

L'environnement climatique des lagunes ivoiriennes

Jean-René DURAND (1) et Jean-Marie CHANTRAINE (1)

RÉSUMÉ

Les auteurs présentent un bilan schématique des facteurs climatiques intervenant dans les écosystèmes saumâtres ivoiriens : paramètres atmosphériques classiques et saisons marines côtières.

Les apports d'eaux douces sont de trois types : précipitations, réparties en deux saisons des pluies inégales qui avoisinent deux mètres par an en moyenne ; crues des rivières côtières dont le rythme est étroitement apparenté à celui des précipitations ; crues plus fortes des fleuves soudaniens qui coïncident avec la petite saison des pluies.

Globalement, le renouvellement des eaux lagunaires est important : pour la lagune Ebrié les apports annuels moyens d'eau douce et d'eau de mer représentent respectivement 4 et 14 fois le volume total de la lagune.

La variabilité interannuelle des apports d'eaux douces est très élevée : au cours des 30 dernières années, les extrêmes ont été de 4 et 21 milliards de m³ pour la lagune Ebrié.

Associée aux principaux traits morphologiques, cette étude de l'hydroclimat permet de définir des saisons lagunaires englobant l'ensemble des diverses sources de variation et de distinguer des régions où l'influence de tel ou tel type d'apports est plus ou moins prépondérante. Cette stratification spatio-temporelle moyenne doit être modifiée en fonction de la variabilité interannuelle.

MOTS-CLÉS : Lagunes tropicales — Climat — Pluies — Crues Fluviales — Variabilité saisonnière — Variabilité interannuelle.

SUMMARY

THE CLIMATIC ENVIRONMENT OF THE IVORIAN LAGOONS

The authors present a general view of the climatic characteristics having an effect upon the Ivorian brackish ecosystems : usual atmospheric parameters and coastal marine seasons.

The fresh waters come from three ways : rains, about two meters a year, which fall during two unequal rainy seasons ; forest rivers floods, closely connected with the rainfall rhythm ; greater savannah rivers floods which coincide with the short rainy season.

The lagoon waters are well renewed. In the Ebrié lagoon, the average annual fresh and marine water inflows reach respectively 4 and 14 times the total lagoon volume. In the Aby lagoon, the effect of fresh water is magnified because of the connection with the sea, much more restricted than in the Ebrié lagoon.

The interannual freshwater inflows variability is high : during the 30 last years, they have fluctuated between 4 and 21.10⁹ m³ in the Ebrié lagoon.

Associated with the main morphological features, this hydroclimatic study leads to the definition of lagoon seasons including the several causes of variation and to the characterization of areas where the influence of such or such a kind of freshwater inflow is more or less preponderant. This mean space-time stratification is to be modified according to the interannual variability.

KEY WORDS : Tropical lagoons — Climate — Rain — River floods — Seasonal variability — Interannual variability.

(1) *Hydrobiologistes O.R.S.T.O.M., Centre de Recherches Océanographiques, B.P. V 18, Abidjan (Côte d'Ivoire).*

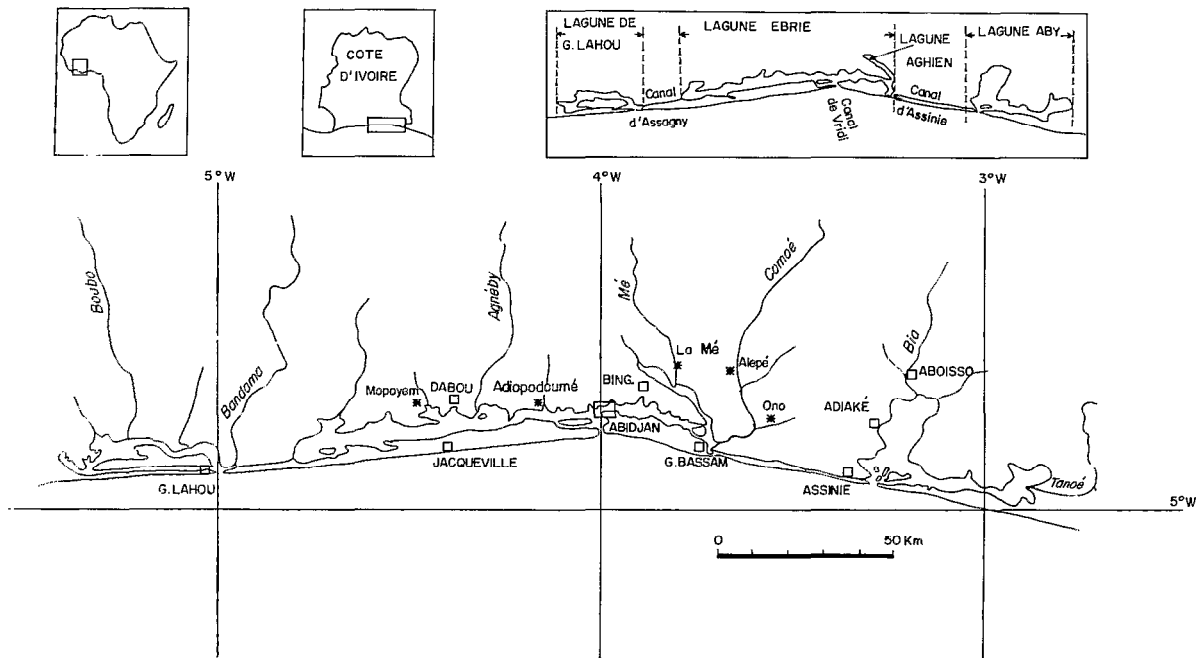


FIG. 1. — Domaine lagunaire de la façade littorale ivoirienne. Stations météorologiques citées dans le texte : □ et *
*Lagoon area of the Ivorian coastline. Weather-stations quoted in the text: □ and **

Lors de la première réunion de la Société Internationale de Limnologie consacrée à la limnologie africaine (Nairobi, 1979), un premier bilan des recherches entreprises sur les lagunes ivoiriennes avait été présenté (DURAND et SKUBICH, 1982). Il s'agissait d'une synthèse rapide et provisoire qui avait pour objectifs de rendre accessibles l'ensemble des résultats les plus récents et de réunir une information jusque là dispersée. Deux aspects méritaient d'être approfondis : d'une part l'environnement climatique et sa variabilité qui est présenté ici ; d'autre part la production végétale qui fait l'objet d'une autre publication (DUFOR et DURAND, 1982).

En Côte d'Ivoire, les lagunes sont essentiellement rassemblées le long de la moitié orientale de la façade littorale, jusqu'au Ghana sur près de 300 km (fig. 1). Cet ensemble qui couvre une superficie d'environ 1200 km² est en réalité constitué de trois lagunes distinctes : d'ouest en est les lagunes de Grand-Lahou, Ébrié et Aby (fig. 1). Initialement séparées, elles ont été reliées grâce au percement de canaux qui permettent la circulation de petites embarcations sur près de 300 km de côte, jusqu'à la frontière du Ghana : le canal d'Assagny en 1939 et le canal d'Assinie entre 1955 et 1957.

La lagune de Grand-Lahou est orientée est-ouest ; c'est la plus petite et la moins profonde. Elle se

raccorde à son extrémité orientale avec l'estuaire du Bandama qui est le plus grand fleuve de Côte d'Ivoire. Cela explique que la passe de Grand-Lahou, qui constitue le seul exutoire de la lagune, ait été ouverte en permanence sur la mer. Cette situation a cependant évolué sensiblement ces dernières années car la sécheresse persistante sur le Sahel et les grands barrages construits sur le Bandama entraînent des écoulements très inférieurs à ceux des années précédentes. Au plus fort de la sécheresse, la passe de Grand-Lahou s'est fermée et l'ouverture n'a été rétablie que par l'intervention de bulldozers en novembre 1973.

La lagune Ébrié est, elle aussi, étirée d'est en ouest sur 130 km et sa largeur n'excède pas 7 km. La profondeur moyenne est de 4,8 m et quelques fosses proches d'Abidjan dépassent 20 m (port, baie d'Abou-Abou, etc., d'après VARLET, 1978). C'est la lagune la plus vaste : 566 km² avec le diverticule des lagunes Aghien et Potou. Les baies, situées surtout sur la rive nord représentent près de 20 % de la surface totale. Le régime de la lagune Ébrié a été très profondément modifié par l'ouverture du canal de Vridi en 1950. Ce canal, actuellement large de 370 m et profond d'une quinzaine de mètres a provoqué l'ensablement progressif du grau de Grand-Bassam qui constituait initialement le seul exutoire

de la lagune et qui n'a plus été rouvert qu'exceptionnellement depuis 1954.

Enfin, la lagune Aby (424 km²) se distingue de ses deux voisines par des apports continentaux beaucoup moins importants que ceux du Bandama ou du Comoé, des échanges relativement réduits avec la mer par le grau d'Assinie et une morphologie différente puisque la partie la plus vaste de la lagune — qui atteint une profondeur maximale de 17 m — s'enfoncé sur plus de 30 km à l'intérieur des terres (fig. 1).

Les données disponibles sont relativement anciennes et fournies. Les observations sur les précipitations sont faites régulièrement, depuis près de 60 ans pour certaines stations (Grand-Lahou, 1921 ; Aboisso, 1921 ; Sassandra, 1922 par exemple) et les publications périodiques de l'A.S.E.C.N.A. (Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar) permettent de disposer de toute l'information correspondante. La station bioclimatologique de l'O.R.S.T.O.M. (Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer) est suivie depuis 1947 et un bilan a été récemment publié (MONTENY et LHOMME, 1980). Enfin les caractéristiques hydrologiques de tous les fleuves de Côte d'Ivoire ont fait l'objet d'études de l'O.R.S.T.O.M. depuis 1955 et les bilans annuels correspondants sont publiés par l'O.R.S.T.O.M. et la D.R.E.S. (Division des Ressources en Eaux de Surface du Ministère des Travaux Publics de Côte d'Ivoire). L'étude des lagunes, quant à elle, a réellement débuté en 1947 avec VARLET (1978) ; celui-ci a réalisé ses observations de 1947 à 1955, période qui englobe l'ouverture du canal de Vridi (23 juillet 1950), qui a bouleversé l'équilibre antérieur de l'écosystème. Les observations sur le milieu ont repris récemment (TASTET, 1974 ; PAGÈS *et al.*, 1979, etc.) et les recherches en cours s'efforcent de réaliser une étude intégrée, depuis les transferts d'énergie au sein du réseau trophique jusqu'aux aspects d'exploitation, qu'il s'agisse de pêche ou d'aquaculture.

Dans le travail présenté ici, notre propos est triple : d'une part faire un bilan de l'information disponible, d'autre part montrer l'importance relative de divers facteurs climatiques sur l'hydroclimat lagunaire, enfin mettre l'accent sur la variabilité interannuelle du climat et ses conséquences sur les eaux saumâtres. Nous évoquerons tout d'abord les caractères généraux de l'environnement au sens

large : climat « terrestre » et saisons marines. Puis nous analyserons plus spécialement les apports d'eau douce au système lagunaire par les fleuves et les pluies. Ensuite nous étudierons les variations de deux paramètres internes du système lagunaire : température et salinité de l'eau. Enfin nous nous efforcerons de définir les stratifications climatiques spatiotemporelles de l'environnement lagunaire.

1. CARACTÈRES GÉNÉRAUX DU CLIMAT

Bien qu'il ne soient évidemment pas indépendants, à l'échelle de l'Afrique et de la région du golfe de Guinée, nous séparerons ici le continent et l'océan.

1.1. Les variations atmosphériques

Toute entière dans la zone intertropicale (entre 2 et 9° de longitude ouest, 4 et 11° de latitude nord) la Côte d'Ivoire se situe entre les climats équatoriaux et les climats tropicaux et est caractérisée par l'existence de deux zones climatiques principales (ELDIN, 1971) : une seule saison des pluies au nord centrée sur le mois d'août, c'est le domaine de la savane et de la forêt clairsemée ; deux saisons des pluies au sud, centrées sur juin et octobre, là règne la forêt dense et humide.

La zone intertropicale est le lieu d'une confluence entre deux masses d'air : d'une part la « mousson », humide, d'origine océanique et de secteur sud-ouest ; d'autre part, l'« harmattan », sec, de secteur nord-est et d'origine continentale (1). La mise en contact des deux masses d'air se traduit par un phénomène de convergence et la formation de nuages et de précipitations. C'est cette zone de convergence intertropicale (C.I.T.) que l'on désigne communément sous le nom de « Front Intertropical ».

Les variations saisonnières proviennent du déplacement de la C.I.T. sous l'effet des pressions engendrées par les grands anticyclones régionaux (anticyclones des Açores, de Lybie...). De février à août la C.I.T. monte de plus en plus en latitude, il s'ensuit une première saison des pluies sur le littoral avec un décalage progressif vers le nord et une seule saison au nord, quant la C.I.T. a atteint son avancée la plus septentrionale (2). D'août à janvier, la C.I.T. redescend en latitude — plus vite qu'elle n'est montée — entraînant en sens contraire la succession

(1) Il s'agit en fait pour la mousson de l'alizé de l'hémisphère austral, pour l'harmattan de l'alizé continental boréal (ELDIN, 1971).

(2) Le climat de la moitié septentrionale de Côte d'Ivoire ne nous intéresse pas directement mais il a des conséquences indirectes très appréciables pour les lagunes car il conditionne le rythme d'arrivée des eaux fluviales transportées par les grands fleuves soudaniens (cf. § 2.2).

TABLEAU I

Caractéristiques climatiques moyennes à la station bioclimatologique de l'O.R.S.T.O.M. à Adiopodoumé (d'après MONTENY et LHOMME, 1980; M = moyenne σ = écart-type, \bar{M} = moyenne annuelle des moyennes mensuelles, $CV = \frac{\sigma \times 100}{M}$)

Paramètre	Unité	Période	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	\bar{M}	Total	
Rayonnement solaire global.....	M	1968/ 1979	1520	1737	1891	1927	1755	1311	1222	1149	1355	1658	1758	1498	1565		
	CV		7,0	6,1	6,1	6,3	7,9	8,5	11,2	12,6	10,0	14,4	7,3	9,9			
Durée d'insolation...	M	1956/ 1979	177	181	201	190	176	92	96	78	89	158	194	179	151		
	CV		29,7	18,9	15,5	13,8	18,6	33,7	38,3	24,9	25,4	21,6	17,5	30,5			
Température de l'air sous abri.....	M	1950/ 1979	26,7	27,5	27,7	27,5	27,0	25,6	24,8	24,4	25,0	25,9	26,5	26,3	26,2		
	CV		2,4	2,1	2,2	2,1	1,6	1,9	2,3	2,8	2,1	2,0	1,3	1,7			
	Max		31,1	31,9	32,1	31,8	30,9	28,7	27,8	27,3	28,0	29,2	30,5	30,4	30,0		
	Min		22,2	23,1	23,3	23,3	23,1	22,4	21,8	21,3	21,9	21,8	22,5	22,2			22,4
Vitesse du vent.....	M	1966/ 1979	1,18	1,43	1,53	1,41	1,23	1,25	1,46	1,59	1,67	1,54	1,19	1,01	1,37		
	CV		13,7	11,8	44,5	9,3	11,2	9,1	6,7	4,9	9,6	15,7	9,9	7,1			
Tension de vapeur d'eau.....	M	1969/ 1979	28,7	29,8	29,9	30,1	30,2	28,7	27,0	26,3	26,9	28,2	29,4	29,3	28,7		
Évapo transpiration (Penman).....	M	1968/ 1979	113,6	121,5	141,8	137,3	126,5	90,2	90,4	86,1	98,0	122,6	121,2	106,8		1356	
	CV		7,6	6,8	7,3	5,7	8,3	10,1	10,1	11,6	8,4	10,8	7,6	9,9			
Précipitations.....	M	1948/ 1980	28,3	65,4	106,4	143,6	295,7	685,5	250,4	41,0	82,3	168,3	152,3	77,2		2096,3	
	CV		112,0	82,0	49,0	49,0	42,0	38,0	85,0	124,0	96,0	69,0	42,0	77,0			

des saisons enregistrées lors de la phase ascendante, mais avec une amplitude moins marquée : c'est le temps des « petites saisons » sur le littoral.

Bien entendu, ce schéma général est vérifié sur une longue période, et la description que nous venons de faire correspond à un déplacement moyen de la C.I.T. Il existe en fait une variabilité interannuelle notable ainsi que nous allons le voir dans ce qui suit pour les principaux paramètres climatiques ainsi que l'hydrologie fluviale.

Afin de mieux cerner les caractéristiques des saisons sur le littoral, nous allons passer en revue les principaux paramètres classiques : rayonnement et insolation, température, vent, hygrométrie et évaporation (1).

1.1.1. RAYONNEMENT ET INSOLATION

D'après les cartes de distribution mondiale du rayonnement solaire, la quantité d'énergie reçue en moyenne dans la région du littoral ivoirien est de l'ordre de 150 kcal/cm²/an soit approximativement 1720 Joules/cm²/jour (d'après les Smithsonian Meteorological Tables ; in MARGALEF, 1977).

La valeur moyenne obtenue en 12 années de mesures à Adiopodoumé (1968-1979) est de 1565 J/cm²/jour. L'écart de 9 % entre les deux chiffres s'explique par l'humidité de l'atmosphère en basse Côte d'Ivoire et une couverture nuageuse supérieure à la moyenne. Les variations saisonnières sont marquées (fig. 2) puisque les valeurs moyennes du mois d'août, valeurs minimales, ne représentent que 69 % du maximum de mars-avril. Le cycle saisonnier est caractérisé par deux périodes de rayonnement élevé : de mars à mai surtout d'une part et octobre-novembre d'autre part, et deux périodes pendant lesquelles le rayonnement global est plus faible, celle de juin à septembre étant beaucoup plus marquée (1260 J/cm²/j) à cause de l'importance de la couverture nuageuse, et celle de décembre-janvier plus atténuée (1510 J/cm²/j) qui est due à la fois à la hauteur relativement plus faible du soleil et aux brouillards fréquents (tabl. I). Les durées d'insolation offrent, bien entendu, des variations analogues à celles du rayonnement, qu'elles expliquent en grande partie (fig. 2). Il existe cependant des différences qu'il n'est pas inintéressant de souligner : tout d'abord, l'amplitude saisonnière est plus forte puisque la durée d'insolation en août ne représente que 38,8 % de la moyenne du mois de mars (données 1956-1979). Ensuite, on constate qu'à durée d'insolation égale, les rayonnements peuvent être signifi-

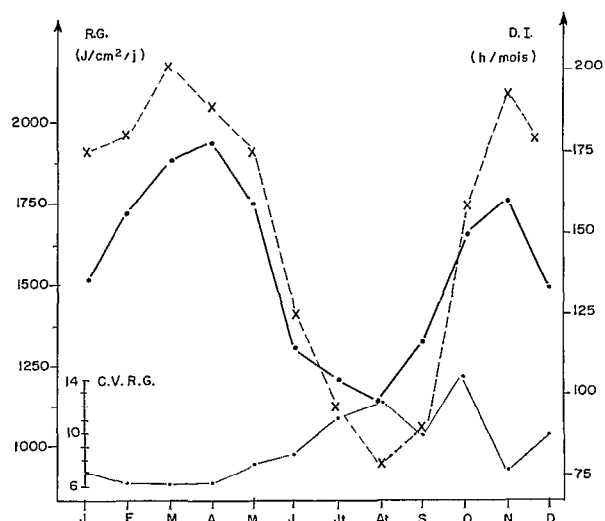


FIG. 2. — Durées d'insolation mensuelles moyennes (D.I., heures/mois) de 1956 à 1979 (x - - - x) ; rayonnement global mensuel moyen (R.G., Joule/cm²/jour) d'octobre 1967 à décembre 1979 (· — ·). Données de la station bioclimatologique d'Adiopodoumé. CV désigne le coefficient de variation interannuel des valeurs mensuelles du rayonnement global

Average monthly insolation duration (D.I., hours/month) from 1956 to 1979 (x - - - x) ; average monthly global radiation (R.G., Joule/cm²/day) from October 1967 to December 1979 (· — ·). Data from the bioclimatological station of Adiopodoumé. CV indicates the interannual variation coefficient of the global radiation monthly values

cativement différents (janvier et mai par exemple, fig. 2) et réciproquement (juin et septembre).

La variabilité des moyennes annuelles est très faible puisque durant la période d'observation 1968-1979 les moyennes annuelles extrêmes ont été de 1640 et 1487 J/cm²/jour. Pour un mois donné, les dispersions sont évidemment plus élevées : les coefficients de variation interannuels sont généralement bas et inférieurs à 10 %, à l'exception d'août et surtout d'octobre (14,4 %).

1.1.2. TEMPÉRATURE DE L'AIR

Le tableau I récapitule les valeurs moyennes sous abri pour la période 1950-1979. La température moyenne est de 26,2 °C et l'amplitude annuelle est faible : 3,3 °C entre mars (27,7) et août (24,4). L'écart entre températures moyennes maximales et minimales oscille entre 8,8 (janvier à mars) et 6 °C (juillet à septembre) (fig. 3).

(1) D'après les données de la station de bioclimatologie de l'O.R.S.T.O.M. à Adiopodoumé, 5°19' lat. Nord 4°13' long. Ouest, 29 m d'altitude (MONTENY et LHOMME, 1980), cf. tableau I.

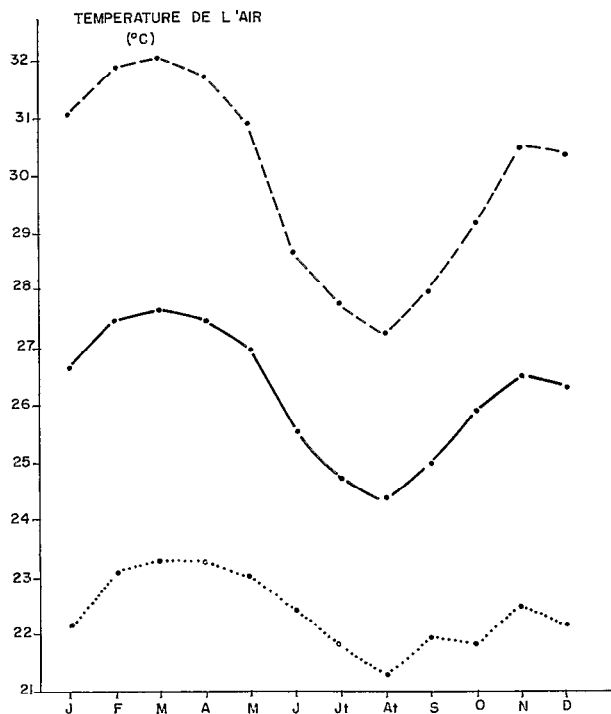


FIG. 3. — Températures mensuelles moyenne (— · — ·), maximale (· - - - ·) et minimale (· · · · ·) de l'air sous abri à la station bioclimatologique d'Adiopodoumé (1958-1979)

Average (· — · — ·), maximum (· - - - ·) and minimum (· · · · ·) monthly under shelter air temperatures at the bioclimatological station of Adiopodoume (1958-1979)

À l'échelle interannuelle, la variabilité n'est pas importante, ainsi que l'indiquent les coefficients de variations du tableau I. Les moyennes mensuelles les plus élevées et les plus basses ont été respectivement observées en mars 1964, 35,2 °C et en août 1956 : 19,2 °C.

1.1.3. VENT

Les vents sont essentiellement de secteur sud-ouest : pour la station A.S.E.C.N.A. de l'aéroport d'Abidjan (1956-1969) la fréquence des vents est à 46 % de secteur sud-ouest, 26 % de secteur ouest et 10 % de secteur sud. L'ensemble des cinq autres secteurs ne représentent que 20 % à eux tous.

La vitesse moyenne est modérée : 1,37 m/s à Adiopodoumé pour la période 1966-1979. Les variations saisonnières sont peu marquées : de 1,01 en décembre à 1,67 m/s en septembre ; les calmes sont plus marqués de novembre à janvier et en mai-juin. La variabilité interannuelle est peu marquée, cependant le mois de mars est exceptionnel avec un coefficient de variation (CV) de 44,5 % alors que CV oscille entre 5 et 15 % pendant les 11 autres mois.

Notons ici que cette description moyenne cache un aspect fondamental de la variabilité car les écarts entre jours d'un mois donné peuvent être très importants. C'est le cas du vent, c'est aussi celui du rayonnement, des précipitations. La conjonction à très court terme de gradients élevés pour ces facteurs peut expliquer les évolutions brusques du milieu et de la production primaire (GUIRAL, CHANTRAINE, 1982).

1.1.4. HUMIDITÉ DE L'AIR

La tension moyenne de vapeur d'eau au cours de l'année est de 28,7 millibars. L'humidité relative minimale correspondante est de 70 %.

Les variations saisonnières sont peu prononcées, le minimum de tension de vapeur d'eau se situe en août et septembre ; elle est maximale de février à mai. L'humidité relative est plus forte en juin, juillet et août et moins prononcée, tout en restant élevée, de janvier à avril.

1.1.5. ÉVAPORATION

Le pouvoir évaporant de l'atmosphère dépend des quatre facteurs que nous venons de passer en revue, température de l'air, déficit hygrométrique, vitesse et turbulence du vent, rayonnement solaire ; l'évaporation intègre leur action combinée (GIRARD *et al.*, 1971).

MONTENY et LHOMME (1980) donnent des valeurs d'évapotranspiration potentielle calculées d'après la formule de Penman pour la station d'Adiopodoumé entre 1968 et 1979 (tabl. I). La moyenne annuelle est de 1356 mm (valeurs extrêmes 1405 et 1237 mm). Le cycle saisonnier est bien marqué (fig. 4) avec une évaporation moyenne mensuelle inférieure de 40 % en août (82,3 mm) à celle de mars (141,8). La variabilité interannuelle des moyennes mensuelles est peu élevée : CV de 5 à 10 %.

VARLET (1978) a calculé l'évaporation — pour la lagune Ébrié entre 1949 et 1954 — en évaluant les divers termes de l'équation de conservation de l'énergie (fig. 4). Il avait distingué deux cas : partie de la lagune où les courants de marée sont notables pour laquelle il faut tenir compte des pertes d'énergie liées à la différence de température entre eaux lagunaires et eaux marines d'une part, régions dessalées d'autre part où l'influence des marées est beaucoup plus faible. Cette dernière zone s'étend à l'Ouest de 4°15' W (bac de Jacquville). La différence entre les deux est appréciable : 1179 mm à l'est et 1307 mm à l'ouest. L'écart est surtout élevé pour les mois où les eaux marines sont les plus froides, janvier et août-septembre (cf. § 1.2). C'est cette dernière valeur qui est directement comparable à celle d'Adiopodoumé. L'écart annuel est relativement

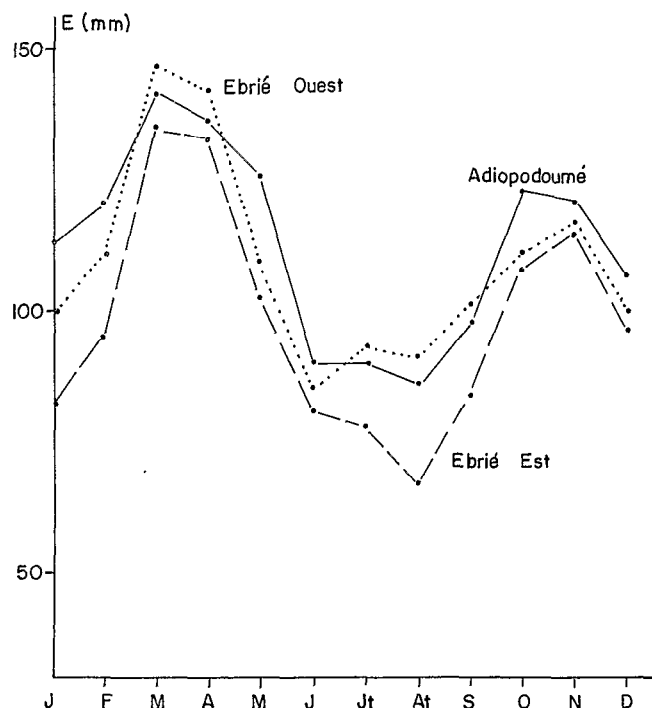


FIG. 4. — Variations saisonnières de l'évaporation en lagune Ébrié : Ébrié-ouest et Ébrié-est (1949-1954) d'après VARLET, 1978 ; Adiopodoumé (1968-1979) d'après MONTENY et LHOMME, 1980

Monthly evaporation in the Ébrié lagoon: Ébrié west and east (1949-1954) from VARLET, 1978; Adiopodoumé (1968-1979) from MONTENY and LHOMME, 1980

faible et l'accord est donc satisfaisant si l'on tient compte de deux modes de calcul différents appliqués à deux périodes éloignées.

1.1.6. LES SAISONS

L'évolution moyenne des caractéristiques climatiques présentées ci-dessous ainsi que celle des précipitations (tabl. I et § 2.1) montrent l'existence, plus ou moins marquée, de deux périodes de maximums annuels qui conduisent donc à son découpage en quatre saisons qu'il est possible de caractériser de la façon suivante.

Grande saison sèche

Du début décembre à la fin mars. Les précipitations sont faibles : 70 mm/mois en moyenne avec un minimum en janvier. Beau temps avec bonne visibilité, quelques jours à quelques semaines d'harmattan vers janvier. Brouillards matinaux. Les valeurs de la plupart des paramètres augmentent du début à

la fin de la saison, et culminent en mars : vent, de 1,0 à 1,5 m/s ; rayonnement solaire, de 1498 à 1891 J/cm²/j ; température de l'air de 26,3 à 27,7 °C ; évapotranspiration, de 106,8 mm en décembre à 141,8 en mars.

Du début avril au 15 mai se place une période de transition avec la Grande Saison des Pluies : les précipitations augmentent (averses orageuses), la tension de vapeur d'eau est maximale, tous les autres paramètres voient leurs valeurs amorcer une diminution.

Grande saison des pluies

Du 15 mai au 15 juillet : précipitations très abondantes, presque continues : 1100 mm en 2 mois en moyenne et culminent au mois de juin. Le rayonnement solaire diminue très nettement (de 30 % de mai à juillet) ainsi que la température de l'air (de 27,0 à 24,8 °C) et l'évaporation (qui diminue de 25 %).

Petite saison sèche

Du 15 juillet au 30 septembre. Les pluies sont rares et faibles : 41 mm en août. Le ciel est uniformément gris ce qui correspond à une insolation et des températures minimales. L'évaporation conserve des valeurs basses. La vitesse du vent réamorcer une remontée qui culmine en septembre (1,7 m/s).

Petite saison des pluies

Octobre et novembre. Les précipitations retrouvent des valeurs élevées, 160 mm/mois, sans atteindre celles de la grande saison des pluies. C'est l'époque du maximum secondaire pour le rayonnement solaire, la température de l'air et l'évaporation.

Il est intéressant de remarquer que les saisons homologues ne correspondent pas en fait à des situations climatiques exactement comparables : les saisons dites « sèches » sont effectivement caractérisées par des précipitations minimales mais, en revanche, les autres caractères s'opposent : rayonnement maximal en Grande Saison Sèche et minimal en Petite Saison Sèche. La même remarque vaut pour les saisons des pluies.

Nous reviendrons plus loin (§ 4.) sur le découpage saisonnier de l'hydroclimat lagunaire en tenant compte de l'ensemble des éléments pouvant entrer en jeu.

1.2. Les saisons marines

Au-dessus du plateau continental ivoirien, les facteurs agissant sur la mer au niveau du littoral entraînent l'apparition alternée de différents types d'eaux qui permettent de définir des saisons marines. Elles ont été décrites devant Abidjan par MORLIÈRE

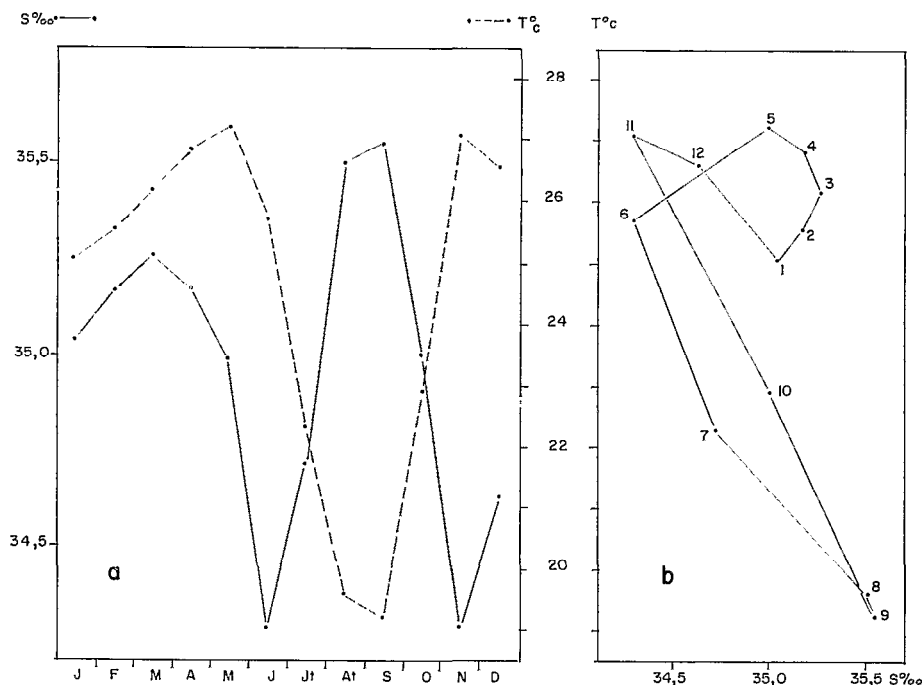


FIG. 5. — (a) Valeurs moyennes (1966-1978) de la température et de la salinité de la mer à la station côtière d'Abidjan à 10 m de profondeur; (b) Diagramme T°C - S ‰ correspondant.

(a) Average values (1966-1978) of the sea-water temperature and salinity at the coastal station of Abidjan, 10 m depth; (b) Corresponding T°C - S ‰ diagram

(1970) et MORLIÈRE et REBERT (1972). D'après ces auteurs, on peut distinguer quatre saisons principales :

Petite saison froide (fin décembre-janvier) : il se produit un upwelling côtier qui intéresse toute la Côte d'Ivoire, les eaux marines côtières sont froides (24-25 °C) et salées (plus de 35 ‰).

Grande saison chaude (février-mai) : les eaux océaniques s'installent devant la Côte d'Ivoire, la température oscille entre 27 et 28 °C et la salinité est proche de 35 ‰.

Grande saison froide (juillet à octobre) : c'est la saison de l'upwelling normalement le plus marqué, la salinité des eaux marines côtières est toujours proche de 35 ‰ avec une température inférieure à 23 °C.

Petite saison chaude (novembre-décembre) : des eaux guinéennes chaudes et dessalées viennent recouvrir celles de l'upwelling.

La figure 5 a représente les valeurs moyennes de la température et de la salinité à la station côtière d'Abidjan à —10 m entre 1966 et 1978. On voit que le phénomène majeur se produit entre juillet et octobre avec des températures particulièrement basses et des salinités élevées (1). Il serait alors plus justifié de considérer deux grandes périodes : froide de juillet à octobre et chaude le reste de l'année ; cette dernière période pouvant être marquée par un refroidissement plus ou moins bref en décembre-janvier. L'intérêt de ce schéma est confirmé par le diagramme T.S. de la figure 5 b où l'on a reporté les valeurs mensuelles moyennes de la période 1966-1978 relevées à —10 m en face d'Abidjan. Les mois d'août et septembre — et, secondairement, de juillet et octobre — apparaissent très distinctement détachés alors que de novembre à juin les variations de température et de salinité — pour significatives qu'elles soient — sont faibles.

Si elles sont sensibles pour l'océanographe, les variations de salinité des eaux côtières sont tout à fait

(1) Les caractéristiques des eaux superficielles présentent une évolution analogue, avec des valeurs moyennes légèrement supérieures : 1 à 2 °C et 0,5 à 1 ‰.

insignifiantes pour le contexte lagunaire. C'est beaucoup plus par leurs variations saisonnières de température et celles de la richesse des eaux (oxygène, sels nutritifs) que les eaux marines peuvent intervenir. Ce rôle est surtout manifeste pour la lagune Ébrié dont l'ouverture artificielle sur le domaine marin est beaucoup plus vaste que les exutoires naturels des graus de Grand-Lahou et d'Assinie.

Si la variabilité saisonnière est notable et joue un rôle appréciable pour le secteur estuarien autour d'Abidjan, directement influencé par l'intrusion des eaux marines via le canal de Vridi, il est moins évident que la variabilité interannuelle intervienne. Elle est en tout cas moins importante que celle des apports d'eau douce : fleuves — surtout — et précipitations dont nous allons parler ci-dessous.

2. LES APPORTS D'EAU DOUCE

Les précipitations, liées au déplacement du Front Intertropical, atteignent les lagunes sous deux formes : eaux météoriques tombant directement sur le plan d'eau, ruissellement continental et drainage pour les fleuves qui débouchent en lagune.

2.1. Les précipitations sur le littoral oriental ivoirien

L'hétérogénéité spatiale, aux échelles petites et moyennes, de la distribution des précipitations dans une région donnée en fait un phénomène délicat à quantifier précisément. Il est nécessaire de multiplier les observations et d'opérer de nombreux recoupements pour obtenir une certaine fiabilité. Dans le cas qui nous intéresse ici, la situation est relativement favorable car le réseau d'observations météorologiques de l'A.S.E.C.N.A. en Côte d'Ivoire est assez dense et installé, nous l'avons vu, depuis longtemps. Nous avons choisi la période 1950-1980, à la fois parce qu'elle correspond à celle des observations hydrologiques (cf. § 2.2.) et parce qu'elle représente une durée suffisante pour que les moyennes obtenues aient une stabilité satisfaisante malgré l'influence des années à pluviométrie exceptionnelle. L'annexe 1 récapitule les précipitations annuelles pour toutes les stations entre 1950 et 1980.

Au total 17 stations suffisamment proches du réseau lagunaire pour apporter une information pertinente ont été recensées (1). Leur répartition spatiale est irrégulière et nous ne disposons pas toujours de toute la série temporelle souhaitée.

(1) Outre 13 stations de l'A.S.E.C.N.A. les données de 4 autres — dépendant de Centres de Recherches essentiellement, cf. annexe 1 — ont pu être utilisées.

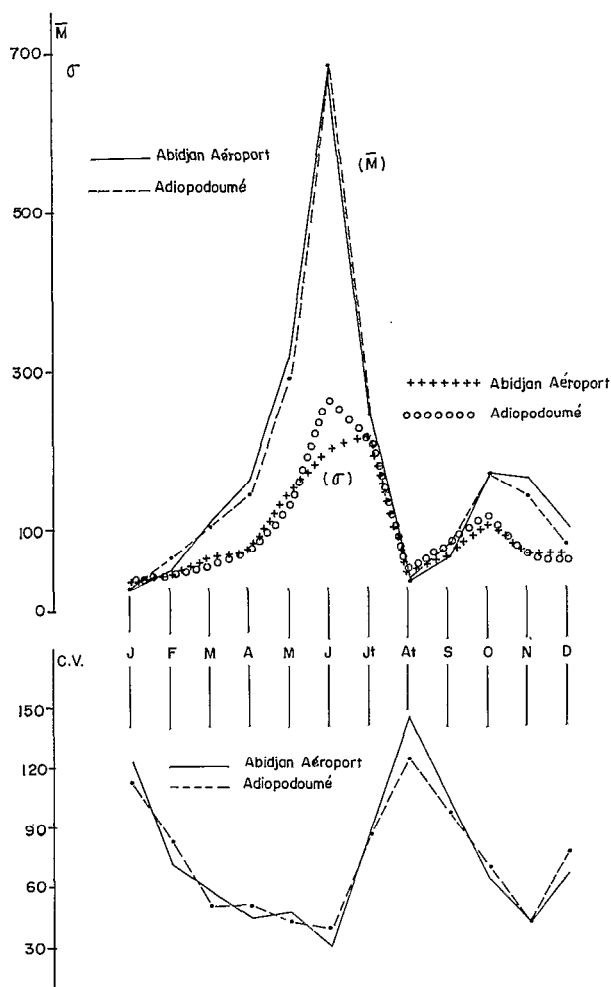


FIG. 6. — Variations saisonnières des précipitations aux stations d'Abidjan Aéroport et d'Adiopodoumé (1958-1980) : moyenne, écart-type et coefficient de variation

Seasonal variations of the rainfall at the weather-stations of Abidjan Airport and Adiopodoumé (1958-1980): average, standard deviation and variation coefficient

L'essentiel concerne la région d'Abidjan (fig. 1) avec quatre stations principales : Abidjan Aéroport et Abidjan Ville ; Banco et Adiopodoumé. S'y ajoutent deux stations plus récentes, Abidjan Cocody (depuis 1963) et Abidjan Port (depuis 1965). Toujours en lagune Ébrié, on trouve plus à l'ouest Dabou et Mopoyem et — sur le littoral — Jacquerville (depuis 1964 seulement). L'est de la lagune Ébrié peut être

TABLEAU II

Précipitations mensuelles moyennes (mm) pour 10 stations proches des lagunes de 1950 à 1980. Stations rangées d'ouest en est (cf. fig. 8 et 11)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
1. Grand-Lahou.....	20	38	79	148	288	580	207	21	46	124	154	74	1779
2. Mopoyem.....	25	55	102	145	269	543	209	40	85	183	152	67	1875
3. Dabou (1).....	24	50	120	152	272	581	231	35	82	178	153	87	1965
4. Adiopodoumé.....	31	63	101	144	290	687	252	39	80	166	142	76	2071
5. Banco.....	32	68	117	143	287	672	277	62	113	178	162	93	2204
6. Abidjan aéroport.....	26	56	112	164	316	670	245	29	62	170	163	101	2114
7. Abidjan ville (2).....	24	65	98	138	278	686	243	32	66	156	146	83	2015
8. Bingerville (3).....	26	68	127	156	297	652	289	59	91	161	139	92	2157
9. La Mé (4).....	30	80	132	143	228	491	207	49	106	174	152	69	1881
10. Adiake (4).....	31	73	122	166	305	601	217	55	103	207	167	70	2117
Moyenne Abidjan (4 à 7).....	28	63	107	147	293	679	254	40	80	168	153	88	2100

(1) Station ouverte en 1952.

(2) Station fermée en 1979.

(3) Depuis 1956 seulement.

(4) Le dernier trimestre 1980 a été extrapolé pour ces deux stations.

suivi à partir de la station de la Mé et de celle de Bingerville (depuis 1956) auxquelles s'ajoutent quelques données récentes concernant Alépé et Grand-Bassam. Les deux autres lagunes sont plus mal loties : deux stations pour la lagune Aby avec Adiaké et Assinie auxquelles s'ajoute Aboisso, station plus éloignée. Une seule station est proche de la lagune de Grand-Lahou, elle est sur le littoral à Grand-Lahou même.

2.1.1. REPRÉSENTATIVITÉ ET VALEURS MOYENNES

La représentativité des données peut être analysée à partir des stations de la région d'Abidjan. Tout d'abord en ce qui concerne le pluviogramme moyen, on voit (tabl. II et fig. 6) que les résultats sont pratiquement identiques pour Adiopodoumé et Abidjan Aéroport. Les deux autres stations offrent des résultats analogues avec un très léger décalage : 105 mm de plus par an environ pour la station du Banco, 85 de moins pour Abidjan Ville. Ces écarts faibles mais significatifs illustrent le contexte micro-climatique de chaque station. Le pluviogramme moyen à Abidjan a donc été défini comme la moyenne des 4 stations proches pour lesquelles les données existent depuis 1950 (stations 4 à 7 du tabl. II). La moyenne annuelle des précipitations des 30 dernières années à Abidjan est de 2100 mm.

Pour voir si l'évolution interannuelle confirmait l'homogénéité des résultats des stations proches, nous avons reporté sur la figure 7 les valeurs annuelles

depuis 1969 : l'allure générale est identique et les valeurs sont souvent bien groupées. Il existe néanmoins de temps à autre une amplitude considérable due au fait qu'une station semble avoir un comportement excentrique. On peut malgré tout définir une évolution moyenne pour la région d'Abidjan en faisant la moyenne des six stations considérées jusqu'en 1965 et des quatre restantes avant 1965 (fig. 10). Cette donnée de base nous sera utile plus loin pour définir les années à pluviométrie exceptionnelle et voir dans quelle mesure les autres stations qui sont elles, isolées, permettent de retrouver des résultats analogues.

L'évolution interannuelle à Abidjan montre que la première saison des pluies est de loin la plus importante (fig. 6) puisqu'en moyenne 58,4 % du total annuel tombe entre mai et juillet. La petite saison des pluies est bien marquée mais beaucoup moins forte avec 15,3 % du total en octobre et novembre. Janvier et août sont les deux mois les plus secs, mais on peut dire que l'appellation de saisons « sèches » est impropre *stricto sensu*, car les périodes sans pluie n'existent pas. La variabilité des précipitations mensuelles est illustrée par les coefficients de variation (fig. 6) dont l'évolution saisonnière est, schématiquement, inverse de celle des précipitations avec une variabilité très forte en août, septembre et janvier et des valeurs de CV minimales en mai-juin et novembre. Il est intéressant de noter la différence entre mai et juillet, ce dernier mois, pour des précipitations moyennes

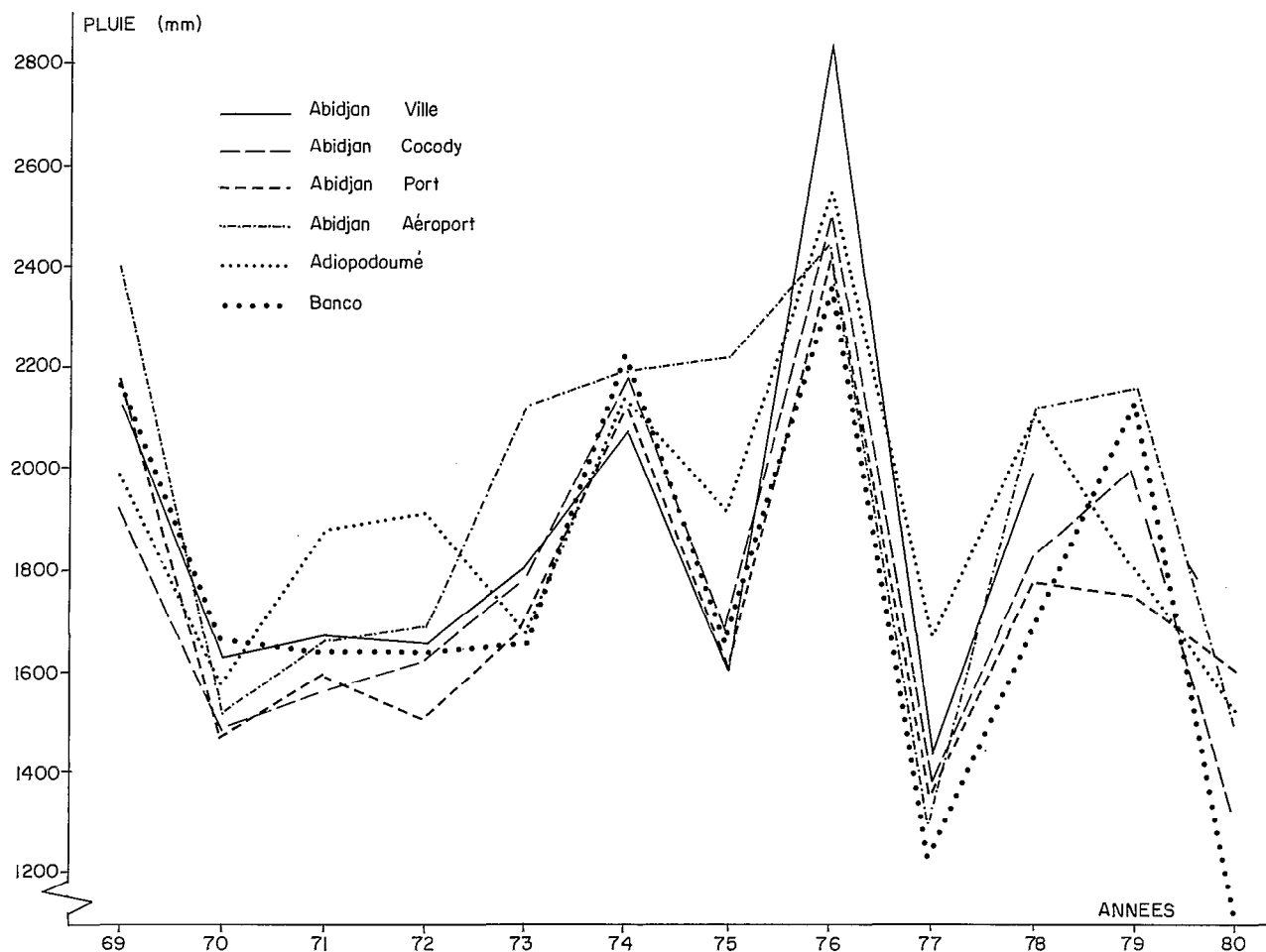


FIG. 7. — Évolution interannuelle des précipitations aux six stations de la région d'Abidjan (1969-1980)
Interannual variations of the rainfall at the six weather-stations in the neighbourhood of Abidjan (1969-1980)

élevées et comparables à mai, offre un coefficient de variation double.

On constate aussi une différence significative entre octobre et novembre, ce dernier plus stable. La régularité des apports est donc plus grande en début de grande saison des pluies et en fin de petite saison des pluies.

Il existe des différences nettes entre les stations occidentales et les stations orientales car les précipitations totales augmentent régulièrement quand on passe de Grand-Lahou à Bingerville, l'écart entre les moyennes annuelles des deux stations dépassant 350 mm (fig. 8). Au delà, on retrouve des valeurs très élevées pour Adiaké après un minimum marqué pour la Mé.

La variabilité spatiale des pluviogrammes pour les

stations du littoral est illustrée par la figure 9 où les écarts sont calculés par rapport à la moyenne d'Abidjan (cf. tabl. II). Cette figure montre qu'il n'y a concordance totale entre aucun des pluviogrammes moyens pour les 5 stations comparées. Le fait le plus frappant est la pluviométrie de juin — et secondairement de juillet — beaucoup plus importante à Abidjan. Il s'agit peut-être d'une combinaison d'un effet de site lié au développement des activités urbaines. On peut aussi noter qu'à Adiaké, station la plus orientale, les pluies sont réparties différemment de celles d'Abidjan, pour un niveau de précipitations totales identiques : la grande saison des pluies est moins marquée mais tous les mois qui la précèdent ainsi que la petite saison des pluies, connaissent des précipitations plus abondantes.

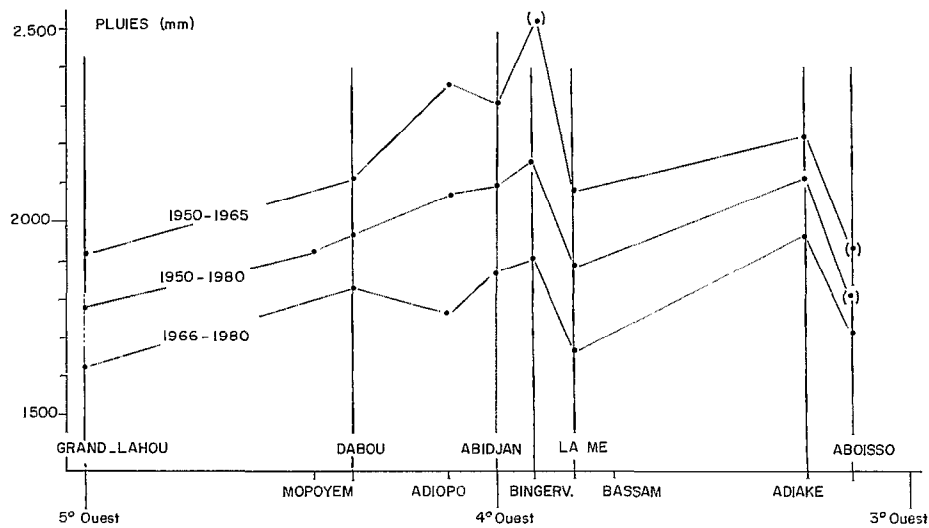


Fig. 8. — Précipitations annuelles moyennes des stations du domaine lagunaire (1950-1965, 1966-1980 and 1950-1980). Cf. annexe 1
Average annual rainfall at the lagoon area weather-stations (1950-1965, 1966-1980 and 1950-1980). See annexe 1

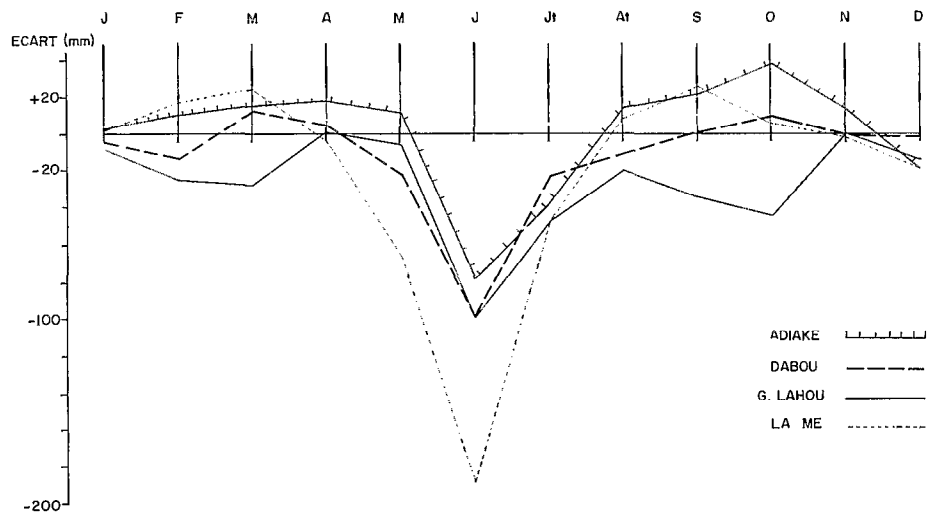


Fig. 9. — Variabilité spatiale, en quelques stations du domaine lagunaire, des moyennes pluviométriques mensuelles (1950-1980) représentées par leur écart à la moyenne d'Abidjan
Space variability, at some lagoon area weather-stations, of the average monthly rainfall (1950-1980) represented by its deviation from the average of Abidjan

2.1.2. VARIATIONS INTERANNUELLES

La variabilité interannuelle pour une station donnée est élevée : elle peut aller du simple au double entre deux années consécutives, cas d'Adiopodoumé en 1979 (2145 mm) et 1980 (1137) ou d'Abidjan-

Ville par exemple en 1976 (2865) et 1977 (1436) (Annexe 1). Dans la série des 30 années considérées l'écart entre valeurs extrêmes peut aller du simple au triple.

La figure 10 représente les variations des précipitations annuelles pour quelques stations caractéris-

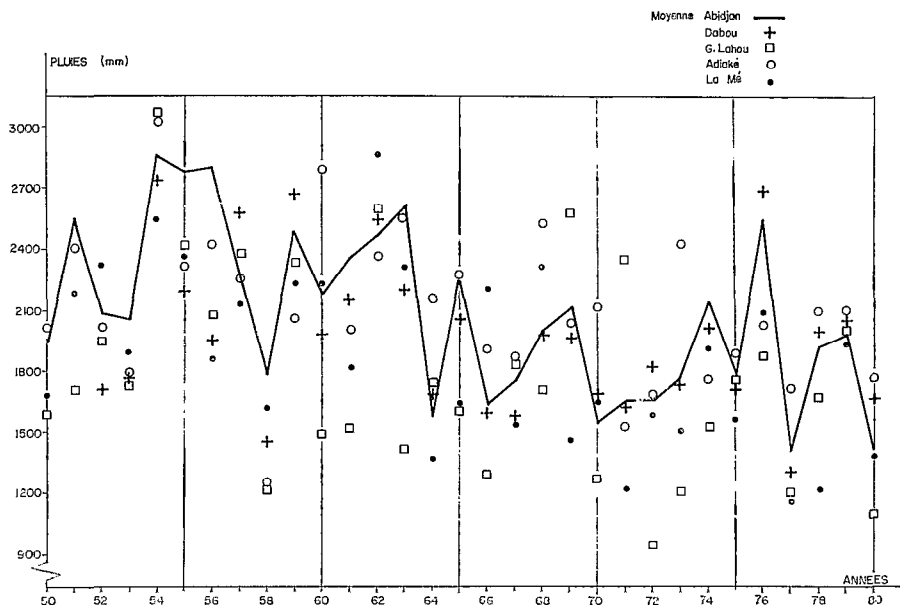


FIG. 10. — Variations interannuelles des précipitations en quelques stations caractéristiques entre 1950 et 1980
Interannual variations of the rainfall at some typical weather-stations from 1950 to 1980

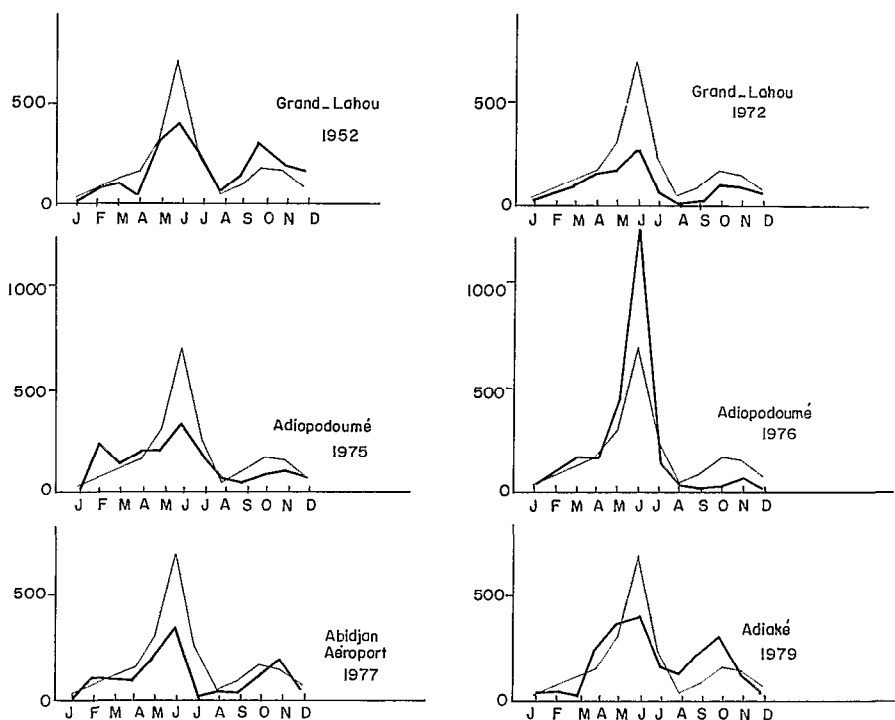


FIG. 11. — Répartition saisonnière des pluies : exemples d'années remarquables. En trait fin, valeur moyenne à Abidjan pour la période 1950-1980

Seasonal distribution of the rainfall: examples of noteworthy years. Thin line, average value in Abidjan for the 1950-1980 period

tiques entre 1950 et 1980. On constate tout d'abord qu'il existe des différences nettes entre certaines stations et les valeurs moyennes d'Abidjan, c'est particulièrement net pour Grand-Lahou où les pluies sont souvent beaucoup plus faibles que pour toutes les autres stations (1951, 60, 61, 63, 72). Cependant, en tenant compte des modulations régionales, trois caractères généraux valent d'être soulignés :

(a) sans que l'on puisse vraiment parler d'évolution sur la série chronologique considérée, il existe néanmoins des tendances et en moyenne les années 1966-1980 sont plus sèches que celles de la période 1950-1965 (fig. 10 et annexe 1). Sans exception, les écarts vont tous dans le même sens et peuvent atteindre 500 (Banco) et 600 mm (Bingerville) ;

(b) il existe des années à pluviométrie exceptionnelle, marquées dans toutes les stations, aussi bien par excès (1954, 1959, 1962, 1976) que par défaut (1958, 1977, 1980...);

(c) certains pluviogrammes particuliers correspondent à une répartition chronologique des précipitations s'écartant nettement de la moyenne. La figure 11 présente quelques exemples caractéristiques.

Nous verrons en conclusion quelles sont les conséquences de cette variabilité des précipitations pour le bilan hydrique saisonnier et annuel et donc sur l'hydroclimat lagunaire.

2.2. Les apports fluviaux

La Côte d'Ivoire est drainée dans le sens nord-sud par quatre grands fleuves. Ce sont, d'est en ouest, le Comoé, le Bandama, le Sassandra et le Cavally (fig. 12). Leur débit moyen annuel d'ensemble était de l'ordre de 1900 m³/s (d'après GIRARD *et al.*, 1971 ; données antérieures à 1967) et sur ce total les deux grands fleuves intéressant le système lagunaire — Comoé et Bandama — représentaient en moyenne 700 m³/s. Nous verrons que leur contribution moyenne a été généralement très inférieure ces dix dernières années.

Cinq autres rivières se jettent dans les trois grandes lagunes ; le Boubo en lagune de Grand-Lahou ; l'Agnéby et la Mé en lagune Ébrié ; la Bia et la Tanoé en lagune Aby. Elles ont en commun d'avoir des bassins versants relativement réduits — 5000 à 15000 km² — et entièrement situés en zone forestière (domaine guinéen) (fig. 12).

La situation des débouchés des fleuves en lagune intervient pour expliquer une partie des variations spatiotemporelles constatées dans chacune des trois lagunes. En lagune Aby, les eaux de la Bia au nord et celles de la Tanoé à l'extrême est doivent traverser une grande partie du domaine lagunaire avant

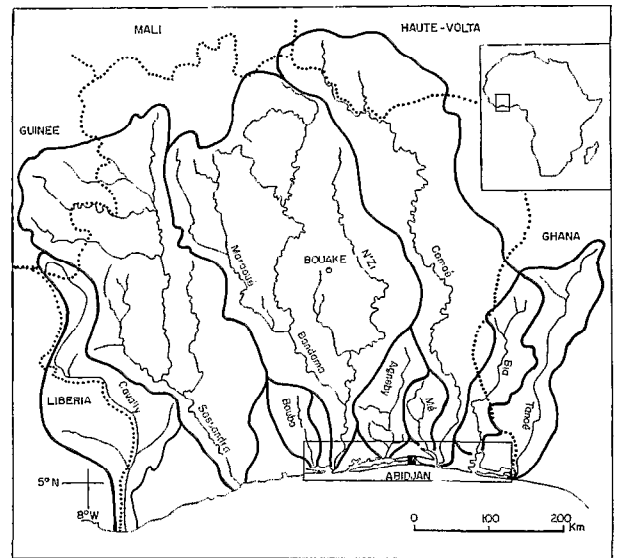


FIG. 12. — Bassins versants des principaux cours d'eau de Côte d'Ivoire

Main rivers watersheds of Ivory Coast

d'arriver au grau d'Assinie, c'est un facteur d'homogénéité spatiale. Le cas de la lagune Ebrié est beaucoup plus complexe : le Comoé est complètement excentré à l'est et cela introduit des différences fondamentales entre les régions orientales et occidentales, de part et d'autre du canal de Vridi. A l'est, la région située entre Grand-Bassam et Abidjan est entièrement balayée par la crue de septembre à novembre. Celle-ci joue un rôle notable à l'ouest jusqu'à la digue de Jacquenville. Au delà, les eaux lagunaires ne sont pas influencées par le Comoé. Dans cette zone seule l'Agnéby intervient, ses apports sont cependant faibles. Une mention particulière doit être faite pour le diverticule de la lagune Aghien, dont les eaux sont douces et pour laquelle la Mé constitue une barrière efficace vis-à-vis des eaux salines et —secondairement — de celles du Comoé (fig. 1). Pour la lagune de Grand-Lahou enfin, l'importance du Bandama est telle, malgré le débouché oriental, que toutes les eaux lagunaires sont bouleversées lors de la crue de ce fleuve.

L'influence des précipitations est nettement prépondérante sur la plupart des autres facteurs et les régimes hydrologiques s'apparentent étroitement aux régimes des précipitations. Parmi les quatre types principaux rencontrés en Côte d'Ivoire (GIRARD *et al.*, 1971) deux seulement nous intéressent ici, le régime tropical de transition et le régime équatorial de transition :

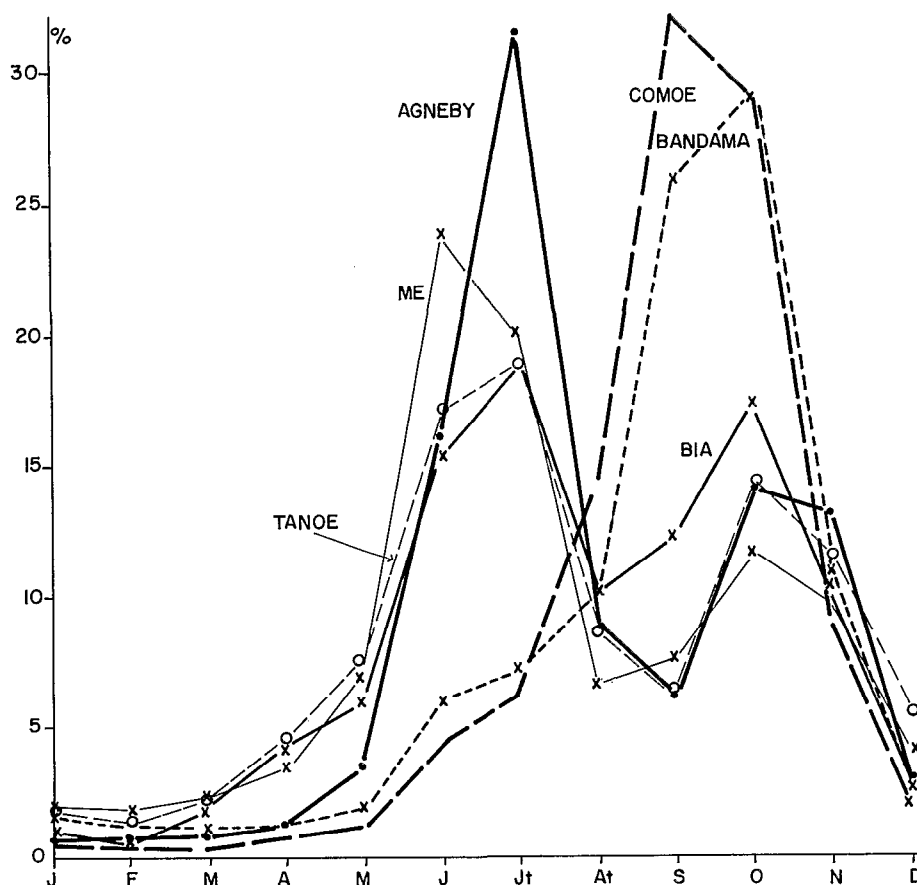


FIG. 13. — Hydrogrammes moyens relatifs (en % du total annuel) des cours d'eau ayant leur exutoire dans le domaine lagunaire
Relative average hydrogram (rate per cent of the annual amount) of the rivers having their outlet in the lagoon area

Le régime tropical de transition

Il correspond à la partie septentrionale de la Côte d'Ivoire et donc à une région de savane plus ou moins boisée (savanes boisées, arborées et/ou forêt claire). Ce régime comporte généralement une crue unique en août, septembre et octobre, et une longue période de basses eaux de janvier à mai. Le Bandama et le Comoé se rattachent à ce type avec en fait des caractères mixtes car ils subissent des influences multiples, fonction de l'importance et du régime des tributaires.

Le régime équatorial de transition

Son domaine s'étend sur la partie méridionale de Côte d'Ivoire où la végétation est du type forestier (secteur ombrophile du domaine guinéen). Ce régime est caractérisé par le dédoublement de la crue annuelle, qui correspond à la répartition saisonnière

des précipitations dans le sud de la Côte d'Ivoire. La première crue, généralement la plus forte, se situe en juin-juillet et la seconde en octobre-novembre. Les deux périodes de basses eaux ne sont pas homologues : en août-septembre il s'agit d'une « inter-crue » pendant laquelle les débits mensuels représentent 8 à 9 % du total annuel (fig. 13) alors que de janvier à mars il ne s'écoule en moyenne que 1 à 2 %. Les cinq fleuves côtiers se rattachent nettement à ce type.

Les hydrogrammes de la figure 13 illustrent, en les nuanciant, le cas des fleuves ayant leur débouché dans une des trois grandes lagunes. Pour faciliter les comparaisons, les modules mensuels moyens ont été exprimés en pourcentage du total annuel, accordant ainsi la même importance à chaque cours d'eau considéré. Des deux fleuves soudanais, le Comoé accuse le régime le plus proche du type tropical : maximum accentué en septembre et octobre (61 %

TABLEAU III

Caractéristiques moyennes des cours d'eau lagunaires en Côte d'Ivoire (cf. texte). Les valeurs de débits moyens (\bar{D} , m³/s) et de volumes totaux écoulés (V en milliards de m³) sont extrapolées à la surface totale du bassin versant (S, km²). σ_D désigne l'écart-type interannuel, n le nombre d'années d'observations, d. s. le débit spécifique caractéristique de chaque bassin versant en litre/seconde/km²

et CV le coefficient de variation : $\frac{\sigma_D}{\bar{D}} \times 100$

Fleuves	Bandama	Comoé	Agnéby	Mé	Bia	Tanoé
S.....	97 500	78 000	8 900	4 300	10 000	16 000
\bar{D}	298,3	224,4	27,2	47,8	59,3	132,3
σ_D	176,8	126,4	14,4	23,4	34,2	38,7
CV.....	59,3	56,3	52,9	49,0	57,6	29,2
n.....	23	23	17	22	15	10
\bar{V}	9,4	7,1	0,9	1,5	1,9	4,2
V max.....	20,5	16,4	2,3	3,6	4,6	6,0
Année.....	1957	1968	1968	1968	1968	1963
V min.....	2,0	2,1	0,4	0,6	0,6	1,8
Année.....	1978	1976	1964	1977	1977	1958
d. s.....	3,1	2,9	3,1	11,1	5,9	8,3

du total annuel) et étiage très marqué puisque de janvier à mai il ne s'écoule guère en moyenne plus de 3 % du total annuel. Le Bandama est très proche du Comoé, avec cependant une légère atténuation des écarts entre hautes et basses eaux ; ceci correspond à la structure du bassin d'alimentation, l'importance des affluents intermédiaires entre le type équatorial et le type tropical étant moins marquée pour le Comoé.

En ce qui concerne les fleuves côtiers, si l'on retrouve le schéma général des deux crues annuelles bien marquées, il existe cependant des différences significatives d'un bassin à l'autre, la première crue pouvant être plus forte que la seconde, c'est le cas de la Mé et, surtout, de l'Agnéby, ou au contraire, d'importance comparable, comme pour la Bia et, moins nettement, la Tanoé. Le maximum de première crue se produit généralement en juillet et les débits sont importants dès juin ; lors de la deuxième crue, ce sont les mois d'octobre et novembre qui représentent l'essentiel. Il n'est pas évident que les débits

d'étiage soient significativement supérieurs pour la Mé et la Tanoé à ceux de la Bia et de l'Agnéby, car les valeurs de débit pour les deux premières rivières peuvent avoir été surestimées à cause de l'influence de la marée sur les stations aval.

Le tableau III regroupe les principales caractéristiques des cours d'eau ayant leur débouché en lagune, à l'exception du Boubo (1) pour lequel aucune observation n'est disponible. Les valeurs de débit et de volume total écoulé ont été calculées à partir des données du Service Hydrologique de l'O.R.S.T.O.M. ; toutes les observations effectuées sur les rivières nous intéressant sont récapitulées dans l'annexe 2 qui donne les modules moyens annuels entre 1975 et 1980. Les années manquantes n'ont pas eu suffisamment d'observations et on trouvera entre parenthèses les valeurs extrapolées quand les données n'étaient pas complètes. La Tanoé n'est connue qu'au travers d'une série assez ancienne (1956-1965, WHYTE, comm. pers.) et le bassin versant de cette rivière étant entièrement situé au

(1) En première approximation, le débit spécifique moyen sur le bassin versant du Boubo pourrait être de l'ordre de 4 l/km² (CAZENAVE, comm. pers.). Rapporté aux 5500 km² de surface totale, le volume total écoulé en moyenne devrait être de l'ordre de 0,65.10⁹ m³.

TABLEAU IV

Variabilité interannuelle des débits moyens (\bar{D} , m³/s) des fleuves lagunaires. CV désigne le coefficient de variation (cf. annexe 2)

	Période	\bar{D}	σ_D	CV
Bandama...	1962-1970	418,0	147,23	35,2
	1971-1980	170,6	72,81	42,7
Comoé.....	1962-1970	330,6	119,42	36,1
	1971-1980	161,5	68,23	42,2
Bia.....	1963-1970	77,0	37,24	48,3
	1973-1980	38,8	13,30	34,3
Mé.....	1963-1970	59,7	29,96	50,1
	1971-1980	33,0	9,50	28,8

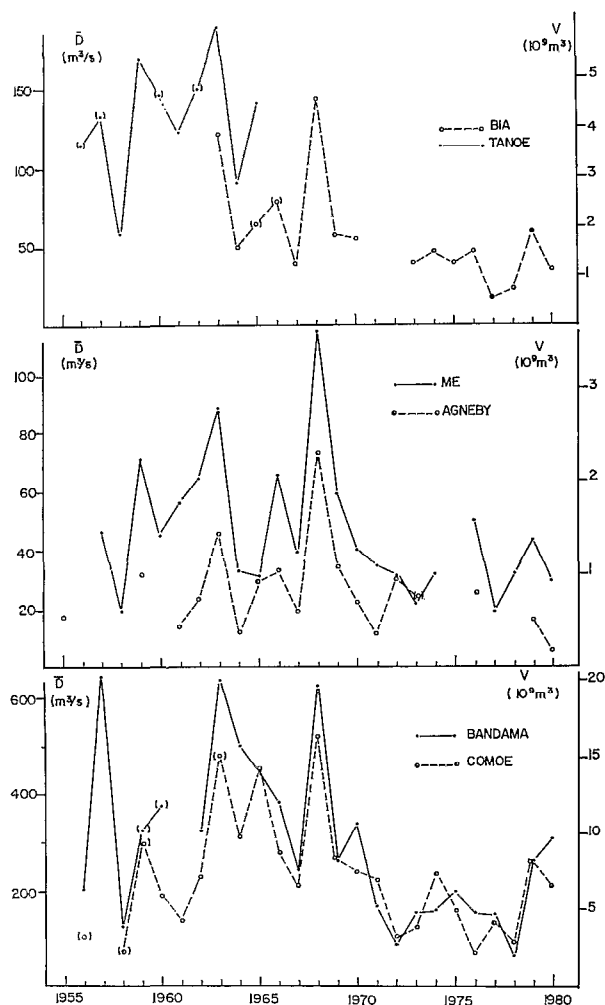


FIG. 14. — Variabilité interannuelle des crues des principaux cours d'eau débouchant dans le système lagunaire ivoirien (1955-1980). \bar{D} désigne le débit annuel moyen — ou module —, V le volume total écoulé. (D'après les données O.R.S.T.O.M. et D.R.E.S., cf. annexe 2.)

Interannual variability of the floods of the main rivers flowing into the Ivorian lagoon system (1955-1980). \bar{D} indicates the average annual flow, V the total run off volume. (From O.R.S.T.O.M. and D.R.E.S. data, see annexe 2)

Ghana, il n'a pas été possible d'avoir accès à des données plus récentes, en supposant qu'elles existent.

Les apports annuels moyens aux trois lagunes pour la période d'observation sont donc $10,0.10^9$ m³ pour

la lagune de Grand-Lahou (en tenant compte du Boubo), $9,5.10^9$ pour la lagune Ébrié et $6,1.10^9$ pour la lagune Aby. 65 % des apports sont d'origine soudanaise et 35 % correspondent aux bassins côtiers dont les apports ne sont donc pas négligeables, surtout dans le cas de la lagune Aby où ne se jette aucun fleuve soudanien (1). Si l'on fait abstraction des ruissellements directs vers les lagunes et des petits bassins versants (2), on voit que d'ouest en est la proportion d'apports guinéens (ou forestiers) change du tout au tout : 6 % en lagune de Grand-Lahou, 25 % en lagune Ébrié ; 100 % en lagune Aby.

Les valeurs moyennes du tableau III recouvrent en fait une variabilité interannuelle considérable : le rapport entre les volumes annuels extrêmes écoulés est de 8 à 10 pour le Bandama et de 5 à 7 pour les fleuves côtiers et les coefficients de variation sont élevés : de 30 à 60 % (fig. 14).

Il existe une très bonne corrélation entre les évolutions interannuelles des crues du Bandama et du Comoé qui réagissent d'une manière identique aux variations des précipitations dans le centre et le nord de la Côte d'Ivoire. On peut distinguer nettement deux périodes de part et d'autre de 1970 (tabl. IV) : les crues sont plus de deux fois plus faibles en moyenne pour le Comoé pendant la dernière décennie. L'écart est encore plus marqué pour le Bandama : les apports moyens à la lagune de Grand-Lahou ne représentent que 41 % de ceux de la période 1962-1970. Cette évolution est bien entendu à mettre en

(1) Le volume moyen écoulé pour la rivière Tanoé, surestime probablement son importance car 1956-65 correspond à une période de crues plus fortes (fig. 14 et CHANTRAINE, 1980).

(2) Ces apports peuvent cependant avoir une importance qualitative non négligeable : phase argileuse importante à partir d'un lessivage intense qui entraîne aussi des matières organiques, en particulier des acides humiques, d'où un pH bas.

relation avec la sécheresse générale sur le Sahel. On peut remarquer que les débits moyens du Comoé et du Bandama sont proches pour 1971-1980, alors qu'il existait auparavant un écart de près de 90 m³/s : l'atténuation de l'écart correspond sans doute à la période de remplissage du barrage de Kossou et aux pertes additionnelles par infiltration et/ou évaporation. Il est d'ailleurs intéressant de noter qu'en 1980 l'écart entre Bandama et Comoé est à nouveau comparable à ce qu'il était auparavant, ce qui va de pair avec un remplissage terminé.

Pour les rivières côtières l'accord est bon aussi, bien que les observations soient moins étoffées. On retrouve — alors que les précipitations correspon-

dantes sont littorales — la différence entre les années récentes et plus anciennes : deux fois moins pour la Bia, 45 % de moins pour la Mé (dont le bassin versant est plus méridional). Le retentissement de la sécheresse continentale en Afrique de l'Ouest se fait donc sentir jusqu'au rivage du golfe de Guinée.

Il existe des années exceptionnelles — en dehors de la période récente de sécheresse — où le contexte climatique général marque son empreinte aussi bien sur les bassins forestiers que sur la savane soudanienne. C'est par exemple le cas de 1968 et 1958 : en 1968, l'ensemble des six rivières auront écoulé environ 53 milliards de m³ et 10 seulement en 1958 ; l'excès ou le déficit provenant à la fois des rivières soudanaises et forestières.

Si l'on met en parallèle les résultats obtenus de 1955 à 1960 pour les précipitations littorales et les débits des rivières forestières, il se confirme que l'accord est bon, ce qui était attendu mais permet une vérification supplémentaire des données hydrologiques et météorologiques.

Si l'on considère en plus les crues soudanaises on peut introduire une distinction entre deux types. Les années « homogènes », pendant lesquelles les caractéristiques climatiques ont été analogues sur toute la Côte d'Ivoire, c'est le cas le plus général, que ce soit par excès de pluies (1957, 1963, 1968) ou par sécheresse (1967, 1970 à 1975, 1977-1978...). Les années « hétérogènes » quant à elles correspondent à des climats différents à la côte et à l'intérieur : beaucoup de pluies au sud et peu au nord (1956, 1962, 1976) et inversement (1964 à 1966). Ces divers types sont bien évidemment liés à l'importance de la convergence intertropicale et à son rythme de déplacement saisonnier.

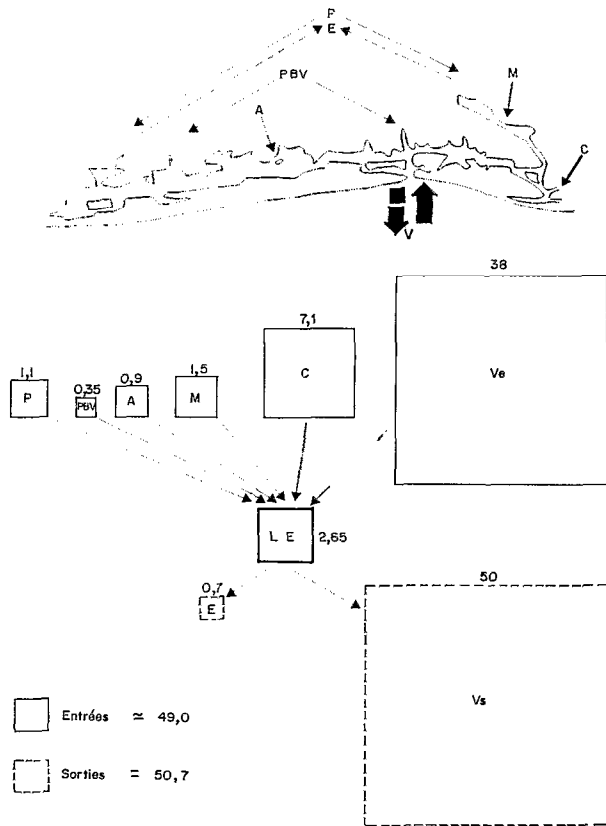


Fig. 15. — Bilan hydrique moyen de la lagune Ébrié. Les surfaces des carrés sont proportionnelles aux volumes d'eau qui sont chiffrés en milliards de m³

- | | | |
|-------------------------------|--------------------------------|--|
| C = Comoé | P = Précipitations | V _e = Entrées } par le canal de Vridi |
| M = Mé | E = Évaporation | |
| A = Agnéby | | |
| PBV = Petits bassins versants | LE = Volume de la lagune Ébrié | |

Average water balance of the Ébrié lagoon. The surfaces of the squares are proportionnal to the water volumes (numbers in 10⁹ m³)

- | | | |
|------------------------|---------------------------------|---|
| C = Comoé | P = Rainfall | V _e = Inlets } through the Vridi canal |
| M = Mé | E = Evaporation | |
| A = Agnéby | | |
| PBV = Minor watersheds | LE = Volume of the Ébrié lagoon | |

2.3.1. BILAN HYDRIQUE MOYEN (fig. 15)

Cette évaluation moyenne peut être tentée pour la lagune Ébrié (VARLET 1978 et fig. 15). Les apports d'eau douce correspondent aux crues fluviales et aux précipitations. Pour les trois principaux cours d'eau, les volumes totaux écoulés moyens sont de $7,1 \cdot 10^9$ m³ pour le Comoé ; 0,9 pour l'Agnéby et 1,5 pour la Mé (tabl. III). Il y a de plus le ruissellement diffus et les petits bassins versants riverains dont les apports peuvent être évalués à $0,35 \cdot 10^9$ m³ pour 1800 km² et un coefficient d'écoulement de 0,1 (VARLET, 1978). Nous avons vu que les précipitations annuelles moyennes sont de l'ordre de 2100 mm à Abidjan mais qu'il existe un gradient d'ouest en est, avec des pluies légèrement moins abondantes pour les secteurs occidentaux (fig. 8) d'où une valeur moyenne corrigée de 2 m. Les pluies représentent donc un apport d'eau douce, sur les 566 km² du plan d'eau, de $1,1 \cdot 10^9$ m³. Il faut enfin tenir compte de l'évaporation pour laquelle nous retiendrons $0,7 \cdot 10^9$ m³/an, correspondant à 1300 mm, valeur inférieure à celle du tableau I à cause de la remarque de VARLET sur l'évaporation plus faible dans les régions sous influence marine. Le bilan des apports et des pertes en eaux douces se chiffre donc approximativement à 10 milliards de m³ par an en moyenne.

Pour évaluer l'importance des échanges d'eaux marines, VARLET s'était placé dans le cas le plus simple d'une seule ouverture, celle du canal de Vridi. Cette hypothèse reste tout à fait valable car la passe de Grand-Bassam s'est ensalée progressivement et il n'est pas certain qu'elle se rouvre, même dans le cas de très fortes crues du Comoé. Aucune étude approfondie ne donne de résultats suffisamment précis pour que l'on puisse se risquer à chiffrer réellement le bilan hydrique mais VARLET a évalué, par des méthodes indirectes, le volume total annuel des sorties à $50 \cdot 10^9$ m³ environ et celui des entrées à $38 \cdot 10^9$ m³ pour 1951-52. L'assez bon accord de ces deux chiffres avec le bilan des eaux douces peut être en partie une coïncidence, mais l'ordre de grandeur subsiste et c'est ce qui nous intéresse ici. Le volume total de la lagune Ébrié, pour une profondeur moyenne proche de 4,8 m est d'environ $2,7 \cdot 10^9$ m³. Il s'ensuit que les apports moyens annuels d'eau douce représentent presque quatre fois le volume total de la lagune et que les entrées d'eaux marines sont 14 fois plus importantes que ce même volume. La lagune Ébrié apparaît donc comme un milieu très bien renouvelé depuis l'ouverture du canal de Vridi. Bien entendu, cette approche globale recouvre une

variabilité spatiale importante et les taux de renouvellement des eaux sous influence marine qui sont proches du type estuarien sont incomparablement supérieurs à ceux des eaux des régions dessalées.

Pour les deux autres lagunes, on ignore tout de l'importance réelle des échanges avec le milieu marin. En lagune de Grand-Lahou, le Bandama — en année moyenne — apporte un volume d'eau 17 fois plus important que le volume de la lagune. Le type estuarien domine donc sauf pendant l'étiage du fleuve pendant lequel il est atténué. En lagune Aby les apports d'eau douce peuvent être très approximativement chiffrés à $1,9 \cdot 10^9$ m³ pour la Bia, $4,2 \cdot 10^9$ pour la Tanoé ce qui est sans doute surestimé sur le long terme, $0,35 \cdot 10^9$ m³ pour le ruissellement diffus, $0,9 \cdot 10^9$ m³ pour les précipitations et $0,6 \cdot 10^9$ m³ pour l'évaporation, soit au total, environ 6,7 milliards de m³ par an. Le volume total de la lagune Aby étant de l'ordre de $1,6 \cdot 10^9$ m³, les apports d'eau douce — comme en lagune Ébrié — lui sont plus de 4 fois supérieurs. Cependant, l'impact des eaux douces est beaucoup plus marqué en lagune Aby car les échanges avec la mer sont plus limités, la passe d'Assinie étant beaucoup moins importante que le canal de Vridi.

2.3.2. VARIABILITÉ INTERANNUELLE DES APPORTS D'EAU DOUCE

Toutes choses égales d'ailleurs, on peut penser que les échanges avec la mer gardent une importance comparable d'une année à l'autre (1). Ce n'est pas le cas en revanche des apports d'eau douce : si l'on peut estimer que les pertes par évaporation sont peu variables, les précipitations locales et les apports par les rivières peuvent être très différents.

A titre d'exemple nous avons choisi la lagune Ébrié et deux années opposées : 1958 d'une part, 1963 d'autre part. D'après les valeurs des annexes I et 2, en 1958 les apports du Comoé furent de $2,4 \cdot 10^9$ m³, ceux des rivières côtières de l'ordre de $0,9 \cdot 10^9$ m³ et les précipitations d'environ $0,9 \cdot 10^9$ m³ (en prenant 1700 mm en moyenne) soit au total 4,2 milliards au lieu de 10,3 en année moyenne. A l'inverse le même calcul conduit à un apport total de $21 \cdot 10^9$ m³ environ en 1963. De tels écarts ne peuvent pas ne pas avoir de conséquences sur l'équilibre de l'écosystème lagunaire. Dans le tableau V nous avons récapitulé les divers termes pour les 6 dernières années (1975-80), période pendant laquelle des données sur les productions primaire, secondaire et terminales ont été récoltées.

(1) Ce qui ne serait peut-être pas le cas en absence d'apports continentaux notables. On peut penser qu'il peut y avoir une différence significative les années de très fortes et très faibles crues du Comoé.

TABLEAU V

Apports annuels d'eau douce (milliards de m³) à la lagune Ébrié de 1975 à 1980. v désigne le volume total des apports annuels — et $\frac{v}{\bar{v}}$ la valeur relative à la moyenne 1950-80. On n'a pas tenu compte ici de l'évaporation — peu variable — et du ruissellement diffus

Année	Comoé	Agnéby	Mé	Précipitations (1)	v	$\frac{v}{\bar{v}}$
1975.....	5,1	(0,6) (2)	(1,0) (2)	1,0	7,7	0,79
1976.....	2,1	0,8	1,6	1,4	5,9	0,61
1977.....	4,2	(0,4) (3)	0,6	0,7	5,9	0,61
1978.....	2,9	(0,6) (3)	1,0	1,0	5,5	0,57
1979.....	8,3	0,6	1,4	1,1	11,4	1,18
1980.....	6,7	0,2	0,9	0,7	8,5	0,88

(1) A partir de la valeur moyenne d'Abidjan moins 100 mm.

(2) Par rapport à la Bia en 1975.

(3) Par rapport à la Mé en 1977 et 1978.

Au cours des six dernières années, les apports d'eau douce en lagune Ébrié ont été généralement inférieurs à la moyenne. Durant les trois années successives, 1976 à 1978 le déficit a été de l'ordre de $4,5 \cdot 10^9$ m³ chaque année. Globalement, les apports du Comoé sont déterminants, on peut cependant remarquer que les trois années ne sont pas strictement homologues ; les crues exceptionnellement faibles du Comoé en 1976 et 1978 sont partiellement compensées par des apports littoraux supérieurs à la moyenne, en revanche en 1977, les apports du Comoé sont doubles de ceux de 1976 mais rivières et précipitations côtières ne fournissent qu'une maigre contribution. Ces différences peuvent avoir des conséquences significatives sur l'écologie lagunaire car la qualité des eaux et leur rythme d'arrivée peuvent introduire des modulations spatio-temporelles appréciables.

3. CONSÉQUENCES CLIMATIQUES DIRECTES POUR L'ENVIRONNEMENT LAGUNAIRE

Le contexte climatique général, les apports d'eaux météoriques et continentales, l'influence quotidienne des marées induisent — indépendamment de toute activité biologique — les grandes variations de certaines caractéristiques physiques et chimiques du milieu. Trois doivent être retenues ici : courants et niveau moyen, température des eaux, salinité.

3.1. Marées et niveau moyen du plan d'eau

L'influence des marées est sensible sur l'ensemble des lagunes, cependant son influence est très amortie dès qu'on s'éloigne des estuaires. Seule la lagune Ébrié a été étudiée de ce point de vue (TASTET, 1974 ;

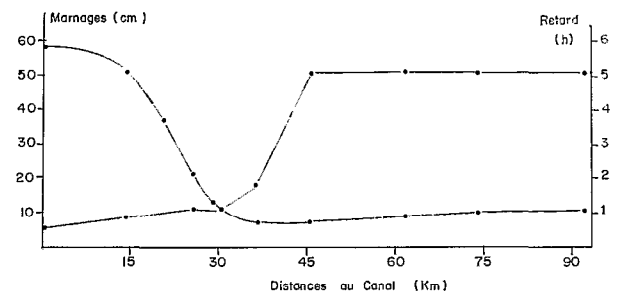


FIG. 16. — Marnages et phases observées dans l'onde stationnaire présente à l'ouest d'Abidjan en fonction de la distance (km) au canal de Vridi pour un marnage de 100 cm en mer (d'après VARLET, 1978)

Standing wave west of Abidjan: tidal ranges and phases (experimental data) versus Vridi canal distance (km) for one meter tidal range at sea (from VARLET, 1978)

VARLET, 1978). D'une manière générale, le marnage diminue et le retard par rapport à la marée en mer augmente quand on s'éloigne du canal de Vridi à l'ouest comme à l'est. C'est ainsi que pour un marnage en mer de 100 cm, le retard est de 4 heures environ au confluent du Comoé et le marnage d'un peu plus de 20 cm. En revanche à l'ouest, à l'île Leydet (non loin du débouché de l'Agnéby) le retard serait de 2 heures et le marnage de 8 cm, alors qu'il s'agit d'une position sensiblement symétrique par rapport au canal de Vridi. Ces différences traduisent deux types de propagation distincts : onde progressive normale à l'est jusqu'à Bassam alors qu'à l'ouest la marée a le caractère d'une onde stationnaire avec interférence entre l'onde incidente et l'onde réfléchie à l'extrémité ouest (VARLET, 1978). Les caractères de cette onde stationnaire sont clairement mis en évidence sur la figure 16 : le minimum des marnages

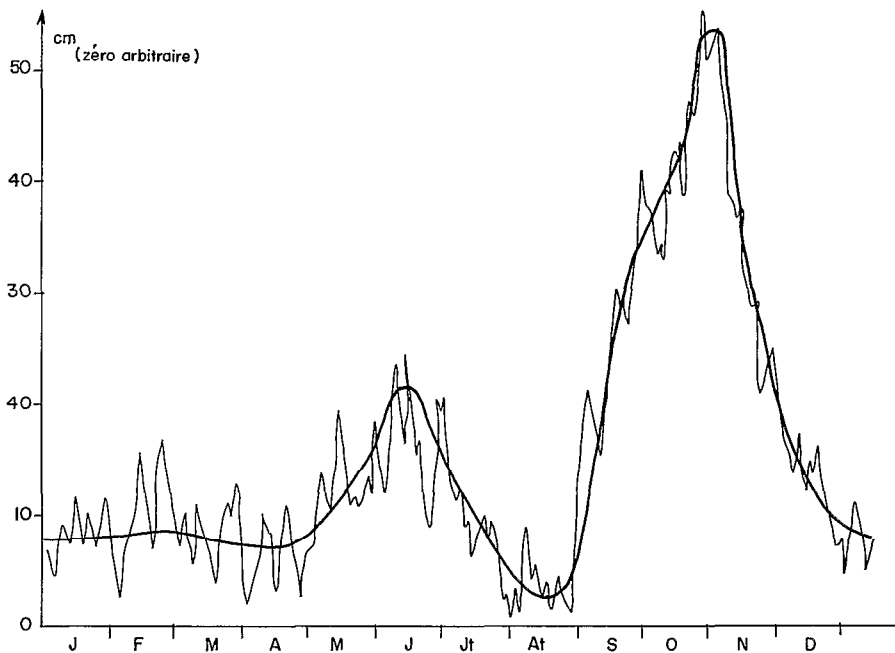


Fig. 17. — Variation du niveau moyen de la lagune Ébrié à Abidjan en 1952 (d'après VARLET, 1978)

Ébrié lagoon daily mean level in Abidjan during 1952 (from VARLET, 1978)

— de l'ordre de 6 à 7 cm — se situe un peu avant l'Agnéby à près de 40 km du canal de Vridi et les retards augmentent de plusieurs heures.

Le système des lagunes Aghien et Potou constitue lui aussi un cul-de-sac : l'amortissement est sensible en lagune Potou : 37 cm de marnage avec 2 à 3 h de retard à l'entrée ; 21 cm avec 4 à 5 h 30 à la sortie (pour un marnage de 1 m en mer). En lagune Aghien le marnage augmente légèrement, de quelques centimètres, et les retards cessent de croître : la marée est partout en phase. Ce phénomène peut évoquer certains aspects d'une onde stationnaire, on peut aussi y voir l'influence prépondérante de la marée sur le Comoé, les eaux de ce dernier étant alors détournées vers le nord pendant le flot (TASTET, 1974).

En lagune les courants dépassent souvent 1 m/s : les valeurs maximales mesurées atteignent même 2 m/s dans le canal de Vridi et 1 m/s au bac de Jacquville, zone d'étranglement à l'ouest (GRAS, comm. pers.). A l'ouest de l'Agnéby, ils ne dépassent guère 0,1 à 0,2 m/s.

La variation annuelle du niveau de la lagune est

appréciable, elle reflète essentiellement les fluctuations des apports d'eau douce confrontées aux capacités d'évacuation, capacités constantes dans le cas de la lagune Ébrié depuis l'ouverture du canal de Vridi. La figure 17, d'après VARLET, donne les variations du niveau moyen en baie de Cocody en 1952 : l'amplitude annuelle dépasse 50 cm entre août, mois de niveau le plus bas (1), et octobre, mois de niveau le plus élevé lié à la crue du Comoé. Un maximum secondaire net — 20 cm au-dessus du minimum d'août — se produit en juin. Ces variations de niveau sont plus ou moins nettes suivant les régions considérées : il est probable qu'à l'ouest de l'Agnéby le maximum de juin est le plus net, l'influence du Comoé étant peu marquée.

Aucune mesure à notre connaissance n'a été faite pour la lagune Aby. Il est néanmoins probable que les variations de niveau sont considérables car l'exutoire d'Assinie est très réduit, on en trouve d'ailleurs un témoignage dans le comportement de pêcheurs locaux qui ne peuvent plus exercer leurs activités durant le mois de juin avec certains engins.

(1) Le minimum d'août correspond à l'abaissement du niveau de la mer pendant l'upwelling côtier correspondant.

TABLEAU VI

Températures moyennes mensuelles (°C) de l'air et de la lagune à Abidjan (1938-45, in VARLET, 1978)

	J	F	M	A	M	J	Jt	At	S	O	N	D
Lagune.....	29,6	30,1	31,1	31,2	30,7	28,9	27,6	27,4	27,8	29,0	30,2	29,9
Air.....	27,4	28,4	28,6	28,5	27,7	26,2	25,2	25,0	25,6	26,7	27,5	27,4

3.2. La température des eaux

La meilleure série de mesures de température des eaux lagunaires a été effectuée de 1938 à 1945, lors d'observations triquotidiennes à Abidjan. Les valeurs moyennes correspondantes pour ces sept années sont indiquées dans le tableau VI. On constate que les variations sont faibles : 3 à 4 °C au maximum pour les moyennes mensuelles ; 31,2 °C en avril à l'étiage et 27,4 en août après la grande saison des pluies. Les extrêmes observés sont de l'ordre de 25,5 et 34 °C (PAGÈS *et al.*, 1979 ; TASTET, 1974). Ces mesures ont été faites avant l'ouverture du canal. On constate depuis un léger refroidissement dans la région d'Abidjan, phénomène appréciable surtout pour les eaux profondes et de juillet à août, pendant l'upwelling (fig. 18) (PAGÈS *et al.*, 1979). On peut donc estimer que ces mesures anciennes représentent bien les températures superficielles en dehors de la région d'Abidjan. A partir des mesures concomitantes de la température de l'air (tabl. VI et fig. 18) on constate que la lagune est constamment plus chaude que l'air, de 2 à 3 °C. La température minimale est de l'ordre de la température maximale de la mer à Port-Bouët (fig. 18) (1).

La variabilité spatiale des températures de surface est faible elle aussi et ne dépasse guère 3 °C d'une extrémité à l'autre de la lagune, la seule exception étant constituée par les eaux sous influence marine, légèrement plus fraîches. Par rapport au chenal central, on note aussi un léger refroidissement dans les baies, alors que les rivières sont plus froides que les lagunes. Le gradient vertical n'est jamais accentué, sauf en saison de crue il peut alors dépasser 6 °C avec la présence simultanée des eaux froides marines d'upwelling en profondeur et des eaux chaudes dessalées des fleuves en surface (PAGÈS *et al.*, 1979).

En lagune Aby, les variations thermiques sont analogues (CHANTRAINE, 1980) : valeurs maximales en février (30 à 31 °C) et minimales en juin (26 à 28 °C). Une stratification nette s'installe en saison sèche et celle-ci disparaît en saison des pluies.

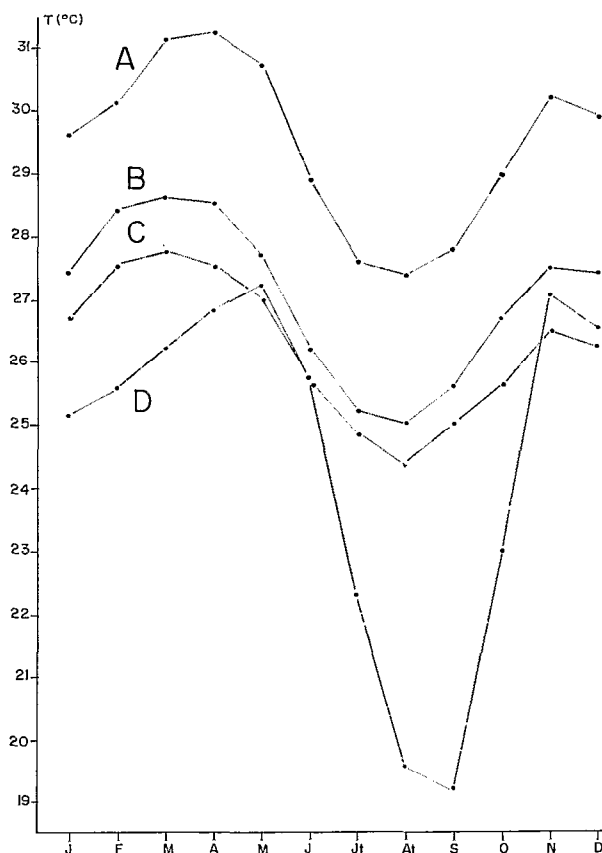


FIG. 18. — Variation annuelle de la température de l'air et de l'eau dans la région de la lagune Ébrié. A : Eau de surface à Abidjan (moyenne 1938-1945) ; B : Air sous abri à Abidjan (moyenne 1938-1945) ; C : Air sous abri à Adiopodoumé (moyenne 1950-1979) ; D : Mer : station côtière à —10 m (moyenne 1969-1975). A et B d'après VARLET, 1978 ; C d'après MONTENY et LHOMME, 1980 ; D d'après BINET, 1977

Annual temperature variations within the Ébrié lagoon neighbourhood. A: Surface water in Abidjan (1938-1945 mean); B: Air under shelter in Abidjan (1938-1945 mean); C: Air under shelter in Adiopodoumé (1950-1979 mean); D: Sea: coastal station, 10 m depth (1969-1975 mean). A and B from VARLET, 1978; C from MONTENY and LHOMME, 1980; D from BINET, 1977

(1) D'où l'intérêt d'utiliser la lagune comme source chaude pour le projet de centrale d'énergie thermique des mers, projet lié au site très favorable d'Abidjan, avec la proximité du cañon du « Trou Sans Fond ».

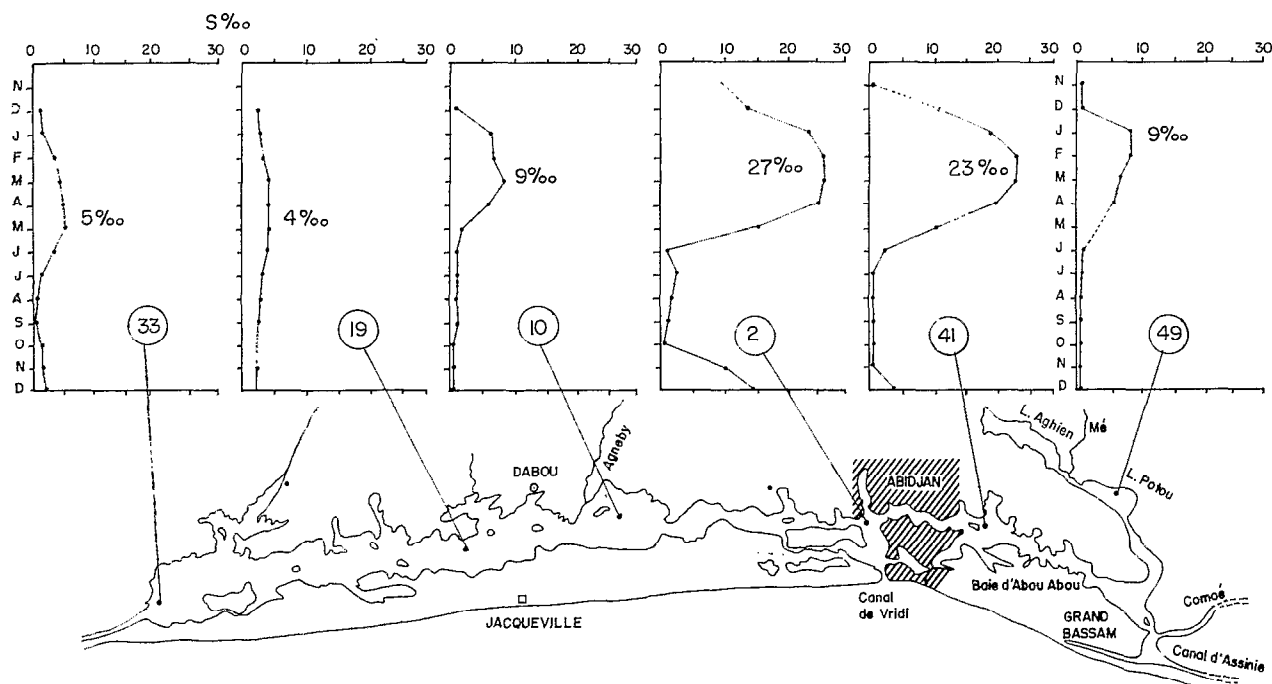


FIG. 19. — Variation annuelle de la salinité en six stations du chenal central de la lagune Ébrié en 1975 (d'après PAGÈS *et al.*, 1979).
*Annual salinity variation for six Ébrié lagoon midchannel stations during 1975 (from PAGÈS *et al.*, 1979)*

La correspondance étroite entre les variations thermiques de l'air et de l'eau de surface lagunaire permettraient d'étudier la variabilité interannuelle à partir des données météorologiques de l'A.S.E.C.N.A. À titre d'exemple, nous avons étudié celles de la station bioclimatologique d'Adiopodoumé entre 1950 et 1979 : les variations sont significatives, mais relativement faibles, l'écart maximal sur les températures moyennes mensuelles étant de l'ordre de 1 °C en excès ou par défaut par rapport aux moyennes 1950-1979 (tabl. I).

Sans négliger *a priori* le rôle possible des variations de température dans certains phénomènes précis, il ressort en définitive de ce qui précède que ce facteur joue un rôle évident par son niveau moyen — de l'ordre de 29 °C — mais qu'en première analyse, il n'intervient qu'assez faiblement par sa variabilité spatio-temporelle à l'échelle annuelle. Il est en revanche possible que des variations météorologiques brutales interviennent à très petite échelle (vents, pluies, etc.) (GUIRAL, CHANTRAINE, 1982).

3.3. La salinité

La salinité des eaux reflète directement le contexte climatique dont l'influence se fait sentir aussi bien par le rythme des apports que par leur importance.

Elle est par ailleurs modifiée localement par la morphologie et la bathymétrie. Enfin, les gradients verticaux peuvent être très notables, la stabilité verticale correspondant à un mélange insuffisant des eaux océaniques et continentales, la circulation étant alors caractérisée par un écoulement superficiel d'eau moins salée vers la mer et un écoulement sous-jacent d'eau salée en sens inverse : c'est la situation rencontrée en lagune Ébrié dans le secteur sous influence marine, de part et d'autre d'Abidjan.

En lagune Ébrié le maximum de salinité se situe évidemment toujours dans la région du port d'Abidjan : il y a un renouvellement constant d'eaux salées par le canal de Vridi et leur salinité est généralement supérieure à 20 ‰ entre 4 et 20 mètres de profondeur. Le gradient vertical et la variabilité saisonnière s'atténuent d'autant plus que l'on s'éloigne du canal de Vridi, à l'ouest comme à l'est. La figure 19 représente les variations saisonnières de la salinité de surface en 1975 pour six stations régulièrement réparties d'ouest en est dans le chenal central (d'après PAGÈS *et al.*, 1979).

Dans la région d'Abidjan (station 2), la salinité de surface reste très élevée de janvier à avril (20 à 30 ‰) et diminue ensuite très rapidement avec la saison des pluies pour atteindre 2 à 3 ‰ de juin à septembre et remonter ensuite progressivement. Ce

profil caractérise en fait un cycle annuel (1975) pendant lequel la petite saison sèche a été peu marquée et la crue du Comoé assez faible (module de l'ordre de 150 m³/s au lieu de 224 en moyenne entre 1956 et 1980) (cf. tabl. III) ; l'évolution des salinités n'est pas classique : on rencontre normalement deux valeurs minimales successives, de l'ordre de 1 ‰ pendant la grande saison des pluies et lors de la crue du Comoé.

A l'ouest d'Abidjan (stations, 10, 19 et 33), les salinités sont toujours faibles et inférieures à 10 ‰. Il y a cependant un contraste net entre les régions les plus occidentales et la station 10. A l'ouest de Dabou, les salinités restent comprises entre 3 et 5 ‰ durant tout le cycle annuel. On constate simplement à l'extrémité ouest une légère augmentation à l'étiage (mars-avril) correspondant à l'influence de la lagune de Grand-Lahou par l'intermédiaire du canal d'Assagny. Il n'y a jamais de gradient vertical de salinité dans ces régions. A la station 10 par contre la salinité augmente nettement à l'étiage (8 à 10 ‰) et l'adoucissement ultérieur est dû tout à la fois aux crues des fleuves (Agnéby et Comoé) et aux précipitations. On rencontre un gradient vertical assez net durant la grande saison sèche.

A l'est d'Abidjan (station 41) l'allure du profil annuel diffère totalement de ce qu'on observe à l'ouest : l'évolution de janvier à juin est identique à celle observée dans la zone centrale sous influence marine mais ensuite l'influence du Comoé devient prépondérante et la salinité reste proche de 0 ‰ jusqu'à la fin de l'année. Comme dans la région ouest proche d'Abidjan, un gradient vertical peut apparaître en saison sèche.

Le cas du diverticule des lagunes Aghien et Potou est particulier : en lagune Potou (station 49) l'influence de l'intrusion saline est sensible en saison sèche, tout en restant modérée, et l'eau est douce de mai à décembre ; en lagune Aghien l'eau est presque douce toute l'année. Cette oligo-halinité est bien entendu gouvernée par les crues de la Mé et du Comoé ainsi que par la bathymétrie (hauts fonds de la lagune Potou).

Cette description générale concerne le chenal central et les baies reproduisent les variations avec retard et amortissement (VARLET, 1978) ; les particularités dues à la morphologie (baies à « seuil ») ou à l'influence très localisée d'arrivée d'eaux douces sont cependant nombreuses.

En lagune de Grand-Lahou on peut considérer qu'il y a deux régions distinctes : la région orientale présente une forte instabilité annuelle puisqu'elle reçoit tout à la fois les apports océaniques par le grau de Grand-Lahou et la crue du Bandama. Dans la région occidentale en revanche, l'influence de ces apports est amortie : la salinité évolue de 10 à 3 ‰

au cours du cycle annuel pendant que celle du secteur oriental varie de 25 à 0 ‰.

En lagune Aby, les salinités de surface ne sont élevées que dans une zone restreinte influencée par la marée et proche de l'ouverture d'Assinie. Partout ailleurs, la salinité de surface est faible (eaux oligohalines entre 5 et 0 ‰) l'influence marine est maximale en saison sèche et crée un gradient horizontal depuis le delta aux embouchures des fleuves (de 10 à 0 ‰ pour la salinité de surface) ; celui-ci s'affaiblit au fur et à mesure de la saison des pluies et en octobre la lagune est parfaitement homogène et dessalée en surface (CHANTRAINE, 1980). Une forte stratification permanente existe : au-dessous de 6 mètres, la salinité est toujours de 18 à 22 ‰, ce qui prouve que les eaux de fond ne sont pratiquement pas renouvelées. Une preuve supplémentaire est fournie par l'absence totale d'oxygène et la présence d'H₂S dans ces eaux profondes. On observe une légère fluctuation dans l'importance de la zone anoxique car la zone de transition oscille entre 4 et 6 m de février à octobre (CHANTRAINE, 1980).

La variabilité interannuelle de la salinité est fonction de celle des apports météoriques et continentaux. Faut de données réellement comparables entre elles, il ne nous est pas possible ici de l'illustrer directement, mais il est certain qu'elle peut être importante. Si l'on suppose en première approximation que la variabilité spatiale des précipitations est négligeable à l'échelle considérée, l'influence des variations interannuelles doit être d'autant plus marquée que les régions considérées sont plus soumises aux apports fluviaux.

4. CONCLUSIONS

Il existe donc une variabilité temporelle notable. Celle-ci est de deux ordres, tout d'abord saisonnière, les influences combinées des climats marins et terrestres conduisant à la distinction de saisons lagunaires, ensuite interannuelle et nous avons vu que cette dernière est considérable. Il faut tenir compte aussi de l'hétérogénéité de l'environnement lagunaire qui est modelé par des variations morphologiques locales qui amortissent ou amplifient les conséquences des variations climatiques.

4.1. Les saisons lagunaires

On peut schématiquement considérer trois saisons distinctes :

Saison sèche (de janvier à avril) : les apports continentaux — qu'il s'agisse d'écoulements ou de précipitation — sont négligeables, l'évaporation est maximale et l'influence marine prépondérante. Tem-

pératures et salinités atteignent leur niveau le plus élevé. C'est aussi l'époque des gradients verticaux les mieux marqués.

Saison des pluies (de mai à août) : époque des plus fortes précipitations puis des apports des rivières forestières, la température atteint sa valeur minimale. C'est l'époque de l'upwelling dans la région côtière.

Saison des crues (de septembre à décembre) : l'arrivée des eaux des fleuves drainant le nord de la Côte d'Ivoire bouleverse certaines régions lagunaires où la salinité s'approche de zéro. La température remonte à partir d'octobre.

Ce découpage général doit être adapté en fonction de la spécificité de chacun des écosystèmes. C'est ainsi que pour la lagune Aby, la troisième saison ne peut être définie comme ci-dessus puisqu'il n'y a pas de fleuve « soudanien » : il s'agit plutôt alors d'une deuxième saison des pluies qui, comme la première, cumule précipitations de la petite saison et deuxième crue de la Bia et de la Tanoé, plus marquée que pour les fleuves côtiers forestiers occidentaux.

4.2. L'hétérogénéité spatiale

Celle-ci est bien illustrée par l'exemple de la lagune Ébrié, qui est tout à la fois la mieux connue, la plus modifiée par l'homme et la plus hétérogène. Deux phénomènes essentiels déterminent le caractère principal de la zonation :

l'ouverture de Vridi qui s'inscrit à l'aplomb d'Abidjan. C'est d'elle que provient toute l'influence marine depuis la fermeture de la passe de Bassam. Contrairement à cette dernière, c'est une ouverture permanente et vaste et l'influence de la marée se fait sentir, au moins par ses effets mécaniques, avec retard et amortissement jusqu'aux extrémités est et ouest du système Ébrié. Notons que le canal de Vridi est deux fois plus distant du canal d'Assagny que de l'ancienne passe de Bassam, d'où une dissymétrie certaine (fig. 20).

les apports d'eaux continentales sont constitués pour les deux tiers de ceux du Comoé. Celui-ci débouche à l'extrémité orientale et c'est là aussi l'origine d'une dissymétrie spatiale à laquelle s'ajoute la fluctuation saisonnière très marquée de la crue annuelle.

Ces deux traits dominants, associés à la morphologie très allongée du système et à l'existence de deux rivières à régime « équatorial » permettent déjà d'effectuer une première zonation qui n'est basée que sur des critères morphologiques et hydrologiques :

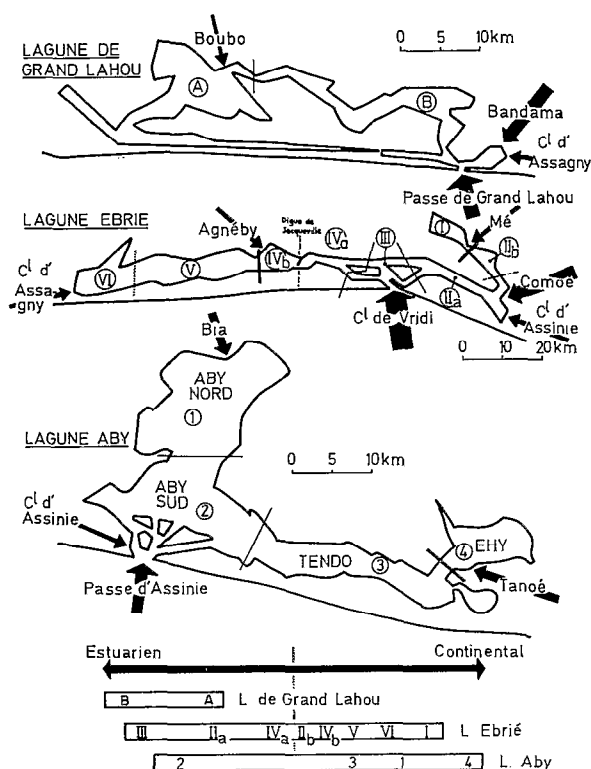


FIG. 20. — Découpage schématique des 14 secteurs ou sous-secteurs distingués dans les trois grandes lagunes ivoiriennes. Leur classement indicatif en fonction de leur caractère plus ou moins estuarien ou continental est indiqué sur le segment horizontal

Diagrammatic repartition of the fourteen areas distinguished within the three large Ivorian lagoons. Their indicative classification according to their more or less estuarine or continental type is shown on the horizontal line

(a) de l'Agnéby au Comoé, régions « estuariennes » soumises à l'influence marine. Il ne s'agit pas d'un ensemble homogène, la zone estuarienne proprement dite étant celle d'Abidjan ; les deux zones adjacentes ayant chacune leur caractère propre : à l'ouest d'Abidjan l'influence du Comoé est très atténuée par rapport à la région orientale qui constitue un prolongement du fleuve durant les mois de crue ;

(b) de l'Agnéby au canal d'Assagny, zones *a priori* beaucoup plus stables et oligohalines car l'influence marine y est très amortie et les apports d'eau douce réduits aux précipitations ;

(c) il faut enfin considérer séparément le diverticule des lagunes Potou et Aghien, cette dernière en particulier se rapprocherait plutôt de la catégorie précédente des eaux stables soustraites aux influences marines.

Cette classification préliminaire se trouve pleinement confirmée quand on prend aussi en compte la salinité des eaux. Elle est présentée sur la figure 20. Par commodité, on a distingué six secteurs ; trois d'entre eux sont nettement estuariens ; les trois autres plus continentaux et oligohalins (1).

Le secteur III est le secteur estuarien type, directement soumis à la marée ; on y trouve en toute saison des gradients verticaux de salinité plus ou moins marqués : l'eau de surface passe de 2 à 30 ‰ au cours de l'année. Il faut distinguer un sous-secteur, celui constitué par les eaux polluées de l'agglomération d'Abidjan, pollution particulièrement marquée dans les baies fermées. De part et d'autre, les secteurs II et IV présentent des caractères analogues, mais atténués : les variations saisonnières de salinité restent appréciables, les courants de marée sont encore très sensibles et la stratification verticale est encore nette à l'étiage. Le secteur II est caractérisé par une instabilité saisonnière très marquée puisqu'il est balayé d'août à novembre par la crue du Comoé. Entre Mé et Comoé, la lagune Potou constitue un sous-secteur intermédiaire d'eaux peu profondes encore sensible à la marée et très dépendant des apports fluviaux. La partie occidentale du secteur IV doit être considérée elle aussi comme un sous-secteur particulier car on n'y trouve plus de gradient vertical de salinité ; la construction de la digue de Jacquville a modifié le mode de passage des eaux (RAMANY, 1980).

Les trois secteurs les plus éloignés de la mer (régions continentales oligohalines) ont comme caractéristique commune une relative stabilité. De même que l'Agnéby marque à l'ouest la frontière entre secteur estuarien et secteur continental, la Mé constitue à l'est la limite entre eaux douces et eaux saumâtres (fig. 20) : la lagune Aghien est en effet douce toute l'année, même en profondeur, alors que les secteurs V et VI sont oligohalins.

Une analyse identique conduit à des distinctions analogues pour les deux autres grandes lagunes. La lagune de Grand-Lahou a un caractère général plus estuarien et on peut la diviser en deux secteurs homologues des secteurs III et IV de la lagune Ébrié : la région orientale (B) est typiquement estuarienne puisque la passe de Grand-Lahou et le débouché du Bandama y voisinent (fig. 20). La partie occidentale (A) est plus protégée tout à la fois de la marée et des eaux fluviales, mais les cycles saisonniers y sont encore très nets.

À l'opposé, en lagune Aby, c'est le caractère oligohalin et continental qui l'emporte, associé à une stabilité évidente. Quatre secteurs peuvent cependant être distingués (CHANTRAINE, 1980) :

le secteur nord [1] de la lagune Aby dont les eaux sont stables et homogènes, et oligohalines à douces (influence de la Bia) ;

le secteur sud-Aby [2] : c'est le seul qui ait un caractère estuarien, d'ailleurs très atténué ; le gradient vertical de salinité est net ;

la lagune Tendo [3], de forme allongée et aux eaux également oligohalines à douces, est une zone de transition entre les secteurs [2] et [4] ;

la lagune Ehy [4] : sa séparation avec la lagune Tendo est marquée par la Tanoé (fig. 20). Très peu profondes (de l'ordre de 2 m) et relativement peu étendues, les eaux de cette extrémité orientale représentent un cas particulier : elles sont douces toute l'année.

Les secteurs [1], [2] et [3] de la lagune Aby présentent des caractéristiques communes. Ce sont les plus profonds, surtout les deux premiers qui comportent de vastes étendues dont la profondeur dépasse 10 m. Leurs eaux sont stratifiées toute l'année, la tranche à gradient prononcé étant située entre 4 et 6 m de profondeur. Au-dessous les eaux sont constamment anoxiques.

Il reste à garder à l'esprit, une fois cette stratification spatio-temporelle effectuée, que la variabilité interannuelle peut elle aussi intervenir dans la définition des paramètres bioécologiques régissant la productivité des eaux et le comportement des organismes qu'elles abritent. Les conséquences ne sont pas nécessairement aussi spectaculaires que celles enregistrées lors des récentes mortalités massives de poisson, mais elles peuvent néanmoins remettre en cause des interprétations fondées sur une description moyenne de l'écosystème.

La variabilité interannuelle peut être estimée indirectement à partir de la variabilité des apports d'eaux douces, précipitations et crues, qui font l'objet d'observations permanentes de la part de services météorologiques et hydrologiques ; elle devrait aussi être appréciée directement par des observations permanentes des eaux saumâtres, basées sur des mesures des paramètres physiques, chimiques et biologiques les plus classiques. Cette nécessité devient d'autant plus impérieuse que les interven-

(1) Cette division de la lagune Ébrié en six secteurs est étayée par les résultats obtenus dans le domaine de la production, qu'il s'agisse de production primaire (DUFOUR et DURAND, 1982) ou de pêche (DURAND *et al.*, 1978).

tions humaines deviennent plus prononcées et, ce, sous de multiples aspects. Une telle surveillance permanente des lagunes permettrait donc aussi de caractériser l'évolution de la qualité des eaux éventuellement modifiées, par les grands travaux — fluviaux et lagunaires — et par la pollution croissante, qu'elle soit d'origine rurale ou urbaine. C'est une des conditions nécessaires à un aménagement rationnel de ces eaux riches et fragiles. On demande beaucoup et à de nombreux points de vue aux milieux saumâ-

tres, ils méritent donc un effort exceptionnel qui passe par la connaissance de leur fonctionnement et la concertation des utilisateurs, leur sauvegarde en dépend car ils risquent sinon de se transformer irréversiblement en collections d'eaux improductives et nauséabondes.

*Manuscrit reçu au Service des Éditions de l'O.R.S.T.O.M.
le 29 janvier 1982*

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Annuaire hydrologiques de Côte d'Ivoire. — O.R.S.T.O.M./D.R.E.S., Abidjan.
- BINET (D.), 1977. — Contribution à la connaissance du zooplancton néritique ivoirien. Écologie descriptive et dynamique. Thèse Univ. Paris VI, O.R.S.T.O.M., Paris, 282 p.
- Bulletins climatologiques mensuels A.S.E.C.N.A.
- CHANTRAINE (J.-M.), 1980. — La lagune Aby (Côte d'Ivoire) : morphologie, hydrologie, paramètres physico-chimiques. *Doc. Sci. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 11 (2) : 39-77.
- DUFOUR (P.), DURAND (J.-R.), 1982. — La production végétale des lagunes ivoiriennes. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, à paraître.
- DURAND (J.-R.), AMON (K. J. B.), ECOUTIN (J.-M.), GERLOTTO (F.), HIE DARE (J.-P.), LAE (R.), 1978. — Statistiques de pêche en lagune Ébrié (Côte d'Ivoire) : 1976 et 1977. *Doc. Sci. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 9 (2) : 67-114.
- DURAND (J.-R.), SKUBICH (M.), 1982. — Les lagunes ivoiriennes. *Aquaculture*, 27 (sous presse).
- ELDIN (M.), 1971. — Le climat. In : Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. *Mem. O.R.S.T.O.M.*, n° 50 : 73-108.
- GIRARD (G.), SIRCOULON (J.), TOUCHÉBEUF (P.), 1971. — Aperçu sur les régimes hydrologiques. In : Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. *Mém. O.R.S.T.O.M.*, n° 50 : 109-156.
- GUIRAL (D.), CHANTRAINE (J.-M.), 1982. — Hypothèses sur l'origine des mortalités observées en lagune Ébrié en 1979. *Arch. Sci. Centre Rech. Océanogr. Abidjan* (à paraître).
- MARGALEF (R.), 1977. — *Ecologia*. Omega ed., 951 p.
- MONTENY (P. A.), LHOMME (J.-P.), 1980. — Données climatiques recueillies à la station O.R.S.T.O.M. Adiopodoumé (1948-1979). O.R.S.T.O.M. Adiopodoumé, 31 p. *multigr.*
- MORLIÈRE (A.), 1970. — Les saisons marines devant Abidjan. *Doc. Sci. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 1 (2) : 1-15.
- MORLIÈRE (A.), REBERT (J.-P.), 1972. — Étude hydrologique du plateau continental ivoirien. *Doc. Sci. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 3 (2) : 1-30.
- PAGÈS (J.), LEMASSON (L.) et DUFOUR (P.), 1979. — Éléments nutritifs et production primaire dans les lagunes de Côte d'Ivoire. Cycle annuel. *Arch. Sci. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*. 5 (1) : 1-60.
- RAMANY (B. P.), 1980. — Le système lagunaire Ébrié en Côte d'Ivoire : Fonctionnement hydrodynamique et salinité. Thèse Doct. Ing. Université Abidjan, 247 p. *multigr.*
- TASTET (J.-P.), 1974. — L'environnement physique du système lagunaire Ébrié. I et II. *Univ. Abidjan Sér. Doc.*, n° 11, 28 p., 58 fig.
- VARLET (F.), 1978. — Le régime de la lagune Ébrié, Côte d'Ivoire. Traits physiques essentiels. *Trav. et Doc. O.R.S.T.O.M.*, n° 83, 162 p., 110 fig.

ANNEXE I

Précipitations annuelles dans la région des lagunes pour 17 stations de 1950 à 1980

N°	Station	Organisation	Localisation	date d'ouverture	1950	1951	1952	1953	1954	1955
1	Abidjan Aéro	ASECNA	5°15'N 3°56'O	1936	1746	2371	1874	2220	2571	2633
2	Abidjan Cocody	ASECNA	5°19'N 4°00'O	1962	—	—	—	—	—	—
3	Abidjan Port	ASECNA	5°18'N 4°01'O	1963	—	—	—	—	—	—
4	Abidjan Ville	ASECNA	5°19'N 4°01'O	1926	1702	1969	1945	1820	2598	2763
5	Adiopodou- mé	ORSTOM	5°19'N 4°13'O	1947	2372	3031	2214	2094	2931	2342
6	Banco	ASECNA	5°23'N 4°02'O	1933	1854	2741	2319	2042	3287	3353
	ABIDJAN (1)	/	/	/	1918	2528	2088	2044	2847	2773
7	Aboisso	ASECNA	5°28'N 3°12'O	1921	1377	1995	2225	2013	2373	2774
8	Adiaké	ASECNA	5°18'N 3°18'O	1944	2029	2407	2034	1794	3031	2337
9	Alépé	ASECNA	5°30'N 3°40'O	1956	—	—	—	—	—	—
10	Assinie	IRHO	5°08'N 3°17'O	1966	—	—	—	—	—	—
11	Bingerville	IFCC	5°22'N 3°53'O	1955	—	—	—	—	—	—
12	Dabou	ASECNA	5°18'N 4°22'O	1952	—	—	1712	1742	2720	2203
13	Grand- Bassam	ASECNA	5°13'N 3°45'O	1976	—	—	—	—	—	—
14	Grand-Lahou	ASECNA	5°08'N 5°00'O	1921	1606	1699	1948	1752	3051	2419
15	Jacquerville	ASECNA	5°13'N 4°25'O	1961	—	—	—	—	—	—
16	La Mé	ASECNA	5°27'N 3°51'O	1923	1687	2188	2320	1903	2652	2359
17	Mopoyem	IRHO	5°18'N 4°28'O	1947	2002	2130	1976	1683	2171	1886

N°	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
1	3130	2407	1639	2513	2510	2161	1985	2756	1873	2215
2	—	—	—	—	—	—	—	2182	1417	2114
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2557
4	3060	2094	1727	2172	1970	2223	2201	2548	1479	2237
5	2473	2316	1845	2416	1965	2303	2776	2636	1666	2323
6	2526	2131	1926	2820	2280	2350	2877	2893	1481	2253
	2797	2237	1784	2480	2181	2259	2460	2603	1583	2283
7	2054	1776	1088	2171	—	—	—	—	—	—
8	2425	2252	1246	2074	2779	2003	2376	2558	2186	2246
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	2749	2904	2288	2913	2264	2639	2835	2634	1932	2085
12	1958	2573	1465	2674	1958	2153	2534	2202	1707	2037
13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	2082	2277	1246	2328	1492	1515	2581	1415	1723	1617
15	—	—	—	—	—	—	1888	2446	1795	2010
16	1873	2156	1621	2254	2343	1804	2869	2362	1383	1649
17	1966	1971	1346	2343	—	1977	—	2212	1796	2133

N°	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
1	1644	1882	2244	2396	1510	1636	1682	2123	2193
2	1650	1651	1838	1906	1483	1560	1634	1783	2166
3	1294	1612	1734	2157	1467	1589	1505	1683	2136
4	1569	1653	1820	2129	1626	1669	1653	1810	2081
5	1663	1621	1990	2173	1661	1634	1686	1660	2223
6	1969	2106	2436	1996	1570	1879	1912	1669	2159
	1630	1754	2010	2120	1553	1661	1670	1788	2160
7	—	1723	2429	1483	1259	1286	1534	1808	1952
8	1922	1855	2527	2052	2115	1540	1685	2433	1787
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	—	—	2004	1998	2614	2950
11	2144	1915	2277	2043	1368	1493	2032	1659	2120
12	1605	1586	2000	1956	1631	1634	1820	1751	2604
13	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	1293	1843	1734	2555	1305	2328	949	1203	1520
15	1132	1245	—	—	1552	1469	—	2079	2109
16	2215	1529	2333	1461	1665	1232	1579	1512	1920
17	1544	1415	2436	2420	1812	1933	—	—	2000

A.S.E.C.N.A. : Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne.

I.F.C.C. : Institut Français du Café et du Cacao.

I.R.H.O. : Institut de Recherche sur les Huiles et les Oléagineux.

O.R.S.T.O.M. : Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer.

(1) ABIDJAN représente la moyenne de 6 stations (n°s 1 à 6) proches d'Abidjan. Les chiffres entre parenthèses correspondent à des valeurs extrapolées quand les données manquantes étaient peu nombreuses. Les astérisques désignent les moyennes de séries incomplètes (*) ou très incomplètes (**).

N°							Moyennes interannuelles			
	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1950-65	1966-1980	1950-1980	
1	2221	2430	1294	2112	2164	1501	2288	1936	2114	
2	1687	2503	1381	1821	2002	1328	/	1759	/	
3	1628	2429	1371	1778	1751	1600	/	1715	/	
4	1640	2865	1436	1995	—	—	2157	1642*	2015	
5	1648	2374	1235	1683	2145	1137	2356	1766	2071	
6	1917	2542	1673	2107	(1806)	1521	2446	1950	2204	
	1790	2524	1398	1916	1974	1417	2312	1875	2100	
7	1911	1891	1185	1758	1679	2031	1985*	1709	1811*	
8	1888	2028	1725	2096	2108	(1779)	2236	1969	2117	
9	1351	1874	1411	1604	1889	1194	/	1554**	/	
10	2572	2773	984	2231	2474	1968	/	2247**	/	
11	1829	2957	1589	1706	1857	1622	2525*	1912	2157	
12	1731	2682	1317	1986	2045	1659	2117*	1828	1965	
13	—	—	1360	2169	1928	1771	/	1807**	/	
14	1763	1865	(1223)	1664	1978	1131	1922	1524	1779	
15	1745	2345	1045	1835	1941	1301	2035**	1570*	1686**	
16	1569	2089	1175	1222	1959	(1431)	2089	1659	1881	
17	1701	2304	1617	1785	2308	1524	1966*	1908*	1936*	
	Moyennes interannuelles interstations							2185	1824	1992

ANNEXE 2

Modules moyens annuels (m³/s) observés entre 1955 et 1979 pour les principales rivières débouchant dans le système lagunaire ivoirien. Ces valeurs ont été extrapolées en fonction de la surface totale du bassin versant (données : O.R.S.T.O.M. et D.R.E.S.)

Année	AGNEBY	BANDAMA	BIA	COMOE	ME	TANGE
1955	17,7	/	/	/	/	/
1956	/	200,3	/	(88)	/	(115)
1957	/	650,0	/	/	47,1	(134)
1958	/	122,1	/	(74)	20,0	57,1
1959	31,6	(337)	/	(294)	71,8	171,6
1960	/	(391)	/	191,4	45,5	(147)
1961	14,5	/	/	137,2	56,4	123,4
1962	23,5	322,4	/	227,5	64,9	(151)
1963	45,7	637,5	123,5	(480)	89,6	191,4
1964	12,4	503,1	50,6	308,5	33,2	90,9
1965	29,3	449,0	(65)	451,9	31,5	141,9
1966	32,5	384,4	(79)	274,5	66,5	/
1967	20,6	241,1	39,7	209,4	39,6	/
1968	71,8	627,6	144,2	518,7	115,6	/
1969	32,5	260,3	58,8	265,9	59,7	/
1970	22,0	336,3	55,4	238,9	41,9	/
1971	12,5	167,5	/	222,3	35,8	/
1972	30,6	89,2	/	102,4	33,0	/
1973	(23)	153,7	38,5	122,7	23,2	/
1974	/	159,2	47,0	239,2	30,7	/
1975	/	197,9	40,2	162,3	/	/
1976	25,4	150,9	47,0	67,6	50,2	/
1977	/	151,3	17,5	132,0	19,4	/
1978	/	63,8	23,4	92,1	31,7	/
1979	17,2	264,3	59,2	261,2	43,9	/
1980	6,1	308,4	37,7	213,3	29,1	/