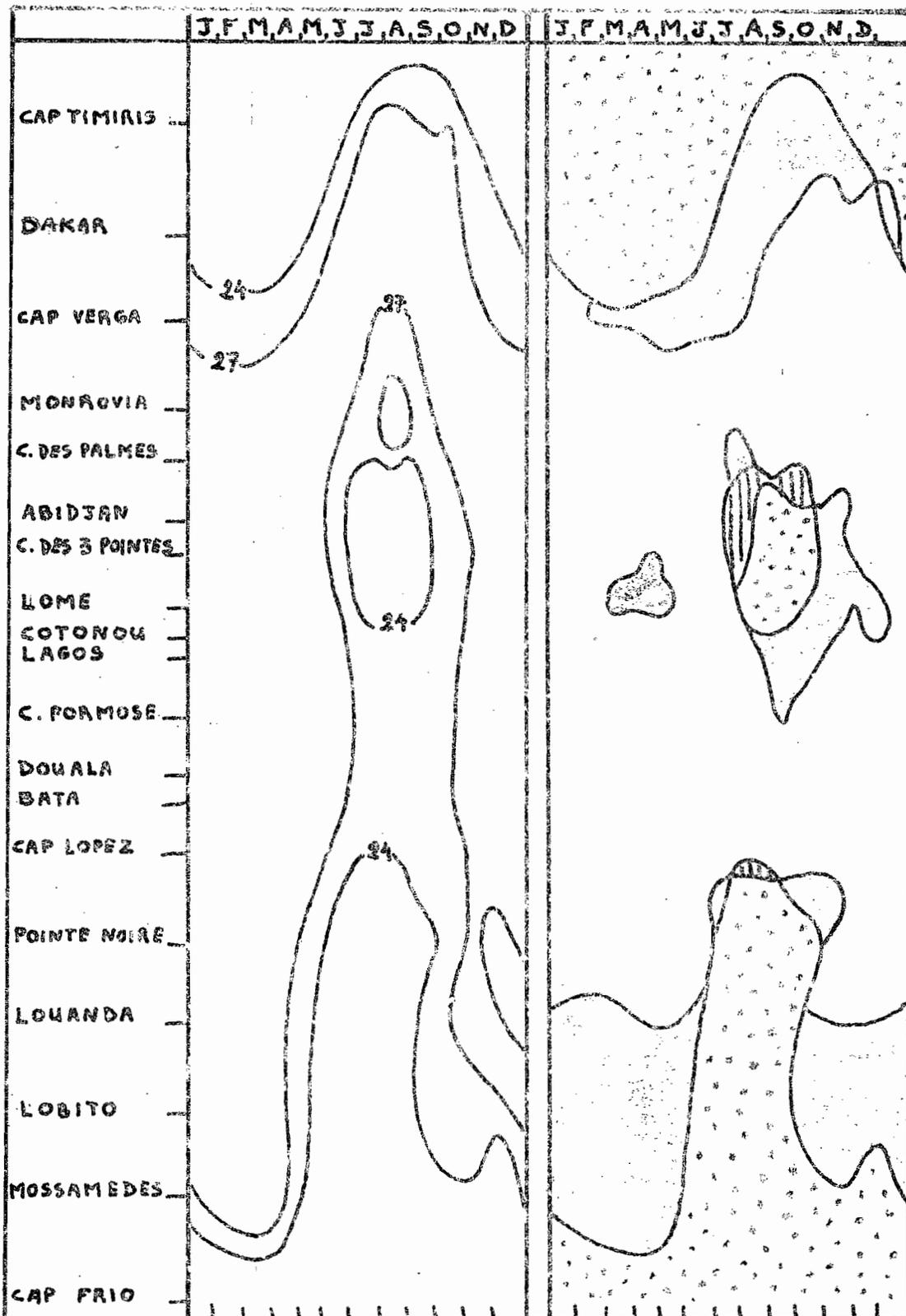


Fig I-3-A

EVOLUTION ANNUELLE
DES TEMPERATURES DE
LA MER EN SURFACE

C.D.
 C.S.
 F.S.
 F.D.

REPARTITION DES
CATEGORIES D'EAUX
EN SURFACE

Dans la région des upwellings , on observe un minimum de précipitations (moyennes mensuelles inférieures à 50 mm) entre le Cap des Palmes et Cotonou , de Juin à Septembre . Parallèlement , une goutte froide apparaît sur la carte des températures de la mer, dans la même région et pour la même période

Cette analogie entre les zones marines et pluviométriques et leurs variations au cours de l'année nous a conduit à chercher l'existence de corrélations entre les températures de la mer en surface et les régimes pluviométriques . La suite de cette étude essaiera de préciser cette hypothèse . Hélas , la faible densité des données océanographiques nous obligera à n'étudier que les côtes sénégal-mauritaniennes et la région ABIDJAN , LOME , COTONOU , ce qui limitera la portée des conclusions .

Afin de poursuivre plus avant cette étude d'une liaison pluie-température de la mer , nous allons examiner les situations générales tant en météorologie qu'en océanographie .

C'est pourquoi les deux chapitres suivants donneront :

-le premier , un aperçu de la situation marine dans l'atlantique est ; il comportera des rappels de notions élémentaires d'océanographie (upwellings , ...)

- le second , un examen très général de la situation météorologique sur l'Afrique de l'ouest .

Ces deux chapitres constituent la seconde partie de ce mémoire .

Ainsi, par la suite, nous pourrons mieux situer notre étude et les résultats obtenus dans un contexte général .

2eme PARTIE

I. OCEANOGRAPHIE

Nous allons définir des termes comme "upwelling", "pilling up", courant de dérivé qui recouvrent des notions simples et que nous utiliserons par la suite.

1°) DEFINITION :

Ekman a mis en évidence que les forces de frottement entre le vent et la surface de la mer obligent les eaux de surface à être déviées de 30° par rapport à la direction du vent. En hémisphère nord, cette déviation s'opère en sens inverse du sens-trigonométrique (déviation vers la droite). En hémisphère sud, cette déviation s'opère dans le sens trigonométrique (déviation vers la gauche). Le courant marin ainsi induit à une force comprise entre 1 et 10 % de la force du vent en surface. Il est appelé "ccourant de dérive" et n'intéresse que les couches superficielles de la mer. L'action du vent est aussi sensible en profondeur. L'hodographe des vitesses des divers courants induits suivant la profondeur représente une spirale d'Ekman (Fig 2-I-A). Ainsi à quelques dizaines de mètres le mouvement moyen de l'eau est perpendiculaire à la direction du vent en surface.

Considérons un flux de vent parallèle à une côte. Dans notre exemple nous admettons que celle-ci est orientée NORD-SUD dans l'hémisphère nord, Deux cas sont à envisager :

a) UPWELLING

Dans le premier cas, un régime de nord souffle sur les côtes, le courant marin résultant est dirigé vers le sud-sud-ouest (Fig 2-I-B). Les eaux de surface, sous l'action de ce courant sont entraînées vers le large. Il y a formation d'une dépression marine le long des côtes considérées. Celle-ci a pour conséquence une circulation verticale caractérisée par des advections, en surface, d'eaux froides sous-jacentes (plus froides que les eaux préexistantes en surface). Ce phénomène d'advection d'eaux froides en surface, sous l'action de vents parallèles à la côte est connu sous le nom d'UPWELLING. Les vents ayant pour conséquence un upwelling sont appelés " VENTS de REFLUX".

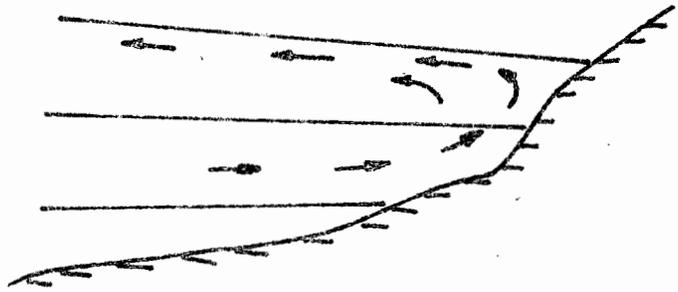
b) PILLING -UP :

Dans le deuxième cas, un régime de sud souffle sur les côtes. Le courant marin résultant est dirigé vers le Nord-Nord - Est. (Fig 2-I-C) Les eaux de surface sous l'action de ce courant sont entraînées vers la côte où elles s'accumulent. Il y a formation d'un "anticyclone" marin le long des côtes considérées. Celui-ci a pour conséquence une circulation verticale, caractérisée par des advections d'eaux chaudes en surface . Ce phénomène opposé à celui de l'upwelling est connu sous le nom de PILLING-UP. Les vents ayant pour conséquence un pilling up sont appelés "VENTS D'AFFLUX".

UPWELLING



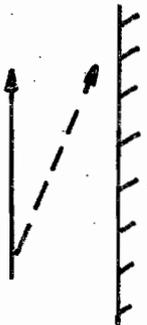
A) HEMISPHERE NORD
 — VENT
 - - COURANT MARIN INDUIT



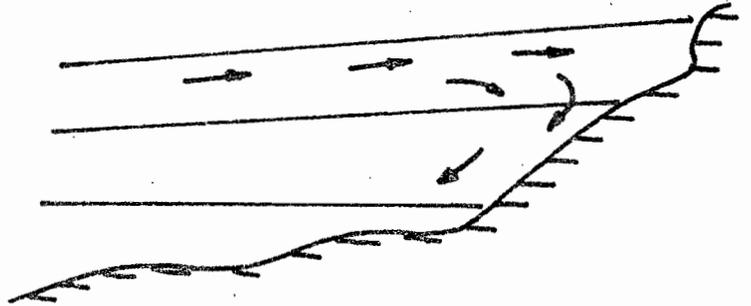
B) COUPE VERTICALE

FIG. 2-1B

PILLING-UP

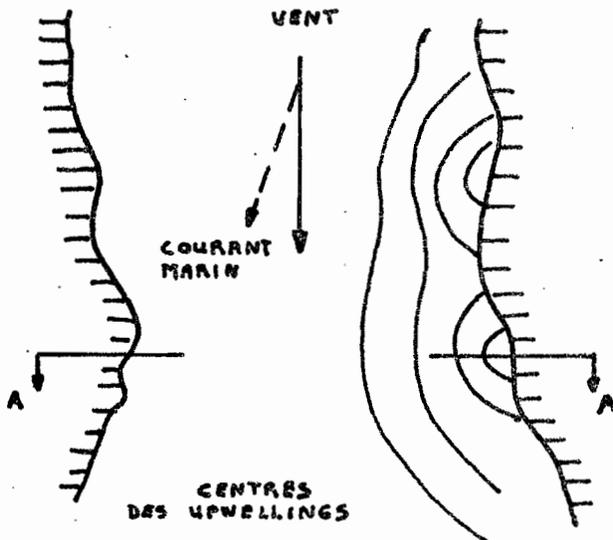


A) HEMISPHERE NORD
 — VENT
 - - COURANT MARIN INDUIT

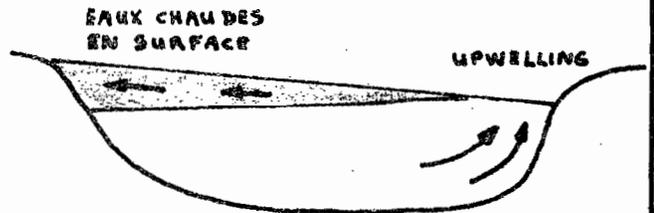


B) COUPE VERTICALE

FIG. 2-1C



A) HEMISPHERE NORD

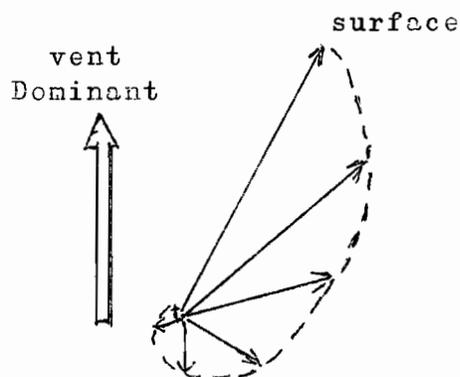


B) COUPE A-A

FIG. 2-1D

Les mêmes phénomènes se retrouvent dans l'hémisphère sud pour des directions de vents opposés de 180° à celles de l'hémisphère nord .

Fig 2-I-A



Variations en force et direction du courant de dérive avec la profondeur : "Spirale d'Ekman "

II . SITUATION METEOROLOGIQUE

Il serait vain de faire une étude, même superficielle des interactions océan-atmosphère sans connaître la situation météorologique du domaine étudié . Le seul but de ce chapitre est d'apporter quelques éléments simples de météorologie sur l'Afrique de l'ouest afin de mieux comprendre ultérieurement les mécanismes de certaines de ces interactions .

I . LES 3 ANTICYCLONES

On peut considérer que trois grands anticyclones subtropicaux sont à l'origine de l'évolution du temps en Afrique occidentale et centrale : Les anticyclones des Açores, de Lybie et de Sainte Hélène . Leur variation de côtes et leur changement de position ont comme conséquences directes un déplacement et une évolution de la zone intertropicale de convergence .

I.1 L'anticyclone des Açores :

Cet anticyclone est situé au nord de la zone de convergence intertropicale (Z I C) . En Janvier-Février il est à sa position la plus méridionale, repoussant celle-ci au sud de 10° N . En Juillet-Aout, sa position est la plus septentrionale : la ZIC se situe alors au nord de l'Afrique sahélienne .

Il dirige sur l'ouest de l'Afrique un flux de secteur nord à nord-est : les Alizes . Ce sont des vents frais (I), riches en vapeur d'eau (position maritime de l'anticyclone), leur humidité spécifique est de l'ordre de 6 à 10 grammes . Ils sont localisés dans les parties inférieures de l'atmosphère .

(I) lorsque nous parlerons d'Alizé, d'Harmattan ou de Mousson, nous désignerons ainsi aussi bien les vents correspondants à ces appellations que les masses d'air qui leur sont associées .

Leurs vitesses et leur extension dépend évidemment de la force et de la position de l'anticyclone qui les engendre .

I.2 L'anticyclone de Lybie :

L'Afrique dans l'hémisphère nord se présente comme une vaste étendue continentale . Ceci explique la non permanence, dans les basses couches d'un anticyclone continental : l'anticyclone de Lybie . Plus particulièrement de Novembre à Mai, il dirige sur l'Afrique sahélienne un flux de secteur est : ce vent est connu sous le nom d' "Harmattan " . De par la position continentale et la latitude de cet anticyclone, l'Harmattan est un vent sec et chaud Son humidité spécifique est de l'ordre de 5 grammes . En cas de situation peu perturbée sur le nord de l'Afrique, les anticyclones des Açores et de Lybie sont soudés et un flux de secteur est intéressé toute la zone sahélienne . L'Harmattan atteint alors les côtes ouest africaines (Sénégal, Mauritanie)

A 700 et 500 mb, l'anticyclone de Lybie est permanent. Ceci explique la présence de l'Harmattan au dessus des Alizés, en saison sèche, et au dessus de la mousson en hivernage .

I.3 L'anticyclone de Sainte - Hélène :

Il atteint sa position la plus méridionale en Janvier, mais son extension méridienne entre les 20° ouest et 5° est est telle qu'il intéresse toujours les régions voisines de l'équateur.

Il atteint sa position la plus septentrionale en Aout . Il intéresse alors les régions situées au nord de l'équateur et en particulier les côtes du golfe de Guinée .

Par rapport à l'anticyclone des Açores, celui de Sainte - Hélène est caractérisé par une faible amplitude des mouvements saisonniers, une faible amplitude de cote, une faible variation de position moyenne plus proche des tropiques que celle de l'anticyclone des Açores.

C'est lui qui est responsable de la mousson. C'est un vent tiède, très riche en vapeur d'eau . L'humidité spécifique de la masse d'air associée est de l'ordre de 15 à 18 grammes .

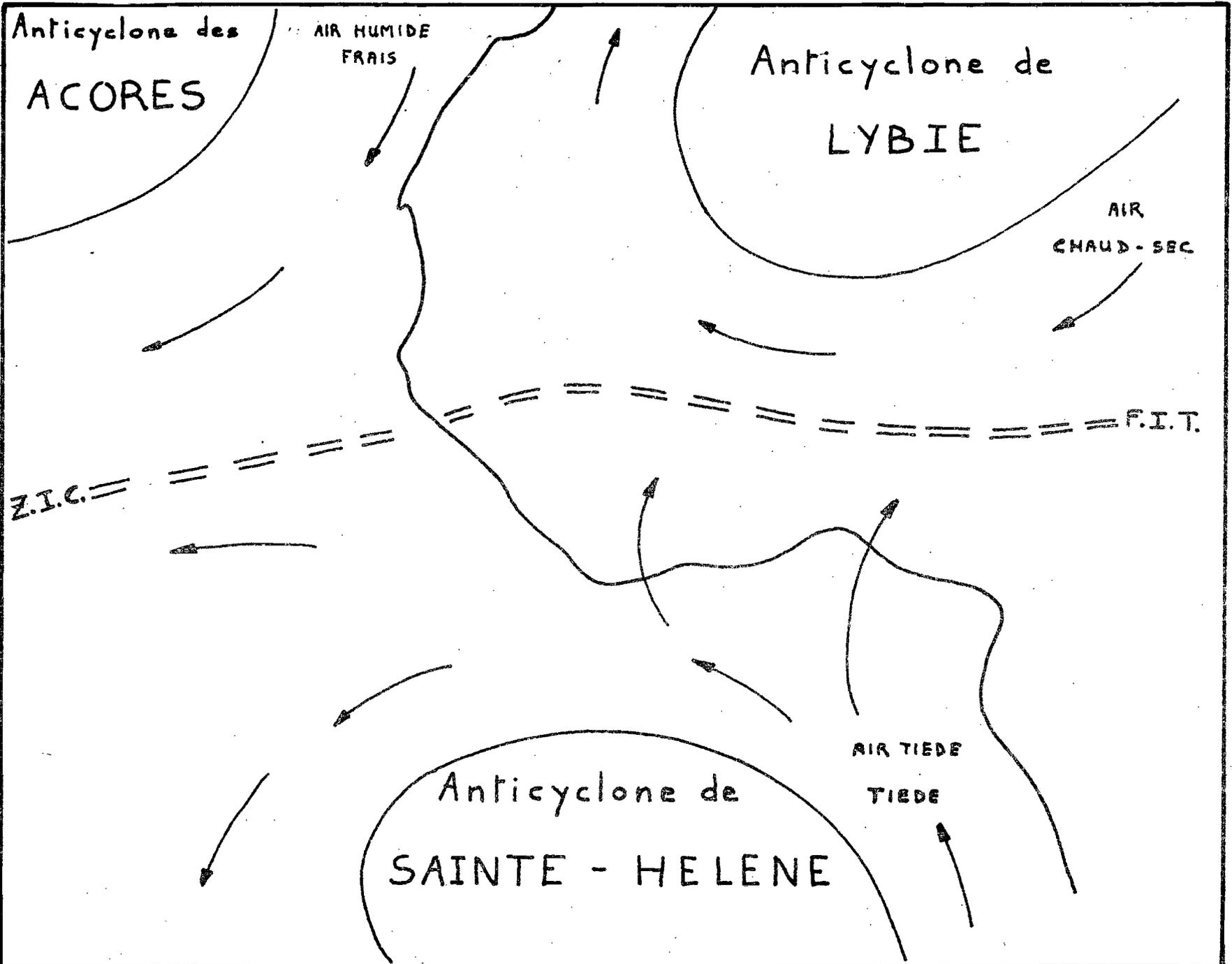
L'figure II-2-A donne une représentation schématique de la position moyenne de ces trois anticyclones ainsi que la direction des flux associés à chacun d'eux . Est aussi indiqué la trace au sol du F.I.T. que nous allons définir dans le paragraphe suivant .

II. LE FRONT INTERTROPICAL : F.I.T.

Le Front intertropical ou FIT est la limite séparant les masses d'air chaudes et sèches de l'anticyclone de Lybie et les masses d'air chaudes et humides dues à l'anticyclone de Sainte-Hélène .

On peut distinguer trois "FIT" suivants les différentes masses d'air en présence :

a) Le FIT continental : séparation entre de l'air chaud et sec et de l'air humide et chaud .



SITUATION GENERALE (Fig. II-2-A)

b) Le FIT semi-continental ; séparation entre l'air frais et humide de l'anticyclone des Açores et l'air chaud et humide de l'anticyclone de Sainte-Hélène. Il est la limite entre les Alizés et la mousson . Il est caractéristique de l'ouest de l'Afrique occidentale .

c) Le FIT maritime : C'est la liaison entre le FIT semi-continental et la zone de convergence océanique .

En général le FIT n'est pas une limite de masse d'air active . Le FIT est souvent considéré comme équateur météorologique . En effet il apparaît comme la limite d'action des anticyclones des Açores-Lybie (hémisphère nord météorologique) et l'anticyclone de Sainte-Hélène (hémisphère sud) . Son mouvement est donc lié au déplacement saisonnier de ces centres d'action .

1) Déplacements saisonniers du FIT :

Le FIT suit le déplacement apparent du soleil avec un retard de six semaines . De mi-Novembre à mi-Mars le FIT est au sud du 8e parallèle . A partir de mi-Mars, il progresse vers le nord et occupe sa position la plus septentrionale en Août vers le 21e N . Il peut parfois atteindre le 25^e N . En fin Août le mouvement inverse se produit .

2) Autres déplacements du FIT :

Outre ce balancement saisonnier le FIT possède des mouvements propres liés :

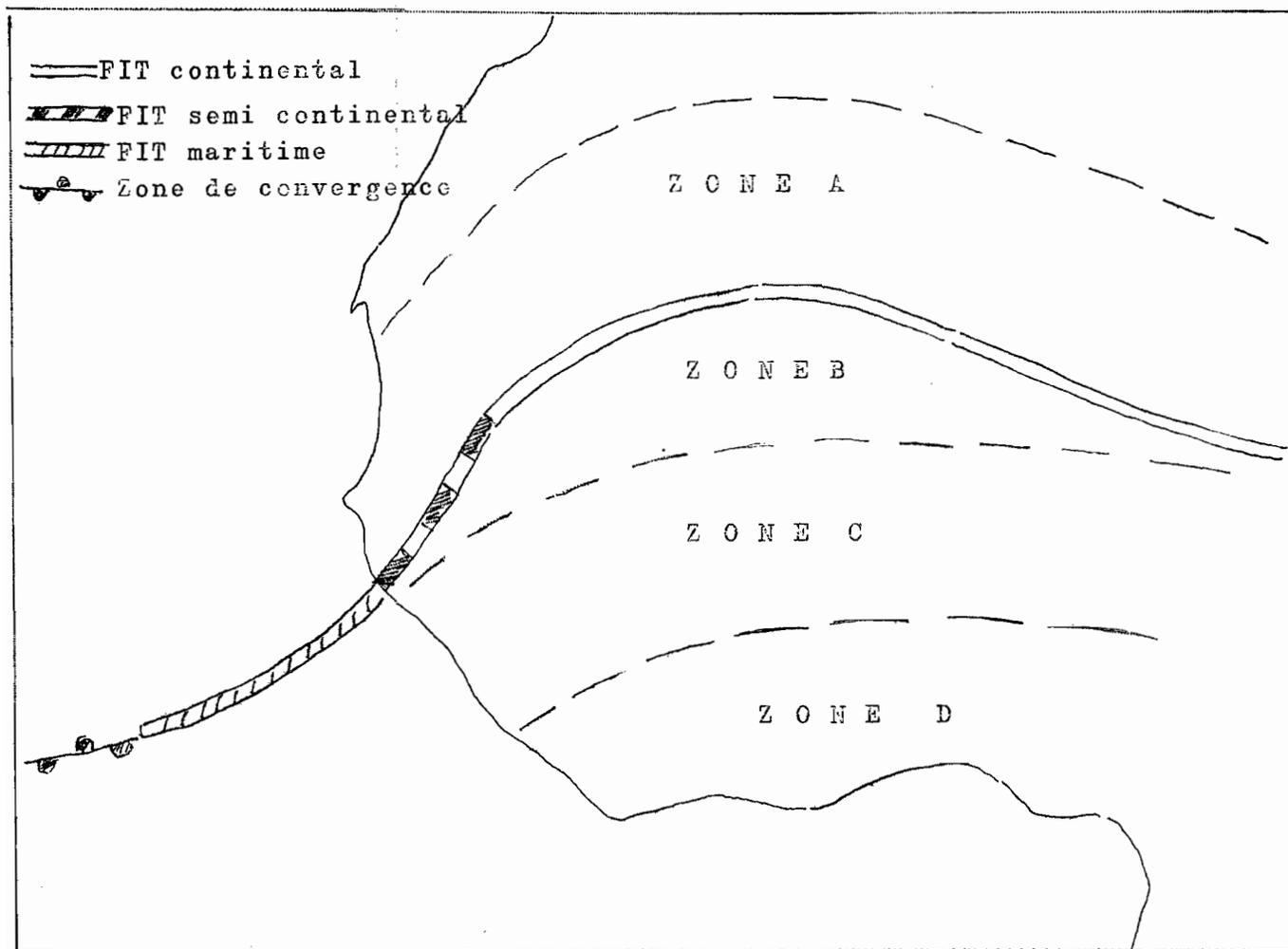
a) à l'évolution diurne : il peut se déplacer de 200 km par jour

b) à la situation générale, sous l'action de différents phénomènes :

- Poussée de l'Alizé maritime boréal
- Poussée de l'Alizé continental .
- Appel de mousson par creusement de la dépression continentale (dépression sur le nord de l'Afrique avec rupture des hautes pressions)
- Poussée de la mousson australe .

3) Les différents types de temps associés au FIT :

La connaissance du déplacement du FIT est très importante car celui-ci résume la situation générale sur l'Afrique occidentale et centrale . On a pu mettre en évidence quatre grandes zones définissant une structure quasi-permanente du FIT et qui correspond chacune à un type de temps propre .



Le FIT et les zones de types de temps qui lui sont associés

(Fig II-2-B)

Zone A : au nord de la trace au sol du FIT : une seule masse d'air. La "divergence" due aux anticyclones en présence se traduit par un affaissement progressif et lent de l'air ou "subsidence". Cette subsidence interdit tout développement vertical des nuages : c'est la saison sèche

Zone B : Sur une largeur de 100 à 200 kilomètres au sud du FIT règne la mousson. Mais elle est, parfois, suffisamment épaisse pour donner naissance à des développements convectifs puissants. Cette zone correspond à une période de transition, sèche en début de saison des pluies, humide en fin de saison des pluies.

Zone C : C'est la saison des pluies. Dans cette zone la divergence est fortement négative. Il s'y produit de forts orages et c'est là que prennent naissance de nombreuses "lignes de grains". Dans cette zone la mousson est à son maximum d'activité.

Zone D : Le front austral d'altitude est inexistant, il existe une masse d'air, d'origine australe, homogène. Le ciel est couvert, il ne pleut pas. Ce type de temps est caractéristique de la petite "saison sèche"

La Figure (II-2-B) localise schématiquement sur une position moyenne du FIT, les différentes traces au sol de ce front et les zones A, B, C et D qui lui sont associées.

On pourra trouver en annexe les cartes de flux moyen de vent sur l'Afrique occidentale et la position du FIT pour chaque mois de l'année .

La connaissance de la position du FIT ne peut, à elle seule, rendre compte de la situation météorologique . Il existe en effet des phénomènes locaux tels que des orages d'évolution diurne, et, des phénomènes particuliers à l'Afrique qui sont très importants : les "lignes de Grains" .

III LES LIGNES DE GRAINS :

Les lignes de grains se présentent sous la forme de "lignes" de cumulonimbus avançant parallèlement aux méridiens . Elles balayent ainsi d'est en ouest une large bande zonale au sud du FIT . Elles prennent naissance soit dans la région de Fort-Lamy-Abéché soit à l'est de la boucle du Niger et atteignent les côtes sénégal-mauritaniennes .

A l'avant d'une ligne de grains, le ciel est clair et souvent la visibilité est exceptionnellement bonne . Les vents sont affaiblis dans les couches moyennes (700 à 400 mb) et renforcés dans les couches supérieures . Le vent en surface qui était généralement, de sud-ouest à l'avant de la ligne, faiblit à son approche . Au passage de celle-ci il se produit une brusque rafale soufflant entre nord-est et sud-est ; sa force moyenne étant de l'ordre de 30 nœuds . Après la rafale la pluie tombe, elle est souvent sous forme d'averses violentes .

Après ces quelques rappels élémentaires, nous allons examiner plus en détail, dans un premier temps le cas des côtes sénégalaises, en second lieu, celui de la zone côtière Abidjan-Lomé-Cotonou .

Tel sera l'objet de la troisième partie .

Nous rappelons, à cette occasion le manque de données océanographiques, la difficulté de traitement des données recueillies . Ces deux faits limitent, et l'étude entreprise, et les résultats obtenus .

T R O I S I E M E P A R T I E

A - LES COTES SENEGALAISES

Pour mener à bien l'étude des interactions océan atmosphère sur les côtes sénégal-mauritanniennes, nous n'avons que deux stations océanographiques : M'BOUR et THIABOYE . La série de mesures de M'BOUR est excellente puisqu'elle porte sur 20 ans . Les tableaux des pages suivantes donnent les températures de la mer en surface pour chaque mois de diverses années disponibles et les moyennes mensuelles établies à l'aide de celles-ci : Suivent les courbes de moyennes mensuelles .

Cette étude comportera quatre poles d'intérêt :

- La liaison possible entre les températures de la mer en surface et les pluies sur les côtes .
- La liaison entre le déplacement du FIT et celui du front nord des eaux chaudes .
- L'influence de la mer sur les brouillars côtiers .
- Le cas des cyclones tropicaux .

MOYENNES MENSUELLES DES TEMPERATURES DE LA MER EN SURFACE

DAKAR - THIA ROYE

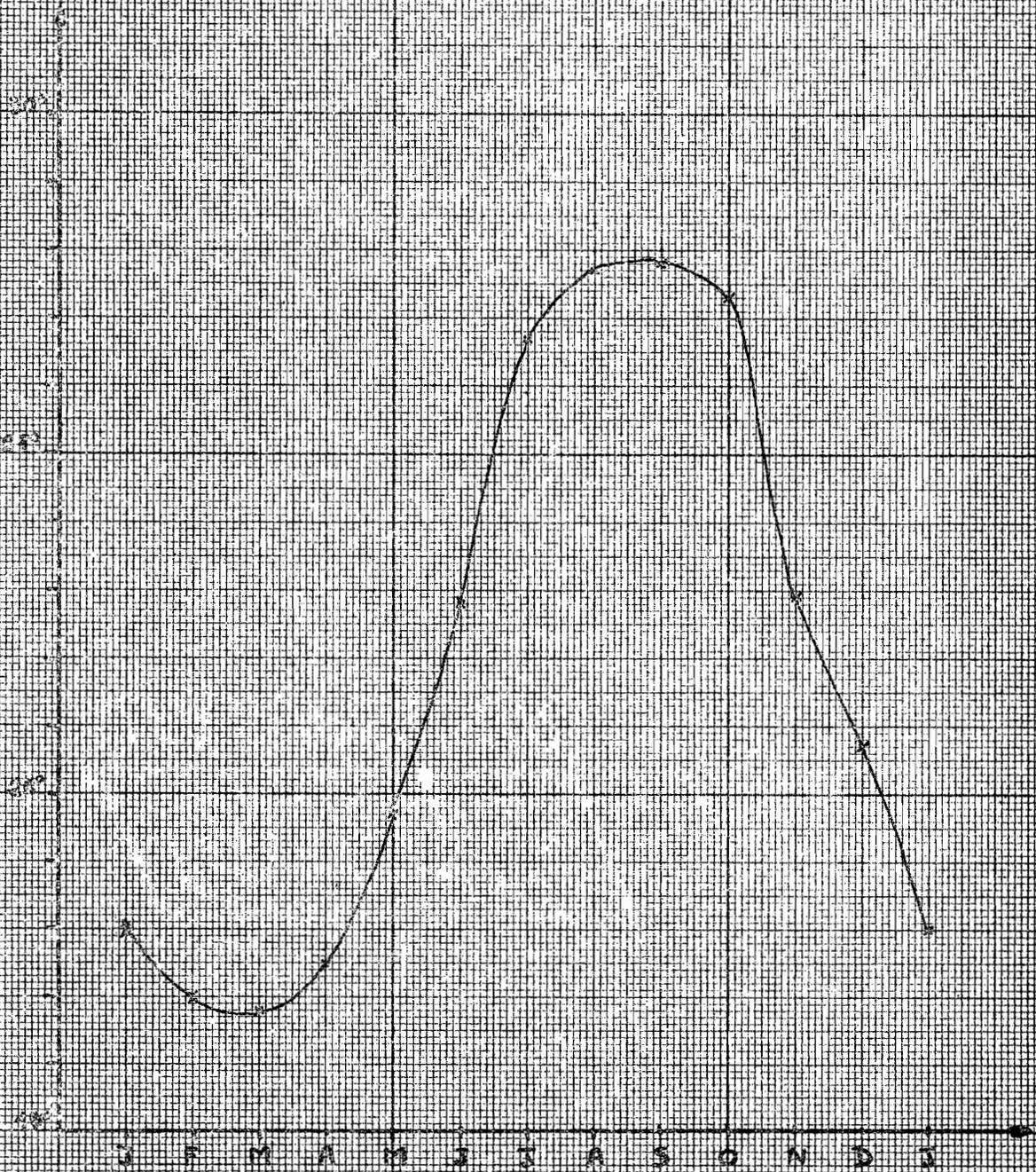
| ANNEE | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 9 6 6 | 1 7,4 | 1 8,0 | 1 6,9 | 1 7,7 | 2 1,6 | x x x | 2 7,0 | 2 8,3 | x x x | 2 7,8 | 2 5,8 | 2 2,1 |
| 1 9 6 7 | 1 9,8 | 1 6,8 | 1 5,6 | 1 6,2 | 1 8,2 | 2 2,9 | 2 7,2 | 2 8,3 | 2 7,5 | 2 6,8 | 2 0,6 | 1 9,1 |
| 1 9 6 8 | 1 6,7 | 1 6,0 | 1 5,7 | 1 6,1 | 1 8,3 | 2 0,0 | 2 5,0 | 2 5,9 | 2 7,2 | 2 7,5 | 2 2,2 | 1 9,5 |
| 1 9 6 9 | 1 7,8 | 1 6,9 | 1 8,1 | 1 8,7 | 2 0,1 | 2 4,0 | 2 7,3 | 2 8,2 | 2 8,6 | 2 7,4 | 2 2,4 | 2 0,3 |
| 1 9 7 0 | 1 8,5 | 1 7,1 | 1 7,8 | 1 8,6 | 2 0,1 | 2 4,2 | 2 6,8 | 2 7,6 | 2 7,8 | 2 6,9 | 2 3,7 | 2 2,6 |
| MOY | 1 8,0 | 1 7,0 | 1 6,8 | 1 7,5 | 1 9,7 | 2 2,8 | 2 6,7 | 2 7,7 | 2 7,8 | 2 7,3 | 2 2,9 | 2 0,7 |

MOYENNES MENSUELLES DES TEMPERATURES DE LA MER EN SURFACE : M' B O U R

| ANNEE | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|-------|------|------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| 1952 | 18.9 | 19.3 | XX XX | 20.4 | 20.9 | 26.9 | 28.5 | 28.1 | 28.5 | 27.8 | 26.6 | 22.2 |
| 1953 | 19.8 | 17.3 | 17.6 | 20.7 | 22.6 | 27.5 | 27.8 | 28.77 | 28.7 | 28.3 | 25.1 | 22.8 |
| 1954 | 19.3 | 17.8 | 18.3 | 20.2 | 24.8 | 27.5 | 27.8 | 28.4 | 29.0 | 29.3 | 26.2 | 21.1 |
| 1955 | 20.6 | 18.4 | 19.3 | 21.9 | 23.8 | 27.3 | 28.4 | 26.8 | 29.2 | 29.7 | 26.5 | 22.4 |
| 1956 | 19.0 | 16.6 | 18.3 | 19.3 | 23.5 | 26.5 | 28.0 | 28.5 | 27.2 | 28.8 | 25.5 | 21.7 |
| 1957 | 17.3 | 18.2 | 19.1 | 19.6 | 20.7 | 24.6 | 27.4 | 28.4 | 28.6 | 26.2 | 25.0 | 20.7 |
| 1958 | 19.6 | 20.4 | 20.6 | 22.2 | 24.5 | 27.6 | 28.4 | 27.8 | 29.2 | 28.8 | 26.5 | 20.8 |
| 1959 | 18.9 | 19.3 | 18.9 | 20.7 | 22.3 | 25.9 | 28.3 | 27.8 | 28.9 | 28.5 | 24.8 | 18.8 |
| 1960 | 18.2 | 19.6 | 19.7 | 19.3 | 21.6 | 25.5 | 27.5 | 28.5 | 28.2 | 28.7 | 26.1 | 20.2 |
| 1961 | 17.6 | 18.3 | 20.2 | 21.4 | 23.5 | 26.8 | 27.9 | 27.9 | 28.5 | 27.8 | 24.3 | 21.3 |
| 1962 | 19.0 | 18.7 | 19.8 | 20.9 | 22.0 | 25.8 | 28.0 | 28.2 | 28.0 | 29.0 | 25.5 | 20.4 |
| 1963 | 20.2 | 18.6 | 20.1 | 21.0 | 23.0 | 25.3 | 28.3 | 28.7 | 28.9 | 27.8 | 25.0 | 19.6 |
| 1964 | 18.6 | 18.5 | 20.0 | 19.5 | 24.9 | 26.7 | 27.6 | 27.9 | 27.7 | 28.0 | 24.7 | 19.9 |
| 1965 | 16.6 | 17.3 | 19.0 | 20.1 | 22.7 | 25.1 | 27.4 | 27.3 | 27.8 | 27.9 | 24.6 | 19.6 |
| 1966 | 17.9 | 19.9 | 20.0 | 21.7 | 23.7 | 26.0 | 27.5 | 28.0 | 28.4 | 28.6 | 25.8 | 21.4 |
| 1967 | 18.9 | 18.3 | 18.0 | 18.6 | 21.4 | 25.1 | 25.9 | 25.9 | 25.5 | 24.8 | 20.2 | 16.0 |
| 1968 | 14.5 | 14.9 | 15.2 | 16.4 | 19.1 | 21.1 | 26.5 | 28.3 | 28.6 | 28.4 | 24.8 | 20.8 |
| 1969 | 19.8 | 19.7 | 21.0 | 20.9 | 24.1 | 26.6 | 28.6 | 28.9 | 28.9 | 28.9 | 24.9 | 21.0 |
| 1970 | 19.0 | 18.6 | 19.5 | 21.6 | 22.9 | 26.4 | 27.7 | 28.2 | 28.8 | 28.7 | 25.0 | 21.6 |
| MOY | 18.6 | 18.4 | 19.0 | 20.3 | 23.1 | 25.9 | 27.8 | 28.0 | 28.4 | 28.2 | 25.1 | 20.6 |

Temperature
Celsius

DAKAR
THIAROYE

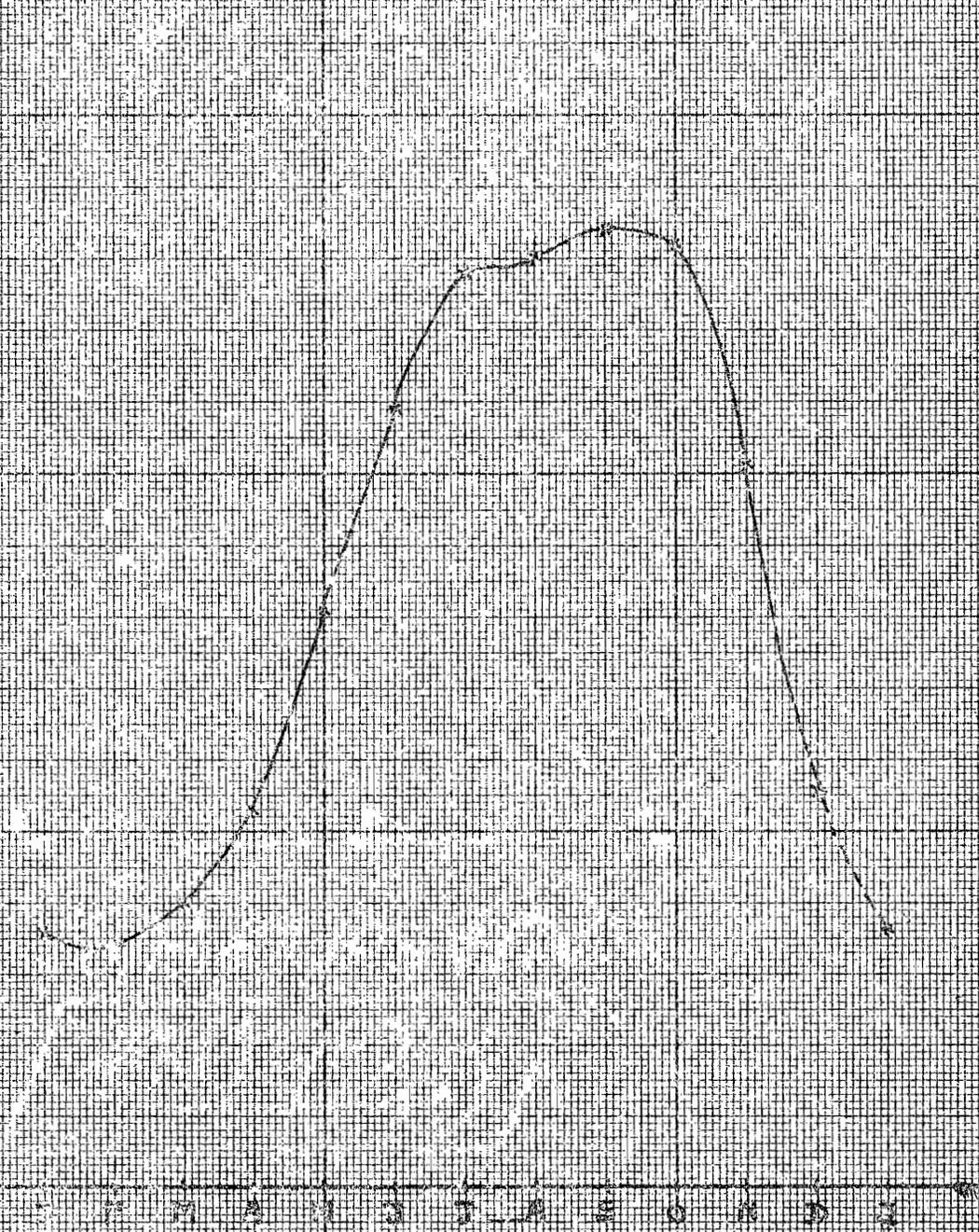


M'BOUR

Temperature

Scale

30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5



I CORRELATION :

Notre but est d'analyser en premier les corrélations possibles entre la température de la mer et la pluviométrie sur les côtes . Pour le Sénégal et la Mauritanie nous n'avons que deux stations dont seule M'bour présente une série exploitable et importante .

L'analyse des courbes mensuelles des températures de la mer en surface et des courbes pluviométriques a été faite sur 10 ans à M'bour . Alors que l'allure des courbes marines mensuelles reste semblable à elle même d'une année à l'autre, les diagrammes pluviométriques eux, prennent des formes tourmentées, très différentes suivant les années . On a essayé de résumer les essais de corrélation possibles en partant du principe que si les deux paramètres étaient corrélés, cette liaison devait apparaître sur l'ensemble des mois d'hivernage . A M'bour, la saison des pluies dure de Juin à Novembre . On a ainsi dressé le tableau suivant

- le terme "pluie" correspond à la somme des hauteurs d'eau recueillies pour les mois de Juin à Novembre (en mm);
- le terme "température" représente la moyenne des températures de la mer pour les mois de Juin à Novembre .

| ANNEE | TEMPE. MER en 0°C | PLUIE en mm | ANNEE | TEMPE. MER en 0°C | PLUIE en mm |
|---------|----------------------|----------------|---------|----------------------|----------------|
| I 9 5 2 | 2 7 . 7 | 7 2 7 | I 9 6 2 | 2 7 . 4 | I 0 3 5 |
| I 9 5 3 | 2 7 . 7 | 9 4 6 | I 9 6 3 | 2 7 . 3 | 5 7 3 |
| I 9 5 4 | 2 8 . 0 | 7 5 5 | I 9 6 4 | 2 7 . 1 | 7 7 3 |
| I 9 5 5 | 2 8 . 0 | 8 3 0 | I 9 6 5 | 2 6 . 9 | 6 9 8 |
| I 9 5 6 | 2 7 . 4 | 6 4 2 | I 9 6 6 | 2 7 . 4 | 6 5 2 |
| I 9 5 7 | 2 6 . 7 | 6 4 0 | I 9 6 7 | 2 4 . 6 | 9 4 1 |
| I 9 5 8 | 2 8 . 5 | I 2 2 4 | I 9 6 8 | 2 6 . 3 | 4 5 3 |
| I 9 5 9 | 2 7 . 3 | 3 8 7 | I 9 6 9 | 2 7 . 8 | 9 8 0 |
| I 9 6 0 | 2 7 . 4 | 6 8 3 | I 9 7 0 | 2 7 . 5 | 4 3 0 |
| I 9 6 1 | 2 7 . 2 | 7 7 6 | I 9 7 1 | 2 7 . 1 | 6 0 6 |

Ce tableau conduit aux résultats suivants :

| | Températures en 0 C | Pluie en mm |
|------------------------------------|---------------------|-------------|
| Moyenne | 2 7 . 2 6 | 737,55 |
| Variance σ | 0 . 7 7 | 206,61 |
| Coéfficient de corrélation : 0,197 | | |
| Seuil de signification : 0,31 | | |

Le coefficient de corrélation est inférieur au seuil de signification . Il n'y a donc pas de corrélation entre les deux paramètres . Mieux on montre d'une manière statistique qu'il y a 60 % de chances pour que cet échantillon représente une population de corrélation nulle, c'est-à-dire une population pour laquelle les deux éléments sont indépendants l'un de l'autre.

La pluviométrie à M'BOUR pour les mois d'hivernage est de 740 mm . On a négligé les variations inférieures à 25 mm . De même, la température moyenne de la mer pour les mois d'hivernage est de 27,3 °C . On a admis qu'une variation de 1 °C par rapport à cette moyenne était négligeable . On a ainsi établi le tableau de variation qualitative des deux paramètres par rapport à leur valeur moyenne .

| Pluie Tempé mer | - | 0 | + |
|--------------------|---|---|---|
| - | 4 | 0 | 2 |
| 0 | 5 | 0 | 2 |
| + | 1 | 2 | 4 |

Sur 20 Hivernages à M'bour
(1952-1971) :

- Dans 8 cas (40% des cas) les deux paramètres varient dans le même sens
- Dans 3 cas (15% des cas) ils varient en sens inverse
- Dans 9 cas (soit 45% des cas) l'un des paramètres reste fixe par rapport

à sa moyenne, l'autre variant .

Le nombre de données est trop faible (20 Hivernages) pour conduire à des résultats définitifs . Le tableau précédent indique cependant que, seulement dans 15 % des cas les deux paramètres varient en sens inverse . Si la température de la mer, en un point, peut être représentative d'une zone autour de ce point, il n'en est rien pour la hauteur des pluies . Il conviendrait de raisonner sur des hauteurs moyennées sur une région (100KM) autour du point de référence . On atténuerait ainsi l'importance des orages locaux .

Si nous considérons, toujours pour les mois d'hivernage, les moyennes de Dakar et de M'bour nous constatons que la hauteur des pluies est plus importante à M'bour , (730) qu'à Dakar (600 mm) et qu'en regard les températures de la mer sont plus élevées à M'bour qu'à Dakar (27,2 °C à M'bour, 25,9 °C à Dakar)

A la suite de ces constatations, si on ne peut parler de corrélation entre les pluies et les températures de la mer, on peut émettre l'hypothèse suivante : " A une saison marine chaude correspond un hivernage pluvieux .

Il semble que pour les côtes sénégalaises au nord de la Gambie on ne puisse raisonner que sur les saisons . En effet la plupart des pluies intéressant cette zone sont dues aux lignes de grains qui nous l'avons vu sont des phénomènes continentaux venant de l'est . De ce fait, l'influence de la mer sur la pluviométrie totale à M'bour et à Dakar paraît assez faible .

Cependant on ne peut nier une certaine analogie entre les saisons météorologiques et les saisons marines ou " hydrosaisons " .

Intéressons-nous maintenant aux saisons et aux mécanismes qui régissent leur évolution .

II - LES SAISONS :

a/ Météorologiques:

On peut résumer le temps sur les côtes sénégalaises en considérant deux grandes saisons . La première, de Décembre à Mai, durant laquelle les précipitations sont inexistantes : c'est la saison sèche . La seconde, de Juin à Novembre, recueille la totalité des pluies pour l'année c'est l'hivernage .

b/ Les hydrosaisons :

La configuration des courbes moyennes mensuelles des températures de la mer des stations de Dakar et de M'bour nous a conduit à les décomposer en série de Fourier On a ainsi, pour chacune d'elle, déterminé les courbes d'équation :

$$Y(x) = Y_0 + F_I(x) + F_2(x) + F_3(x) + \xi(x)$$

dans lesquelles :

Y_0 = moyenne annuelle pour la station en degrés centigrades

F_I , F_2 , F_3 sont les trois premières harmoniques

$\xi(x)$ est une fonction reste

x , représente le numéro du mois (origine en Janvier)

DAKAR THIAROYE

$$Y_D = 22,0 + (-5,7 \sin \frac{\pi}{6} x - 1,2 \cos \frac{\pi}{6} x) + (0,2 \sin \frac{\pi}{3} x - 0,3 \cos \frac{\pi}{3} x) - 0,1 (\sin \frac{\pi}{2} x + \cos \frac{\pi}{2} x) + \xi_D(x)$$

M' BOUR

$$Y_M = 23,6 + (-5,0 \sin \frac{\pi}{6} x - 2,0 \cos \frac{\pi}{6} x) + (-0,5 \sin \frac{\pi}{3} x - 0,1 \cos \frac{\pi}{3} x) + (-0,3 \sin \frac{\pi}{2} x - 0,5 \cos \frac{\pi}{2} x) + \xi_M(x)$$

Les pages 39 et 40 représentent pour chaque station les deux premières harmoniques . Ces deux séries de courbes, bien qu'à des côtes différentes (Thiaroye 22°0, M'bour 23°6) se ressemblent fortement . Pour chacune des deux stations, la première harmonique (ou onde annuelle) est prépondérante sur les autres.

| AMPLITUDES | F ₁ en °C | F ₂ en °C | F ₃ en °C |
|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| M'BOUR | 5,4 | 0,5 | 0,6 |
| DAKAR | 5,8 | 0,4 | 0,1 |

Une bonne approche de la courbe Y est donnée, dans les deux cas par cette première harmonique. Une variation annuelle sinusoidale de la température de la mer sur les côtes du Sénégal est mis en évidence. Le tableau suivant donne, pour chaque mois, la

valeur de la différence $Y - (Y_0 + F_1)$; c'est à dire donne l'erreur commise en considérant que la variation de la température de la mer est périodique. (Y représente des valeurs réelles)

| $Y - (Y_0 + F_1)$ | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| M'BOUR | -0,7 | +0,1 | +0,4 | 0,0 | +0,2 | +0,3 | -0,1 | -0,9 | -0,2 | +1,3 | +0,8 | -1,0 |
| DAKAR | -0,1 | +0,6 | +0,5 | -0,2 | -0,5 | -0,4 | +0,8 | +0,1 | +0,1 | +1,0 | -0,9 | -0,1 |

Ces différences sont minimales sauf pour les mois d'octobre, novembre et décembre où des écarts de l'ordre du degré sont enregistrés. Compte tenu de cette restriction on peut définir les variations moyennes mensuelles de la température de la mer :

$$\text{à Dakar } Y = 22,0 - 5,7 \sin \frac{\pi x}{6} - 1,2 \cos \frac{\pi x}{6} \quad \text{en } ^\circ\text{C}$$

$$\text{à M'Bour } Y = 23,6 - 5 \sin \frac{\pi x}{6} - 2 \cos \frac{\pi x}{6} \quad \text{en } ^\circ\text{C}$$

Ces équations ne s'appliquent qu'à des moyennes et ne sauraient en aucun cas être des formules de prévision.

Cette approximation n'a d'autre but que de montrer la variation annuelle quasiment sinusoidale de la température de la mer au large des côtes sénégalaises. Deux saisons apparaissent :

- de juin à novembre : les températures sont supérieures à la moyenne annuelle. On pourrait parler de l'hydro saison chaude.

- de décembre à mai : les températures sont inférieures à la moyenne annuelle. On pourrait parler de l'hydro saison froide.

Il est noter que d'avril à juillet la température croît presque linéairement et de d'octobre à janvier elle décroît d'une façon analogue.

Ce balancement saisonnier n'est pas sans rappeler celui du FIT. Une explication des phénomènes tant océanographiques que météorologiques peut être donnée en suivant les mouvements du FIT au cours de l'année. Avant d'aller plus loin nous compléterons nos informations sur la structure du FIT et de la zone intertropicale de convergence (ΣIC)

1
39
1

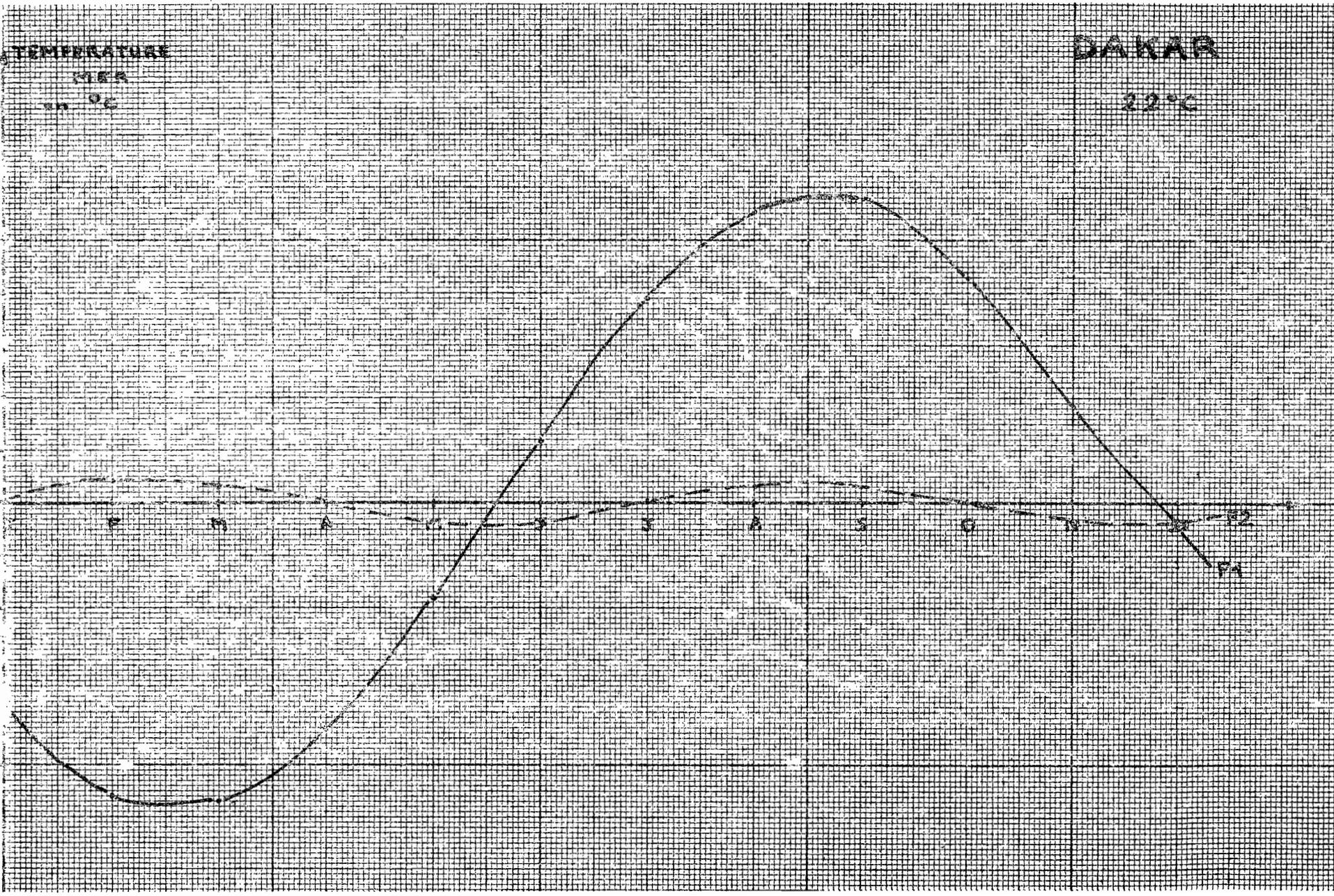
TEMPERATURE
1954
in °C

DAKAR
22°C

5
4
3
2
1
0
-1
-2
-3
-4
-5

F M A M J J A S O N D

1952
94

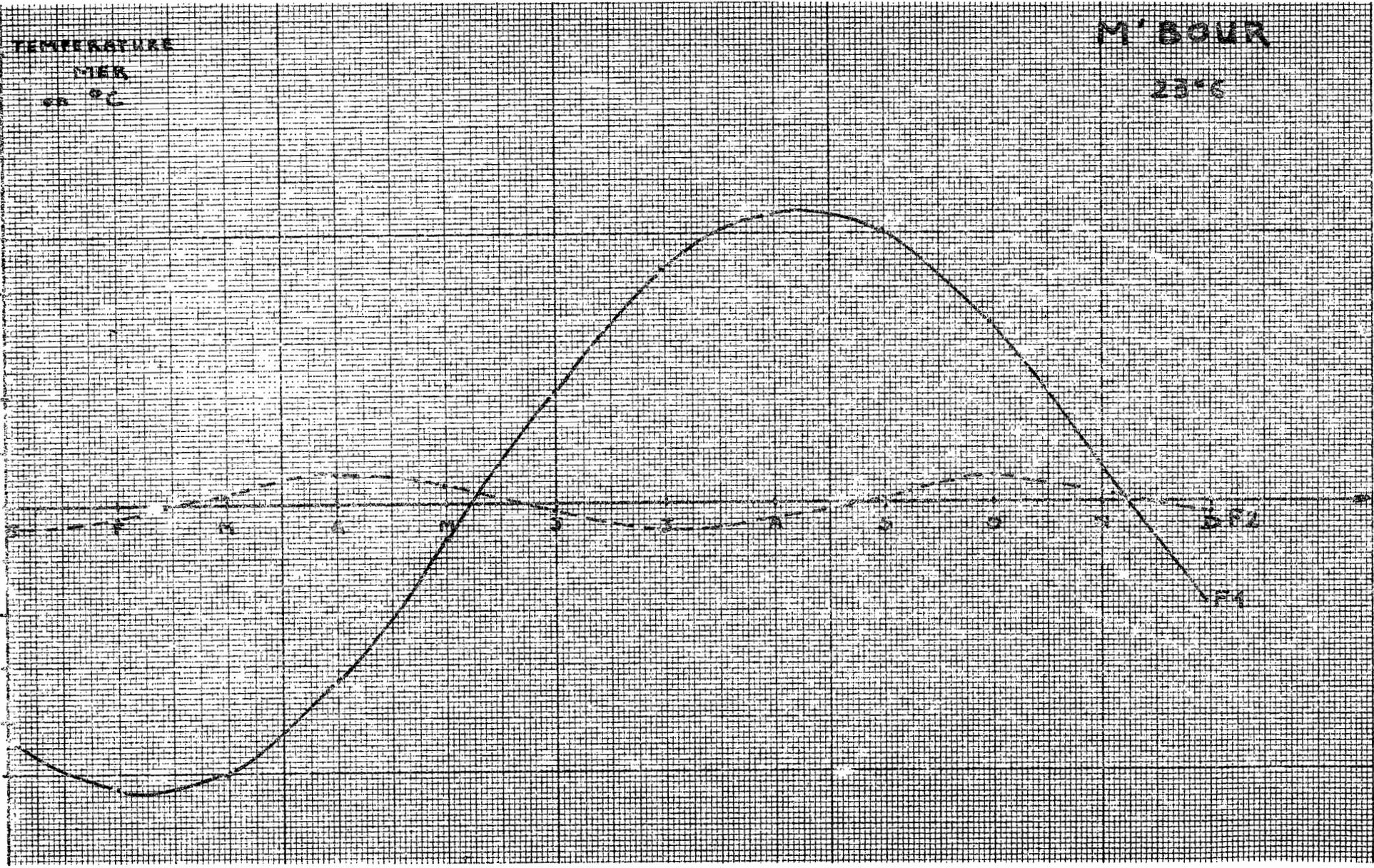


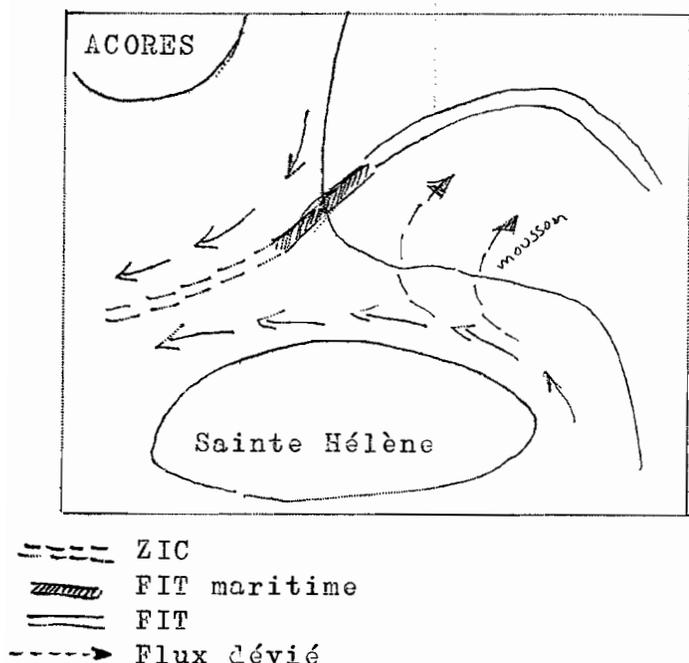
-40-

TEMPERATURE
FIBER
°C

M'BOUR
23°C

5
4
3
2
1
0
-1
-2
-3
-4
-5





Considérons une position moyenne des anticyclones des Açores et de Sainte Hélène (figure ci-contre).

En mer, deux flux maritimes s'opposent: celui du à l'anticyclone de Açores et celui du à l'anticyclone de Sainte-Hélène. Leur zone de confluence est appelée ZIC.

À l'intérieur de l'Afrique de l'Ouest, existe une dépression thermique due au réchauffement terrestre. Elle a pour conséquence l'existence d'un gradient de pression transéquatorial, entre l'hémisphère nord et l'hémisphère sud. La force de coriolis étant faible ce gradient, détourne le flux d'ouest engendré par l'anticyclone de Sainte Hélène en un flux transéquatorial de sud-ouest : La Mousson. La

limite entre les masses d'air d'origine continentale de l'hémisphère nord et ces masses d'air maritimes déviées de l'anticyclone de Sainte Hélène est appelé FIT. Le flux dévié pénètre à l'intérieur de l'Afrique, de l'Ouest. (dans le couloir séparant les anticyclones de Lybie et des Açores). Cette pénétration ou "poussée de mousson" est responsable de la forme en cloche du FIT, alors qu'il ne dépasse jamais les 16°-17°N sur les côtes Ouest-africaines, à l'intérieur le FIT atteint le 21°N.

La zone de convergence intertropicale, elle, reste toujours en dessous du 10°N, en mer. On prolonge, par une zone de transition le FIT jusqu'à la ZIC.

On appelle souvent cette partie du FIT, le FIT maritime que nous noterons FIT M. C'est précisément le déplacement de ce FIT M que nous allons étudier présentement.

Le MECANISME:

Nous nous aiderons dans cette analyse des cartes moyennes de vent à 900m qui sont en annexe. Ces cartes ont été établies en supprimant l'influence du relief et des continents. Ce sont des cartes fictives mais qui donnent cependant un bon aperçu de la situation générale.

En janvier-février-mars, le FIT est à sa position la plus méridionale, vers les 6-7°N. Au nord du FIT, l'anticyclone des Açores est responsables des vents de secteur nord sur les côtes ouest africaines. Les Alizés présentent leur maximum d'activité et sont à l'origine de l'upwelling mauritanien (orientation nord-sud des côtes). Les températures de la mer à M'Bour et Dakar sont à leur minimum. C'est la saison sèche au Sénégal.

En Avril - Mai - Juin, le FIT amorce son mouvement de remontée vers le Nord. La configuration en cloche apparaît sur l'Afrique occidentale. Le FITM reste à des latitudes inférieures à celle de Dakar. Cette remontée est la conséquence d'une diminution d'activité des Alizés sur les côtes sénégalaises. Par suite l'upwelling est moins agissant. Le refroidissement de la mer du à cet upwelling diminue, par suite, les températures à M'bour et à Dakar augmentent. On assiste parallèlement à la remontée du FIT, à l'extension vers le Nord des eaux chaudes venant de la zone chaude permanente de la Côte des Graines. Au Sénégal la saison sèche règne encore jusqu'au sud du FIT.

En Juillet - Aout - Septembre, le FITM est au Nord de Dakar. Il n'y a plus d'upwelling sur les côtes sénégalaises puisque le régime de mousson est établi. Les eaux chaudes de la Côte des Graines présentent alors leur extension la plus septentrionale. Les températures de la mer à M'bour et à Dakar sont les plus élevées de l'année. Les lignes de grains venant de l'Afrique centrale atteignent les côtes sénégalaises, les pluies de mousson sont présentes : c'est la saison des pluies.

En Octobre - Novembre - Décembre, le FIT revient progressivement à son point de départ. Le processus inverse se produit : renforcement des Alizés, réapparition de l'upwelling. Les températures de la mer sont en baisse. C'est la fin de l'hivernage.

La situation au Sénégal peut se résumer en deux saisons :

- Le Sénégal est au nord du FIT : c'est la saison sèche. Les Alizés soufflent parallèlement à la côte. Il y a création d'un upwelling qui est responsable des basses températures de la mer.

- Le Sénégal est au sud du FIT : c'est la saison des pluies. Les Alizés ont disparu. La Mousson (sud, sud ouest) qui les remplace n'engendre pas d'upwelling. Les températures de la mer sont élevées.

Dakar plus au Nord que M'bour reste moins longtemps au Sud du FIT. Par suite :

- les pluies y sont moins abondantes (600 mm contre 730 mm)
- les températures de la mer y sont plus basses (22 °C contre 23,6°)

Le balancement saisonnier du FIT explique, en tant que limite des vents d'upwelling, l'allure périodique des courbes de température de la mer. Les vents par leur force et direction apparaissent comme le facteur prépondérant des variations marines.

Le FIT rend compte par sa position de l'influence des trois principaux anticyclones. Deux cas sont à distinguer :

- 1er Cas : l'anticyclone des Açores est affaibli, celui de Sainte Héléne au contraire est renforcé
Les Alizés ont moins de force, par suite l'upwelling mauritanien est moins actif, donc les températures de la mer à N'bour et Dakar sont moins élevées . De plus le FIT remonte plus rapidement vers le nord . La saison des pluies dure plus longtemps . La hauteur d'eau recueillie au Sénégal sera en hausse par rapport à la moyenne .
- 2e Cas : l'anticyclone des Açores est renforcé, celui de Sainte Héléne est affaibli. Le processus inverse se produit . Sous l'influence d'un upwelling actif les températures de la mer seront plus faibles que la moyenne . Quant aux pluies, elles présenteront un minimum par rapport à la normale .

Ce schéma simple, en fait, est rarement respecté. N'oublions pas que la majorité des pluies intéressant le Sénégal sont d'origine continentale . Il se peut que, pour une année, le FIT étant très au nord, il y ait peu ou pas de lignes de grains : un déficit pluviométrique sera alors enregistré alors que la position du FIT permettait d'espérer un surplus de précipitation. La réciproque peut se produire . C'est pourquoi, les corrélations entre les températures de la mer des mois d'hivernage et les pluies apparaissent si diffuses . Elles existent cependant . Bien que les deux paramètres soient indépendants, leurs variations ont les mêmes causes qui les font évoluer dans le même sens . C'est ainsi qu'une année chaude en températures de la mer laisse supposer un excédent pluviométrique et réciproquement .

Il est deux domaines où les interactions océan-atmosphère sont particulièrement importantes : les brouillards côtiers et les cyclones tropicaux . Les deux chapitres suivants essayeront d'analyser le mécanisme de ces interactions .

LES BROUILLARDS COTIERS .

Avant d'aller plus loin nous rappèlerons brièvement les phénomènes conduisant à l'évaporation .

Soit une masse d'air de tension de vapeur E au voisinage d'une mer . soit E_{wm} la tension de vapeur saturante correspondant à la température de l'eau . Tant que l'égalité entre E_{wm} et E n'est pas réalisée, il est établi que la vitesse d'évaporation augmente proportionnellement à la différence existant entre E_{wm} et E . L'évaporation cesse quand $E = E_{wm}$. On voit que la vitesse d'évaporation croit :

- Quand l'air circule au contact de l'eau . Cette ventilation accélère la diffusion de la vapeur d'eau.

- Quand la pression atmosphérique diminue (E diminue)

- Quand la température de la mer augmente (E_{wm} croît)

L'état de la mer est responsable de quelques cas de brouillards sur les côtes ouest africaines (Sénégal, Mauritanie) ce sont des brouillards d'évaporation . En voici le mécanisme :

Soit T_a (température de l'air), E (pression partielle de la vapeur d'eau de la masse d'air), l'état initial d'une masse d'air en contact avec une mer de température T_M .

Soient, enfin, E_{wa} la tension de vapeur saturante de l'air et E_{wm} la tension de vapeur de la mer . Deux cas peuvent se produire :

- 1er cas : La température de l'air est supérieure à celle de la mer : $T_a > T_M$. On a alors les inégalités :

$$E < E_{wm} < E_{wa} \quad (1)$$

E est inférieur à E_{wm} , il y a donc évaporation . Lorsque l'égalité entre E et E_{wm} est réalisée, l'évaporation s'arrête, Mais E reste encore inférieur à E_{wa} . Donc lorsque l'évaporation s'arrête l'air n'est pas saturé .

- 2e cas : La température de l'air est inférieure à celle de la mer $T_a < T_M$. On a alors les inégalités :

$$E < E_{wa} < E_{wm} \quad (2)$$

Quand E atteint la valeur E_{wa} l'air est saturé . Mais E est alors encore inférieure à E_{wm} donc l'évaporation continue théoriquement. En fait l'air étant saturé, il ne peut y avoir évaporation . L'eau ainsi créée se condense : il y a formation de brouillard.

Ce mécanisme ne peut à lui seul être responsable des brouillards sur les côtes sénégalaises . Mais il explique en partie, pour les mois de Novembre à Mai (où la température de la mer peut-être supérieure à celle de l'air) certains brouillards côtiers .

Ce Chapitre comme le suivant n'a d'autre but que d'indiquer des exemples concrets d'interactions océan-atmosphère Il est un domaine où la mer par sa température et en tant que réservoir d'énergie joue un rôle important : celui des cyclones tropicaux .

LES CYCLONES TROPICAUX

Les cyclones tropicaux sont des phénomènes essentiellement maritimes (un cyclone évoluant sur une zone continentale se comble rapidement en un ou deux jours) . Leurs origines, leur développement, leur mécanisme en un mot , sont encore mal connus . Cependant certains facteurs semblent nécessaires :

-①. Une température élevée de la mer . PALMEN a montré qu'une température de la mer entre 26° et 27° C est nécessaire à la formation d'un cyclone dans l'atlantique nord . En fait il faut une température de surface assez forte pour qu'une masse d'air s'élevant des basses couches de l'atmosphère, (à partir d'une température voisine de celle de la mer) dans une détente adiabatique, reste plus chaude que l'atmosphère environnante et, ce, au moins jusqu'à 12 000 mètres .

-②. Il est nécessaire que la valeur du paramètre de Coriolis soit supérieure à une certaine valeur . Cette valeur minimum est telle qu'aucun cyclone ne puisse se former au sud du 3° N , en hémisphère nord .

-③. De forts cisaillements verticaux des vents sont interdits . De forts cisaillement verticaux conduiraient à répartir sur une trop grande étendue l'énergie amenée en altitude par convection et empêcheraient la formation du vortex .

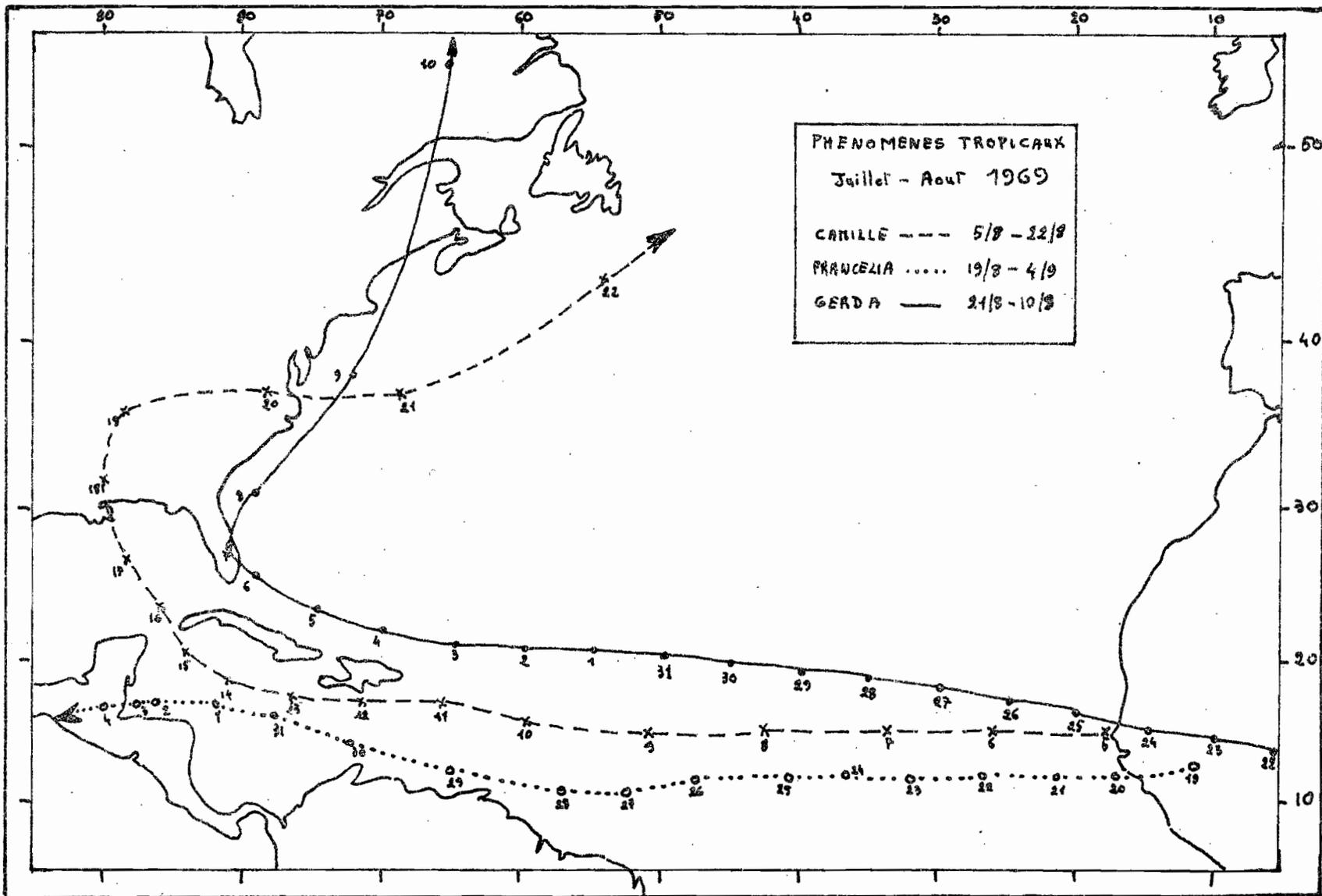
Pourquoi ce paragraphe sur les cyclones en parlant des inter-actions océan-atmosphère sur les côtes sénégalaises ? En fait , 50 % des cyclones tropicaux et des dépressions tropicales intéressant la mer des Caraïbes ont pour origine une perturbation mobile de l'Afrique Occidentale .

La figure de la page 46 représente, à titre d'information, pour le mois de Juillet-Aout 1969, la trajectoire de 3 cyclones dont deux ont pour origine une ligne de grains .

Pour mieux comprendre le mécanisme de ces évolutions nous prendrons l'exemple du 1^{er} au 3 Aout 1970 . Pour plus amples informations on pourra se reporter à une publication du bureau d'Etude météo de l'ASECNA, qui paraîtra prochainement.

Une perturbation mobile liée à une onde d'est a intéressé l'ouest de l'Afrique Occidentale du 31 Juillet au 2 Aout 1970. Le 2 Aout sur les côtes du Sénégal, une interférence de cette onde avec une dépression; de basses couches centrée au large de Conakry, a donné naissance à une structure tourbillonnaire intéressant l'ensemble de la tropopause. Le 3 aout, les données A.P.T. (voir photos satellite page 47) montraient l'existence d'une dépression tropicale, à caractère de cyclone, très marquée. Sur cette photo, des résidus nuageux persistent sur les côtes du Sénégal alors que sur la boucle du Niger une zone perturbée est signalée. (Elle intéressera le 7 aout les côtes du Sénégal en tant que ligne de Grains). La dépression tropicale a déjà quitté (sur la photo) la Z.I.C. On la repèrera les 4 et 5 aout dans l'ouest des Iles du Cap Vert.

Le champ thermique marin résumé dans le tableau suivant montre une baisse de température le 3 aout (au passage de la perturbation) à Thiaroye et Cayar. M'bour plus au sud ne semble pas avoir été perturbé. Il est à noter que les températures de la mer sont supérieures à 26,0°C.



METEOROLOGIE

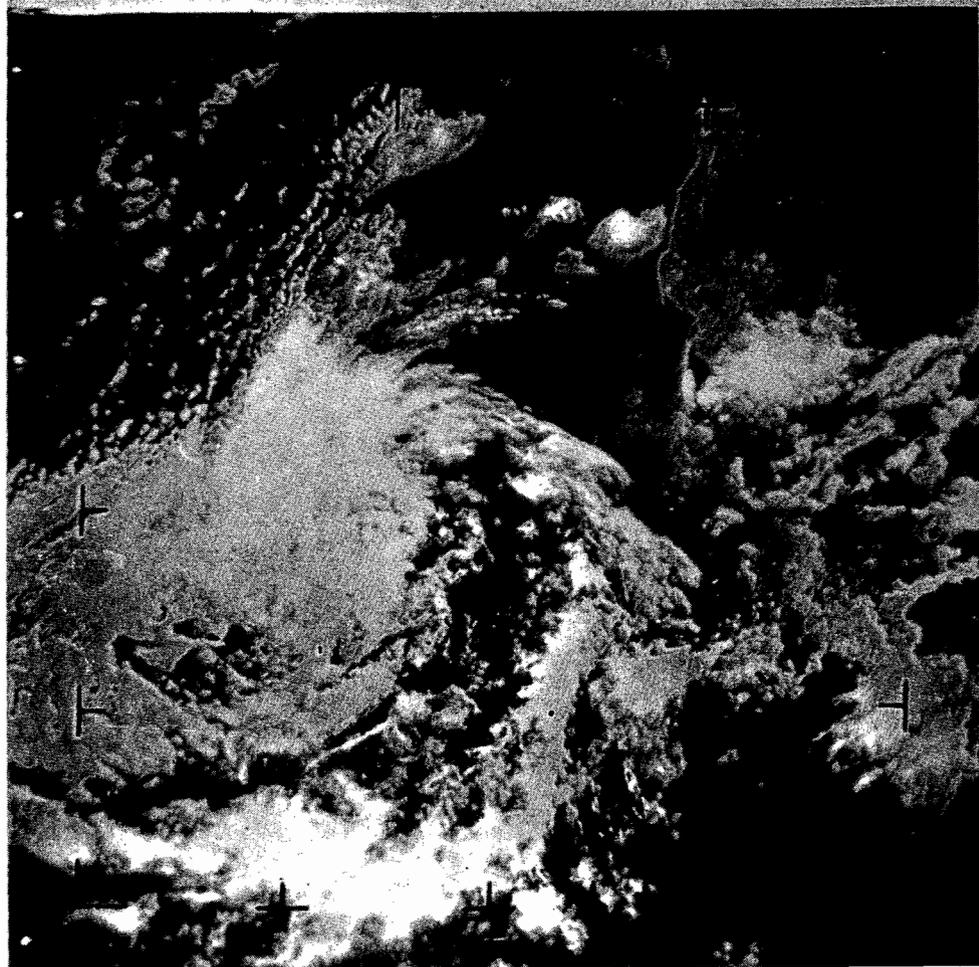
Station d'écoute de Satellites : DAWAD

Orbite : E5548

Date : 4-8-74 Vue n° 3

Orbite : 12074

PP : 16.6N-22.6W Heure : 11 h 19



METEOROLOGIE

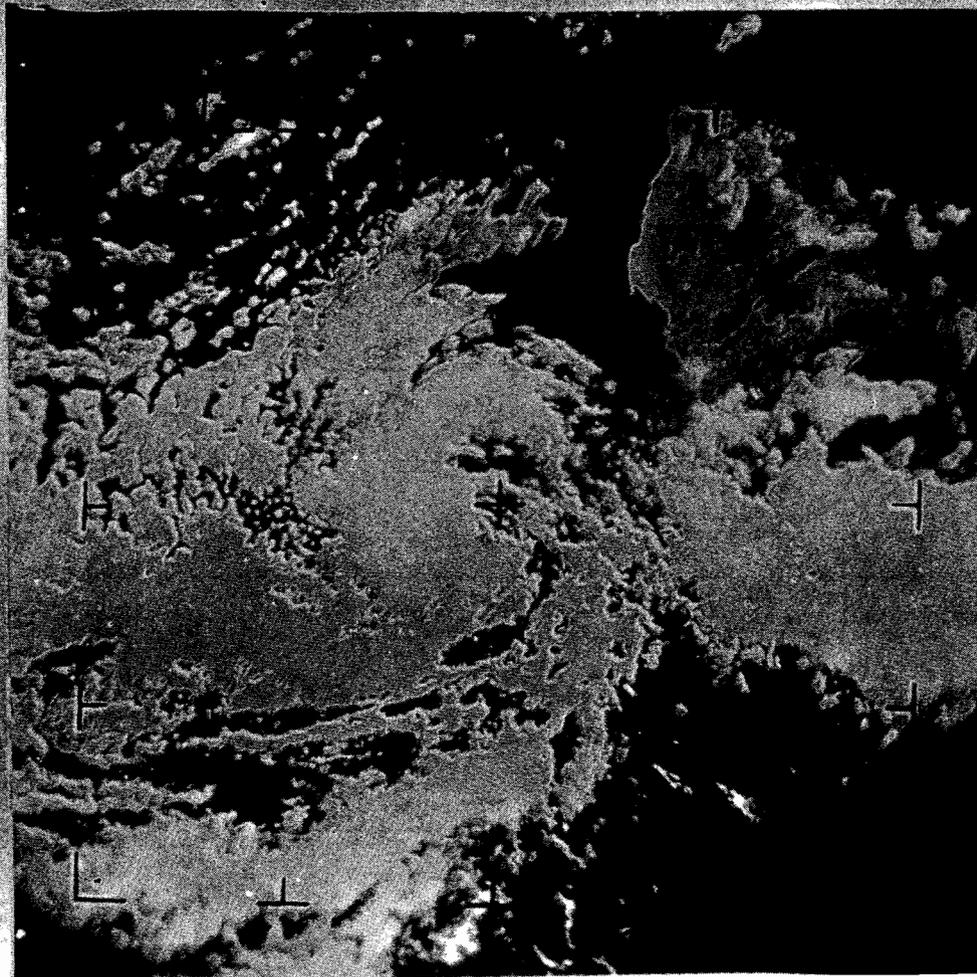
Station d'écoute de Satellites : DAWAD

Orbite : E5548

Date : 3-8-70 Vue n° 3

Orbite : 7449

PP : 16.3N-21.7W Heure : 10 10 59



| AOÛT 1970 Station | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| THIAROYE | 27,5°C | XXXXX | 27,2°C | 27,6°C | 27,6°C |
| CAYAR | 27,9°C | XXXXX | 27,3°C | 27,5°C | 27,7°C |
| M'BOUR | 27,3°C | 27,4°C | 27,3°C | 26,9°C | 27,0°C |

La formation des cyclones tropicaux est un phénomène important à souligner et spécifique des côtes ouest africaines. Il est un bon exemple de l'influence de la température de la mer sur l'évolution d'une perturbation atmosphérique. La saison d'hivernage 1968 connût des températures de la mer anormalement froides. On ne dénombra pour cette année aucune formation de cyclones tropicaux au large des côtes ouest africaines. Si la formation et la vie des cyclones sont étroitement liés à la température de la mer, réciproquement ceux-ci influencent d'une façon notable le champ thermique. Lors du passage du cyclone Hilda (octobre 1964) sur le Golfe du Mexique, une diminution de 5°C sur une bande, de largeur de 300 Km a été observée. Elle persista pendant 2 semaines. Ce refroidissement est lié à la circulation du cyclone qui engendre un upwelling.

Compte tenu des observations marines au large de Dakar, il est difficile de cerner les variations de température au passage des dépressions. Il serait pourtant intéressant d'appréhender de plus près, par des séries de mesures plus fines le mécanisme de ce phénomène. C'est l'un des nombreux objectifs du G.A.R.P.

Après ces quelques considérations sur les interactions océan-atmosphère au Sénégal, nous étudierons, dans le chapitre suivant, le cas d'Abidjan- Lomé- Cotonou.

B ABIDJAN - LOME - COTONOU;

Le cas de cette région est assez particulier. Ces trois stations sont proches les unes des autres. Il n'y a pas de relief important dans leur voisinage. Elles sont de plus soumises, durant toute l'année à des régimes météorologiques analogues. Pourtant, si elles présentent, toutes trois, des courbes pluviométriques semblables dans leur forme, leurs moyennes annuelles sont très différentes :

ABIDJAN \approx 2000mm ; LOME \approx 800mm ; COTONOU \approx 1300 mm.

Ce chapitre se bornera à exprimer quelques réflexions sur ce problème et à exposer la situation particulière de cette côte.

Les Tableaux des deux pages suivantes réunissent les moyennes (en degré celsius) mensuelles pour les années disponibles ainsi que les moyennes annuelles de chacune des trois stations. Les 3 pages qui suivent donnent les courbes moyennes annuelles.

C O T O N O UMoyennes mensuelles des températures de la mer en surface .

| ANNEE | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 9 6 6 | 2 8.2 | 2 8.9 | 2 9.6 | 2 9.5 | 2 9.2 | 2 7.5 | 2 6.7 | 2 5.5 | 2 4.9 | 2 6.6 | 2 8.1 | 2 8.3 |
| 1 9 6 7 | 2 7.1 | 2 8.3 | 2 8.8 | 2 8.9 | 2 9.0 | 2 7.4 | 2 4.6 | 2 3.6 | 2 4.3 | 2 6.0 | 2 7.5 | X X X |
| 1 9 6 8 | 2 7.0 | 2 8.1 | 2 8.0 | 2 9.0 | 2 9.3 | 2 8.0 | 2 6.7 | 2 6.0 | 2 6.3 | 2 7.3 | 2 8.1 | 2 8.1 |
| 1 9 6 9 | 2 7.7 | 2 8.3 | 2 9.6 | 2 9.8 | 2 9.3 | 2 8.1 | 2 5.8 | 2 3.7 | 2 5.8 | 2 6.7 | 2 7.4 | 2 7.7 |
| 1 9 7 0 | 2 8.1 | 2 9.0 | 2 9.3 | 2 9.8 | 2 8.8 | 2 8.3 | 2 5.9 | 2 4.8 | 2 6.4 | 2 8.0 | 2 8.4 | 2 8.7 |
| M O Y | 2 7.6 | 2 8.5 | 2 9.1 | 2 9.4 | 2 9.1 | 2 7.9 | 2 5.9 | 2 4.7 | 2 5.5 | 2 6.9 | 2 7.9 | 2 8.2 |

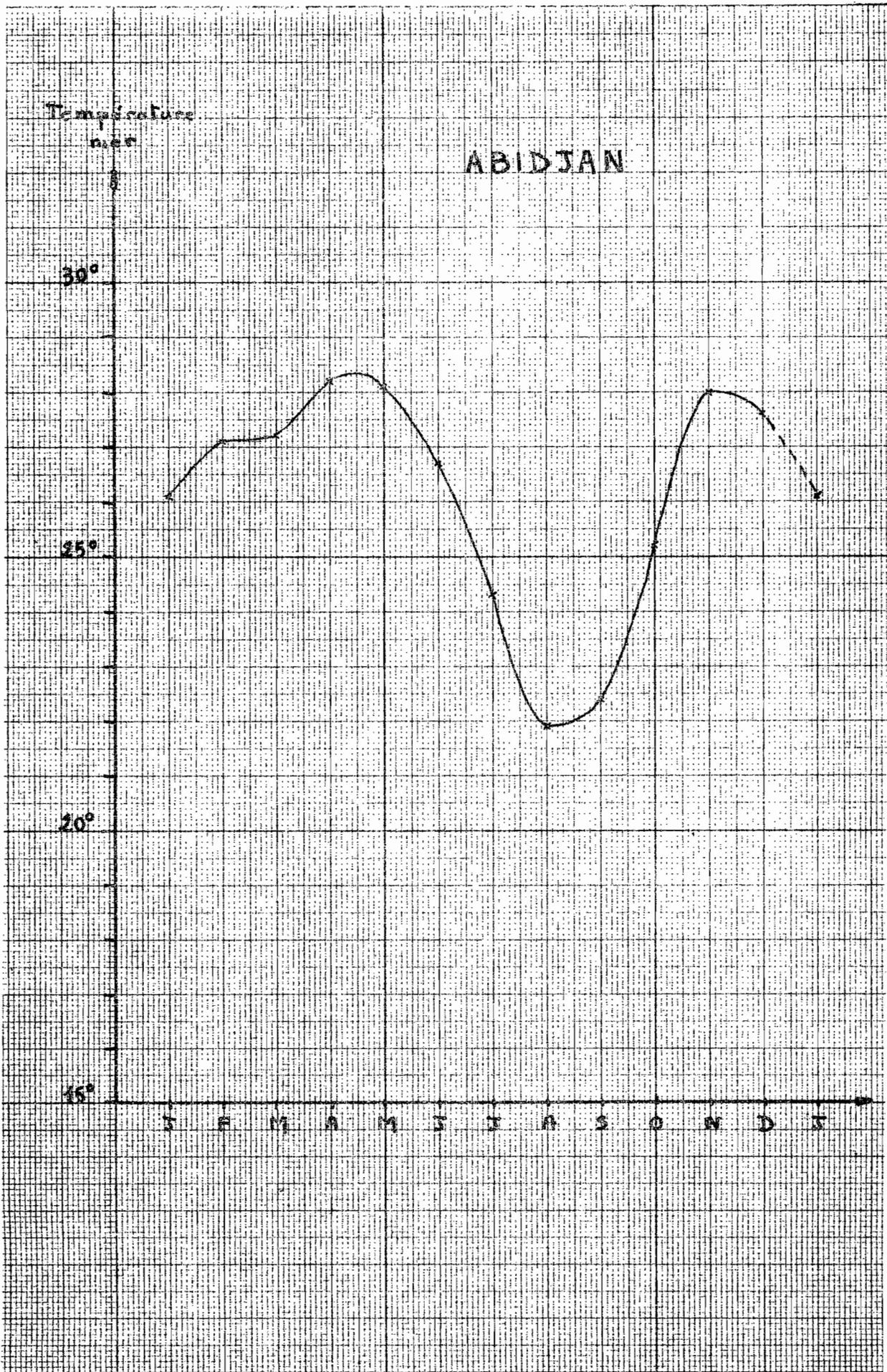
A B I D J A NMoyennes mensuelles des températures de la mer en surface .

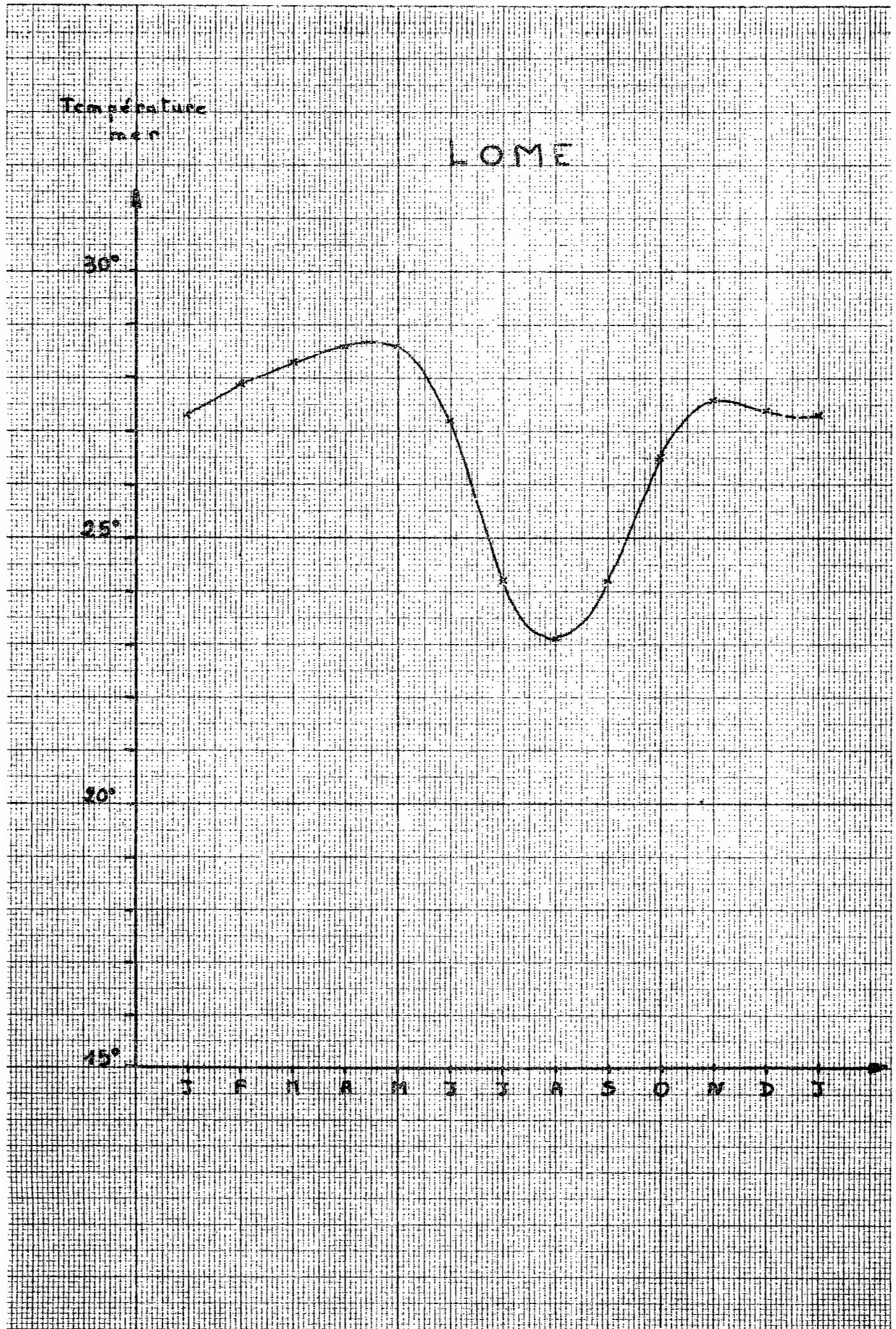
| ANNEE | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 9 6 6 | X X X | X X X | X X X | 2 8.0 | 2 7.2 | 2 6.4 | 2 5.5 | 2 1.9 | 2 2.8 | 2 5.0 | 2 7.9 | 2 8.5 |
| 1 9 6 7 | 2 5.5 | 2 6.6 | 2 6.0 | 2 7.6 | 2 8.0 | 2 7.3 | 2 3.5 | 1 9.5 | 2 1.3 | 2 2.0 | 2 7.2 | 2 6.5 |
| 1 9 6 8 | 2 5.7 | 2 6.8 | 2 7.0 | 2 7.2 | 2 7.5 | 2 6.3 | 2 5.7 | 2 4.2 | 2 3.3 | 2 6.9 | 2 8.4 | 2 7.7 |
| 1 9 6 9 | 2 6.4 | 2 7.5 | 2 8.8 | 2 9.3 | 2 9.2 | 2 6.9 | 2 3.6 | 2 1.5 | 2 1.5 | 2 4.3 | 2 7.7 | 2 7.3 |
| 1 9 7 0 | 2 6.8 | 2 7.4 | 2 7.1 | 2 9.0 | 2 8.6 | 2 6.7 | 2 3.3 | 2 2.2 | 2 3.0 | 2 7.7 | 2 8.7 | 2 8.2 |
| M O Y | 2 6.1 | 2 7.1 | 2 7.2 | 2 8.2 | 2 8.1 | 2 6.7 | 2 4.3 | 2 1.9 | 2 2.4 | 2 5.2 | 2 8.0 | 2 7.6 |

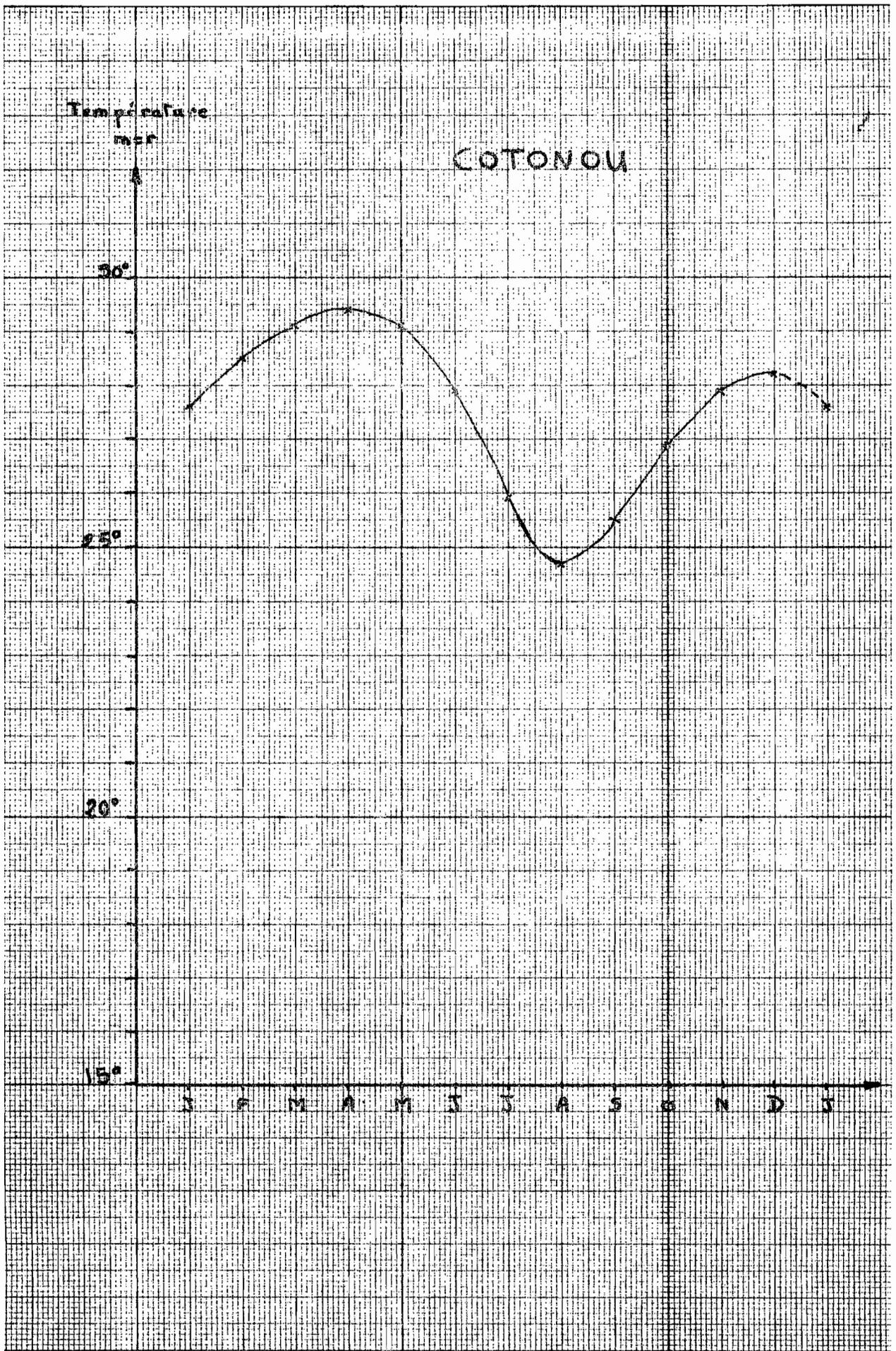
L O M E

Moyennes mensuelles des températures de la mer en surface .

| ANNEE | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 9 5 1 | 2 7.2 | 2 7.8 | 2 8.8 | 2 9.1 | 2 8.1 | 2 7.1 | 2 5.1 | 2 3.3 | 2 4.7 | 2 6.6 | 2 8.1 | 2 8.9 |
| 1 9 5 2 | 2 8.0 | 2 8.0 | 2 8.3 | 2 7.8 | 2 8.9 | 2 7.5 | 2 3.5 | 2 3.5 | 2 4.9 | X X X | X X X | X X X |
| 1 9 5 3 | 2 6.9 | 2 8.6 | 2 9.1 | 2 9.0 | 2 8.3 | 2 5.9 | 2 3.7 | 2 3.2 | 2 4.8 | 2 7.1 | 2 8.5 | 2 8.1 |
| 1 9 5 4 | 2 7.6 | 2 8.3 | 2 9.0 | 2 9.2 | 2 9.1 | 2 6.2 | X X X | X X X | X X X | X X X | X X X | X X X |
| 1 9 5 8 | X X X | X X X | 2 8.5 | 2 9.1 | 2 8.9 | 2 6.2 | 2 2.9 | 2 2.6 | 2 4.1 | 2 6.4 | 2 7.4 | 2 7.2 |
| 1 9 5 9 | 2 7.3 | 2 7.0 | 2 8.0 | 2 8.4 | 2 7.8 | 2 7.8 | 2 4.6 | 2 1.8 | 2 4.3 | 2 6.4 | 2 7.7 | 2 7.4 |
| 1 9 6 0 | 2 7.5 | 2 7.9 | 2 8.3 | 2 8.3 | 2 8.3 | 2 7.8 | 2 3.1 | 2 3.3 | 2 4/0 | 2 6.6 | 2 7.8 | 2 6.6 |
| 1 9 6 1 | 2 7.5 | 2 8.4 | 2 8.6 | 2 8.8 | 2 9.1 | 2 7.5 | 2 3.5 | 2 2.3 | 2 3.1 | 2 6.8 | 2 7.4 | 2 7.8 |
| 1 9 6 6 | X X X | X X X | X X X | X X X | X X X | X X X | X X X | 2 3.6 | 2 3.8 | 2 6.2 | 2 7.6 | 2 7.8 |
| 1 9 6 7 | 2 7.2 | 2 7.2 | 2 7.1 | 2 8.0 | 2 8.0 | X X X | 2 2.9 | 2 1.4 | 2 2.8 | 2 5.6 | 2 7.2 | 2 6.8 |
| 1 9 6 8 | 2 6.8 | 2 7.8 | 2 7.3 | 2 7.9 | 2 8.5 | 2 7.2 | 2 5.8 | 2 5.5 | 2 5.9 | 2 7.6 | 2 8.1 | 2 7.5 |
| 1 9 7 0 | X X X | X X X | X X X | 2 9.3 | 2 9.2 | 2 9.0 | 2 6.6 | 2 3.4 | 2 4.2 | 2 5.8 | 2 6.4 | 2 6.2 |
| M O Y | 2 7.3 | 2 7.9 | 2 8.3 | 2 8.6 | 2 8.6 | 2 7.2 | 2 4.2 | 2 3.1 | 2 4.2 | 2 6.5 | 2 7.6 | 2 7.4 |







Temperature
in C

COTONOU

30°

25°

20°

15°

J F M A M J J A S O N D

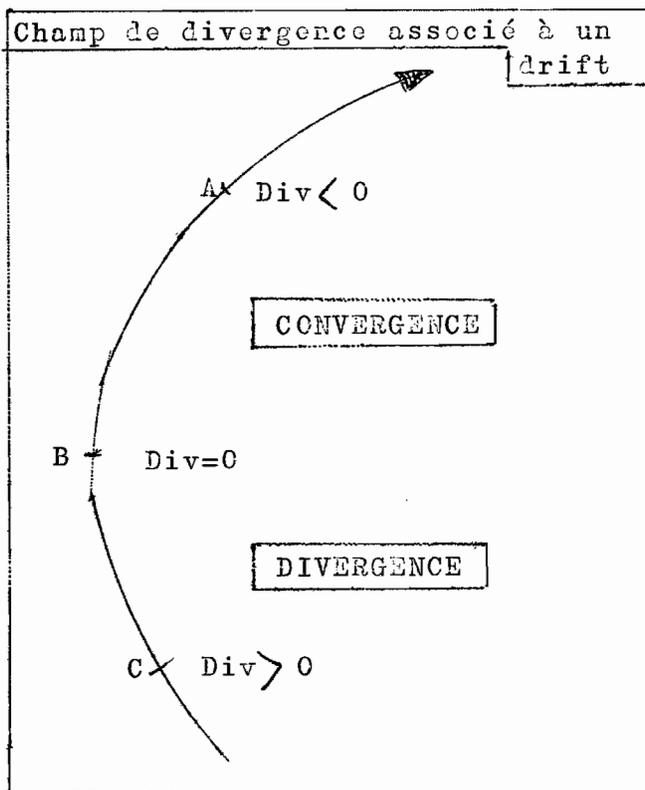
Avant d'aller plus loin nous résumerons rapidement la situation météorologique sur la zone étudiée.

I SITUATION METEOROLOGIQUE

Contrairement aux côtes sénégalaises qui sont tantôt au "dessus" du FIT, tantôt en "dessous", la côte Abidjan - Lomé - Cotonou se trouve toute l'année au sud du FIT, c'est à dire dans l'hémisphère sud météorologique. Ainsi un régime de mousson prévaut tout au long de l'année.

Nous savons que ce flux de mousson est un flux détourné ou "drift". La courbure de ce drift varie suivant les périodes de l'année. Les cartes de "gradient level wind" en annexes donnent un aperçu de la variation de cette courbure. North et Johnson ont calculé pour diverses positions de cette courbure le champ de divergence qui lui est associée.

La figure ci-dessous donne la répartition qualitative de ce



paramètre suivant la courbure du Drift.

La divergence traduit la stabilité ou l'instabilité de l'atmosphère en déterminant les mouvements verticaux de celle-ci.

Ainsi une divergence ($DIV > 0$) est caractéristique d'une atmosphère subsidente, c'est à dire possédant des mouvements descendants, qui empêche tout développement nuageux. On peut ainsi associer à la divergence un temps non perturbé. Par contre, la convergence ($DIV < 0$) est significative de mouvements verticaux, donc de développements nuageux. Ces formations nuageuses sont d'autant plus importantes que la convergence a une valeur absolue élevée. Pour tout renseignement supplémentaire sur le calcul et les applications de la divergence on pourra se rapporter à la publication ASECNA N° 25

La connaissance de la courbe du Drift et du champ de divergence qui lui est associé permet d'analyser la situation sur ABIDJAN - LOME - COTONOU.

Fin décembre à avril-

Le FIT est à sa position la plus méridionale. Le centre de l'anticyclone de Sainte Hélène est rejeté loin au sud. Le Flux détourné de mousson arrive très affaibli sur les côtes ivoiriennes ; il y est détourné une deuxième fois sous l'influence des alizés de l'hémisphère météorologique nord.

Le Drift est inexistant sur les côtes Abidjan - Lomé - Cotonou. C'est la grande saison sèche. Nous sommes dans la zone B délimitée par le FIT (voir page 8).

Mai-Juillet

Le FIT est remonté vers le nord. Les côtes qui nous intéressent sont soumises à l'action du Drift. La courbure du Drift est telle qu'elle correspond à une forte convergence (point A sur la figure précédente) donc à un temps très perturbé. Les développements verticaux nuageux sont à leur maximum d'intensité. C'est la grande saison des pluies.

Mi-Juillet ; Mi-October

La région étudiée est dans la partie transéquatoriale du Drift (point B de la figure précédente). Une convergence faible voire nulle est significative d'un temps faiblement perturbé. C'est la petite saison sèche.

Mi-October ; Mi-Décembre

Le FIT redescend vers le sud. C'est la petite saison des pluie, conséquence d'une faible convergence.

Cette analyse de la situation s'applique aux trois stations. Au point de vue météorologique on pourrait admettre à priori que ces trois stations sont identiques. Pourtant une anomalie se présente sur la pluviométrie : ABIDJAN : 1976mm, LOME : 767mm ; COTONOU : 1245mm par an. Si on peut admettre, dans une première approche, que la pluviométrie à Abidjan soit supérieure à celle de Cotonou, en considérant la déformation du Drift en longitude, le déficit de Lomé par rapport à Abidjan et Cotonou est difficilement explicable. C'est pourquoi nous avons cherché, compte tenu des constatations de la première partie, une explication en considérant les températures de la mer en surface.

Analyse de la Température de la mer :

L'Allure générale des courbes annuelles des températures de la mer des trois stations semble indiquer une certaine périodicité. Aussi nous avons décomposé ces trois courbes en série de Fourier, comme dans le chapitre précédent. On a obtenu les courbes d'équation :

$$Y = Y_0 + \sum_i Y_i + \epsilon(x)$$

Y_0 étant la valeur moyenne annuelle.

Y_i étant l'harmonique d'ordre i. On notera A_i l'amplitude de Y_i

$\epsilon(x)$ étant une fonction reste.

ABIDJAN:

$$Y = 26,0 + (2,1 \sin \frac{\pi x}{6} + 0,5 \cos \frac{\pi x}{6}) + (-1,4 \sin \frac{\pi x}{3} + 1,1 \cos \frac{\pi x}{3}) + (-0,4 \sin \frac{\pi x}{2} - 0,2 \cos \frac{\pi x}{2}) + \epsilon(x)$$

LOME

$$Y = 26,7 + (2,0 \sin \frac{Yx}{6} + 0,5 \cos \frac{Yx}{6}) + (-1,2 \sin \frac{Yx}{3} + 0,4 \cos \frac{Yx}{3}) + (-0,4 \cos \frac{Yx}{2}) + \mathcal{E}(x)$$

COTONOU

$$Y = 27,5 + (2,0 \sin \frac{Yx}{6} + 0,2 \cos \frac{Yx}{6}) + (-0,9 \sin \frac{Yx}{3} + 0,3 \cos \frac{Yx}{3}) - 0,1 (\sin \frac{Yx}{2} + \cos \frac{Yx}{2}) + \mathcal{E}(x)$$

x représentant le numéro du mois de l'année.

Ces courbes comme les résultats suivants ne s'appliquent qu'aux valeurs moyennes des trois stations. Les équations précédentes ne sont en aucun cas valables pour une année arbitraire.

Le tableau suivant résume ces 3 équations en indiquant les amplitudes des diverses harmoniques.

| STATION | VALEUR MOYENNE | A1 | A2 | A3 |
|---------|----------------|------|------|-----|
| ABIDJAN | 26.0 | 2.16 | 1.81 | 0.4 |
| LOME | 26.7 | 2.06 | 1.30 | 0.4 |
| COTONOU | 27.5 | 1.71 | 0.95 | 0.1 |

On trouvera aux pages 58,59,60 la représentation graphique, pour chacune des trois stations, des premières harmoniques de la décomposition.

On a ensuite calculé les écarts entre les valeurs mensuelles vraies T et les valeurs Y calculées en appelant $Y = Y_0 + Y_1 + Y_2$. On a alors la différence $\mathcal{E}_1 = T - Y$. et; en

considérant la troisième harmonique. On note $Z = Y_0 + Y_1 + Y_2 + Y_3$ avec un écart $\mathcal{E}_2 = T - Z$. Le tableau de la page donne le compte rendu de ces calculs.

Ce tableau par les valeurs de \mathcal{E}_2 montre que, pour les trois stations, la décomposition en série de Fourier arrêtée à l'ordre 3 donne une très bonne définition de la variation annuelle moyenne de la température de la mer en surface. Une approche moins précise, mais cependant acceptable, de ce paramètre est donnée en négligeant cette troisième harmonique. Les écarts avec les valeurs vraie sont donnés par \mathcal{E}_1 .

Ainsi donc, pour ces trois stations, on peut admettre que la variation annuelle moyenne est la somme de trois variations sinusoïdales.

- La première : annuelle : présente un maximum en février-mars et un minimum en août -septembre. Les amplitudes décroissent d'Abidjan,

(2,16°C) à Cotonou (1,71°C) tout en gardant le même ordre de grandeur. (Voir tableau page 61)

- La seconde : biannuelle: présente ses 2 maximums en mars et en novembre. Et ses 2 minimums en février et en Août.

Les amplitudes décroissent d'Abidjan (1,8°C) à Cotonou (0,95°C)

L'amplitude de cette harmonique est plus faible que celle de la première tout en restant du même ordre de grandeur.

- La troisième est triannuelle. L'amplitude est faible voire négligeable pour Cotonou (0,1°C). Elle décroît elle aussi d'Abidjan (0,4°C) à Cotonou. Dans cette étude nous la négligerons en la considérant comme une correction.

L'étude de la décomposition en série de Fourier conduit aux constatations :

- la variation moyenne annuelle de la température de la mer des trois stations apparaît comme la somme de deux variations sinusoïdales : la première d'une période d'un an, la seconde d'une période de six mois.

- Les extrémums de même nature de ces deux variations sont atteints aux mêmes périodes de l'année pour les trois stations.

Les amplitudes respectives de ces sinusoïdes sont voisines et décroissent d'ouest en est.

- Les températures moyennes annuelles croissent d'est en ouest.

Ainsi donc les 3 stations étudiées ont des variations moyennes comparables. On peut les considérer du point de vue océanographique comme analoges.

Pluie et température de la mer.

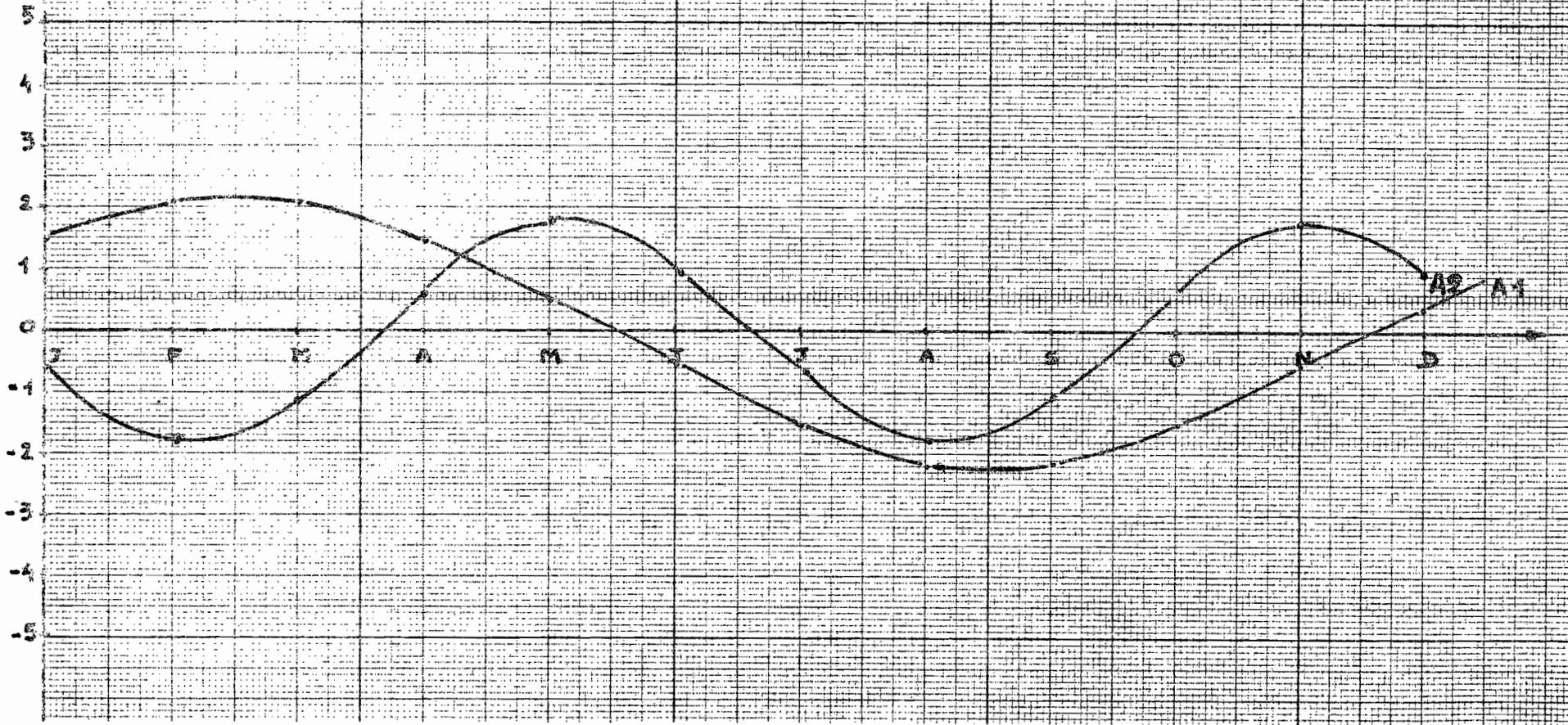
L'analogie océanographique d'Abidjan, Lomé, Cotonou décourage à priori toute tentative d'explication marine du déficit pluviométrique de Lomé par rapport à Abidjan et Cotonou. Si les régimes pluviométriques sont qualitativement analogues avec deux saisons sèches et deux saisons des pluies, il n'en reste pas moins vrai que, quantitativement la pluviométrie est très différente dans ces 3 stations. On peut classer par ordre de température croissante ces stations. On obtient la suite Abidjan Lomé Cotonou. Si on utilise le même procédé avec la hauteur annuelle de pluie on obtient la séquence : Abidjan Cotonou Lomé.

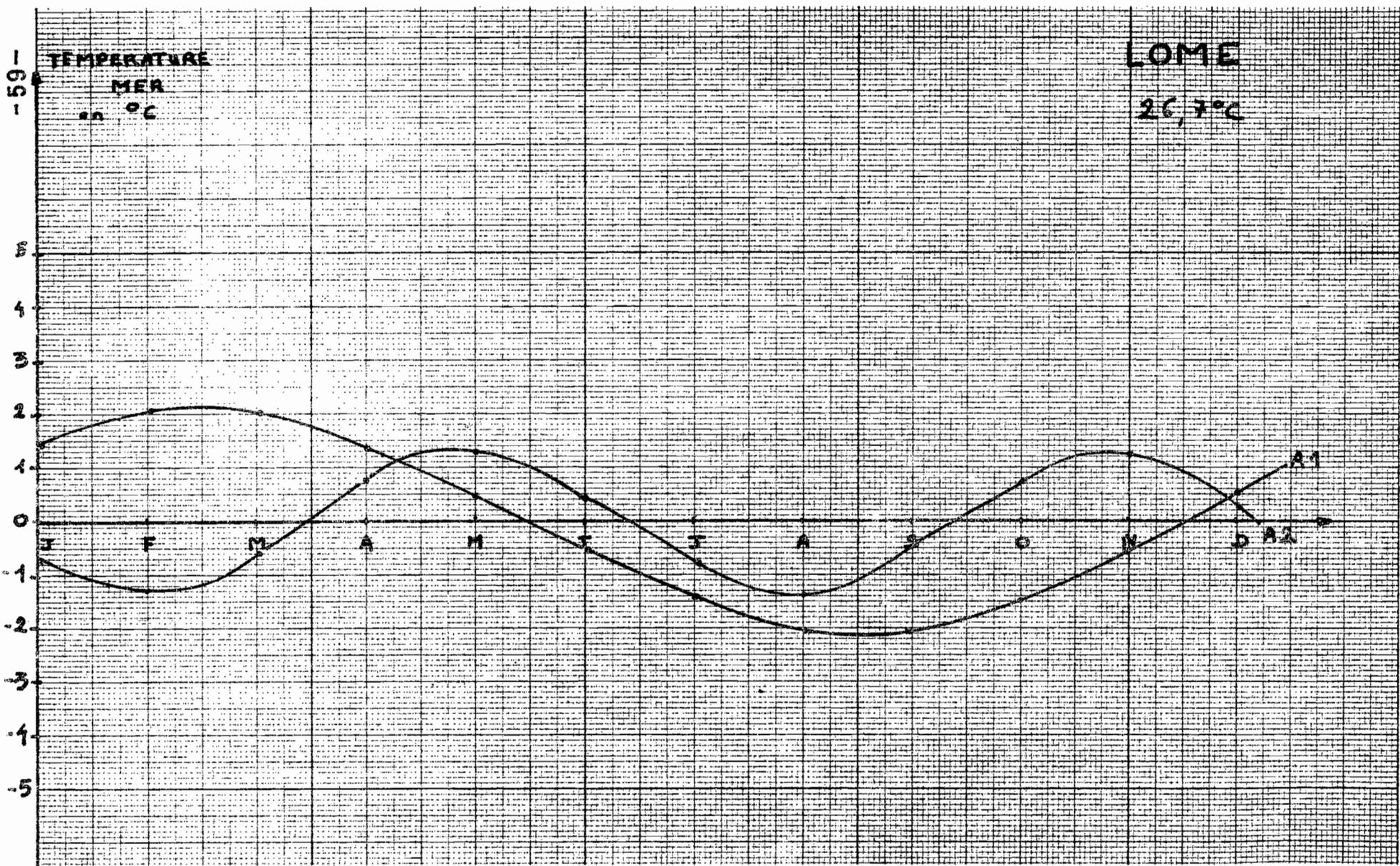
L'analyse de la température de la mer ne peut expliquer simplement la pluviométrie. L'hypothèse de la première partie de cet exposé : La pluviométrie est fonction croissante de la température de la mer, est loin d'être vérifiée.

Des essais de corrélation pour chaque station indépendamment des deux autres, entre la pluviométrie et la température moyenne annuelle de la mer ont été tentés. Les rapports de corrélation ne sont pas significatifs d'une liaison. Les mêmes tentatives ont été faites pour chaque station, pour les mois de la grande saison des pluies (avril mai juin juillet) en considérant les écarts pour chaque mois à la moyenne de ce mois.

TEMPERATURE
MAR
in °C

ABIDJAN
28,0°C



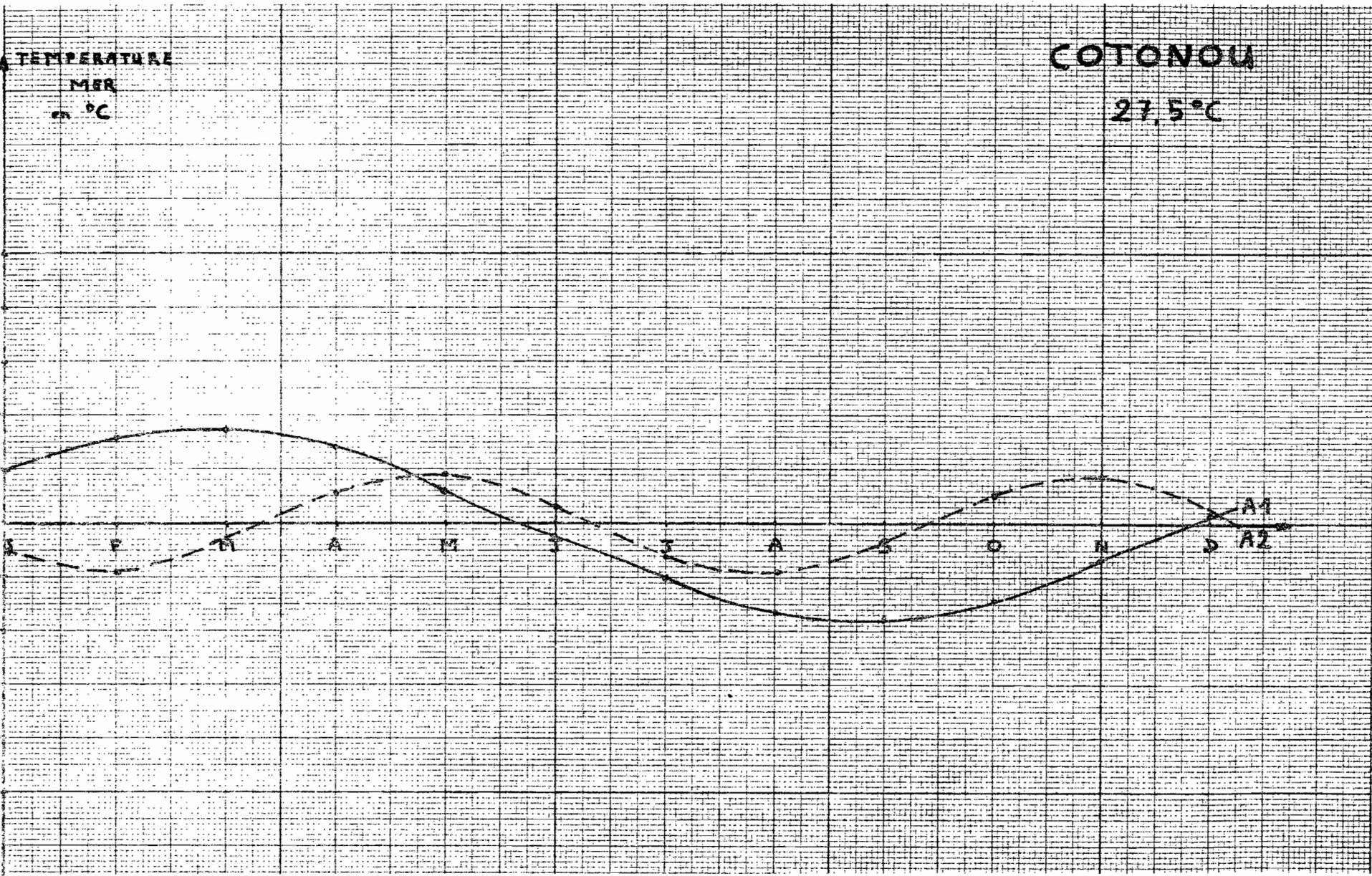


60

TEMPERATURE
MER
in °C

COTONOU
27.5°C

5
4
3
2
1
0
-1
-2
-3
-4
-5



A1
A2

| M O I S | A B I D J A N | | | | | L O M E | | | | | C O T O N O U | | | | M O I S |
|------------------|---------------|-----|---------|---------|--|---------|-----|---------|---------|--|---------------|-----|---------|---------|------------------|
| | T | Y | ξ_1 | ξ_2 | | T | Y | ξ_1 | ξ_2 | | T | Y | ξ_1 | ξ_2 | |
| J | 261 | 269 | -08 | -04 | | 273 | 273 | 000 | 00 | | 276 | 279 | -03 | -02 | J |
| F | 271 | 263 | +08 | +06 | | 279 | 274 | +05 | +01 | | 285 | 282 | +03 | +02 | F |
| M | 272 | 270 | +02 | -02 | | 283 | 283 | 00 | 00 | | 291 | 289 | +02 | +01 | M |
| A | 282 | 281 | +01 | +03 | | 286 | 289 | -03 | +01 | | 294 | 295 | -01 | 00 | A |
| M | 281 | 283 | -02 | +02 | | 286 | 285 | +01 | +01 | | 291 | 290 | +01 | +02 | M |
| J | 267 | 266 | +01 | -01 | | 272 | 266 | +06 | +02 | | 279 | 276 | +03 | +02 | J |
| J | 243 | 239 | +04 | 00 | | 242 | 245 | -03 | -03 | | 259 | 259 | 00 | -01 | J |
| A | 219 | 221 | -02 | 00 | | 231 | 234 | -03 | +01 | | 247 | 250 | -03 | -02 | A |
| S | 224 | 228 | -04 | 00 | | 242 | 243 | -01 | -01 | | 255 | 255 | 00 | +01 | S |
| O | 252 | 255 | -03 | -01 | | 265 | 261 | +04 | 00 | | 269 | 267 | +02 | +01 | O |
| N | 280 | 273 | +07 | +03 | | 276 | 275 | +01 | +01 | | 279 | 278 | +01 | 00 | N |
| D | 276 | 276 | 00 | +02 | | 274 | 276 | -02 | +02 | | 282 | 280 | +02 | +03 | D |

T = Température moyenne de la mer

$$Y = Y_0 + Y_1 + Y_2$$

$$Z = Y_0 + Y_1 + Y_2 + Y_3$$

$$\left. \begin{aligned} \xi_1 &= T - Y \\ \xi_2 &= T - Z \end{aligned} \right\}$$

En 1/10 de degré centigrade

On a obtenu les résultats suivants pour les hivernages des années 1966-1967-1968-1969-1970.

| Station | Rapport corrélation | Seuil significatif | Corrélation |
|---------|---------------------|--------------------|------------------|
| COTONOU | 0 . 2 0 4 8 | 0 . 2 1 9 7 | Non significatif |
| ABIDJAN | 0 . 2 7 3 4 | 0 . 2 1 9 5 | Non significatif |

Puisque nous avons décomposé les températures moyennes de la mer en série de Fourier nous avons pensé à procéder de même pour les hauteurs moyennes mensuelles de pluie . Nous avons arrêté la décomposition à l'ordre 3 . Les équations prennent la forme générale :

$$P = P_0 + (a_1 \sin \frac{\pi x}{6} + b_1 \cos \frac{\pi x}{6}) + (a_2 \sin \frac{\pi}{3} X + b_2 \cos \frac{\pi}{3} x) + (a_3 \sin \frac{\pi}{2} x + b_3 \cos \frac{\pi}{2} x) + (x)$$

On a obtenu le tableau suivant des coefficients en mm :

| STATION | a ₁ | a ₂ | a ₃ | P ₀ | b ₁ | b ₂ | b ₃ |
|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| ABIDJAN | -4.3 | 76.6 | -9.0 | 164.5 | -115.7 | 97.9 | -91.1 |
| LOME | 9.8 | -34.5 | 6.5 | 63.9 | -50.3 | 19.1 | -31.0 |
| COTONOU | 5.3 | -52.8 | 11.0 | 103.7 | -84.6 | 37.9 | -61.9 |

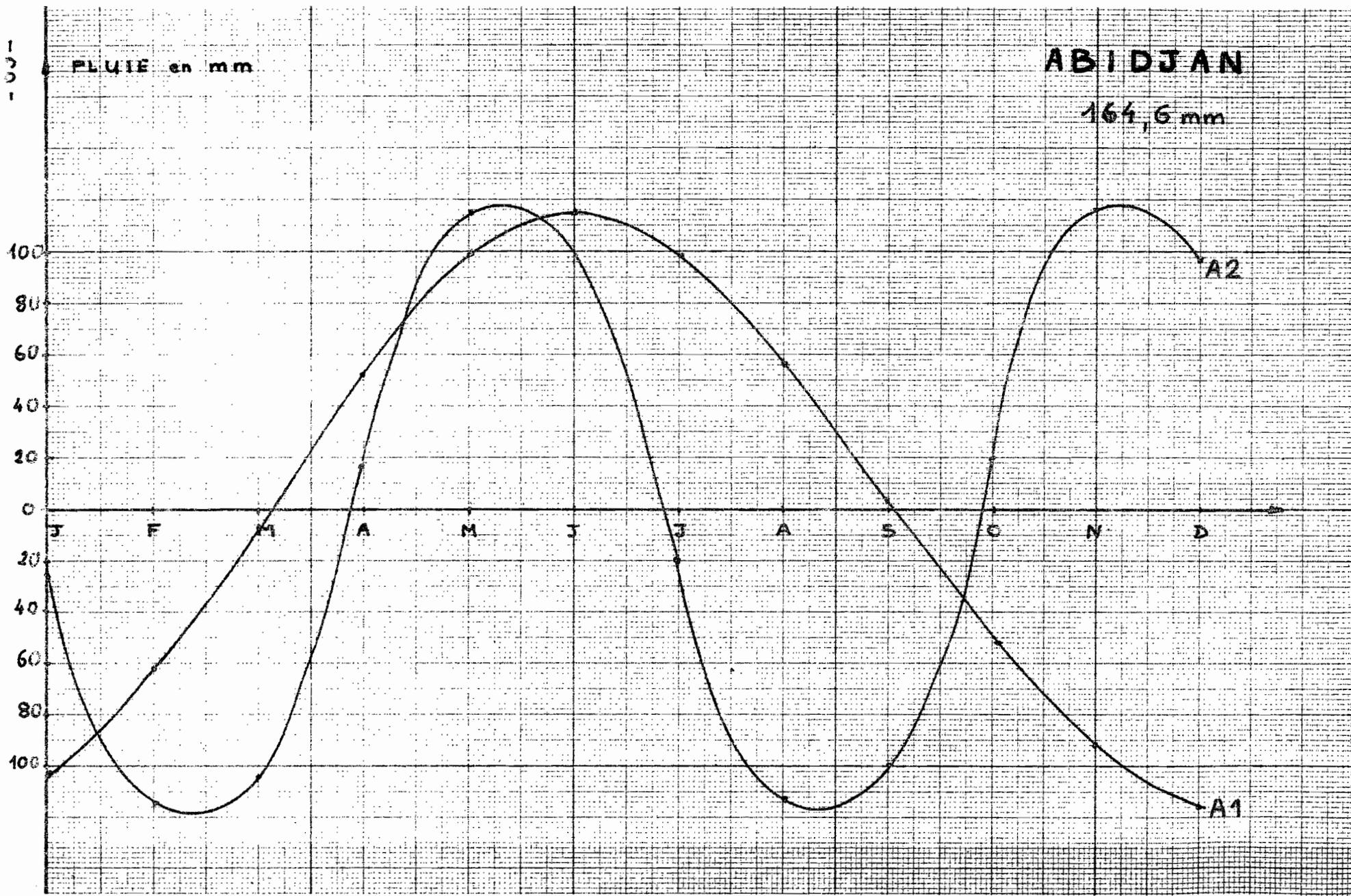
Les pages 63, 64, 65, représentent les graphes, pour chaque station, des deux premières composantes de la décomposition .

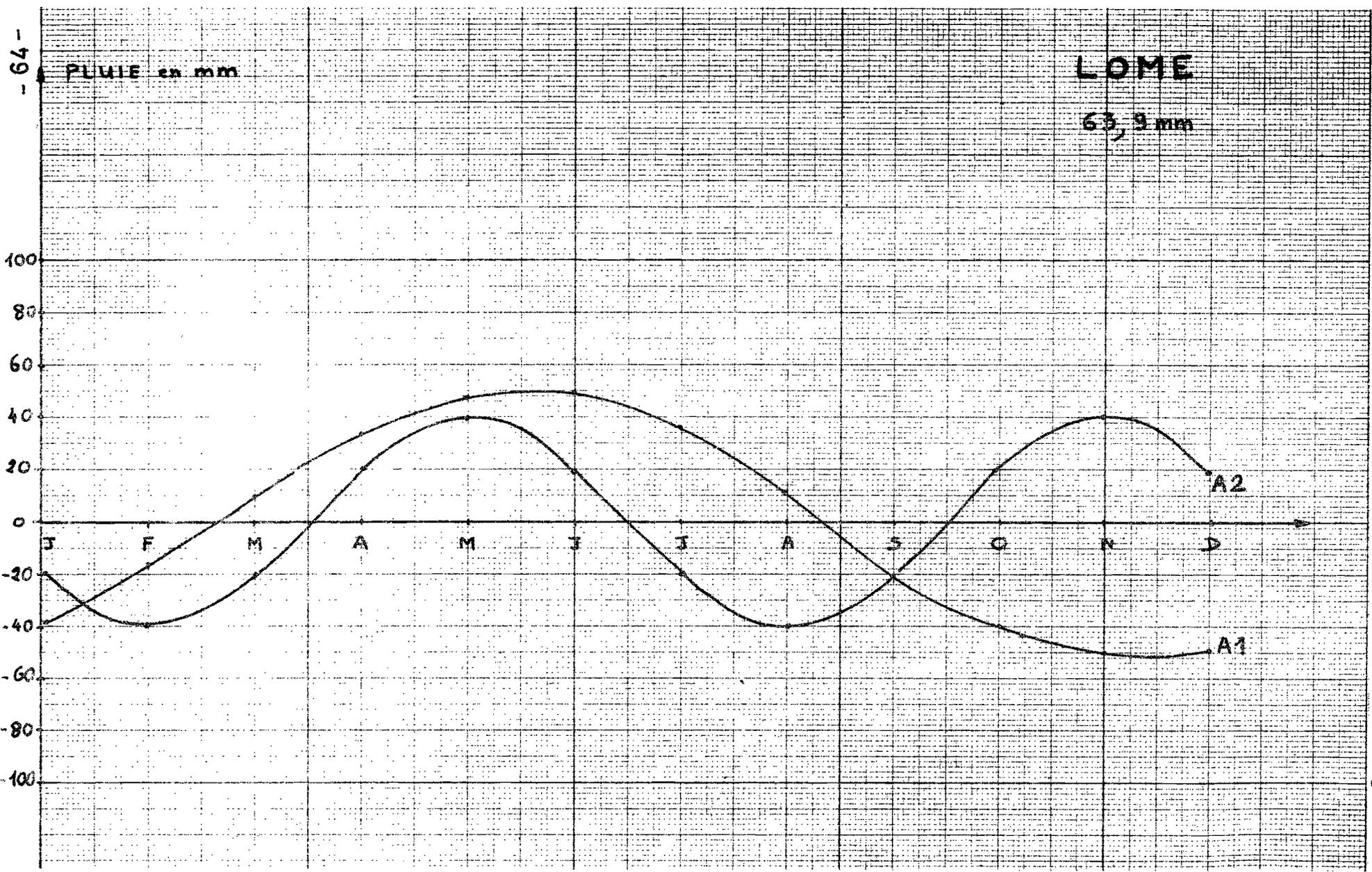
Une étude rapide de ces courbes montre que les amplitudes des composantes A3 sont du même ordre de grandeur que celles des composantes A1 et A2 . Le calcul des écarts entre les valeurs vraies et les valeurs calculées ($P_c = P_0 + P_1 + P_2 + P_3$)

arrêtés à l'ordre 3 conduit à des valeurs élevées . Ceci tend à prouver que la décomposition en série de Fourier ne donne qu'une définition très approchée du régime pluviométrique . Pourtant elle permet certaines constatations :

- les composantes respectives des trois stations sont en phase. On s'attendait à ce résultat puisque le régime des pluies est le même .
- mais le plus important est que les ondes A 2 des pluies et des températures de la mer sont en phase pour les trois stations. Les maximums thermiques correspondent à des maximums de hauteur d'eau et inversement . Ce résultat va donc dans le sens de l'hypothèse initiale .

Cette covariation met en évidence une liaison indirecte de la température de la mer sur le temps à l'intérieur des





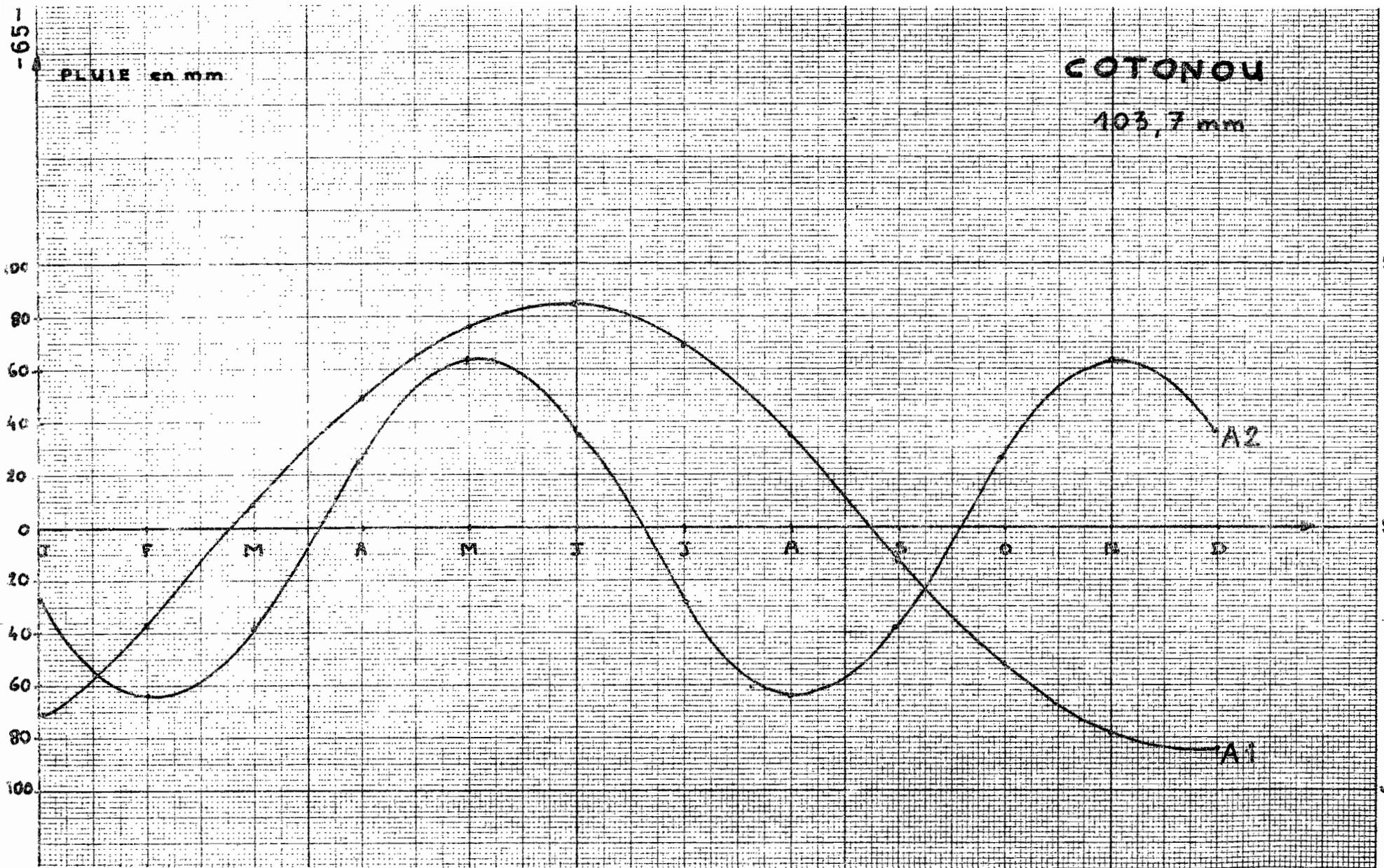
PLUIE en mm

LOME

63,9 mm

A2

A1



Ce sera la conclusion de cette étude sur Abidjan-Lomé-Cotonou . On ne peut espérer trouver des liaisons directes entre les températures de la mer et la pluviométrie . Des facteurs continentaux, tels les lignes de grains, interviennent dans les hauteurs de pluie et faussent à la base toute étude de corrélation avec les températures de la mer . Il conviendrait donc de sélectionner les pluies d'origine maritime de celles d'origine continentale. Ainsi on pourrait déterminer le degré de corrélation et sur quel pourcentage des pluies agit l'influence de la mer .

Le rapprochement des courbes des pages 58,59,60 d'une part et celles des pages 63,64,65 d'autre part est éloquent. Les deux premières correspondent à des répartitions unimodales, les trois dernières à des répartitions bimodales . Cette similitude d'aspect avec la répartition annuelle des pluies et des températures de la mer est assez étonnante . L'indépendance quasi certaine des pluies annuelles entre Abidjan-Lomé-Cotonou montre qu'il n'y a qu'une covariance saisonnière entre les régimes pluviométriques et les températures de la mer et encore, nous n'avons mis en évidence cette covariance que grâce à la décomposition en série de Fourier par l'étude des ondes $\lambda 2$.

C'est pourquoi il serait intéressant de savoir jusqu'à quelle latitude cette covariance bi-nomale des températures de la mer est perceptible . Pour cela il faudrait étudier le cas des "zones intermédiaires" : la Côte des Grains et la Baie de Biafra . Hélas les données y sont rares, pour ainsi dire inexistantes.

| |
|-----------------------|
| C O N C L U S I O N S |
|-----------------------|

La répartition géographique des pluies et des eaux dans le golfe de Guinée pouvait laisser entrevoir (dans le premier chapitre) une relation entre la pluviométrie sur les côtes et la température de la mer au large de celles-ci . Les résultats de cette étude ne conduisent pas aux résultats espérés .

En effet nous avons démontré qu'il ne pouvait y avoir, sur les côtes sénégalaises, une influence maritime sensible sur la pluviométrie puisque les phénomènes orageux sont, pour la plupart, d'origine continentale (lignes de grains) . Nous avons, cependant, rattaché, suivant la position et l'intensité de l'anti-cyclone des Açores, un hivernage pluvieux (non pluvieux) à des températures maritimes élevées (basses) .

Pour la région Abidjan-Lomé-Cotonou, on pouvait espérer trouver une relation entre ces deux paramètres puisque ces côtes sont soumises à l'influence d'une masse d'air maritime : la mousson . Là aussi les résultats ont été décevants . L'importance et la fréquence des lignes de grains masquent cette liaison . Seule la décomposition en série de Fourier a permis de déceler l'analogie des variations des ondes semi annuelles des pluies et des températures de la mer . Il serait intéressant de reprendre l'étude en éliminant les hauteurs d'eau dues à ces phénomènes continentaux .

Si les résultats obtenus sont plutôt négatifs, cette étude a permis, cependant, de mettre en évidence plusieurs pôles d'intérêts :

- Il est possible de définir des "hydroclimats" à partir de la décomposition en série de Fourier des températures moyennes mensuelles de la mer . On peut ainsi regrouper sous le même "hydroclimat" les stations d'Abidjan, Lomé et Cotonou dont les décompositions sont comparables .

- Le déplacement du front nord des eaux chaudes semble être en liaison avec la force et la durée des Alizés. La faible densité des observations marines ne permet pas de déterminer la position exacte de ce front . Une campagne de mesures océanographiques en liaison avec les observations des stations météorologiques de Dakar et Saint Louis au passage du FIT (en fin et début d'hivernage) permettrait de clarifier cette hypothèse .

- Le cas de certains brouillards côtiers au Sénégal en Janvier Février est un bon exemple de l'influence de la mer sur les éléments atmosphériques .

- Enfin les côtes sénégal-mauritaniennes apparaissent comme une région source de cyclones tropicaux . Sachant que ces phénomènes se forment, sous certaines conditions encore peu connues, à partir des lignes de grains, il conviendrait de resserrer le réseau des observations océanographiques, dans le temps et dans l'espace afin de mieux comprendre non seulement l'influence de l'état de la mer sur la formation d'un cyclone mais aussi l'influence du passage d'un grain sur l'état de la mer .

L'étude météorologique des côtes d'Afrique de Nouakchott à Douala révèle deux types de situations forts différentes:

- au nord du FIT : - les masses d'air sont généralement d'origine continentale. Elles suivent un trajet terre-mer.
- au Sud du FIT : - les masses d'air sont généralement d'origine maritime. Elles ont un trajet mer-terre.

Cette classification n'est valable que dans le cas général. Il ne faut pas omettre la possibilité, au nord du FIT d'une pénétration d'air maritime sur les côtes sénégal - mauritaniennes, ni, au sud du FIT, le passage occasionnel de lignes de grains, sur la basse côte. Cette distinction entre la circulation générale de part et d'autre du FIT conduit à envisager deux études différentes et complémentaires.

- Appréhender l'évolution d'une masse d'air continentale au contact de l'océan en analysant les variations de structure entre Dakar et Sal. Ce sera l'un des objectifs de l'expérience tropical du G.A-R-P en 1974.

- Appréhender l'évolution d'une masse d'air maritime au contact du continent. Ascension, Abidjan, Niamey pourraient être les principales étapes de cette étude.

L'analyse des radio-sondages (mixin-gratio, température, point de rosée, humidité, énergie) pourrait fournir la base de ces recherches.

En ce moment certains de ces problèmes sont abordés:

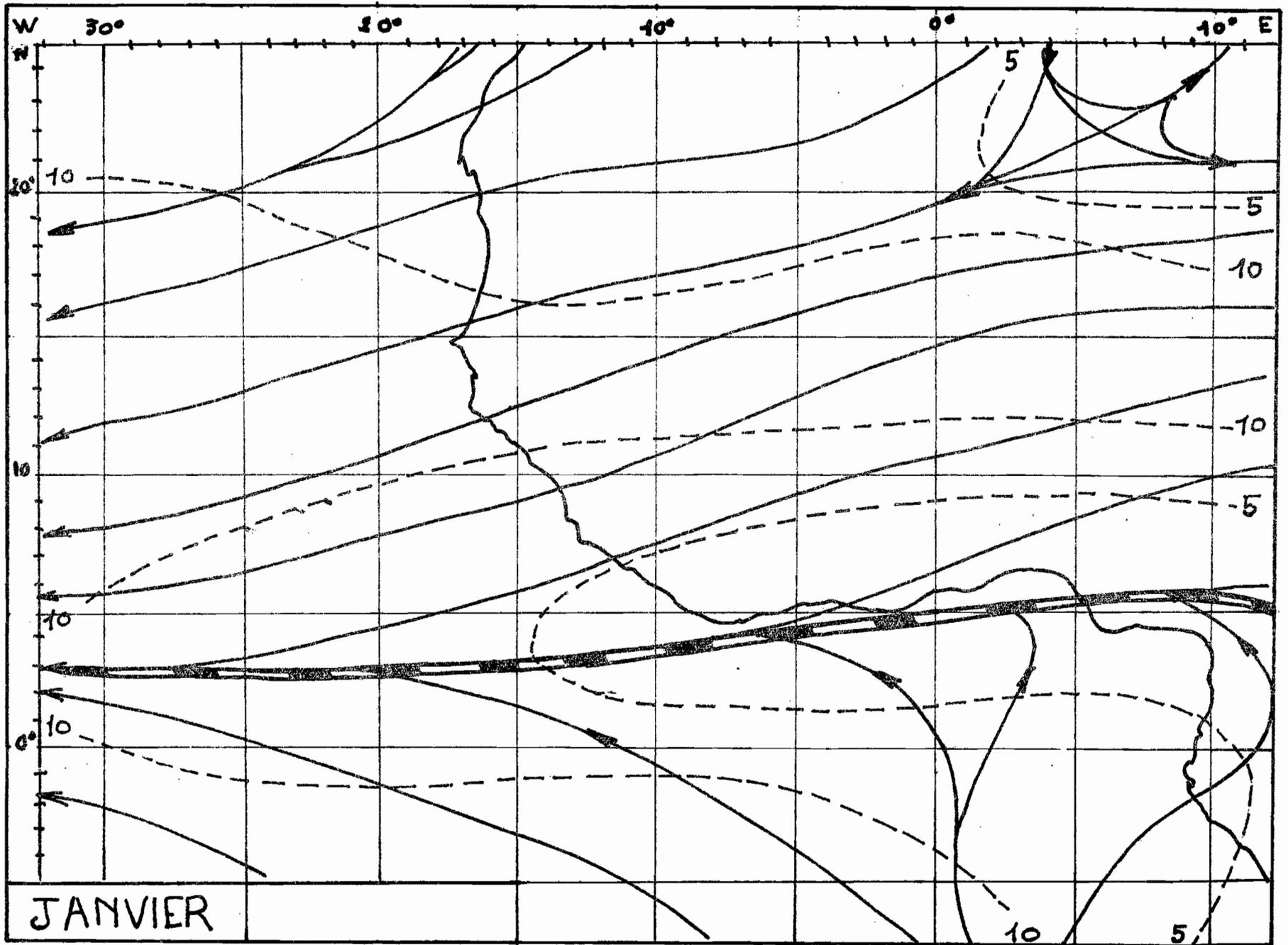
- La différentiation des pluies sur le Sénégal suivant leurs origines. (par Monsieur Chauvelier, Université de Bordeaux)
- Une étude statistique sur la position et l'intensité de l'anticyclone des Açores et une étude sur la pluviométrie due aux lignes de grains durant leur trajet. (Thèses proposées par Monsieur Leroux à l'université de Dakar).

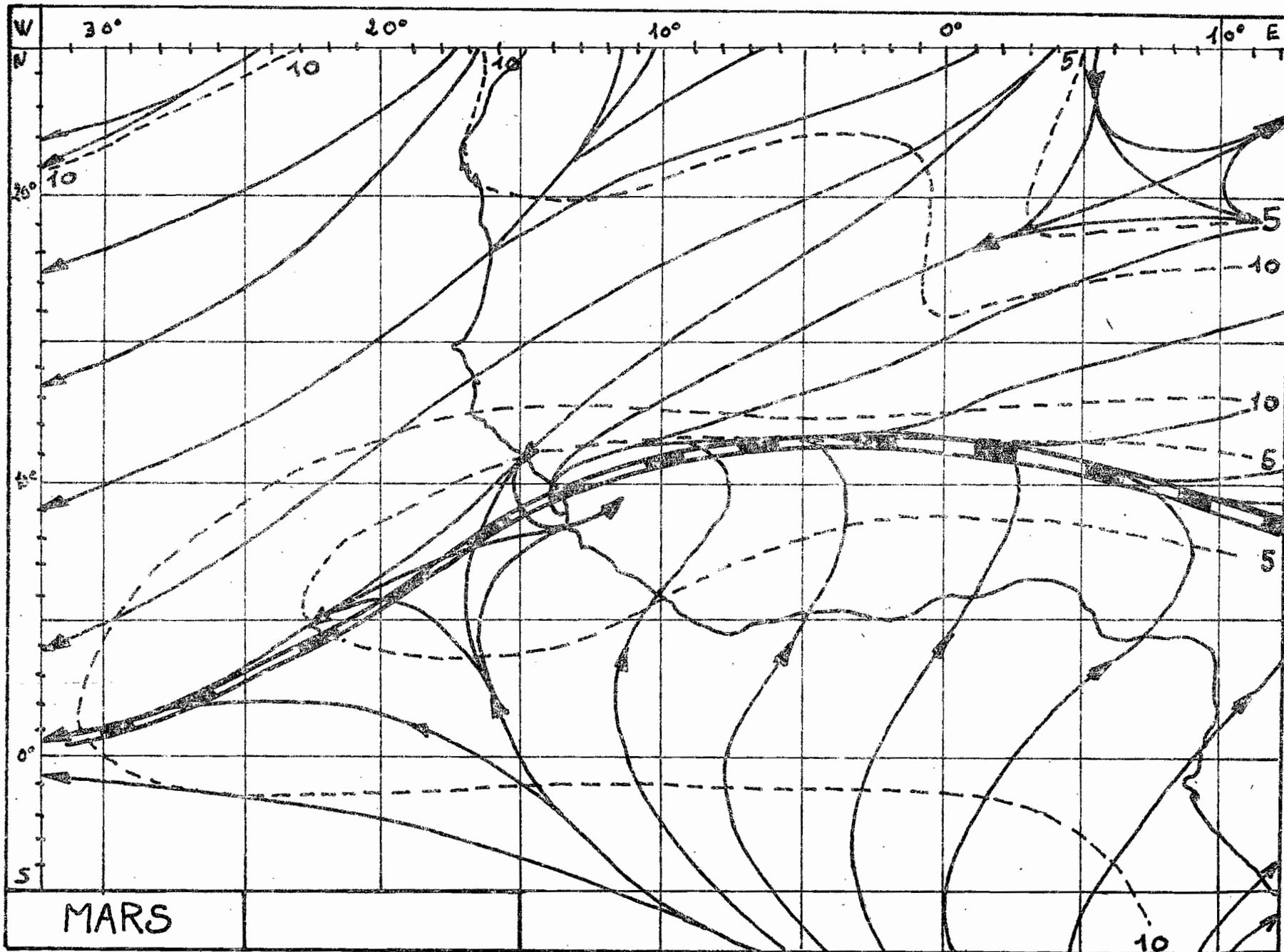
A N N E X E

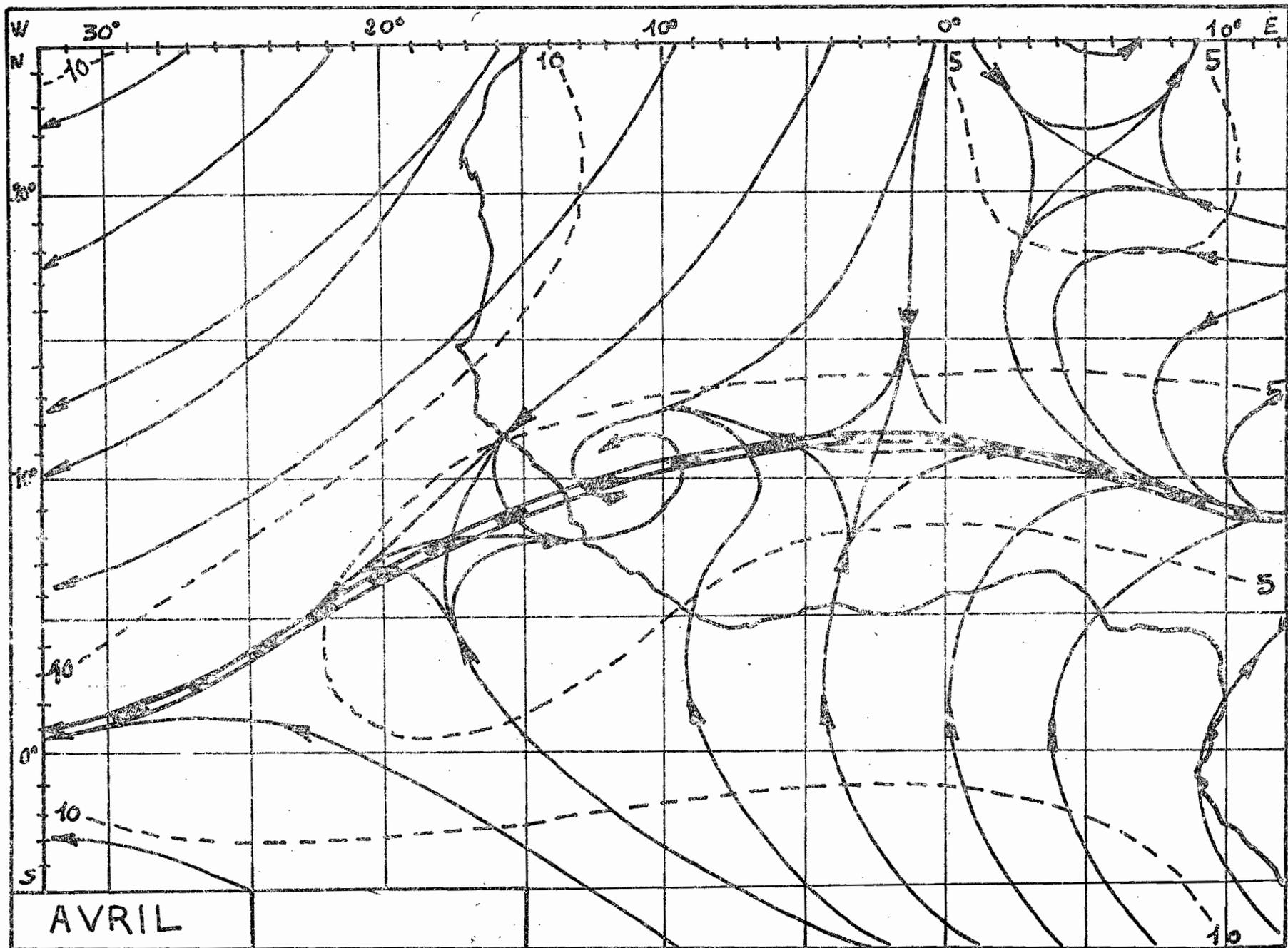
Les cartes de la page suivante représentent pour chaque mois de l'année le flux moyen du gradient level wind, c'est à dire le flux de vent qui existerait en faisant abstraction des effets du relief et du frottement . Elles donnent une bonne approche de la situation entre 600 et 1000 mètres d'altitude .

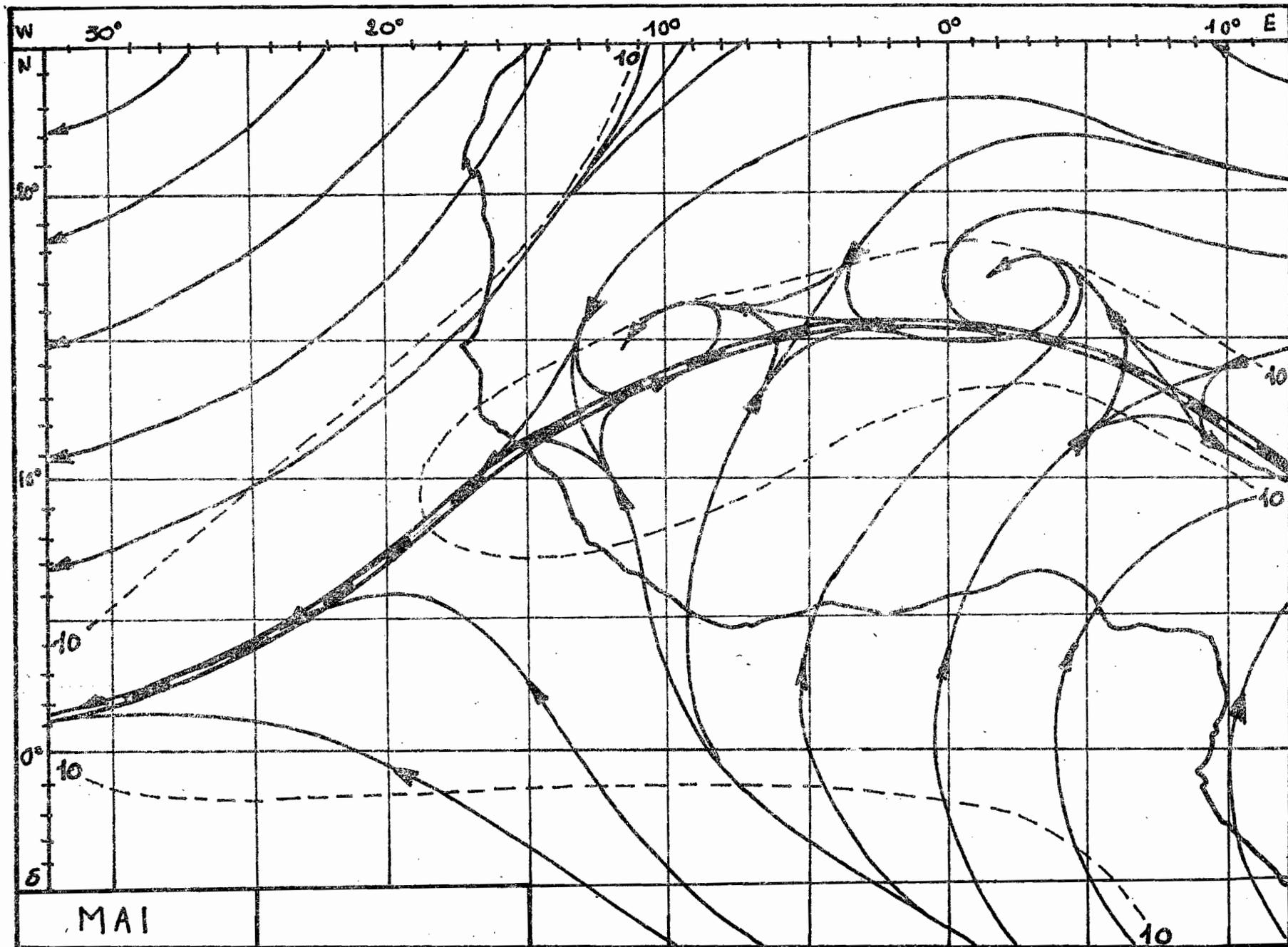
Les lignes de flux sont tracées en traits pleins les isotaches sont en pointillés .

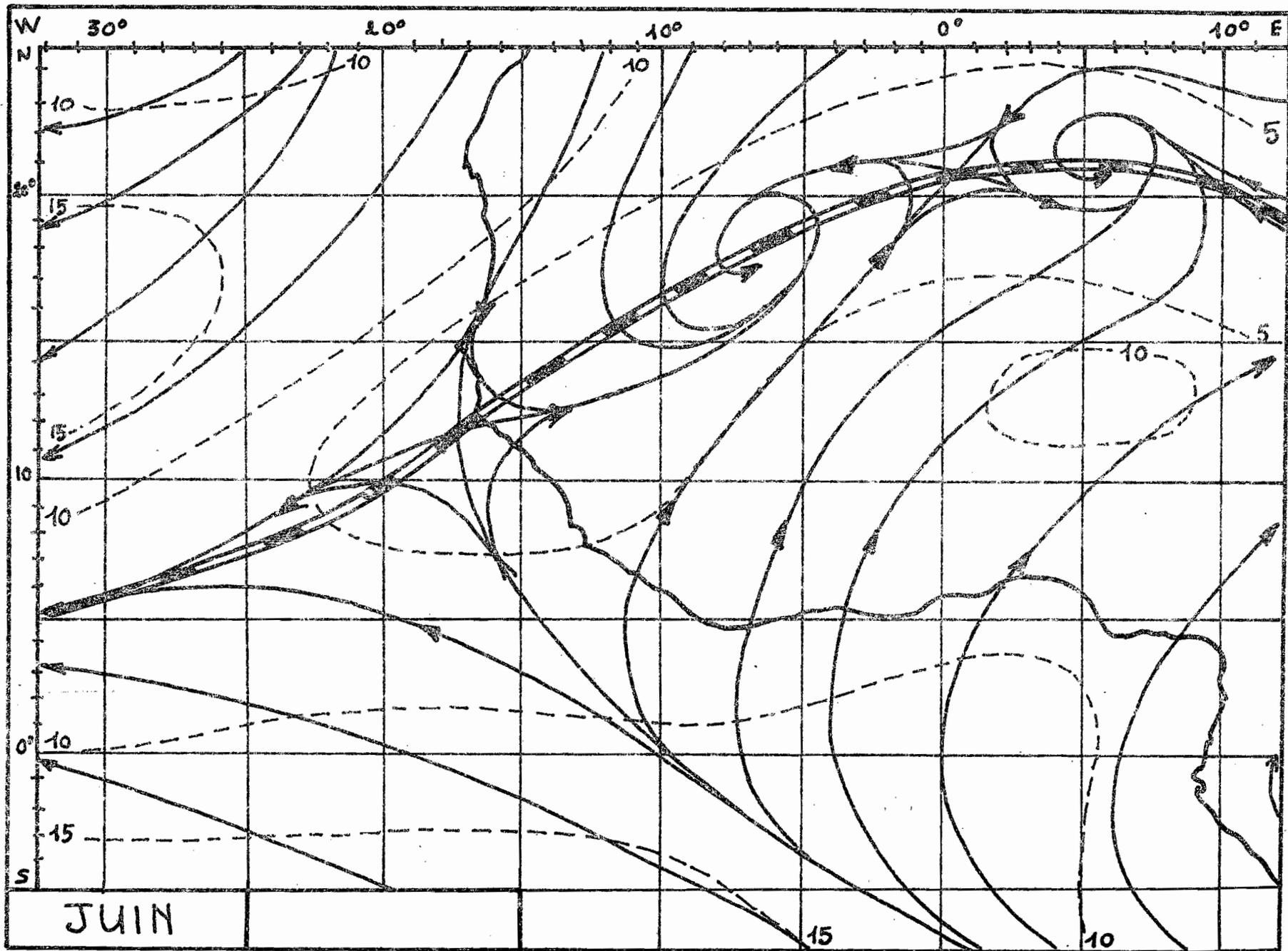
Pour simplifier le tracé de ces cartes, on a indiqué de la même façon la ZIC et les différents FIT par un double trait hachuré.

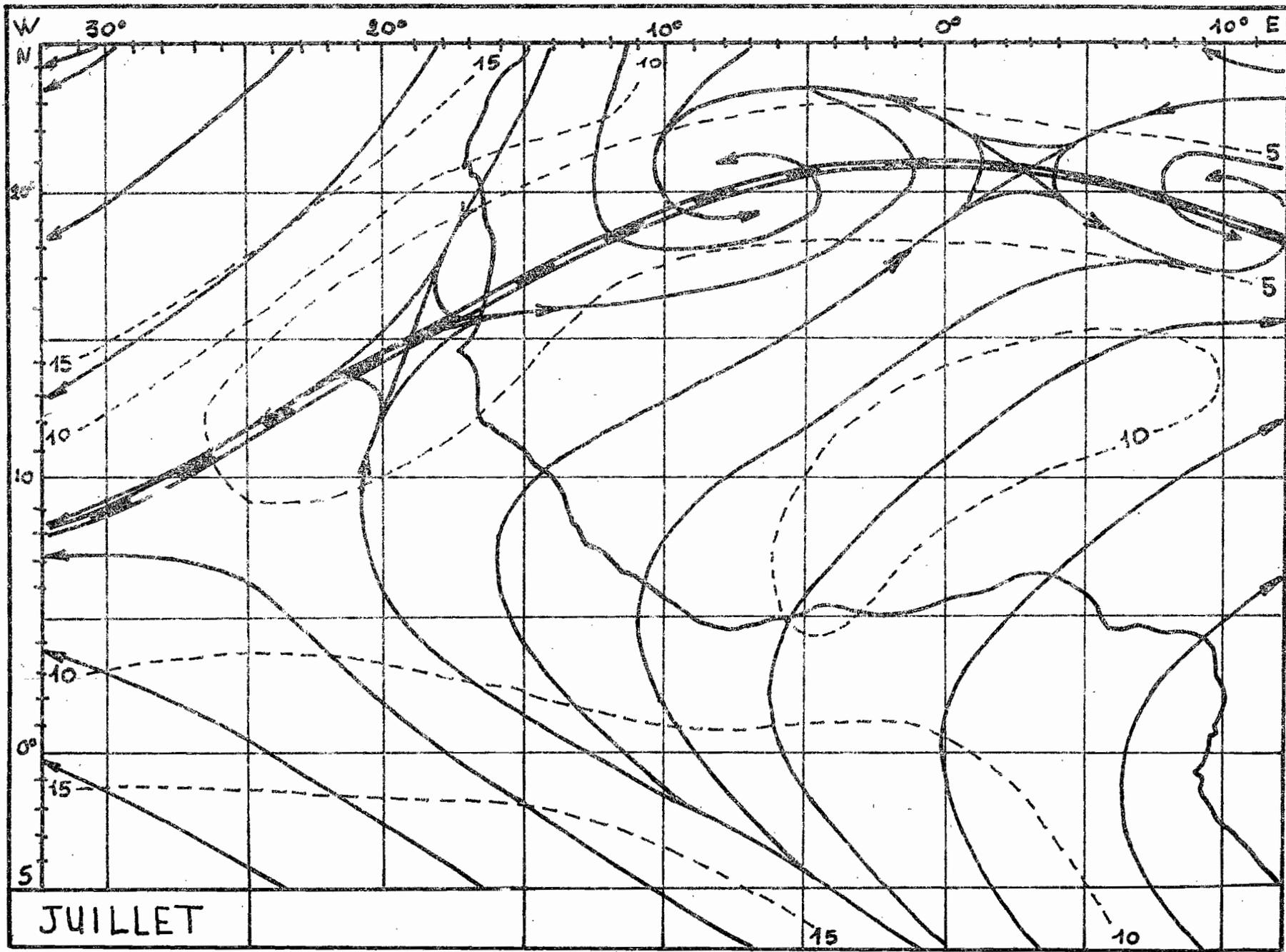


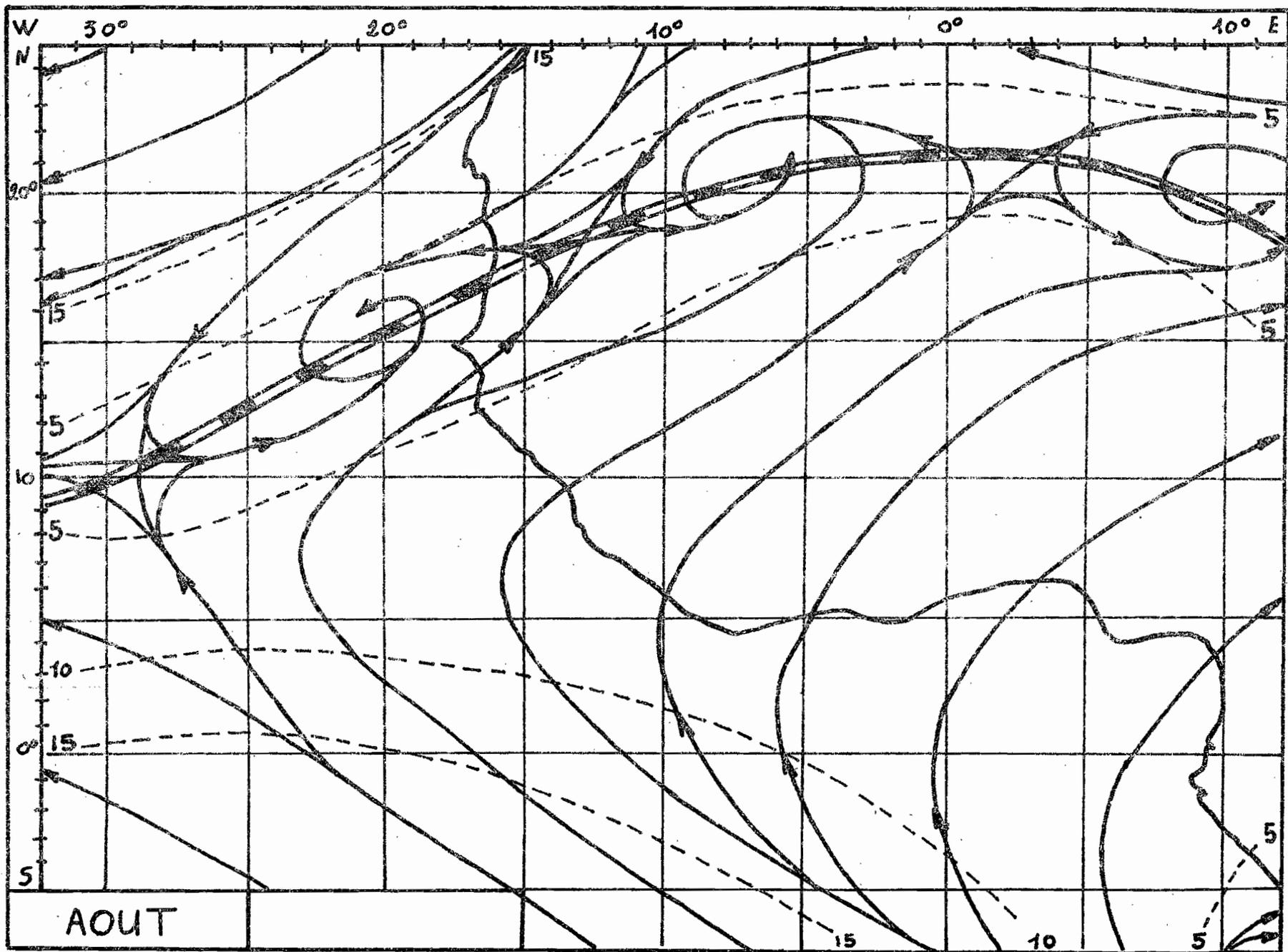


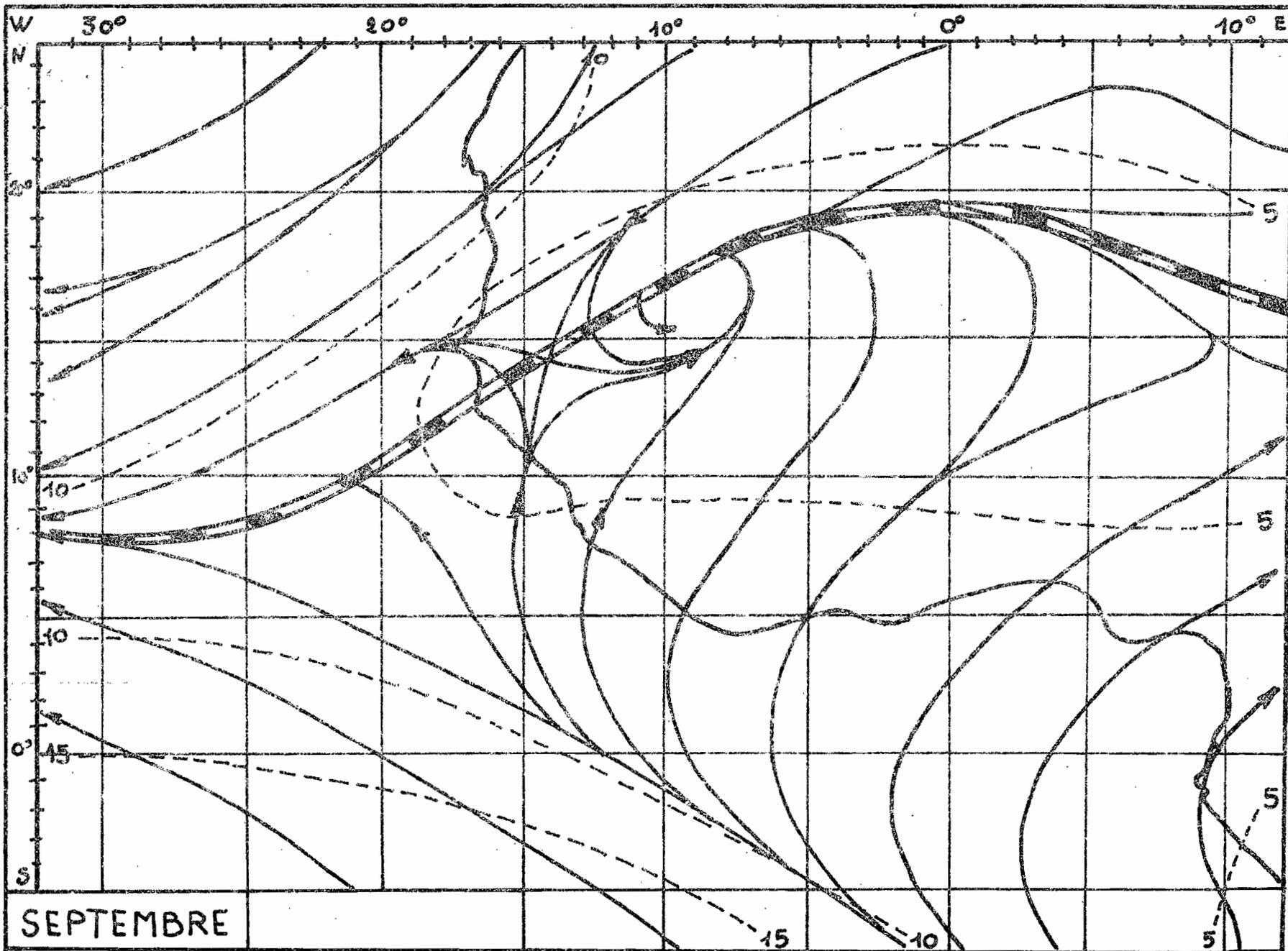


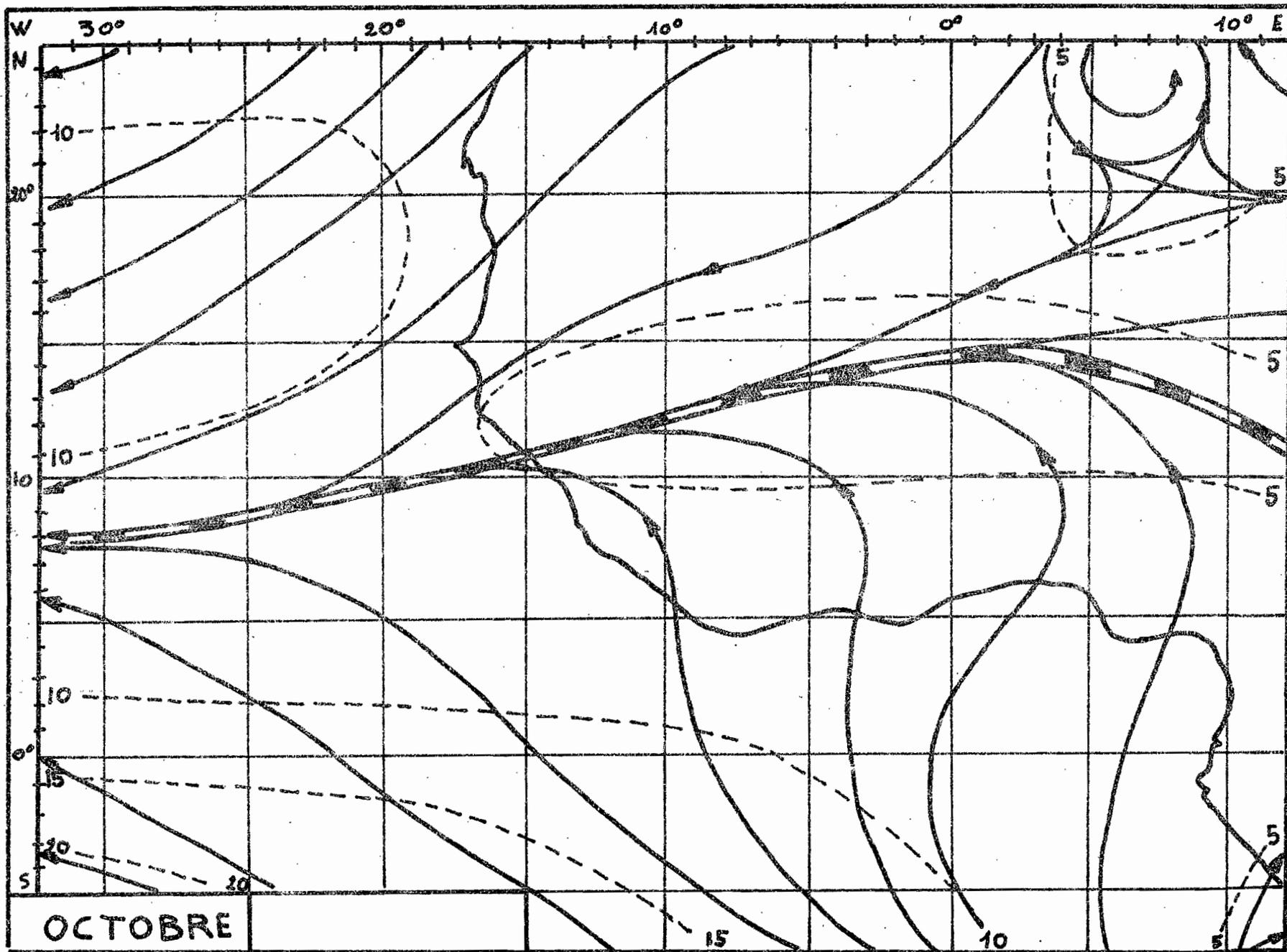


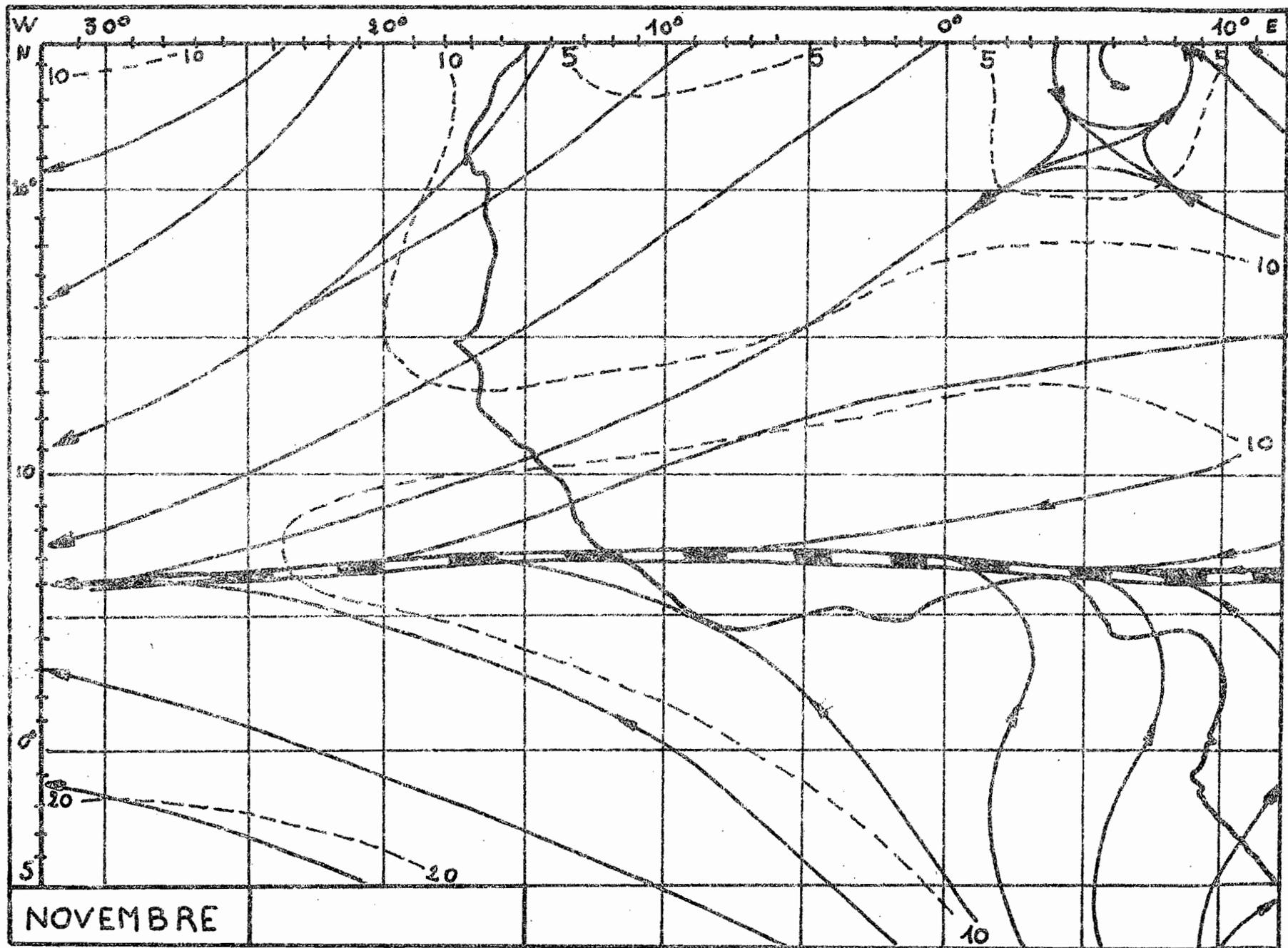


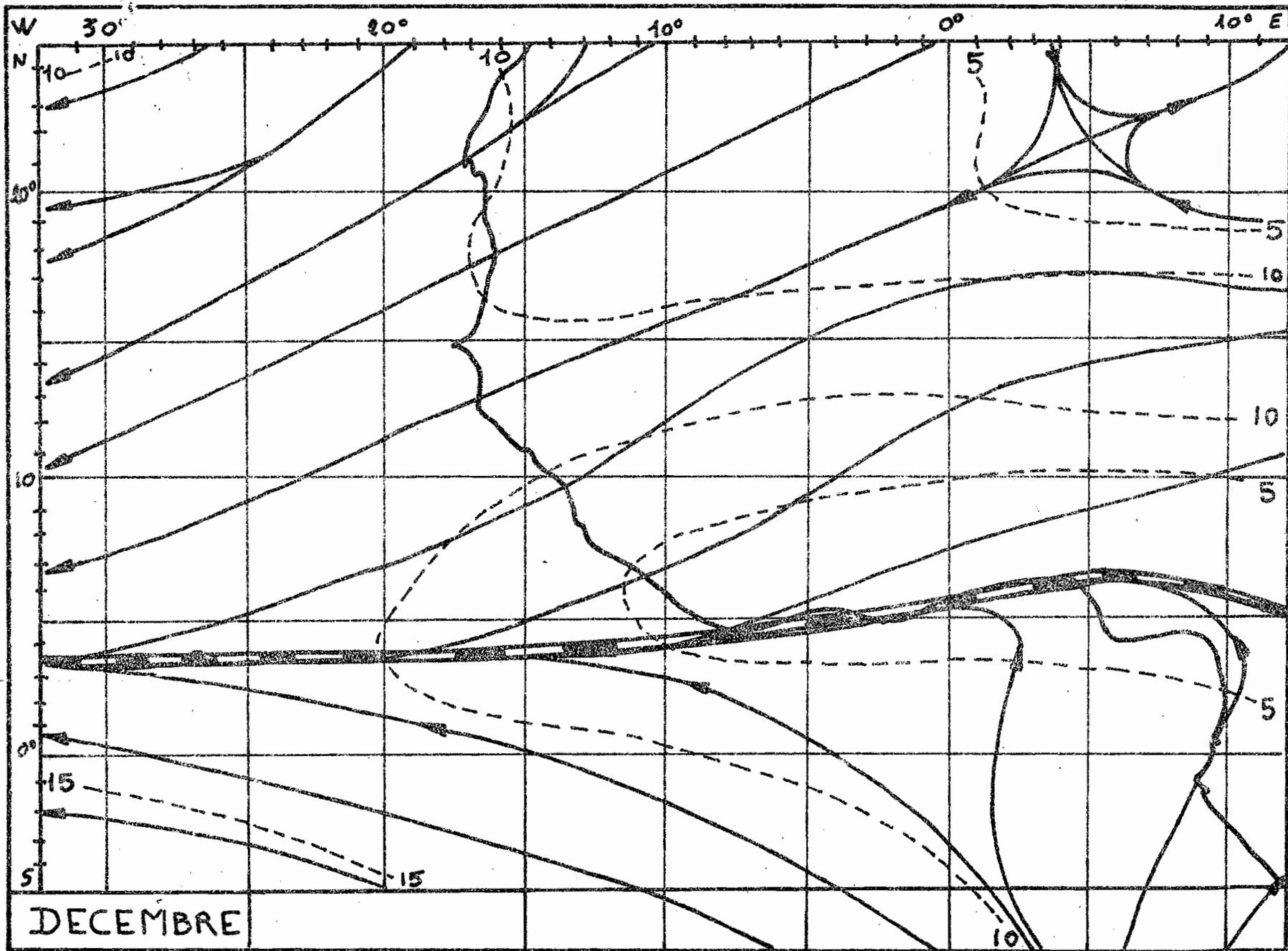












B I B L I O G R A P H I E

- AIR WEATHER SERVICE -Mean cloudiness and gradient-level-wind
 B.E.M. -(Bureau d'études ASECNA) :
 Divergence publication ASECNA N° 25
- G.R.BERRIT -Les eaux déssalées du Golfe de Guinée .
 Symposium sur l'océan et les ressources halio-
 thropiques de l'océan tropical .
- G.R. BERRIT - Contribution à la connaissance des variations
 saisonnières dans le Golfe de Guinée - Cahiers
 océanographiques (13e année, N°10, 1961 /
 14 e année N° 9, 10, 1962)
- TOBY N. CARLSON - An apparent relationship between the sea sur-
 face temperature of the tropical atlantic and
 the development of African disturbances into
 tropical storms - Montly weather review .
 April 1971 (Vol 99)
- TOBY N. CARLSON -Some remarks on african disturbances and their
 progress over the tropical atlantic - Montly
 weather review - October 1969 (Vol 97/10)
- DELORME - Principaux types de temps en A.O.F.
 (publication ASECNA N°)
- V . DENEAU - Singularités climatiques du bas Togo (1956)
- G . DHONNEUR - Circulation générale et types de temps en
 Afrique occidentale et centrale - Gate expe-
 riment design proposal (Juillet 1971)
- G . DHONNEUR - Essai de synthèse sur les théories des lignes
 de grains en Afrique occidentale et centrale
 Publication ASECNA N° 38 -
- A . DROCHON - La saison sèche au Sénégal (Pub. ASECNA N°43)
- J . DROUILLET - Cours de météorologie Tropicale - Ecole de la
 Météorologie 1969 .
- M.A. GARBELL - Tropical and equatorial Meteorology
 (Pitman Publishing Corporation 1947)
- M . GERMAIN - Météorologie dynamique et climatique .Applica-
 tion au régime des pluies au Sénégal .
- METEO NATIONALE - Résumé mensuel du temps au Togo
- METEO NATIONALE - Annales météorologiques en A.O.F.
- J . MOREL - Considérations sur les types de temps de la
 grande saison des pluies 1967 à Abidjan
 Publication ASECNA N°18
- J . DARCHEN - Quelques considérations sur les cyclones tro-
 picaux MET MAR N° 67 2e Trimestre 1970 .
- UNITED STATES AIR FORCE
 - Charts over the tropics . Volume II
 Charts by Gary D. ARKINSON Major USAF .