

Dynamique hydrologique d'un petit système lagunaire tropical : le lac Togo

Bertrand MILLET ⁽¹⁾

RÉSUMÉ

L'étude hydrologique du système « lagunaire », proprement dit, de faible dimension qui longe les côtes togolaises (6°N-1°E), est abordée à travers la double problématique liée tout d'abord aux caractéristiques d'un climat de type équatorial de transition à tendance sèche, marqué par une forte nébulosité, des températures modérément élevées (24-29° C en moyenne décadaire sous abri) et stables au cours de l'année, un régime de précipitation peu élevé (850 mm en année normale sur le plan d'eau) à forte irrégularité interannuelle, une brise de mer diurne de secteur S-W ; et liée ensuite aux facteurs morphologiques et dynamiques caractéristiques d'un petit milieu lagunaire tropical à cordon littoral sableux, tels qu'une superficie totale de 68 km² avec un bassin versant de 7 200 km² ; une faible profondeur de l'ordre du mètre en moyenne à l'étiage ; des apports continentaux importants (4,5 fois le volume d'étiage du lac Togo en 1982, 8 fois en 1981) ; des marnages exceptionnels (2,80 mètres de marnage maximum probable) ; et une dynamique côtière très active. Le couplage d'un bilan hydrologique et d'un bilan salin du lac Togo a tenté d'obtenir une première évaluation du taux d'infiltration des eaux, de l'ordre de 2 à 3 millimètres par jour, égal à la moitié du régime d'évaporation d'étiage et de préciser la dynamique des eaux lagunaires marquée par : la mise en circulation et la forte homogénéisation des eaux du lac Togo sous l'effet dominant du vent ; une stratification de type estuarienne dans les chenaux lagunaires aval ; et le balancement saisonnier des eaux au sein du système lagunaire, entre la violente vidange des eaux continentales de crue, et la remontée progressive au cours de l'étiage d'un courant d'eau de mer en provenance du système lagunaire béninois du Bas-Mono. Un régime d'ouverture annuelle, mais temporaire du système sur la mer à Ancho serait susceptible de convenir à une première amélioration de la pêche traditionnelle en lagune.

MOTS-CLÉS : Système lagunaire – Dynamique côtière – Bilan hydrologique et salin – Circulation des eaux – Togo.

ABSTRACT

THE HYDROLOGY OF A SMALL TROPICAL LAGOONAL SYSTEM : LAKE TOGO

The hydrological study of the small lagoonal system proper situated along the Togolese coasts (6°N-1°E) is made through two approaches. The first one concerns the dry transition equatorial climate characterized by a heavy cloud cover, moderately high screened temperatures (24-29° C on an average over ten days) and steady ones over the year, rather low rainfalls (850 mm in the stretch of water within a normal year) with a big interannual irregularity and a S-W trending diurnal on-shore breeze. The second one concerns the morphological and dynamic characteristics of a small tropical lagoon with a sandy offshore bar such as a total area of 68 km² with a drainage basin of 7 200 km², a shallowness amounting to about one meter in the low water period, some considerable continental inflows (equal to 4,5 times the volume of Lake Togo in the low water period in 1982 and to 8 times its volume in 1981), exceptional tidal ranges (amounting to a maximum of 2,80 m) and a very active coastal dynamics. An hydrological balance and a saline balance were combined in Lake Togo in order to try to get a first evaluation of the water infiltration rate ranging from about 2 to 3 millimeters a day and being equal to half the low water evaporation and to specify the dynamics of the lagoon waters characterized by : the circulation and the big homogenization of Lake Togo waters under the influence of wind, an estuarine stratification in the downstream lagoon channels and the seasonal variations

(1) ORSTOM, Laboratoire d'Hydrologie, Mini-parc, Bât. 2, rue des Apothicaires, 34100 Montpellier.

in the lagoon waters ranging from the intense draining of the continental flood waters to the gradual recovery of a seawater current from the Bas Mono lagoon in the low water period. Annual, though temporary water exchanges between the lagoon and the sea at Aneho would be likely to improve the conventional fishing in the lagoon.

KEY WORDS : Lagoonal system – Coastal dynamic – Water and salin balance – Water circulation – Togo.

INTRODUCTION

Parmi les milieux paraliques¹, toujours extrêmement productifs, les « lagunes » proprement dites, de par leur localisation marginale aux confins des domaines continental et marin, présentent une importance de plus en plus grande dans les économies régionales et la connaissance de leur fonctionnement hydrologique et de leur potentialité biologique est de plus en plus sollicitée.

Une étude hydrologique globale a été développée dans cette optique sur le système lagunaire togolais, en régime équatorial de transition, pendant trois ans (de février 1981 à mai 1984).

1. LE MILIEU NATUREL (fig. 1)

Le système lagunaire togolais se présente, ainsi qu'un grand nombre de milieux similaires qui se succèdent le long de la côte sableuse du golfe de Guinée entre la Côte d'Ivoire et le delta du Niger, comme une petite retenue littorale poikilohaline, située dans une dépression fluviale, inondée vraisemblablement, lors de la dernière

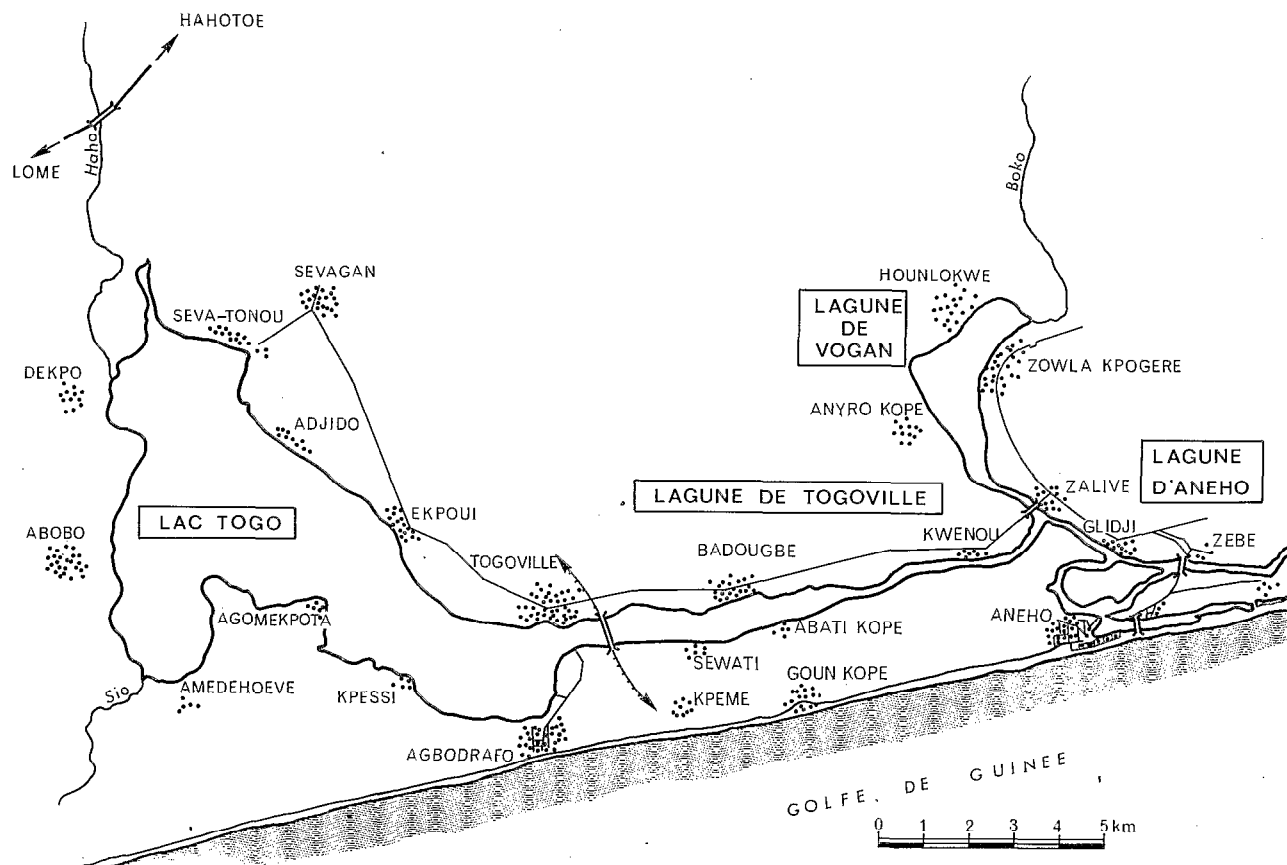


FIG. 1. – Système lagunaire du Togo. Carte de situation générale.

1. Paralique : du grec « para », à côté de ; et « halos », le sel (et « la mer » par extension).

transgression marine holocène (Nouakchottien du Sénégal, Flandrien d'Europe), il y a 5 000 ans environ. Le cordon littoral actuel n'est ouvert artificiellement au niveau de la ville d'Aneho que pour pallier les menaces de crue et se referme naturellement quelques semaines après la vidange des hautes eaux. Les dernières ouvertures du système sur la mer eurent lieu à la mi-septembre 1980 et en août 1985. Le « lac Togo » proprement dit constitue à l'ouest, un plan d'eau de 46 km² à l'étiage et se prolonge vers l'est par un chenal lagunaire de 13 km de long et de 900 mètres de largeur maximale jusqu'à la ville d'Aneho. La lagune de « Vogan » constitue vers le nord une petite retenue de 7 km de long et 1 km de large. L'ensemble du système, représentant une superficie totale de 64 km², est alimenté par trois tributaires principaux le Sio, le Haho et le Boko qui drainent un bassin hydrographique de 7 200 km² soumis à un régime d'écoulement de type guinéen avec dédoublement classique de la période de crue. Pour les échanges extérieurs, il convient d'ajouter l'influence à l'est du fleuve Mono et des lagunes béninoises avec lesquels le système togolais communique par l'intermédiaire du chenal très étroit du Gbaga, et les ouvertures accidentelles et temporaires du cordon lagunaire sur la mer à Aneho.

2. L'ORGANISATION DE L'ÉTUDE HYDROLOGIQUE (fig. 2)

Trois batteries d'échelles limnimétriques à trois lectures quotidiennes et quatre limnigraphes ont été installés sur le plan d'eau lagunaire. Un réseau de quinze pluviomètres totalisateurs a été mis en place sur les rives et une station climatique comportant : psychromètre sous abri, héliographe, bac évaporatoire enterré et pluviomètres, a été montée sur la rive sud du lac Togo au site d'Agbodrafo. D'autre part, l'évolution de la qualité des eaux a été suivie à partir d'un réseau de trente et un point d'échantillonnage mensuel défini sur l'ensemble des lagunes. Enfin, les résultats des mesures hydrométriques effectuées à deux stations hydrologiques situées respectivement sur le Sio et le Hao à quelques kilomètres de leurs embouchures dans le lac Togo, ont été repris pour l'estimation des apports écoulés.

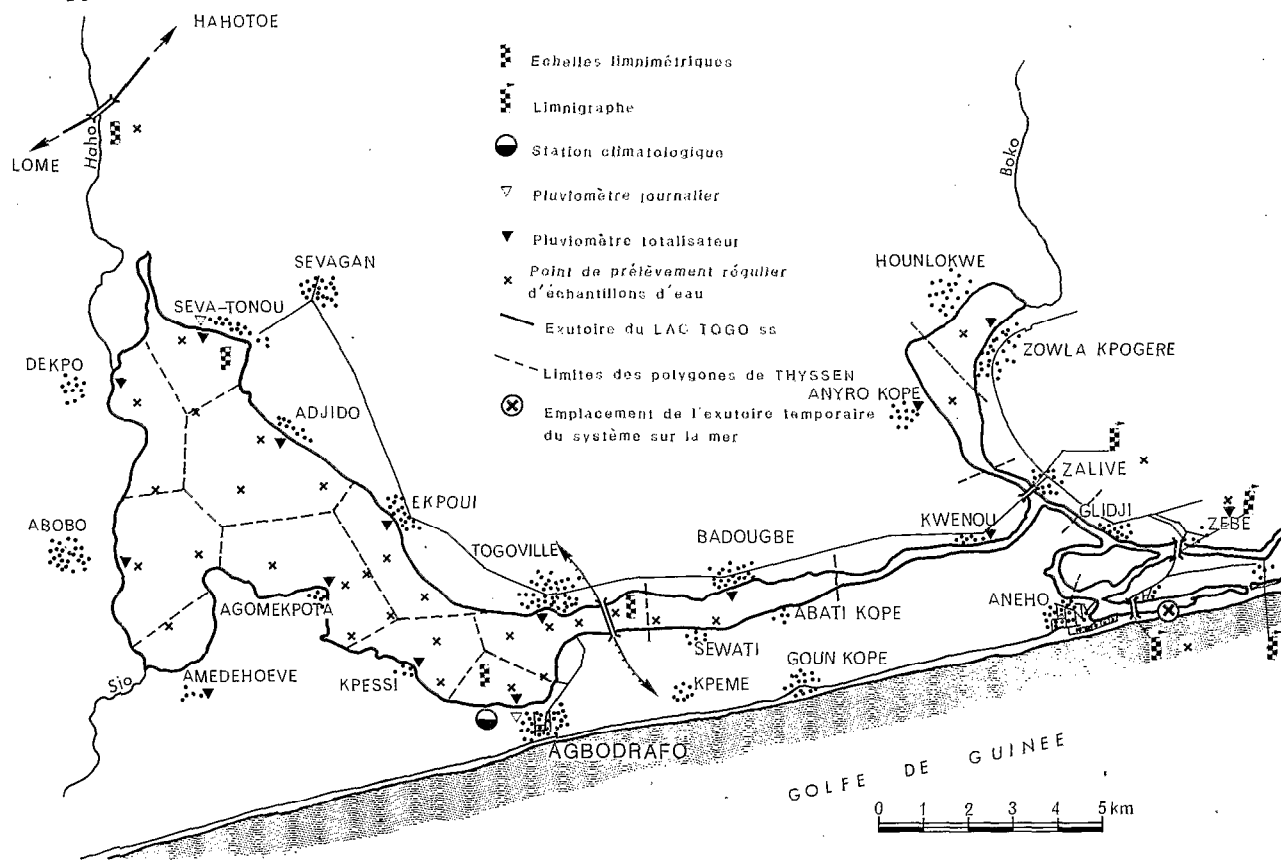


FIG. 2. - Étude du système lagunaire du Togo. Carte des installations hydroclimatologiques.

3. CARACTÉRISTIQUES HYDROCLIMATIQUES DU SYSTÈME LAGUNAIRE TOGOLAIS

La figure 3 permet de comparer les évolutions synchrones des moyennes décadaires des températures de l'air sous abri, de la surface du bac évaporatoire, de la surface des eaux lagunaires, de l'humidité relative de l'air (U %) et de la durée d'insolation S (h), paramètres du microclimat lagunaire permettant de calculer le régime de l'évapotranspiration (ETP) par la méthode de PENMAN puis de l'évaporation (Ep) étendue à une surface d'eau libre (RIOU, 1975).

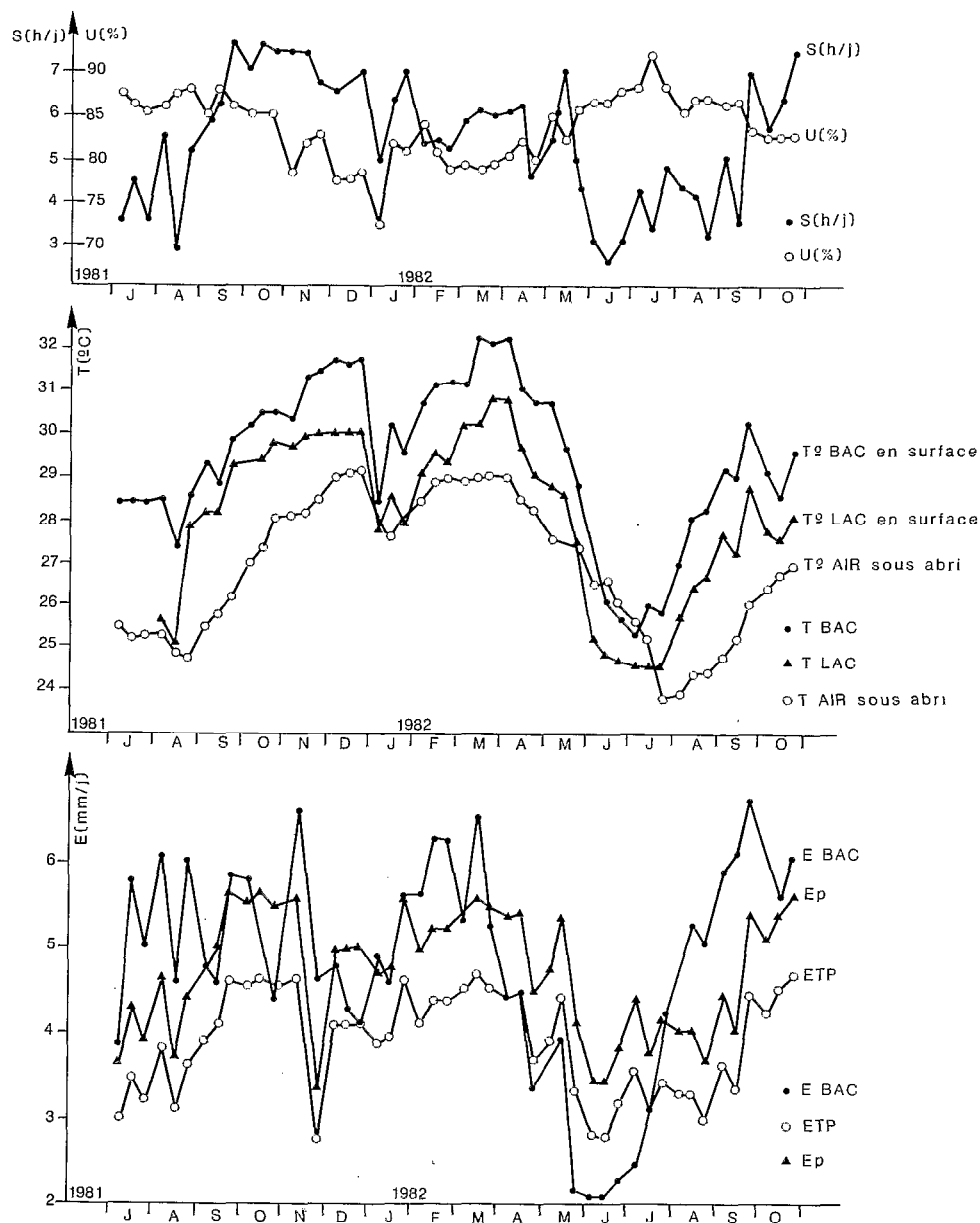


FIG. 3. - Évolution comparée de quelques paramètres climatiques (station d'Agbodrafo).

Cette méthode de calcul s'appuie sur l'estimation du bilan radiatif d'une petite surface gazonnée d'albedo 20 %, et le calcul de l'évaporation E_p d'une nappe d'eau libre soumise aux mêmes conditions est ensuite obtenu à partir de cette même formule en prenant une valeur d'albedo de 5 % et en remplaçant la température de l'air sous abri par la température de la surface du lac. Le rapport ETP/E_p est voisin de 0,82.

La formule de PENMAN utilisée est de la forme :

$$ETP = \frac{\frac{Q}{L} + E_a}{\Delta + \gamma}$$

$$\text{avec } \Delta = \frac{e_a - e_s}{t_a - t_s}$$

e_a = la tension de vapeur saturante à la température de l'air mesurée sous abri = t_a (température « sèche » du psychromètre).

e_s = la tension de vapeur saturante à la température mesurée à la surface du bac = t_s .

avec $e(t) = t^3/1386 - t^2/286 + 0,71t + 4,8$

qui est l'expression de la pression de vapeur saturante à la température ($^{\circ}\text{C}$) (d'après POUYAUD, 1979).

La formule de l'évaporation fictive de DALTON, utilisée en l'absence d'anémomètre est de la forme :

$$E_a = E_{\text{Bac}} \cdot \frac{(e_a - e_d)}{(e_s - e_d)}$$

e_d = la tension de vapeur d'eau de l'air sous abri, sous pression atmosphérique moyenne de 1 000 mb.

$e_d = e_h - 0,79(t_a - t_h)$

t_a et t_h , étant respectivement les températures « sèche » et « humide » du psychromètre.

e_h = la tension de vapeur saturante à la température « humide » du psychromètre.

E_{bac} = la hauteur d'eau évaporée mesurée au bac évaporatoire (en mm/jour).

Q = le rayonnement net en joules/cm²/jour.

$Q = G(1-a) - \sigma T_a^4 (0,4 - 0,05 \sqrt{e_d}) (0,5 + 0,5 S/S_0)$

G = le rayonnement global calculé à l'aide du rayonnement global brut G_0 établi à l'entrée de l'atmosphère, et les coefficients empiriques de GLOVER.

$G = G_0 (0,29 \cos \lambda + 0,52 S/S_0)$

λ = la latitude de la station

S = la durée de l'insolation journalière à la station déterminée à partir des héliogrammes.

S_0 = la durée astronomique du jour

a = l'albedo de la surface considérée (0,2 pour une surface gazonnée, -0,05 pour une surface d'eau libre)

σ = la constante de STEPHAN-BOLTZMAN égale à : $4,9 \cdot 10^{-8}$ Joule/m²/K⁴/jour.

T_a = la température absolue de l'air sous abri

L = la chaleur latente de vaporisation de l'eau égale à : $2,508 \cdot 10^6$ Joule/kg.

γ = la constante psychrométrique égale à 0,79.

Le système lagunaire du lac Togo est tout entier soumis au régime équatorial de transition à deux saisons pluvieuses inégales annuelles. Les isohyètes annuelles sur la zone lagunaire sont de 600 mm en décennale sèche, de 1 150 à 1 200 mm en décennale humide et de 850 mm en année normale homogénéisée sur 49 ans. Par contre les isohyètes en tête de bassin sont beaucoup plus élevées et atteignent 1 700 mm en décennale humide.

Le Sud-Togo, qui est généralement soumis à un régime pluviométrique déficitaire par rapport à celui des pays voisins (moyennes interannuelles de 1 300 mm au Sud-Bénin pour 2 100 mm à Abidjan), présente, au cours de la période d'étude, une pluviométrie légèrement excédentaire en 1982 (total annuel = 1 022 mm) mais particulièrement déficitaire en 1983 (total annuel = 426 mm) ; ce qui place cette étude du fonctionnement lagunaire dans des conditions très originales.

Les valeurs estimées de l'évaporation présentent une assez grande régularité saisonnière. Les moyennes mensuelles extrêmes sont :

$E_p = 3,59$ mm/jour en juin 1982 et $E_p = 6,17$ mm/jour en avril 1983.

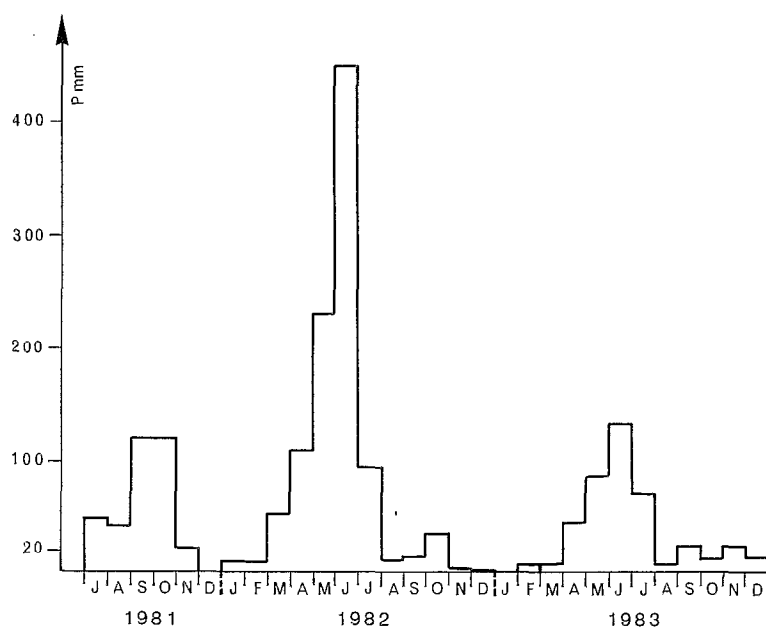


FIG. 4. - Hauteurs mensuelles précipitées sur le lac Togo.

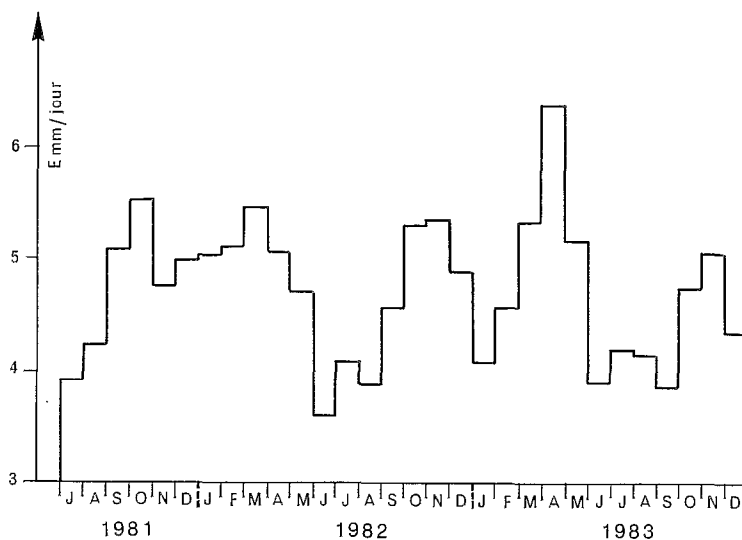


FIG. 5. - Régime mensuel de l'évaporation sur le lac Togo.

4. - CARACTÉRISTIQUES HYDROLOGIQUES DU SYSTÈME LAGUNAIRE TOGOLAIS

L'hydrologie du plan d'eau du lac Togo proprement dit se caractérise avant tout par des marnages annuels d'une étonnante importance, voire spectaculaire pour ce type de milieu, et présente une très grande variabilité interannuelle. Les marnages extrêmes sont de 2,78 m en 1968 et de 1,04 m en 1961. Le marnage maximum probable entre 1960 et 1983, est de 3,05 m (fig. 6 et tabl. I).

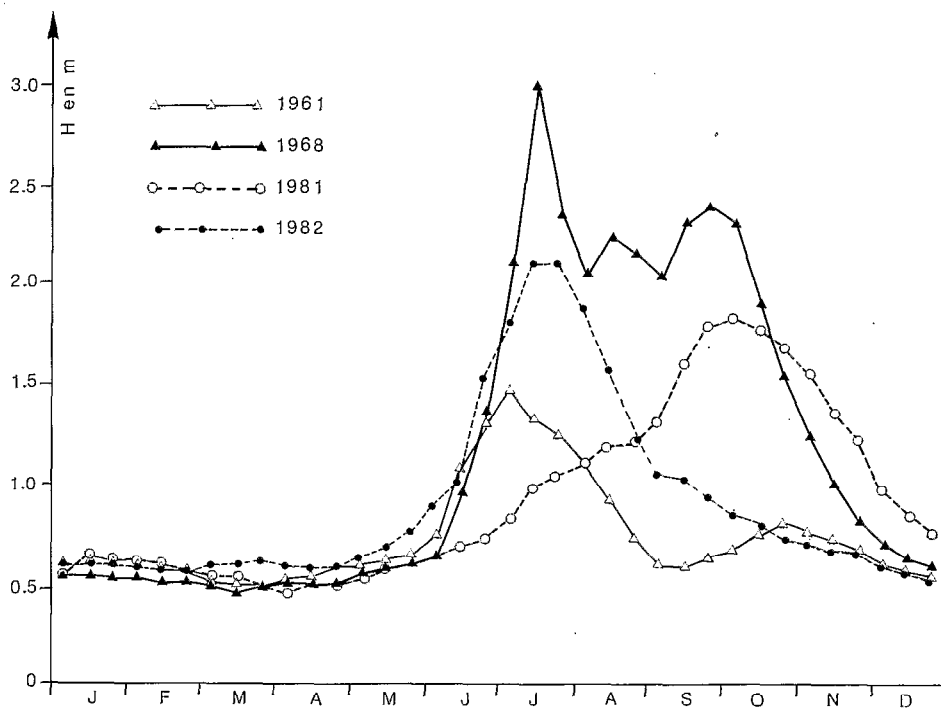


FIG. 6. – Variations du plan d'eau du lac Togo. Station de Kpémé. Cotes IGN. Moyennes décadaires.

TABLEAU I
Variations maximales interannuelles du plan d'eau du lac Togo, station de Kpémé. Cotes IGN (m).

Année	Cote minimale d'étiage (m IGN)	Cote maximale de crue (m IGN)	Date de crue max	Date de l'ouverture sur la mer à Aneho
1983	0,19	1,85	03-10-83	0
1982	0,56	2,16	21-07-82	0
1981	0,45	1,84	02-10-81	0
1980	0,44	2,67	18-09-80	16-09-80
1979	0,56	2,72	31-07-79	31-07-79
1978	0,48	1,65	27-06-78	0
1977	0,51	1,63	23-09-77	0
1976	0,59	1,56	05-11-76	0
1975	0,53	1,65	10-07-75	10-07-75
1974	0,50	1,89	25-09-74	(21-11-74 H = 1,51)
1973	0,48	2,25	10-10-73	0
1972	0,51	1,93	01-07-72	1-07-72
1971	0,52	1,68	28-08-71	24-08-71
1970	0,51	2,36	10-10-70	0
1969	0,54	1,72	05-10-69	0
1968	0,46	3,24	17-07-68	16-07-68
1967	0,54	1,84	18-06-67	0
1966	0,48	2,20	17-09-66	29-09-66
1965	manque	manque		
1964	0,45	2,44	07-07-64	07-07-64
1963	0,48	2,89	29-07-63	29-07-63
1962	0,49	2,38	15-06-62	15-06-62
1961	0,48	1,52	07-07-61	0
1960	0,48	2,65	06-10-60	04-10-60

La carte bathymétrique du lac Togo (en cote IGN) est reportée en figure 7.

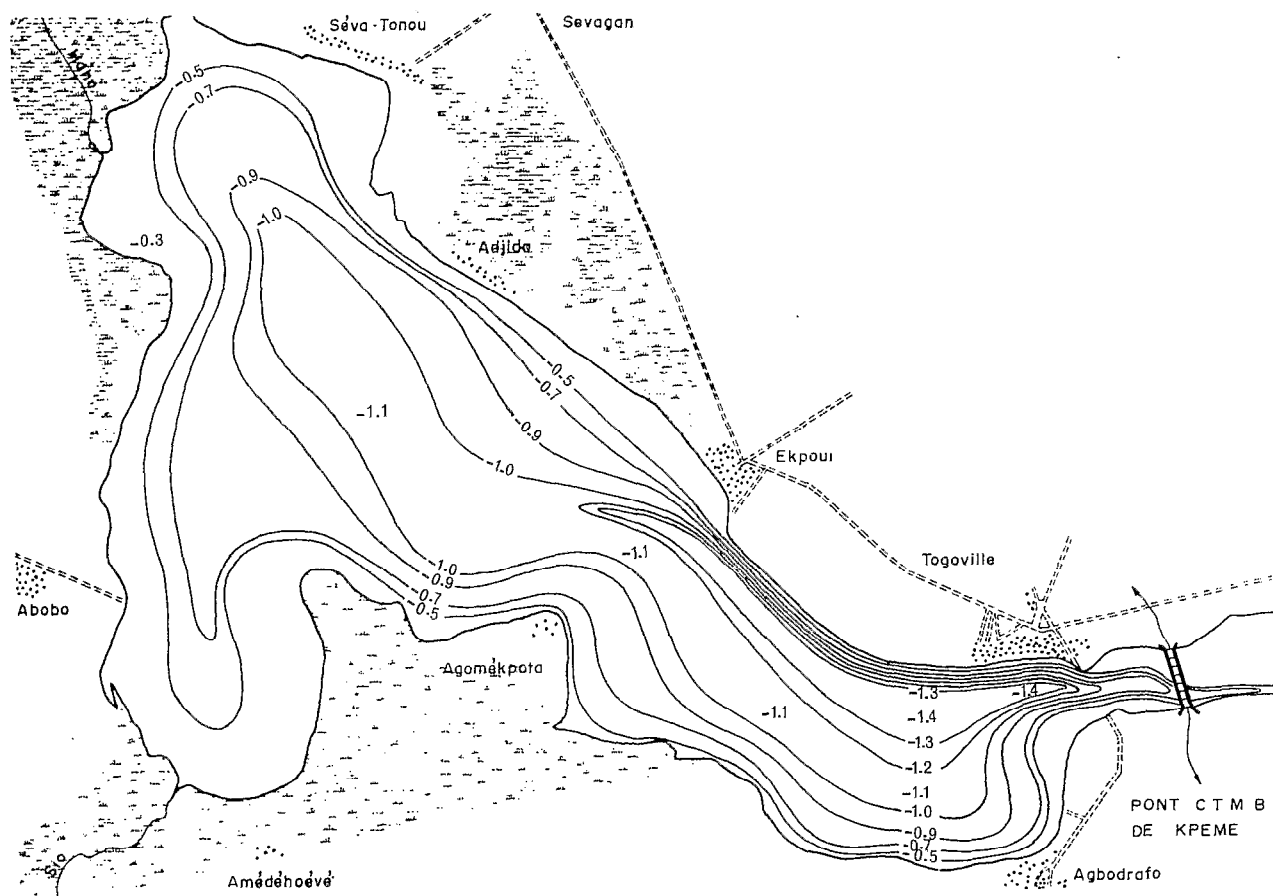


FIG. 7. - Topographie du fond du lac Togo en cotes IGN (m).

Le calcul du bilan hydrologique est limité au plan d'eau du lac Togo proprement dit entre l'embouchure des tributaires et un exutoire situé à l'entrée du chenal de Togoville (cf. fig. 2).

Dans tous ces calculs, la surface du lac est considérée constante ou égale à $46,2 \cdot 10^6 \text{ m}^2$, ce qui est déjà une approximation importante ;

Le bilan s'écrit très classiquement :

$$VD = VR + VP - (VE + \Delta V)$$

si VP représente le volume mensuel précipité sur le lac.

VE représente le volume mensuel évaporé sur le lac.

VR représente l'apport écoulé dans les tributaires.

ΔV représente le stockage dans le lac

et VD représente le déficit mensuel perdu par infiltration et par écoulement à travers l'exutoire.

La figure 8 illustre l'évolution saisonnière des termes du bilan.

Outre la grande irrégularité interannuelle des termes de ce bilan au cours de ces trois années 1981, 1982 et 1983 qui présentent un net décalage saisonnier de leur « unique » saison humide, il apparaît des valeurs « négatives » du terme VD, le déficit du bilan, au cours de l'étiage minimum de 1982 et de la quasi-totalité de

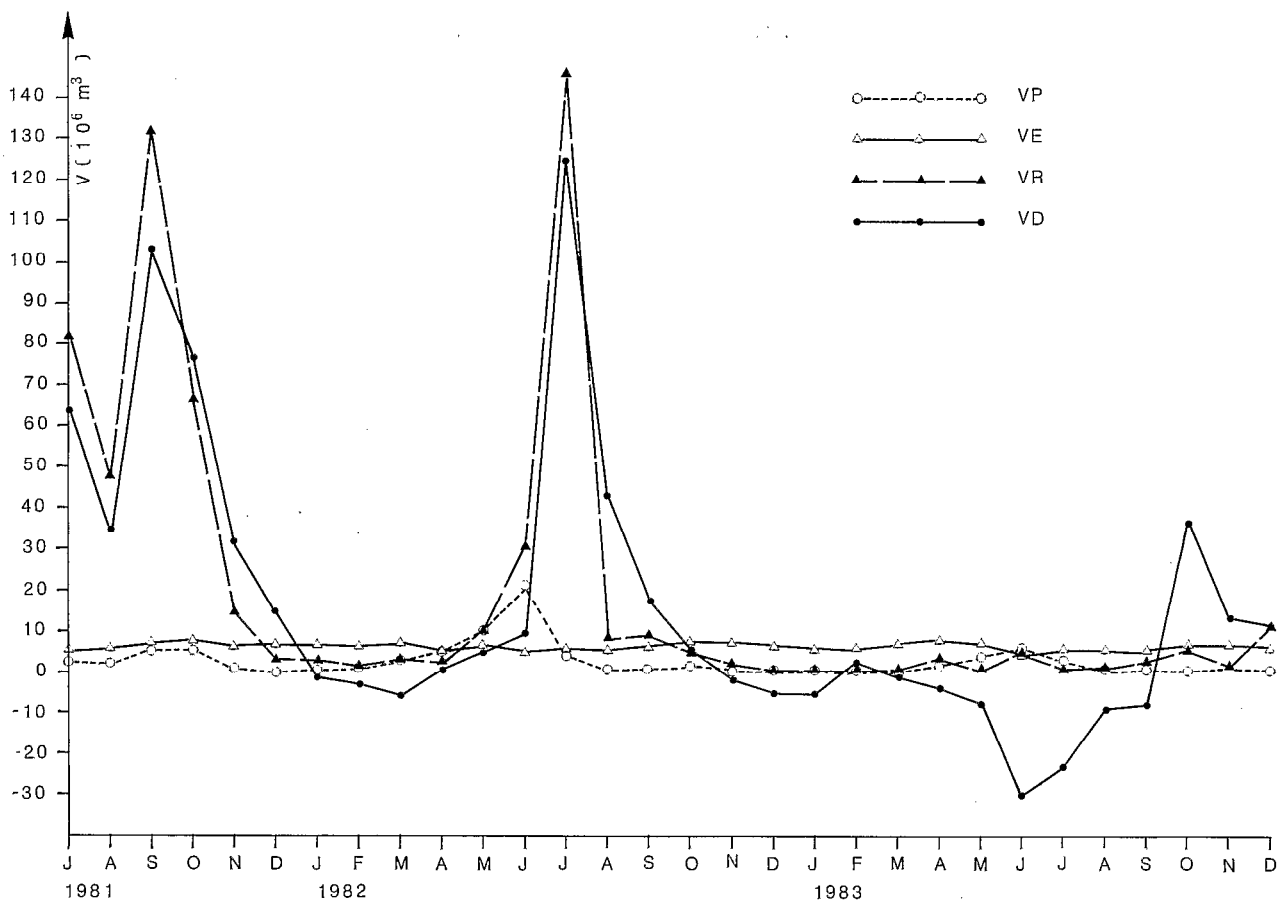


FIG. 8. – Évolution saisonnière comparée des différents paramètres du bilan hydrologique du lac Togo.

l'année 1983, ce qui est remarquable. Ces valeurs « négatives » sont intéressantes et révéleraient l'existence d'un apport extérieur au lac, sous la forme la plus probable d'un lent écoulement inverse d'aval vers l'amont « remontant » les chenaux lagunaires à l'étiage depuis le système lagunaire du Bénin à l'est, jusqu'au nord du lac Togo.

5. L'UTILISATION DE LA SALINITÉ DES EAUX : traceur conservatif naturel de circulation

L'étude hydrologique précédente gagne à être accompagnée d'un suivi de la qualité physicochimique des eaux lagunaires permettant d'éclaircir les principaux points suivants :

5.1. LA CONFIRMATION DES APPORTS D'ÉTIAGE

Les figures 9 et 10 décrivant, respectivement, un découpage en zones qualitativement « homogènes » de la lagune et les variations saisonnières de la masse saline de chacune des zones, permettent d'étayer l'hypothèse d'un apport d'eau saumâtre allochtone d'étiage, progressant d'est en ouest.

Une remarque d'importance : la méthode de détermination de la « salinité pratique » (UNESCO, 1981) des eaux saumâtres à partir de la conductivité des eaux n'est valide que dans la mesure où ces eaux proviennent d'une dilution d'eau de mer avec conservation de la composition ionique initiale. La figure 11 présente l'évolution en fonction de la conductivité des eaux, du rapport entre la salinité exprimée en ‰ NaCl et la salinité pratique calculée

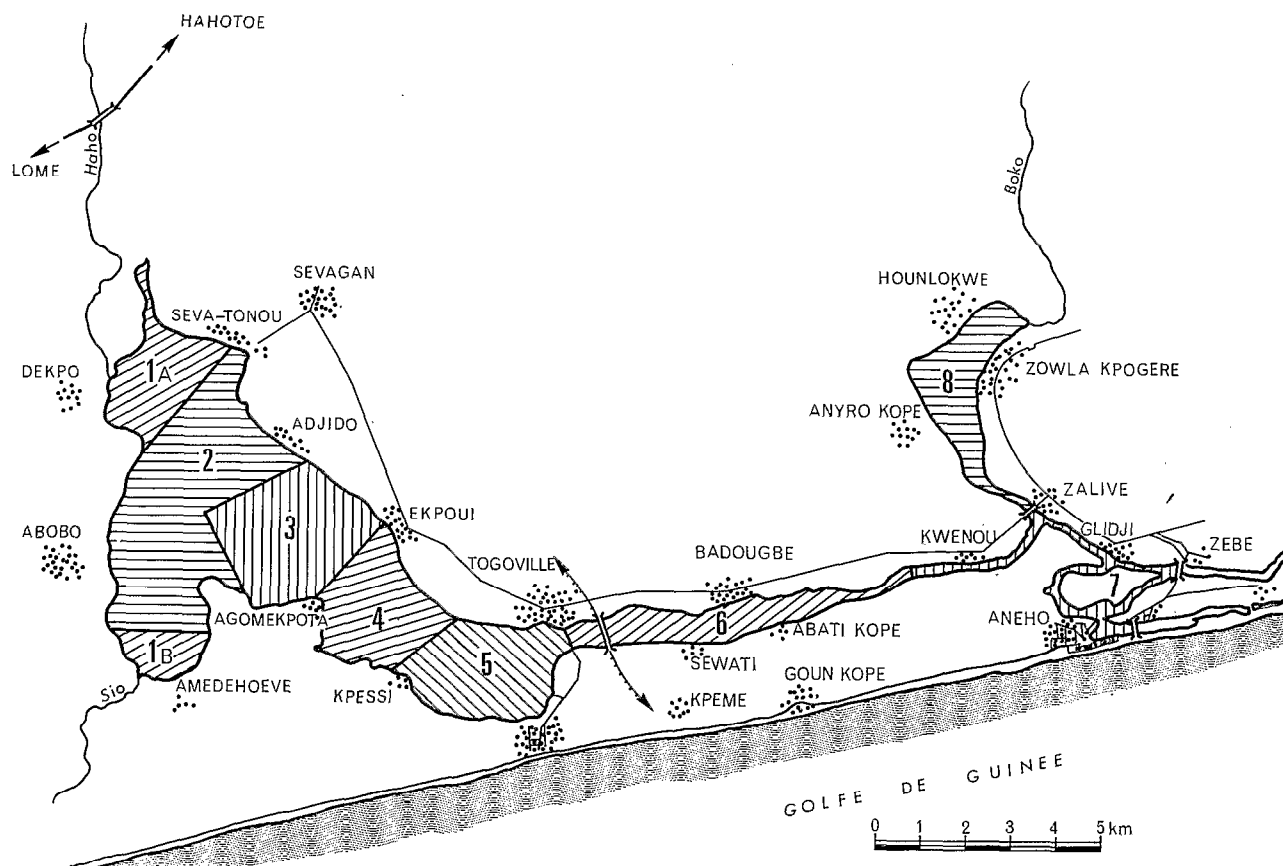


FIG. 9. - Étude du système lagunaire du Togo. Plan de découpage de l'ensemble du plan lagunaire en 8 zones.

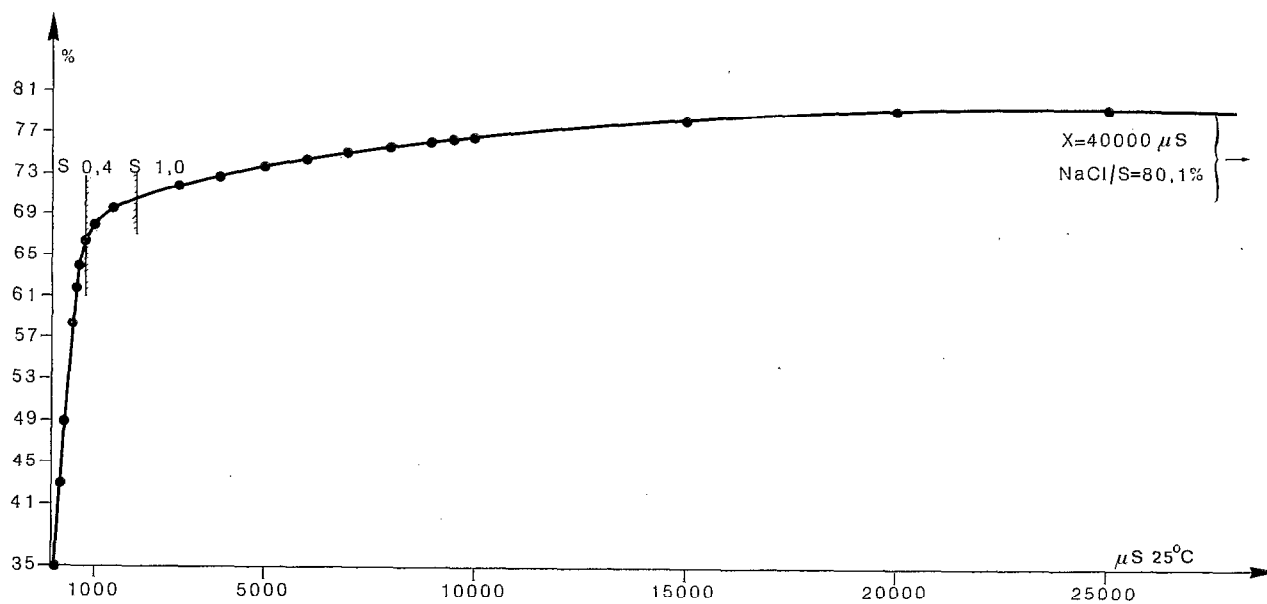


FIG. 10. - Variations (%) du rapport de salinité NaCl/S (‰) en fonction de la conductivité (μS à 25°C) des eaux lagunaires.

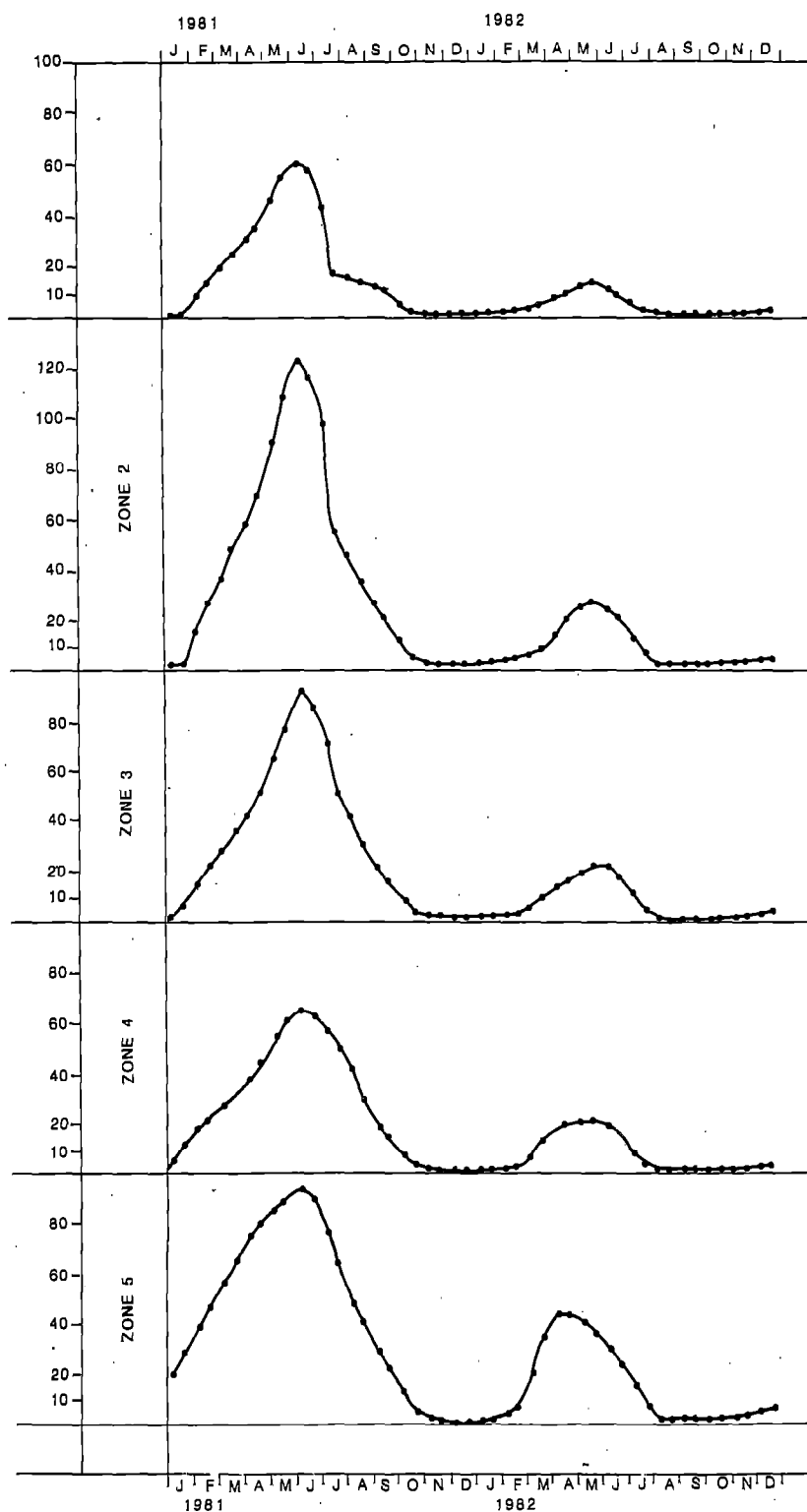


FIG. 11 a. — Évolutions saisonnières et régionales des stocks salins du lac Togo (10^3 tonnes NaCl).

à partir de la conductivité. On notera, pour les fortes valeurs de conductivité, l'étalement progressif de la courbe se rapprochant de la valeur d'un rapport de 80 %, ce qui n'est pas en contradiction avec les résultats présentés par SVERDRUP *et al.* (1942) : 78 % ; et par MILLERO (1974) : 83 %, sur des eaux océaniques. La régularité du sommet de la courbe permet de considérer un effet de *dilution* d'eau de mer en lagune jusqu'à une salinité pratique voisine de 1, en dessous de laquelle les eaux ne peuvent plus être décrites qu'en termes de conductivité.

5.2. LE TRAÇAGE SAISONNIER DE LA CIRCULATION DES EAUX LAGUNAIRES

Les diagrammes spatio-temporels de salinité des eaux décrivant l'ensemble du milieu lagunaire (fig. 12 et 13) permettent d'apprécier l'évolution saisonnière de chaque secteur lagunaire, la dynamique générale de circulation des eaux, l'estimation monodimensionnelle du sens et de la vitesse de dispersion des masses d'eau (advection et dispersion turbulente) et l'évolution interannuelle de la salinité au cours de la période d'étude.

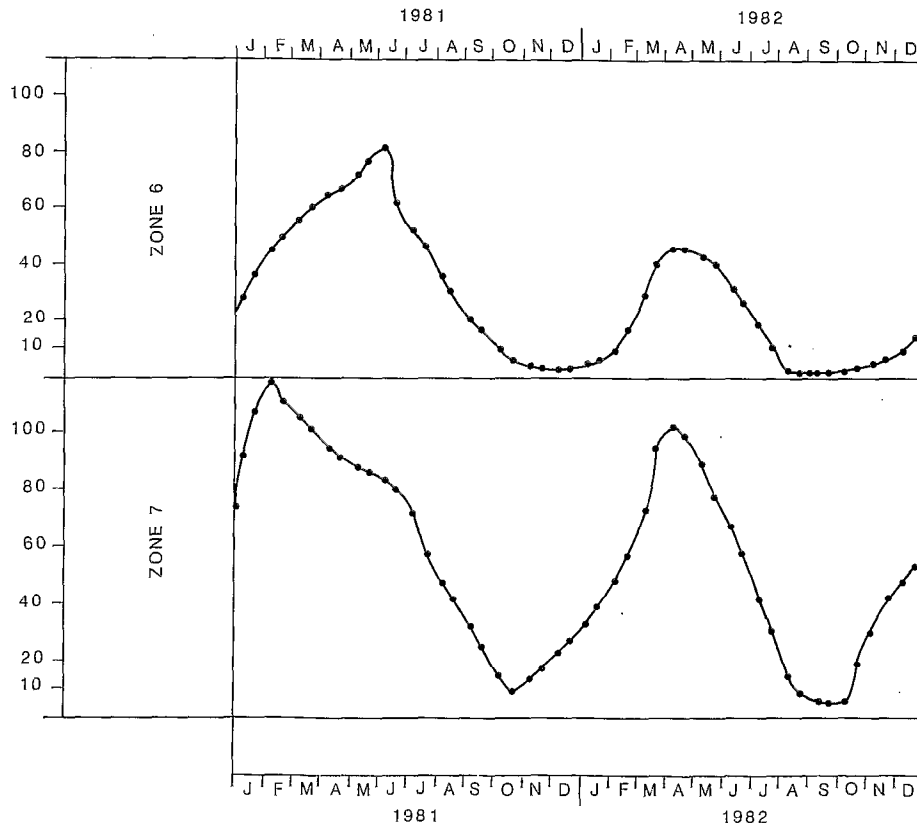


FIG. 11 b. - Évolutions saisonnières et régionales des stocks salins des zones lagunaires (10^3 tonnes NaCl).

5.3. L'ESTIMATION DE L'INFILTRATION LAGUNAIRE

En associant les paramètres hydrologiques et la salinité des eaux décrits sur le lac Togo, on obtient les systèmes d'équations suivants, permettant de quantifier auparavant les pertes par infiltration et les apports extérieurs aval d'étiage ; les masses salines sont calculées par intégrations successives à partir d'un réseau de verticales pré-établi sur ce plan d'eau.

$$\Delta M_T = \iiint_t C_i \, dx \, dy \, dz - \iiint_{t-1} C_i \, dx \, dy \, dz$$

$$\Delta M_T = -K_T \cdot T \cdot (\iint_t C_i \, dx \, dy + \iint_{t-1} C_i \, dx \, dy) / 2 + V_0 \cdot (C_t + C_{t-1}) / 2 + M'_T$$

$$V_D = I_T - V_0 = K_T \cdot S \cdot T - V_0$$

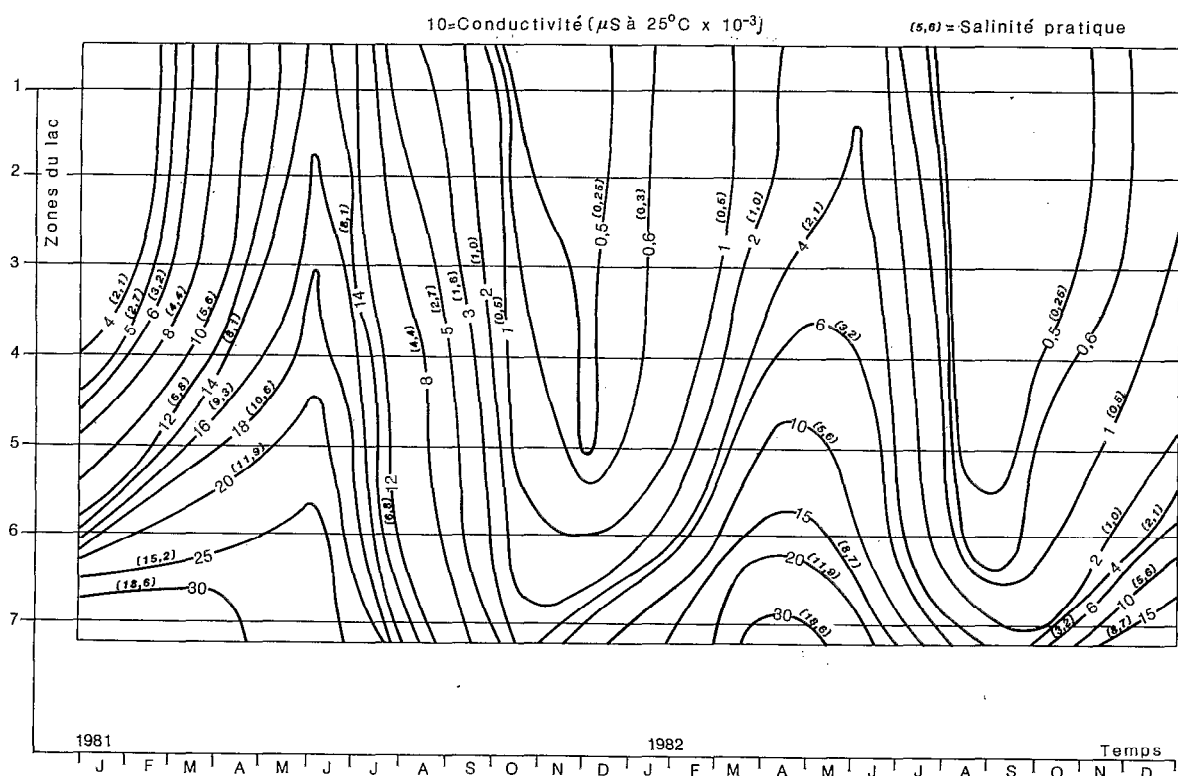


FIG. 12. - Variations spatio-temporelles de la salinité et de la conductivité des eaux du lac Togo (μS à $25^\circ\text{C} \times 10^{-3}$) en 1981 et 1982.

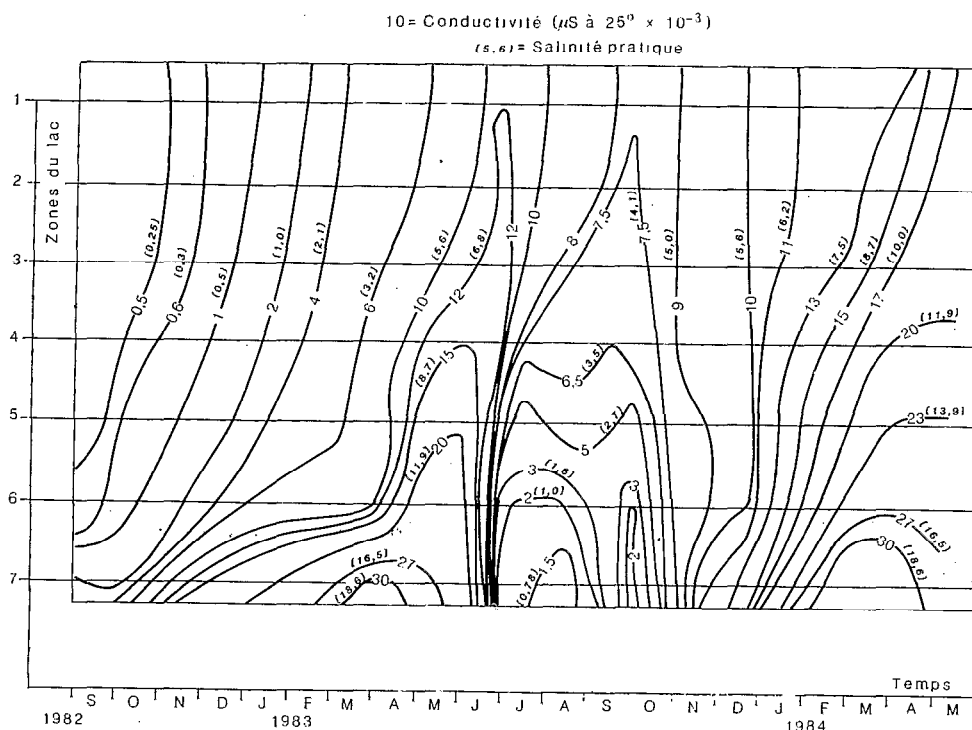


FIG. 13. - Variations spatio-temporelles de la salinité et de la conductivité des eaux du lac Togo (μS à $25^\circ\text{C} \times 10^{-3}$) en 1983 et 1984.

avec : ΔM_T = la variation de la masse saline dissoute dans l'ensemble du lac Togo, au cours de la période $T = t - (t-1)$.

C_i = la concentration saline moyenne de l'eau, sur une verticale i , définie sur le Lac.

K_T = la lame d'eau infiltrée dans le lac Togo au cours de la période T .

V_0 = le volume d'eau apporté au lac Togo par la lagune de Togoville.

C_t = la concentration moyenne des eaux lagunaires transitant vers le lac Togo, à la date t .

M'_T = la masse de sel apportée au lac Togo par le Sio et le Haho, au cours de la période T .

V_D = le volume des pertes globales issu du bilan hydrologique.

I_T = le volume infiltré dans le Lac Togo au cours de la période T .

S = la surface totale du Lac Togo.

Nous pouvons déduire de ce système d'équations, les valeurs K de la lame infiltrée dans le lac Togo, ainsi que le volume V_0 échangé entre le lac et la lagune de Togoville.

Nous avons établi le modèle précédent en 1982, au cours de l'étiage minimum, en calculant les masses de sel par intégrations successives à partir d'un réseau de verticales défini sur l'ensemble du lac Togo.

TABLEAU II

Estimation des valeurs de l'infiltration dans le lac Togo et des volumes échangés entre le lac et la lagune de Togoville, au cours de l'étiage 1982.

PERIODES	INFILTRATION DANS LE		APPORT EN PROVENANCE DE
	LAC TOGO	EN MM/JOUR	LA LAGUNE EN 10 ⁶ . m ³
du 01-01-82 au 26-01-82		3,1	4,3
du 26-01-82 au 24-02-82		2,3	9,1
du 24-02-82 au 31-03-82		2,0	17,0

6. SYNTHÈSE

Il ressort de l'étude simultanée des deux bilans, hydrologique et salin, les quelques remarques suivantes :

Une *alternance saisonnière* très nette entre des eaux saumâtres d'origine marine qui remontent au cours de l'étiage vers l'amont du système établissant un *fort gradient longitudinal* de salinité et l'écoulement des eaux continentales ou météoriques conduisant très brutalement à l'*homogénéisation* du milieu au cours de la saison humide (juin à octobre).

Une importante *variation interannuelle* de la circulation des eaux lagunaires au cours des trois cycles hydrologiques étudiés et dont l'originalité respective est marquée par : en 1981, une situation immédiatement consécutive à l'*ouverture directe* du cordon littoral sur la mer au Togo (de septembre à décembre 1980) avec l'apparition d'une salinité de 12 ‰ à l'extrémité amont du système ; en 1982, une situation consécutive à une *fermeture* prolongée du cordon littoral conduisant à une continentalisation du milieu ; et enfin en 1983, une situation de confinement extrême sous les effets conjugués d'un isolement par rapport à la mer et d'un déficit pluviométrique exceptionnel sur le bassin versant du lac Togo. On soulignera la particularité de l'année hydrologique 1983 au cours de laquelle des eaux salées d'étiage et des eaux douces de crue en provenance du Bénin ont « remonté » les lagunes togolaises d'aval vers l'amont, isolant exceptionnellement, durant toute l'année, dans le nord du lac Togo, une masse d'eau saumâtre confinée, privée des apports de crue déficitaires. La figure 14 présente les écoulements calculés à l'exutoire du lac Togo et illustre bien les remarques précédentes.

Un *renouvellement* théorique total des eaux lagunaires en année de pluviométrie normale (8 fois le volume d'étiage du lac Togo en 1981 et 4,5 fois en 1982), avec un temps de résidence théorique des eaux de crue de l'ordre de 40 jours en 1981 et de 60 jours en 1982.

Une forte stratification des chenaux lagunaires aval à l'étiage pouvant atteindre 30 ‰, s'opposant à l'*homogénéisation verticale permanente* des eaux du lac Togo sous l'effet de la contrainte turbulente du vent, une brise de mer diurne, régulière, de secteur sud-ouest.

Une légère oscillation périodique du niveau des eaux à Aneho, d'un marnage maximum de cinq centimètres, de période voisine de douze heures et ayant un déphasage régulier de six heures par rapport à la marée au port

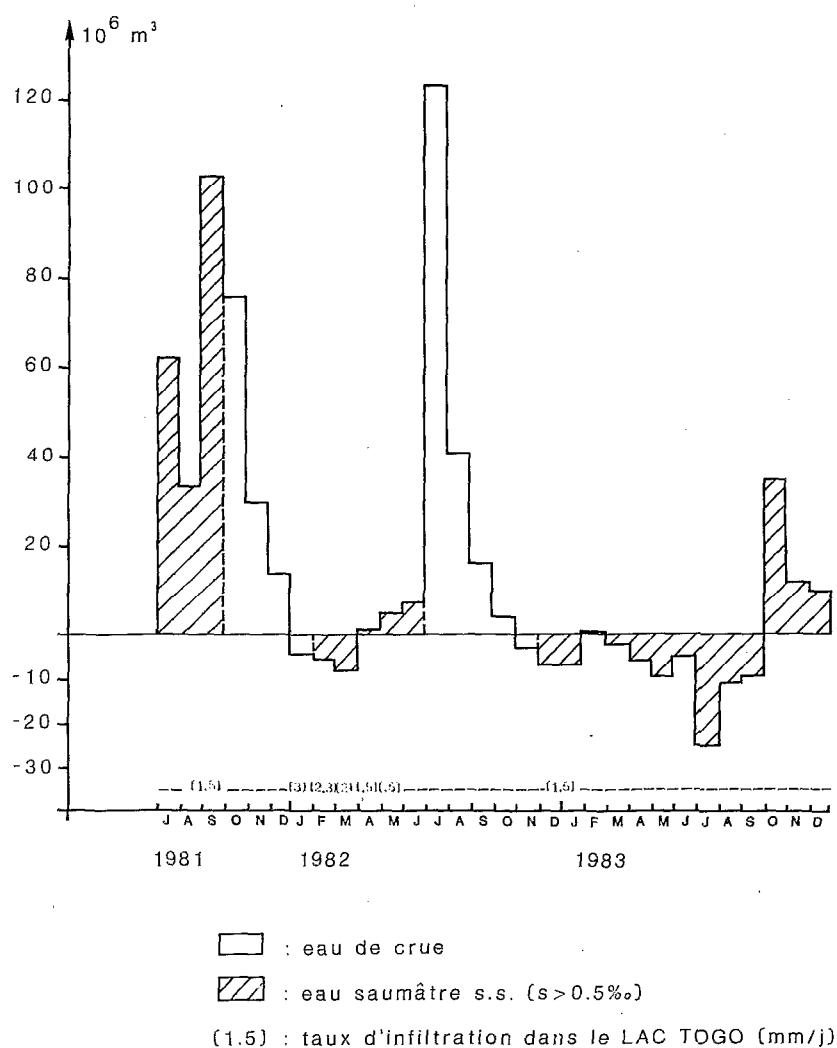


FIG. 14. - Volumes mensuels écoulés au niveau de la section de Togoville (10^6 m^3).

de Lomé. Ce phénomène observé en période de fermeture du cordon au Togo, pourrait être assimilé à la propagation d'une marée dans les chenaux lagunaires en provenance des lagunes béninoises du Bas-Mono, demeurant ouvertes sur la mer à cette époque au niveau d'une passe distante de quarante kilomètres par voie lagunaire, ce qui viendrait confirmer l'hypothèse de la communication active entre les deux systèmes togolais et béninois. Toutefois, le problème d'éventuels échanges souterrains entre mer et lagune à travers le cordon sableux d'Aneho n'est pas complètement élucidé, l'étude s'étant limitée à confirmer la stabilité piézométrique et chimique de la nappe « superficielle » du cordon littoral.

CONCLUSION

Cette étude préliminaire du système lagunaire du Togo, réduite à une analyse globale de fonctionnement hydrologique de ce petit milieu paralique, permet, par un couplage de bilans hydrologique et salin, de situer un ordre de grandeur des termes du bilan hydrique lagunaire, de juger de la sensibilité du système et de confirmer sa situation comme diverticule tributaire du système béninois en période de fermeture locale du cordon.

L'étude actuelle permet cependant de jeter les bases nécessaires à l'élaboration ultérieure d'un modèle de circulation ou de dispersion dans cette lagune. Cet outil physique de gestion susceptible d'être développé à l'échelle de l'ensemble des lagunes béninoises du Bas-Mono et du lac Togo, et qui ne serait pas dépourvu d'intérêt, à l'issue de la construction d'un barrage sur le fleuve Mono et quand on sait que le développement de la pêche traditionnelle en lagune exige une ouverture annuelle et temporaire (contrôlée) sur la mer.

BIBLIOGRAPHIE

- ATLAS TOGO (Anonyme), 1982. - Ressources et Besoins en Eau - Rép. Togolaise - PNUD - Laboratoire Central d'Hydraulique de France.
- CROSNIER (A.), BERRIT (G.R.), 1966. - Fonds de pêche le long des côtes du Togo et du Dahomey. *Cah. ORSTOM. Sér. Hydrobiol.*, Suppl. Vol. IV, n° 1.
- DURAND (J.R.), CHANTRAINE (J.M.), 1982. - L'environnement climatique des lagunes. *Rev. d'Hydrobiol. trop.*, 15 (2) : 83-190.
- DUSSART (B.), 1966. - Limnologie L'étude des eaux continentales. Gautier-Villars (éd.), Paris.
- EMERY (K.O.), STEVENSON (R.E.), 1957. - Estuaries and lagoons. I. Physical and chemical characteristics. *Geol. Soc. Am. Mem.* 67, (1) : 673-693.
- GROEN (P.), 1969. - Physical Hydrology of coastal lagoon. In « Lagunas costeras, un simposio ». UNAM-UNESCO, Nov. 1967, Mexico : 275-280. Phleger et Ayala-Castanares (eds.).
- GUELORGET (O.), PERTHUISOT (J.P.), 1983. - Le Domaine Paralique. Expressions Géologiques, Biologiques et Économiques du Confinement. Presses de l'École Normale Supérieure - Paris.
- GUILCHERT (A.), 1959. - Coastal sand ridges and marshes and their environment near Grand-Popo and Ouidah, Dahomey. In : R.J. Russel ed., 2nd Coastal Geogr. Conf. Louisiana State University Coast Studies Inst. p. 189-212.
- HILL (M.B.), WEBB (J.E.), 1958. - The Ecology of Lagos lagoon. II. The topography and physical features of Lagos harbour and Lagos lagoon. *Phil. Trans. Roy. Soc. London. Sér. B*, vol. 681, (241) : 319-333.
- JONES (D.), WILL (M.S.), 1956. - The attenuation of light in sea and estuarine waters in relation to concentration of suspended solid water. *J. Mar. Biol. Ass. Londres*, 35 (2) : 431-444.
- KIENER (A.), 1978. - Écologie-Physiologie et Économie des eaux saumâtres. Masson (éd.), Paris.
- KWEI (E.A.), 1977. - Biological, chemical and hydrological characters of coastal lagoons of Ghana. *Hydrobiologia*, 56 (2) : 157-174.
- LAFOND (L.R.), 1967. - Études littorales et estuariennes en zone intertropicale humide. Thèse Doct., Univ. d'Orsay.
- LANKFORD (R.R.), 1976. - Coastal lagoons of Mexico : their origin and classification - In : M. Wiley (ed.) - Estuarine Processes, (2) : 182-215.
- LEVY (A.), 1971. - Eaux saumâtres et milieux margino-littoraux. *Rev. Geogr. Phys. et Géol. Dyn.* XIII (3) : 269-278. Paris.
- MANDELLI (E.F.), 1981. - On the hydrography and chemistry of some coastal lagoons of the pacific coast of Mexico. In : Coastal lagoon research - present and future : 81-96. *UNESCO Technical Papers in Marine Science*, n° 33.
- MEE (L.D.), 1977. - The chemistry and hydrography of some coastal lagoons - Pacific coast of Mexico. Ph. - D - Univ. of Liverpool, 117 p.
- MILLET (B.), 1984 a. - Hydrologie et hydrochimie d'un milieu lagunaire tropical : le Lac Togo - Thèse 3^e cycle - Univ. d'Orsay.
- MILLET (B.), 1984 b. - Étude hydrologique du système lagunaire du Lac Togo. Recueil de données, 1981-1984. Rappt ORSTOM, Centre de Lomé, 58 p., mai 1984.
- MILLERO (F.J.), 1974. - Sea water as a multicomponent electrolyte solution. In : E. GOLDBERG (ed.), The Sea, (5) : 3-80.
- NICHOLS (M.), ALLEN (G.), 1981. - Suspended sediment transport in coastal lagoons and estuaries. In : Coastal lagoon research - Present and future. *UNESCO Technical Papers in Marine Science*, n° 33 : 27-80.
- NISBET (M.), VERNEAUX (J.), 1970. - Composantes chimiques des eaux courantes. *Annales de limnologie*, t. 6, (fasc. 2) : 161-190.
- PAGES (J.), LEMASSON (L.), DUFOUR (Ph.), - Éléments nutritifs et production primaire dans les lagunes de Côte d'Ivoire. *C.R.O. Abidjan*, 5 (1) : 1-60.
- PHLEGER (F.B.), 1981. - A review of some general feature of coastal lagoons. In : Coastal lagoon research - present and future' *UNESCO - Technical Papers in Marine Science*, n° 33 : 7-14.
- PLIYA (J.), 1980. - La pêche dans le Sud-Ouest du Bénin. Agence de Coopération Culturelle et Technique.
- POUYAUD (B.), 1979. - Étude de l'évaporation d'un lac en climat soudano-sahélien, le Lac de Bam (Haute-Volta). *Cah. ORSTOM - Série Hydrologie* - vol. XVI, n° 2.
- REINHOLD (R.J.), DAIKER (F.C.), 1967. - Eutrophication of estuarine areas by rain water. *Chesapeake Sci.*, vol. 8, n° 2 : 132-133.
- RIOU (C.), 1975. - La détermination pratique de l'évaporation. *Mém. ORSTOM* n° 80, Paris.
- SVERDRUP (H.U.), JOHNSON (M.W.), FLEMING (R.H.), 1942. - The oceans - Prentice Hall, N.Y., 1 087 p.
- TASTET (J.-P.), 1975. - Les formations sédimentaires quaternaires à actuelles du littoral du Dahomey. Notice explicative de la carte géologique. *Bull. A.S.S.E.Q.U.A., Sénégal*, (46) : 21-44.
- TEXIER (H.), DOSSOU (C.), COLLEUIL (B.), 1979. - Étude de l'environnement lagunaire du domaine margino-littoral Sud-Béninois - Étude hydrologique préliminaire du Lac Nokoué. *Bull. Inst. Géol. Bass. Aquit. Bordeaux*, (25) : 149-166.
- TEXIER (H.), COLLEUIL (B.), PROFIZI (J.-P.), DOSSOU (C.), 1980. - Le Lac Nokoué, environnement du domaine margino-littoral Sud-Béninois : Bathymétrie, lithofacies, salinité, mollusques et peuplements végétaux. *Bull. Inst. Géol. Bass. Aquit. Bordeaux*, (28) : 115-142.
- TROLL (C.), 1943. - Thermische klimatypen der Erde. Peterman's geogr. Mitt. : 81-88.
- UNESCO, 1981. - Tables océanographiques internationales. *UNESCO Technical Papers in Marine Science*, n°s 36, 37 et 39.
- VARLET (F.), 1978. - Le régime de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *Trav. et Doc. de l'ORSTOM*, n° 83.
- WEBB (J.E.), 1958. - The ecology of Lagos lagoon. I - the lagoons of the Guinea Coast. *Phil. Trans. Roy. Soc. London. Sér. B*, 681, (241) : 307-318.
- YANEZ-ARANCIBIA (A.), 1981. - Fish occurrence, diversity and abundance of two tropical coastal lagoons with ephemeral inlets on the Pacific coast of Mexico. In : Coastal lagoon research, present and future, *UNESCO Technical Papers in Marine Science*, n° 33 : 233-260.